6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
S MEĐUNARODNIM SUDJELOVANJEM

HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU

6th CROATIAN WATER CONFERENCE WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION

CROATIAN WATERS ON THE INVESTMENT WAVE

ZBORNIK RADOVA / PROCEEDINGS



OPATIJA , 20. - 23. svibnja (may) 2015.



6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
S MEĐUNARODNIM SUDJELOVANJEM

HRVATSKE VODE
NA INVESTICIJSKOM VALU

6th CROATIAN WATER CONFERENCE
WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION

CROATIAN WATERS
ON THE INVESTMENT WAVES

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS

OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA (MAY) 2015.

Izdavač:

HRVATSKE VODE
Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

Uredništvo

doc.dr.sc. Danko Biondić
doc.dr.sc. Danko Holjević
Marija Vizner, dipl.ing.

Likovno rješenje ovitka

DIO d.o.o. Rijeka

Grafička priprema

DIO d.o.o. Rijeka

Tisak

NEOGRAF d.o.o.
Žlibina 4, 51262 Kraljevica

ISBN 978-953-7672-12-6

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu
Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu
pod brojem 000905555.

Autori su u potpunosti odgovorni za sve što je iznijeto u njihovim radovima. Izdavač, uredništvo Zbornika radova, te članovi Znanstveno - stručnog i Organizacijskog odbora 6. hrvatske konferencije o vodama s time u svezi ne snose nikakvu odgovornost.

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA

6th CROATIAN WATER CONFERENCE

HRVATSKE VODE
NA INVESTICIJSKOM VALU

CROATIAN WATERS
ON THE INVESTMENT WAVE

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS

UREDNIŠTVO
EDITORIAL BOARD

DANKO BIONDIĆ
DANKO HOLJEVIĆ
MARIJA VIZNER

OPATIJA 2015.

SADRŽAJ

Uvod **17**

REFERATI PO POZIVU

P 01. Dražen Kurečić, Elizabeta Kos, Vesna Trbojević, Karmen Cerar, Višnja Gregić-Biondić
VODNO GOSPODARSTVO NAKON PRISTUPANJA REPUBLIKE HRVATSKE EUROPSKOJ UNIJI **23**

P 02. Ivica Plišić, Danko Holjević, Nevena Gabor
HRVATSKE VODE U INVESTICIJSKOM CIKLUSU **55**

P 03. Danko Biondić, Sanja Barbalić, Vesna Grizelj-Šimić, Danko Holjević
DUGOROČNI PLANSKI DOKUMENTI UPRAVLJANJA VODAMA **67**

TEMA 1. STANJE VODA I O VODI OVISNIH EKOSUSTAVA, HIDROLOŠKI EKSTREMI I NJIHOVE POSLJEDICE, TRENDOVI - PADALINE, KOPNENE POVRŠINSKE VODE, PODZEMNE VODE, PRIJELAZNE VODE I PRIOBALNO MORE

R 1.01. Tanja Trošić, Nataša Strelec Mahović, Tanja Renko
OBILNE OBORINE I POPLAVE U HRVATSKOJ U 2014. ..... **81**

R 1.02. Dijana Oskoruš, Tatjana Vujnović, Toni Jurlina, Željka Klemar
EKSTREMNE POPLAVE TIJEKOM 2014. GODINE U REPUBLICI HRVATSKOJ - POUKE I OBAVEZE **91**

R 1.03. Stevan Prohaska, Dragan Đukić, Vladislava Bartoš Divac, Nedeljko Todorović
STATISTIČKA ZNAČAJNOST PADAVINA KOJE SU PROUZROKOVALE POJAVU MAJSKE POPLAVE 2014. GODINE NA DELU TERITORIJE SRBIJE **101**

R 1.04. Zoran Đuroković, Tomislav Novosel
OBRANA OD POPLAVA U 2014. GODINI **109**

R 1.05. Lidija Kratofil, Milan Mateša
POPLAVA ŽUPANJSKE POSAVINE I SANACIJA VODNIH GRAĐEVINA **125**

R 1.06. Bojana Horvat
KARTIRANJE POPLAVE RIJEKE SAVE U SVIBNJU 2014. GODINE DALJINSKIM ISTRAŽIVANJEM **135**

R 1.07. Samo Čarman, Alenka Šajn Slak
MJERENJE OBORINE - ISKUSTVA IZVOĐAČA NA PROJEKTU BOBER ... **143**

R 1.08. Irena Nimac, Ksenija Cindrić Kalin, Melita Perčec Tadić. Marjana Gajić - Čapka
ANALIZA MAKSIMALNIH TRODNEVNIH KOLIČINA OBORINE U HRVATSKOJ **151**

R 1.09. Palma Orlović-Leko, Sanja Frka, Abra Penezić, Kristijan Vidović, Stipe Plećaš
POVRŠINSKA AKTIVNOST OBORINE I AEROSOLA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA **161**

R 1.10. Josip Rubinić, Ksenija Cindrić Kalin, Mladen Nežić, Maja Radišić, Igor Ružić
EKSTREMNA SUŠA NA IZVORIŠTIMA VODOOPSKRBE U SLIVU MIRNE TIJEKOM 2012. GODINE **171**

R 1.11. Franjo Prevedan, Tomislav Šlehta
HIDROGRAFSKI ATLAS RIJEKE MURE **181**

R 1.12. Alenka Šajn Slak, Samo Čarman
PRAĆENJE EKOLOŠKI PRIHVATLJIVOG PROTOKA - ISKUSTVA IZ SLOVENIJE **191**

R 1.13. Sanja Barbalić, Danko Biondić, Đorđa Medić
PRETHODNA PROCJENA STANJA VODA - PODLOGA ZA PRIPREMU PLANA UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA 2016. - 2021. ..... **195**

R 1.14. Valerija Musić, Igor Stanković, Dagmar Šurmanović
METODOLOGIJA OCJENE EKOLOŠKOG STANJA NA TEMELJU BIOLOŠKIH ELEMENATA KAKVOĆE **205**

R 1.15. Zlatko Mihaljević, Mladen Kerovec
MAKROZOOBENTOS KAO POKAZATELJ EKOLOŠKOG STANJA JEZERA DINARIDSKE EKOREGIJE **217**

R 1.16. Neven Bujas, Jasmina Antolić, Đorđa Medić
DIREKTIVA O PRIORITETNIM TVARIMA U PODRUČJU VODNE POLITIKE 2013/39 I POPIS PRAĆENJA (WATCH LIST) **225**

R 1.17. Nikola Koletić, Nikola Malešević, Lorena Derežanin, Roberta Skukan, Stjepan Dekanić, Zoran Pišl
EUTROFIKACIJA U UMJETNIM JEZERSKIM SUSTAVIMA - INDUCIRANO STANJE ILI PRIRODNI FENOMEN **233**

R 1.18. Tibela Landeka Dragičević, Siniša Širac, Alena Vlašić, Dijana Grgas
BIOLOŠKO UKLANJANJE DUŠIKA **241**

R 1.19. Jasmina Antolić, Đorđa Medić, Neven Bujas
BIODOSTUPNOST METALA U OCJENI KEMIJSKOG STANJA POVRŠINSKIH VODA **251**

R 1.20. Gorana Ćosić-Flajsig, Barbara Karleuša
INOVATIVNI PRISTUP UPRAVLJANJA KAKVOĆOM VODA RURALNIH SLIVOVA **259**

R 1.21. Tamara Dadić, Lidija Tadić
PROMJENA RAZINE I KAKVOĆE PLITKIH PODZEMNIH VODA OPAŽANIH NA POKUSNOM KANALU **269**

R 1.22. Tatjana Mijušković-Svetinović, Marija Šperac, Josipa Matotek
UTJECAJ TEMPERATURE ZRAKA NA KAKVOĆU VODE RIJEKE DRAVE .. **279**

R 1.23. Berislav Čengić, Nikola Bataković
REVITALIZACIJA POPLAVNIH I MOČVARNIH PODRUČJA NA UŠĆU DRAVE U DUNAV - ALJMAŠKI RIT **289**

R 1.24. Gorana Ćosić-Flajsig, Ivan Vučković, Barbara Karleuša
STANJE VODA RIJEKE SUTLE I MOGUĆNOSTI RESTAURACIJE RIJEKE **297**

R 1.25. Draženka Stipaničev, Siniša Repec, Siniša Širac
NOVI ANALITIČKI PRISTUP U ODREĐIVANJU NEPOZNATIH SPOJEVA U RIJECI SAVI **307**

R 1.26. Siniša Repec, Draženka Stipaničev, Siniša Širac
UHPLC-Q-TOF-MS I KVANTIFIKACIJA ONEČIŠĆUJUĆIH ORGANSKIH TVARI U RIJECI SAVI **315**

R 1.27. Neiro Bilajac, Dražen Lušić, Lovorka Bilajac, Arijana Cenov, Marin Glad, Darija Vukić Lušić
MIKROBIOLOŠKA KAKVOĆA PRIOBALNIH IZVORA LIBURNIJSKOG PODRUČJA **323**

R 1.28. Jasna Maksimović, Vanda Piškur, Nataša Mihelčić, Darija Vukić Lušić, Josip Rubinić
KEMIJSKA I MIKROBIOLOŠKA KAKVOĆA VODE IZVORA RJEČINE U RAZDOBLJU OD 2010. DO 2014. GODINE **333**

R 1.29. Andrijana Brozinčević, Maja Vurnek, Željko Rendulić
MOGUĆNOSTI PRIMJENE GIS-A U ZAŠTITI VODNIH EKOSUSTAVA NP PLITVIČKA JEZERA **343**

R 1.30. Irena Ciglenečki-Jušić, Marijan Ahel, Dario Omanović, Nevenka Mikac, Elvira Bura Nakić, Marija Marguš, Jelena Dautović, Filipa Caktaš Šagi, Milan Čanković, Niko Bačić
EUTROFIKACIJSKI PROCESI U EKOSUSTAVU RIJEKE KRKE - PODRUČJE VISOVAČKOG JEZERA **353**

R 1.31. Irena Kopač
CONSTRUCTION OF DEEP-ORIENTED GROUNDWATER MONITORING SITES IN SLOVENIA **363**

R 1.32. Ivan Dragičević, Ivica Pavičić, Davor Pavelić, Alan Vranjković, Daria Čupić, Siniša Širac
HIDROGEOLOŠKA POTENCIJALNOST GORSKIH I PRIGORSKIH VODONOSNIKA ŽUMBERAČKOG I SAMOBORSKOG GORJA **371**

R 1.33. Daria Čupić, Ivan Dragičević, Darko Mayer, Siniša Širac, Alan Vranjković, Ivica Pavičić
PREGLED DOSADAŠNJIH HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA JUŽNOG DIJELA ZAGREBAČKOG VODONOSNIKA **383**

R 1.34. Ivan Dragičević, Tatjana Vlahović, Eduard Prelogović, Alan Vranjković, Daria Čupić, Siniša Širac, Ivica Pavičić
MOGUĆNOST ZAHVAĆANJA PODZEMNIH VODA U SREDIŠNJOJ I SJEVERNOJ ISTRI IZVAN PODRUČJA VELIKIH IZVORA **395**

R 1.35. Mladen Kuhta, Želimir Pekaš, Natalija Matić, Željka Brkić
PROJEKT ISTRA-HIDRO, ODRŽIVO UPRAVLJANJE PREKOGRANIČNIM PODZEMNIM VODAMA IZMEĐU TRŠĆANSKOG I KVARNERSKOG ZALJEVA **405**

R 1.36. Krešimir Maldini, Damir Tomas, Natalija Matić, Simana Milović, Vinod Jena, Sapana Gupta
GEOKEMIJSKE KARAKTERISTIKE ODABRANIH KRŠKIH IZVORA U ZALEĐU BIOGRADA NA MORU **411**

R 1.37. Nikolina Ilijanić, Daria Čupić, Slobodan Miko, Saša Mesić, Ozren Hasan, Siniša Širac, Koraljka Bakrač, Valentina Hajek Tadesse
ISTRAŽIVANJE GENEZE I PALEORAZINA VRANSKOG JEZERA NA CRESU **421**

R 1.38. Nikolina Ilijanić, Slobodan Miko, Ozren Hasan, Daria Čupić, Saša Mesić, Siniša Širac, Tamara Marković, Martina Šparica Miko, Alena Vlašić
PALEOLIMNOLOŠKA ISTRAŽIVANJA BAĆINSKIH JEZERA - JEZERO CRNIŠEVO **437**

R 1.39. Melita Došen, Anica Brlek Juren, Vlado Dadić, Damir Ivanković, Romana Roje, Biserka Mladinić, Snježana Dominković Alavanja, Margareta Godrijan
IZVJEŠTAVANJE PREMA ZAHTJEVIMA OKVIRNE DIREKTIVE O MORSKOJ STRATEGIJI I VEZA S DRUGIM OKVIRNIM POLITIKAMA ... **447**

R 1.40. Branka Grbec, Grozdan Kušpilić
TEMPERATURA, SALINITET I KISIK JADRANSKOG MORA U ERI KLIMATSKIH PROMJENA **457**

R 1.41. Vjeročka Vojvodić, Jelena Dautović, Božena Ćosović, Nataša Tepić, Irena Ciglenečki-Jušić
OTOPLJENI ORGANSKI UGLJIK U JADRANU: DUGOROČNA ISPITIVANJA - MOGUĆI POKAZATELJ GLOBALNIH PROMJENA **465**

R 1.42. Živana Ninčević-Gladan, Mia Bužančić, Grozdan Kušpilić, Branka Grbec, Slavica Matijević, Sanda Skejić, Ivona Marasović, Mira Morović, Dagmar Šurmanović
ODGOVOR FITOPLANKTONSKE ZAJEDNICE NA ANTROPOGENI UTJECAJ U PRIOBALNOM MORU **475**

R 1.43. Kristina Pikelj, Suzana Ilić
INTEGRALNO UPRAVLJANJE PLAŽAMA U HRVATSKOJ **485**

R 1.44. Dagmar Šurmanović, Valerija Musić
ODREĐIVANJE PODRUČJA PRIJELAZNIH I PRIOBALNIH VODA POGODNIH ZA ŽIVOT I RAST ŠKOLJKAŠA **493**

R 1.45. Ivana Ujević, Živana Ninčević-Gladan, Nada Krstulović, Vlado Dadić, Mira Morović, Vesna Milun, Jelena Lušić, Slaven Jozić, Nikša Nazlić, Roman Garber, Valerija Musić, Dagmar Šurmanović
MONITORING FIZIKALNIH, KEMIJSKIH I BIOLOŠKIH POKAZATELJA ZA ODREĐIVANJE PODRUČJA VODA POGODNIH ZA ŽIVOT I RAST ŠKOLJKAŠA U VODAMA JADRANSKOG MORA **505**

R 1.46. Grozdan Kušpilić, Jelena Lušić, Vesna Milun, Jelena Mandić, Živana Ninčević-Gladan, Nada Krstulović, Mladen Šolić, Marija Marijanović Rajčić, Dagmar Šurmanović, Daniel Gonzalez-Fernandez, Georg Hanke, Giulio Mariani, Simona Tavazzi, Gert Suurkuusk, Jacek Tronczynsky
TEMPORAL CHANGES OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF KAŠTELA BAY **515**

R 1.47. Goran Lončar, Hrvoje Mostečak, Tea Polak
NUMERIČKA ANALIZA UTJECAJA ULAZA NA IZMJENU MORA U MARINAMA JADRANA **525**

TEMA 2. SUSTAVI UREĐENJA I KORIŠTENJA VODA I ZEMLJIŠTA - STANJE I RAZVOJNI PROJEKTI

R 2.01. Marijan Babić, Darko Barbalić, Danko Biondić, Danko Holjević
UPRAVLJANJE RIZICIMA OD POPLAVA U HRVATSKOJ **535**

R 2.02. Luka Vukmanić, Tomislav Majerović
REGISTAR POPLAVNIH DOGAĐAJA **545**

R 2.03. Alan Cibilić, Darko Barbalić
TWINNING PROJEKT "IZRADA KARATA OPASNOSTI OD POPLAVA I KARATA RIZIKA OD POPLAVA" **553**

R 2.04. Darko Barbalić, Danko Biondić, Sanja Barbalić
PRETHODNA PROCJENA RIZIKA OD POPLAVA **561**

R 2.05. Darko Barbalić, Danko Biondić, Tomislav Majerović, Luka Vukmanić
KARTE OPASNOSTI OD POPLAVA I KARTE RIZIKA OD POPLAVA **573**

R 2.06. Neven Kuspilić, Gordon Gilja, Eva Ocvirk
IZRAČUN VJEROJATNOSTI POJAVE POPLAVNOG DOGAĐAJA I NJEGOVOG UTJECAJA NA POPLAVNI RIZIK **583**

R 2.07. Andrej Vidmar, Katarina Zabret, Urška Hozjan, Anica Gole, Andrej Kryžanowski, Mitja Brilly
NACER: MODEL PROCJENE POPLAVNIH ŠTETA **593**

R 2.08. Tomislav Majerović, Luka Vukmanić
PROCJENA POTENCIJALNIH FINANCIJSKIH POPLAVNIH ŠTETA NA PODRUČJU REPUBLIKE HRVATSKE KORIŠTENJEM METODE NACER **603**

R 2.09. Zdenko Tadić, Diana Šustić, Branimir Barač, Antonija Barišić-Lasović, Tomislav Kržak, Igor Tadić
ŠTETE OD POPLAVA NA SLIVU KARAŠICA - VUČICA **613**

R 2.10. Marin Paladin. Renata Vidaković Šutić, Boris Vrcelj, Vedrana Ričković
IZRADA KARATA OPASNOSTI I IZRAČUN ŠTETA NA SLIVU RIJEKE BEDNJE **627**

R 2.11. Damir Bekić, Vlatko Kadić, Vedran Ivezić, Igor Kerin
KARTE OPASNOSTI OD POPLAVA NA SLIVU RIJEKE KRAPINE **639**

R 2.12. Dario Kolarić, Berislav Brkić
HIDRAULIČKI SIMULACIJSKI MODELI SUSTAVA OBRANE OD POPLAVA SREDNJEG POSAVLJA **653**

R 2.13. Dijana Oskoruš, Tatjana Vujnović, Petra Mutić, Toni Jurlina, Željka Klemar
RAZVOJ HIDROLOŠKIH PROGNOZA - PILOT PROJEKT KUPE I SAVE DO SISKA - SADAŠNJOST I BUDUĆNOST **669**

R 2.14. Vesna Grizelj Šimić
VIŠEGODIŠNJI PROGRAM GRADNJE REGULACIJSKIH I ZAŠTITNIH VODNIH GRAĐEVINA I GRAĐEVINA ZA MELIORACIJE 2013. - 2017. ..... **679**

R 2.15. Marijan Babić, Ružica Drmić
CEB PROJEKT ZAŠTITE OD POPLAVA **689**

R 2.16. Dražen Sabljak
KAPITALNE INVESTICIJE U OBJEKTE ZAŠTITE OD ŠTETNOG DJELOVANJA VODA NA PODRUČJU DONJE DRAVE I DUNAVA **697**

R 2.17. Sanja Filipan, Zoran Marković, Andrino Petković
UNAPRJEĐENJE SUSTAVA ZAŠTITE OD ŠTETNOG DJELOVANJA VODA NA PODRUČJU VGO-A ZA GORNJU SAVU 709

R 2.18. Katarina Ravnjak, Zlatko Juriša
ANALIZA STABILNOSTI POSTOJEĆIH SAVSKIH NASIPA U SVRHU DEFINIRANJA NJIHOVE SIGURNOSTI NA PODRUČJU VODNOGOSPODARSKOG ODJELA ZA GORNJU SAVU 719

R 2.19. Marijana Kotaran Munda, Zlatko Juriša
OBNOVA DESNOG NASIPA RIJEKE SAVE IZMEĐU NASELJA DRNEK - SUŠA I UREĐENJE OBALOUTVRDA NA 4 MJESTA NA PREDMETNOJ DIONICI 729

R 2.20. Ana Jelka Graf, Enes Obarčanin, Željko Tusić
PRIPREMA PROJEKATA ZAŠTITE OD POPLAVA NA SLIVU RJEČINE 739

R 2.21. Josip Marušić, Božo Galić
VIŠENAMJENSKI KANAL DUNAV-SAVA - NEOSTVARENI RAZVOJNI VODNOGOSPODARSKI I PROMETNI PROJEKT 749

R 2.22. Siniša Maričić
AKUMULIRANJE VODE U SLAVONIJI 759

R 2.23. Kristijan Posavec, Vinko Jović, Berislav Brkić, Dario Kolarić, Damir Bekić
ZAGREB NA SAVI - NUMERIČKO MODELIRANJE UTJECAJA VARIJANTNIH RJEŠENJA NA PODZEMNE VODE 771

R 2.24. Renata Vidaković Šutić, Vedrana Ričković, Vedran Jurić
RASPOLOŽIVE KOLIČINE VODA ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE NA SLIVU RIJEKE LIKE 795

R 2.25. Tanja Lubura Matković, Mladen Petričec, Tomislav Tomić, Ivana Bartolić
ENERGETSKO KORIŠTENJE VODA SLIVNOG PODRUČJA RIJEKA LIKE I GACKE 805

R 2.26. Goran Gjetvaj, Jadran Berbić, Filip Gjetvaj
EROZIJA HIDROTEHNIČKIH NASIPA U UVJETIMA PRELIJEVANJA PREKO KRUNE 817

R 2.27. Marija Mijatović, Jelena Kaluđer, Krunoslav Minažek, Mensur Mulabdić, Janne-Kristin Pries
PRIMJENA GEOSINTETIKA U NASIPIMA ZA OBRANU OD POPLAVA 827

R 2.28. Neven Kuspilić, Gordon Gilja
UTJECAJ REGULACIJSKE PREGRADE NA TALOŽENJE SUSPENDIRANOG NANOSA 839

R 2.29. Jadran Berbić, Patricia Šišeta, Goran Lončar, Eva Ocvirk
HIDRAULIČKI UVJETI U RIBLJIM STAZAMA I NUMERIČKI MODEL PRIRODNE RIBLJE STAZE 849

R 2.30. Elizabeta Kos, Miro Macan, Marija Čulinović Holjevac
PROJEKTI NAVODNJAVANJA U REPUBLICI HRVATSKOJ I MOGUĆNOST SUFINANCIRANJA IZ FONDOVA EUROPSKE UNIJE 859

R 2.31. Marinko Galiot, Danko Holjević, Anita Brajković, Mario Bagarić

IMPLEMENTACIJA NACIONALNOG PROGRAMA NAVODNJAVANJA KROZ PROGRAM RURALNOG RAZVOJA 2014. - 2020. ..... **869**

R 2.32. Anita Brajković, Miroslav Čapka, Petr Plichta
VODIČ ZA IZRADU STUDIJA IZVODLJIVOSTI PROJEKATA NAVODNJAVANJA KOJI SE PLANIRAJU SUFINANCIRATI KROZ EPFRR **879**

R 2.33. Nenad Hečeк
OPRAVDANOST IZGRADNJE I NAKNADA ZA KORIŠTENJE SUSTAVA NAVODNJAVANJA **885**

R 2.34. Milena Moteva, Nadezhda Yarlovska, Margarita Mondeshka, Ana Stoeva, Ivan Šimunić, Velibor Spalević, Vjekoslav Tanaskovik, Marija Vukelić-Shutoska
SPATIAL PLANNING AS AN APPROACH TO IMPROVING LAND AND WATER USE IN THE AGRICULTURAL AREAS **895**

R 2.35. Matjaž Glavan, Marina Pintar, Janko Urbanc
CHALLENGES FOR AGRICULTURE IN THE WATER PROTECTED AREAS - THE CASE OF RIVER DRAVA PLAIN, SLOVENIA **905**

R 2.36. Lidija Tadić, Marko Blagus, Sergej Cvetković, Tamara Dadić, Mišo Čičak
PROVEDBA NAVODNJAVANJA NA VODNOM PODRUČJU DUNAVA I DONJE DRAVE **915**

R 2.37. Mario Bagarić
UTJECAJI ZAHVATA VODE PLANIRANIH SUSTAVA NAVODNJAVANJA NA REŽIM VODA DRAVE **923**

R 2.38. Enes Obarčanin, Berislav Brkić, Mijo Vranješ, Marinko Galiot
HIDRAULIČKA ANALIZA NAVODNJAVANJA BIĐ-BOSUTSKOG POLJA ... **933**

R 2.39. Marko Josipović, Lidija Tadić, Jasna Šoštarić, Hrvoje Plavšić, Tamara Dadić, Monika Marković, Željko Šreng
"IRRI" PROJEKT NAVODNJAVANJA - PRIMJER RAZVOJA PILOT PROJEKATA **945**

R 2.40. Ivana Mihalić Fabris, Lucija Blažević, Tatjana Travica, Nikola Cvitan, Josip Rubinić
RJEŠENJE NAVODNJAVANJA U SLIVU MIRNE KAO INSTRUMENT OSIGURANJA EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIH PROTOKA **957**

R 2.41. Ivan Šimunić, Bariša Matković, Milena Moteva, Marija Vukelić-Shutoska
POTREBNA KOLIČINA VODE ZA NAVODNJAVANJE POLJOPRIVREDNIH KULTURA - PILOT PROJEKT ČERVAR PORAT - BAŠARINKA **967**

R 2.42. Igor Ljubenkov, Berislav Glavaš, Živko Barbarić
REKONSTRUKCIJA HIDROMELIORACIJSKOG SUSTAVA ZA BOLJE KORIŠTENJE POLJOPRIVREDNIH POVRŠINA U SINJSKOM POLJU **977**

TEMA 3. SUSTAVI JAVNE VODOOPSKRBE, ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA - STANJE I RAZVOJNI PROJEKTI

R 3.01. Vesna Grizelj Šimić
VIŠEGODIŠNJI PROGRAM GRADNJE KOMUNALNIH VODNIH GRAĐEVINA 2014. - 2023. ..... **987**

R 3.02. Stjepan Kamber, Miljenko Čupić, Vedran Žabka, Dejan Pap, Ivana Mlinjarić, Melita Posavac
UPRAVLJANJE PROCESIMA - PRIPREMA PROJEKATA 999

R 3.03. Miljenko Čupić, Goran Milaković, Vlatko Kregar
PROVEDBA EU SUFINANCIRANIH PROJEKATA U VODNOM GOSPODARSTVU REPUBLIKE HRVATSKE 1005

R 3.04. Robert Kartelo, Mojca Lukšić
ULOGA HRVATSKIH VODA KAO POSREDNIČKOG TIJELA U PROCESU UPRAVLJANJA EU SREDSTVIMA 1015

R 3.05. Jelena Ambrenac
DODJELA BESPOVRATNIH SREDSTAVA EUROPSKE UNIJE 1041

R 3.06. Lidija Šljivarić, Petar Peroš, Mariela Sjekavica
SUSTAVNO UPRAVLJANJE EU PROJEKTIMA 1053

R 3.07. Mariela Sjekavica, Robert Kartelo, Hrvoje Meštrović, Petar Peroš
ANALIZA RIZIKA U UPRAVLJANJU EU PROGRAMSKIM PORTFELJEM PROJEKATA VODNO-KOMUNALNOG GOSPODARSTVA 1061

R 3.08. Mojca Lukšić, Robert Kartelo
DOSADAŠNJA ISKUSTVA U JAVNOJ NABAVI NA EU PROJEKTIMA 1075

R 3.09. Jelena Ambrenac
INFORMIRANJE I KOMUNIKACIJA PRI KORIŠTENJU SREDSTAVA STRUKTURNIH INSTRUMENATA EUROPSKE UNIJE 1085

R 3.10. Marko Veselčić
EIB / CEB: PROJEKT "FINANCIRANJE VODNO-KOMUNALNE INFRASTRUKTURE" 1101

R 3.11. Mario Obrdalj
PRAĆENJE I USPOREDBA POKAZATELJA UČINKOVITOSTI POSLOVANJA JAVNIH ISPORUČITELJA VODNIH USLUGA U REPUBLICI HRVATSKOJ 1111

R 3.12. Željko Rozić
TRENDOVI URBANOG RAZVOJA I ODRŽIVO UPRAVLJANJE URBANIM VODNIM SUSTAVOM 1121

R 3.13. Jure Margeta, Bojan Đurin
MOGUĆNOSTI PRIMJENE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE ZA CRPLJENJE VODE U URBANOM VODNOM SUSTAVU 1135

R 3.14. Martina Tadić
KONCEPT SUSTAVNOG SMANJENJA VODNIH GUBITAKA U VODOOPSKRBNIM SUSTAVIMA 1145

R 3.15. Igor Dundović
METODA OPTIMALNOG TLAKA - KOREKCIJA VRIJEDNOSTI ULAZNIH PARAMETARA U ANALIZI GUBITAKA PREMA IWA METODOLOGIJI ... 1153

R 3.16. Sanin Musovic, Hans-Jorgen Albrechtsen
IDENTIFICATION OF MAIN MICROBIAL GROUPS IN SAND FILTERS FOR DRINKING WATER PRODUCTION 1165

R 3.17. Slaven Dobrović, Maja Zebić Avdičević, Roko Roksandić
PROVJERA RADNIH KARAKTERISTIKA ULTRAFILTRACIJSKE MEMBRANE PRI OBRADI KIŠNICE RAZLIČITE KVALITETE 1173

R 3.18. Barbara Karleuša, Primož Banovec, Ivana Radman, Nevena Dragičević
ANALIZA HRVATSKO-SLOVENSKE PREKOGRANIČNE VODOOPSKRBE U SKLOPU PROJEKTA DRINKADRIA 1183

R 3.19. Alena Vlašić, Siniša Širac
PONUDA I POTRAŽNJA ZA VODOM NA ZADARSKIM OTOCIMA KAO ELEMENTI ODRŽIVOG RAZVITKA 1191

R 3.20. Mara Pavelić, Zrinka Molak Milić
UREĐAJI ZA PROČIŠĆAVANJE KOMUNALNIH OTPADNIH VODA U REPUBLICI HRVATSKOJ 1201

R 3.21. Dario Ban, Lidija Car-Peti, Sonja Breka Tkalec
IZAZOVI U RJEŠAVANJU IMOVINSKO - PRAVNIH ODNOSA U SKLOPU REALIZACIJE EU PROJEKTA AGLOMERACIJA ČAKOVEC 1211

R 3.22. Višnja Grubišić, Renata Kolačević, Andrino Petković
PREGLED RAZVOJNIH PROJEKATA VODOOPSKRBE I ODVODNJE NA PODRUČJU VODNOGOSPODARSKOG ODJELA ZA GORNJU SAVU, ZA PRIJAVU KORIŠTENJA SREDSTAVA IZ FONDOVA EU 1223

R 3.23. Dubravko Filipan, Mirela Šahinović
RAZVOJ SUSTAVA ODVODNJE GRADA ZAGREBA NA VALU EU FONDOVA 1235

R 3.24. Dejan Kovačević, Stjepan Kordek
ODVODNJA CESTOVNIH PROMETNICA 1249

R 3.25. Dejan Kovačević, Stjepan Kordek, Zvonko Varga
ODRŽAVANJE SUSTAVA ODVODNJE NA PROMETNICAMA 1259

TEMA 4. VODNA POLITIKA, OBRAZOVANJE, VODNOGOSPODARSKO PLANIRANJE, MEĐUNARODNA SURADNJA I SUDJELOVANJE JAVNOSTI

R 4.01. Mario Obrdalj, Tatjana Pristovnik, Darko Boto, Hrvoje Kuštrak
USPOSTAVA SREDIŠNJEG SUSTAVA ZA IZVJEŠTAVANJE PREMA EU DIREKTIVAMA 1269

R 4.02. Veronika Pančić-Ruška, Tomislav Momčinović
UPRAVLJANJE JAVNIM VODNIM DOBROM - GOSPODARENJE ŠUMAMA U JAVNOM VODNOM DOBRU 1283

R 4.03. Alan Cibilić, Marina Barbalić, Ivana Rubčić, Neven Trenc, Biljana Barić, Mladen Matica, Maja Turinski, Saša Cestar, Branka Španiček, Tamara Čuković
PROJEKT SEE RIVER 1291

R 4.04. Nataša Gecan, Mirjana Švonja, Danko Biondić
PROJEKT UPRAVLJANJA NERETVOM I TREBIŠNJICOM 1299

R 4.05. Barbara Karleuša, Tamara Crnko, Josip Rubinić
ISKUSTVA U PROVEDBI EU PROJEKATA DRINKADRIA I ŽIVO 1309

R 4.06. Stanislava Dodeva
SWISS SUPPORTED WATER PROJECTS IN MACEDONIA 1317

R 4.07. Rudy Rossetto, Laura Foglia, Iacopo Borsi, Irena Kopač
FREEWAT - OPEN SOURCE INTEGRATED MODELLING ENVIRONMENT (SURFACE AND GROUNDWATER) 1327

R 4.08. Andrej Meglič, Gorazd Lakovič, Tinkara Rozina, Anita Klančar, Jurij Trontelj, Albin Kristl, Robert Roškar, Neža Finžgar, Maja Zupančič Justin, Marko Gerl
SUCCESSFUL REDUCTION OF PHARMACEUTICALS AND HERBICIDES FROM WATER: FIRST LABORATORY - SCALE RESULTS OF LIFE PharmDegrade PROJECT 1335

R 4.09. Tinkara Rozina, Andrej Meglič, Gorazd Lakovič, Marko Gerl, Domen Leštan, Maja Zupančič Justin, Neža Finžgar, Bojan Sedmak
REAL-TIME PHYTOPLANKTON QUANTIFICATION USING CHLOROPHYLL "A" AND PHYCOCYANIN FLUORESCENCE SENSORS 1345

R 4.10. Jelena Radošević
PROJEKT SUSAN 1355

R 4.11. Josip Marušić, Danko Holjević
OSNOVNI POKAZATELJI O PET HRVATSKIH KONFERENCIJA O VODAMA 1363

R 4.12. Desanka Sarvan
NORMATIVNI SADRŽAJ I PRAVNI IZVORI LJUDSKOG PRAVA NA VODU 1377

R 4.13. Enes Ćerimagić, Tomislav Domes, Anka Kekez Koštro, Tomislav Tomašević
OD BIROKRATSKOG DO PARTICIPATIVNOG UPRAVLJANJA VODNIM USLUGAMA U HRVATSKOJ 1383

R 4.14. Ivana Gudelj, Lidija Runko Luttenberger, Ankica Senta Marić
POSLJEDICE KOJIMA REZULTIRA PRIVATIZACIJA VODNO-KOMUNALNIH USLUGA 1391

R 4.15. Josip Marušić
HIDROTEHNIČKI PREDMETI U NASTAVNIM PROGRAMIMA GRAĐEVINSKIH FAKULTETA SVEUČILIŠTA U HRVATSKOJ 1399

R 4.16. Nevenka Ožanić, Nataša Jakominić Marot
ISKUSTVA U PROVEDBI EU PROJEKTA - RAZVOJ ISTRAŽIVAČKE INFRASTRUKTURE NA KAMPUSU SVEUČILIŠTA U RIJECI 1409

R 4.17. Nevenka Ožanić, Elvis Žic, Ivana Sušanj, Vanja Travaš, Igor Ružić, Nevena Dragičević, Nino Krvavica
ZNANSTVENA OPREMA I MOGUĆNOSTI ISTRAŽIVANJA NA GRAĐEVINSKOM FAKULTETU U RIJECI 1425

KAZALO AUTORA 1445

UVOD

Šesta hrvatska konferencija o vodama održana je od 20. do 23. svibnja 2015. godine u Opatiji pod motom **HRVATSKEVODE NA INVESTICIJSKOM VALU**. Na konferenciji se kroz četiri znanstveno - stručne teme:

1. **Stanje voda i o vodi ovisnih ekosustava, hidrološki ekstremi i njihove posljedice, trendovi - padaline, kopnene površinske vode, podzemne vode, prijelazne vode i priobalno more,**
2. **Sustavi uređenja i korištenja voda i zemljišta - stanje i razvojni projekti,**
3. **Sustavi javne vodoopskrbe, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda - stanje i razvojni projekti,**
4. **Vodna politika, obrazovanje, vodnogospodarsko planiranje, međunarodna suradnja i sudjelovanje javnosti,**

sveobuhvatno i interdisciplinarno raspravljalo o stanju voda i upravljanju vodama u Hrvatskoj u uvjetima intenzivne pripreme i provedbe investicijskih vodnogospodarskih projekata, a rasprave su rezultirale korisnim smjernicama za budućnost.

Članstvo Republike Hrvatske u Europskoj uniji donijelo je nove izazove pred vodno gospodarstvo. Nakon preuzimanja europske pravne stečevine u nacionalno vodno zakonodavstvo i usuglašavanja prijelaznih razdoblja za njenu provedbu, u tijeku je postupno ostvarivanje svega što je dogovoreno tijekom pristupnih pregovora. Naročito je intenzivan razvoj sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda i javne vodoopskrbe, a za prevenciju i ublažavanje posljedica sve učestalijih poplava i suša intenziviran je razvoj sustava zaštite od poplava i navodnjavanja.

Opseg praćenja stanja voda (monitoring) značajno je proširen, a planovi upravljanja vodnim područjima noveliraju se svakih šest godina.

Razvojni i znanstveno-istraživački vodnogospodarski projekti pripremaju se na način da budu spremni za sufinanciranje od strane europskih fondova, a njihovo pokretanje donosi svjež novac u hrvatsko gospodarstvo, čime doprinosi njegovom oporavku koji nije moguć bez velikih investicija.

Očekuje se da postojeće i planirane investicije u vodnom gospodarstvu budu među ključnim pokretačima gospodarskog razvoja u Hrvatskoj, a za njihovu pripremu i provedbu nužna je spremnost državnih institucija, različitih korisnika voda i zemljišta, komunalnih društava, visokoškolskih i znanstvenih ustanova, te projektantskih i izvođačkih tvrtki.

U okviru konferencije bio je organiziran i okrugli stol na temu zaštite od poplava.

Osim znanstvenika i stručnjaka iz Hrvatske, na šestoj hrvatskoj konferenciji o vodama sudjelovali su i inozemni znanstvenici i stručnjaci, koji su iznosili iskustva iz svojih zemalja u upravljanju vodama. Radovi objavljeni u Zborniku radova pisani su na službenim jezicima konferencije, hrvatskom i engleskom jeziku. Nekoliko radova pisanih na bosanskom i srpskom jeziku objavljeno je u izvornicima i nisu prevođeni na hrvatski jezik.

Organizatori konferencije:

Hrvatska komora inženjera građevinarstva, Hrvatski savez građevinskih inženjera, Hrvatsko biološko društvo, Hrvatsko društvo kemijskih inženjera, Hrvatsko društvo za odvod-

nju i navodnjavanje, Hrvatsko društvo za velike brane, Hrvatsko društvo za zaštitu voda, Hrvatsko ekološko društvo, Hrvatsko geografsko društvo, Hrvatsko geološko društvo, Hrvatsko hidrološko društvo, Hrvatsko ihtiološko društvo, Hrvatsko meteorološko društvo, Hrvatsko tloznanstveno društvo, Hrvatska udruga za sanitarno inženjerstvo, Udruga za očuvanje hrvatskih voda i mora - Slap.

Glavni tradicionalni suorganizator konferencije:
Hrvatske vode.

Visoki pokrovitelji konferencije:
- Predsjednica Republike Hrvatske gospođa Kolinda Grabar - Kitarović,
- Predsjednik Hrvatskog sabora gospodin Josip Leko,
- Ministarstvo poljoprivrede.

Počasni odbor konferencije:
- Igor Dragovan, predsjednik Nacionalnog vijeća za vode,
- Tihomir Jakovina, ministar poljoprivrede,
- Dražen Kurečić, pomoćnik ministra poljoprivrede,
- Ivica Plišić, generalni direktor Hrvatskih voda,
- Siniša Kukić, zamjenik generalnog direktora Hrvatskih voda,
- Mladen Marić, član Nacionalnog vijeća za vode.

Znanstveno - stručni odbor konferencije:
Danko Biondić - predsjednik, Marijan Babić, Sanja Barbalić, Zlatko Blažević, Irena Ciglenečki - Jušić, Ksenija Cindrić, Ivan Čanjevac, Gorana Ćosić - Flajsig, Anita Filipčić, Marjana Gajić - Čapka, Danko Holjević, Marko Josipović, Barbara Karleuša, Neven Kuspilić, Grozdan Kušpilić, Nenad Leder, Željko Linšak, Dražen Lušić, Zijah Mahmutspahić, Jure Margeta, Tamara Marković, Josip Marušić, Vladimir Mićović, Zlatko Mihaljević, Zoran Nakić, Nevenka Ožanić, Mara Pavelić, Mladen Petričec, Anđelka Plenković - Moraj, Davor Romić, Josip Rupčić, Siniša Širac, Lidija Tadić, Dušan Trninić, Tatjana Vlahović, Darija Vukić Lušić, Ranko Žugaj.

Organizacijski odbor konferencije:
Danko Holjević - predsjednik, Danko Biondić, Ana Brumnjak Iličić, Gorana Ćosić - Flajsig, Marko Filipović, Stjepan Kamber, Elizabeta Kos, Andrej Marochini, Ervino Mrak, Zvonimir Sever, Darko Višnjić.

Zbornik radova sadrži 134 rada izložena na 6. hrvatskoj konferenciji o vodama u oblicima usmenog izlaganja ili postera. Objavljene radove pripremilo je ukupno 349 autora i koautora iz Hrvatske i inozemstva, od čega 295 autora i koautora iz Hrvatske (85 %) i 54 autora i koautora iz inozemstva (15 %) Inozemni autori i koautori dolaze iz sljedećih 13 država (abecednim redom): Bosna i Hercegovina (1), Bugarska (4), Crna Gora (1), Češka Republika (1), Danska (2), Francuska (1), Indija (2), Italija (7), Makedonija (2), Njemačka (2), Slovenija (25), Srbija (4) i Velika Britanija (2). Sve radove osim referata po pozivu

recenzirali su članovi Znanstveno - stručnog odbora konferencije. Radovi su podijeljeni u referate po pozivu, te u četiri znanstveno - stručne teme.

Referati po pozivu:
3 rada, urednik: Danko Biondić.

Tema 1.: Stanje voda i o vodi ovisnih ekosustava, hidrološki ekstremi i njihove posljedice, trendovi - padaline, kopnene površinske vode, podzemne vode, prijelazne vode i priobalno more
47 radova, recenzenti: Marijan Babić, Sanja Barbalić, Danko Biondić, Irena Ciglenečki - Jušić, Ksenija Cindrić, Anita Filipčić, Marjana Gajić - Čapka, Barbara Karleuša, Neven Kuspilić, Grozdan Kušpilić, Nenad Leder, Željko Linšak, Tamara Marković, Vladimir Mićović, Zlatko Mihaljević, Zoran Nakić, Nevenka Ožanić, Mara Pavelić, Anđelka Plenković - Moraj, Siniša Širac, Dušan Trninić, Tatjana Vlahović, Darija Vukić Lušić, Ranko Žugaj.

Tema 2.: Sustavi uređenja i korištenja voda i zemljišta - stanje i razvojni projekti
42 rada, recenzenti: Marijan Babić, Sanja Barbalić, Danko Biondić, Danko Holjević, Marko Josipović, Neven Kuspilić, Josip Marušić, Zoran Nakić, Nevenka Ožanić, Mladen Petričec, Davor Romić, Josip Rupčić, Lidija Tadić, Ranko Žugaj.

Tema 3.: Sustavi javne vodoopskrbe, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda - stanje i razvojni projekti
25 radova, recenzenti: Sanja Barbalić, Danko Biondić, Zlatko Blažević, Irena Ciglenečki - Jušić, Gorana Ćosić - Flajsig, Barbara Karleuša, Dražen Lušić, Zijah Mahmutspahić, Jure Margeta, Mara Pavelić, Mladen Petričec, Siniša Širac.

Tema 4.: Vodna politika, obrazovanje, vodnogospodarsko planiranje, međunarodna suradnja i sudjelovanje javnosti
17 radova, recenzenti: Sanja Barbalić, Danko Biondić, Ivan Čanjevac, Barbara Karleuša, Dražen Lušić, Zijah Mahmutspahić, Jure Margeta, Zlatko Mihaljević, Lidija Tadić.

Organizatori 6. hrvatske konferencije o vodama zahvaljuju Visokim pokroviteljima, članovima Počasnog odbora, glavnom tradicionalnom suorganizatoru, članovima Znanstveno - stručnog odbora, članovima Organizacijskog odbora, sponzorima, donatorima i svim ostalim sudionicima na njihovom doprinosu uspjehu konferencije.

Predsjednik Znanstveno - stručnog odbora 6. hrvatske konferencije o vodama

doc.dr.sc. Danko Biondić

REFERATI PO POZIVU

Urednik:
Danko Biondić

P 01.

VODNO GOSPODARSTVO NAKON PRISTUPANJA REPUBLIKE HRVATSKE EUROPSKOJ UNIJI

Dražen Kurečić, Elizabeta Kos, Vesna Trbojević, Karmen Cerar, Višnja Gregić-Biondić

SAŽETAK: Ovim radom obuhvaćen je pregled sadržaja kao i sama primjena Zakona o vodama s njegovim izmjenama i dopunama, donesenog u svibnju 2013. godine, radi usklađenja s pravnom stečevinom Europske unije. Daje se prikaz osnovnih pitanja koja se uređuju Zakonom o vodama, posebno odredbi o zaštiti voda, javnom vodnom dobru, zaštiti od štetnog djelovanja voda, koncesijama, vodnim uslugama te određivanjem cijena istih. Također se govori i o obvezama Republike Hrvatske nakon pristupanja Europskoj uniji gdje je Republika Hrvatska dužna sudjelovati putem svojih predstavnika u radu Europske komisije, Europskog parlamenta, Vijeća Europske unije i Europskog vijeća. S obzirom na brojne obveze koje nas očekuju kao punopravnu članicu dan je kratak osvrt i na institucionalni okvir vodnog gospodarstva i kako bi se provele sve preuzete obveze, odnosno osiguralo učinkovito obavljanje poslova u području vodnoga gospodarstva. Dan je poseban osvrt na reformu vodno-komunalnog sektora kao preduvjeta za njegovu prilagodbu i pripremu za preuzimanje obveza koje proistječu iz EU vodno-komunalnih direktiva.

Za provedbu obaveza Republike Hrvatske sukladno europskim vodno-komunalnim direktivama na raspolaganju su nam sredstva EU fondova u okviru Operativnog programa zaštite okoliša 2007. - 2013. i Operativnog programa Konkurentnost i kohezija 2014. - 2020., u okviru kojeg je proširen obuhvat aktivnosti koje je moguće financirati.

KLJUČNE RIJEČI: Vodno gospodarstvo, Upravljanje vodama, Europska unija, Usklađenje, Reforma, EU fondovi, Projekti, Inspekcijski nadzor

WATER MANAGEMENT AFTER ACCESSION OF THE REPUBLIC OF CROATIA TO THE EUROPEN UNION

SUMMARY: The paper presents the content and implementation of the Water Act, including its amendments adopted in May 2013 for the purpose of harmonization with the EU acquis. It gives an overview of the main issues regulated by the Water Act, in particular its provisions concerning water protection, public water estate, protection from adverse effects of water, concessions, water services and determination of their prices. It further deals with obligations of the Republic of Croatia after its accession to the European

Union where Croatia has the obligation to participate through its representatives in the work of the European Commission, European parliament, Council of the European Union and Council of Europe. Having in mind numerous obligations before us as a full member of the European Union, the paper also briefly outlines the institutional framework of water management which facilitates fulfilment of all commitments and ensures efficient performance of works in the field of water management. A separate review is given of the water utility sector reform as a prerequisite for its adaptation and preparation for accepted obligations according to EU water utility directives.

In order to fulfil its obligations deriving from EU water utility directives, the Republic of Croatia has at its disposal financing from the EU funds within the Operational Programme Environment 2007. - 2013. and Operational Programme Competiveness and Cohesion 2014. - 2020., which now provides a widened scope of activities available for financing.

KEY WORDS: Water management, European Union, Harmonization, Reform, EU funds, Inspectional supervision

1. UVOD

S obzirom da je Zakon o vodama na snazi od 1. siječnja 2010. godine, što znači punih pet godina, u radu je prema najvažnijim poglavljima Zakona o vodama dan pregled osnovnih sadržaja s naglaskom na poboljšanja koja su učinjena Zakonom o izmjenama i dopunama Zakona o vodama (Narodne novine, broj 56/13) koji je stupio na snagu 18. svibnja 2013. godine, prvenstveno radi dodatnog usklađivanja s pravnom stečevinom Europske unije, promjene osnovnih odredbi Zakona koje su izmijenjene u cilju olakšanja i ubrzavanja ostvarivanja pojedinih prava pravnih i fizičkih osoba koje ovim Zakonom mogu ostvariti radi olakšanja i ubrzanja investicija. U okviru podpoglavlja zaštite od štetnog djelovanja voda obrađena je tema velikih poplava iz svibnja 2014. godine kao i ostale aktivnosti koje Republika Hrvatska provodi vezano uz obvezu provedbe Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima (2007/60/EZ). Isto tako dan je osvrt na aktivnosti vodne diplomacije tj. međunarodne suradnje, kako bilateralne tako i multilateralne kao i na aktivnosti vodnoga gospodarstva u Europskoj uniji. Nadalje, dan je poseban osvrt na planiranu reformu vodno-komunalnog sektora kao preduvjeta za njegovu prilagodbu i pripremu za preuzimanje obveza koje proistječu iz EU vodno-komunalnih direktiva odnosno Ugovora o pristupanju Republike Hrvatske EU u dijelu koji se odnosi na poglavlje Zaštita voda.
Dan je prikaz korištenja EU fondova, kao i sažeti prikaz projekata koji se financiraju sredstvima EU fondova i drugih međunarodnih institucija.

2. IZMJENE I DOPUNE ZAKONA O VODAMA

Zakon o vodama (Narodne novine, br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14.) uređuje pravni status voda, vodnoga dobra i vodnih građevina kao i njihovu gradnju i održavanje, planske dokumente upravljanja vodama, korištenje voda, zaštitu voda, uređenje vodotoka i drugih voda te zaštitu od štetnog djelovanja voda, koncesije za gospodarsko korištenje voda te korištenje voda za javne usluge i radove, institucije koje provode ili sudjeluju u provedbi upravljanja vodama, djelatnosti javne vodoopskrbe i javne odvodnje, posebne djelatnosti potrebne za upravljanje vodama te nadzor nad provedbom Zakona.
U 2011. godini donesen je zakon o izmjenama i dopunama Zakona o vodama iz 2009.

godine koji je dodatno uredio odredbe vezano uz korištenje pijeska i šljunka tijekom radova na vodama i vodnom dobru i provedbu preventivne, redovite i izvanredne obrane od poplava u smislu ustupanja tih poslova.
Donošenjem Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o vodama (Narodne novine, broj 56/13) izvršeno je dodatno usklađivanje hrvatskoga zakonodavstva s Direktivom 2000/60/EC Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2000. (Okvirna direktiva o vodama), Direktivom 2008/105/EZ o standardima kakvoće okoliša na području politike voda te Direktivom 2009/31/EZ o geološkom skladištenju ugljikovog dioksida kao i usklađivanje s nacionalnim zakonodavstvom odnosno zakonima koji su u međuvremenu stupili na snagu: Zakonom o koncesijama (Narodne novine, br. 143/12.) i Zakonom o općem upravnom postupku (Narodne novine, broj 47/09.).

a. Usklađenje s Okvirnom direktivom o vodama

U Zakonu o vodama važećem do izmjena i dopuna objavljenih u Narodnim novinama br. 56/13., provedeno je usklađivanje s Direktivom 2000/60/EC Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2000. o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike (Okvirna direktiva o vodama), Direktivom 2008/105/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 16. prosinca 2008. o standardima kvalitete okoliša u području vodne politike, Direktivom 2009/31/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 23. travnja 2009. o geološkom skladištenju ugljikovog dioksida i drugim direktivama Europske unije iz područja vodne politike.
Međutim, u postupku kontrole usklađenosti važećeg Zakona s Okvirnom direktivom o vodama, koji su provele stručne službe Europske komisije, utvrđeno je da odredbe Okvirne direktive o vodama nisu u potpunosti prenesene te je isto potrebno napraviti prije pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji.
Isto je provedeno u Zakonu, a sve u cilju postizanja potpunog prenošenja navedene direktive u nacionalno zakonodavstvo. Poglavito se to odnosi na područje zaštite voda. Donošenje ovoga Zakona stoga je bilo predviđeno u Programu za preuzimanje i provedbu pravne stečevine EU za 2013. do kraja prvog kvartala 2013. godine s obzirom da je Republika Hrvatska 1. srpnja 2013. ulazila u Europsku uniju.
Konkretno, dodatno su usklađene odredbe Zakona sa sljedećim člancima Okvirne direktive o vodama:

- svrha, čl.1.,
- koordiniranje administrativnih ustroja u vodnim područjima, čl.3.,
- ciljevi zaštite okoliša, čl. 4.,
- registar zaštićenih područja, čl. 6.,
- vode koje se koriste kao voda namijenjena ljudskoj potrošnji, čl. 7. ,
- praćenje stanja površinskih voda, podzemnih voda i zaštićenih područja, čl. 8.,
- povrat troškova od vodnih usluga, čl. 9.,
- kombinirani pristup za točkaste i raspršene izvore, čl.10.,
- program mjera, čl. 11.,
- pitanja koja se ne mogu rješavati na razini zemlje članice, čl. 12.,
- planovi upravljanja riječnim slivovima, čl. 13.,
- izvješćivanje, čl. 15.

b. Vode, vodno dobro i vodne građevine

Strateška odrednica Strategije upravljanja vodama (Narodne novine, broj 91/08) određuje: „Vodni resurs, ulaganja u razvoj vodnih sustava, kao i upravljanje vodnim sustavima tretirati kao prvorazredno pitanje nacionalnog suvereniteta i interesa, a vodu kao ljudsko pravo, opće dobro i nacionalno bogatstvo“ te posljedično tomu i sprečavanje privatizacije prava na vodni resurs. Svi mehanizmi zaštite iz Strategije upravljanja vodama su predviđeni Zakonom o vodama.

Voda je zaštićena kroz institut općega dobra te ima osobitu zaštitu Republike Hrvatske. Vode u tijelima površinskih i podzemnih voda ne mogu biti objektom prava vlasništva i drugih stvarnih prava. Vode se koriste i na njima se stječu prava na način i pod uvjetima utvrđenim Zakonom i drugim propisima.

Izvorišta vode za piće za javnu vodoopskrbu su osim što su do sada bile zaštićene kao voda tj. opće dobro, sada se štite i kao realni prostor (pod, nad i okolo izvorišta koji je nužno potreban za njegovu sanitarnu zaštitu) kroz institut vodnoga dobra. Ako je vodno dobro (zemljište na kojem se izvorište nalazi) tada je javno vodno dobro.

Vodno dobro je dobro od interesa za Republiku Hrvatsku i ima njenu osobitu zaštitu, a obuhvaća:

- vodonosna i napuštena korita površinskih kopnenih voda;
- uređeno inundacijsko područje;
- neuređeno inundacijsko područje;
- prostor na kojem je izvorište voda iz članka 88. stavka 1. Zakona potreban za njegovu fizičku zaštitu i prostor na kojem je izvorište, izdašnosti najmanje 10m^3 dnevno, prirodne mineralne, termalne i prirodne izvorske vode potreban za njegovu fizičku zaštitu (izvorište vode za piće) i
- otoke koji su nastali ili nastanu u vodonosnom koritu presušivanjem vode, njenom diobom na više rukavaca, naplavljivanjem zemljišta ili ljudskim djelovanjem.

Vodno dobro služi održavanju i poboljšanju vodnog režima. **Ministarstvo nadležno za vodno gospodarstvo (**u konkretnom slučaju Ministarstvo poljoprivrede; u daljnjem tekstu: Ministarstvo) rješenjem utvrđuje status odnosno prestanak statusa vodnog dobra. Javno vodno dobro čine sve naprijed navedene čestice koje su do dana stupanja na snagu Zakona o vodama (Narodne novine, broj 107/95) bile na temelju zakona ili koje druge pravne osnove: opće dobro, javno vodno dobro, vodno dobro, javno dobro-vode, državno vlasništvo, vlasništvo jedinice lokalne samouprave, društveno vlasništvo bez obzira tko je bio nositelj prava korištenja, upravljanja ili raspolaganja. Javno vodno dobro je javno dobro u općoj uporabi i u vlasništvu Republike Hrvatske. Javno vodno dobro je neotuđivo i na njemu ne može neka druga osoba, dosjelošću niti na drugi način, steći pravo vlasništva niti drugo stvarno pravo, osim prava služnosti i prava građenja na način uređen Zakonom.

Javnim vodnim dobrom upravljaju Hrvatske vode, osim u lučkim područjima gdje istima upravljaju lučke uprave te su izuzete iz primjene Zakona o vodama, a u nadležnosti su propisa koji uređuju plovidbu i luke u unutarnjim vodama. Gospodarenjem zaštitnim šumama u javnom vodnom dobru upravljaju Hrvatske šume prema programu gospodarenja na koji suglasnost daju Hrvatske vode. Kako režim javnog vodnog dobra ne bi smio biti zapreka ulaganjima, poboljšane su norme i pojednostavljeni postupci za stjecanje prava

korištenja za gospodarske i osobne potrebe. Izmijenjena je procedura ostvarivanja prava najma, zakupa, služnosti i prava građenja na javnom dobru za gospodarske ili osobne potrebe pravnih i fizičkih osoba. Postojeće odredbe Zakona su određivale ovlast Vlade Republike Hrvatske ili od nje ovlaštenog tijela. Vlada Republike Hrvatske je Odlukom o davanju ovlaštenja Ministarstvu regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva (sada Ministarstvo poljoprivrede) za donošenje odluka o pravu najma, zakupa, služnosti i građenja na javnom vodnom dobru (Narodne novine, broj 96/10) ovlastila ministarstvo nadležno za vodno gospodarstvo da donosi odluku o davanju prava najma, zakupa, služnosti i prava građenja, iako Ministarstvo nije, ni u vrijeme Odluke niti danas, imalo administrativnih kapaciteta za rješavanje ovih predmeta. Istom Odlukom su Hrvatske vode ovlaštene voditi stručnu obradu predmeta i provedbu natječaja. Posljedica ovoga rješenja je bio gubitak jednog stupnja u postupku. Naime, Ministarstvo više nije bilo nadležno rješavati žalbe, jer je rješavalo u prvom stupnju. Nadalje, izmjenama Zakona, sklapanje ugovora o pravu služnosti i pravu građenja predano je u nadležnost Hrvatskih voda koje imaju administrativne kapacitete za obavljanje tih poslova, s tim da Državni ured za upravljanje državnom imovinom daje prethodno mišljenje. Primjerak odluke i ugovora dostavlja Ministarstvu. Stoga se zahtjevi za stjecanje navedenih prava više ne podnose putem Ministarstva. Istovremeno je dodana i odredba da Vlada Republike Hrvatske propisuje visinu naknade za pojedina prava koja se ostvaruju na javnom vodnom dobru kao i izuzeća, rokove i namjene za koje se daju prava najma, zakupa, služnosti i građenja. Izmjenama Zakona je također propisano da u slučaju zahvata na javnom vodnom dobru koji se izvode u javnom interesu da odluku i ugovor o pravu građenja, odnosno odluku i ugovor o pravu služnosti zamjenjuje prethodna suglasnost Hrvatskih voda koju investitor mora ishoditi u upravnom postupku te se ista dostavlja Ministarstvu. Nadalje, propisano je da se nadzor nad izvođenjem tih zahvata u prostoru obavlja po pravilima vodnog nadzora. Ova izmjena će ubrzati javne investicije, a ujedno će omogućiti privatnim investitorima brže ispunjavanje uvjeta iz lokacijskih dozvola. Naime pravo građenja pretpostavlja da je zemljište u vlasništvu jedne osobe (u ovom slučaju - Republike Hrvatske), a građevina u vlasništvu druge. No, prema postojećim odredbama i u takvim se slučajevima, apsurdno, izdavalo pravo građenja. Ujedno bi se omogućilo privatnim investitorima koji imaju lokacijskom dozvolom određen posebni uvjet da u javnom interesu izvedu neki zahvat na javnom vodnom dobru, da ne prolaze složenu proceduru izdavanja prava građenja i plaćaju naknadu za pravo građenja na zemljištu ili građevini koja u trenutku zahvata i nakon toga ostaje u vlasništvu Republike Hrvatske. Ovo je pravičnija odredba za privatne investitore.

Zakonom o izmjenama i dopunama Zakona o vodama (2013.) poboljšane su odredbe koje se odnose na gradnju i održavanje komunalnih vodnih građevina, odnosno kojima se propisuje da se gradnja i održavanje komunalnih vodnih građevina provodi prema planu koji donosi skupština, odnosno upravno vijeće javnog isporučitelja vodne usluge, a gradnja i održavanje komunalnih vodnih građevina pod koncesijom iz članka 171. stavka 3. podstavka 1. Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o vodama (2013.) prema ugovoru o koncesiji. Također je dodana odredba kojom se propisuje da se na građenje regulacijskih i zaštitnih građevina i vodnih građevina za osnovnu melioracijsku odvodnju u vlasništvu Republike Hrvatske te građevina za detaljnu melioracijsku odvodnju i građevina za navodnjavanje u vlasništvu jedinica područne (regionalne) samouprave

kao i za građenje komunalnih vodnih građevina ne plaća komunalni doprinos. Vlasnici komunalnih vodnih građevina mogu biti samo javni isporučitelji vodnih usluga, koji već sada u svom vlasništvu imaju preko 90% komunalnih vodnih građevina. S obzirom da jedinice lokalne samouprave više ne mogu biti izravni vlasnici komunalnih vodnih građevina, dužne su u roku od godine dana od stupanja na snagu Zakona iz 2013. prenijeti komunalne vodne građevine u svom vlasništvu u vlasništvo isporučitelja vodne usluge i to u obliku temeljnog uloga ili prijenosa bez naknade. Prijenos je neoporeziv.

Razlozi su sljedeći:

- preko 90% vodno-komunalne infrastrukture u Republici Hrvatskoj je u vlasništvu isporučitelja vodnih usluga. Prednosti ovog modela su višestruke: sve su investicije jeftinije za vrijednost PDV-a, jer se isti može odbiti pri građenju tih građevina, obračunava se amortizacija u cijeni vodnih usluga, olakšano je ishođenje dozvola i to: lokacijske, građevinske, uporabne, vodopravne dozvole za korištenje voda i za ispuštanje otpadnih voda. Eventualno pitanje da bi se takva infrastruktura mogla naći na udaru ovrha, stečaja ili likvidacija je riješeno na način da komunalne vodne građevine u vlasništvu javnog isporučitelja vodne usluge ne ulaze u stečajnu ili likvidacijsku masu te se u slučaju stečaja ili likvidacije javnog isporučitelja vodne usluge izlučuju u vlasništvo jedinice lokalne samouprave, koja je njihov udjeličar, dioničar ili osnivač.
- novim konceptom se prati trend reforme u vodno-komunalnom sektoru jer se samo prijenosom vodno-komunalne infrastrukture na isporučitelja vodne usluge omogućuje ciljano okrupnjavanje isporučitelja vodnih usluga
- ovim se i dalje ne zadire u prava jedinica lokalne samouprave, jer njihova prava samo mijenjaju svoju kvalitetu, tj. iz izravno vlasničkog prava transformiraju se u udjeličarska prava u temeljnom kapitalu isporučitelja vodnih usluga.

Komunalne vodne građevine su javna dobra u javnoj uporabi.
Također, s ciljem stvaranja preduvjeta za ispunjavanje zahtjeva za korištenja EU fondova za projekte navodnjavanja i melioracijske odvodnje, izvršene su promjene radi osiguranja stabilnog modela upravljanja te stabilnog izvora prihoda za održavanje građevina za navodnjavanje i detaljnu melioracijsku odvodnju. Zakonom je određeno da građevinama za detaljnu melioracijsku odvodnju i građevinama za navodnjavanje u vlasništvu županije, kao i mješovitim vodnim građevinama upravljaju županije. Iznimno, u prijelaznom razdoblju od tri godine građevinama za detaljnu melioracijsku odvodnju upravljaju Hrvatske vode na temelju Plana upravljanja vodama, a građevinama za navodnjavanje u vlasništvu županija te mješovitim vodnim građevinama upravljaju Hrvatske vode – Hidrotehnički objekti d.o.o. i to do visine sredstava naknade za navodnjavanje osiguranih na temelju zakona kojim se uređuje financiranje vodnoga gospodarstva. Program gradnje i održavanja građevina za navodnjavanje donose predstavnička tijela županija, na prijedlog upravitelja (Hidrotehnički objekti d.o.o.). Naime, županije zbog nedostatka administrativnih kapaciteta i financijskih izvora nisu bile u mogućnosti preuzeti zakonsku odgovornost upravljanja ovim građevinama, pa su građevinama za detaljnu melioracijsku odvodnju, po prijelaznim odredbama Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o vodama iz 2005. i Zakona o vodama iz 2009. upravljale Hrvatske vode, a građevine za navodnjavanje su bile izvan organiziranog sustava upravljanja. Stoga je odredbama Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o vodama (2013.) uvedeno prijelazno

razdoblje od tri godine, u kojem Hrvatske vode imaju obvezu osposobiti građevine za detaljnu melioracijsku odvodnju i predati ih u posjed i upravljanje jedinicama područne (regionalne) samouprave.

c. Vodna područja i planski dokumenti upravljanja vodama

Ključna razina za upravljanje vodama odnosno za upravljanje riječnim slivovima u Republici Hrvatskoj je podjela vodnih područja na Vodno područje rijeke Dunav i Jadransko vodno područje, čime je postignuta regionalizacija koja prati hidrografsku podjelu: planiranje i upravljanje respektira prirodne, ali i socio-ekonomske razlike područja, a ujedno omogućava primjenu načela solidarnosti, prava na jednake uvjete razvoja i upravljanja vodama.

Također je uspostavljeno jedinstvo planiranja kao osnove ekološki senzibilnog i socio-ekonomski prihvatljivog integralnog upravljanja vodama putem jednoga plana upravljanja vodnim područjima, koji sadržava sve potrebne sastavnice po oba vodna područja u Republici Hrvatskoj.

Jedinstvo vodnog sustava ostvaruje se kroz odredbe o jedinstvu površinskih i podzemnih voda, te kroz obveze određivanja standarda kakvoće površinskih u pogledu njihovog ekološkog i kemijskog stanja, podzemnih voda u pogledu njihovog količinskog i kemijskog stanja, priobalnih voda u pogledu njihovoga kemijskoga i ekološkoga stanja, voda teritorijalnoga mora u pogledu njihovoga kemijskoga stanja. Uvodi se načelo suradnje i razmjene informacija o prekograničnim utjecajima na međunarodnim vodnim područjima.

Izmjenama i dopunama Zakona o vodama radi usklađivanja s Okvirnom direktivom o vodama dopunjene su odredbe koje se odnose na vodna područja, odnosno da su prekogranični riječni slivovi ujedno u sastavu međunarodnih vodnih područja te se određuje nadležno tijelo za upravljanje dijelom međunarodnog vodnog područja koje je na teritoriju Republike Hrvatske. Također su dodane odredbe kojima se propisuje donošenje propisa o sadržaju Plana upravljanja vodnim područjima i njegov obuhvat, izrada Plana upravljanja vodnim područjima koji se odnosi na međunarodno vodno područje, izvještavanje o Planu upravljanja vodnim područjima, metodologija za analizu značajki vodnoga područja, uključujući i sadržaj ekonomske analize korištenja voda, sadržaj programa mjera uključujući osnovne i dopunske mjere, sadržaj podataka o nadležnim tijelima za provedbu Zakona i o nadležnim tijelima svih međunarodnih tijela u kojima sudjeluje Republika Hrvatska u provedbi odredbi Zakona, kao i obvezu izrade izvještaja o planiranim radnjama za provedbu načela povrata troškova od vodnih usluga. Vlada Republike Hrvatske je donijela Plan upravljanja vodnim područjima za razdoblje 2013. - 2015. na svojoj sjednici održanoj 26. lipnja 2013., objavljen u Narodnim novinama broj 82 od 30. lipnja 2013. Plan upravljanja vodnim područjima je integralni dokument koji u svom programu mjera objedinjuje obveze iz brojnih direktiva Europske unije vezanih uz zaštitu okoliša. U Planu se problematika upravljanja vodama razmatra cjelovito, što omogućuje usporedbe prednosti i nedostataka pojedinih mjera i aktivnosti u integralnom kontekstu konfrontirajućih interesa, koristi i troškova pojedinih dionika. Plan sadrži pregled stanja voda, pregled sustava praćenja stanja voda te program mjera za unapređivanje stanja voda u Republici Hrvatskoj. Plan upravljanja rizicima od poplava koji će se prema odredbama Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima donijeti

do kraja 2015. godine, postat će sastavni dio prve dopune Plana upravljanja vodnim područjima koja će se također donijeti krajem 2015. godine za drugi šestogodišnji ciklus 2016. - 2021. godine.
Za druga dva planska dokumenta upravljanja vodama, Višegodišnji program gradnje komunalnih vodnih građevina za razdoblje 2014. - 2023. i Višegodišnji program gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije za razdoblje 2013. - 2017., provodi se postupak strateške procjene utjecaja na okoliš sukladno propisima o zaštiti okoliša, nakon čega se do kraja II kvartala 2015. planira upućivanje u postupak donošenja programa od strane Vlade Republike Hrvatske.

d. Zaštita voda

Zaštita voda ima za cilj spriječiti daljnje pogoršanje, zaštititi i poboljšati stanje vodnih ekosustava te s obzirom na potrebe za vodom, kopnenih ekosustava i močvarnih područja izravno ovisnih o vodnim ekosustavima, promicati održivo korištenje voda na osnovi dugoročne zaštite raspoloživih vodnih resursa, bolje zaštititi i poboljšati stanje vodnog okoliša, među ostalim i putem specifičnih mjera za postupno smanjenje ispuštanja, emisija i rasipanja opasnih tvari s prioritetne liste te prekid ili postupno ukidanje ispuštanja, emisija ili rasipanja opasnih tvari s prioritetne liste, osigurati postupno smanjenje onečišćenja podzemnih voda i sprječavati njihovo daljnje onečišćenje, te pridonijeti ublažavanju posljedica poplava i suša. Ostvarenjem ciljeva zaštite pridonosi se očuvanju života i zdravlja ljudi, osiguravanju dostatnih količina površinskih i podzemnih voda dobre kakvoće potrebnih za održivo, uravnoteženo i pravično korištenje voda, znatnom smanjenju onečišćenja podzemnih voda, zaštiti kopnenih površinskih voda i morskih voda, postizanju ciljeva mjerodavnih međunarodnih ugovora, uključujući i one koji su usmjereni na uklanjanje onečišćenja morskog okoliša sukladno propisima kojima se osigurava prekidanje ili postupno ukidanje ispuštanja, emisije i rasipanja opasnih tvari s prioritetne liste, a s konačnim ciljem postizanja vrijednosti u morskom okolišu bliskih temeljnim koncentracijama tvari koje se prirodno javljaju i koncentraciji oko nule za sintetske tvari. Zaštita voda uključuje uvijek i zaštitu vodnog okoliša, a gdje je primjenjivo i drugih sastavnica okoliša. Vlada Republike Hrvatske uredbom propisuje standard kakvoće voda za površinske, uključivo i priobalne vode i vode teritorijalnoga mora te podzemne vode, a od zadnje izmjene Zakona i pretpostavke za utvrđivanje slučajeva pod kojima se privremeno pogoršanje stanja voda neće smatrati povredom ciljeva zaštite i odredbi Zakona kojim se osigurava ostvarenje tih ciljeva; popis prioritetnih tvari, prioritetnih opasnih tvari i ostalih onečišćujućih tvari, ograničenja ili zabrane ispuštanja onečišćujućih tvari u vode te ograničenja i zabrane odlaganja onečišćujućih tvari na mjestima s kojih postoji mogućnost onečišćenja voda. Kakvoća vode namijenjene za ljudsku potrošnju, osim kakvoće vode u vodnim tijelima iz članka 88. Zakona, uređuje se posebnim zakonom. Nadzor nad stanjem površinskih, uključivo i priobalnih voda te podzemnih voda provodi se i sustavnim praćenjem stanja voda (monitoring). Monitoring provode Hrvatske vode na temelju plana monitoringa. Službeni laboratorij za uzimanje uzoraka i izradu analiza u okviru monitoringa i drugih službenih kontrola voda je Glavni vodnogospodarski laboratorij Hrvatskih voda. Hrvatske vode su nadležne za tumačenje rezultata monitoringa o čemu izrađuju godišnje izvješće do 30. lipnja tekuće godine za prethodnu godinu. Izvješće se dostavlja Ministarstvu i Agenciji za zaštitu okoliša.

Program mjera za dio međunarodnog vodnog područja koje Republika Hrvatska dijeli s državama članicama Europske unije, usklađuje se s tim državama. Dopunjeni Program mjera koji sadržava nove ili izmijenjene mjere stupa na snagu najkasnije u roku od 3 godine od stupanja na snagu Plana upravljanja vodnim područjima, odnosno njegovih izmjena i dopuna. Provodeći osnovne mjere poduzet će se svi koraci da se ne izazove povećanje onečišćenja mora. Neovisno o postojećim propisima, primjena osnovnih mjera ne smije ni u kojem slučaju dovesti do izravnog ili neizravnog povećanja onečišćenja površinskih voda. Ova se odredba ne primjenjuje u slučaju kada bi njena provedba dovela do povećanog onečišćenja okoliša u cjelini.
U postupku usklađivanja Zakona s Okvirnom direktivom o vodama predstavnici Europske komisije su imali primjedbe na neispravno prenošenje članka 4.7 Okvirne direktive o vodama koja govori o znatno promijenjenim vodnim tijelima, neodstupanju od postizanja ciljeva zaštite voda kao i o okviru primjene odredbi o iznimkama od nepostizanja ciljeva zaštite voda. To konkretno znači da su izmjenama Zakona dodani članci 54.a, 54.b i 54.c kako bi se postigla potpuna usklađenost. U svezi neodstupanja od postizanja ciljeva zaštite voda, ne smatra se odstupanjem od postizanja ciljeva zaštite voda ako se ne uspije postići dobro stanje podzemnih voda, dobro ekološko stanje ili, gdje je to odgovarajuće, dobar ekološki potencijal, ili spriječiti pogoršanje stanja površinskih ili podzemnih voda uslijed novonastalih promjena fizičkih karakteristika površinskih voda ili promjena razine podzemnih voda, kada su ispunjeni svi uvjeti, a to je da su poduzeti svi praktični koraci za ublažavanje negativnog utjecaja na stanje voda, da su razlozi tih izmjena ili promjena izričito navedeni i objašnjeni u Planu upravljanja vodnim područjima te da se ciljevi revidiraju svakih 6 godina, da su razlozi tih izmjena i promjena od prevladavajućeg javnog interesa i/ili da su koristi za okoliš i društvo od postizanja ciljeva zaštite voda manji od koristi za ljudsko zdravlje, sigurnost i održivi razvoj koje proizlaze iz tih izmjena i promjena te da se korisni ciljevi kojima služe te promjene stanja vode ne mogu iz tehničkih razloga ili zbog nerazmjernih troškova postići drugim sredstvima koja predstavljaju znatno bolju ekološku varijantu. Ne smatra se odstupanjem od postizanja ciljeva zaštite voda i ako se ne uspije spriječiti pogoršanje od vrlo dobrog stanja prema dobrom stanju površinskih voda uslijed novih ljudskih djelatnosti u sklopu održivog razvoja kada su ispunjeni svi navedeni uvjeti.

e. Korištenje voda

Svakome je dopušteno korištenje voda pod uvjetima i u granicama određenim Zakonom s naglaskom da se voda mora upotrebljavati i koristiti racionalno i ekonomično. Korištenje voda za potrebe javne vodoopskrbe ima prednost u odnosu na sve druge oblike korištenja. Tijela podzemnih voda koja se koriste ili čije se korištenje planira u budućnosti za javnu vodoopskrbu moraju se čuvati na takav način da se izbjegne pogoršanje njihovog stanja, kako bi se smanjio stupanj njihovog kondicioniranja u proizvodnji vode za piće. Visoka razina kakvoće vode za kupanje osigurava se primjenom standarda kakvoće i drugih mjera u cilju zaštite zdravlja kupača. Određivanjem salmonidnih i ciprinidnih voda, utvrđivanjem graničnih vrijednosti određenih pokazatelja za te vode i poduzimanjem drugih mjera osigurava se zaštita populacija slatkovodnih riba od različitih štetnih posljedica koje nastaju zbog ispuštanja onečišćujućih tvari u vode. Određivanjem područja u vodama koja su zbog kakvoće vode pogodna za život i rast školjkaša, utvrđivanjem

ciljeva kakvoće voda u tim područjima i poduzimanjem drugih mjera, osigurava se zaštita populacija školjkaša u morskoj vodi i prijelaznim vodama, te doprinosi visokoj kakvoći proizvoda koji se izravno koriste u ljudskoj prehrani.
Radi osiguranja prvenstva u korištenju voda za vodoopskrbu, Hrvatske vode će posebno identificirati na svakom vodnom području sve vode namijenjene ljudskoj potrošnji koje osiguravaju u prosjeku više od 10 m³ vode na dan ili opskrbljuju više od 50 ljudi i sva vodna tijela rezervirana za te namjene u budućnosti. Na tijelima površinskih i podzemnih voda iz kojih se osigurava zahvaćanje više od 100 m³ dnevno, obavlja se monitoring njihovog stanja.
U postupku usklađivanja Zakona s Okvirnom direktivom o vodama dodana je odredba koja po svojim odredbama spada u načela upravljanja vodama, da se za korištenje voda koje prelazi granice općeg korištenja, kao i za svako pogoršanje stanja voda, plaća naknada razmjerno koristi, odnosno stupnju i opsegu utjecaja na promjene u stanju vodnih tijela, poštujući ekonomsko vrednovanje voda, povrat troškova njezinog korištenja i zaštite vodnoga okoliša i drugih sastavnica okoliša, sukladno ekonomskoj analizi koja sadržava sastavnice iz propisa o sadržaju Plana upravljanja vodnim područjima. Ništa što je sadržano u ovom načelu ne sprječava financiranje posebnih preventivnih ili popravnih mjera radi postizanja ciljeva zaštite voda iz Zakona.

f. Koncesije i vodopravni akti

Izmjenama i dopuna Zakona o vodama poboljšane su odredbe koje se odnose na koncesije pa tako koncesija nije potrebna za navodnjavanje iz površinskih voda do ukupno deset hektara zemljišta istog vlasnika, niti za navodnjavanje podzemnom vodom, što se zahvaća i crpi na istom zemljištu, do ukupno pet hektara zemljišta istoga vlasnika što su novine, odnosno broj hektara koji je povećan izmjenama Zakona o vodama. S obzirom da se koncesije za korištenje voda na temelju Zakona o koncesijama (Narodne novine, broj 143/12) smatraju gospodarskim korištenjem općeg ili drugog dobra, a da je krovni zakon o koncesijama promijenjen u cilju brže i efikasnije dodjele koncesija, izmjenama i dopunama Zakona o vodama iz 2013. godine izvršeno je usklađenje sa zakonom o davanju koncesija na način da je propisano da se koncesije daju u postupku koji uređuje Zakon o koncesijama. Zakon o koncesijama dopušta mogućnost da posebni zakoni (tako i Zakon o vodama) drukčije urede određena pitanja koncesija, ali ne protivno načelima Zakona o koncesijama. Stoga Zakon o vodama propisuje kada je vlasnik nekretnine na mjestu planirane koncesije jedini mogući koncesionar smatra se da postojeća i/ili planirana gospodarska aktivnost tog vlasnika čini s predmetom koncesije za koju se zahtjev podnosi, neodvojivu tehnološku ili funkcionalnu cjelinu, te da koncesija služi isključivo za obavljanje te gospodarske aktivnosti. Takva koncesija izdaje se na neposredni zahtjev a ne više u postupku javnog natječaja što nedvojbeno predstavlja brži i efikasniji postupak kako za budućeg korisnika koncesije tako i za samog davatelja predmetnih koncesija. U tom smislu propisano je da ako se u roku određenom Zakonom o koncesijama ministarstvo nadležno za financije ne očituje na prijedlog davatelja koncesije o davanju koncesije na zahtjev, smatrat će se da je očitovanje dano u korist davanja koncesije. Nadalje, propisano je da se za koncesiju za eksploataciju šljunka i pijeska kao kriterij za odabir ekonomski najpovoljnije ponude može odrediti postojanje uređene deponije i njezina blizina mjestu koncesije. Korištenje voda za splavarenje, rafting, vožnju kanuima, te za postavljanje

plutajućih i plovećih objekata na unutarnjim vodama za korištenje u vidu gospodarske djelatnosti koje su predstavljale po ranijim odredbama Zakona o vodama vrste koncesija za korištenje voda, izmjenama Zakona promijenjene su odredbe na način da za ovakve vidove korištenja voda nije potrebna koncesija već je dovoljna vodopravna dozvola (tj. ako se ne radi o gospodarskoj djelatnosti, vodopravna dozvola nije potrebna). Novim odredbama Zakona su izvršena usklađivanja sa Zakonom o poljoprivrednom zemljištu u svezi korištenja voda za uzgoj riba, a u svim drugim odredbama poglavlje koncesija je usklađeno sa Zakonom o koncesijama.

U cilju pojednostavljenja postupka za gospodarstvo, izmjenama Zakona o vodama ukinuta je odredba o izdavanju vodopravnih dozvola za kemikalije koje nakon uporabe dospijevaju u vode jer za uvoz, proizvodnju i stavljanje na tržište istih akte već izdaju druga javnopravna tijela. Na taj način se ukida višestruko izdavanje raznih dozvola, ali se osigurava Hrvatskim vodama uvid u akte kojima se dopušta proizvodnja, uvoz i stavljanje na tržište kemikalija uključivo sredstava za zaštitu bilja, mineralnih gnojiva i biocidnih pripravka kako bi se sagledali njihovi utjecaji na stanje voda.

U kontroli obračuna i praćenju naplate naknade za koncesije za gospodarsko korištenje voda uspostavljen je sustav učinkovite kontrole obračuna i praćenja naplate naknada za koncesije za gospodarsko korištenje voda čime se postigla veća disciplina koncesionara vezano za plaćanje naknada za koncesije, pridonijelo se dodatnoj edukaciji koncesionara, povećanju učinkovitosti naplate naknada za koncesije, punjenju državnog proračuna i proračuna jedinica lokalne i područne/regionalne samouprave, kao i provedbi zakonskih i provedbenih propisa koji se odnose na obračun i plaćanje naknada za koncesije.

Na godišnjoj razini provodi se kontrola obračuna i plaćanja naknade za koncesije za oko 700 ugovora o koncesiji za gospodarsko korištenje voda, prilikom koje se za veće obveznike traži financijski nadzor obveza i plaćanja od Ministarstva financija, Carinske uprave. Poduzimaju se mjere za učinkovitiju naplatu naknada za koncesije, a u pojedinim slučajevima naplata dugovanja provodi se uz suradnju s Državnim odvjetništvom Republike Hrvatske.

g. Šljunak i pijesak u području značajnom za vodni režim

Trogodišnja zabrana eksploatacije šljunka i pijeska dovela je do sigurnosnih posljedica koje se manifestiraju kroz smanjenje protjecajnih profila hrvatskih rijeka i povećanje rizika i izravnih šteta od poplava. Uz to, došlo je do gospodarskih posljedica kao što su smanjenje plovnosti vodnih putova te njihovo neodržavanje u propisanoj klasi plovnosti određenoj međunarodnim ugovorima. Na dijelu tržišta dolazi do nestašice pijeska i šljunka, a povećao se uvoz iz BiH, Srbije, Mađarske i Austrije. U protekle četiri godine u Republiku Hrvatsku je uvezeno šljunka i pijeska u vrijednosti od oko 500 milijuna kuna iz zemalja u okruženju. Sve više domaćih poduzetnika otvara poduzeća/podružnice u tim državama. Sukladno njihovim propisima stječu koncesiju ili dozvolu za vađenje šljunka i pijeska te zatim taj isti materijal iz istih graničnih vodotoka (Sava, Dunav, Drava) prodaju u Republici Hrvatskoj uz iznimno visoke maloprodaje cijene.

Sve ovo dovelo je do toga da se izmjenama Zakona o vodama iz 2013. godine, dopušta eksploatacija šljunka i pijeska na temelju ugovora o koncesiji ako ti zahvati ne mijenjaju prirodne procese te ako služe održavanju voda i vodnih putova, uz obveznu provedbu odgovarajuće procjene utjecaja na okoliš odnosno ekološku mrežu, prema propisima o

zaštiti okoliša i prirode, a u tom postupku u svojstvu stranke mogu nastupiti Hrvatske vode ili Agencija za vodne putove, ovisno o nadležnosti s obzirom na područje zahvata.
Na koncesionara koji ima koncesiju za eksploataciju šljunka i pijeska također se na odgovarajući način primjenjuju odredbe obveze izrade geodetske snimke mjesta vađenja, izrada granulometrijskog sastava šljunka i pijeska te elaborata s dokaznicom količina šljunka i pijeska. Umjesto dosadašnje obveze da izvođač izrađuje geodetsku snimku prije i nakon vađenja, kao i analizu granulometrijskog sastava prije početka vađenja, spomenuto je, u cilju jačanja kontrole, obveza naručitelja.
Cilj ovih zakonskih izmjena je uspostavljanje ravnoteže između sigurnosnih i gospodarskih ciljeva s jedne strane i ciljeva zaštite okoliša i prirode s druge strane, a i kako bi se omogućilo sklapanje Protokola o upravljanju nanosom uz Okvirni sporazum o slivu rijeke Save. Isto tako, ovim postupkom ujednačava se nacionalno zakonodavstvo sa zakonodavstvom zemalja u okruženju, smanjuje uvoz šljunka i pijeska te hrvatske tvrtke ne moraju otvarati paralelno poduzeća u susjednim zemljama kako bi ostvarili pravo na koncesiju za eksploataciju šljunka i pijeska, što je do sada bio čest slučaj te iz istih graničnih vodotoka vadili navedeni materijal. Također, poboljšane su odredbe o raspolaganju šljunkom i pijeskom izvađenim tijekom radova građenja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina osnovne melioracijske odvodnje, koje izvođači izvode na temelju ugovora s Hrvatskim vodama, kao naručiteljem, odnosno tijekom radova građenja i održavanja vodnih putova na unutarnjim vodama, akvatorija luka i pristaništa unutarnje plovidbe i objekata sigurnosti unutarnje plovidbe, koji izvode izvođači na temelju ugovora s Agencijom za vodne putove. Dopunjena je odredba da se šljunkom i pijeskom izvađenim i tijekom radova iz članka 116.a Zakona o vodama (čišćenje i uklanjanje nanosa u području značajnom za vodni režim) može raspolagati isto kao i šljunkom i pijeskom izvađenim tijekom radova građenja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina osnovne melioracijske odvodnje, kao i radova građenja i održavanja vodnih putova na unutarnjim vodama, iz razloga što se sada čišćenje i uklanjanje nanosa provodi isključivo putem javnih radova iz članka 116.a ili posredno putem koncesija. Izmijenjene su odredbe tko provodi prodaju šljunka i pijeska radi građenja drugih javnih građevina, s prethodnim vađenjem na obale, ili na slobodnom tržištu, putem javnoga natječaja, s prethodnim vađenjem na obale, a to je upravitelj deponije odnosno pravna osoba Hrvatske vode - Hidrotehnički objekti d.o.o., koja provodi prodaju šljunka i pijeska na temelju odluke Vlade Republike Hrvatske. Nadalje, izmijenjena je odredba o naknadi troškova, odnosno naknada troškova je podijeljena prema subjektima kod kojih je trošak i nastao te je izmijenjena odredba što mora sadržavati prodajna cijena. Također je propisano koje elemente mora sadržavati odluka o korištenju šljunka i pijeska za prodaju radi građenja drugih javnih građevina, odnosno za prodaju na slobodnom tržištu. Istovremeno propisane su puno strože mjere vezano uz protupravnu eksploataciju, jer sustav je dobar onoliko koliko se dobro nadzire. Tako i izvođači radova, koncesionari kao i upravitelj deponije Hrvatske vode - Hidrotehnički objekti d.o.o. su dužni voditi očevidnik vađenja šljunka i pijeska kao i deponiranja. Ukoliko podaci iz očevidnika vađenja šljunka i pijeska odnosno očevidnika deponiranoga šljunka i pijeska nisu sukladni stvarnom stanju smatra se da je pijesak i šljunka protupravno eksploatiran. Naime, i dalje je zadržana zabrana eksploatacije iz neobnovljivih ležišta u vodama i drugim tijelima površinskih voda, u uređenom i neuređenom inundacijskom području osim ako je to dozvoljeno posebnim propisima o rudarstvu.

h. Zaštita od štetnog djelovanja voda i poplave u svibnju 2014.

U okviru problematike zaštite od štetnog djelovanja voda Zakonom o vodama postignut je kompromis između zadanih regulatornih okvira EU i povijesnih stečevina hrvatskog vodnog gospodarstva (iskustvo od skoro 138 godina organiziranog vodnog gospodarstva, uz postojanje tradicionalnog oblika organizacije upravljanja vodama).

Državni plan obrane od poplava kao najznačajniji provedbeni akt, izrada karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava, izrada planova upravljanja rizicima od poplava, kao i Glavni provedbeni plan obrane od poplava predstavljaju stup regulative obrane od poplava. Temeljna načela obrane od poplava su načelo trajne imobilizacije, načelo mobilizacije, obveze civilnog sudjelovanja u obrani od poplava.

Činjenica je da nepažljivo gospodarenje prirodnim resursima u prošlosti, priroda vraća u vidu sve češćih elementarnih nepogoda i to s jedne strane ekstremnih suša, a s druge strane katastrofalnih poplava koje u posljednje vrijeme ne mimoilaze ni Hrvatsku. Tome se svjedočilo u svibnju prošle godine kada je rijeka Sava u katastrofalnim poplavama pokazala i svoje strašno lice odnijevši sa sobom i nekoliko ljudskih života.

Naime, analiza oborina za travanj i svibanj 2014. uspoređena s dugogodišnjim prosjecima (1961. - 1990.) pokazuje da su pale oborine premašile prosjeke za više od 200% na cijelom području sliva rijeke Save u njenom donjem toku. Razmjeri ove nepogode nisu zabilježeni u posljednjih 50 godina, odnosno od poplave Zagreba iz 1964. Poplava se može okarakterizirati kao netipična, jer je zadesila područje koje je u potpunosti obranjeno nasipom od rijeke Save. Vodostaji su na ove oborine reagirali vrlo brzo, razina vode u Savi rasla je velikom brzinom. Vodostaj je za tri dana u Županji narastao za čak 5 metara, što je vrlo intenzivan prirast vodostaja, nekarakterističan za ovaj dio toka Save. Visoke vodostaje u Savi formirali su najviše njeni desni pritoci: Una, Vrbas, Ukrina i Bosna, a na području županjske Posavine dominantan doprinos visokim vodostajima dala je rijeka Bosna, koja je na svom toku prouzročila ogromna razaranja i štete. Na toku Save od Slavonskog Broda pa nizvodno do granice, formirani su nikada zabilježeni vodostaji povratnog perioda od tisuću godina. Nizinske savske retencije bile su aktivirane s oko 600 milijuna kubičnih metara, što je oko trećina njihovog kapaciteta. Njihov veći angažman nije bio moguć jer se vodni val formirao na nizvodnom toku Save.-

Međutim, dana 17. svibnja 2014. došlo je do proboja nasipa rijeke Save kod Rajeva Sela i Račinovaca što je dovelo do poplave na području županjske Posavine te je Vlada Republike Hrvatske na svojoj 161. telefonskoj sjednici održanoj 20. svibnja 2014. godine, na prijedlog ravnatelja Državne uprave za zaštitu i spašavanje, proglasila katastrofu za područje Vukovarsko-srijemske županije koja je pogođena poplavom. Poplavljena površina procjenjuje se na oko 250 km^2. Prodori nasipa se nisu mogli predvidjeti, ali se mogu objasniti pojavom voda, u količinama na koje nasip nije dimenzioniran. Vodostaj kod kojeg je došlo do proboja je za jedan metar premašio projektni, a po veličini odgovara teoretskom tisućugodišnjem, dok je sustav dimenzioniran na stogodišnju pojavu. Prolaz velikih voda, osim poplavljivanja naselja ostavio je i brojne posljedice na vodotocima i vodnim građevinama o kojima brigu vode Hrvatske vode, što je izazvalo velike materijalne štete. Nažalost došlo je i do gubitka ljudskih života (evidentirane 2 žrtve), 9.000 ljudi je evakuirano, 7.500 kuća i 19 javnih zgrada je poplavljeno, štete na imovini su 160 milijuna eura, štete na infrastrukturi 30 milijuna eura, štete u poljoprivredi (8.500 ha) 8 milijuna eura, troškovi za zaštitu od poplava (troškovi obrane i sanacije) veći od 15 milijuna eura.

Hrvatski sabor je na sjednici održanoj 18. lipnja 2014. donio Zakon o saniranju posljedica katastrofe na području Vukovarsko-srijemske županije dok je Vlada Republike Hrvatske na sjednici održanoj 3. srpnja 2014. na temelju Zakona o saniranju posljedica katastrofe na području Vukovarsko-srijemske županije donijela Odluku o donošenju Programa obnove i saniranja posljedica katastrofe na području Vukovarsko-srijemske županije - obnova vodnih građevina i zaštita zdravlja životinja i ljudi. Programom je planirano u radove sanacije vodotoka i vodnih građevina uložiti 82.850.500 kuna (s PDV-om) od čega je planirano da 41.863.500 kuna (s PDV-om) osiguraju Hrvatske vode, dok je preostali dio u iznosu od 40.987.000 kuna (s PDV-om) bilo potrebno osigurati iz Državnog proračuna. Programom je predloženo da se troškovi crpljenja i isporuke 100 000 m³ vode utrošene za čišćenje poplavljenog područja u iznosu od 1.500.000 kuna financiraju iz Državnog proračuna. Vlada Republike Hrvatske je na sjednici održanoj 23. prosinca 2014. godine donijela i Odluku o donošenju izmjena i dopuna Programa obnove i saniranja posljedica katastrofe na području Vukovarsko-srijemske županije - obnova vodnih građevina i zaštita zdravlja životinja i ljudi. Izmjenama Programa je predviđeno povećanje ulaganja u sanaciju šteta od poplava na vodotocima i građevinama iz temeljnih sredstava Hrvatskih voda s planiranih 41.863.500 kuna (s PDV-om) na 73.586.707 kuna (s PDV-om). Ukupna financijska sredstva potrebna za obnovu vodnih građevina prema Programu iznose 114.573.707 kuna (s PDV-om). Dakako da su prošlogodišnje svibanjske poplave bile povod za preispitivanje svih mehanizama koji su na raspolaganju kako bi se poboljšala razmjena podataka i informacija u slivu, korištenje hidroloških modela pomoću kojih se procjenjuje mogućnost pojave poplava i sustava ranog uzbunjivanja, ali i druge mehanizme kojima se raspolaže u obrani od poplava. Treba svakako naglasiti da je sustav obrane od poplava kakav danas postoji u Hrvatskoj pomno građen tijekom dugog niza godina što je zahtijevalo i kontinuirano zahtjeva značajna ulaganja, funkcionira po principu solidarnosti, dok njegova isplativost u pravilu ostaje neprepoznata ili se percipiraju samo nedostaci sustava. U tom smislu Republika Hrvatska, kao i većina drugih zemalja članica EU, priprema Plan upravljanja vodnim područjima i Plan upravljanja rizicima od poplava za razdoblje 2016. - 2021., koji se planiraju donijeti do kraja 2015.

Iznimno važna pretpostavka za donošenje Plana upravljanja rizicima od poplava, ali i obveza u ispunjenju odredbi Direktive o poplavnim rizicima jest izrada karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava što je bio iznimno zahtjevan i složen posao. U tom smislu, Europska unija je dala stručnu potporu hrvatskim stručnjacima odobrivši IPA 2010 Twinning projekt *Izrada karata opasnosti od poplava i rizika od poplava* vrijedan oko milijun eura, koji je realiziran u suradnji stručnjaka Republike Hrvatske i stručnjaka iz Kraljevine Nizozemske, Republike Francuske i Republike Austrije. Osnovna svrha tog projekta koji je započeo krajem siječnja 2013. godine i koji je uspješno završen sredinom travnja 2014. godine bila je edukacija stručnog tima u Hrvatskim vodama koji će biti osposobljen za pripremu tehničkih dokumenata za provedbu odredbi Direktive o poplavnim rizicima u Republici Hrvatskoj. Na temelju obveze iz članka 110. Zakona o vodama (Narodne novine, br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14) i kao preduvjet za realizaciju Twinning projekta, Hrvatske vode su u siječnju 2013. godine izradile Prethodnu procjenu rizika od poplava, kao prvu fazu provedbe Direktive o poplavnim rizicima. Traženi podaci i informacije iz Prethodne procjene rizika od poplava proslijeđeni su u Informacijski sustav voda Europske unije u veljači 2014. godine. Tijekom provedbe Twinning projekta izrađene su karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava za tri poplavna scenarija (poplave velike, srednje i male vjerojatnosti pojave) na dva odabrana

pilot područja sa značajnom ranjivošću od poplava - područje Karlovca uz rijeku Kupu na vodnom području rijeke Dunav i područje delte Neretve na jadranskom vodnom području, kao i šest vodiča za provedbu Direktive u Republici Hrvatskoj. Karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava su na temelju stečenih iskustava iz Twinning projekta izrađene za čitavu državu i objavljene su na mrežnoj stranici Hrvatskih voda (http://www.voda.hr/hr/karte-opasnosti-od-poplava-karte-rizika-od-poplava), na kojoj su objavljeni i svi vezani dokumenti. Karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava za čitavu državu dostavljene su Europskoj komisiji.

i. Međunarodna suradnja

Kada se govori o međunarodnoj suradnji, za vodno gospodarstvo Republike Hrvatske je osobito značajna činjenica da Republika Hrvatska u 2015. godini predsjedava Međunarodnom komisijom za zaštitu rijeke Dunav (International Commission for Protection of Danube River - ICPDR), kojom u ime Republike Hrvatske tijekom 2015. godine predsjedava pomoćnik ministra poljoprivrede nadležan za vodno gospodarstvo, Dražen Kurečić, dosadašnji voditelj Delegacije Republike Hrvatske pri Međunarodnoj komisiji za zaštitu rijeke Dunav, a tijekom predsjedavanja Hrvatska je, kao temu na koju će posebno staviti naglasak, izabrala upravo obranu od poplava.

Naime, 10. prosinca 2014. godine pomoćnik ministra Dražen Kurečić je u Beču u ime Republike Hrvatske preuzeo predsjedavanje Međunarodnom komisijom za zaštitu rijeke Dunav od vršiteljice dužnosti bugarske predsjedavateljice Emiliye Kraeve. Primopredaja predsjedavanja je izvršena simboličnom predajom boce vode iz rijeke Dunav. Svečanost je održana na marginama 17. Redovitog sastanka Međunarodne komisije za zaštitu rijeke Dunav, koji se svake godine u prosincu održava u sjedištu ICPDR-a u Beču. Na svečanosti primopredaje, uz predstavnike voditelja i članova delegacija država stranaka ICPDR-a, sudjelovala je i dr.sc. Zdenka Weber, ministar savjetnik Veleposlanstva Republike Hrvatske u Beču. Pomoćnik ministra Kurečić je u prigodnom obraćanju, između ostalog, podsjetio da Republika Hrvatska predsjeda po drugi put ICPDR-om te da je od te 2001. godine do danas napravljeno mnogo na ostvarenju ciljeva Konvencije o zaštiti i održivom korištenju rijeke Dunav, o čemu osobito svjedoči prvi. Plan upravljanja rijekom Dunav koji je odobren na ministarskom sastanku 2010. godine. Pomoćnik Kurečić je izrazio zadovoljstvo što će Republika Hrvatska predsjedavati ICPDR-om u godini kada će biti dovršen drugi Plan upravljanja rijekom Dunav i prvi Plan upravljanja rizicima od poplava za Dunav. Govoreći o prioritetima hrvatskog predsjedavanja, pomoćnik ministra Kurečić je rekao da će, uz završetak navedenih planova, naglasak biti na pitanjima obrane od poplava i zaštite voda. Izvršni tajnik ICPDR-a Zavadsky je zahvalio Bugarskoj na uspješnom predsjedavanju i poželio još veći uspjeh u predsjedavanju Republici Hrvatskoj. G. Zavadsky je također tom prigodom predstavio budućeg voditelja Delegacije Republike Hrvatske pri ICPDR-u, mr.sc. Ivicu Plišića, generalnog direktora Hrvatskih voda.

Republiku Hrvatsku u 2015. godini povodom predsjedavanja ICPDR-om u području vodnoga gospodarstva očekuju i dodatne aktivnosti, između ostalog Republika Hrvatska će od 2. do 3. lipnja 2015. biti domaćin polugodišnjeg sastanka Stalne radne grupe ICPDR-a, od 2. do 3. srpnja 2015. radionice za dionike o drugom Planu upravljanja slivom Dunava i prvom. Planu upravljanja rizicima od poplava te niza drugih sastanaka radnih grupa.

Okvirni sporazum o slivu rijeke Save ima dvostruku dimenziju i uz pitanja vezana uz plovidbu, obuhvaća i održivo upravljanje vodama. Savska komisija, koju čine predstavnici svake strane tj. član i zamjenik člana iz svake od država potpisnica Okvirnog sporazuma (uz Republiku Hrvatsku, Bosna i Hercegovina, Republika Slovenija i Republika Srbija) odmah je organizirala Ministarski sastanak koji je imao za zadaću sagledati sve mogućnosti koje stoje na raspolaganju u zajedničkoj obrani od poplava i uz podršku nadležnih ministara potaknuti i ubrzati određene korake koje je potrebno poduzeti kako bi se maksimalno angažirali svi mehanizmi. Pri tome treba reći da Savska komisija ne raspolaže kapacitetima za neposrednu obranu od poplava, no ona zato okuplja države članice i nečlanice koje zajedničkim naporima rade na donošenju određenih međunarodnih akata (protokola) koji su usklađeni s propisima EU u području voda (premda države članice to nisu u obvezi), daje prostor za rješavanje vodnogospodarskih pitanja od zajedničkog interesa za države što je osobito značajno ako države nisu sklopile bilateralne vodnogospodarske ugovore. Pod okriljem Savske komisije priprema se i značajan broj projekata pomoću kojih se nastoje prikupiti nedostajući podaci, implementirati obveze, ovdje je napose važno napomenuti obveze vezane uz izradu plana upravljanja rizicima od poplava, što je vrlo korisno za države u slivu. Tako je na navedenom Ministarskom sastanku održanom u Beogradu, 16. lipnja 2014. dan snažan poticaj da Protokol o zaštiti od poplava uz Okvirni sporazum o slivu rijeke Save, potpisan 1. lipnja 2010. u Gradiški, BiH, uz Republiku Hrvatsku i Bosnu i Hercegovinu, ratificiraju i preostale dvije države kako bi on stupio na snagu. Doista, Srbija je u međuvremenu Protokol ratificirala, a uskoro se očekuje i ratifikacija Protokola od strane Slovenije. Proteklo razdoblje rada Savske komisije obilježeno je pripremom Plana upravljanja slivom rijeke Save koji je prihvaćen zajedničkom Deklaracijom na 5. sastanku država stranaka Okvirnog sporazuma održanom 2. prosinca 2014. u Zagrebu. On predstavlja najvažniji i najzahtjevniji zajednički pothvat stranaka Okvirnog sporazuma u cilju uspostavljanja održivog upravljanja vodama. Novi izazov predstavlja i priprema drugog Plana upravljanja slivom rijeke Save za programsko razdoblje 2016. - 2021., pri čemu će od iznimnog značaja biti dragocjeno iskustvo stečeno pri izradi prvog Plana upravljanja slivom rijeke Save.

Pregled bilateralne suradnje u području vodnoga gospodarstva

Republika Hrvatska i Mađarska u području vodnoga gospodarstva surađuju na temelju Sporazuma o vodnogospodarskim odnosima između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Mađarske (Narodne novine - Međunarodni ugovori, broj 10/94.). Radi ostvarenja ciljeva Sporazuma osnovana je Stalna hrvatsko-mađarska komisija za vodno gospodarstvo. Tako su u okviru Komisije osnovane potkomisije od stručnjaka za sliv Dunava i Drave, sliv Mure, zaštitu kvalitete voda i višenamjensku uporabu i zaštitu voda na dionici Drave i Mure od zajedničkog interesa, kasnije Potkomisija za integralno upravljanje vodama. Suradnja dviju zemalja napunila je 20 godina, koje će se pamtiti po vrlo uspješnom radu i mnogobrojnim rezultatima. Postizanje rezultata nije moguće bez truda i rada, no koliko je dobro imati i dobrog susjeda, pokazuje činjenica da je Mađarska, po uzoru na staru izreku kako se dobro dobrim vraća, Republici Hrvatskoj u poplavnim događajima u 2014. pomogla u obrani od poplava dostavivši polipropilenske vreće za pijesak, baš kao što je i Republika Hrvatska 2010. u tadašnjim poplavama pomogla Mađarskoj. Pri tome valja naglasiti kako su obje strane iznimno dobro i, što je najvažnije, brzo reagirale putem nadležnih tijela za vodnogospodarsku suradnju i tijela

nadležnih za zaštitu i spašavanje. Povodom uspješne 20-godišnje suradnje izdana je i prigodna publikacija.

Republika Hrvatska i Bosna i Hercegovina u području vodnog gospodarstva surađuju na temelju Ugovora o uređenju vodnogospodarskih odnosa koji je potpisan na razini Vlada Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine (Narodne novine – Međunarodni ugovori broj 28/1996). Radi ostvarivanja ciljeva Ugovora osnovano je Povjerenstvo za vodno gospodarstvo Republike Hrvatske i Republike Bosne i Hercegovine, koje je do sada održalo 21 zasjedanje te pripadajuća potpovjerenstva. Sva pitanja koja su se pojavila vezano uz poplave su također rješavana u okviru ove platforme i na zadnjem zasjedanju Povjerenstva održanom u Orašju, Bosna i Hercegovina, 17. prosinca 2014. godine. Tako su obje strane na navedenom zasjedanju Povjerenstva, između ostalog, izvijestile o stanju nasipa i drugih objekata sustava zaštite od poplava na rijeci Savi nakon svibanjskih poplava, dogovorile načine davanja potrebnih mišljenja radi obnove nasipa te razgovarale o mogućnostima proširenja postojećih prognostičkih modela na cijelo područje Save.

Republika Hrvatska i Republika Slovenija u području vodnoga gospodarstva surađuju na temelju Ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Slovenije o uređivanju vodnogospodarskih odnosa (Narodne novine - Međunarodni ugovori, broj 10/97.). Pritom treba napomenutu da je krajem ožujka 2014. održano zasjedanje Stalne hrvatsko-slovenske komisije za vodno gospodarstvo i to nakon višegodišnjeg odbijanja suradnje slovenske strane zbog uvjetovanja nastavka suradnje rješavanjem graničnog spora između dviju država.

Treba izdvojiti činjenicu da je slovenska strana omogućila pristup hrvatskoj strani rezultatima prognostičkog sustava Sava Soča na temelju Sporazuma između Agencije Republike Slovenije za okoliš (ARSO) i Hrvatskih voda od siječnja 2013., što je preduvjet za daljnji razvoj takvog sustava u Republici Hrvatskoj. Komisija je dala punu podršku razvoju hidroloških prognostičkih modela na međudržavnim slivovima i ostalim slivovima u Republici Sloveniji i Republici Hrvatskoj, kao negrađevinskih mjera upravljanja rizicima od poplava sukladno Direktivi o procjeni i upravljanju rizicima od poplava, i to kroz unaprjeđenje suradnje i razmjene hidrometeoroloških podataka te meteoroloških i hidroloških prognoza u digitalnom obliku u stvarnom vremenu. Ove aktivnosti će se provoditi u sklopu Potkomisije za količinu voda, radne grupe za hidrološko prognoziranje. Komisija je također podržala pripremu i provedbu projekata vezanih na unapređenje sustava za praćenje, analize i upravljanje vodnim okolišem i rizicima od poplava i suša za sufinanciranje iz strukturnih fondova Europske unije.

Republika Hrvatska i Republika Crna Gora u području vodnoga gospodarstva surađuju na temelju Ugovora između Vlade Republike Hrvatske i Vlade Republike Crne Gore o međusobnim odnosima u području upravljanja vodama (Narodne novine - Međunarodni ugovori, broj 1/08.). Osnovni povod za uspostavu vodnogospodarskih odnosa suradnje između dvije zemlje je pitanje upravljanja cjevovodom Plat - Herceg Novi. Ova pitanja predmet su pregovora između dvije zemlje već duži niz godina. Radi se o cjevovodu kojim se voda iz Bosne i Hercegovine transportira preko državnog teritorija Republike Hrvatske za potrebe opskrbe vodom Općine Herceg Novi u Republici Crnoj Gori.

Ministarstvo je kroz rad članova u Stalnoj komisiji zajedno s predstavnicima Hrvatskih voda te predstavnika zainteresiranih lokalnih zajednica, aktivno uključeno u rješavanju postojećih problema. Tijekom 2012. godine u Republici Hrvatskoj imenovani su novi

članovi Stalne komisije kao i obje Potkomisije te je o tome obaviještena crnogorska strana uz zamolbu da se pokrenu bilateralne aktivnosti po pitanju vodnogospodarske suradnje između dvije zemlje. Nakon toga održan je sastanak Stalne hrvatsko-crnogorske komisije za upravljanje vodama od zajedničkog interesa i to dana 15. ožujka 2013. godine u Splitu. Na sastanku su nastavljeni razgovori o daljnjim aktivnostima na lokalnoj razini između Općine Konavle i Općine Herceg Novi budući da je došlo do pozitivnog pomaka od drugog zasjedanja Potkomisije. (9. travnja 2011. godine u Cavtatu te 4. srpnja 2011. godine u Herceg Novom). Također je održan i ad hoc sastanak predstavnika Stalne hrvatsko-crnogorske komisije za upravljanje vodama od zajedničkog interesa i to u Dubrovniku 19. travnja 2013. godine na kojem su ponovo razmatrana sva ranije spomenuta pitanja od zajedničkog interesa. Tom prilikom je Crnoj Gori predan popis zakonodavstva Republike Hrvatske kao i ponuđena tehnička pomoć na putu u pristupanje u punopravno članstvo u EU.

Republika Hrvatska nema sklopljen bilateralni ugovor o vodnogospodarskoj suradnji sa Srbijom, premda inicijativa postoji, no tijekom prošle godine, osobito tijekom svibanjskih poplava na Savi, uspostavljeni su značajni kontakti što će vjerujemo pomoći i sklapanju ugovora.

j. Aktivnosti vodnog gospodarstva u Europskoj uniji

Republika Hrvatska je u razdoblju pristupanja Europskoj uniji provela postupak prethodne notifikacije te je do 1. srpnja 2013. godine dostavila Europskoj komisiji popis i tekstove svih hrvatskih propisa kojima su u nacionalno zakonodavstvo prenesene direktive Europske unije koje su bile na snazi u trenutku pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji. Važno je naglasiti kako i dalje predstoji intenzivno praćenje i usklađivanje zakonodavstva EU budući da se pravna stečevina EU kontinuirano razvija. Stoga i dalje postoji obveza Republike Hrvatske, kao punopravne članice Europske unije, preuzimanja pravne stečevine EU u nacionalno zakonodavstvo. Isto važi i za notifikaciju te će Ministarstvo poljoprivrede u suradnji s Ministarstvom vanjskih i europskih poslova kao koordinativnim tijelom redovito obavješćivati Europsku komisiju putem elektroničke baze podataka Europske komisije (baza MNE) o mjerama prijenosa novih direktiva u hrvatsko zakonodavstvo.

Republika Hrvatska putem svojih predstavnika sudjeluje u radu Europske komisije, Europskog parlamenta, Vijeća Europske unije i Europskog vijeća. S obzirom na brojne obveze koje nas očekuju kao punopravnu članicu, Republika Hrvatska je morala prilagoditi i svoj institucionalni okvir. Stoga je Vlada Republike Hrvatske donijela Odluku o osnivanju Međuresorne radne skupine za europske poslove (Narodne novine, broj 78/13) kojom se osniva Međuresorna radna skupina za europske poslove kao međuresorno radno tijelo pri Ministarstvu vanjskih i europskih poslova koje razmatra i priprema stajališta koja će zastupati predstavnici Republike Hrvatske u odgovarajućim postupcima odlučivanja i/ili raspravama na razini EU. Navedena radna skupina također razmatra i druga pitanja potrebna za sudjelovanje predstavnika Republike Hrvatske u radu Vijeća Europske unije i Europskoga vijeća. Kao dodatak ovoj Odluci donesena su i Pravila o postupku usvajanja stajališta Republike Hrvatske u radu Vijeća Europske unije i Europskog vijeća te u postupcima zbog povrede prava Europske unije kojima se utvrđuje postupak izrade, usuglašavanja i usvajanja stajališta Republike Hrvatske za sudjelovanje

predstavnika Republike Hrvatske u radu Vijeća Europske unije (na svim razinama) i Europskoga vijeća, zatim postupak izrade i podnošenja odgovora i očitovanja Republike Hrvatske u postupcima zbog povrede prava Europske unije te postupak notifikacije. Prijedloge stajališta Radna skupina upućuje Koordinaciji za vanjsku i europsku politiku Vlade Republike Hrvatske. Također, predstavnici Ministarstva poljoprivrede, Uprave vodnoga gospodarstva i Hrvatskih voda su u kolovozu 2013. imenovani u stručne grupe za Zajedničku provedbenu strategiju Okvirne direktive o vodama (Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive, u daljnjem tekstu: CIS) te je kontakt lista hrvatskih stručnjaka dostavljena Europskoj komisiji. Organizacijsku strukturu za provedbu CIS-a čine tri razine: Direktori voda, Strateška koordinacijska grupa te radne grupe/formacije (radna grupa za stanje voda, radna grupa za upravljanje vodama i radna grupa za integriranje i širenje znanja, a unutar kojih djeluje 9 stručnih grupa). Na sastanku Direktora voda, održanom u svibnju 2013. dogovoren je novi Program rada CIS 2013. - 2015. u kojem je navedena svrha CIS programa rada, organizacijska struktura i opis rada svake grupe. Nadalje, značajna je uloga odbora Europske komisije, koji pomažu u izradi, usvajanju i provedbi zakonodavstva Europske unije. Svaki odbor ima svoja pravila rada, njime predsjedava predstavnik Europske komisije, a njegovi su članovi, stručnjaci iz nekog područja koji prate rad odbora i sudjeluju u istom, imenovani od strane države članice. Na taj su način države članice EU uključene u rad Europske komisije kroz sudjelovanje u različitim odborima, kao što su upravljački odbori - *Management Committees,* nadzorni odbori - *Regulatory Committees,* savjetodavni odbori - *Advisory Committees,* odbori za tehničke prilagodbe - *Committees for the technical adaptation,* stalni odbori - *Standing Committees.* Nakon rasprave i usvajanja zaključaka na odborima, predstavnici država članica izvještavaju o istome nadležna državna tijela. Europska komisija u svojem radu redovito konzultira odbore prije nego započne s radom na nekom novom zakonodavnom prijedlogu, odnosno isti su uključeni u sve stadije procesa usvajanja zakona. Odgovornost svakog tijela državne uprave nadležnog za pojedine odbore je da na istima sudjeluje, te će se u rad pojedinih odbora relevantnih za vodno gospodarstvo uključiti predstavnici Ministarstva poljoprivrede i Hrvatskih voda te drugih tijela državne uprave u kojim je potrebna sunadležnost za pojedini odbor Europske komisije.

3. MEĐUNARODNI PROJEKTI

Temeljni cilj vodnoga gospodarstva je postizanje i očuvanje dobrog stanja voda kako bi se osigurala raspoloživost dovoljnih količina vode odgovarajuće kakvoće za vodoopskrbu stanovništva i različite gospodarske namjene, uzimajući u obzir zaštitu i poboljšanje vodnih i o vodi ovisnih ekosustava te razvoj sustava navodnjavanja i zaštite od štetnog djelovanja voda.

a. Obaveze prema direktivama Europske unije

Navedeni ciljevi postići će se usklađivanjem mjera upravljanja vodama s ostalim sektorima i provedbom nacionalnog vodnog zakonodavstva koje je usklađeno s pravnom stečevinom EU u području voda, što posebno uključuje provedbu zahtjeva Okvirne direktive o vodama, Direktive o kakvoći voda namijenjenih za ljudsku potrošnju (98/83/EZ), Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEZ), Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima (2007/60/EZ).

Planom provedbe vodno-komunalnih direktiva, koji je izrađen u okviru pregovara o pristupanju Republike Hrvatske u punopravno članstvo EU, kroz poglavlje 27 – Okoliš, transponirani su zahtjevi Direktive o kakvoći voda namijenjenih za ljudsku potrošnju i Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda s definiranim rokovima usklađenja u skladu s obavezama iz Ugovora o pristupanju Republike Hrvatske Europskoj uniji. Sukladno Direktivi o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda definirana je obveza izgradnje sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda za 281 aglomeraciju s opterećenjem većim od 2 000 ES s rokom završetka izgradnje do 2023. godine, uz prijelazne rokove do 2018. i 2020. godine ovisno o veličini aglomeracije i osjetljivosti prijemnika. Rok za ispunjenje obveza Direktive o kakvoći voda namijenjenih za ljudsku potrošnju je do kraja 2018. g.

Stanje javne vodoopskrbe u Republici Hrvatskoj se analizira i prati na razini vodoopskrbnih zona odnosno područja na kojima je moguće organizirati javnu vodoopskrbu u širem smislu. Cjelokupni teritorij Republike Hrvatske je 2010. godine podijeljen na 68 vodoopskrbnih zona. Novelacija vodoopskrbnih zona izvršena je u postupku utvrđivanja granica uslužnih područja (2014.), kada je utvrđeno 70 vodoopskrbnih zona, određenih pretežito na temelju tehničke analize postojećeg stanja i planova razvoja vodoopskrbe.

Početna analiza aglomeracija provedena je u Planu provedbe vodno-komunalnih direktiva 2010. godine, kada su identificirane 763 aglomeracije pri čemu su samo 294 aglomeracije veće od 2 000 ES. U 2014. izvršeno je ažuriranje podataka o aglomeracijama, koje se većim dijelom odnosi na promjenu u opterećenju (novi popis stanovništva te novije i preciznije informacije o broju turista, industrije i dr.), a uključuje i novelirane obuhvate i iznose potrebnih ulaganja. Ukupni broj aglomeracija iznosi 767 (identificirane nove 4 aglomeracije ispod 2 000 ES), a broj aglomeracija s opterećenjem preko 2 000 ES smanjio se na 281.

S obzirom na to da je implementacija vodnokomunalnih direktiva financijski vrlo zahtjevna, za projekte vodnoga gospodarstva Republika Hrvatska koristi sredstva EU fondova.

b. EU programi i projekti

i. Programsko razdoblje 2007. - 2013.

Temelj za povlačenje EU sredstava u programskom razdoblju 2007. - 2013. su Nacionalni strateški referentni okvir i Operativni program zaštite okoliša 2007. - 2013.

Vodno gospodarstvo zastupljeno je u Operativnom programu Zaštita okoliša 2007. - 2013., Prioritetna os 2 - Zaštita vodnih resursa Hrvatske kroz unaprjeđenje sustava vodoopskrbe te integriranog sustava upravljanja otpadnim vodama i to sljedećim mjerama: Mjera 2.1. Uspostava modernih vodoopskrbnih sustava i mreža i Mjera 2.2. Izgradnja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda iz domaćinstava i industrije i poboljšanje sustava odvodnje otpadnih voda.

Odlukom Europske komisije od 6. rujna 2013. odobren je prošireni Operativni program Zaštita okoliša 2007. - 2013. u kojem je objedinjeno razdoblje 2007. - 2013. Vodni sektor je u periodu do 1. srpnja 2013., odnosno do ulaska RH u EU na raspolaganju imao sredstva predpristupnog IPA fonda (86,8 milijuna eura), a u periodu od 1. srpnja 2013. do 31. prosinca 2013., odnosno nakon ulaska u EU, na raspolaganju su bila sredstva strukturnih

fondova, koja samo za drugu polovicu 2013. iznose 112,3 milijuna eura. Ukupna alokacija za vodni sektor u razdoblju 2007. - 2013. iznosi 199,1 milijuna eura. Sukladno pravilima, navedena sredstva EU fondova na raspolaganju su do kraja 2016. godine, dok je krajnji rok za dovršetak projekata koji se provode u okviru Operativnog programa Zaštita okoliša 2007. - 2013., odnosno postizanje zadanih indikatora 31. ožujka 2018. Za provedbu sustava financijskog upravljanja i kontrole Republika Hrvatska uspostavila je ustrojstvo koje je definirano Zakonom o uspostavi institucionalnog okvira za korištenje strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj - (Narodne novine, broj 78/12) i Uredbom o tijelima u sustavu upravljanja i kontrole korištenja strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj – (Narodne novine, broj 97/12).
U okviru Operativnog programa zaštite okoliša, Prioritetne osi 2, u provedbi je ukupno jedanaest projekata, od čega je devet infrastrukturnih projekata (Slavonski Brod, Drniš, Knin, Sisak, Osijek, Poreč, Čakovec, Županja i Vukovar) i dva projekta pripreme projektne dokumentacije. Ukupna vrijednost navedenih projekata je oko 366 milijuna eura, od čega EU sredstva iznose oko 265 milijuna eura.

Projekt *Sustav vodoopskrbe i odvodnje s uređajem za pročišćavanje otpadnih voda grada Slavonskog Broda* procijenjene ukupne vrijednosti 29,65 milijuna eura, od čega EU sredstva iznose 17,38 milijuna eura, omogućit će se preduvjet za priključenje 4 300 novih stanovnika na sustav vodoopskrbe, smanjenje gubitaka u vodoopskrbnoj mreži za 20%, priključenje 9 950 novih stanovnika na sustav odvodnje i izgradnju uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) trećeg stupnja pročišćavanja i kapaciteta 80 000 ES. *Poboljšanje sustava vodoopskrbe i odvodnje i izgradnja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u gradu Kninu* je projekt ukupne vrijednosti 15,68 milijuna eura, od čega EU sredstva iznose 9,96 milijuna eura, kojim će se omogućiti priključenje 15 000 novih stanovnika na vodoopskrbnu mrežu, priključenje 17 700 novih stanovnika na sustav javne odvodnje i izgradnja UPOV-a trećeg stupnja pročišćavanja kapaciteta 20 000 ES.

Unaprjeđenje vodoopskrbnog i kanalizacijskog sustava s uređajem za pročišćavanje otpadnih voda za grad Drniš je projekt ukupne vrijednosti 6,45 milijuna eura, od čega EU sredstva iznose 4,58 milijuna eura, kojim će se osigurati priključenje novih 4 000 stanovnika na sustav vodoopskrbe, kvalitetniju i sigurniju vodoopskrbu za 9 000 stanovnika, priključenje novih 5 000 stanovnika na sustav javne odvodnje te izgradnja UPOV-a 3. stupnja pročišćavanja kapaciteta 5 000 ES.

Program pročišćavanja otpadnih voda grada Siska vrijednosti 32,70 milijuna eura od čega EU sredstva iznose 21,77 milijuna eura, kojim će se poboljšati sustav odvodnje otpadnih voda za oko 40 000 stanovnika te izgraditi UPOV trećeg stupnja pročišćavanja i kapaciteta 60 000 ES.

Projektom *Sustav odvodnje s uređajima za pročišćavanje otpadnih voda grada Poreča* ukupne vrijednosti 67,18 milijuna eura, od čega EU sredstva iznose 49,72 milijuna eura, poboljšat će se sustav odvodnje otpadnih voda za 6 300 stanovnika te izgraditi 4 uređaja za pročišćavanje otpadnih voda za područja Vrsar, Lanterna, Poreč sjever i Poreč jug ukupnog kapaciteta 137 500 ES.

Projekt poboljšanja vodne infrastrukture u Osijeku ukupne vrijednosti 72,51 milijuna eura, od čega EU sredstva iznose 52,99 milijuna eura, omogućit će priključenje oko 18 000 stanovnika na mrežu odvodnje otpadnih voda te pročišćavanje otpadnih voda trećeg

stupnja na UPOV-u kapaciteta 170 000 ES.

Projektom *Sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda aglomeracije Čakovec* ukupne vrijednosti 44,9 milijuna eura, od čega EU sredstva iznose 26,2 milijuna eura, proširit će se sustav odvodnje čime će se omogućiti priključenje 8 419 novih korisnika te će se rekonstruirati i modernizirat uređaj za pročišćavanje otpadnih voda kapaciteta 75 000 ES do trećeg stupnja pročišćavanja.

Projektom *Poboljšanje vodno-komunalne infrastrukture aglomeracije Županja* ukupne vrijednosti 10,1 milijuna eura, od čega EU sredstva iznose 7,2 milijuna eura, osigurat će se opskrba pitkom vodom za 1 052 nova stanovnika, priključenje novih 1 894 stanovnika na mrežu odvodnje otpadnih voda te će se izgraditi uređaj za pročišćavanje otpadnih voda trećeg stupnja pročišćavanja kapaciteta 17 000 ES.

Projektom *Poboljšanje vodno-komunalne infrastrukture grada Vukovara* procijenjene ukupne vrijednost 47,6 milijuna eura, od čega EU sredstva iznose 33,6 milijuna eura, proširit će se i rekonstruirat sustav vodoopskrbe i odvodnje otpadnih voda sustava čime će se omogućiti priključenje 8 419 stanovnika na novu mrežu odvodnje te izgradnja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda trećeg stupnja pročišćavanja i kapaciteta 42 100 ES.

U okviru projekta *Priprema projekata za sufinanciranje sredstvima Strukturnih fondova EU u svrhu zaštite vodnih resursa Hrvatske kroz poboljšanje sustava vodoopskrbe i integriranih sustava upravljanja otpadnim vodama (Pipeline 1)* ukupne vrijednosti 7,4 milijuna eura od čega EU sredstva iznose 6,29 milijuna eura, priprema se 16 projekata. Projekt obuhvaća izradu cjelokupne studijsko-projektne dokumentacije potrebne za prijavu za sufinanciranje izgradnje komunalne infrastrukture od strane EU u 16 aglomeracija: Bibinje - Sukošan, Donja Dubrava, Ivanec, Ivanić Grad, Jastrebarsko, Jelsa - Vrboska, Mursko Središće, Novigrad Istarski, Novska, Pirovac - Tisno - Jezera, Pula Sjever, Savudrija, Sinj, Split - Solin, Šibenik i Umag.

Osim ovog projekta, u travnju 2014. raspisan je ograničeni poziv na dostavu projektnih prijedloga u svrhu dodjele bespovratnih sredstava iz Kohezijskog fonda za pripremu infrastrukturnih projekata iz područja gospodarenja vodama *(Pipeline 2)*, čime se podržava učinkovita i pravovremena provedba Operativnog programa zaštite okoliša i pomaže u pripremi projekata čija se realizacija planira u financijskoj perspektivi EU 2014. - 2020. Pripremljena dokumentacija Poziva na dostavu projektnih prijedloga je u travnju 2014. upućena odabranim prijaviteljima koji, sukladno Planu provedbe vodnokomunalnih direktiva, na području identificiranih aglomeracija većih od 2 000 ES obavljaju djelatnost javnog isporučitelja vodnih usluga. Poziv se odnosio na financiranje projektnih prijedloga za pripremu investicijskih vodnokomunalnih projekata putem izrade studijske i projektne dokumentacije potrebne za prijavu projekata u sljedećem programskom razdoblju. Iznos raspoloživih bespovratnih sredstava je 337,5 milijuna kuna, maksimalna stopa sufinanciranja sredstvima Kohezijskog fonda je 85% od iznosa prihvatljivih izdataka, dok će preostalih 15% od iznosa morati osigurati prijavitelj, odnosno korisnik. U sklopu poziva je pristiglo ukupno 79 projektnih prijava, od čega je 58 prihvaćeno za sufinanciranje.

Osim ovih projekata sufinanciranih sredstvima EU, u tijeku je priprema projektno-studijske dokumentacije za niz projekata iz nacionalnih sredstava koji se planiraju

aplicirati za financiranje sredstvima EU strukturnih fondova. Ukupna procijenjena vrijednost realizacije tih projekata je oko 1,39 milijardi eura. Za najzrelije projekte s liste: Novu Gradišku, Vodice, Viroviticu i Regionalni vodoopskrbni sustav Osijek, u prvom su kvartalu 2015. godine objavljeni ograničeni pozivi za dostavu projektnih prijedloga. U visokom stupnju pripremljenosti je projektno studijska dokumentacija za projekte Petrinja, Krk, Rovinj, Betina-Murter i RVS Zagreb Istok, koji se među prvima planiraju prijaviti za financiranje sredstvima strukturnih fondova u nadolazećem financijskom razdoblju 2014. –2020.

Projekt Nova Gradiška

Procijenjena ukupna vrijednost projekta je oko 143 milijuna kuna (bez PDV-a) od čega EU sufinanciranje iznosi oko 98 milijuna kuna. Projektom se planira izgradnja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda trećeg stupnja pročišćavanja kapaciteta 22 100 ES, obrada mulja, rekonstrukcija postojećeg sustava odvodnje otpadnih voda u gradu Nova Gradiška i susjednim općinama te ulaganje u sustav vodoopskrbe.

Projekt Vodice

Procijenjena vrijednost projekta iznosi 114 milijuna kuna (bez PDV-a) od čega EU sufinanciranje iznosi oko 82 milijuna kuna. Planirana je izgradnja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda drugog biološkog stupnja pročišćavanja i kapaciteta 40 000 ES, izgradnja sustava odvodnje te sanacija i rekonstrukcija vodoopskrbne mreže.

Projekt Virovitica

Procijenjena ukupna vrijednost projekta je oko 10,8 milijuna eura. Projektom Virovitica predviđena je izgradnja sustava odvodnje i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kapaciteta 50 000 ES (biološki stupanj pročišćavanja).

Projekt Regionalni vodoopskrbni sustav Osijek

Procijenjena ukupna vrijednost projekta iznosi 9,3 milijuna eura. Projektom se planira izgradnja vodoopskrbnog sustava, koji uključuje izgradnju postrojenja za preradu vode Dalj, izgradnju vodosprema za Dalj i Erdut, izgradnju novih distributivnih i magistralnih cjevovoda. Po završetku projekta očekuje se povećanje priključenosti na vodoopskrbni sustav na 90-93% te smanjenje gubitaka iz vodoopskrbnih sustava na 25-30%.

Financiranje provedbe investicijskih projekata koji se odnose na manje dijelove sustava javne vodoopskrbe/odvodnje.

U travnju 2015. godine je objavljen poziv za dodjelu bespovratnih sredstava iz Kohezijskog fonda za provedbu investicijskih projekata koji se odnose na manje dijelove javnog vodoopskrbnog/kanalizacijskog sustava u cilju doprinosa za postizanje cjelovitog rješenja aglomeracija sukladno Planu provedbe vodnokomunalnih direktiva i postizanju usklađenosti s Direktivom o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda i Direktivom o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju. Ovaj poziv poslan je odabranim prijaviteljima koji na području identificiranih aglomeracija većih od 2 000 ES i na vodoopskrbnim područjima definiranima u Planu provedbe vodnokomunalnih direktiva obavljaju djelatnost javnog isporučitelja vodnih usluga. Maksimalni iznos sredstava bespovratnih sredstava namijenjen za poziv iznosi 380 milijuna kuna.

Indikativni iznos bespovratnih sredstava namijenjen sufinanciranju projekata javne odvodnje i/ili javne odvodnje s integriranom javnom vodoopskrbom iznosi 230 milijuna kuna, dok je indikativni iznos bespovratnih sredstava za projekte javne vodoopskrbe 150

milijuna kuna. Maksimalna stopa sufinanciranja sredstvima Kohezijskog fonda je 85% od iznosa prihvatljivih izdataka, a preostalih minimalnih 15% iznosa biti će financirano iz nacionalnih sredstava (prijavitelj, odnosno korisnik osigurava 10% , a Hrvatske vode ostatak).

i.i.. Programsko razdoblje 2014. – 2020.

Temelj za povlačenje EU sredstava u programskom razdoblju 2014. - 2020. predstavljaju *Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014. - 2020*. i Partnerski ugovor. Za provedbu sustava financijskog upravljanja i kontrole Republika Hrvatska uspostavila je ustrojstvo koje je definirano Zakonom o uspostavi institucionalnog okvira za provedbu europskih strukturnih i investicijskih fondova u RH u financijskom razdoblju 2014. - 2020. (Narodne novine, broj 92/14) i Uredbom o tijelima u sustavu upravljanja i kontrole korištenja europskog socijalnog fonda, europskog fonda za regionalni razvoj i kohezijskog fonda, u vezi s ciljem „Ulaganje za rast i radna mjesta“ (Narodne novine, broj 107/14).
U programskom razdoblju 2014. - 2020. koncentracija je na ciljevima i prioritetima strategije *Europa 2020*, integralnom planiranju, okrenutosti rezultatima te kontroli napretka prema dogovorenim ciljevima. Od svih država članica se očekuje da glavne ciljeve strategije *Europa 2020* prilagode svom nacionalnom kontekstu. U zajedničkoj regulativi koja određuje korištenje Europskih strukturnih i investicijskih (ESI) fondova, Europska komisija je identificirala 11 tematskih ciljeva u okviru kojih svaka država članica odabire investicijske prioritete i definira svoje specifične ciljeve.
Vodno gospodarstvo obuhvaćeno je u Operativnom programom Konkurentnost i kohezija 2014. - 2020. specifičnim ciljevima 5b1 - poboljšanje nacionalnog sustava upravljanja u kriznim situacijama, 6ii1 - unaprjeđenje javnog vodoopskrbnog sustava u svrhu osiguranja kvalitete i sigurnosti usluga opskrbe pitkom vodom i 6ii2 - razvoj sustava prikupljanja i obrade otpadnih voda s ciljem doprinosa poboljšanju stanja voda. Za dostizanje navedenih ciljeva Hrvatskoj su na raspolaganju Europski fond za regionalni razvoj (ERDF) i Kohezijski fond. U razdoblju 2014. - 2020., vodnokomunalnom sektoru (specifični ciljevi 6ii1 i 6ii2) na raspolaganju je 1,05 milijardi eura, dok je za projekte upravljanja katastrofama i smanjenja rizika od poplava (specifični cilj 5b1) na raspolaganju 215 milijuna eura. U tijeku je izrada Programskog dodatka kojim se utvrđuju provedbeni detalji po pojedinom specifičnom cilju i pojedinoj indikativno utvrđenoj shemi/projektu te se olakšava planiranje i provedba.

c. Ostali programi i projekti

Financiranje vodno-komunalne infrastrukture
Projektom *Financiranje vodno-komunalne infrastrukture* financiraju se podprojekti sustava vodoopskrbe i javne odvodnje u manjim jedinicama lokalne samouprave, koje nemaju dovoljno vlastitih sredstava da zatvore financijsku konstrukciju za izgradnju potrebne vodnokomunalne infrastrukture. Procijenjena ukupna vrijednost projekta (bez PDV-a) je 165 milijuna eura. Za provedbu projekta osigurana su sredstva zajmova Europske investicijske banke (EIB) i Razvojne banke Vijeća Europe (CEB) u iznosima od po 75 milijuna eura, odnosno u ukupnom iznosu od 150 milijuna eura. Banke sudjeluju u financiranju svakog pojedinog podprojekta u jednakim iznosima do maksimalno 90%

ukupne vrijednosti podprojekta uz obvezno učešće jedinica lokalne samouprave u iznosu od 10% ukupne vrijednosti.
Cilj provedbe aktivnosti kroz podprojekte sustava vodoopskrbe i odvodnje je postizanje i očuvanje dobroga stanja voda, sprečavanje onečišćenja voda, sprečavanje promjena hidromorfoloških karakteristika voda koje su pod takvim rizicima i sanacija stanja voda gdje je ono narušeno u svrhu očuvanja zdravlja ljudi i okoliša. U provedbi je ukupno 24 podprojekta vodoopskrbe i 23 podprojekta odvodnje otpadnih voda. Razdoblje provedbe projekta je od 2013. do 2015. godine.

Projekt zaštite od onečišćenja voda u priobalnom području 2 (Projekt Jadran 2)
Projekt Jadran je složena i sveobuhvatna investicija koja uključuje intervencije na više razina sa svrhom zaštite i očuvanja kakvoće priobalnih voda, stvaranja uvjeta za siguran i ekološki prihvatljiv gospodarski razvitak te unapređenje poslovanja isporučitelja vodnih usluga, odnosno razvoj djelatnosti prikupljanja, odvodnje, pročišćavanja i ispuštanja komunalnih otpadnih voda u priobalnim lokalnim zajednicama. Ukupna vrijednost projekta je 120 milijuna eura. Za provedbu projekta osigurana su sredstva putem zajma Međunarodne banke za obnovu i razvoj u iznosu 60 milijuna eura te darovnice Globalnog fonda za zaštitu okoliša (GEF) u iznosu od 6,4 milijuna USD. Ostatak sredstava za provedbu projekta osigurava se iz sljedećih izvora: Državni proračun, Hrvatske vode i jedinice lokalne samouprave.
Program se sastoji od tri komponente:

1. Investicije u infrastrukturu za prikupljanje i pročišćavanje otpadnih voda
2. Institucionalno jačanje
3. Praćenje kakvoće mora

U sklopu prve komponente provode se sljedeći podprojekti: Murter - Betina, Sukošan - Bibinje, Nacionalni park Mljet, Metković, Vela Luka, Zadar, Opatija, Pula, Rijeka, Novigrad, Krk, Medulin, Cres, Mali Lošinj, Hvar, Rab, Dugi Rat, Omišalj, Kaštelir, Dubrovnik, Sv. Filip i Jakov ukupne vrijednosti 116,69 milijuna eura. Postotak realizacije je oko 95%, a projekt će završiti do kraja 2015. godine.

4. REFORMA VODNOKOMUNALNOG SEKTORA U RH I PRIPREMNE RADNJE ZA NJENU PROVEDBU

Pravni okvir (Zakon o vodama i podzakonski akti) kojim su uređene djelatnosti javne vodoopskrbe i odvodnje otpadnih voda te korištenje i zaštita voda je načelno usklađen s pravnom stečevinom Europske unije. Međutim, taj zakonodavni okvir nije dovoljno detaljan odnosno razrađen kako bi omogućio operativnu provedbu reforme vodnokomunalnog sektora.
Isto tako, bilo je potrebno provesti određene pripremne radnje kako bi se stvorili određeni preduvjeti za okrupnjavanje isporučitelja vodnih usluga na uslužnom području, a odnose se na sljedeće:

- izdvajanje djelatnosti javne vodoopskrbe i javne odvodnje od drugih komunalnih djelatnosti,
- usklađenje pravnog statusa isporučitelja vodnih usluga na način određen Zakonom o vodama,

- prijenos vlasništva jedinica lokalne samouprave nad vodnom komunalnom infrastrukturom u vlasništvo isporučitelja vodnih usluga,
- utvrđivanje ispunjenja posebnih uvjeta za obavljanje djelatnosti javne vodoopskrbe i javne odvodnje.

Institucionalni okvir u djelatnosti javne vodoopskrbe i odvodnje otpadnih voda još uvijek nije u potpunosti prilagođen potrebama provedbe obveza koje proizlaze iz vodnog zakonodavstva Europske unije, posebno Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEZ) i Direktive o vodi namijenjenoj ljudskoj potrošnji (98/83/EZ). Još je lošije stanje u pogledu ispunjavanja propisanih uvjeta tehničke opremljenosti i brojnosti zaposlenika u isporučiteljima. Naime, većina isporučitelja nema ni osnovne kadrovske kapacitete koji su potrebni za izvršenje navedenih obveza, tako da će se to moći postići jedino objedinjavanjem isporučitelja na uslužnom području.

Problemi vodnokomunalnog sektora u Republici Hrvatskoj proizlaze iz njegove izrazite fragmentiranosti. Naime, u Republici Hrvatskoj djeluje oko 170 isporučitelja vodnih usluga javne vodoopskrbe i javne odvodnje. Neki isporučitelji obavljaju i jednu i drugu djelatnost, a neki samo jednu. Najveći dio isporučitelja operativno obavljaju djelatnosti javne vodoopskrbe i javne odvodnje odnosno vrše isporuku vodnih usluga na svom području, a manji dio njih su osnovani radi provedbe investicija u razvoj vodne komunalne infrastrukture na svom području i to najvećim dijelom vodnih građevina za javnu odvodnju, što smatramo da nije bilo dobro rješenje jer je to dovelo do daljnje fragmentacije vodnokomunalnog sektora. Postoje jedinice lokalne samouprave u kojima su osnovana čak tri isporučitelja vodne usluge. U nekim sredinama su investitori razvoja vodnih građevina za javnu vodoopskrbu i javnu odvodnju u proteklom razdoblju bile jedinice lokalne samouprave i državne institucije što je stvorilo dodatne probleme koji su rezultirali vlasništvom nad tim građevinama od strane različitih pravnih osoba (isporučitelji, država, JLS, županije i slično). Istovremeno, to vlasništvo nije bilo evidentirano u zemljišnim knjigama i katastru nekretnina što sada stvara velike probleme kod utvrđivanja vlasništva i ukupne vrijednosti te infrastrukture na državnoj razini i usporava prijenos vlasništva nad tim vodnim građevinama sa sadašnjih vlasnika na isporučitelje vodnih usluga.

Isto tako izražen je problem velikih gubitaka iz vodoopskrbne mreže (otprilike 46% zahvaćenih količina vode). Navedeni se problemi u mnogim sredinama očituju kao neekonomično i neučinkovito poslovanje nadležnih isporučitelja vodnih usluga.

Kvaliteta pruženih vodnih usluga je u različitim sredinama na različitim razinama. Otprilike 70 % javnih isporučitelja vodnih usluga su mala trgovačka društva koja godišnje distribuiraju manje od jednog milijuna kubnih metara pitke vode, dok prosječni isporučitelj vodnih usluga u EU ima godišnju isporuku pitke vode od oko 45 milijuna kubnih metara. Pokrivenost javnom vodoopskrbom na području cijele Republike Hrvatske je više od 80 %, a odvodnjom je pokriveno oko 43 %, dok je svega 23 % teritorija pokriveno javnom odvodnjom s odgovarajućim pročišćavanjem otpadnih voda.

Ugovorom o pristupanju Republike Hrvatske Europskoj uniji formalizirana je obveza provedbe vodno-komunalnih direktiva te su utvrđena prijelazna razdoblja za izgradnju vodno-komunalne infrastrukture do kraja 2023. godine s međurokovima: kraj 2018. i kraj 2020. godine, ovisno o veličini aglomeracije i osjetljivosti područja. Procijenjena vrijednost potrebnih sredstava za provedbu vodno-komunalnih direktiva odnosno

Višegodišnjeg programa gradnje komunalnih vodnih građevina do 2023. g. iznosi još oko 3,8 milijardi eura. Za predmetno financiranje velika pomoć će biti korištenje sredstava iz EU fondova i drugih financijskih institucija.

S obzirom da nam predstoji veliki investicijski ciklus, potrebno je osigurati održivost i prihvatljivost investicije u smislu punog povrata troškova odnosno održivost u financijskom, tehničko-tehnološkom i kadrovskom smislu isporučitelja vodnih usluga sukladno pravilima EU fondova.

U cilju ispunjenja navedenih zahtjeva, Ministarstvo poljoprivrede je pokrenulo reformu vodno-komunalnog sektora kako bi isti postao tehnički, tehnološki i ekonomski održiv sustav, koji će biti spreman za povećani opseg poslovanja i postizanje razine kakvoće vodnih usluga koje proizlaze iz europskih vodnih direktiva.

Reformom se želi podići kvaliteta vodnih usluga, sigurnost opskrbe pitkom vodom, smanjenje gubitaka u vodoopskrbnoj mreži, razvoj vodnokomunalne infrastrukture i povećanje stupnja priključenosti na sustave javne vodoopskrbe i odvodnje, jedinstvena cijena vodnih usluga na uslužnom području, bolje korištenje bespovratnih sredstava iz fondova EU i u konačnici smanjenje negativnog utjecaja ispuštanja otpadnih voda na stanje voda i okoliša u cjelini.

U procesu provedbe navedene reforme do sada su učinjeni sljedeći koraci:

1. Izrađena je Studija institucionalnog ustroja vodnokomunalnog sektora u Republici Hrvatskoj kao stručna podloga za provedbu navedene reforme.
2. Provedeno je izdvajanje djelatnosti javne vodoopskrbe i javne odvodnje od drugih komunalnih djelatnosti na način da su formirana vodnokomunalna trgovačka društva koja se bave isključivo djelatnostima javne vodoopskrbe i javne odvodnje. Od 162 javna isporučitelja vodne usluge koja operativno djeluju u Republici Hrvatskoj (stvarno vrše isporuku vodnih usluga, a ne bave se samo investicijama) oko 90% ih je izvršilo ovu obvezu. (Slika 1.). Ostali su tako mali da nemaju financijskih i kadrovskih kapaciteta da tu obvezu mogu izvršiti. Ima i slučajeva blokade izdvajanja od strane jednog ili više udjeličara zbog nezadovoljstva visinom udjela u postojećem društvu. Međutim, načelno se može konstatirati da je ova pripremna faza reforme uspješno provedena.



Slika 1. Prikaz stanja usklađenja djelatnosti

3. U tijeku je usklađenje pravnog statusa svih isporučitelja vodnih usluga kako bi bili usklađeni s člankom 202. Zakona o vodama (isključivanje privatnog, državnog i županijskog vlasništva iz vlasničke strukture javnih isporučitelja). Ova faza je također pri kraju. Još postoji problem udjela tri županije u vlasničkoj strukturi javnih isporučitelja vodnih usluga. Privatnih udjela u vlasništvu više nema.
4. U tijeku je prijenos vlasništva vodnokomunalne infrastrukture s JLS na isporučitelje vodnih usluga radi boljeg upravljanja istima. Ova faza se provodi dosta sporo iz razloga kako je ranije navedeno, što je vlasništvo nad tim građevinama gruntovno i katastarski nesređeno.
5. Vlada Republike Hrvatske je donijela Uredbu o uslužnim područjima (Narodne novine, broj 67/14) kojom je određeno 20 uslužnih područja i njihove granice.
6. U tijeku je izdavanje rješenja o ispunjenju posebnih uvjeta za obavljanje djelatnosti javne vodoopskrbe i javne odvodnje otpadnih voda za one isporučitelje vodnih usluga koji ta rješenja još nemaju (uglavnom za djelatnost javne odvodnje) i oduzimanje rješenja onim isporučiteljima koji nisu uskladili pravni status i svoje djelatnosti sa Zakonom o vodama.

U tijeku je i izrada pravne osnove koja će omogućiti integraciju postojećih vodnokomunalnih društava odnosno isporučitelja vodnih usluga na Uredbom određenim uslužnim područjima, njihovo ekonomično i učinkovito obavljanje vodnokomunalnih djelatnosti i rješavanje ostalih važnih pitanja vezanih za operativno funkcioniranje vodnokomunalnog sektora.

Nakon donošenja pravne osnove slijedi provedba reforme čiji završetak se predviđa do početka 2017. godine.

5. INSPEKCIJSKI I UPRAVNI NADZOR, ŽALBENI POSTUPAK

a. Inspekcijski nadzor

U Ministarstvu poljoprivrede, Upravi vodnoga gospodarstva ustrojena je Služba državne vodopravne inspekcije, čija je nadležnost provedba inspekcijskog nadzora nad primjenom odredaba Zakona o vodama i Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva te propisa donesenih na temelju ovih zakona.

Za obavljanje poslova ustrojena su četiri odjela i to Odjel za Savu, Odjel za Dunav, Dravu i Muru, Odjel za slivove južnog Jadrana i Odjel za slivove sjevernog Jadrana.

Na temelju Pravilnika o unutarnjem redu Ministarstva poljoprivrede određen je broj državnih vodopravnih inspektora od 42 izvršitelja, ali trenutno su zaposlena 34 vodopravna inspektora.

Državna vodopravna inspekcija obavlja poslove koji se odnose na inspekcijske nadzore provedbe mjera i izvršenja obveza određenih zakonima, provedbenim propisima i planskim dokumentima iz područja upravljanja vodama kojima su uređena područja zaštite voda, korištenja voda i zaštite od štetnog djelovanja voda; nadzor usklađenosti mjera i postupaka s vodopravnim aktima; nadzor postupanja po ugovorima o koncesiji za korištenje voda i ugovora o pravu najma, zakupa, služnosti i građenja na javnom vodnom dobru; nadzor prilikom iznenadnih i izvanrednih onečišćenja voda; nadzor po prijavama; nadzor plaćanja vodnih naknada i naknada za koncesije; nadzor javnih isporučitelja vodnih usluga i trgovačkih društava koja obavljaju djelatnosti za potrebe upravljanja vodama,

u smislu stručne osposobljenosti i materijalne opremljenosti za obavljanje tih poslova; provodi koordinirane inspekcijske nadzore i akcije s drugim inspekcijama (najčešće s inspekcijom zaštite okoliša), nadzire provedbu Državnog plana obrane od poplava i stanje vodnih građevina te provedbu Državnog plana mjera za slučaj izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda.

Jedna od mjera za postizanje temeljnog cilja vodnoga gospodarstva, a to je dobro stanje voda, je i provođenje inspekcijskih nadzora nad stanjem kakvoće voda i izvorima onečišćenja, kontrolom onečišćenja, zabranom ispuštanja onečišćujućih tvari u vode i zabranom drugih radnji i ponašanja koja mogu izazvati onečišćenje vodnoga okoliša i okoliša u cjelini. Prilikom pogoršanih hidroloških uvjeta vodopravna inspekcija zabranjuje ili ograničava korištenje voda odnosno ispuštanje opasnih ili drugih onečišćujućih tvari u vode. Prilikom iznenadnih onečišćenja naređuje mjere za intervenciju i sanaciju voda i vodnog okoliša.

Pojačanim inspekcijskim nadzorom doprinosi se boljoj kontroli korištenja voda za navodnjavanje kao i boljoj kontroli licenciranih pravnih osoba koje ispunjavaju posebne uvjete za obavljanje djelatnosti preventivne, redovne i izvanredne obrane od poplava i posebne uvjete za obavljanje djelatnosti upravljanja građevinama za melioracijsku odvodnju i vodnim građevinama za navodnjavanje.

U cilju boljeg načina rada ministar poljoprivrede je donio Interni naputak o provedbi inspekcijskih aktivnosti državne vodopravne inspekcije (ožujak 2015. godine). Ovim Naputkom pobliže se određuju aktivnosti i postupci koji se provode u okviru državne vodopravne inspekcije, način i rokovi izvršenja te obveze i dužnosti državnih službenika (voditelja Službe, voditelja odjela i državnih vodopravnih inspektora).

Državna vodopravna inspekcija je tijekom 2014. godine sa spomenutim brojem izvršitelja provela 3 182 inspekcijska nadzora, a u prvom kvartalu 2015. godine 809 inspekcijskih nadzora, što ukazuje da će se održati dobar rad vodopravne inspekcije i postizanje ciljeva iz Strateškog plana Ministarstva poljoprivrede za razdoblje 2015. do 2017. godine te time provođenja politike u vodnom gospodarstvu Ministarstva poljoprivrede i Vlade Republike Hrvatske.

b. Upravni nadzor i žalbeni postupak

Ministarstvo poljoprivrede obavlja i upravni nadzor nad Hrvatskim vodama i jedinicama lokalne i područne (regionalne) samouprave u provedbi javnih ovlasti, na temelju zakona i provedbenih propisa iz područja upravljanja vodama.

Ministarstvo poljoprivrede nadležno je rješavati u drugom stupnju o žalbama na temelju Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva i Zakona o vodama i to naknada za koncesije i vodnih naknada (za korištenje voda, za zaštitu voda, za vodni doprinos, za uređenje voda i drugih), te žalbi izjavljenih na upravne akte Hrvatskih voda, županijskih i gradskih ureda.

Posebno se ističe značajan doprinos Ministarstva kod rješavanja velikog broja žalbi izjavljenih od strane pravnih i fizičkih osoba na rješenja Hrvatskih voda o obračunu vodnoga doprinosa koji investitori plaćaju prilikom ishođenja akata kojima se odobrava gradnja, odnosno prilikom ozakonjenja građevina što je bilo posebno aktualno 2014. godine, a trend se nastavlja i u ovoj godini. U razdoblju od 2011. do travnja 2015. godine riješeno je oko 3.000 upravnih predmeta.

ZAKLJUČAK

S obzirom na sve izneseno vidljivo je koliko velik posao je izvršen kao i uložen trud u razvoj vodnog gospodarstva, kako putem zakonskih izmjena tako i putem međunarodne suradnje, aktivnostima u institucijama EU, prilagodbe vodnokomunalnog sektora predstojećim izazovima.

Velika mogućnost ulaganja u projekte u vodnom sektoru koja se pruža kroz značajna dostupna sredstva EU fondova zahtjeva bolju suradnju državnih institucija uključenih u sustav provedbe i krajnjih korisnika.

LITERATURA

[1] *Zakon o vodama* (Narodne novine, br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14)

[2] *Zakon o potvrđivanju Ugovora između Kraljevine Belgije, Republike Bugarske, Češke Republike, Kraljevine Danske, Savezne Republike Njemačke, Republike Estonije, Irske, Helenske Republike, Kraljevine Španjolske, Francuske Republike, Talijanske Republike, Republike Cipra, Republike Latvije, Republike Litve, Velikog Vojvodstva Luksemburga, Republike Mađarske, Republike Malte, Kraljevine Nizozemske, Republike Austrije, Republike Poljske, Portugalske Republike, Rumunjske, Republike Slovenije, Slovačke Republike, Republike Finske, Kraljevine Švedske, Ujedinjene Kraljevine Velike Britanije i Sjeverne Irske (države članice Europske unije) i Republike Hrvatske o pristupanju Republike Hrvatske Europskoj uniji*, Narodne novine - Međunarodni ugovori, br. 2/2012

[3] *Uredba o uslužnim područjima* (Narodne novine, broj 67/14)

[4] *Strategija upravljanja vodama* (Narodne novine, broj 91/08)

[5] *Sporazum o partnerstvu između Republike Hrvatske i Europske komisije za korištenje EU strukturnih i investicijskih fondova za rast i radna mjesta u razdoblju 2014.-2020* (Hrvatski prijevod engleskog originala *Partnership Agreement Republic of Croatia 2014HR16M8PA001 - 1.2*)

[6] *Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva* (http://www.voda.hr/hr/plan-provedbe-vodnih-direktiva)

[7] *Operativni program zaštite okoliša 2007. – 2013.* (odobren Odlukom Komisije od 6. rujna 2013. o izmjeni Odluke C(2007)5734 o donošenju višegodišnjeg Operativnog programa *Zaštita okoliša* za pomoć Zajednice iz Instrumenta predpristupne pomoći u sklopu komponente *Regionalni razvoj* u Hrvatskoj u pogledu njegova usklađivanja s odredbama kohezijske politike nakon pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji, CCI 2007HR161PO001)

[8] Operativni program *Konkurentnost i kohezija 2014. – 2020.* (odobren Provedbenom Odlukom Komisije od 12. prosinca 2014. o odobravanju određenih elemenata operativnog programa *Konkurentnost i kohezija 2014.– 2020.* za potporu iz Europskog fonda za regionalni razvoj i Kohezijskog fonda u okviru cilja *Ulaganje u rast i radna mjesta* u Hrvatskoj, CCI 2014HR16M1OP001)

[9] Odluka o donošenju Programa obnove i saniranja posljedica katastrofe na području Vukovarsko-srijemske županije – obnova vodnih građevina i zaštita zdravlja životinja i ljudi (Narodne novine, broj 82/14 i 154/14)

[10] *Direktiva Vijeća 98/83/EZ* od 3. studenoga 1998. o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju *(SL L 330, 5.12.1998.) – članci 1., 2.1. i 4.2.*

[11] *Direktiva Vijeća 91/271/EEZ* od 21. svibnja 1991. o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (SL *L 135, 30.5.1991.), dopunjena: Direktivom Komisije 98/15/EZ od 27. veljače 1998. s obzirom na određene zahtjeve utvrđene u Dodatku I (Tekst značajan za EGP) (SL L 67, 7.3.1998.);*

[12] *Direktiva 2009/31/EZ* Europskog parlamenta i Vijeća od 23. travnja 2009. o geološkom skladištenju ugljikovog dioksida i izmjenama i dopunama Direktive Vijeća 85/337/EEZ, Direktiva Europskoga parlamenta i Vijeća 2006/60/EZ, 2001/80/EZ, 2004/35/EZ, 2006/12/EZ, 2008/1/EZ i Uredbe (EZ) br. 1013/2006 (SL L 140, 5. 6. 2009.) – članak 32;

[13] *Direktiva 2008/105/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 16. prosinca 2008. o standardima kakvoće okoliša na području politike voda kojom se mijenjaju i slijedom toga ukidaju Direktive Vijeća 82/176/EEZ, 83/513/EEZ, 84/156/EEZ, 84/491/EEZ, 86/280/EEZ, te mijenja Direktiva 2000/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća* (SL *L 348, 24.12.2008.);*

[14] *Direktiva 2007/60/EZ* Europskoga parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima (SL *L 288, 6.11.2007.);*

[15] *Direktiva 2006/7/EZ* Europskoga parlamenta i Vijeća od 15. veljače 2006. o upravljanju kakvoćom vode za kupanje i ukidanju Direktive 76/160/EEZ (SL *L 64, 4.3.2006.)*;

[16] *Direktiva 2000/60/EZ* Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2000. o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike (Okvirna direktiva o vodama) (SL L 327, 22.12.2000.), izmijenjena i dopunjena:

[17] Odlukom br. 2455/2001/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 20. studenoga 2001. o popisu prioritetnih tvari u području vodne politike i o izmjeni Direktive 2000/60/EZ (Tekst značajan za EGP) (SL L 331, 15.12.2001),

[18] Direktivom 2008/105/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 16. prosinca 2008. o standardima kvalitete okoliša u području vodne politike i o izmjeni i kasnijem stavljanju izvan snage Direktiva Vijeća 82/176/EEZ, 83/513/EEZ, 84/156/EEZ, 84/491/EEZ, 86/280EEZ i izmjeni Direktive 2000/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća (SL L 348, 24.12.2008.) – članak 10,

[19] Direktivom 2009/31/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 23. travnja 2009. o geološkom skladištenju ugljikovog dioksida i izmjenama i dopunama Direktive Vijeća 85/337/EEZ, Direktiva Europskoga parlamenta i Vijeća 2000/60/EZ, 2001/80/EZ, 2004/35/EZ, 2006/12/EZ, 2008/1/EZ i Uredbe (EZ) br. 1013/2006 (SL L 140, 5.6.2009.) – članak 32.;

AUTORI

Dražen Kurečić, dipl.ing.[a]
Elizabeta Kos, dipl.ing.agr.[a]
Vesna Trbojević, dipl.ing.građ. [a]
Karmen Cerar, dipl.ing.građ.[a]
Višnja Gregić-Biondić, dipl.iur .[a]

[a] Ministarstvo poljoprivrede, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, Hrvatska; Drazen.Kurecic@voda.hr; Elizabeta.Kos@voda.hr; Vesna.Trbojevic@voda.hr; Karmen.Cerar@voda.hr; Visnja.GregicBiondic@voda.hr

P 02.

HRVATSKE VODE U INVESTICIJSKOM CIKLUSU

Ivica Plišić, Danko Holjević, Nevena Gabor

SAŽETAK: Rad sadrži pregled aktivnosti Hrvatskih voda vezanih za investicijska ulaganja od 2012. godine, do danas, te planovima za budućnost. Obzirom da je višegodišnje razdoblje obilježeno recesijom i kontinuiranim padom gospodarskih aktivnosti, koje su značajno utjecale i na vodno gospodarstvo, ulaganja Hrvatskih voda su time još značajnija i važnija. Od 2012. godine Hrvatske vode su nizom mjera i aktivnosti uspjele značajno povećati ulaganja u investicije vodnog gospodarstva i to ih gotovo udvostručiti u odnosu na ulaganja prethodnih godina, pa su ona na godišnjoj razini iznosila cca 1.500 mil. kn. Takva povećana ulaganja rezultat su odluke Vlade Republike Hrvatske o dodatnom investicijskom ulaganju i o Pokretanju novog investicijskog ciklusa u mandatu 2012. - 2015., temeljem kojih su Hrvatske vode osigurale dodatno finaciranje i povećana ulaganja. U isto vrijeme ulažu se značajna sredstva u pripremu projektne dokumentacije potrebne za prijavu projekata za sufinanciranje iz EU fondova, kako bi se u budućnosti što učinkovitije povukla sredstva Europskih fondova koja su nam postala dostupna ulaskom Republike Hrvatske u Europsku uniju.

KLJUČNE RIJEČI: Investicijska ulaganja, Recesija, Vlada Republike Hrvatske, Povećana ulaganja, EU fondovi

HRVATSKE VODE IN THE INVESTMENT CYCLE

SUMMARY: The paper presents an overview of activities of Hrvatske vode regarding investments from 2012 to the present time and our future plans. Considering the fact that this multi-year period was characterized by a recession and continuous decline in economic activities, which significantly influenced water management as well, investments by Hrvatske vode are all the more important. Since 2012, Hrvatske vode has succeeded, through numerous measures and activities, to significantly increase investments into water management, almost doubling them in comparison to the investments of the preceding years, and they amounted to approximately HRK 1,500 million at the annual level. These increased investments resulted from the Decision of the Government of the Republic of Croatia on additional investments and initiation of a new investment cycle in its 2012 - 2015 mandate, based on which Hrvatske vode secured additional financing and increased investments. At the same time, significant funds are invested into the preparation of project documentation necessary for application of projects for cofinancing from EU funds,

which have become available after the accession of the Republic of Croatia to the European Union, in order to more efficiently absorb financing from EU funds in the future.

KEY WORDS: Investments, Recession, Government of the Republic of Croatia, Increased investments, EU funds

1. UVOD

Republika Hrvatska je tijekom procesa pristupanja Europskoj uniji preuzela pravnu stečevinu Europske unije, kako u ostalim područjima, tako i u području voda. U sklopu tog procesa Hrvatski sabor je 2008. godine donio Strategiju upravljanja vodama, dugoročni planski dokument kojim se utvrđuju vizija, misija, ciljevi i zadaće državne politike u upravljanju vodama. Nastavno je u procesu usklađivanja hrvatskog vodnog zakonodavstva sa relevantnim EU direktivama 2010. godine izrađen Plan provedbe vodnokomunalnih direktiva kojim se Republika Hrvatska obvezala ispuniti ciljeve dviju ključnih direktiva: Direktive o vodi za piće i Direktive o komunalnim otpadnim vodama. Radi postizanja zahtjevanih standarda kakvoće i nadzora voda namijenjenih za ljudsku potrošnju određenih Direktivom o vodi za piće procijenjena je potreba ulaganja oko 1,3 milijarde eura ili 9,8 milijardi kuna u izgradnju objekata vodoopskrbe na 68 vodoopskrbnih zona, dok su za postizanje cilja određenog Direktivom o komunalnim otpadnim vodama, a koji je da se na svim aglomeracijama s opterećenjem većim od 2.000 ES (294 aglomeracije) osigura sustav odvodnje i odgovarajućeg stupnja pročišćavanja, potrebna ulaganja procijenjena na 3,2 milijarde eura ili 23,2 milijarde kuna.

Za postizanje održivog upravljanja vodama i dostizanje dobrog stanja svih voda sukladno krovnoj direktivi EU u području voda, Okvirnoj direktivi o vodama, Vlada Republike Hrvatske je u lipnju 2013. usvojila prvi Plan upravljanja vodnim područjima, ključni mehanizam kojim se provedbom utvrđenih mjera osigurava poboljšanje, odnosno očuvanje i zaštita voda. Ovaj Plan je sa skraćenim razdobljem provedbe 2013. - 2015. u odnosu na zahtjevano razdoblje od šest godina za ostale zemlje članice, a koji je Republika Hrvatska trebala donijeti do ulaska u EU. Osnovne mjere iz prvog Plana su ulaganja koja se provode sukladno Direktivi o vodi za piće i Direktivi o komunalnim otpadnim vodama. U tijeku je priprema Izmjena i dopuna prvog Plana, odnosno izrada Plana upravljanja vodnim područjima za drugo šestogodišnje razdoblje provedbe 2016. - 2021., koji bi trebao biti usvojen od strane Vlade Republike Hrvatske do kraja godine, a koji bi sadržavao i prvi Plan upravljanja poplavnim rizicima propisan Direktivom o poplavama, s utvrđenim mjerama za smanjenje rizika od poplava.

Upravo u okviru ispunjavanja preuzetih obveza na području vodnokomunalne infrastrukture, Vlada Republike Hrvatske je prepoznala veliku priliku za oporavak gospodarstva kroz pokretanje građevinskog sektora. To je rezultiralo donošenjem programa gospodarskog oporavka, odnosno Programa „Pokretanje novog investicijskog ciklusa u mandatu 2012. - 2015. - s posebnom analizom za 2012. godinu“ od strane Vlade Republike Hrvatske, kojim su identificirani i projekti vodnog gospodarstva od nacionalnog interesa, a Hrvatske vode su dobile zadaću provesti realizaciju zacrtanih ciljeva vodnoga gospodarstva.

Hrvatske vode su u prelaznom periodu kroz povećanje vlastitih prihoda i djelomice povoljnim kreditnim aranžmanima europskih razvojnih i investicijskih banaka osigurale

potrebna financijska sredstva i uz najveći mogući angažman i trud u zadnjih nekoliko godina gotovo udvostručile investicijske aktivnosti. Paralaleno sa ovim procesom odvijala se i tranzicija izvora finciranja sa banaka, prvenstveno na sredstva europskih fondova.

2. INVESTICIJSKE AKTIVNOSTI HRVATSKIH VODA

2.1. Povećanje investicijskih ulaganja Hrvatskih voda

23. veljače 2012. godine Vlada Republike Hrvatske je donijela Program „Pokretanje novog investicijskog ciklusa u mandatu 2012. - 2015. - s posebnom analizom za 2012. godinu“, kojim su u dijelu „Javna poduzeća i ministarstva s najvećim investicijskim potencijalom“ Hrvatske vode predložene u implementaciji maksimalnih investicija (uz uvjet osiguranja izvora financiranja) u iznosu od 300 milijuna eura.

U cilju učinkovitog provođenja ovog Programa, Hrvatske vode su tijekom 2012. godine provele sve potrebne predradnje, te su uz dobivene suglasnosti Vlade Republike Hrvatske osigurale dodatna sredstva kreditnim zaduženjima kod Hrvatske banke za obnovu i razvitak i komercijalnih banaka.

Radi transparentnosti dodjele sredstava, Hrvatske vode su objavile javni poziv na koji su se javili svi zainteresirani isporučitelji vodnih usluga sa svojim prijedlozima projekata razvoja komunalnih vodnih građevina za javnu vodoopskrbu i javnu odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda. Predloženi projekti su morali zadovoljiti dva uvjeta: da čine tehničko-tehnološku cjelinu s postojećim građevinama i da će po završetku građenja građevine biti stavljene u funkciju, te da imaju važeći akt kojim je dopuštena izgradnja građevine. Temeljem propisanih uvjeta napravljena je selekcija i izvršen je odabir projekata.

Kako bi dodatno potakle pokretanje investicija, povećanje gospodarskih aktivnosti građevinskog sektora i gospodarstva općenito, Hrvatske vode su projekte tzv. „Novog investicijskog ciklusa“ sufinancirale s udjelom od 90%, što je isporučiteljima vodnih usluga olakšalo osiguranje vlastitog udjela u investiciji. Na taj način značajno se ubrzala realizacija predviđenih investicija, jer se minimalizirao utjecaj lošeg financijskog potencijala pojedinih isporučitelja vodnih usluga.

Navedenim mjerama i kreditnim zaduživanjima Hrvatske vode su uspjele značajno povećati investicijske aktivnosti, koje su u 2012. godini dosegle svoj vrhunac i iznosile su 1,733 milijarde kuna.

U 2013. godini nastavila su se povećana investicijska ulaganja uz korištenje osiguranih kreditnih linija, te povlačenjem sredstava predpristupnih fondova EU, a završeni su i pregovori s Europskom investicijskom bankom (EIB) i Razvojnom bankom Vijeća Europe (CEB) oko dodjele zajma za financiranje projekta „Financiranje vodno-komunalne infrastrukture“, te je povučena i prva tranša kredita EIB/CEB.

Ukupna vrijednost zajmova EIB i CEB je 150 milijuna eura i ona predstavlja 90% neto vrijednosti investicije, dok se ostalih 10% financira sredstvima krajnjih korisnika. 75 milijuna eura je zajam EIB-a, a 75 milijuna eura je zajam CEB-a, kamate su fiksne i iznose 0,66% za EIB i 0,72% za CEB. Rok otplate je 9 godina plus poček od jedne godine.

Ukupna investicijska ulaganja Hrvatskih voda u 2013. godini su iznosila 1,542 milijarde kuna.

U 2014. godini nastavljena su investicijska ulaganja, nastavkom korištenja EIB/CEB

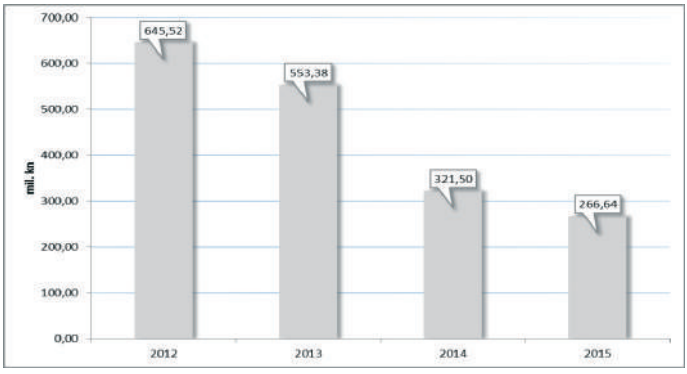
zajma za financiranje vodno-komunalne infrastrukture, a povučena su i određena sredstva iz EU fondova. Ukupna investicijska ulaganja su iznosila 1,229 milijarde kuna.
Osiguranju značajnih investicijskih ulaganja u području vodnoga gospodarstva proteklih godina doprinijela je i provedba sljedećih projekata od nacionalnog značaja:

- Projekt zaštite od onečišćenja voda na priobalnom području-„Jadranski projekt“,
- Projekt „Unutarnje vode“,
- Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama (NAPNAV).

U 2015. godini planira se nastaviti sa povećanim investicijskim aktivnostima, a predviđena su ulaganja u visini od 1,636 milijardi kuna. Važno je napomenuti da je planirano značajnije povlačenje sredstva EU fondova, koja su u 2015. godini predviđena u visini 456,6 milijuna kuna, što predstavlja četverostruko povećanje u odnosu na prethodne godine.

2.2. Ulaganja Hrvatskih voda u investicije vodoopskrbe

U svrhu ostvarenja strateškog cilja u dijelu javne vodoopskrbe određenog Strategijom upravljanja vodama, a kroz koji se želi povećati stupanj opskrbljenosti stanovništva iz javnih vodoopskrbnih sustava sa postojeće razine na 85 - 90%, te ostvarenja odredbi Direktive o vodi za piće da se do kraja 2018. godine postigne propisana kakvoća voda na sustavima javne vodoopskrbe, Hrvatske vode su u razdoblju od 2012. do 2015. godine u građenje, rekonstrukciju i sanaciju sustava javne vodoopskrbe uložile 1,787 milijardi kuna.
Na slici 1 prikazana su ulaganja Hrvatskih voda u vodoopskrbu na godišnjoj razini.

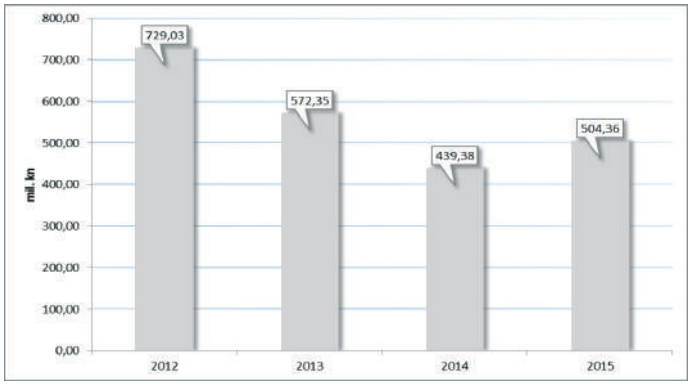


Slika 1. Ulaganja Hrvatskih voda u vodoopskrbu

Predmetnim ulaganjima u vodoopskrbu postiglo se povećanje priključenosti stanovništva sa 81% na 84%, odnosno oko 125.000 novih stanovnika priključeno je na sustave javne vodoopskrbe, a stvoreni su i uvjeti za mogućnost priključenja sa 88% na 93%, odnosno mogućnost priključenja za dodatnih 210.000 stanovnika. Povećana je sigurnost vodoopskrbe, posebno u turističkim područjima za vrijeme turističke sezone, te je postignuto znatno unaprjeđenje kvalitete pitke vode u skladu s vodnim direktivama EU.

2.3. Ulaganja Hrvatskih voda u investicije zaštite voda

U svrhu ostvarenja strateških ciljeva u dijelu zaštite voda određenih Strategijom upravljanja vodama, a koji su zaštita zaštićenih područja i postizanje dobroga stanja svih voda, povećanje mogućnosti priključenja stanovništva na sustave javne odvodnje do kraja 2023. godine sa postojeće razine na 60%, te ostvarenja zahtjeva Direktive o komunalnim otpadnim vodama da se na aglomeracijama većim od 2.000 ES izgrade sustavi odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, Hrvatske vode su u razdoblju od 2012. do 2015. godine u građenje, rekonstrukciju i sanaciju sustava javne odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda uložile 2,245 milijardi kuna.
Na slici 2 prikazana su ulaganja Hrvatskih voda u zaštitu voda na godišnjoj razini.



Slika 2. Ulaganja Hrvatskih voda u zaštitu voda

U promatranom razdoblju izgrađeno je oko 400 km kolektora i sabirnih kanala, većim dijelom glavnih kolektora, a manjim dijelom i sekundarne kanalizacijske mreže, s pripadajućim crpnim stanicama i tlačnim cjevovodima. Izgrađeno je sedam uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kapaciteta većeg od 2000 ES, a najveća ulaganja u izgradnju bila su na području aglomeracija iz I. prioritetne skupine (rok ispunjenja zahtjeva do 31. prosinca 2018. godine) kao što su Zagreb, Split-Solin, Rijeka, Osijek, Slavonski Brod, Zadar, Varaždin, Čakovec, Zaprešić, Požega, Opatija-Lovran i Pula.

2.4. Investicije Hrvatskih voda sufinancirane sredstvima EU fondova

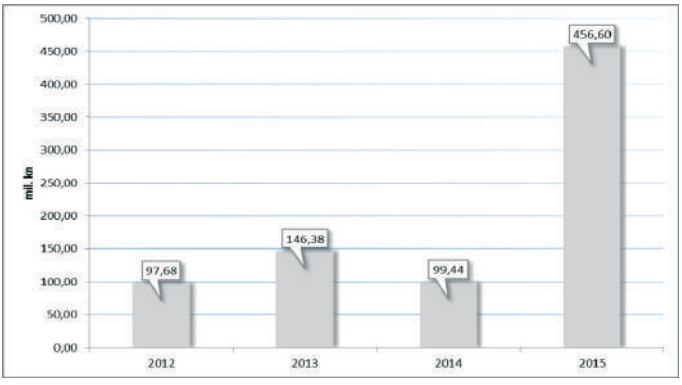
U svrhu ispunjavanja preuzetih obveza i usklađenja zakonodavstva Republike Hrvatske sa zakonodavstvom Europske unije, Europska unija je za vrijeme pristupanja osigurala financijsku pomoć Republici Hrvatskoj putem pretpristupnih fondova, odnosno putem sredstava iz kohezijskih i strukturnih fondova nakon pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji.
Hrvatske vode su pravovremenom pripremom i prolaskom kroz zahtjevni postupak odobravanja projekta od strane Europske unije uspjele iskoristiti značajan dio bespovratnih sredstava IPA pretpristupnog programa, a ulaskom u Europsku uniju sredstva kohezijskog fonda Programskog razdoblja 2007. - 2013. Odobreni projekti iz tog financijskog razdoblja su Slavonski Brod, Knin, Drniš, Sisak, Pipeline 1 (priprema

studijske i projektne dokumentacije), Osijek, Poreč, Čakovec, Vukovar, Županja, Pipeline 2 (priprema studijske i projektne dokumentacije). Navedene projekte EU financira maksimalno do 85% potrebnih sredstava, dok se ostatak sredstava osigurava nacionalnim sufinanciranjem.



Slika 3. EU projekt Slavonski Brod

U razdoblju od 2012. do 2015. godine investicije zaštite voda i vodoopskrbe sufinancirane sredstvima EU fondova iznose 800,096 milijuna kuna.
Na slici 4. prikazana su ulaganja u investicije Hrvatskih voda sufinancirane sredstvima EU fondova na godišnjoj razini, iz koje je vidljivo da se ista značajno povećavaju, a u budućnosti se investicije planiraju gotovo u potpunosti sufinancirati sredstvima EU fondova, u kojima je u Programskom razdoblju 2014. – 2020. Hrvatskim vodama raspoloživo 1,234 milijardi eura i to kroz Operativni program za konkurentnost i koheziju - Investicijski prioriteti 5 i 6.

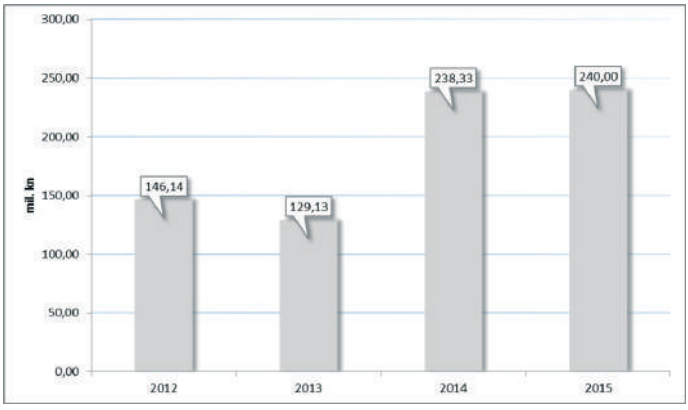


Slika 4. Investicije Hrvatskih voda sufinancirane sredstvima EU fondova

2.5. Ulaganja Hrvatskih voda u investicije zaštite od štetnog djelovanja voda

Hrvatske vode su izgradnjom zaštitnih i regulacijskih vodnih građevina u vrijednosti 753,592 milijuna kuna, od 2012. godine do danas radile na realizaciji strateških ciljeva određenih Strategijom upravljanja vodama, a koji su dostizanje funkcionalnosti sustava

zaštite od poplava na vodama I. i II. reda do razine 87%, odnosno svođenje rizika od poplava na prihvatljivu razinu i zaštita stanovništva, imovine, gospodarstva i kulturne baštine. Hrvatske vode su sukladno Zakonu o vodama izradile Nacrt Višegodišnjeg programa gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije za desetgodišnje razdoblje s provedbom kroz dvije faze, 2013. – 2017. i 2018. – 2022., za koji nadležno Ministarstvo poljoprivrede provodi postupak strateške procjene utjecaja programa na okoliš. Također je sukladno Direktivi o poplavama u tijeku izrada Plana upravljanja rizicima od poplava za kojeg se očekuje da će ga zajedno s Planom upravljanja vodnim područjima donijeti Vlada Republike Hrvatske do kraja godine.
Na slici 5 prikazana su ulaganja Hrvatskih voda u zaštitu od štetnog djelovanja voda na godišnjoj razini.



Slika 5. Ulaganja Hrvatskih voda u zaštitu od štetnog djelovanja voda

Značajnije investicije u području zaštite od štetnog djelovanja voda u razdoblju od 2012. godine do danas su sljedeće:

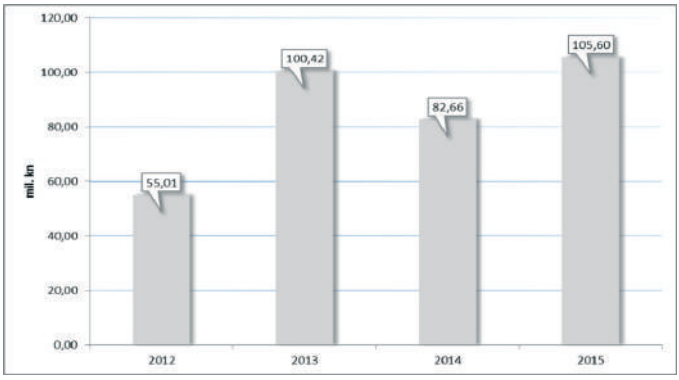
- izgradnja akumulacije Čitluk, vrijednosti oko 19,1 milijuna kuna, čiji su radovi započeli 2011. godine i u potpunosti su dovršeni 2014. godine,
- izgradnja savskog nasipa podsustava Gradna - Rakovica (L=3.450 m), zaštitnog zida u Medsavama (L=420 m), kanala K-2 (L=2.240 m)), te mosta preko kanala K-2, vrijednosti oko 13,6 milijuna kuna, čiji su radovi započeli 2011. godine i završeni su u 2015. godini,
- izgradnja akumulacijske pregrade Slanac s ispusnim kanalom i pozajmištem materijala, vrijednosti oko 31,225 milijuna kuna, a radovi su se odvijali od 2011. do 2014. godine i u potpunosti su završeni,
- izgradnja lateralnog kanala Kneževi Vinogradi - Zmajevac predviđene vrijednosti investicije oko 97 milijuna kuna, a čiji se radovi planiraju završiti u 2015. godini,
- obrana od poplava grada Metkovića - desna obala Neretve - izgradnja nasipa na području Vid - Norin; radovi na samoj izgradnji nasipa su započeli 2013. godine, a planirani završetak svih radova je u 2016. Godini; ukupna predviđena vrijednost investicije je oko 80 milijuna kuna.



Slika 6. Lateralni kanal Kneževi Vinogradi -Zmajevac

2.6. Ulaganja Hrvatskih voda u investicije navodnjavanja

Godine 2005. Vlada Republike Hrvatske donijela je Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj (NAPNAV), koji je ključni planski i provedbeni dokument unutar hidrotehničkih melioracija. U svrhu realizacije ambicioznog cilja da do kraja 2020. godine poljoprivredne površine pod navodnjavanjem dosegnu 65.000 ha, Hrvatske vode su u razdoblju od 2012. godine u projekte navodnjavanja uložile 343,688 milijuna kuna.
Na slici 7 prikazana su ulaganja Hrvatskih voda u navodnjavanje na godišnjoj razini.



Slika 7. Ulaganja Hrvatskih voda u navodnjavanje

Najveći projekt navodnjavanja je izgradnja dovodnog melioracijskog kanala za navodnjavanje Bid - bosutskog polja duljine 14,7 km i vrijednosti investicije oko 490 milijuna kuna, čija je provedba započela 2006. godine, a planira se dovršiti u 2016. godini. U promatranom razdoblju 2012. - 2015. godina, dovršena je izgradnja 3 nova sustava navodnjavanja (SN PŠŠ Vinkovci, SN Kaptol i SN Ramanovci - Bektež - I. faza) na ukupno 527 ha, a u izgradnji su trenutačno 3 sustava navodnjavanja (SN Valtura, SN Kapinci - Vaška i SN Baranja) ukupne površine 6.700 ha s planiranim dovršenjem u 2015. i 2016. godini.



Slika 8. Dovodni melioracijski kanal Bić-bosutskog polja

2.7. Provedba projekata financiranih zajmovima Međunarodne banke za obnovu i razvoj

2.7.1. Projekt Unutarnje vode

Zajmom Međunarodne banke za obnovu i razvoj, odobrenim 2007. godine, osigurana su sredstva za financiranje Projekta Unutarnje vode, koji je imao za cilj poboljšanje uvjeta vodoopskrbe, odvodnje i zaštite od poplava u slivovima rijeke Save, Drave i Dunava.
Ukupna vrijednost Projekta Unutarnje vode iznosila je 105 milijuna eura, od čega je zajam iznosio 100 milijuna eura, a Hrvatske vode su trebale osigurati 5 milijuna eura iz vlastitih sredstava. Sredstva Projekta u iznosu od 100 milijuna eura odnosila su se na financiranje izgradnje građevina obrane od poplava, vodoopskrbe i zaštite voda, a sredstva u iznosu od 5 milijuna eura obuhvaćala su programe unapređenja poslovanja komunalnih društava, podršku aktivnostima Hrvatskih voda u pripremi dokumentacije u postupku efikasnijeg korištenja EU fondova i pristupanja EU, te financijsku potporu pripremi pojedinačnih projekta koji su se financirali iz Zajma.
Projekt Unutarnje vode završen je 2013. godine, a ukupno je povučeno 92,91 milijuna eura, odnosno iskorišteno je 92,91% sredstava Zajma.
Prema Odluci Vlade Republike Hrvatske povrat Zajma će se financirati: sredstvima Državnog proračuna u iznosu 45 - 70%, izvornim prihodima Hrvatskih voda u iznosu 25%, te sredstvima krajnjih korisnika u iznosu 5 - 30% (ovisno o financijskim mogućnostima jedinica lokalne samouprave). Rok otplate kredita je 15 godina, uključivo poček od 5 godina.

2.7.2. Projekt zaštite od onečišćenja u priobalnom području 2 (Projekt Jadran-II faza)

U ožujku 2010. godine završila je realizacija Projekta zaštite od onečišćenja u priobalnom području 1, koji je bio prva od tri faze Zajma s prilagodljivim programom. Zajam se provodi kroz dvanaest godina, a odabran je kao potpora programu Republike Hrvatske za unapređivanje pružanja učinkovitih i održivih usluga odvodnje otpadnih voda u priobalnim gradovima, a sa ciljem poboljšanja kakvoće priobalnih voda duž jadranske

obale. Zajmom se mogu financirati radovi na obnovi i proširenju postojećih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, podmorskih ispusta te izgradnji kolektorske mreže, a svi radovi moraju biti tehnički racionalni, socijalno i ekonomski opravdani, te prihvatljivi sa stajališta zaštite okoliša.

Nakon uspješnog završetka I. faze, 2010. godine se krenulo i sa realizacijom II. faze Projekta Jadran, čija je ukupna vrijednost 120 milijuna eura, od čega je iz Zajma osigurano 60 milijuna eura, a ostatak se osigurava iz sredstava Državnog proračuna (22%), izvornih prihoda Hrvatskih voda (9%) i sredstava krajnjih korisnika (komunalna poduzeća) (19%). Ugovor o kreditu za II. fazu Projekta Jadran prati i darovnica Globalnog fonda za zaštitu okoliša (GEF) u iznosu od 6,4 milijuna USD.

II. fazom Projekta Jadran obuhvaćena su 22 potprojekta na priobalnom području (Cres, Rab, Mali Lošinj, Rijeka - Grobnik, Opatija, Metković, NP Mljet, Hvar, Murter - Betina, Sukošan - Bibinje, Novigrad, Vela Luka, Pula, Zadar, Dugi Rat, Krk, Omišalj, Malinska - Njivice, Medulin, Kaštelir, Dubrovnik i Sveti Filip i Jakov). Do kraja 2014. godine povučeno je 74% sredstava Zajma, a ugovoreno je gotovo 100% sredstava ukupnog iznosa Projekta.
Planirani završetak II. faze bio je rujan 2014. godine, ali je kašnjenje s početkom realizacije (zbog neosiguranja sredstava u Državnom proračunu u 2010. godini) uzrokovalo i kašnjenje cijelog projekta, pa je od strane Svjetske banke odobreno traženo restrukturiranje Projekta i Zajam je produljen do kraja 2015. godine, do kada se planira i završiti II. faza Projekta Jadran.

III faza Projekta Jadran se za sada ne priprema.

2.8. Planirane investicijske aktivnosti Hrvatskih voda

U 2015. godini Hrvatske vode u investicijske aktivnosti planiraju uložiti 1,637 milijardi kuna, koje će financirati djelomično vlastitim sredstvima, nastavit će se korištenje zajma EIB/CEB za financiranje vodno-komunalne infrastrukture, povući će se značajnija sredstva iz EU fondova, a planiraju se početi koristiti i sredstva zajma za Projekt zaštite od poplava, jer su se intenzivirali i pri kraju su pregovori sa Razvojnom bankom Vijeća Europe (CEB) za dodjelu predmetnog zajma.
Obzirom da je budućnost osiguranja sredstava potrebnih za nastavak investicija i dostizanje ciljeva određenih Strategijom upravljanja vodama i direktivama Europske unije što učinkovitije povlačenje sredstava EU fondova koja su nam postala na raspolaganju ulaskom Hrvatske u Europsku uniju, Hrvatske vode su provele sve kako bi se stvorili preduvjeti za povlačenje tih sredstava. Kako je priprema projekata za financiranje iz EU fondova izuzetno zahtjevna, kompleksna i dugotrajna i kako projekti moraju biti pripremljeni sukladno zahtjevnoj EU regulativi, Hrvatske vode su još 2010. godine započele sa izradom projektne dokumentacije potrebne za prijavu projekata (Indikativna lista 39 projekata, Indikativna lista 16, 7, ... projekata).
U svrhu usklađenja s propisima Europske unije o zaštiti okoliša, te u smislu potpunog ispunjenja obveza u prijelaznim vremenskim razdobljima preuzetim tijekom procesa pregovora za pristupanje Republike Hrvatske u Europsku uniju, za provedbu, odnosno usklađenost s Direktivom o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda i Direktivom o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju tijekom prve polovice 2014. godine

objavljen je natječaj Ministarstva poljoprivede „Operativni program „Zaštita okoliša“ 2007. - 2013. Prioritet 2. Zaštita vodnih resursa Hrvatske kroz poboljšanje sustava vodoopskrbe, te integriranog sustava upravljanja otpadnim vodama - Ograničeni Poziv na dostavu prijedloga projekata Br. EN.2.1.11.
Ovaj se poziv odnosio na financiranje projektnih prijedloga za pripremu investicijskih vodnokomunalnih projekata putem izrade studijske i projektne dokumentacije potrebne za prijavu projekata u programskom razdoblju strukturnih fondova 2014. - 2020.
Poziv je poslan odabranim prijaviteljima koji obavljaju djelatnost javnog isporučitelja vodnih usluga, a na području identificiranih aglomeracija većih od 2.000 ES koje su definirane u Planu provedbe vodno-komunalnih direktiva (prema popisu aglomeracija). Potpisani su i ugovori o korištenju bespovratnih sredstava sa isporučiteljima vodnih usluga.
Ukupno su u ovom trenutku u pripremi 123 projekta, kojima je obuhvaćeno oko 180 aglomeracija.

ZAKLJUČAK

Republika Hrvatska (indirektno Hrvatske vode) je kroz pristupne pregovore s Europskom komisijom preuzela velike obveze vezane za vodno gospodarstvo. Da bi uspjele ostvariti te obveze, a ujedno i dale svoj doprinos pokretanju građevinskog sektora i gospodarskog oporavka zemlje, Hrvatske vode su u posljednjih nekoliko godina značajno povećale ulaganja u investicijske aktivnosti, a u budućnosti se očekuju i višestruko veća ulaganja.
Obzirom da se ulaskom u punopravno članstvo Europske unije, Republici Hrvatskoj otvorila mogućnost korištenja sredstava iz europskih fondova, zadaća svih, pa tako i Hrvatskih voda je u što većoj mjeri iskoristiti tu mogućnost i povući što više raspoloživih sredstava. Hrvatske vode su to prepoznale i na vrijeme su se počele pripremati za povlačenje raspoloživih sredstava: organizacijski su se prilagodile traženim zahtjevima i pripremaju puno veći broj projekata od predviđenih za apliciranje, te planiraju sredstva za nastavak pojačanih investicijskih aktivnosti osigurati prvenstveno iz fondova Europske unije. U programskom razdoblju 2014. - 2020. Republici Hrvatskoj stoji na raspolaganju više od 10 milijardi eura, dok će Hrvatskih vodama od toga biti raspoloživo oko 1,234 milijarde eura i to kroz Operativni program za konkurentnost i koheziju - Investicijski prioriteti 5 i 6.

LITERATURA

[1] Strategija upravljanja vodama (NN 91/08).

[2] Direktiva Vijeća 91/271/EEZ o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (Direktiva o komunalnim otpadnim vodama).

[3] Direktiva Vijeća 98/83/EZ o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju (Direktiva o vodi za piće).

[4] Direktiva Vijeća 2000/60/EZ kojom se uspostavlja okvir za djelovanje Zajednice na području politike voda (Okvirna direktiva o vodama).

[5] Direktiva Vijeća 2007/60/EZ o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima.

[6] Zakon o uspostavi institucionalnog okvira za provedbu europskih strukturnih i investicijskih fondova u Republici Hrvatskoj u financijskom razdoblju 2014. - 2020. (NN 92/2014).

[7] Nacrt Višegodišnjeg programa gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije 2013. - 2017.

[8] Nacrt Višegodišnjeg programa gradnje komunalnih vodnih građevina 2014. - 2023.

AUTORI

mr.sc. Ivica Plišić, dipl.ing.građ. [a]

dr.sc. Danko Holjević, dipl.ing.građ. [a]

Nevena Gabor, dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb, Hrvatska, ivica.plisic@voda.hr; danko.holjevic@voda.hr; nevena.gabor@voda.hr

P 03.

DUGOROČNI PLANSKI DOKUMENTI UPRAVLJANJA VODAMA

Danko Biondić, Sanja Barbalić, Vesna Grizelj Šimić, Danko Holjević

SAŽETAK: U radu se opisuju značenje, sadržaj i trenutačni status dugoročnih planskih dokumenata od važnosti za potpuno usklađenje stanja upravljanja vodama sa zahtjevima pravne stečevine Europske unije. Opisuju se Strategija upravljanja vodama, Plan upravljanja vodnim područjima, Višegodišnji program gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije, Višegodišnji program gradnje komunalnih vodnih građevina, Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva i Program usklađenja monitoringa. Većina planskih dokumenata upravljanja vodama donosi se kroz postupke javne rasprave i strateške procjene utjecaja na okoliš, čime se osigurava uključivanje i sudjelovanje javnosti i dionika u pitanjima upravljanja vodama.

KLJUČNE RIJEČI: Dugoročni planski dokumenti upravljanja vodama, Strategija upravljanja vodama, Plan upravljanja vodnim područjima, Višegodišnji program gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije, Višegodišnji program gradnje komunalnih vodnih građevina, Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva, Program usklađenja monitoringa

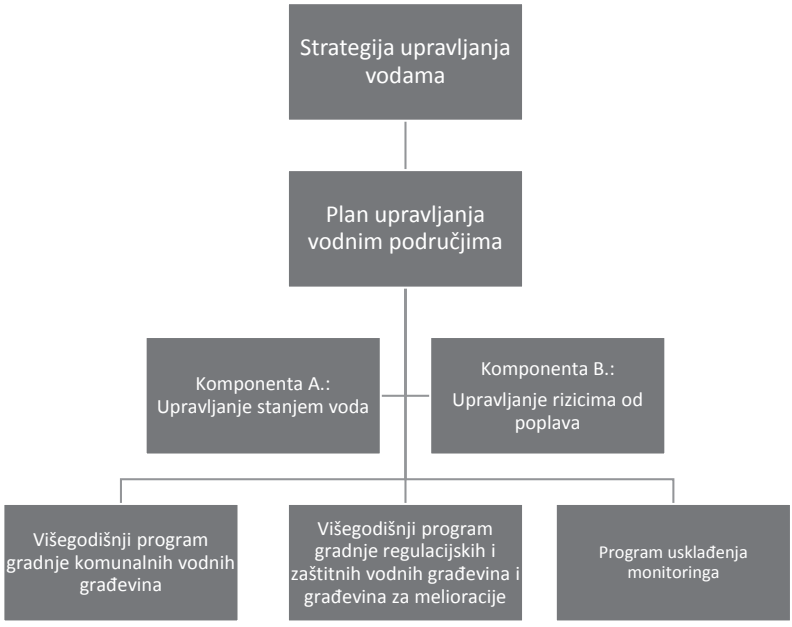
LONG-TERM WATER MANAGEMENT PLANNING DOCUMENTS

SUMMARY: The paper presents the significance, content and present state of long-term planning documents important for full compliance of the state of water management with the requirements of the EU acquis, including the Water Management Strategy, River Basin Management Plan, Multi-annual programmes for the construction of regulation and protection water facilities and amelioration facilities, Multi-annual plan of construction for the water utility facilities, Implementation plan for water utility directives and Monitoring harmonisation programme. Most water management planning documents are adopted through procedures of public hearing procedures and strategic environmental impact assessments, which ensures public involvement and participation in water management issues.

KEY WORDS: Long-term water management planning documents, Water Management Strategy, River Basin Management Plan, Multi-annual programmes for the construction of regulation and protection water facilities and amelioration facilities, Multi-annual plan of construction for the water utility facilities, Implementation plan for water utility directives and Monitoring harmonisation programme

1. UVOD

Dugoročni planski dokumenti upravljanja vodama propisani odredbom članka 34. Zakona o vodama su Strategija upravljanja vodama, Plan upravljanja vodnim područjima i višegodišnji programi gradnje. Navedeni dokumenti pripremaju se i noveliraju u Hrvatskim vodama, a donose ih Hrvatski sabor (Strategija upravljanja vodama) i Vlada Republike Hrvatske (Plan upravljanja vodnim područjima i višegodišnji programi gradnje). Za potpuno usklađenje stanja upravljanja vodama sa zahtjevima pravne stečevine Europske unije, od važnosti su i Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva čije su odrednice sastavni dio Ugovora o pristupanju Republike Hrvatske Europskoj uniji, te Program usklađenja monitoringa koji je u pripremi. Hijerarhija navedenih dokumenata prikazana je na slici 1., a njihove naslovnice na slici 2. Cilj ovog rada je ukratko opisati njihovo značenje, sadržaj i trenutačni status.



Slika 1. Hijerarhija dugoročnih planskih dokumenata upravljanja vodama

Svi navedeni dokumenti, osim Programa usklađenja monitoringa, koji je još u pripremi objavljeni su na mrežnoj stranici Hrvatskih voda (http://www.voda.hr) na poveznici „Planski dokumenti“.



Slika 2. Naslovnice dugoročnih planskih dokumenata upravljanja vodama

2. STRATEGIJA UPRAVLJANJA VODAMA

Strategiju upravljanja vodama donio je Hrvatski sabor 15. srpnja 2008. godine, kao dugoročni planski dokument kojim se utvrđuju vizija, misija, ciljevi i zadaće državne politike u upravljanju vodama. Ona je dala strateška opredjeljenja i smjernice razvoja vodnoga gospodarstva polazeći od zatečenog stanja vodnog sektora, razvojnih potreba, gospodarskih mogućnosti, međunarodnih obveza, te potreba za očuvanjem i unapređenjem stanja voda, te vodnih i o vodi ovisnih ekosustava.

Njezin je sadržaj usklađen s tada važećim direktivama Europske unije, pa je Strategija upravljanja vodama bila osnovna podloga za pripremu pregovaračkih dokumenata tijekom pristupnih pregovora, ali isto tako i jedna od podloga za pripremu aplikacija za korištenje sredstvima iz pretpristupnih fondova Europske unije.

Strategija upravljanja vodama je dokument kojim su definirane nužne reforme vodnog sektora kako bi se dostigli europski standardi u upravljanju vodama, pa stoga i danas čini podlogu za postupne izmjene i dopune vodnog zakonodavstva.

Strategija upravljanja vodama također je okvir za pripremu strategija i planova prostornog uređenja, zaštite okoliša, zaštite prirode i razvoja ostalih sektora koji ovise o vodama ili utječu na stanje voda (poljoprivreda, šumarstvo, ribarstvo, industrija, energetika, promet,

turizam, javno zdravstvo i drugo). Ona vrijedi sve dok su na snazi pretpostavke pod kojima je donešena i predviđa dva petnaestogodišnja investicijska ciklusa do kraja 2038. godine.

Iako su prikazi postojećeg stanja voda i vodnog sektora zasnovani na podacima i informacijama iz razdoblja prije 2008. godine, a predviđena razvojna dinamika vodno-komunalnih sustava nije identična onoj koja je kasnije dogovorena tijekom pristupnih pregovora, strateške odrednice Strategije upravljanja vodama su i dalje aktualne.

3. PLAN UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA

Nacrt Plana upravljanja vodnim područjima (2016. - 2021.) je izrađen na temelju odredbi Zakona o vodama kojima su propisani: Planski dokumenti upravljanja vodama (članak 34.), Plan upravljanja vodnim područjima (članak 36.) i Plan upravljanja rizicima od poplava (članak 112.).

Nacrt dokumenta je prva novela Plana upravljanja vodnim područjima kojeg je Vlada Republike Hrvatske donijela 26. lipnja 2013. godine za plansko razdoblje od 2013. do 2015. godine. Predstavlja podlogu za javnu raspravu i stratešku procjenu utjecaja na okoliš koje predstoje i u konačnici se očekuje da će dokument biti donešen od strane Vlade Republike Hrvatske do kraja 2015. godine, istovremeno kada se slični dokumenti trebaju donijeti i u ostalim državama članicama Europske unije.

Struktura dokumenta usklađena je s odredbom iz članka 112. Zakona o vodama kojom je propisano da je nakon 2015. godine sastavni dio Plana upravljanja vodnim područjima i Plan upravljanja rizicima od poplava. S time u svezi Nacrt Plana upravljanja vodnim područjima se sastoji od dvije komponente upravljanja vodnim područjima:

- **Komponenta A.: Upravljanje stanjem voda**, sadržajno usklađena s odredbama članka 36. Zakona o vodama, odnosno odredbama članka 13. i dodatka VII. Okvirne direktive o vodama (2000/60/EZ),
- **Komponenta B.: Upravljanje rizicima od poplava**, sadržajno usklađena s odredbama članka 112. Zakona o vodama, odnosno odredbama članka 7. i Dodatka Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima (2007/60/EZ).

Komponenta A. sadrži novelirani pregled stanja voda, pregled sustava praćenja stanja voda, te program mjera za upravljanje kakvoćom voda na vodnim područjima u planskom razdoblju 2016. - 2021., koje su usmjerene na dostizanje ciljeva zaštite voda određenih odredbama članka 40. Zakona o vodama.

Komponenta B. sadrži zaključke Prethodne procjene rizika od poplava, prikaz karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava, ciljeve za upravljanje rizicima od poplava, te program mjera za ostvarenje tih ciljeva, uključujući preventivne mjere, zaštitu, pripravnost, prognoziranje poplava i sustave za obavještavanje i upozoravanje, sa ciljem smanjenja mogućih štetnih posljedica poplava na ljudsko zdravlje i sigurnost, na vrijedna dobra i imovinu, te na vodni i kopneni okoliš.

Imajući u vidu da se novela Plana upravljanja vodnim područjima treba donijeti do kraja 2015. godine, Hrvatske vode su prema odredbi članka 39. Zakona o vodama na svojoj mrežnoj stranici (http://www.voda.hr) objavile Plan izrade Plana upravljanja vodnim područjima i Plana upravljanja poplavnim rizicima za razdoblje 2016. - 2021. u siječnju 2013. godine, odnosno 3 godine prije početka razdoblja na koje se taj dokument odnosi.

Uočljivo je da je Plan izrade novele Plana upravljanja vodnim područjima izrađen i objavljen ranije nego što je u lipnju 2013. godine donešen prvi Plan upravljanja vodnim područjima (2013. - 2015.), odnosno ranije nego što je Europska komisija napravila njegovu procjenu u srpnju 2014. godine, što je objektivno utjecalo na određena odstupanja od predviđene dinamike. U konačnici su sva vremenska odstupanja dostignuta, pa će prva novela Plana upravljanja vodnim područjima biti donešena u predviđenom roku.

Međukorak u pripremi komponente A. Nacrta Plana upravljanja vodnim područjima bila je izrada dokumenta „Pregled značajnih vodnogospodarskih pitanja“ prema odredbi članka 39. Zakona o vodama i njegova objava na mrežnoj stranici Hrvatskih voda u veljači 2015. godine. U tom je dokumentu dan pregled značajnih vodnogospodarskih pitanja u Republici Hrvatskoj, na temelju kojih se pristupilo definiranju ciljeva, te planiranju monitoringa i programa mjera za upravljanje kakvoćom voda u razdoblju od 2016. do 2021. godine.

Međukoraci u pripremi komponente B. Nacrta Plana upravljanja vodnim područjima bili su izrada dokumenta „Prethodna procjena rizika od poplava“ prema odredbama članka 110. Zakona o vodama i njegova objava na mrežnoj stranici Hrvatskih voda u siječnju 2013. godine, te izrada karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava za područja s prethodno procijenjenim značajnim rizicima od poplava prema odredbama članka 111. Zakona o vodama i njihova objava na mrežnoj stranici Hrvatskih voda u prosincu 2014. godine.

Javna rasprava o Nacrtu Plana upravljanja vodnim područjima prema odredbama članka 39. Zakona o vodama i članka 5. Pravilnika o načinu konzultiranja i informiranja javnosti o nacrtu Strategije upravljanja vodama i Plana upravljanja vodnim područjima, te strateška procjena utjecaja na okoliš prema odredbama Zakona o zaštiti okoliša trajati će 6 mjeseci, sve do 31. listopada 2015. godine, nakon čega će se dokument uskladiti s dobivenim pisanim primjedbama i uputiti u proceduru donošenja od strane Vlade Republike Hrvatske.

Prema odredbama članka 36. Zakona o vodama, odnosno članka 13. Okvirne direktive o vodama (2000/60/EZ) i članka 8. Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima (2007/60/EZ), te dogovoru država članica Međunarodne komisije za zaštitu rijeke Dunav (ICPDR), podaci i informacije iz nacionalnih planova upravljanja vodnim područjima podunavskih država, pa tako i iz ovog dokumenta, biti će polazna osnovica za pripremu novele Plana upravljanja vodama na slivu Dunava koji obrađuje pitanja od značenja za sliv Dunava u cjelini, a koji također treba biti donešen do kraja 2015. godine (http://www.icpdr.org). Prema istim načelima izraditi će se i novela Plana upravljanja vodama na slivu Save pod koordinacijom Međunarodne komisije za sliv rijeke Save (ISRBC) (http://www.savacommission.org). Na jadranskom vodnom području je uz financiranje GEF-a krajem 2014. godine izrađen Okvir za upravljanje na prekograničnom slivu/slivovima Neretve i Trebišnjice.

Dostava podataka i informacija iz Plana upravljanja vodnim područjima (2016. - 2021.) u Informacijski sustav voda Europske komisije obaviti će se u roku od 3 mjeseca od donošenja dokumenta od strane Vlade Republike Hrvatske.

Nadležne institucije za provedbu Okvirne direktive o vodama i Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima u Republici Hrvatskoj su Ministarstvo poljoprivrede, kao središnje tijelo državne uprave nadležno za upravljanje vodama i Hrvatske vode, kao

pravna osoba s javnim ovlastima za upravljanje vodama.

4. VIŠEGODIŠNJI PROGRAMI GRADNJE

Višegodišnji programi gradnje izrađuju se temeljem odredbi članaka 35. 36. i 37. Zakona o vodama. Programe izrađuju Hrvatske vode u formi prijedloga, sukladno Strategiji upravljanja vodama i Planu upravljanja vodnim područjima, a donosi ih Vlada Republike Hrvatske nakon provedene strateške procjene utjecaja na okoliš. Višegodišnji programi gradnje kroz investicijske mjere objedinjuju obveze iz brojnih direktiva Europske unije, naročito Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima (2007/60/EZ), Direktive o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju (98/83/EZ) i Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEZ).

Programima se utvrđuju pojedinačni projekti, način i razdoblje njihove provedbe, sudionici u provedbi, iznosi ulaganja i izvori sredstava, red prvenstva u provedbi te praćenje provedbe.

Postupku donošenja višegodišnjih programa gradnje prethodi provedba strateških procjena utjecaja na okoliš. Postupci strateške procjene i prekogranični utjecaj programa na okoliš provode se sukladno odredbama Zakona o zaštiti okoliša i Uredbe o strateškoj procjeni utjecaja plana i programa na okoliš. Strateška procjena se provodi tijekom izrade nacrta prijedloga programa prije utvrđivanja konačnog prijedloga i upućivanja u postupak donošenja. U postupku strateške procjene osigurava se informiranje i sudjelovanje javnosti. Prije stavljanja u proceduru donošenja, pri utvrđivanju konačnog prijedloga programa, obvezno se uzimaju u obzir rezultati strateške procjene, mišljenja tijela i/ili osoba određenih posebnim propisom, te se razmatraju primjedbe, prijedlozi i mišljenja javnosti i rezultati prekograničnih konzultacija.

Za oba višegodišnja programa gradnje u tijeku je strateška procjena utjecaja na okoliš i očekuje se da će dokumenti biti donešeni od strane Vlade Republike Hrvatske tijekom 2015. godine.

4.1. Višegodišnji program gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije

Zakonom o vodama je određeno da se Višegodišnji program gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije (u daljnjem tekstu Program) izrađuje sukladno Strategiji upravljanja vodama i Planu upravljanja vodnim područjima, a nakon 2015. godine i u skladu s Planom upravljanja poplavnim rizicima. Time se osigurava postupna usklađenost programa sa strateškim opredjeljenjima i politikom upravljanja vodama, te preuzetim standardima Europske unije na području politike voda, osobito onima iz Okvirne direktive o vodama (2000/60/EZ) i Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima (2007/60/EZ).

Ovim se dokumentom utvrđuje okvirni program ulaganja u (i) uređenje voda u cilju zaštite od štetnog djelovanja voda, kroz gradnju regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za osnovnu melioracijsku odvodnju koje mogu poslužiti prihvatu i evakuaciji velikih voda, te (ii) navodnjavanje, kroz izgradnju vodnih građevina za navodnjavanje. Program navedena ulaganja obrađuje kao dvije zasebne cjeline, iz razloga što sadrže drugačija polazišta, ciljeve, korisnike, izvore financiranja, tehničke i financijske aspekte.

Prilikom izrade ovoga Programa izvršena je identifikacija projekata s osnovnim podacima, uključivo i procjena troškova. Utvrđeni su prioriteti čijom realizacijom se povećava razina zaštite od poplava na nedovoljno štićenim područjima na kojima se mogu očekivati velike materijalne štete, ljudske žrtve i štetan utjecaj poplava na okoliš i ljudsko zdravlje, u pravilu na područjima nedovoljno štićenih gradova i većih naselja. Prijedlog prioritetnih projekata je izrađen temeljem utvrđenih kriterija koji procjenjuju značaj, karakter, utjecaj projekta na ljude, imovinu i okoliš te stupanj spremnosti za izvođenje. Prijedlog projekata je dodatno provjeren u odnosu na rezultate Prethodne procjene rizika od poplava, izrađene u Hrvatskim vodama u 2013. godini.

U segmentu navodnjavanja, Programom se analiziraju (i) strateške odrednice, (ii) raspoložive površine za navodnjavanje, (iii) predloženi projekti u županijskim planovima navodnjavanja, te (iv) aktivnosti na pripremi projekata u okviru provedbe Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama (NAPNAV). Uz pomoć dodatnih pokazatelja, koji kvantificiraju značaj i efekte navodnjavanja, izrađen je prijedlog projekata za realizaciju.

Sadržaj je usklađen s odredbama Zakona o vodama, te pored pravne osnove i metodologije sadrži i informacije o stanju sustava obuhvaćenih Programom, identifikaciju problema, strateške ciljeve, tehničke i financijske aspekte, plan provedbe, očekivane utjecaje na okoliš i prirodu, te društvo u cjelini.

Realizacija Programa se, uz mogućnost prilagodbe, odvija kroz duži niz godina uz jasno opisane ciljeve i prioritete, te kontrolu aktivnosti. Prilikom izrade programskog dokumenta sagledan je dulji vremenski period, a prihvaćanje Programa se predlaže za prvo programsko razdoblje, od 2013. - 2017. godine, nakon čega je predviđena njegova revizija. Program je ključni dokument za izbor i provedbu razvojnih projekata, a njegove dopune i izmjene, kako bi bolje odgovarao novonastalim potrebama ili promijenjenim ulaznim pretpostavkama, obavljati će se prema dogovorenim postupcima.

Sustavno praćenje i usporedba rezultata provedbe Programa i postizanja ciljeva pruža stalnu informaciju o stanju realizacije, te omogućava prijenos iskustava na sljedeće faze Programa i/ili druge projekte.

U razdoblju od 2013. - 2022. godine predviđena je realizacija Programa kroz više Projekata, dijelova Programa, kojim se realiziraju pojedinačni projekti u određenom/zadanom vremenu pod točno određenim uvjetima i načinom financiranja.

4.2. Višegodišnji program gradnje komunalnih vodnih građevina

Zakonom o vodama je određeno da se Višegodišnji program gradnje komunalnih vodnih građevina (u daljnjem tekstu Program) izrađuje sukladno Strategiji upravljanja vodama i Planu upravljanja vodnim područjima. Time se osigurava usklađenost programa sa strateškim opredjeljenjima i politikom upravljanja vodama, te preuzetim standardima Europske unije na području politike voda, osobito onima iz Okvirne direktive o vodama (2000/60/EZ), te iz vodno-komunalnih direktiva (termin usvojen tijekom pristupnih pregovora Republike Hrvatske i Europske komisije u okviru poglavlja 27. Okoliš). Vodno-komunalne direktive EU su: (i) Direktiva Vijeća o kakvoći voda namijenjenih za ljudsku potrošnju (98/83/EZ), a odnosi se na svu vodu (bilo u njezinom prirodnom stanju ili nakon obrade) koja je namijenjena za piće, kuhanje, pripremu hrane ili druge potrebe domaćinstava, te vodu koja se rabi za proizvodnju hrane namijenjene ljudskoj upotrebi,

s ciljem zaštite ljudskog zdravlja od negativnih učinaka bilo kakvog zagađenja vode namijenjene za ljudsku potrošnju osiguravanjem njezine čistioče i stanja koje ne šteti ljudskom zdravlju, te (ii) Direktiva Vijeća o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda 91/271/EEZ, a odnosi se na prikupljanje, pročišćavanje i ispuštanje komunalnih otpadnih voda, te pročišćavanje i ispuštanje otpadnih voda industrije, s ciljem zaštite okoliša od štetnih utjecaja ispuštanja navedenih otpadnih voda. Ciljevi provedbe vodno-komunalnih direktiva sadržani su u Strategiji upravljanja vodama, Zakonu o vodama i Zakonu o financiranju vodnoga gospodarstva i podzakonskim aktima donesenima na temelju tih zakona, te su obvezni dio programa mjera iz Plana upravljanja vodnim područjem.

Ovim se dokumentom utvrđuje okvirni program ulaganja u javnu vodoopskrbu i javnu odvodnju. Također se operacionalizira sustav za provedbu, na način koji će doprinijeti učinkovitijem korištenju financijskih, kadrovskih i informacijsko-dokumentacijskih resursa kojima raspolaže vodno gospodarstvo u djelatnostima korištenja voda i zaštite voda.

Program se formalno temelji na Planu provedbe vodno-komunalnih direktiva koji sadrži dogovorene aktivnosti i rokove vezane uz njihovu provedbu, dočim se detaljnije razrađuju tehničko/provedbeno/organizacijska pitanja, respektirajući promjene nastale u okruženju.

Javnu vodoopskrbu karakterizira složena situacija. Isprepleteni su (i) zahtjevi propisa o vodi za piće koja se isporučuje putem organizirane vodoopskrbe, ne nužno i javne vodoopskrbe, (ii) način na koji se odvija javna vodoopskrba, putem velikog broja isporučitelja vodnih usluga koji često dijele nadležnost nad tehničko-tehnološkom vodoopskrbnom cjelinom, (iii) činjenica da se dio isporuke vode za piće obavlja putem neadekvatno organiziranih tvrtki ili udruga građana, što otežava kapitalna ulaganja i održavanje takvih sustava te dovodi u pitanje sigurnost vodoopskrbe, (iv) potreba stanovništva za priključenjem, te strateško opredjeljenje da se povećanje opskrbljenosti i izvrši, kao i (v) potreba za unaprjeđenjem postojećeg sustava ili organizacije na vodoopskrbnom području i uslužnom području isporučitelja vodnih usluga.

Analiza stanja i zahtjeva rezultirala je uspostavom kriterija za vrstu i obuhvat ulaganja u javnu vodoopskrbu: (i) Kriterij I. - osiguranje/unaprjeđenje kvalitete vode za piće u sustavima kojima se opslužuje više 50 stanovnika prema propisanim standardima i rokovima, te (ii) Kriterij II. - razvoj koji osigurava povećanje priključenosti, naročito u naseljima gdje je ista ispod 80%, te povećanje kvalitete i sigurnosti usluga. Program predviđa ulaganja po Kriteriju I. do potpunog zadovoljenja, dočim se ulaganja po Kriteriju II. prilagođavaju mogućnostima, odnosno priuštivosti na uslužnom području, te raspoloživosti sredstava.

Javnu odvodnju karakteriziraju visoki, ali jasni zahtjevi za pročišćavanjem otpadnih voda, a za diskusiju su obuhvat javne odvodnje koji ovisi o isplativosti takvog načina organiziranja odvodnje, te s tim u vezi i postotak priključenosti.

Kriteriji za vrstu i obuhvat ulaganja u javnu odvodnju: (i) Kriterij I. - pročišćavanje otpadnih voda prema propisanim standardima i rokovima, te (ii) Kriterij II. - razvoj i osiguravanje priključenosti na javne sustave, te povećanje kvalitete i sigurnosti usluga. Program predviđa ulaganja po Kriteriju I. do potpunog zadovoljenja u odnosu na postojeće potencijalno opterećenje, dočim se ulaganja po Kriteriju II. prilagođavaju mogućnostima, odnosno priuštivosti na uslužnom području te raspoloživosti sredstava.

Sadržaj je usklađen s odredbama Zakona o vodama, te pored pravne osnove i metodologije

sadrži i informacije o stanju sustava obuhvaćenih Programom, strateškim ciljevima, analizira tehničke i financijske aspekte, plan investiranja i provedbe, očekivane utjecaje na okoliš i prirodu, te društvo u cjelini.
Programom se utvrđuje okvir za ulaganja u izgradnju komunalnih vodnih građevina za javnu vodoopskrbu i javnu odvodnju. Realizacija Programa se, uz mogućnost prilagodbe, odvija kroz duži niz godina, uz jasno opisane ciljeve i prioritete te kontrolu aktivnosti.
Program je ključni dokument za izbor i provedbu projekata, a njegove dopune i izmjene, kako bi bolje odgovarao novonastalim potrebama ili promijenjenim ulaznim pretpostavkama, obavljati će se prema dogovorenim postupcima.
Sustavno praćenje i usporedba rezultata provedbe Programa i postizanja ciljeva pruža stalnu informaciju o stanju realizacije, te omogućava prijenos iskustava na sljedeće faze Programa i/ili druge projekte.
Uspostavlja se učinkovit sustav dovršavanja pripremnih aktivnosti za sve projekte, koji će u svakom trenutku osigurati odgovarajući broj projekata potpuno spremnih za fazu gradnje. Time se nastoji ostvariti optimalno iskorištenje financijskih sredstava iz namjenskih fondova vodnoga gospodarstva i drugih dostupnih izvora kao što su državni proračun, fondovi Europske unije, razni domaći i strani krediti, zajmovi i donacije.

5. PROGRAM USKLAĐENJA MONITORINGA

Višegodišnji program usklađenja monitoringa (u daljnjem tekstu Program), obuhvaća sve programe praćenja promjene stanja voda, opterećenja i uporabe voda, kao i drugih aktivnosti vezanih uz vode, a koje su prema Zakonu o vodama i drugim propisima stavljene u nadležnost Hrvatskih voda. Program također sagledava i druge slične programe motrenja, čija realizacija i rezultati mogu imati utjecaj na praćenje rezultata upravljanja vodama, a u nadležnosti su drugih institucija. Program je planska osnova za donošenje godišnjih planova monitoringa utvrđenih člankom 44. Zakona o vodama.

Očekivani rezultati Programa su:
- poboljšanje cjelokupnog sustava monitoringa, od definiranja reprezentativnih lokacija do utvrđivanja mjerodavnih pokazatelja i odgovarajuće učestalosti mjerenja, jačanje kapaciteta Glavnog vodnogospodarskog laboratorija Hrvatskih voda, te prilagodbe Informacijskog sustava voda kao osnovnog alata za prikupljanje, verifikaciju, sistematizaciju i obradu prikupljenih podataka,
- jačanje kapaciteta Hrvatskih voda za praćenje i kontrolu efikasnosti provedbe aktivnosti i mjera administrativnog i tehničkog, odnosno planskog i operativnog upravljanja vodama.

Članak 44. Zakona o vodama definira provedbu nadzora nad stanjem površinskih, uključivo i prijelaznih i priobalnih voda, te podzemnih voda sustavnim praćenjem stanja voda (monitoring). Pri tome određuje Hrvatske vode nadležnim za praćenje stanja. Na temelju rezultata monitoringa, za svako vodno tijelo pojedinačno se donosi ocjena njegovog stanja i ono se razvrstava u odgovarajuću kategoriju (vrlo dobro, dobro, umjereno, loše i vrlo loše stanje), te se uz analizu utjecaja procjenjuje rizik da određeno vodno tijelo neće postići ciljeve zaštite vodnog okoliša, odnosno da neće zadržati stanje sukladno ciljevima zaštite vodnog okoliša.
Nadalje za obavljanje djelatnosti upravljanja vodama, Hrvatskim vodama je nužna

uspostava monitoringa, posebno za poslove određene člankom 186. Zakona o vodama:

- izrada planskih dokumenata za upravljanje vodama - priprema nacrta Strategije upravljanja vodama, priprema nacrta Plana upravljanja vodnim područjima, priprema nacrta višegodišnjih programa gradnje, donošenje detaljnih planova i programa uz plan upravljanja vodnim područjima, priprema prijedloga Financijskog plana Hrvatskih voda i priprema prijedloga Plana upravljanja vodama,
- uređenje voda i zaštita od štetnog djelovanja voda - praćenje i utvrđivanje hidroloških prilika (uključivo motrenje, prikupljanje, kontrola, obrada, čuvanje i objava hidroloških podataka, analiza hidrološkog režima, prognoza hidroloških ekstremnih pojava, poplava i suša), procjena poplavnih rizika, praćenje stanja vodotoka i stanja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina; investitorski poslovi u gradnji i održavanju regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina; nadzor nad građenjem i održavanjem regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina; upravljanje poplavnim rizicima; rukovođenje i nadzor, te provedba preventivne, redovite i izvanredne obrane od poplava,
- korištenje voda - utvrđivanje zaliha voda, skrb o strateškim zalihama voda, vodoistražni radovi,
- zaštita voda - upravljanje kakvoćom voda, provedba monitoringa površinskih, uključivo i priobalnih voda i podzemnih voda, uključivo i laboratorijske poslove u provedbi monitoringa.

Slijedom navedenog, Program usklađenja monitoringa treba obuhvatiti: (i) monitoring stanja površinskih, uključivo i prijelaznih i priobalnih voda, te podzemnih voda, (ii) hidrološki i hidromorfološki monitoring i (iii) monitoring uporabe voda.
Priprema Programa usklađenja monitoringa je u završnoj fazi i očekuje se da će dokument biti objavljen do kraja 2015. godine.

ZAKLJUČAK

Priprema, donošenje, provedba i izvješćivanje o provedbi dugoročnih planskih dokumenata upravljanja vodama, te njihove redovite novelacije trajne su obveze vodnoga gospodarstva. Osnovna razlika od ranije prakse, je da izrađeni dokumenti trebaju biti realni, održivi i provedivi, odnosno da ne mogu biti samo ambiciozni „planovi želja“. *Većina dugoročnih planskih dokumenata upravljanja vodama donosi se kroz postupke javne rasprave i strateške procjene utjecaja na okoliš, čime se osigurava uključivanje i sudjelovanje javnosti i dionika u pitanjima upravljanja vodama.* Ulaskom u Europsku uniju, Republika Hrvatska je preuzela iznimno zahtjevne obveze iz europskih vodnih direktiva, a dugoročni planski dokumenti okosnica su za njihovo ostvarenje.

LITERATURA

[1] (2009.): *Zakon o vodama* („Narodne novine“, br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14).

[2] (2014.): *Pravilnik o načinu konzultiranja i informiranja javnosti o nacrtu Strategije upravljanja vodama i Plana upravljanja vodnim područjima* („Narodne novine“, br. 48/14).

[3] (2013.): *Zakon o zaštiti okoliša* („Narodne novine“, br. 80/13).

[4] (2008.): *Uredba o strateškoj procjeni utjecaja plana i programa na okoliš* („Narodne novine“, br. 64/08).

[5] (2012.): *Ugovor o pristupanju Republike Hrvatske Europskoj uniji* („Narodne novine - Međunarodni ugovori“, br. 2/12).

[6] (2008.): *Strategija upravljanja vodama* („Narodne novine“, br. 91/08).

[7] (2013.): *Plan upravljanja vodnim područjima* („Narodne novine“, br. 82/13).

[8] (2010.): *Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva*, Hrvatske vode, Zagreb,

[9] http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/plan_provedbe_vodno-komunalnih_direktiva_-_hrvatski.pdf, 30. travnja 2015.

[10] (2013.) *Nacrt Višegodišnjeg programa gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije 2013. - 2017.*, Hrvatske vode, Zagreb,

[11] http://www.voda.hr/sites/default/files/visegodisnji_program_gradnje_regulacijskih_i_zastitnih_vodnih_gradevina_i_gradevina_za_melioracije_2013.-_2017.pdf, 30. travnja 2015.

[12] (2013.) *Nacrt Višegodišnjeg programa gradnje komunalnih vodnih građevina 2014. - 2023.*, Hrvatske vode, Zagreb,

[13] http://www.voda.hr/sites/default/files/visegodisnji_program_gradnje_komunalnih_vodnih_gradevina.pdf, 30. travnja 2015.

[14] (2013.): *Plan izrade Plana upravljanja vodnim područjima i Plana upravljanja poplavnim rizicima za razdoblje 2016. - 2021.*, Hrvatske vode, Zagreb,

[15] http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/plan_izrade_plana_2016_god.pdf, 30. travnja 2015.

[16] (2015.): *Pregled značajnih vodnogospodarskih pitanja*, Hrvatske vode, Zagreb, http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/pregled_znacajnih_vodnogospodarskih_pitanja.pdf, 30. travnja 2015.

[17] (2013.): *Prethodna procjena rizika od poplava*, Hrvatske vode, Zagreb, http://korp.voda.hr/pdf/Prethodna%20procjena%20rizika%20od%20poplava/PRETHODNA%20PROCJENA%20RIZIKA%20OD%20POPLAVA%20-%20TEKST.pdf, 30. travnja 2015.

[18] (2014.): *Karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava*, Hrvatske vode, Zagreb, http://korp.voda.hr/, 30. travnja 2015.

[19] (2015.): *Nacrt Plana upravljanja vodnim područjima (2016. - 2021.)*, Hrvatske vode, Zagreb, http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/nacrt_plana_upravljanja_vodnim_podrucjima.pdf, 30. travnja 2015.

AUTORI

dr.sc. Danko Biondić, dipl.ing.građ. [a]
mr.sc. Sanja Barbalić, dipl.ing.građ. [a]
Vesna Grizelj Šimić, dipl.ing.građ. [a]
dr.sc. Danko Holjević, dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, 10000, Republika Hrvatska, danko.biondic@voda.hr; sanja.barbalic@voda.hr; Vesna.GrizeljSimic@voda.hr; danko.holjevic@voda.hr

TEMA 1.

STANJE VODA I O VODI OVISNIH EKOSUSTAVA, HIDROLOŠKI EKSTREMI I NJIHOVE POSLJEDICE, TRENDOVI - PADALINE, KOPNENE POVRŠINSKE VODE, PODZEMNE VODE, PRIJELAZNE VODE I PRIOBALNO MORE

Recenzenti:

Marijan Babić, Sanja Barbalić, Danko Biondić, Irena Ciglenečki - Jušić, Ksenija Cindrić, Anita Filipčić, Marjana Gajić - Čapka, Barbara Karleuša, Neven Kuspilić, Grozdan Kušpilić, Nenad Leder, Željko Linšak, Tamara Marković, Vladimir Mićović, Zlatko Mihaljević, Zoran Nakić, Nevenka Ožanić, Mara Pavelić, Anđelka Plenković - Moraj, Siniša Širac, Dušan Trninić, Tatjana Vlahović, Darija Vukić Lušić, Ranko Žugaj

R 1.01.

OBILNE OBORINE I POPLAVE U HRVATSKOJ U 2014.

Tanja Trošić, Nataša Strelec Mahović, Tanja Renko

SAŽETAK: Nakon kišne 2013. godine vrlo kišovito razdoblje nastavilo se i u 2014. što je imalo za posljedicu niz katastrofalnih poplava u velikom dijelu Hrvatske. U veljači su poplave zahvatile većinom sjeverozapadni dio Hrvatske, a u svibnju ponajviše Slavoniju. Dugotrajno kišno razdoblje, vrlo intenzivni procesi u atmosferi, te cirkulacija koja je značajno odstupala od uobičajene, osobito u ljetnim mjesecima, imali su za posljedicu i poplave u rujnu kada je još veća površina Hrvatske bila ugrožena, te u listopadu kada je po treći puta u istoj godini poplava zahvatila karlovačko područje. Pritom su tijekom godine na većem broju hidroloških postaja bilježeni maksimumi razine vodostaja otkad postoje mjerenja. Prema klimatološkoj analizi količine oborine u veljači i rujnu velik dio Hrvatske, a u svibnju veći dio Slavonije, bio je ekstremno kišan ili vrlo kišan. Štete u poplavama bile bi još i veće da nisu na vrijeme izdana upozorenja na ekstremnu količinu oborine, a s obzirom na klimatske projekcije koje najavljuju sve češće i intenzivnije meteorološke događaje u budućnosti prilagodba na klimatske promjene bit će jedan od načina da se posljedice ovakvih katastrofa ublaže. Ovim radom opisat će se vremenski uvjeti i procesi koji su doveli do obilnih oborina.

KLJUČNE RIJEČI: Ekstremne oborine, Hidrološki maksimum, Poplave, Upozorenja, Vremenski uvjeti

HEAVY RAINFALL AND FLOODS IN CROATIA IN 2014

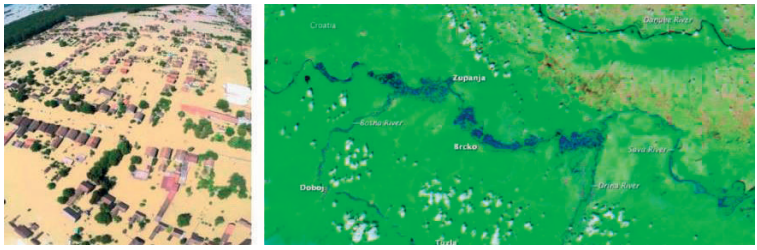
SUMMARY: After the rainy year of 2013, a very rainy period continued into 2014, which had as a consequence a series of catastrophic floods in the most part of Croatia. In February, floods occurred mostly in the north-eastern part of Croatia, whereas in May they occurred mostly in Slavonia. A protracted rainy period, very intense processes in the atmosphere and circulation which significantly deviated from the norm, particularly for summer months, resulted in floods also in September, when even larger part of Croatia was endangered, and in October, when the Karlovac area was flooded for the third time in the same year. Additionally, the maximum water levels were recorded in 2014 at a large number of hydrological stations since the beginning of measurements. According to climatological analysis of rainfall quantities, February and September were extremely rainy or very rainy in a large part of Croatia and September in the majority of Slavonia. Flood damages would have been even greater if timely warnings hadn't been issues for extreme rainfall, and since climate projections announce increasingly more frequent and

intense meteorological events in the future, adaptation to the climate change will be one of the manners to mitigate the consequences of such disasters. This paper will deal with weather conditions and processes which lead to the heavy rainfall.

KEY WORDS: Extreme rainfall, Hydrological maxima, Floods, Warnings, Weather conditions

1. UVOD

Velik broj radova ukazuje na pozitivan trend pojave ekstremnih oborina u Europi zadnjih desetljeća (npr. Moberg et al., 2006; Alexander et al., 2006). Istraživanja pokazuju da se velike količine oborine najčešće javljaju u sinoptičkim situacijama koje karakterizira postojanje ciklone, ili istodobno pojavljivanje ciklone i fronte (Catto i Phal, 2013). Tijekom 2013., a zatim i u 2014. svjedoci smo ekstremnih vremenskih situacija koje su dovele do poplava, velikih materijalnih šteta, pa i ljudskih žrtava (slika 1). Tijekom veljače, nakon pojave ledene kiše koja je uzrokovala velike štete u Gorskom Kotaru i susjednoj Sloveniji, velike količine oborine u kratkom vremenu i topljenje snijega uzrokovali su povodanj i poplave koje su pogodile sjeverozapadni dio zemlje. Nakon toga je u svibnju područje Slavonske Posavine zadesila poplava kakva se ne pamti. Naime, uslijed velikog vodostaja kojeg su izazvale ekstremne količine oborine na području dijela Slavonije, sjeverne BiH i Srbije, gdje su zabilježeni i maksimumi oborina unutar 120 godina otkad postoje mjerenja, došlo je do katastrofalnih poplava na velikom području. Uslijedile su bujične poplave na Jadranu u rujnu, te poplave na sjeverozapadu Hrvatske gdje su ponovno oboreni apsolutni maksimumi vodostaja Kupe i Korane kod Karlovca, i to oni iz veljače. U radu će se najprije napraviti osvrt na rezultate klimatološke analize za 2014. godinu, a zatim će se prikazati vremenski uvjeti i procesi koji su doveli do ekstremnih količina oborine.

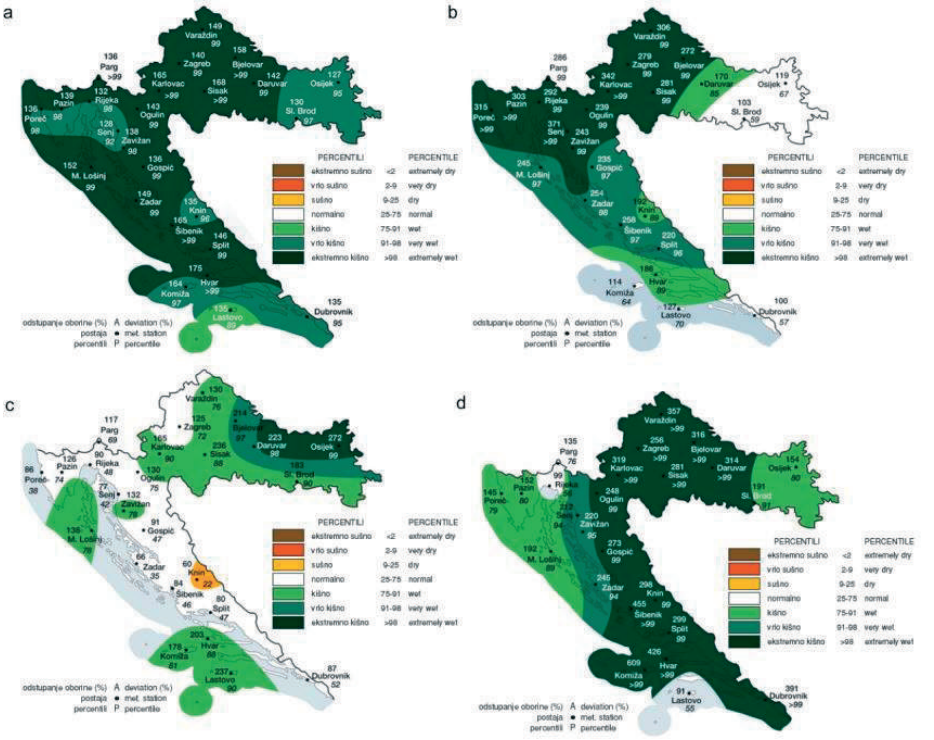


Slika 1. Poplava u Hrvatskoj u svibnju 2014. snimljena iz zraka (lijevo) i iz svemira (desno je snimka snimljena MODIS instrumentom s NASA-inog satelita AQUA)

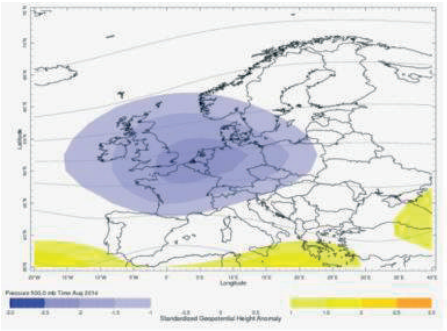
2. KLIMATOLOŠKA ANALIZA

Analiza godišnjih količina oborine koje su izražene u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka (1961.-1990.) pokazuje da je u 2014. godini u Hrvatskoj, oborine bilo više od prosjeka na svim analiziranim postajama. Usporedba s višegodišnjim prosjekom pokazuje da se količine oborine za 2014. godinu nalaze u rasponu od 127% (Osijek) do 175% (Hvar) spomenutog prosjeka. Uz to, analiza po percentilima pokazuje da je veći dio Hrvatske u veljači (slika 2b) i rujnu (slika 2d), a u svibnju veći dio Slavonije (Slika 2b), bio ekstremno kišan ili vrlo kišan.

Anomalije tlaka u više su mjeseci bile negativne nad većim dijelom Europe u odnosu na klimatologiju, osobito u toplom dijelu godine, što znači da smo češće bili izloženi sustavima niskog ili sniženog tlaka zraka. Srednja mjesečna anomalija geopotencijalne visine na 500 hPa za kolovoz 2014., u odnosu na klimatologiju 1981.-2010., prikazana je na slici 3.



Slika 2. Analiza godišnjih količina oborine za 2014. (a), te analiza količina oborine za veljaču (b), svibanj (c) i rujan (d) koje su izražene u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka (1961.-1990.)



Slika 3. Standardizirana anomalija geopotencijalne visine na 500 hPa za kolovoz 2014. u odnosu na klimatologiju 1981.-2010. (NCEP-NCAR reanaliza)

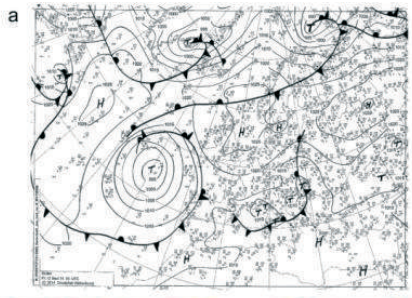
3. SITUACIJE S EKSTREMNIM OBORINAMA

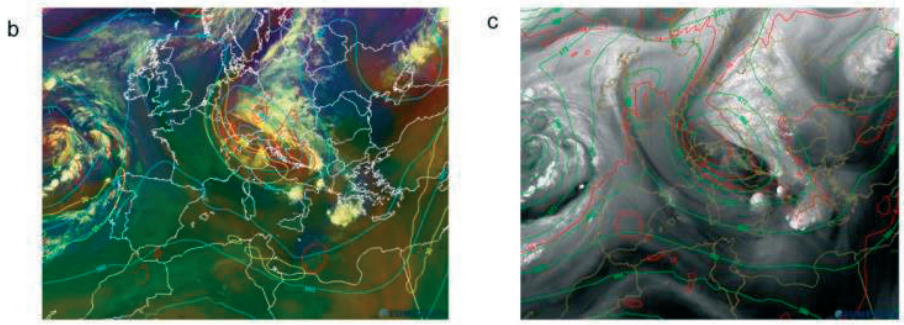
3.1. Poplava 11.-13.2.2014.

Obilne oborine od 11.-13. veljače 2014. uzrokovale su povodanj u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, kao i u nekim područjima na Jadranu, a uslijed otapanja snijega u središnjim predjelima došlo je do velikih poplava. U sjeverozapadnoj Hrvatskoj palo je preko 60 mm kiše unutar 24 sata, a najviše je izmjereno na postaji Zagreb Pleso, 90.6 mm što je najviša dnevna količina od početka mjerenja na toj postaji (od 1981.). Na većini meteoroloških postaja u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, te na pojedinima na sjevernom i srednjem Jadranu zabilježene su najviše dnevne količine oborina u veljači otkad postoje mjerenja. Zabilježen je i dotad rekordni vodostaj rijeke Kupe u posljednjih 40 godina.

3.1.1. Sinoptička situacija

Razvoj sustava koji će tijekom 11. i 12. veljače donijeti velike količine oborine započeo je stvaranjem ciklone iznad Atlantika, zapadno od Pirenejskog poluotoka, u sklopu prostranog ciklonalnog polja koje je zahvaćalo veći dio sjevernog Atlantika. S premještanjem ciklone u Biskajski zaljev, a zatim nad europsko kopno, olujno nevrijeme s jakim vjetrom i obilnom kišom nanijelo je 10. veljače štete u Portugalu, Španjolskoj i Francuskoj (http://ercportal.jrc.ec.europa.eu/ercmaps/ECDM_20140210_Europe_SevereWeather.pdf). Na prednjoj strani duboke doline u polju tlaka nad naše je predjele počeo pritjecati topliji zrak sa Sredozemlja dok je iza hladne fronte, na stražnjoj strani doline, nad zapadnu Europu stizao iznimno hladan zrak sa sjevernog Atlantika. Tijekom 10. veljače os visinske doline premjestila se preko zapadne Europe nad Sredozemlje, pri čemu se u Genovskom zaljevu formirala plitka prizemna ciklona. Frontalni sustav se 11. veljače premještao preko naših krajeva, u sklopu doline u polju tlaka. Centar prizemne ciklone nalazio se iznad Sredozemlja i južne Italije (slika 4a). Visinska se dolina pritom još produbila pa je hladan zrak sa sjevera prodro još dalje na Sredozemlje (slika 4c). Istodobno je u jakoj južnoj struji nad naše predjele stalno stizao vlažan i razmjerno topao zrak. Maksimum mlazne struje nalazio se iznad srednje Italije i Jadrana. Lijevo izlazno područje mlazne struje karakterizirano je maksimumom advekcije ciklonalne vrtložnosti koji doprinosi uzlaznom gibanju, a time i razvoju konvekcije (slika 4b).

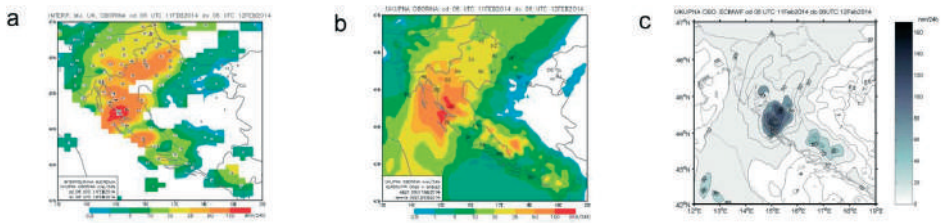




Slika 4. Prizemna analiza DWD-a (a), METEOSAT 10 MSG Airmass RGB sa AT 300hPa (plavo) te izotahama (žuto) i advekcijom ciklonalne vrtložnosti (crveno) na 300 hPa (izvor ECMWF, EUMeTrain) (b) i MSG WV 6.2 sa AT500hPa (zeleno) i temperaturom (crveno) na 500 hPa (ECMWF, EUMeTrain)(c), 11. veljače 2014. u 12 UTC

3.1.2. Prognoza ekstremnih količina oborine

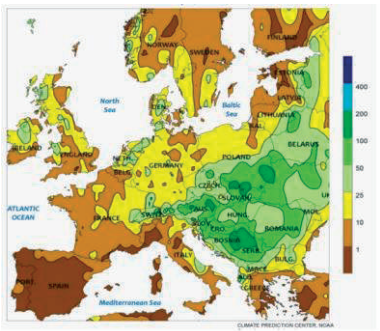
Usporedbom izmjerenih količina oborine u mm/24 h od 11. veljače u 06 UTC do 12. veljače 2014. u 06 UTC s prognozom modela LAM ALADIN i ECMWF (slika 5) može se uočiti da su oba modela podcijenila količinu oborine u dijelu središnje Hrvatske, ali su dobro predvidjeli maksimum nad Likom i sjevernom Dalmacijom.



Slika 5. Izmjerena količina oborine u mm/24 h od 11. do 12. veljače 2014. u 06 UTC (a), 24-satna akumulirana oborina prognozirana modelom ALADIN (b) i ECMWF(c)

3.2. Poplava 14.-18.5.2014.

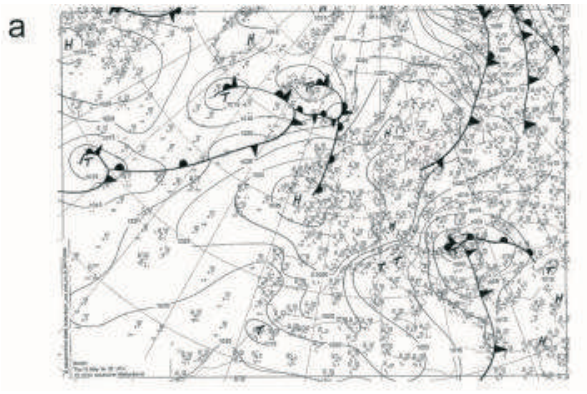
Količine oborina između 11. i 17. svibnja u istočnoj Hrvatskoj , Bosni i Srbiji bile su najveće ikad izmjerene (slika 6), a u mnogim mjestima višestruko su nadmašile prosječne mjesečne količine oborina za cijeli svibanj. To je uzrokovalo katastrofalne poplave i nezapamćene štete, ali nažalost i ljudske žrtve. Bilo je najmanje 58 poginulih u regiji, u Hrvatskoj je evakuirano preko 13 000 ljudi. U razdoblju od 14. do 17. svibnja 2014. godine na područnim hidrološkim postajama donjeg toka rijeke Save izmjereni su najveći vodostaji od kada na tim postajama postoje mjerenja, a osim toga zabilježeni su i najveći ikad zabilježeni protoci rijeke Save, što je bilo posljedica najvećih protoka njenih pritoka iz BiH.

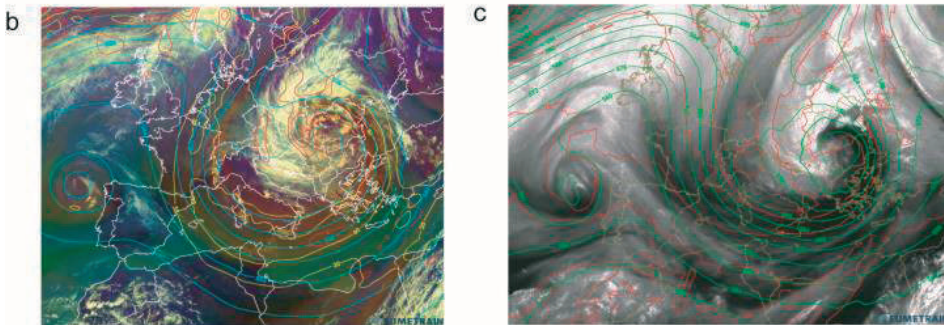


Slika 6. Ukupna količina oborine između 11 i 17 svibnja 2014., NOAA Climate Prediction Center (izvor: Wikipedia)

3.2.1. Sinoptička analiza

Uslijed približavanja i produbljivanja doline u polju tlaka sa zapada kontinenta u jugozapadnoj visinskoj struji je u naše predjele kao i na područje Balkana kontinuirano pritjecao vlažan i nestabilan zrak. Prelaskom visinske doline tlaka zraka preko Alpa u srijedu 14. svibnja 2014., nad južnim se Jadranom i nad Balkanskim poluotokom prizemno zatvarala ciklona. S daljnjim približavanjem visinske doline i pritjecanjem sve hladnijeg zraka sa sjevera kontinenta ona se postupno sve više produbljivala. Sa zapada je istovremeno jačao greben anticiklone što je uzrokovalo velik gradijent tlaka zraka nad područjem Hrvatske, pa je osim obilnih oborina u mnogim predjelima bilo jakog i olujnog vjetra. Ciklona je crpila dodatnu vlagu iz Sredozemlja i Crnog mora, dok je istodobno sa sjevera povlačila hladniji zrak. Svoj vrhunac ciklona dostiže po visini upravo 15. i 16. svibnja 2014., pri čemu se njezin centar malo pomiče prema sjeveroistoku (slika 7). Stacionarnost ciklone nad područjem jugoistočne Europe donosi velike količine oborine na područje Hrvatske, te osobito BiH i Srbije.

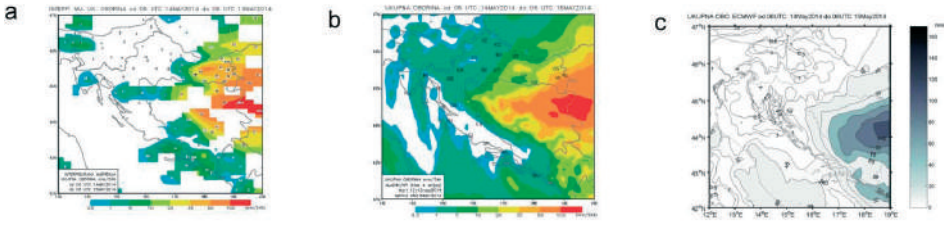




Slika 7. Prizemna analiza DWD-a (a), METEOSAT 10 MSG Airmass RGB sa AT 300 hPa (plavo) te izotahe (žuto) i advekcija ciklonalne vrtložnosti (crveno) na 300 hPa (ECMWF, EUMeTrain) (b) i MSG 10 WV6.2 satelitska slika s AT 500 hPa (zeleno) i temperaturom (crveno) na 500 hPa (ECMWF, EUMeTrain) (c), 15. svibnja 2014. u 00 UTC

3.2.2. Prognoza ekstremnih količina oborine

Usporedba prognoze modela LAM ALADIN i ECMWF s podacima mjerenja ukazuje na dobro predviđanje područja s maksimalnim količinama oborine, ali uz podcjenjivanje same količine. (slika 8).



Slika 8. Izmjerena količina oborine u mm/24 h od 14. do 15. svibnja 2014. u 06 UTC (a), usporedba s rezultatima modela ALADIN (b) i ECMWF(c)

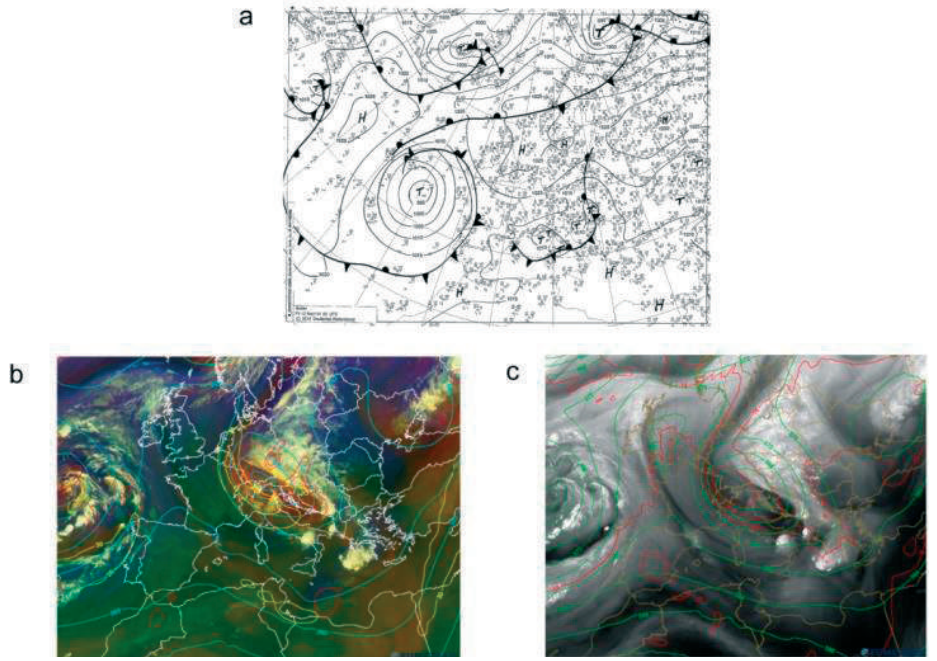
3.3. Poplava 11.-13.9.2014.

Tijekom 11. rujna uslijed velike količine oborine bujične poplave najprije su zahvatile područje srednjeg Jadrana. Tako su na pojedinim postajama zabilježeni novi rujanski dnevni maksimumi otkad postoje mjerenja (Komiža 117,6 mm, Vodice 225,5 mm). Premještanjem ciklone prema unutrašnjosti, 12. rujna, pala je velika količina kiše, ponajprije na karlovačkom području, preko 60 mm. Pritom je najveća količina kiše pala unutar 12 h što je uzrokovalo povodanj na području sjeverozapadne Hrvatske, a dodatno se stanje pogoršalo uslijed visokih razina vodostaja u Sloveniji.

3.3.1. Sinoptička analiza

Tijekom 11. rujna visinska ciklona nad Baltičkim morem polako se spušta u smjeru Alpa, prelazi Alpe te zahvaća sjeverni Jadran, Sloveniju i zapadnu unutrašnjost Hrvatske. Kako nastavlja svoj put prema jugoistoku kontinenta u sklopu ciklone strujanje s jugozapada,

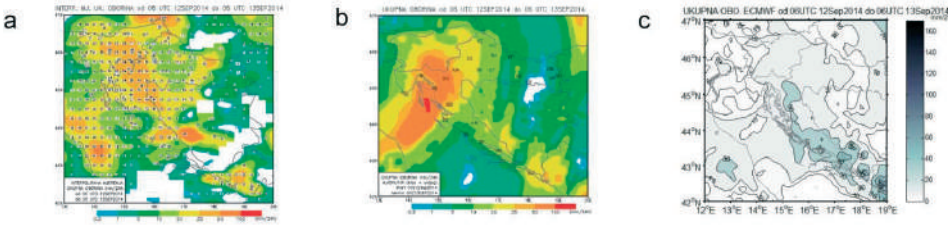
juga, a zatim jugoistoka donosi vlažan i nestabilan zrak s područja Mediterana. Sporo premještanje visinske ciklone imalo je za posljedicu veliku količinu kiše nad istim područjem. Prizemno je 11. rujna ciklona s hladnom frontom prelazila preko Alpa, te je došlo do stvaranja vala na hladnoj fronti i sekundarne ciklone na zavjetrinskoj strani. Sekundarni ciklonalni vrtlog pomicao se iz Genovskog zaljeva preko srednje Italije nad Jadran, a 13. rujna centar se nalazio nad zapadnim dijelom kontinentalne Hrvatske nakon čega je postupno slabio i premještao se na istok. U višim slojevima atmosfere bila je prisutna mlazna struja, a njezin lijevi izlazni krak smješten je iznad Jadrana i Hrvatske. Povezano s tim u višim slojevima javlja se divergencija strujanja, što rezultira s konvergencijom u nižim slojevima i snažnim vertikalnim gibanjima koji potiču konvekciju, što je vidljivo na slici 9b.



Slika 9. Prizemna analiza DWD-a (a), METEOSAT 10 MSG Airmass RGB sa AT 300 hPa (plavo) te izotahama (žuto) i advekcijom ciklonalne vrtložnosti (crveno) na 300 hPa (ECMWF, EUMeTrain) (b) i MSG WV6.2 satelitska slika s AT 500 (zeleno) i temperaturom (crveno) na 500 hPa (c), (ECMWF, EUMeTrain) 12. rujna 2014. u 00 UTC

3.3.2. Prognoza ekstremnih količina oborine

Usporedba izmjerenih 24-satnih količina oborine s prognozama modela LAM ALADIN i ECMWF-a ukazuje na relativno dobru prognozu količine oborine, ali i nedovoljno dobro predviđena područja s njenom maksimalnom količinom (slika 10). Model ALADIN znatno je precijenio oborinu na sjevernom Jadranu te istodobno podcijenio oborinu u Dalmaciji i zapadnoj Slavoniji dok je model ECMWF najviše precijenio oborinu na jugu Hrvatske.



Slika 10. Izmjerena količina oborine u mm/24 h od 12. do 13. rujna 2014. u 06 UTC (a), u usporedbi s rezultatima modela ALADIN (b) i ECMWF (c).

ZAKLJUČAK

Prema klimatološkoj analizi količine oborine u veljači i rujnu velik je dio Hrvatske, a u svibnju veći dio Slavonije, bio ekstremno kišan ili vrlo kišan, što je dovelo do poplava. Analiza prognostičkog materijala ukazala je na relativno dobro prognoziranje područja i količina oborine u tri promatrana slučaja. Štete u poplavama bile bi još i veće da nisu na vrijeme izdana upozorenja na veliku količinu oborine, a s obzirom na klimatske projekcije koje najavljuju sve češće i intenzivnije meteorološke događaje u budućnosti prilagodba na klimatske promjene bit će jedan od načina da se posljedice ovakvih katastrofa ublaže.

LITERATURA

[1] Alexander et. al. (2006): *Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation*, J. Geophys. Res. 111 D05109

[2] Catto, J.L., Pfhal, S. (2013): *The importance of fronts for extreme precipitation*, Journal of Geophysical Research: Atmospheres 118, 19, 10791-10801.

[3] Moberg, A. et al. (2006): *Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analyzed for the period 1901–2000, J. Geophys. Res.* **111** *D22106*

[4] MSG interpretation guide, http://oiswww.eumetsat.org/WEBOPS/msg_interpretation/msg_channels.php

AUTORI

dr. sc. Tanja Trošić [a]
dr. sc. Nataša Strelec Mahović [a]
Tanja Renko, dipl. ing. [a]

[a] Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, 10 000 Zagreb, Hrvatska, trosic@cirus.dhz.hr

R 1.02.

EKSTREMNE POPLAVE TIJEKOM 2014. GODINE U REPUBLICI HRVATSKOJ - POUKE I OBAVEZE

Dijana Oskoruš, Tatjana Vujnović, Toni Jurlin, Željka Klemar

SAŽETAK: Ekstremne poplave se ubrajaju u grupu najgorih prirodnih katastrofa. Tijekom 2014. godine u Republici Hrvatskoj je u tri navrata došlo do velikih poplava sa znatnom materijalnom štetom i fizičkim žrtvama. Statističkom analizom ovogodišnjih velikih voda utvrđeno je da su to događaji koji do sada nisu bili zabilježeni. Pokazalo se da tehničke građevinske mjere nisu dovoljne u sprečavanju poplava, one ne jamče apsolutnu sigurnost i ne smiju ostati jedina mjera u borbi protiv štetnog djelovanja vode. Kako bi se smanjile potencijalne štete u budućnosti, nužno je provoditi aktivnost upravljanja poplavnim rizicima. Katastrofalna poplava iz svibnja 2014. je ukazala na iznimnu važnost regionalne i institucionalne suradnje kao i pravovremeno informiranje jedinica lokalne samouprave. Nakon provedene analize poplava, izmjereni ekstremi iz 2014. koristit će se za verifikaciju hidrološkog prognostičkog modela na čijoj implementaciji intenzivno rade stručnjaci iz DHMZ-a i Hrvatskih voda.

KLJUČNE RIJEČI: Poplave 2014., regionalna i institucionalna suradnja, verifikacija modela

2014 EXTREME FLOODS IN THE REPUBLIC OF CROATIA –LESSONS LEARNED AND OBLIGATIONS

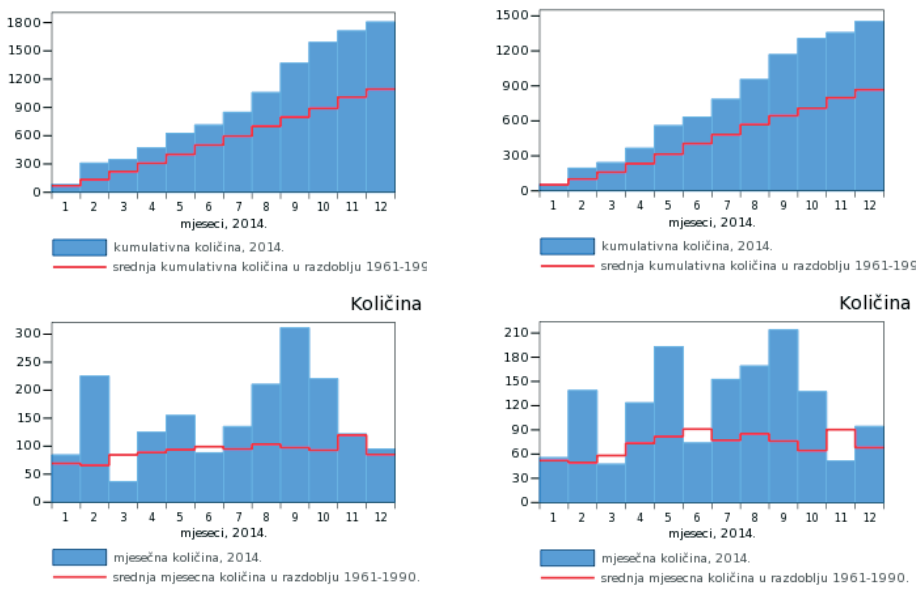
SUMMARY: Extreme floods belong to the group of the worst natural disasters. In 2014, massive floods caused significant material damage and casualties in the Republic of Croatia on three occasions. A statistical analysis of floods in the current year revealed that these events had not been previously recorded. Technical/civil engineering measures proved to be insufficient in flood prevention and do not guarantee absolute safety, therefore they cannot remain the only measure against adverse effects of water. For the purpose of reduction of potential damages in the future, flood risk management activities must be performed. Catastrophic floods of May 2014 showed that regional and institutional cooperation, including timely informing of local self-government units are of utmost importance. After the conducted flood analysis, the extremes measured in 2014 will be used for verification of the hydraulic forecasting model whose development and implementation is the subject of intense cooperation between the experts from the State Meteorological and Hydrological Service and Hrvatske vode.

KEY WORDS: 2014 floods, regional and institutional cooperation, model verification

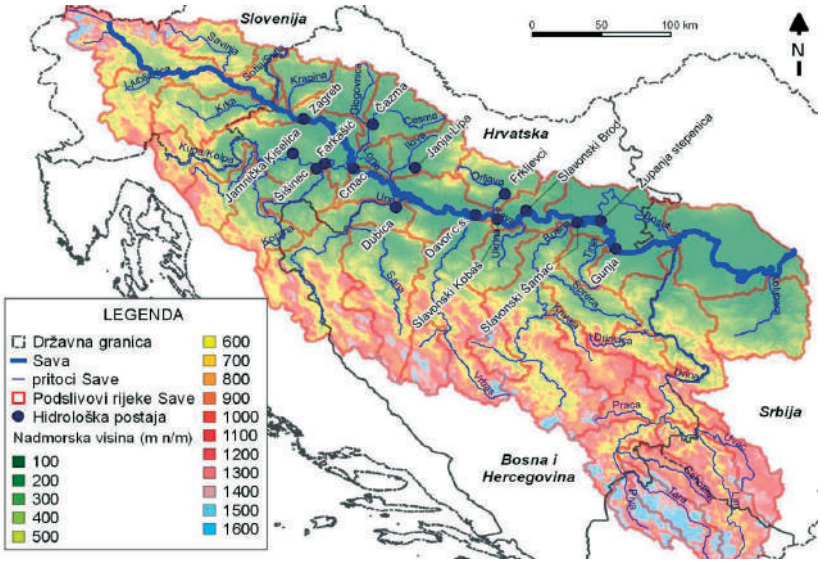
1. UVOD

U povijesti meteorološkog i hidrološkog monitoringa, koji na teritoriju Republike Hrvatske provodi Državni hidrometeorološki zavod, 2014. godina će biti zabilježena kao posebno ekstremna godina. Zbog ekstremne količine oborina premašene su prosječne godišnje količine na mnogim meteorološkim postajama, stoga je ova godina klimatološki okarakterizirana kao „ekstremno kišna“. Iz grafičkih prikaza na slici 1 za GMP Karlovac i Sisak vidljiva je kumulativna količina oborine u usporedbi sa prosječnim vrijednostima za period 1961-1990., kao i mjesečne količine oborina izražene u mm. Ekstremne meteorološke pojave u veljači, retrogradna ciklona u svibnju sa izuzetnim kišnim ljetom i poplavom u rujnu, imale su za posljedicu vrlo rijedak hidrološki fenomen - tri velike poplave na području cijele Hrvatske u slivovima velikih rijeka, ali i na brojnim malim bujicama i pritocima. Velika poplava Kupe u veljači i ponovno u rujnu, tisućljetna poplava na donjem toku Save u Hrvatskoj (Sl. 2), te stogodišnje velike vode na Dravi i Muri, daju nam povod za razmišljanje. U ovom radu bit će dan kratak osvrt na sva tri događaja s naglaskom na neke specifičnosti.

KARLOVAC: SISAK:



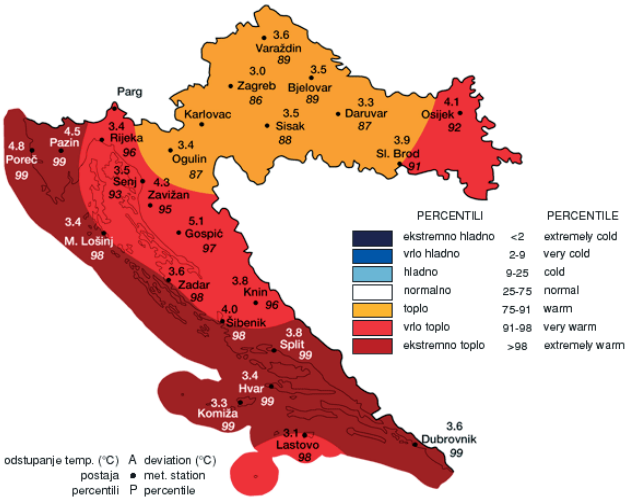
Slika 1. Kumulative godišnje i mjesečne količine oborina za GMP Karlovac i Sisak



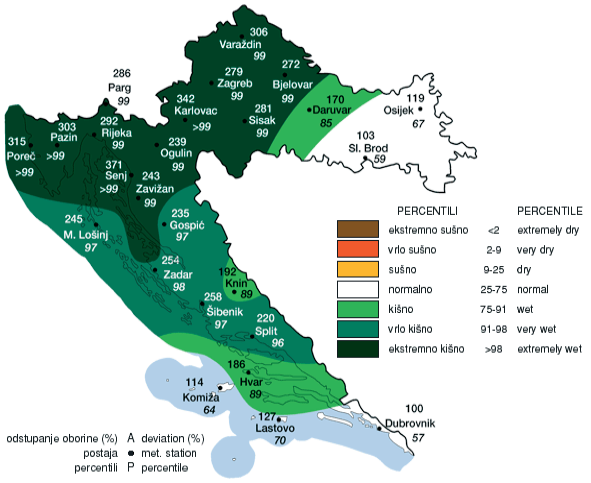
Slika 2. Karta ugroženih područja u poplavi u veljači i svibnju 2014.

2. POPLAVA U VELJAČI

Nakon tople zime bez snijega, ekstremna snježna epizoda početkom veljače popraćena ledenom kišom i naglim topljenjem snijega uz obilne količine kiše, proizvele su velike poplave u slivu Korane, Kupe, Odre i Save na području Velika Gorica-Sisak-Petrinja.



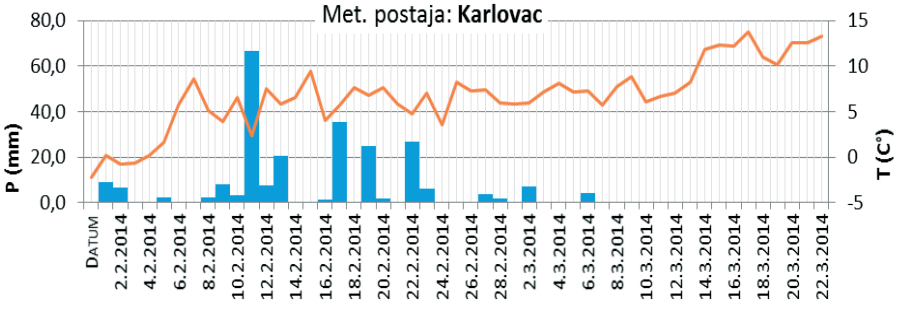
Slika 3a. Odstupanje srednje temperature zraka za veljaču 2014.



Slika 3b. Odstupanje količine oborine za veljaču 2014.

Prema karti odstupanja količine oborina za veljaču, cijela zapadna Hrvatska imala je ekstemno kišno razdoblje u kombinaciji sa vrlo toplim i ekstremno toplim vremenom u inače najhladnijem zimskom mjesecu u Lici i Gorskom Kotaru (Sl. 3a, 3b). Stoga su na većini hidroloških postaja na Korani, Glini, Dobri i Kupi zabilježeni maksimalni vodostaji u povijesti mjerenja. Desne pritoke Save su u vrlo kratkom periodu proizvele pritisak na nizinsko područje oko ušća u Sisku. Rijeka Odra, uslijed vrlo malog pada, bila je pod usporom Kupe. Budući da se velika količina vode nije mogla u adekvatnom vremenskom periodu evakuirati, rijeka je izašla iz svog osnovnog korita i poplavila Odransko polje. U toj poplavi i druge pritoke Kupe (npr. Petrinjčica) izlijevale su se i poplavljivale tako da su stradala naselja i poljoprivredne površine od Velike Gorice do Siska, a posljedice su se sanirale sve do nove poplave u rujnu i listopadu.

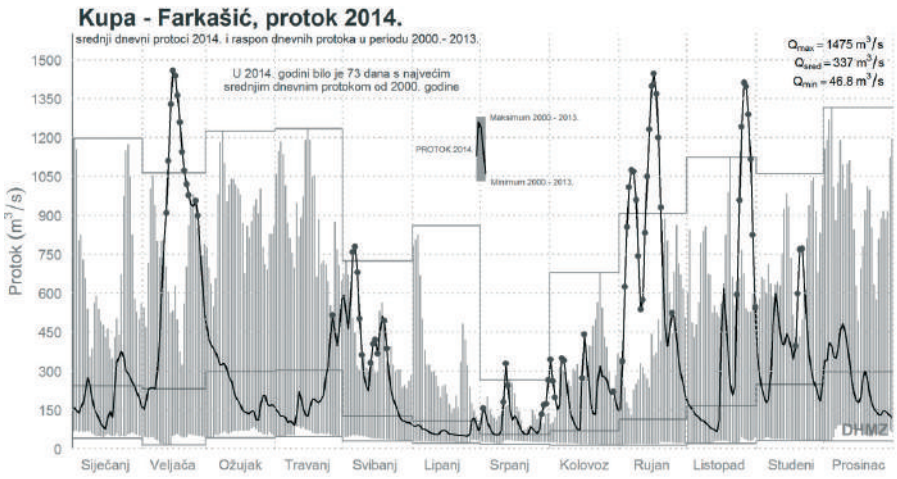
Na meteorološkoj postaji Karlovac 12.veljače 2014. palo je 66,4 mm kiše u roku od 24 sata. Toj oborini treba dodati još i ekstremne količine nastale naglim topljenjem snijega i leda što je imalo za posljedicu da su 14. veljače 2014. premašeni apsolutni maksimumi vodostaja i protoka na Kupi (Sl. 4a, 4b, Tab. 1).



Slika 4a. Izmjerene vrijednosti oborine i temperature na meteorološkoj postaji Karlovac

Tablica 1. Ekstremi vodostaja na Kupi

Novi apsolutni ekstremi vodostaja na Kupi		Dosadašnji maksimumi vodostaja
Farkašić	**988 cm,** 14.2.2014.	980 cm, 8.10.1974., mjerenja vodostaja od1965.
Jamnička Kiselica	**769 cm,** 14.2.2014.	740 cm, 8.10.1974., mjerenja vodostaja od 1948.
Šišinec	**1103 cm**, 14.2.2014. **Mjer. H=1099cm / Q=1083 m^3/s**	1089 cm, 8.10.1974., mjerenja vodostaja od 1950.



Slika 4b. Maksimalni protoci zabilježeni na HP Kupa – Farkašić u 2014.godini

3. POPLAVA U SVIBNJU

Sredinom svibnja 2014. je u donjem dijelu toka rijeke Save došlo do velikih poplava zbog intenzivnih oborina uzrokovanih višednevnim zadržavanjem jake i duboke ciklone iznad jugoistočne Europe. Bosna i Hercegovina, Srbija te istočna Hrvatska primile su velike količine kiše, više od 200 litara u nekoliko dana, što je na tim područjima rezultiralo katastrofalnim poplavama, najvećim u do sada zabilježenoj povijesti.

Rijeka Sava najdužim svojim dijelom teče kroz RH i čini sjevernu državnu granicu BiH prema RH. Iz slike 2. je vidljivo da veći dio područja BiH pripada crnomorskom slivu (75,7%) tj. da se većina vodotoka ulijeva u Savu.

Dana 11. svibnja 2014. je na većem dijelu BiH količina vlage u tlu iznosila 60-100% što je posljedica „vlažnog“ do „ekstremno vlažnog“ travnja 2014. i obilnih oborina početkom svibnja.

U razdoblju od 14. do 18. svibnja 2014. na hidrološkim postajama donje Save registrirani su najveći vodostaji u povijesti mjerenja (Tab 2). Apsolutno najveći vodostaji na postajama Slavonski Kobaš, Slavonski Brod, Slavonski Šamac, Županja i Gunja izravna su posljedica ekstremnog dotoka rijeke Bosne (procjena protoka Q 4.000 m^3/s), Vrbasa (procjena protoka Q 2.000 m^3/s) i Une (1.800 m^3/s), čiji naknadni vodni val je evakuiran u retenciju Mokro polje, između Jasenovca i Stare Gradiške.

Tablica 2. Ekstremni vodostaji i protoci na slivu Save

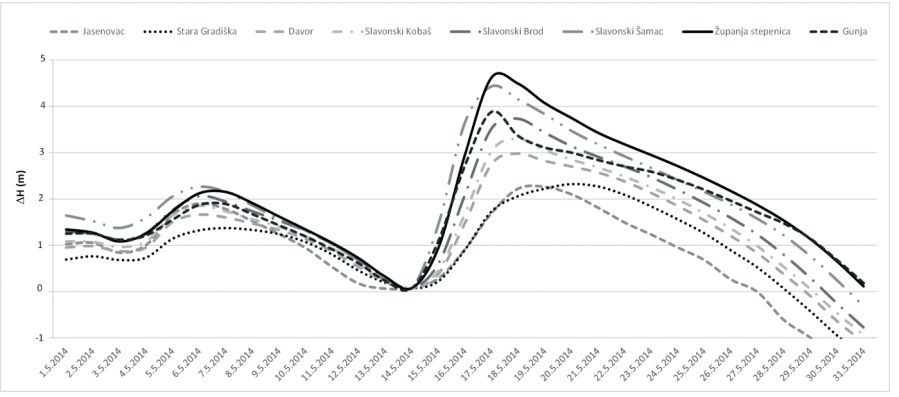
Hidrološka postaja	Novi ekstremi H, Q	Dosadašnji maksimumi
Slavonski Kobaš	**941 cm,** 18.5.2014.	H=937 cm, Q=3260 m^3/s, 30.10.1974., mjerenja od 1900.
Slavonski Brod	**939 cm,** 18.5.2014.	H=882 cm, Q=3476 m^3/s, 4.12.2005., mjerenja vodostaja od 1900.
Slavonski Šamac	**891 cm,** 17.5.2014. **Mjer. H=888 cm / Q=6008 m^3/s**	H=726 cm, 21.3.1981., mjerenje vodostaja od 1900.
Županja	**1191 cm**, 17.5.2014.	H=1064 cm, Q=4161 m^3/s, 19.1.1970., mjerenja vodostaja od 1900.
Gunja	**H=1173 cm / 4621 m^3/s**, 17.5.2014.	H=690 cm, 31.12.2012., mjerenja vodostaja od 2011.
Una – Hrv. Dubica	539 cm, 18.5.2014.	**H=540 cm, 16.11.1946**., mjerenja vodostaja od 1900.

Iako lijeve pritoke Save kao što su Pakra, Orljava, Česma i Sloboština nisu dale toliko značajan doprinos samom protoku Save poput bosanskih rijeka, ipak treba istaknuti da su i te rijeke u Istočnoj Slavoniji, zbog svog strmog sliva izazvale bujične poplave i dostigle nove apsolutne vodostaje (Tab. 3).

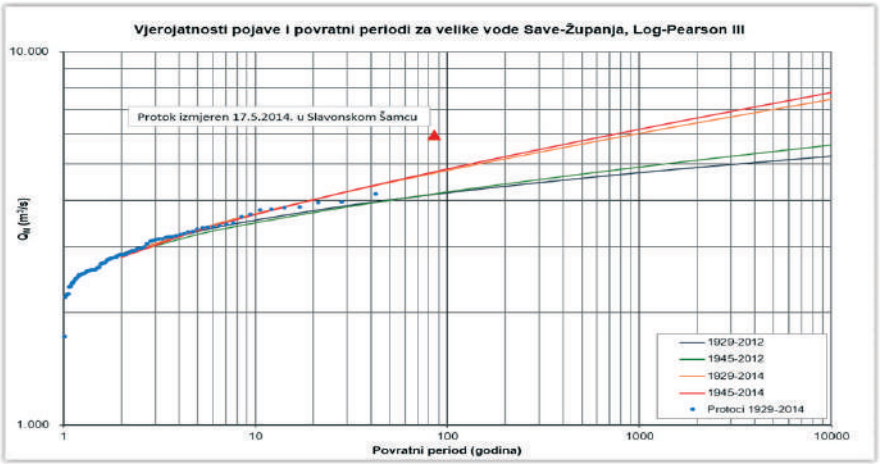
Tablica 3. Novi maksimumi na lijevim pritocima Save

Novi apsolutni ekstremi vodostaja		Dosadašnji maksimumi vodostaja
Pakra – Janja Lipa	**477 cm,** 16.5.2014.	470 cm, 23.6.1999., mjerenje vodostaja od 1994.
Orljava – Frkljevci	**533 cm,** 16.5.2014.	529 cm, 2.6.2010., mjerenje vodostaja od 1996.

Najveću katastrofu je izazvao vodni val koji se kretao donjom Savom u periodu od 15.-18.5. Zbog ogromnog volumena vode i snažnog pritiska na nasipe došlo je do izlijevanja iz korita i poplavljivanja čitave Bosanske Posavine. Na hrvatskoj strani 17.5. došlo je do urušavanja nasipa nizvodno od Županje u Rajevom selu i Račincima, što je dovelo do poplavljivanja Gunje, Rajevog Sela i velikog dijela Županjske Posavine. Na slici 5 prikazani su vodni valovi u apsolutnim visinama, svedeni na kotu najnizvodnije hidrološke postaje u Gunji. Zbog izlijevanje Save iz korita, vodni val je u Gunji bio za oko 75 cm niži u usporedbi sa visinom vrha vodnog vala u Županji.



Slika 5. Razlika u aps. visini vodnih valova od Jasenovca, svedenih na reper H (m n/m) u Gunji



Slika 6. Vjerojatnosti pojave i povratni periodi maksimalnih godišnjih protoka Qmax na Savi kod Županje

U samom vrhu vodnog vala, točnije 17.5. u 18 h izmjeren je maksimalni protok od 6008 m3/s, sa mosta u Slavonskom Šamcu, nizvodno od ušća rijeke Bosne u Savu. Nakon statističke obrade (Sl. 6) utvrđeno je da je vodni val nizvodno od ušća Bosne u Savu u Slavonskom Šamcu bio PP=1000 godina, da je rijeka Una u Kostajnici dosegla ekstremni vodostaj koji odgovara PP>1000 godina, a uzvodno od Jasenovca vodni val Save bio je nešto niži i odgovara PP=100 godina.

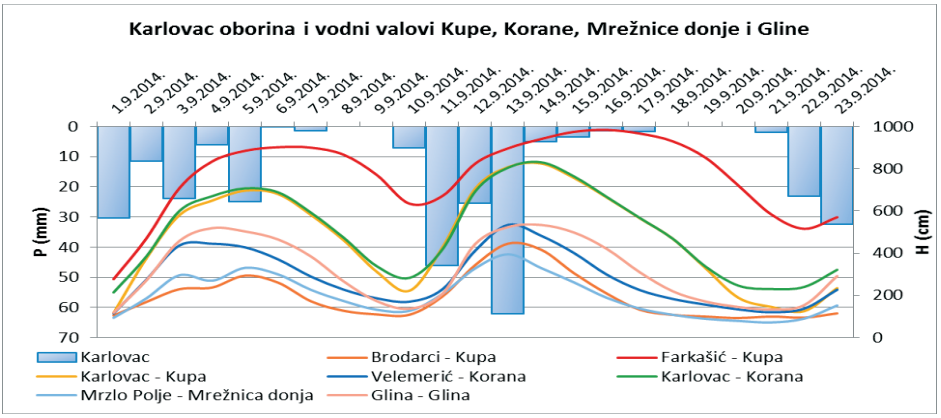
4. POPLAVA U RUJNU

Usporedba sa višegodišnjim prosjekom pokazuje da se na slivnom području Kupe Save i Drave u rujnu 2014. godine oborine kreću u rasponu od 248% višegodišnjeg prosjeka u Ogulinu do 357% u Varaždinu.

Stoga su se na slivu Kupe i Une ponovo formirali vodni valovi koji su se sporo transportirali u Savu te je zbog usporenih procesa otjecanja ponovno došlo do izlijevanja Korane i Kupe u Karlovcu, Odre, Gline i Une u njihovim nizinskim područjima, kao i bujične poplave na pritokama Save: Bregane, Orljave, Pakre i Ilove, vidi sliku 7 i tablicu 4-6 gdje su prikazani novi apsolutni ekstremi dosegnuti u toj poplavi.

Tablica 4. Novi maksimumi na slivu Kupe

Novi apsolutni ekstremi vodostaja		Dosadašnji maksimumi vodostaja
Korana – Slunj uzv.	**474 cm,** 13.9.2014.	470 cm, **13.2.2014.**, mjerenja od 1947.
Korana - Velemerić	**567 cm,** 13.9.2014. Mjer. 14.9.2014., H=477 cm / Q=350 m^3/s	527 cm, 9.11.1948., mjerenja od 1946.
Slunjčica - Rastoke	**99 cm,** 13.9.2014.	97 cm, 23.9.1996., mjerenja od 1983.
Kupčina - Lazina brana	**176 cm,** 13.9.2014.	170 cm, 2.10.1998., mjerenja od 1950.
Mrežnica - Mrzlo Polje	**440 cm,** 13.9.2014.	422 cm, **22.2.2014.,** mjerenje od 1959.



Slika 7. Grafički prikaz oborine na GMP Karlovac i vodnih valova na Kupi, Korani Mrežnici i Glini

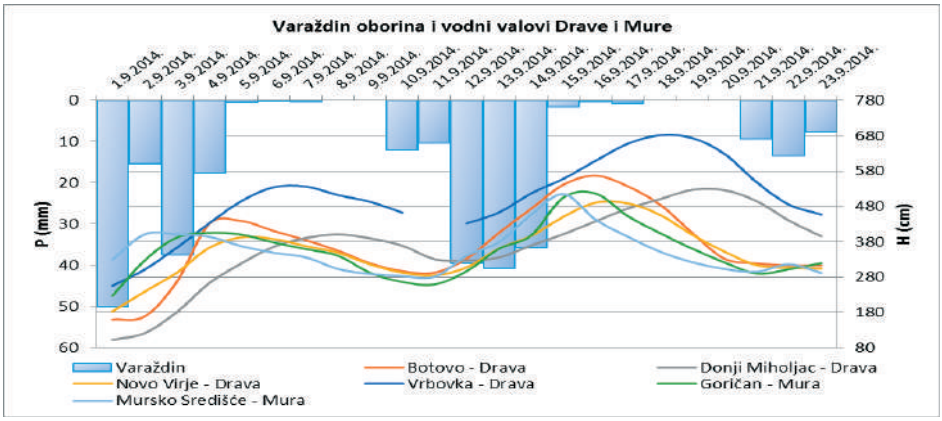
Tablica 5. Novi maksimumi na malim pritocima Save

Hidrološka postaja	Novi ekstremi vodostaja	Dosadašnji maksimumi vodostaja
Pakra – Janja Lipa	**478 cm,** 11.9.2014.	477 cm, **16.5.2014.**, mjerenje od 1999.
Ilova - Ilova	**604 cm,** 14.9.2014.	568 cm, 17.5.2010, mjerenje od 2008.
Bregana – Bregana r.	**243 cm,** 13.9.2014.	220 cm, 22.8.2005.,mjerenje od 1969.

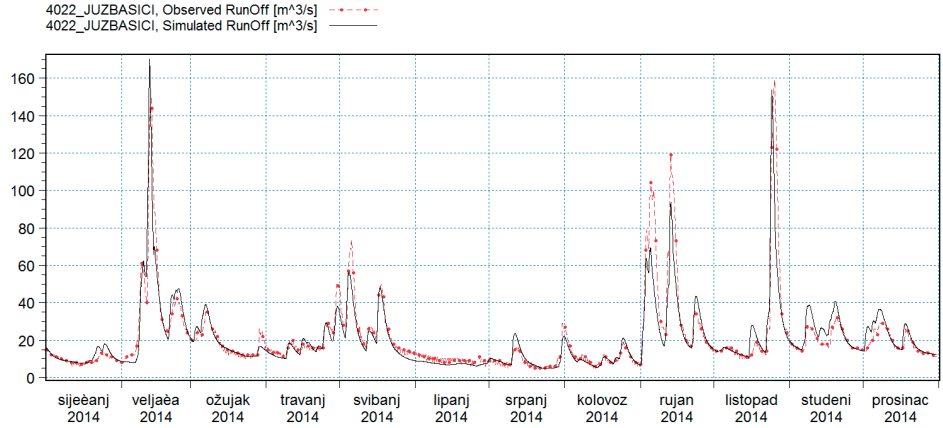
Tablica 6. Novi maksimumi na Muri i Dravi

Hidrološka postaja	Novi ekstremi H, Q	Dosadašnji maksimumi vodostaja
Mura - Mursko Središće	**528 cm,** 15.9.2014. **Mjer. H=522 cm / Q=1029 m^3/s**	511 cm, 23.8.2005., mjerenje od 1926.
Mura - Goričan	**551 cm,** 15.9.2014. **Mjer. H=528 cm / Q=1217 m^3/s**	509 cm, 24.8.2005., mjerenje od 1926.
Drava – Botovo	**577 cm,** 16.9.2014. **Mjer. H=570 cm / Q=2266 m^3/s**	526 cm, 10.10.2005., mjerenje od 1926.
Drava – Novo Virje	**502 cm,** 16.9.2014.	457 cm, 6.7.1989., mjerenje od 1977.
Drava - Vrbovka	**689 cm,** 19.9.2014.	596 cm, 6.7.1989., mjerenje od 1997.
Drava - Donji Miholjac	**529 cm,** 19.9.2014. **Mjer. H=524 cm / Q=2041 m^3/s**	500 cm, 22.7.1972., mjerenje od 1926.

Zbog obilnih oborina u Austriji, Sloveniji i sjeverozapadnoj Hrvatskoj, na Muri i Dravi su dostignuti povijesni ekstremi vodostaja, vidi sliku 8 i tablicu 6.



Slika 8. Grafički prikazi vodnih valova od 1.9. do 23.9.2014. na Muri i Dravi



Slika 9. Rezultati validacije modela za HP Mrežnica - Juzbašići koristeći podatke o protokama iz 2014. godine.

ZAKLJUČAK

Općenito gledajući, do poplave dolazi kada protok premašuje transportni kapacitet korita. No, problem poplave nije vezan samo uz maksimalan protok, nego i volumen vodnog vala koji putuje koritom kao i njegovo trajanje. Iz analize poplava koje su se dogodile u 2014. godini na slivu Kupe, Save i Drave može se reći sljedeće:

Rezultati mjerenja koje je izvršio DHMZ - Služba za hidrologiju, na hidrološkim postajama donje Save, Kupe, Mure i Drave pokazuju do sada nezabilježene ekstremne vrijednosti u vodostajima, brzinama toka i protocima, iz kojih je vidljivo da smo u 2014. godini imali, statistički gledano pojavu vrlo rijetkih događaja, od kojih su se neki pojavili i po dva puta u toku godine. Sasvim sigurno je da ovakavi događaji koji odgovara povratnom periodu PP > 1000 godina (Sl. 6) ukazuje na potrebu bolje suradnje svih institucija kao i susjednih zemalja u razmjeni meteoroloških i hidroloških informacija kako bi se na

vrijeme mogle predvidjeti ovakve ekstremne pojave i što je moguće više ublažiti njihove štetne posljedice.
Izmjereni vodostaji i protoci iz 2014. korišteni su za validaciju prognostičkog modela (Sl. 9), na kojem zajedničkim snagama rade DHMZ i HV za pilot područje Kupa i Sava do Siska.

LITERATURA

[1] Abdulaj,R., Milković, N., Oskoruš, D., Vujnović, T. (2014): Velike vode donjeg toka rijeke Save tijekom svibnja 2014. Hrvatska vodoprivreda (1330-321X) 207, 14-16, Hrvatske Vode, Zagreb.

[2] Kuspilić, N., Oskoruš, D., Vujnović, T. (2014): Katastrofalna poplava Save i poplavni rizici. Građevinar : časopis Hrvatskog saveza građevinskih inženjera (0350-2465) 66, 7; 653-661, Zagreb.

[3] DHMZ, Sektor za hidrologiju: Hidrološka baza podataka, HIS2000

AUTORI

Dijana Oskoruš dipl.ing. [a]
dr.sc. Tatjana Vujnović dipl.ing. [a]
Toni Jurlina mag. phys-geophys [a]
Željka Klemar mag.math. [a]

[a] Državni hidrometeorološki zavod - Sektor za hidrologiju, Grič 3, Zagreb, oskorus@cirus.dhz.hr; tatjana.vujnovic@cirus.dhz.hr; klemar@cirus.dhz.hr; jurlina@cirus.dhz.hr

R 1.03.

STATISTIČKA ZNAČAJNOST PADAVINA KOJE SU PROUZROKOVALE POJAVU MAJSKE POPLAVE 2014. GODINE NA DELU TERITORIJE SRBIJE

Stevan Prohaska, Dragan Đukić,
Vladislava Bartoš Divac, Nedeljko Todorović

SAŽETAK: Katastrofalna poplava iz maja 2014. godine, koja je na delu teritorije Republike Srbije prouzrokovala gubitke ljudskih života i ogromne materijalne štete, do sada je nezabeležena na prostoru Srbije. Evidentno je da je takva poplava, između ostalog, posledica obilne dugotrajne i na momente veoma intenzivne kiše koja se izlila na veći deo teritorije Srbije. Predmet ovog rada je definisanje karakteristika kiša koje su prethodile poplavi, a koje predstavljaju glavni uzrok njene pojave, kao i kiša koje su padale za vreme poplave i nakon nje do kraja meseca maja. Analizirane se ukupne pale kiše u kišnim epizodama iz aprila i maja 2014. godine, maksimalni intenziteti katastrofalne majske kiše, kao i mesečne, odnosno dvomesečne sume padavina u istom periodu. Kvantitativne karakteristike značajnih kišnih epizoda predstavljene su u vidu karata izohijeta za celu teritoriju Republike Srbije. Određena je statistička značajnost ukupnih suma padavina prilagođavanjem Pearson III i Log Pearson III zakona raspodele istorijskom nizu podataka sa glavnih meteoroloških stanica RHMZ Srbije, za period od kada stanica radi do zaključno sa 2014.

KLJUČNE REČI: kiše, poplava, intenzitet, padavina, trajanje, izohijete, značajnost

STATISTISTICAL SIGNIFICANCE OF THE RAINFALL WHICH CAUSED 2014 MAY FLOODS IN A PART OF SERBIA

SUMMARY: The catastrophic flood in May 2014, which caused loss of life and huge material damages in a part of the territory of the Republic of Serbia, had not been recorded previously in our region. It is evident that such flood is consequential, among other reasons, to heavy, protracted, and at times very intense rainfall which fell on the most part of the Serbian territory. The topic of this paper is to define the characteristics of the rainfall which preceded the flood and which is the main reason of its occurrence, including the rainfall at the time of the flood and in the period immediately after it (until the end of May). The total rainfall in the storm events in April and May 2014 was analysed as well the maximum rainfall intensity of the catastrophic May rainfall, both as monthly and

bimonthly rainfall total in the same period. The quantitative characteristics of the significant storm events are presented as isohyetal maps for the whole territory of the Republic of Serbia. The statistical significance of the total rainfall was determined by adaptation of the Pearson III and Log Pearson III distribution to the historical data series from the major meteorological stations of the Hydrometeorological Service of Serbia in the periods from the start of their operation concluding with 2014.

KEY WORDS: rainfall, floods, intensity, precipitation, duration, isohyets, significance

1. UVOD

Jedan od osnovnih faktora koji je uticao na pojavu značajnih poplava na teritoriji Republike Srbije u maju mesecu 2014. godine jesu obilne i dugotrajne kiše koje su zahvatile uglavnom celu teritoriju republike Srbije. Osnovna karakteristika ovih kiša je da su one, sa manjim prekidima, trajale veoma dugo i da su povremeno, u kraćim vremenskim razmacima, imale izuzetno jake intenzitete. Broj kišnih dana u ovom periodu prevazišao je do sada zabeležene ekstreme na većini glavnih meteoroloških stanica (Prohaska i drugi, 2014-2).

U prvom tromesečju 2014. godine nad teritorijom Srbije vladalo je relativno stabilno vreme bez značajnijih padavina. Sredinom aprila došlo je do prodora hladnog vazduha koji je prouzrokovao pojavu veoma dugotrajne kiše umerenog intenziteta, koja je, sa kraćim prekidima, trajala skoro neprekidno dvadesetak dana, 14.4. do 5.5.2014.godine. U toku tog perioda registrovane su značajne ukupne sume padavina na celoj teritoriji Republike Srbije. Najviše padavina palo je u slivu Zapadne Morave i Kolubare, zatim u slivovima Južne Morave, Mlave, Peka i Timoka, a najmanje je palo na severu Bačke i Banata.

Katastrofalna kiša, sa najtežim posledicama, pala je u periodu od 12.5. do 19. 5.2014. godine i obuhvatila je: sliv Kolubare, donji deo sliva reke Drine, sliv Zapadne Morave, donji deo sliva Južne Morave, slivove neposrednih pritoka Velike Morave, sliv Mlave, kao i neposredni sliv reke Save. Obilne kiše koje su uticale na formiranje poplavnog talasa Save i njenih pritoka padale su i na teritorijama Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine, ali one nisu obuhvaćene ovom analizom.

U ovom radu dat je detaljan prikaz registrovanih maksimalnih suma padavina različitih trajanja kišnih epizoda koje su prouzrokovale katastrofalne poplave na delu teritorije Republike Srbije, na osnovu oficijelnih podataka o časovnim sumama padavina na glavnim meteorološkim stanicama Republičkog hidrometeorološkog zavod (RHMZ) Srbije. Statistička značajnost registrovanih maksimalnih intenziteta u toku pojave poplave ocenjena je na osnovu rezultata najnovijih obrada kiša jakog intenziteta koje su urađene za sve pluviografe glavnih meteoroloških stanica, za periode od kada pluviograf radi do zaključno sa 2008. godinom.

2. UZROCI POPLAVA U MAJU 2014. GODINE U SRBIJI

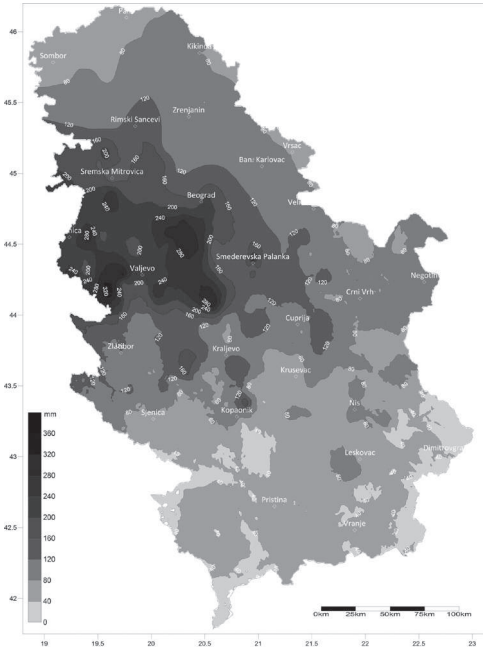
Generalno, glavni uzroci poplava na teritoriji Republike Srbije u maju 2014. godine bili su povremena pojave kiša jakog intenziteta, kao i neuobičajeno dugo, za to godišnje doba, trajanje kiša umerenog intenziteta.

Prva jača kišna epizoda u većem delu Republike Srbije pojavila se u periodu od 14.

aprila do 05. maja 2014. godine. Tada je u većem delu Republike Srbije palo između 120 l/m2 i 170 l/m2, a u jugozapadnim delovima zemlje i preko 250 l/m2. Katastrofalna poplava u maju 2014. godine pojavila se nakon prodora hladnog vazduha preko Alpa u oblast Sredozemlja, kada je došlo do formiranja prostornog ciklona, razvijenog po svim visinama, koji se preko Jadrana premeštao na Balkan. Ciklon se 13. maja premeštao iz oblasti Jadrana ka zapadnim i centralnim delovima Balkana, a od 14. do 16. maja se pojačao (produbio) po svim visinama, a ujedno i stacionirao (bio je slabo pokretan). Centar ciklona u prizemlju kretao se od Đenovskog zaliva preko Apenina, južnog Jadrana, juga Republike Srbije, Bugarske i Rumunije, a zatim je pravio putanju u obliku elipsaste „petlje“ iznad jugoistočnih delova Panonske nizije (područje severne Srbije, istočne i jugoistočne Mađarske i severozapadne Rumunije). Ovom prilikom ciklon je odstupio od najčešće putanje koju imaju đenovski cikloni, to je pravac Crnog mora, gde se konačno gasi. Glavna oblačna i kišna zona bila je iznad većeg dela Srbije, pre svega zapadne Srbije, Republike Srpske i istočne Hrvatske (Slavonije). Bila je slabo pokretna, kao i sam ciklon, i na istom području u periodu od 14.5. do 18.5. 2014. godine uslovila je, prema podacima RHMZ Srbije, ekstremnu količinu padavina, u većini mesta preko 200 l/m2, lokalno i preko 300 l/m2. Kao što je već rečeno, ovom događaju prethodile su obilne padavine u periodu od 14. 4. i 5.5.2014. Sve to uzrokovalo je katastrofalne poplave, pojavu bujica, erozije i aktiviranje klizišta, prvo na malim vodotocima (potoci i rečice), a zatim na srednjim (Kolubara), što je na kraju uslovilo porast vodostaja na većim rekama, a najviše na Savi.

3. KARAKTERISTIKE JAKIH KIŠA PRE I ZA VREME POPLAVE

Analize karakteristika jakih kiša koje su prouzrokovale poplave na teritoriji Republike Srbije u navedenom periodu izvršena je na osnovu raspoloživih podataka o časovnim sumama padavina na 28 glavnih meteoroloških stanica, kao i podataka o dnevnim sumama padavina na 450 padavinskih stanica. Prostorni položaj glavnih meteoroloških stanica sa kojih su korišćeni podaci prikazan je na slikama 1-6, na kojima prikazane izolinije (izohijete) visina padavina registrovanih za vreme kišnih epizoda pre i za vreme poplave. Na kartama urađenim na osnovu svih raspoloživih podataka, vide se oblasti sa najvećim registrovanim padavinama na teritoriji Republike Srbije.



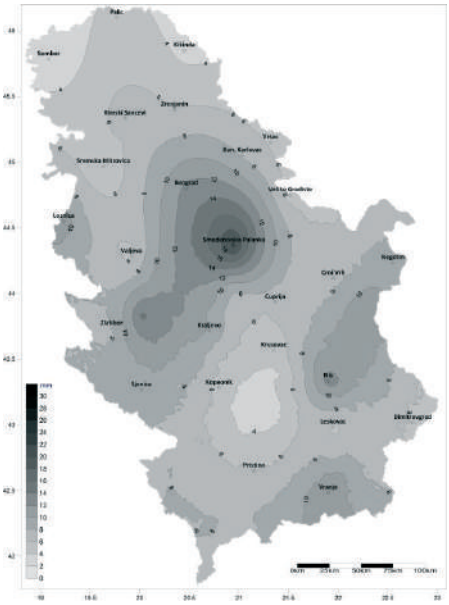
Slika 1. Suma padavina 325 PS, 12-19.05.2014

Na slici 1 prikazana je karta izohijeta ukupnih suma padavina za maksimalnu kišnu epizodu iz maja 2014. godine. Vidi se da su na prostoru Republike Srbije u maju najintenzivnije kiše zahvatile slivove Jadra i Kolubare. Najveće registrovane visine padavina u periodu pojave ove kiše zabeležene su na glavnim meteorološkim stanicama u Loznici (188,3 mm), zatim na Opservatoriji Beograd (179,1 mm), u Valjevu (179,0 mm), Rimskim Šančevima (133,8 mm), Smederevskoj Palanci (130,8 mm) itd. Položaj izohijeta ukazuje da su najveće količine padavina izlučene u centru sliva Trešnjice (pritoke Drine) oko 320 mm, zatim u zoni Krupnja i u slivu Ljiga oko 280 mm. Padavine više od 200 mm zahvatile su veći deo Šumadije i neposredan sliv reke Drine od Rogačice do ušća.

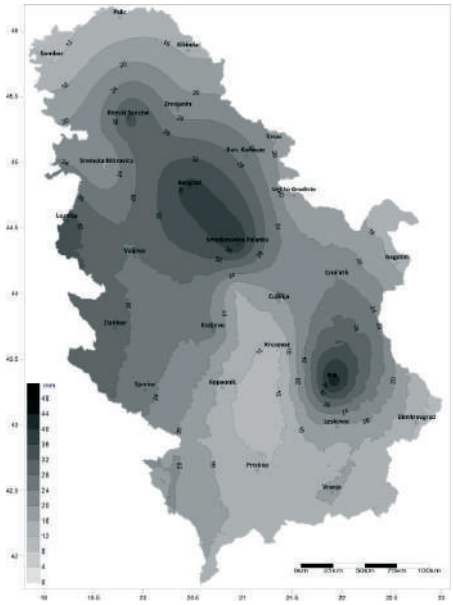
Prikupljeni podaci o časovnim vrednostima pale kiše omogućili su iznalaženje maksimalnih visina kiše za različita trajanja na svim glavnim meteorološkim stanicama. U konkretnom slučaju, analizirane su maksimalne visine padavina za trajanja kiše: 1 čas, 3 časa, 6 časova, 12 časova, 24 časa, 48 časova i 72 časa. Na osnovu tih podataka formirane su odgovarajuće karte izohijeta i prikazane na slikama 2-5. Formirane karte veoma transparentno ukazuju na pravce centara maksimalnih kiša za različita trajanja na teritoriji Republike Srbije.

Tako su, na primer, tokom ove obilne kišne epizode centri maksimalnih jednočasovnih intenziteta (slika 2) registrovani na području Smederevske Palanke, zatim Niša i dva manja lokaliteta u okolini Vranja i Loznice. Za maksimalni tročasovni intenzitet kiše najintenzivniji centar kiše pojavio se, takođe, u okolini Smederevske Palanke. Centri manjeg intenziteta pojavili su se u okolini Niša, zatim Loznice i Vranja. Najintenzivniji centri maksimalne šestočasovne kiše (slika 3) pojavili u su se na području od Beograda do Smederevske Palanke i u okolini Niša. U okolini Loznice centar maksimalne šestočasovne

kiše bio je manjeg intenziteta. Za dvanaestočasovnu kišu oblasti maksimalnih intenziteta su se proširili, s tim što su najintenzivniji intenziteti registrovani u oblasti Beograda i Smederevske Palanke, a nešto slabiji u okolinama Niša i Novog Sada, odnosno Loznice.



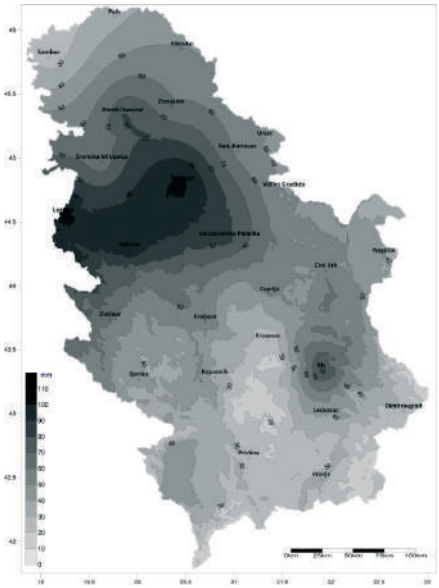
Slika 2. Maksimalne padavine za 1 čas,12-19.05.2014.



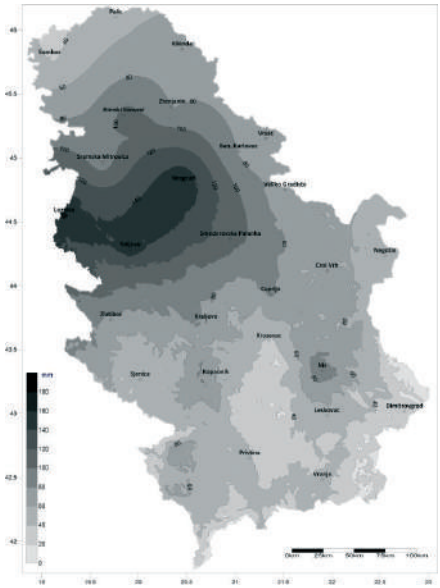
Slika 3. Maksimalne padavine za 6 časova, 12-19.05.2014.

Prostor obuhvaćen najintenzivnijim padavinama za 24-časovnu kišu (slika 4) identičan je zahvaćenom prostoru 12-časovne kiše, s tim što su se pojavila dva po prostoru manja centra kiše u okolini Beograda i Loznice. Za 48-časovnu kišu (slika 5) prostor zahvaćen maksimalnim intenzitetima kiše se uglavnom zadržao, sa manjim vitoperenjem (izduživanjem) oblika maksimalne izohijete generalno u pravcu Beograd–Loznica i registrovan je najveći intenzitet u užoj oblasti grada Loznice. Za 72-časovnu kišu zadržan je sličan prostorni položaj najvećeg intenziteta kiše, s tim što je došlo do fizičkog razdvajanja pojasa sa najjačim intenzitetima na dva centra jake kiše, jedan na području Beograd–Valjevo, a drugi u okolini Loznice.

Dugotrajna kiša koja je prethodila poplavi, kao i kiša koja je padala skoro neprekidno tokom poplave, trajala je skoro dva meseca u periodu od početka aprila do kraja maja 2014. godine. Zbog toga su u ovoj analizi razmatrane i sume padavina koji su pale tokom ovih meseci na isti način kako je to urađeno za kišne epizode, kao i za intenzitete kiša kraćih trajanja za maksimalnu kišnu epizodu.



Slika 4. Maksimalne padavine za 24 časa,12-19.05.2014.



Slika 5. Maksimalne padavine za 48 časova, 12-19.05.2014.

4. OCENA STATISTIČKE ZNAČAJNOSTI EPIZODA

Za sagledavanje strukture ekstremne kišne epizode iz maja 2014. godine, jednog od glavnih uzročnika pojave poplava u rečnim slivovima, kao i za ocenu njene statističke značajnosti, neophodni su časovni podaci izraženi u mm/min, a to su podaci mereni na glavnim meteorološkim stanicama, na osnovu kojih je sagledan ostvareni maksimalni intenzitet ove kiše epizode na celom prostoru. Dobijeni intenziteti upoređeni su sa postojećim najnovijim statističko-probabilističkim obradama (S. Prohaska i drugi 2014-4). Pri izradi ove monografije prikupljeni su svi raspoloživi istorijski podaci o registrovanim maksimalnim kišnim epizodama u dugogodišnjem periodu na trideset pluviografskih stanica u Srbiji. Podaci su prikupljeni za period od kada pluviografska stanica radi do zaključno sa 2008. godinom. Na osnovu tih podataka formirane su vremenske serije maksimalnih intenziteta (visina) kiše za sledeća trajanja kiše: 10, 20, 30, 60, 120, 180, 360, 720 i 1440 minuta. Odgovarajućom statističko-probabilističkom analizom formirane su zavisnosti maksimalnih visina kiše u funkciji trajanja kiše i verovatnoće pojave, tzv. HTP krive za svih 30 navedenih pluviografskih stanica. Ove zavisnosti predstavljaju osnovnu podlogu za ocenu statističke značajnosti registrovanih maksimalnih kišnih epizoda u navedenom petomesečnom periodu u 2014. godini.

Ocena statističkih značajnosti osmotrene maksimalne kišne epizode u maju 2014. godine izvršena je za sve GMS, a u ovom radu prikazani su rezultati uporedne analize ostvarenih i probabilističkih maksimalnih visina kiša samo za 5 GMS koje se nalaze najbliže centrima kiša. U tabeli 1 su za svaku GMS prikazane: prosečna višegodišnja vrednost visine kiše u mesecu maju (P), suma padavina tokom kišne epizode od 12. do 19. maja 2014 (P), odnos realizovane sume padavina prema prosečnom mesečnoj (Θ), maksimalna sume padavina

(P) i povratni period (T) maksimalne sume padavina za 7 dužina trajanja kiše 1, 3, 6, 12, 24, 48 i 72 sata.

Tabela 1. Statistička značajnost maksimalne kiše iz maja 2014. godine za različita trajanja kiše za 5 GMS stanica

			trajanje													
maj	12-19-5.2014.		1h		3h		6h		12h		24h		48h		72h	
$\bar{P}$	P	Θ	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
mm	mm		mm	god	mm	god	mm	god	mm	god	mm	god	mm	god	mm	god
Loznica																
79,2	188,3	2,38	11,1	1	24,2	<2	34,5	<2	59,8	7	105,0	125	163,4	1000	176,1	450
Beograd																
67,8	179,1	2,64	12,5	1	21,8	1	37,3	2	66,8	20	103,9	100	158,2	400	172,3	625
Niš																
64,7	106,2	1,64	13,1	1	30,3	3	43,3	10	67,3	100	84,0	50	96,8	80	100,1	80
Rimski Šančevi																
57,8	133,8	2,31	7,5	1	18,4	<2	33,5	2	60,9	8	81,1	20	107,5	50	131,3	110
Valjevo																
80,7	179,0	2,12	5,5	1	15,0	1	27,7	<2	53,8	3	97,4	60	149,4	400	164,2	650

Može se konstatovati da je u maju 2014. godine registrovana jaka kišna epizoda sa ekstremnim sumama padavina u trajanju do 7 dana. Karakteristična je po tome što su maksimalni intenziteti za kiše trajanja do 5–6 sati bili statistički beznačajni, sa izuzetkom kiše u Nišu i Smederevskoj Palanci koji su bili ispod višegodišnjeg proseka. Na GMS Niš 12-časovni maksimalni intenziteti odgovarali su povratnom periodu od 100 godina. Statistički značajnije sume padavina realizovane su za kiše koje su trajale duže od 24 časa. Tako, na primer, maksimalne 24-časovne kiše realizovane u Beogradu i Loznici prevazilaze stogodišnje povratne periode, u Valjevu šezdesetogodišnji, u Nišu pedesetogodišnji, a u Rimskim Šančevima dvadesetogodišnji povratni period. Maksimalna visina padavina za 48 časova realizovana je u Loznici gde prevazilazi hiljadugodišnju kišu, zatim slede Beograd i Valjevo sa 400-godišnjom kišom, te Niš sa kišom 80-godišnjeg povratnog perioda. Za trodnevnu kišu registrovanu u Beogradu i Valjevu povratni period je ocenjen na 650 godina. Povratni period realizovane trodnevne kiše u Loznici ocenjen je na 450 godina, a kod Rimskih Šančeva na 110 godina. Sa gledišta poređenja ukupnih palih kiša u razmatranoj kišnoj epizodi i prosečnih višegodišnjih vrednosti kiše u maju može se reći da ukupne sume u kišnoj epizodi, takođe, značajno prevazilaze višegodišnje proseke. Na navedenim GMS taj odnos kreće se od 1,64 do 2,64, što znači da su padavine u kišnoj epizodi veće od višegodišnjeg proseka za maj za od 64% do 164%.

ZAKLJUČAK

Maksimalnu kišnu epizodu iz maja 2014, koja je uzrokovala poplave u Srbiji i okruženju, karakteriše pojava ekstremno velikih količina padavina trajanja do 7 dana na velikoj teritoriji. Kiše koje su pale na slivnim područjima Jadra, Kolubare i Mačve, sa statističko-probabilističkog aspekta, prevazilaze pojavu stogodišnje kišne epizode. Ocenu statističke značajnosti ove izuzetne kiše na celom prostoru, koji obuhvata poplavljena područja tri zemlje, teško je u ovom trenutku dati, zbog nedostatka relevantnih podataka merenja. Od vitalnog je interesa za sve tri zemlje zahvaćene katastrofalnom poplavom u maju 2014. godine, Hrvatsku, Republiku Srpsku i Srbiju, da se izvrši zajednička analiza

hidrometeoroloških uslova koji su prethodili i za vreme poplave, po jedninstvenoj metodologiji. Posebnu pažnju treba posvetiti, kako meteorološkim parametrima, tako i analizi geneze formiranja i propagacije poplave. Cilj zajedničke analize je ocena povratnih perioda meteoroloških uslova i katastrofalne poplave iz maja 2014. godine koja je prouzrokovala značajne štete i gubitke ljudskih života u sve tri zemlje.

ZAHVALNOST

Predstavljene rezultati i analize su predmet istraživanje naučnog projekta Ocena uticaja klimatskih promena na vodne resurse Srbije (TR-37005) za period 2011-2015. godine Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije. Autori se zahvaljuju ministarstvu na pruženoj finansiskoj pomoći i podršci.

LITERATURA

[1] Prohaska S, Bartoš Divac V. sa saradnicima (2014): *Intenziteti jakih kiša u Srbiji, Institut „Jaroslav Černi“*, Beograd, 481 strana, ISBN 978-86-82565-40-6

[2] Prohaska S., Đukić D., Bartoš Divac V. (2014), *Osnovne karakteristike jake kiše na teritoriji Srbije koja je prouzrokovala poplavu u maju 2014. godine*, Beogradska škola meteorologije, Sveska 7, str. 189-201, ISBN 978-86-904985-9-8, COBISS. RS – ID 208242444

AUTORI

prof. dr Stevan Prohaska [a]
Dragan Đukić [b]
Vladislava Bartoš Divac [a]
Nedeljko Todorović [b]

[a] Institut za vodoprivredu “Jaroslav Černi”, Jaroslava Černog 80, Beograd, Srbija, stevan.prohaska@jcerni.co.rs; vladislava.bartos@jcerni.co.rs

[b] Republički hidrometeorološki Zavod Srbije, Kneza Višeslava 66, Beograd, Srbija, dragan.djukic@hidmet.gov.rs; nedeljko52@yahoo.com

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.04.

OBRANA OD POPLAVA U 2014. GODINI

Zoran Đuroković, Tomislav Novosel

SAŽETAK: Hidrološki gledano, 2014. godina pripada u izrazito kišne godine. U prvih devet mjeseci gotovo da nije bilo pet uzastopnih dana bez oborina, kako na području kontinentalne Hrvatske, tako i na Jadranu, čak niti tijekom ljetnih mjeseci. U više navrata u vrlo kratkom vremenskom razdoblju pale su iznimno velike količine oborina, koje su rezultirale stvaranjem ekstremno velikih vodnih valova gotovo svih većih i manjih vodotoka u Republici Hrvatskoj, što je zahtijevalo provedbu iznimno opsežnih mjera obrane od poplava. Lokalno su pljuskovi bili toliko jakog intenziteta da sustavi odvodnje oborinskih voda u mnogim naseljima i gradovima nisu bili u mogućnosti prihvatiti tolike količina oborinskih voda. Iz tog razloga došlo je do poplavljivanja brojnih gradskih površina, što je uzrokovalo i velike štete na stambenim i gospodarskim objektima, kao i ukupnoj komunalnoj infrastrukturi u urbanim područjima. Čak tri puta su značajno stradala prigradska naselja grada Karlovca, a u svibnju su se nažalost dogodila i puknuća savskih nasipa, te je poplavljeno područje Županjske Posavine.

Sve je očitije kako živimo u doba sve izraženijih klimatskih promjena, tijekom kojeg se učestalo izmjenjuju ekstremno kišna i ekstremno sušna razdoblja. Sve je manje godina koje se mogu nazvati "normalnim" ili "prosječnim", a sve skupa se očito odražava i na hidrološke cikluse i režime vodotoka tijekom godine. Tako u posljednjih nekoliko godina redovito bilježimo nove rekordne vodostaje na mnogim vodotocima. Sve su učestalije pojave ekstremno velikih vodnih valova, za čiju pojavu više nema pravila, što dodatno povećava rizik od pojave poplava, koje se događaju i tamo gdje ih nitko ne očekuje. S obzirom na najave i dugoročne prognoze za očekivati je kako će se ovaj trend klimatskih promjena i izraženih hidroloških ekstrema nastaviti. Iz tog razloga nužna je prilagodba na navedene pojave i ekstremne hidrološke prilike, što zahtijeva žurnu sanaciju, rekonstrukciju i gradnju pojedinih dionica nasipa, kao i drugih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina, uz daljnje unaprjeđenje provedbe mjera obrane od poplava i razvoja sustava obrane od poplava.

KLJUČNE RIJEČI: Ekstremne hidrološke pojave, Veliki vodni valovi, Provedba obrane od poplava, Sustavi odvodnje oborinskih voda (urbana odvodnja), Unapređenje provedbe obrane od poplava, Razvoj sustava obrane od poplava

FLOOD PROTECTION IN 2014

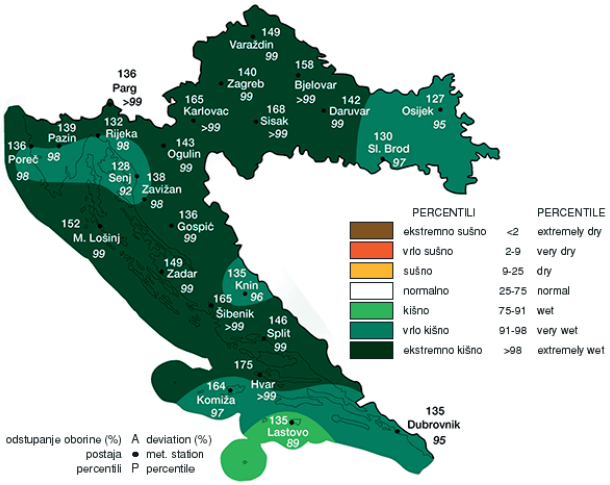
SUMMARY: In hydrological terms, 2014 was an extremely wet year. In the first 9 months, there weren't nearly any 5 subsequent days without rainfall, both in continental Croatia and in the Adriatic region, not even during the summer months. On several occasions, extremely large quantities of rainfall occurred in a very brief time period and resulted in the generation of extremely large flood waves on almost all major and minor watercourses in the Republic of Croatia, which required the implementation of highly extensive flood protection measures. Local showers were of such intensity that stormwater collection systems in many settlements and towns could not accept such large stormwater quantities. For this reason, numerous urban areas were flooded, which caused significant damages on residential and economic facilities as well as entire urban infrastructure. As many as three times suburban areas of the town Karlovac were significantly damaged, which was unfortunately followed by breeches of the Sava dikes in May and flooding of the Županjska Posavina area.

It is increasingly evident that we live in times of ever more marked climate change, with frequent exchanges of extremely wet and extremely dry periods. Years which can be called "normal" or "average" occur much more rarely, which is indeed reflected on hydrological cycles and regimes of watercourses during the year. For this reason, in the past several years new record water levels have been regularly recorded on many watercourses. Occurrences of extremely large flood waves are increasingly frequent, which follow no rules, and this poses further flood risks, even in highly unexpected locations. Considering the announcements and long-term forecasts, this trend of climate change and marked hydrological extremes can be expected to continue. For this reason, adaptation to the described occurrences and extreme hydrological conditions is necessary and requires urgent rehabilitation, reconstruction and construction of individual dike sections and other regulation and protection facilities, including additional improvements of implementation of flood protection measures and development of flood protection systems.

KEY WORDS: extreme hydrological events, large flood waves, implementation of flood protection, stormwater collection systems (urban wastewater), improvement of implementation of flood protection measures, development of the flood protection systems

1. UVOD

Hidrološki gledano, 2014. godina pripada u izrazito kišne godine. Analiza godišnjih količina oborina DHMZ-a pokazala je da je u 2014. godini u Hrvatskoj oborine bilo više od prosjeka na svim analiziranim postajama. Tako je veći dio Hrvatske svrstan u kategoriju ekstremno kišno. U kategoriji kišno nalazi se tek dio južnog Jadrana dok je vrlo kišno bilo u istočnoj Hrvatskoj, širem području Knina te na dijelu sjevernog i južnog Jadrana (slika 1.).



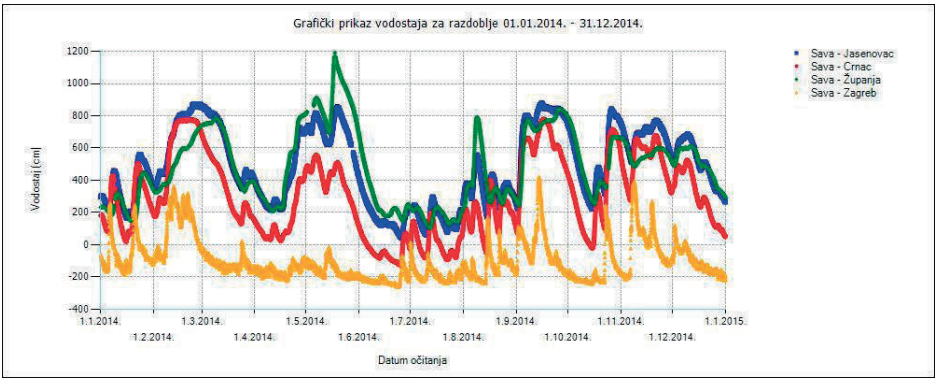
Slika 1. Odstupanje količine oborina u 2014. godini (Izvor: DHMZ)

Tijekom prvih devet mjeseci gotovo da nije bilo pet uzastopnih dana bez oborina, kako na području kontinentalne Hrvatske, tako i na Jadranu, čak niti tijekom ljetnih mjeseci. U više navrata u vrlo kratkom vremenskom razdoblju pale su iznimno velike količine oborina, koje su rezultirale stvaranjem ekstremno velikih vodnih valova gotovo svih većih i manjih vodotoka u Republici Hrvatskoj, što je zahtijevalo provedbu iznimno opsežnih mjera obrane od poplava. Lokalno su pljuskovi bili toliko jakog intenziteta da sustavi odvodnje oborinskih voda u mnogim naseljima i gradovima nisu bili u mogućnosti prihvatiti tolike količine oborinskih voda. Iz tog razloga došlo je do poplavljivanja brojnih gradskih površina, što je uzrokovalo i velike štete na stambenim i gospodarskim objektima, kao i na ukupnoj komunalnoj infrastrukturi u urbanim područjima. Uslijed izlijevanja Kupe i Korane čak tri puta značajno su stradala prigradska naselja grada Karlovca, a u svibnju su se nažalost dogodila i puknuća savskih nasipa kod Rajevog Sela i Račinovaca, te je poplavljeno područje Županjske Posavine.

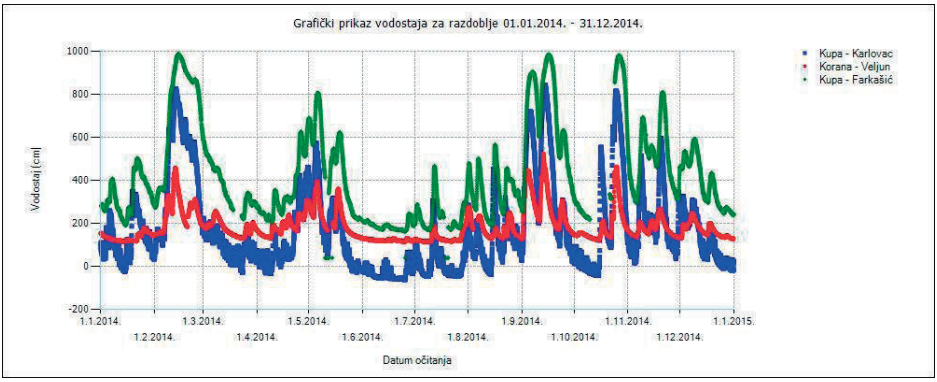
2. PROVEDBA MJERA OBRANE OD POPLAVA

Tijekom prvih deset mjeseci u 2014. godini vladale su iznimno nestabilne i nepovoljne hidrometeorološke prilike, te s izuzetkom mjeseca siječnja gotovo da nije bilo tjedna u kojem se nisu provodile određene mjere obrane od poplava. Iznimno opsežne mjere obrane od poplava provodile su se osobito tijekom mjeseca veljače, svibnja, rujna i listopada tijekom kojih su zabilježeni i novi rekordni vodostaji na mnogim vodotocima i vodomjernim postajama. Tako su primjerice u svibnju 2014. godine porušeni rekordni vodostaji rijeke Save iz 1974. godine na svim vodomjernim postajama od Slavonskog Kobaša do Županje. U rujnu je rijeka Korana na vodomjernoj postaji Veljun za više od pola metra srušila rekord iz davne 1955. godine. Također u rujnu, rijeka Mura je na vodomjeru u Murskom Središću za 30 centimetara oborila rekord iz 2005. godine, dok se na rijeci Dravi formirao vodni val i ostvareni su vodostaji kakvih nije bilo još od 1972. godine. Rekordni vodostaji zabilježeni su još i na nizu manjih vodotoka poput Pakre,

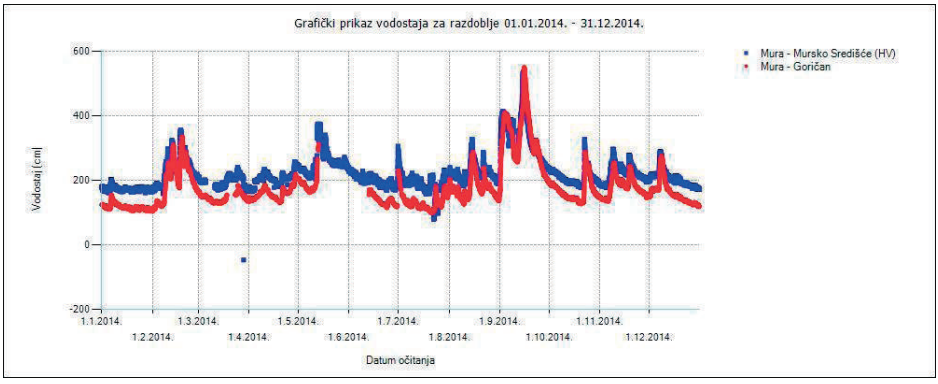
Ilove, Gline, Sunje, Zeline, spojnog kanala Zelina-Lonja-Glogovnica-Česma, Bistre Koprivničke, Kutinice i drugih.
U nastavku se daje grafički prikaz vodostaja rijeka Save, Kupe, Korane, Drave i Mure na karakterističnim vodomjernim postajama (slike 2., 3., 4. i 5.).



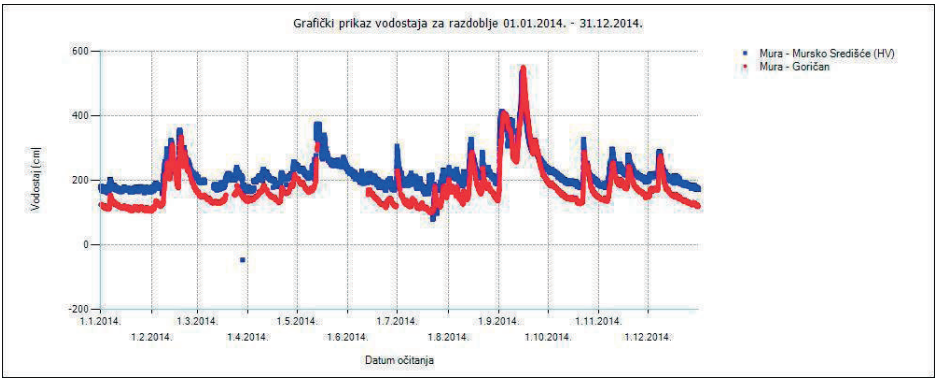
Slika 2. Grafički prikaz vodostaja rijeke Save u 2014. godini



Slika 3. Grafički prikaz vodostaja rijeka Kupe i Korane u 2014. godini



Slika 4. Grafički prikaz vodostaja rijeke Drave u 2014. godini



Slika 5. Grafički prikaz vodostaja rijeke Mure u 2014. godini

2.1. Veljača 2014.

U samo nekoliko dana tijekom prve polovice mjeseca veljače 2014. godine na području slivova rijeka Kupe i Save u Sloveniji i Hrvatskoj pale su ekstremno velike količine kišnih oborina, koje su prema podacima hidrometeoroloških službi mjestimice i višestruko premašile srednje mjesečne količine oborina za veljaču. Uslijed izrazito nestabilnih i nepovoljnih vremenskih prilika dolazi i do zatopljenja koje uzrokuje otapanje preostalih količina snijega, što u kombinaciji s pojavom obilnih kišnih oborina dovodi do naglog porasta vodostaja i formiranja velikih vodnih valova rijeka Save, Kupe, Mrežnice, Korane, Gline, Česme, kao i njihovih brojnih manjih pritoka.

Ekstremno velike količine palih oborina najprije su dana 11. veljače 2014. ugrozile brojna naselja na širem području grada Zagreba i Zagrebačke županije, uključujući i dijelove grada Vrbovca i Dugog Sela, čiji odvodni cestovni kanali i kanalizacijski sustavi nisu bili dovoljnih dimenzija i kapaciteta za prihvat tolikih količina oborinskih voda u tako relativno kratkom vremenu.

Zatim se idućih nekoliko dana na udaru četiriju rijeka Kupe, Korane, Mrežnice i Dobre našao i grad Karlovac, za koji su od 12. do 15. veljače 2014. bile proglašene izvanredne mjere obrane od poplava, tijekom kojih se vodostaj rijeke Kupe u Karlovcu nije spuštao ispod razine od +750 cm. Vodostaj rijeke Kupe u Karlovcu dosegnuo je maksimum od +827 cm dana 13. veljače 2014., što je u tom trenutku bio treći vodostaj po veličini u povijesti otkad postoje službena mjerenja. Maksimalno zabilježeni vodostaj datira još iz davne 1939. godine (+872 cm), a drugi po veličini bio je također davne 1966. (+830 cm). Važno je napomenuti da je u međuvremenu u razdoblju 1970.-1982. izgrađen oteretni kanal Kupa-Kupa, koji je pri ovom poplavnom događaju u velikoj mjeri rasteretio područje grada Karlovca od još većih poplavnih voda te na taj način značajno utjecao na vodostaj rijeke Kupe u Karlovcu, koji bi bez navedenog rasterećenja sigurno dosegnuo i puno veću razinu.

Poplavne vode rijeka Kupe, Korane, Mrežnice i Dobre izlile su se u nebranjena područja i pritom poplavile brojne šumske i poljoprivredne površine, a nažalost stradalo je ili se u vodenom okruženju našlo i više stotina stambenih i gospodarskih objekata u 15-ak prigradskih naselja grada Karlovca. Poplavljen je i velik broj lokalnih, te niži dijelovi

pojedinih županijskih prometnica, što je znatno otežavalo prometnu komunikaciju između pojedinih prigradskih naselja na području grada Karlovca te pristup uređaju za pročišćavanje otpadnih voda grada Karlovca, kao i brojnim naseljima na širem području Pokuplja. Nakon ovog prvog udarnog vodnog vala rijeke Kupe, u narednih 10 dana uslijedila su još 3 manja vodna vala (ostvareni maksimumi u Karlovcu redom od +682 cm, +604 cm i +579 cm), koji su onemogućili brže povlačenje poplavnih voda s poplavljenih površina, te je normalizacija stanja i potpuno povlačenje poplavnih voda na širem području grada Karlovca i donjeg Pokuplja trajalo gotovo puna 2 tjedna.

Istovremeno, u razdoblju između 9. i 22. veljače 2014. godine formiraju se i 4 velika vodna vala rijeke Save s ostvarenim vršnim protocima između 1500 i 2100 m^3/s na području grada Zagreba. S obzirom da su nasipi na području grada Zagreba dimenzionirani na 1000-godišnju veliku vodu, ovi vodostaji nisu dosegnuli niti granicu za uvođenje redovnih mjera obrane od poplava na području samog grada Zagreba (>+370 cm), ali su zato doveli do opsežnih provedbi mjera obrane od poplava na nizvodnim područjima uz rijeku Savu na dionicama s nedovoljnom visinom krune nasipa.

Tako se u cilju rasterećenja vodnih valova, odnosno za potrebe snižavanja vodostaja rijeke Save nizvodno od Rugvice do Siska, veliki dio voda rijeke Save upuštao putem ustave Prevlaka i preko preljeva Palanjek u sustav retencija Žutica i Lonjsko polje. Na taj način je već do 14. veljače 2014. godine vrlo brzo došlo do zapunjavanja preko 50% retencijskog prostora Lonjskog polja s obzirom da se Lonjsko polje značajno punilo još i rijekom Česmom, koja je također imala vršni protok blizu 300 m^3/s (+648 cm u Čazmi 13.2.2014.). S obzirom na prognoze i najave novih velikih vodnih valova rijeke Save tijekom 17. i 20. veljače, te zbog nemogućnosti pražnjenja retencije Lonjsko polje putem ustave Trebež uslijed visokog vodostaja rijeke Save, dana 15. veljače odlučeno je da se izvrši interventni prokop Istočnog nasipa retencije Lonjsko polje u dužini 300 metara do kote 95,00 m.n.m. kako bi se u potpunosti iskoristio i retencijski potencijal sustava Mokrog polja. U tom trenutku u Mokrom polju nije bilo više od 60 milijuna m^3 vode, što je bila mala zapunjenost u odnosu na ukupno raspoloživi retencijski kapacitet od oko 500 milijuna m^3. Prokop Istočnog nasipa izvršen je dana 16. veljače 2014. godine i od tada je započelo prelijevanje i rasterećenje voda iz Lonjskog prema Mokrom polju (slika 6.).



Slika 6. Interventni prokop Istočnog nasipa za potrebe rasterećenja retencije Lonjsko Polje

Navedeno rasterećenje pokazati će sve svoje pozitivne efekte u narednim danima, kada je omogućeno pravo tečenje kroz Lonjsko polje, što je direktno imalo za posljedicu da vodostaji u Lonjskom polju više nisu bili u tako naglom porastu, odnosno bitno se usporilo i spriječilo daljnje pogoršanje stanja u Lonjskom polju. To je omogućilo kvalitetnu pripremu i dovoljno vremena na radovima ojačanja i stabiliziranja starog Južnog nasipa retencije Lonjsko polje, koji je u travnju 2013. godine bio oslabljen zbog nadograđivanja krune nasipa u visini 50-60 centimetara i to priručnim materijalom iz nožice nasipa. Radovi na ojačanju nasipa započeli su 20. veljače 2014., a nasip je na najkritičnijim mjestima na kojima se počelo primjećivati procjeđivanje i klizanje materijala saniran, odnosno stabiliziran box barijerama napunjenim kombinacijom vreća s pijeskom i priručnim zemljanim materijalom iz obližnje šume. Box barijere su dodatno poduprte i drvenim pilotima, čime je uspješno stabilizirano klizanje nožice nasipa. Ugrađeno je ukupno više od 1000 metara box barijera i više stotina drvenih pilota dužine 4-5 metara.
Nadalje, određenim preklapanjem vodnih valova rijeka Kupe i Save na području grada Siska znatno je otežan pronos vodnih valova nizvodno, te je stvoreno tzv. "usko grlo", odnosno došlo je do pojave uspora, koje je rezultiralo izuzetno dugotrajnim visokim vodostajima rijeke Kupe i rijeke Save na sisačkom području. Uslijed izlijevanja Kupe poplavljeni su brojni objekti u vikend naseljima Stari Brod, Vurot i Žažina, manji problemi dogodili su se i u Petrinji, a najteže je zbog puknuća starog ribnjačarskog nasipa stradao Letovanić.
Izuzetno dugotrajni visoki vodostaji rijeke Save i Kupe izravno su utjecali na veliko zapunjavanje retencije Odransko polje, s obzirom da rijeka Odra nije mogla normalno utjecati u Kupu već su se i velike količine voda rijeke Kupe rijekom Odrom ulijevale u samo Odransko polje. Tako je na ušću Odre u Kupu dana 23. veljače 2014. zabilježen novi apsolutni maksimalni vodostaj rijeke Odre u povijesti od +890 cm, što je za 21 cm više nego dotadašnji maksimum iz travnja 2013. godine (slika 7.).



Slika 7. Novi maksimalni vodostaj od +890 cm na vodomjeru Odra i ulazak poplavnih voda rijeke Kupe u Odransko polje

Uslijed visokih zaobalnih voda u Odranskom polju posebno su bila ugrožena sisačka prigradska naselja Sela, Greda, Staro Pračno, Odra, Žabno i Drenčina, u kojima su nažalost ipak poplavljeni brojni stambeni i gospodarski objekti. Voda u Odranskom polju stigla je i do prigradskih naselja grada Velike Gorice i poplavila više desetaka kuća u naselju Čička Poljana. Tako je i vodostaj rijeke Odre na vodomjeru na sifonu Odra dana 24. veljače 2014. ostvario novi rekord od +356 cm, što je na razini 100-godišnje velike

vode i za čak 31 cm više nego 2013. godine. Procjena je da je u retenciji Odransko polje u tom trenutku bilo akumulirano oko 320 milijuna m^3 vode. Situacija u Odranskom polju počela se značajnije popravljati tek iza 26. veljače 2014., i to tek kada je došlo do izraženijeg opadanja vodostaja rijeke Save u Crncu.
Nizvodno na jasenovačkom području uz samu rijeku Savu nije bilo nekih većih problema s obzirom da je ostvareni maksimalni vodostaj u Jasenovcu bio za 40-ak centimetara niži od onoga iz 2013. godine (+895 cm). Tu svakako treba istaknuti povoljnu okolnost da u ovom vodnom valu nije bilo većeg dotoka rijeke Une, što je sigurno značajno utjecalo na mogućnost pronosa vodnog vala nizvodno od Jasenovca.
Puno veći problemi pojavili su se u naseljima Trebež, Bukovica, Kraljeva Velika, Plesmo i Puska uz rubove retencije Opeka. Naime, prokopom Istočnog nasipa u cilju rasterećenja retencije Lonjsko polje došlo je do naglog porasta vodostaja u retenciji Opeka i ugrožavanja navedenih naselja. Ipak, koordiniranim i pravovremenim reakcijama na terenu, te podizanjem nekoliko kilometara zečjih nasipa od zemlje i od vreća uspjelo se obraniti većinu stambenih i gospodarskih objekata. Aktivnim upravljanjem hidrotehničkim objektima u potpunosti su se iskoristili postojeći prirodni retencijski kapaciteti. Na kraju je poplavljen samo mali broj objekata, koji su praktično izolirani, odnosno smješteni daleko na rubovima naselja, iako se i njih pokušavalo braniti i zaštititi vrećama (slika 8.).



Slika 8. Zaštita objekta na rubnom području retencije Lonjsko Polje – naselje Trebež

2.2. Svibanj 2014.

U razdoblju od 12. do 16. svibnja na području sliva rijeke Save u Bosni i Hercegovini pale su iznimno velike količine oborina, koje su izazvale katastrofalne poplave u toj državi. U istom razdoblju na području Republike Hrvatske velike količine oborina pale su na donjem dijelu sliva rijeke Save i uzrokovale su izlijevanja rijeka Pakre, Ilove i Orljave. Tako su tijekom 15. i 16. svibnja rijeke Pakra i Ilova ostvarile nove rekordne vodostaje.
Uslijed ogromnih dotoka njezinih lijevih, a osobito desnih pritoka, došlo je i do naglog porasta vodostaja rijeke Save na cijelom području od Jasenovca do Županje. Glavninu vodnih količina u rijeci Savi formirali su njezini desni pritoci: Una, Vrbas, Ukrina i Bosna. Tako je rijeka Una u Hrvatskoj Kostajnici dana 18. svibnja ostvarila drugi po veličini vodostaj u povijesti od +504 cm, što prema važećoj konsumpcijskoj krivulji odgovara protoku od 1750 m^3/s. Zbog visokih vodostaja rijeke Une bilo je onemogućeno otjecanje i evakuacija velikih količina oborinskih voda, te je poplavljeno stotinjak objekata u Hrvatskoj Kostajnici, a rijeka Una se izlila i na veći broj prometnica, što je uzrokovalo

velike probleme u prometnoj komunikaciji. Vodostaj rijeke Bosne na vodomjernoj postaji u Doboju nadmašio je do tada zabilježeni maksimum za čak 150 centimetara, a vodostaj rijeke Vrbas na postaji Delibašino Selo bio je za oko 100 centimetara viši od ikad zabilježenog. Procjenjuje se da je vršni protok rijeke Vrbasa bio oko 2000 m^3/s, a rijeke Bosne čak i veći od 3500 m^3/s.

Razina vode u rijeci Savi rasla je izrazito velikom brzinom, posve nekarakterističnom za ovaj donji tok rijeke Save. Tako je primjerice vodostaj rijeke Save u Slavonskom Brodu u samo 48 sati prije formiranja vrha vodnog vala narastao za više od 2,5 metra, a u Županji za više od 3,5 metra, što je izuzetno intenzivni prirast vodostaja za ovaj donji tok rijeke Save. Pritom su ostvareni maksimalni vodostaji rijeke Save u Slavonskom Brodu od +939 cm, u Slavonskom Šamcu od +891 cm i u Županji od +1191 cm. Na području Slavonskog Broda oboreni su rekordni vodostaji rijeke Save iz 1974. godine za više od pola metra, a nizvodno od ušća rijeke Bosne kod Slavonskog Šamca i za više od metra. DHMZ je dana 17. svibnja 2014. izvršio mjerenje protoka rijeke Save kod Slavonskog Šamca, čiji rezultati su pokazali da kod vodostaja +888 cm protok rijeke Save iznosi 6008 m^3/s. Prema dosadašnjim proračunima vjerojatnosti pojave radi se o 1000-godišnjoj velikoj vodi.

Ovi rekordno visoki vodostaji rijeke Save izazivali su velika opterećenja na više od 200 kilometara dionica savskih nasipa na području Brodsko-posavske i Vukovarsko-srijemske županije, te je na cijelom području od Slavonskog Broda pa sve do granice s Republikom Srbijom dana 16. svibnja 2014. proglašeno izvanredno stanje, uz provedbu iznimno opsežnih mjera obrane od poplava. Na terenu je danonoćno bio u pogonu velik broj građevinskih strojeva i ostale teške mehanizacije za aktivnu obranu od poplava, a snagama Hrvatskih voda i pravnih osoba licenciranih za radove obrane od poplava bio je priključen veliki broj pripadnika Hrvatske vojske, Državne uprave za zaštitu i spašavanje, HGSS-a, te vatrogasnih i policijskih postrojbi, kao i jedinica civilne zaštite. U provedbu mjera obrane od poplava bile su uključene i komunalne tvrtke sa svojim materijalnim resursima i ljudstvom, te veliki broj drugih tvrtki na ugroženom području, uključujući naravno i mjesno stanovništvo te volontere iz cijele Republike Hrvatske. Za potrebe ojačanja i nadvišenja kritičnih dionica nasipa utrošeno je oko 1,5 milijun vreća s pijeskom, a sveukupno je izgrađeno više od 25 kilometara tzv. zečjih nasipa (slika 9.)



Slika 9. Nadvišenje nasipa za potrebe obrane od poplava grada Županje

Unatoč ogromnim naporima i uloženom trudu, dana 17. svibnja 2014. na dva mjesta došlo je do puknuća nasipa i silovitog prodora savskih poplavnih voda u zaobalje Županjske Posavine. Prodori savskog nasipa dogodili su se gotovo istovremeno, oko 15 sati, prvi na području Rajevog Sela, a drugi blizu crpne stanice Teča kod Račinovaca. Konačne duljine prodora procijenjene su na 70 i 100 metara, čime su stvoreni uvjeti za silovito istjecanje voda rijeke Save, koje je potrajalo nekoliko dana. Na obje lokacije prodora nije bilo prelijevanja preko nasipa, iako se vodostaj jako približio kruni. Poplavljen je niz naselja, prometnica i poljoprivrednih površina na području tri općine: Gunja, Vrbanja i Drenovci. Poplavljena su naselja Gunja, Rajevo Selo, Đurići, Strošinci, Posavski Podgajci i Račinovci. U narednim danima, u razdoblju od 17. do 20. svibnja 2014. provedena je evakuacija stanovništva i životinja s poplavljenih područja. Prema podacima DUZS-a točan broj evakuiranih osoba bio je 8951. Dana 20. svibnja 2014. godine Vlada Republike Hrvatske na prijedlog ravnatelja DUZS-a proglašava katastrofu za područje Vukovarsko-srijemske županije. Ovaj poplavni događaj izazvao je velike materijalne štete na stambenim i gospodarskim objektima, te komunalnoj infrastrukturi, a nažalost smrtno su stradale i dvije osobe iz Rajevog Sela.

2.3. Rujan 2014.

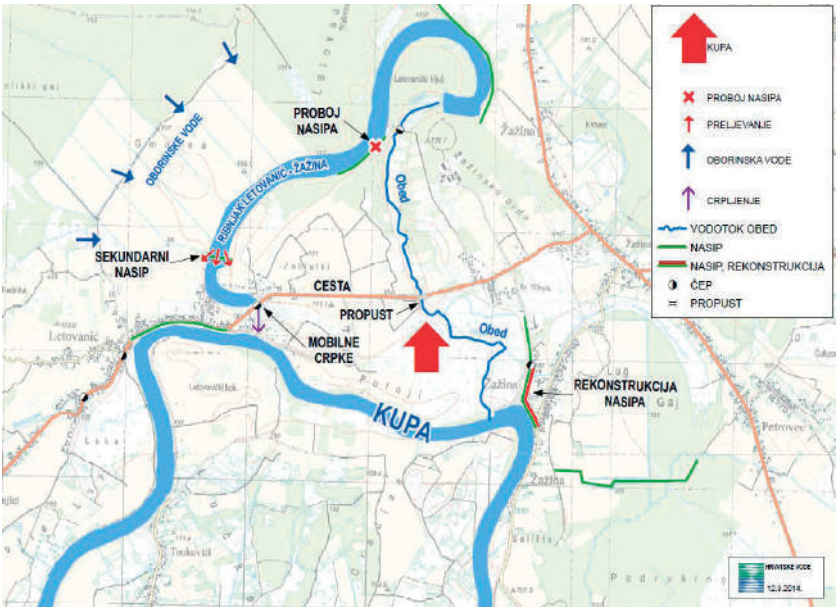
Mjere obrane od poplava tijekom mjeseca rujna provodile su se na gotovo cijelom području Republike Hrvatske, a osobito u kontinentalnoj Hrvatskoj. Iznimno opsežne mjere obrane od poplava provodile su se na ugroženim područjima Međimurske (Mura), Koprivničko-križevačke (Drava), Virovitičko-podravske (Drava), Osječko-baranjske (Drava), Karlovačke (Korana, Kupa), Požeško-slavonske (Orljava, Pakra), a najopsežnije na području Sisačko-moslavačke županije (Glina, Kupa, Sava, Una).

S obzirom na ostvarene iznimno visoke vodostaje, najviši stupanj obrane od poplava, odnosno izvanredno stanje, proglašavano je u vrlo kratkom razdoblju na širokom području, i to redom 13. rujna 2014. za rijeke Koranu i Kupu u Karlovcu, zatim 14. rujna 2014. za rijeke Unu, Muru i Kupu (Farkašić), te 16. rujna 2014. za rijeku Dravu.

Vodostaj rijeke Mure na vodomjeru u Murskom Središću dosegnuo je 15. rujna 2014. razinu od +536 cm, što je za 30 cm više od dosadašnjeg zabilježenog maksimuma iz 2005. godine. Rijeka Drava je pak ostvarila iznimno visoke vodostaje koji nisu zabilježeni od davne 1972. godine, dok je rijeka Kupa u Karlovcu 14. rujna 2014. zabilježila vodostaj +844 cm, što je postao drugi po veličini vodostaj u povijesti otkad postoje službena mjerenja, premašivši dotada drugi po veličini vodostaj od +830 cm iz 1966. godine, unatoč tome što je oteretni kanal Kupa-Kupa vrlo izvjesno značajno snizio vodostaje rijeke Kupe. Presudni utjecaj na izuzetno visoki vodostaj rijeke Kupe u Karlovcu imala je rijeka Korana, koja je na mjerodavnom vodomjeru u Veljunu nadmašila svoj dotadašnji maksimum iz 1955. godine za čak 66 cm.

Nažalost, u rujnu su opet teško stradala prigradska naselja grada Karlovca. Poplavljeno je više od tisuću stambenih i gospodarskih objekata (osobito u naseljima Logorište, Mostanje, Mala Švarča i Mekušje). Prilikom provedbi mjera obrane od poplava na karlovačkom području napravljeno je sve što je u tom trenutku bilo moguće, s obzirom da sustav obrane od poplava na širem području grada Karlovca još uvijek nije izgrađen. U ovom trenutku primjereno je nasipima i zidovima zaštićen samo centar grada Karlovca, dok su niža prigradska područja nebranjena i izložena visokim vodostajima rijeka

Mrežnice, Korane i Kupe, koji su pak učestalo zaredali u posljednjih nekoliko godina. Nizvodno od Karlovca, na području Sisačko-moslavačke županije rijeka Kupa je poplavila vikend naselja u Starom Brodu, Vurotu, Letovaniću i Žažini. Potrebno je naglasiti kako su se svi poplavljeni objekti nalazili u kupskoj inundaciji, odnosno prostoru između korita rijeke i nasipa. Najveći napredak u odnosu na prošlu poplavu iz veljače ove godine je ostvaren u zaštiti samog Letovanića. Tada je zbog pucanja starog zapuštenog ribnjačarskog nasipa poplavljeno više stotina stambenih i gospodarskih objekata u samom Letovaniću. Ovog puta su poduzete sve mjere kako bi se spriječio ulazak poplavnih voda rijeke Kupe kroz potok Obed do ribnjaka. U tu svrhu s "jumbo" vrećama je zatvoren propust na cesti Žažina-Letovanić, a kako bi se spriječilo prelijevanje voda rijeke Kupe preko same ceste na najnižim dijelovima na potezu od nekoliko kilometara izgrađeni su "zečji" nasipi od vreća s pijeskom. Ujedno treba napomenuti kako je na mjestu puknuća starog ribnjačarskog nasipa privremeno izgrađen nasip od vreća s pijeskom, dok je sanacija ribnjačarskog nasipa izvršena odmah nakon povlačenja poplavnih voda. Istovremeno su za potrebe zaštite naselja Letovanić od oborinskih i procjednih voda angažirane 4 mobilne crpke velikog kapaciteta, koje su uspješno snižavale razinu zaobalnih voda (slika 10.).



Slika 10. Situacijski prikaz ugrožavanja naselja Letovanić oborinskim i poplavnim vodama rijeke Kupe

Također su na širem sisačkom području detektirane tri kritične lokacije s obzirom na trenutno stanje pojedinih dionica nasipa i dolazak velikog vodnog vala rijeke Kupe, te očekivano preklapanje s vodnim valom rijeke Save koji je na zagrebačkom području ostvario vršni protok blizu 2400 m^3/s. Te tri kritične lokacije su bile lijevi kupski nasip u Žažini u dužini od oko 250 metara, lijevi sunjski nasip u Strmenu u dužini od preko 2500 metara i desni savski nasip između Donje Letine i Sunjskog Selišta u dužini od oko 1100 metara. Inače, ove lokacije bile su kritične i tijekom veljače, te se stoga u ljetnim

mjesecima pristupilo radovima rekonstrukcije, odnosno nadvišenja navedenih dionica. Zbog izrazito nepovoljnih vremenskih uvjeta tijekom godine radovi sanacije nisu bili završeni (skinut je humusni sloj te su na neki način ove dionice čak i dodatno oslabljene u odnosu na stanje iz veljače kada ih je također trebalo ojačavati i nadvisivati vrećama s pijeskom). Ipak, uz pomoć Hrvatske vojske uspjelo se na vrijeme izvršiti ojačanje i potrebno nadvišenje ovih dionica te su izbjegnute moguće štete. Nizvodno na novljanskom i jasenovačkom području štete su izbjegnute izgradnjom više od 6 kilometara privremenih nasipa za zaštitu naselja Trebež, Kraljeva Velika i Bukovica (3,6 km zemljanih i 2,4 km zečjih nasipa od vreća s pijeskom).

Na području Međimurske županije dosad nezabilježeni veliki vodni val rijeke Mure ipak nije uzrokovao veće štete zahvaljujući odgovarajućoj provedbi mjera obrane od poplava. Dionice na kojima je u proteklih desetak godina izvršena rekonstrukcija starih murskih nasipa bez većih su problema podnijele ove dosad nezabilježene vodostaje i velika opterećenja na nasipe. Pokazalo se kako je hitno potrebno rekonstruirati i preostale dionice nasipa, s obzirom da je razina vode dosegla, a mjestimično čak i premašila kotu krune nasipa. Do samog prelijevanja nije došlo jer su na kritičnim dionicama pravovremeno izgrađeni "zečji" nasipi od vreća s pijeskom. Kritičnim dionicama pokazale su se sve one koje još nisu rekonstruirane, kao i usporni nasipi uz potok Trnavu u dužini od oko 3 km od ušća u rijeku Muru.

Na području gornjeg toka rijeke Drave u Republici Hrvatskoj, s obzirom na gotovo istovremeno formiranje vodnih valova rijeke Drave i Mure u Republici Sloveniji, te očekivano preklapanje na području ušća rijeke Mure u Dravu, u koordinaciji s HEP-om dogovoreno je i obavljeno pretpražnjenje akumulacije HE Dubrava, te je na taj način izbjegnuto preklapanje vršnih opterećenja rijeke Mure i Drave, što je u konačnosti rezultiralo vrlo značajnim efektom smanjenja vrha vodnog vala rijeke Drave. Na taj način ovaj vodni val rijeke Drave na području Botova ipak nije premašio vodostaje iz 1972. godine (+582 cm), već je dosegao 4 cm nižu vrijednost. Svi izgrađeni nasipi na prostoru uz rijeku Dravu pokazali su se funkcionalnima i dovoljnih visina, dok su štete zabilježene uglavnom na nebranjenim područjima, te je nužno na pojedinim dijelovima područja dograditi sustav obrane od poplava, posebice na području općine Drnje i Novo Virje.

Na području donjeg toka rijeke Drave mjere obrane od poplava su uspješno provedene, kako na rijeci Dravi tako i na njezinim pritocima: Karašici, Vučici i Županijskom kanalu. Postojeće zaštitne građevine pokazale su se funkcionalnima i dovoljne visine. Do manjih izlijevanja na područjima Virovitičko-podravske i Osječko-baranjske županije došlo je uglavnom na poljoprivrednim i šumskim površinama, sama naselja su obranjena, dok je bio ugrožen samo manji broj stambenih i gospodarskih objekata u najnižim depresijama neposredno uz same vodotoke i kanale. Potrebno je napomenuti kako su u cilju zaštite stambenih i gospodarskih objekata sve radnje poduzete na vrijeme, a najveće aktivnosti su poduzimane na zaštiti vikend naselja Karašica u dravskoj inundaciji na način da se vrećama s pijeskom i zemljanim materijalom ojačao i stabilizirao postojeći obuhvatni zemljani nasip.

Zbog relativno niskog vodostaja Dunava i mogućnosti nesmetanog prihvaćanja vodnog vala rijeke Drave nizvodno bez pojave uspora, na području grada Osijeka nije bilo većih problema, a na snazi su od 18. do 26. rujna bile "samo" redovne mjere obrane od poplava.

2.4. Listopad 2014.

Pale oborine u listopadu nasreću ipak nisu dovele do formiranja tako ekstremno velikih vodnih valova rijeka Save, Drave, Mure i Une, kao što je to bio slučaj u mjesecu rujnu. Ipak značajnije količine palih oborina u razdoblju od 21. do 24. listopada dovele su do naglog porasta vodostaja vodotoka i to osobito rijeka Kupe, Korane, Mrežnice, Gline, Sunje, Ilove, Pakre, Orljave i Česme, što je zahtijevalo i iznimne provedbe mjera obrane od poplava na dionicama uz navedene vodotoke.

Tako je rijeka Kupa u Karlovcu već treći put u 2014. godini premašila vodostaj od +800 cm i dana 25. listopada 2014. ostvarila razinu od +816 cm, što spada među 5 najvećih vodostaja u povijesti otkad postoje službena mjerenja.

Nažalost, po treći put bila su poplavljena nezaštićena prigradska naselja grada Karlovca (osobito Logorište, Mostanje i Mala Švarča). Izgradnjom privremenog zemljanog nasipa duljine oko 900 metara, te prosječne visine 2-2,5 metra na vrijeme je zaštićeno naselje Gornje Mekušje i spašeno 50-ak objekata, čime je ostvaren napredak u odnosu na poplave iz veljače i rujna 2014. godine i najviše što se moglo učiniti u tom trenutku (slike 11. i 12.).



Slika 11. Izlijevanje poplavnih voda rijeke Korane na području grada Karlovca



Slika 12. Izvedba privremenog zemljanog nasipa za potrebe zaštite od poplava Gornjeg Mekušja

Ostala naselja se zbog konfiguracije terena i njihovog smještaja neposredno uz same rijeke Mrežnicu i Koranu nije u tako kratkom vremenu moglo obraniti primjenom sličnog rješenja. Nizvodno od Karlovca, rijeka Kupa je opet kao u veljači i rujnu poplavila objekte smještene u kupskoj inundaciji.

Na ostalim dionicama uz same rijeke Kupu i Savu na području Sisačko-moslavačke županije nije bilo većih problema s obzirom da su linije obrane od poplava postavljene i dodatno utvrđene tijekom mjeseca rujna. Tako je prilikom ove obrane od poplava bilo dovoljno samo redovito kontrolirati i obilaziti dionice nasipa, te po potrebi intervenirati na pojedinim lokacijama gdje su uočena oštećenja.

Daleko veći problemi ovaj put pojavili su se na manjim bujičnim vodotocima, kod kojih je karakterističan izrazito nagli porast vodostaja u vrlo kratkom vremenu, što može značajno utjecati na kvalitetnu pripremu i dodatno otežava neposrednu provedbu mjera obrane od poplava.

Tako je primjerice vodostaj rijeke Gline u Topuskom tijekom dana 24. listopada 2014. porastao za više od 3 metra, ostvarivši pritom oko ponoći maksimalnu vrijednost od +502 cm na mjerodavnom vodomjeru Vranovina, što je ujedno i novi apsolutni maksimum u povijesti. Inače, ovo je već drugi put ove godine kako je rijeka Glina srušila rekordne vodostaje na ovom vodomjeru i to značajno (prije ove godine zabilježeni maksimum je bio +433 cm iz 2006. godine). Pritom se rijeka Glina izlila i poplavila desetak objekata na području Topuskog. Dana 25. listopada 2014. Državni hidrometeorološki zavod obavio je i službeno mjerenje protoka rijeke Gline u Glini izmjerivši pritom protok tek nešto manji od 300 m^3/s, što je izuzetno veliki protok s obzirom da uobičajeni srednji veliki protok rijeke Gline nije veći od 20 m^3/s. Ekstremno visoke vodostaje ostvarila je i rijeka Maja, desna pritoka rijeke Gline, koja je u gradu Glini prelila prometnice, ugrozila brojne stambene i gospodarske objekte, te se izlila preko nasipa i poplavila odlagalište komunalnog otpada.

Od ostalih vodotoka na području Sisačko-moslavačke županije velike probleme stvorila je i rijeka Trepča, poplavivši školu u Gvozdu, dok je rijeka Sunja već drugi puta u ovoj

godini ostvarila novi apsolutni maksimum od +266 cm na vodomjeru Sunja. S obzirom na bujični karakter navedenih vodotoka, ubrzo je uslijedilo opadanje vodostaja i povlačenje poplavnih voda u korita, što je rezultiralo brzom normalizacijom stanja na terenu.

ZAKLJUČAK

Sve je očitije kako živimo u doba sve izraženijih klimatskih promjena, tijekom kojeg se učestalo izmjenjuju ekstremno kišna i ekstremno sušna razdoblja. Sve je manje godina koje se mogu nazvati "normalnim" ili "prosječnim", a sve skupa se očito odražava i na hidrološke cikluse i režime vodotoka tijekom godine. Tako se u posljednjih nekoliko godina redovito bilježe novi rekordni vodostaji na mnogim vodotocima. Sve su učestalije pojave ekstremno velikih vodnih valova, za čiju pojavu više nema pravila, što dodatno povećava rizik od pojave poplava, koje se događaju i tamo gdje ih nitko ne očekuje. Tako se i poplava Županjske Posavine iz svibnja 2014. godine može okarakterizirati kao izrazito neočekivani događaj jer je poplava pogodila područje koje je od visokih voda rijeke Save bilo u potpunosti zaštićeno nasipima. Razmjeri ove nepogode i katastrofe u Republici Hrvatskoj nisu zabilježeni od poplave grada Zagreba iz davne 1964. godine.
Generalno se može zaključiti kako je tijekom izrazito kišne 2014. godine došlo do formiranja velikog broja ekstremno velikih vodnih valova, koji su ipak uz velike napore i odgovarajuću provedbu mjera obrane od poplava u većoj mjeri uspješno savladani, izuzme li se poplavni događaj iz svibnja 2014. godine koji je ugrozio područje Županjske Posavine. Još jedanput se pokazala iznimna važnost sustava retencija Lonjskog, Mokrog i Odranskog polja koje su u velikoj mjeri izvršile rasterećenje velikih vodnih valova rijeka Kupe i Save, odnosno sustava obrane od poplava Srednjeg Posavlja, te na taj način doprinijele smanjenju rizika od pojave poplava i izravno utjecale na uspješnost provedbi mjera obrane od poplava (slika 13.).



Slika 13. Ključni objekti sustava obrane od poplava Srednjeg Posavlja

Sveukupno je tijekom provedbi mjera obrane od poplava u 2014. godini za potrebe ojačanja i osiguranja stabilnosti regulacijsko-zaštitnih građevina, te gradnje zečjih nasipa, kao i nadvišenja nedovoljno visokih dionica nasipa utrošeno rekordnih 3,5 milijuna vreća s pijeskom. Također su na mjestima gdje je to bilo moguće korištene i vreće većih dimenzija, tzv. "jumbo" vreće, kao i veće količine box barijera i geomembrana za zaštitu nasipa od procjeđivanja. Velike poteškoće stvarale su i zaobalne oborinske i procjedne vode, koje zbog visokih vodostaja nisu mogle normalno otjecati u svoje prirodne recipijente. Iz tog razloga za potrebe evakuacije zaobalnih, kao i poplavnih voda korišteno je dvadesetak mobilnih crpki velikog kapaciteta od 350 l/s, koje su po potrebi premještane s jednog na drugo ugroženo područje, a istovremeno je po potrebi u stalnom ili povremenom režimu radu bilo i pedesetak crpnih stanica.

S obzirom na najave i dugoročne prognoze za očekivati je kako će se ovaj trend klimatskih promjena i izraženih hidroloških ekstrema nastaviti. Iz tog razloga nužna je prilagodba na navedene pojave i ekstremne hidrološke prilike, što zahtijeva žurnu sanaciju, rekonstrukciju i gradnju pojedinih dionica nasipa, kao i drugih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina, uz daljnje unaprjeđenje provedbe mjera obrane od poplava i razvoja sustava obrane od poplava.

LITERATURA

[1] Đuroković Z., Novosel T.,: O*brana od poplava na slivu rijeka Kupe i Save tijekom veljače i ožujka 2014. godine*", 6. Konferencija Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa (Valbandon, listopad 2014.)

[2] Kratofil L., Mateša M.,: *Poplave u Županjskoj Posavini uzrokovane puknućima savskog nasipa u svibnju 2014. godine*, 6. Konferencija Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa (Valbandon, listopad 2014.)

AUTORI

mr.sc. Zoran Đuroković, dipl.ing.građ.[a]

Tomislav Novosel, dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, zoran.durokovic@voda.hr; tomislav.novosel@voda.hr

R 1.05.

POPLAVA ŽUPANJSKE POSAVINE I SANACIJA VODNIH GRAĐEVINA

Lidija Kratofil, Milan Mateša

SAŽETAK: U svibnju 2014. godine na području donjeg toka Save formirao se vodni val 1000 godišnjeg povratnog perioda, koji je prouzročio dva proboja savskog nasipa na Županjskoj Posavini i katastrofalnu poplavu. Oštećene su vodne građevine, koje su po hitnom postupku sanirane, prvo privremenim gradnjama, a zatim i dovođenjem građevina u početno stanje. U radu se opisuju organizacijski, tehnički i financijski aspekti sanacija, te se upozorava na uočen trend povećane učestalosti i intenziteta velikih voda na slivu Save. Posebno se ističe dragocjeno iskustvo koje se steklo na izvođenju radova kakvih još nije bilo u hidrotehničkoj praksi u smislu tehničkih rješenja, količina i vrsta materijala.

KLJUČNE RIJEČI: proboj nasipa, poplava, štete, sanacija vodnih građevina

FLOODS IN ŽUPANJSKA POSAVINA AND REHABILITATION OF WATER FACILITIES

SUMMARY: In May 2014, a water wave of 1000-year return period formed in the area of the Lower Sava flow, causing two breaches of the Sava dike in Županjska Posavina and resulting in a catastrophic flood. The damaged water facilities were urgently rehabilitated, first with temporary structures, after which they were returned into their original state. The paper contains a description of organizational, technical and financial aspects of the rehabilitation and warns about the observed trend of increased frequency and intensities of floods in the Sava river basin. A special emphasis is given to the valuable experience gained in the performance of works which had not been carried out previously in our hydrotechnical practice in terms of their technical solution, quantities and types of material.

KEY WORDS: dike breach, flood, damages, rehabilitation of water facilities

1. UVOD

Dva proboja savskog nasipa i poplava, kao njihova posljedica, dominantno su obilježili razdoblje između dvije konferencije o vodama u sektoru zaštite od štetnog djelovanja voda, a uzroci i posljedice bit će još niz godina predmetom analiza i stručnih rasprava.
Proboji nasipa, iako zabilježeni, kod nas su ipak rijetka pojava, nakon kojih ostaje osjećaj nesigurnosti i nemoći da se one spriječe. Savski nasip koji na dužini od 104 km štiti Bid –

bosutsko područje od poplava, izgrađen je davno, početkom 20. stoljeća, u više je navrata rekonstruiran, a smatran je najsigurnijim dijelom savskog obrambenog sustava.
U radu će se opisati pojava velike vode Save u svibnju 2014. godine, proboji nasipa, poplava, te aktivnosti na privremenom zatvaranju prodora i konačne sanacije u organizacijskom, tehničkom i financijskom smislu.

2. POJAVNOST VELIKIH VODA NA SLIVU SAVE

Posljednjih pet godina uočava se povećana učestalost pojave velikih voda na cijelom slivu rijeke Save u Republici Hrvatskoj, te ekstremno visoki maksimumi velikih vodnih valova. U ovom su razdoblju zabilježene sljedeće izvanredne pojave:

- 2010. godine zabilježen je najveći vodostaj Save u Zagrebu nakon katastrofalne 1964. godine, a nizvodno je došlo do proboja nasipa i poplavljivanja velikogoričkog područja.
- Na karlovačkom području u veljači 2014. godine zabilježen je maksimalni vodostaj Kupe, a iste godine u rujnu i on je nadmašen; radi se od 100 i 1000 godišnjoj pojavi.
- Iste, 2014. godine, u proljeće, velike vode su se pojavile i na srednjem toku Save, s maksimalnim vodostajima na brojnim vodotocima: Česmi, Glini, Odri, retencijama Lonjsko polje, Opeka i Trstik. Poplave zahvaćaju sisačko, jasenovačko i turopoljsko područje.
- Val iz svibnja 2014. godine obilježen je kao 1000 godišnji na donjem toku Save, s do sada nezabilježenim vodostajima, probojima nasipa i katastrofalnom poplavom.

Vidljivo je da su veliki vodni valovi ravnomjerno ´pokrili´ sve dijelove sliva Save, ne štedeći svojom silinom ni jedan njegov dio. Uočava se da su neki zabilježeni ekstremi nadmašili prethodno opažene u izrazito velikim vrijednostima, navode se primjeri:

Tablica 1. Zabilježeni maksimalni vodostaji na hidrološkim postajama

Postaja	Dosadašnji maksimum – cm (1970.-2013.)	Aktualni maksimum – cm	Razlika - cm
Sava – Sl. Brod	883 (1974.)	939 (2014.)	56
Sava – Sl. Šamac	777 (1970.)	891 (2014.)	114
Sava - Županja	1064 (1970.)	1191 (2014.)	127
Kupa - Karlovac	818 (1974.)	844 (2014.)	26
Una – H. Kostajnica	483 (1982.)	504 (2014.)	21
Orljava - Požega	254 (1987.)	344 (2014.)	90

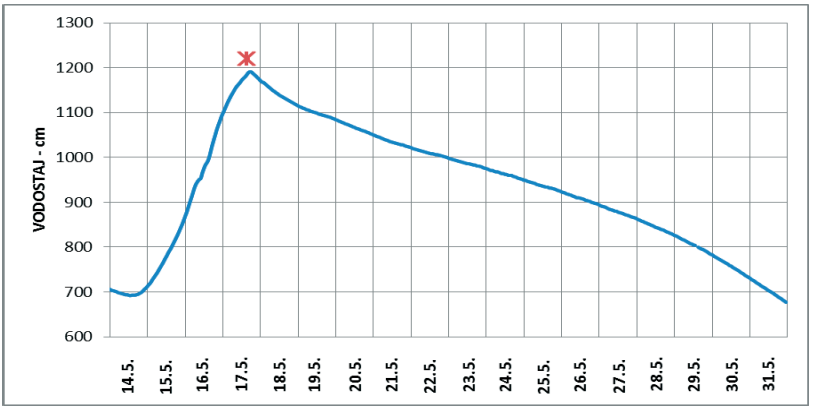
Također se može zaključiti da su se ranije postignuti maksimalni vodostaji pojavili u velikom vremenskom odmaku od aktualnih.

3. VELIKA VODA U SVIBNJU 2014.

Već je mjesec travanj bio karakteriziran iznadprosječnim oborinama, a uslijedile su dvije ekstremne kišne epizode, jedna od 28. travnja do 4. svibnja, a druga od 12. do 17. svibnja, koje su obje došle na saturirano tlo i povišene vodostaje. Osim na području sjeveroistočne Hrvatske, glavnina oborina formirala se u Bosni i Hercegovini, te u Srbiji, rezultirajući naglim porastom vodostaja velikih savskih desnih pritoka.

Glavninu vodnih količina u Savi formirali su njeni desni pritoci: Una, Vrbas, Ukrina i Bosna, dok je rijeka Drina, koja se u Savu ulijeva nizvodno od Republike Hrvatske, djelovala dodatnim, vrlo značajnim uspornim efektom. Prema dostupnim informacijama iz Republike Bosne i Hercegovine, na navedenim rijekama su opažani maksimalni vodostaji.

Razina vode u Savi rasla je velikom brzinom. U vremenu od 48 sati prije formiranja vrha vodnog vala, 16. i 17. svibnja vodostaj u Županji je narastao za čak 4 metra, što je vrlo intenzivan prirast vodostaja, nekarakterističan za ovaj dio toka Save. Prema dosadašnjim proračunima vjerojatnosti pojave, na hidrološkim postajama Slavonski Brod, Slavonski Šamac i Županja se radi o 1000 godišnjoj velikoj vodi.



Slika 1. Nivogram Save u Županji od 14. do 31. svibnja 2014.

Volumen vodnog vala koji je prošao Županjom, računat od protoka kod kojeg je započelo uzdizanje vala, pa do vraćanja na istu veličinu, iznosio je 1.400 mil. m^3 (14.-31.5.2014.). Nizinske savske retencije bile su aktivirane s oko 600 mil. m^3, što je oko trećina njihovog kapaciteta. Njihov veći angažman nije bio moguć jer se vodni val formirao na nizvodnom toku Save.

4. PRODORI SAVSKOG NASIPA U RAJEVOM SELU I RAČINOVCIMA

Nažalost, uz sve mjere praćenja stanja nasipa, na dva mjesta došlo je u subotu 17. svibnja poslijepodne do gotovo istovremenog prodora nasipa: prvo na području Rajevog Sela, u 14 sati i 55 minuta, a zatim i kod Račinovaca, u 15 sati i 12 minuta, te izlijevanja savskih voda u nizinsko zaobalje. Prodori nasipa nastali su približno u vrijeme vrhunjenja vodnog vala na Savi na tom dijelu. Do prodora lijevog savskog nasipa došlo je i nizvodnije, u Republici Srbiji, a desni nasip probijen je i u Bosni i Hercegovini, na dvije lokacije.

Neke razlike lokacija prodora savskih nasipa su: na dionici kod prodora Rajevo Selo nasip je rekonstruiran tijekom 2010. i 2011. godine, nadvišenjem postojećeg trupa nasipa, dakle, uvjetno se može reći da se radi o novom nasipu, dok je nasip u Račinovcima star, ali je zadovoljavao visinske kriterije, pa nije rekontruiran. Može se uočiti i to da se mjesto prodora u Rajevom Selu nalazi u krivini Save, dok je onaj u Račinovcima na njenom ravnom potezu.

Na obje lokacije nije bilo prelijevanja nasipa, iako se vodostaj približio kruni. Inženjerska je procjena da je proboj Rajevo Selo nastao slomom temeljnog tla, a drugi, u Račinovcima, pucanjem nasipa.



Slika 2. Prodor savskog nasipa u Račinovcima - povrat poplavnih voda u Savu



Slika 3. Prodor savskog nasipa u Rajevom Selu

Ova pojava se nije mogla predvidjeti, ali se djelomično može objasniti pojavom vode veličine na koju nasip nije dimenzioniran. Vodostaj kod kojeg je došlo do proboja je za 1 metar premašio projektni, po veličini odgovara teoretskom 1000 godišnjem, pa se može reći da je sustav obrane time bio probijen.

Voda je prodrla velikom silinom u zaobalje i širila se prema sjeveru i istoku, s generalnom tendencijom prema spačvanskom šumskom bazenu. Probijena je druga crta obrane (prva je savski nasip), a to je cesta Županja – Rajevo Selo – Gunja – Račinovci. Voda je prodirala kroz brojne propuste i mostove na cesti.

Zatvaranje proboja bilo je nemoguće izvesti u prvih nekoliko dana, zbog nepristupačnosti i zbog siline tečenja i velike opasnosti po živote. Nakon što je vodostaj Save donekle opao, počelo se s pripremama i radovima zatvaranja proboja, što je bio izrazito zahtjevan zadatak, za koji ne postoji prethodno iskustvo. Kod pražnjenja poplavljenih područja oba proboja su imala veliki doprinos, proboj u Račinovcima je u svrhu većeg otjecanja dodatno produbljivan.

Na poplavljenom području je 20. svibnja proglašeno stanje katastrofe.

5. ŠTETE NA VODNIM GRAĐEVINAMA

Poplava je imala velike posljedice na vodne građevine. Najveća oštećenja su upravo lokacije prodora nasipa, koje je voda doslovno odnijela, kao i temeljno tlo, koje je u Rajevom Selu izgledalo poput kratera. Uz to su se, dodatno, na nizu dionica nasipa pojavili opasni odroni pokosa koji su potencijalna mjesta novih prodora voda u zaobalje. Tijekom trajanja velike vode bilježeni su i brojni podviri i procjeđivanje nasipa, koji upućuju na slabost trupa nasipa.

Poplavna stihija izazvala je i štete na vodotocima i kanalima kojima se kretala, u obliku erozija korita, oštećenja mostova i propusta, te donosom ogromnih količina raznih vrsta nanosa koji je bio smetnja otjecanju.

Velika šteta učinjena je i crpnim stanicama Teči i Konjuši, koje su smještene odmah uz savski nasip i bile su izložene visokim poplavnim vodama što ih je dulje vrijeme isključilo iz pogona.

Prve procjene šteta na vodotocima i vodnim građevinama pokazale su da se radi o oko 100 milijuna kuna, što se činilo nepremostivom zaprekom. Odmah je bilo jasno da se, da bi se štete otklonile, kako u tehničkom, tako i u financijskom pogledu, radi o velikom hidrotehničkom poduhvatu, kakav do sada nije poduziman.

6. SANACIJE VODNIH GRAĐEVINA I VODOTOKA STRADALIH U POPLAVI

6.1. Planiranje, provođenje i praćenje radova

Cilj svih aktivnosti bio je uspostava funkcionalnog stanja sustava odvodnje i obrane od poplave, u kratkom vremenu, putem privremenih građevina, a u konačnici izgradnjom trajnih, stabilnih objekata.

Odmah po puknuću nasipa započelo se s planiranjem otklanjanja posljedica poplava, a čim se voda počela povlačiti pristupilo se konkretnim mjerama na terenu. Prve aktivnosti odnosile su se na stvaranje uvjeta za što brže povlačenje vode, a potom i na hitnu izgradnju privremenih građevina, zamjenu za nestale dijelove nasipa.

Organiziran je stožer u kojem su uključeni iskusni stručni djelatnici Hrvatskih voda, voditelji sektora i službi, direktori i zamjenici. U Županji je u zgradi Centra obrane od poplava, uvedeno dežurstvo i oformljen lokalni stožer. Na dnevnoj razini održavali su se sastanci i donošene odluke. Redovno se o svemu izvještava nadležno Ministarstvo poljoprivrede, te Vlada Republike Hrvatske. Svaki dan pisana su izvješća o stanju radova. Svaki tjedan održavana je koordinacija svih sudionika: projektanata, izvođača radova, nadzornih inženjera, predstavnika Hrvatskih voda.

Donošenjem Zakona o saniranju posljedica katastrofe na području Vukovarsko - srijemske županije (NN broj 77/2014), u lipnju, omogućeno je ugovaranje i izvođenje radova po hitnom postupku, čime je skraćeno vrijeme realizacije. Prema odredbama ovog Zakona izrađen je Program sanacije koji je obuhvatio sanaciju nasipa, vodotoka, kanalske mreže, servisnih putova i crpnih stanica. Vlada Republike Hrvatske donijela je na temelju tog Programa Odluku o financiranju dijela predloženih radova.

6.2. Privremene građevine

Odmah nakon što su se stekli minimalni uvjeti pristupilo se izgradnji privremenih građevina koje su imal cilj zaštititi zaobalje od moguće pojave nove velike vode. Izgrađeno je:

1. Na lokaciji proboja savskog nasipa u Rajevom Selu izgrađen je privremeni nasip od jumbo vreća punjenih pijeskom, te kasnije dograđen zemljanim materijalom, čime je dobivena kvalitetna zaštitna građevina koja može poslužiti kod pojave veće vode rijeke Save za zaštitu zaobalja. Dužina zagata je oko 380 metara.
2. Na lokaciji proboja savskog nasipa u Račinovcima, zabijene su čelične talpe, duljine 12 metara, a na ukupnoj dužini od 120 metara, čime je postignuta privremena zaštita od poplava te čelične talpe duljine 8 m okomito na trasu nasipa u dužini 2x po 18 m kao učvršćenje.



Slika 4. Zagat od talpi u Račinovcima

Oba objekta su visinski projektirana tako da mogu zaštititi od pojave 25 godišnje velike vode Save. Radovi su završeni početkom srpnja.
Hitno zatvaranje dvaju proboja nasipa izvedeno je bez prethodnog iskustva, različitim tehnologijama, brzo i uspješno.

6.3. Sanacije savskog nasipa

Radi se o sljedećim lokacijama savskog nasipa:

1. Sanacija proboja savskog nasipa u Račinovcima, te sanacije odrona i slabih mjesta nasipa gdje se pojavljivalo procjeđivanje, uz izgradnju zaobalne berme nasipa sa servisnom cestom po kruni berme. Ukupna dužina sanacije je oko 1800 metara (km 2+680 – km 4+480).
2. Sanacija proboja savskog nasipa u Rajevom Selu gdje je izražen odnos temeljnog tla, pa je osim izgradnje novog nasipa, potrebno zatrpati stvorenu rupu te izgraditi zaobalnu bermu nasipa sa servisnom cestom po kruni berme. Dužina sanacije proboja je 160 metara, a sa sanacijom dijela nasipa uzvodno i nizvodno, radovi se protežu na 570 metara (km 22+835 – km 23+405).

3. Sanacija savskog nasipa kod naselja Topola, od km 33+775 – km 35+925, gdje su registrirana tri odrona i procjeđivanje nasipa, a dvije dionice je potrebno povisiti uz izgradnju zaobalne berme nasipa sa servisnom cestom po kruni berme duž cijele dužine sanacije. Dužina sanacije oko 2150 metara.
4. Sanacija savskog nasipa kod naselja Bošnjaci, od km 42+800 – km 46+200, gdje je registriran jedan odron i više procjeđivanja uz izgradnju zaobalne berme nasipa sa servisnom cestom po kruni berme. Dužina sanacije je oko 3400 metara.
5. Nadvišenje savskog nasipa na dionici Štitar – Babina Greda u dužini od 5600 metara, postavljanjem montažnih armiranobetonskih elementa na kruni nasipa.

Ukupna dužina sanacija je, dakle, 13520 metara.
Radi se o izuzetno zahtjevnim i specifičnim hidrotehničkim radovima kakvi nisu uobičajeni u našoj praksi, kako po odabiru tipa rješenja, tako i po količini i vrstama materijala koji se ugrađuje. Ističemo neka:

- Ugradnja preko 50.000 m^3 materijala za zatrpavanje odnesenog tla u Rajevom Selu, ispod i izvan zone nasipa.
- Ispod tijela novog nasipa u Rajevom Selu, u njegovoj osi izgrađena je vodonepropusna injekcijska zavjesa od betonskih stupnjaka. Broj i dužine pojedinih stupnjaka iznose: 44 stupnjaka dužine 10 metara, 44 stupnjaka dužine 15 metara i 288 stupnjaka dužine 18 metara, a ukupna dužina zavjese je oko 170 metara. Ukupna dužina svih stupnjaka je 6.284 metara.
- Uzduž svih dionica sanacija nasipa ugrađen je drenažni šljunčani dren, kako bi se moguće procjedne vode sigurno evakuirale iz tijela nasipa u zaobalje.
- Također je uzduž svih dionica izgrađena berme, koja, osim buduće prometne funkcije, ima i efekt stabilizacije nasipa.

Sve sanacije su rađene pod ovim uvjetima:

- napravljeni su geomehanički istražni radovi, geodetska podloga i projekt obnove,
- projektiranje je pratila stručna revizija,
- sva gradilišta su prijavljena Ministarstvu graditeljstva u skladu sa Zakonom o gradnji,
- sve radove je pratio stručni, tehnološki i geodetski nadzor,
- te su na lokacijama proboja ugrađeni su mjerni uređaji na kojima će se pratiti pomaci



Slika 5. Početak sanacije odnesenog tla u Rajevom Selu



Slika 6. Rajevo Selo – spoj novog i starog nasipa

Zbog iznimno nepovoljnog vremena tijekom cijelog ljeta i zahtjeva da se izgradnja dovrši, izrađeno je izmijenjeno tehničko rješenje, koje omogućuje gradnju nasipa i u uvjetima povećane vlažnosti. Dio materijala u inundaciji nije dostupan, a materijal koji je bio dostupan nije se mogao ugrađivati u kišnim uvjetima po zadanim projektantskim kriterijima. Izmijenjeno rješenje sastojalo se u ojačanju nasipa geomrežama, koje povećavaju čvrstoću i geotekstilom na pokosu nasipa, za osiguranje od površinske erozije. Zbog manje zbijenosti slojeva i očekivanog većeg slijeganja nasip se izvodi 50 cm iznad projektne kote.

6.4. Uvjeti u kojima su se radovi odvijali

Osnovni okvir pod kojima su se radovi odvijaju su obveze prema stanovništvu stradalom poplavama i nastojanje da im se osigura dostojna zaštita od poplava. Specifičnost je i veliki interes javnosti, koja je tražila redovite informacije o stanju sanacija.

Rokovi dovršetka, uvjetovani dolaskom jesenskih velikih voda, bili su dodatni pritisak pod kojima se sve odvijalo.

Nažalost, vremenske prilike usporile su radove. Dogodilo se izrazito kišno ljeto s iznadprosječnim oborinama. Nije bilo jednog tjedna sa svim suhim danima u kontinuitetu, što se odrazilo u zastoju radova. Broj kišnih dana bio je u srpnju 15, u kolovozu 16, a u rujnu 14.

Dodatni problem uzrokovale su tri velike vode rijeke Save, jedna početkom kolovoza i dvije u rujnu, koje su potopile nalazište materijala u inundaciji i deponiju šljunka. Maksimalni vodostaji ovih triju valova na postaji Županja su iznosili redom: 790, 774 i 770 cm. Mora se spomenuti izuzetnost pojave velike vode Save u Županji u kolovozu, analizom zadnjih 50 godina može se vidjeti da je samo jedne godine, 1972., u kolovozu zabilježen vodostaj veći od 700 cm, a u rujnu niti jednom.

6.5. Financijski aspekti

Prilaže se pregled svih ugovorenih radova u 2014. godini. U tablici su, osim troškova sanacija savskog nasipa, prikazani i svi ostali troškovi vezani uz sanaciju šteta od poplava na Županjskoj posavini.

Tablica 2. Troškovi sanacija vodnih građevina na poplavama zahvaćenom području

UKUPNI TROŠKOVI - kn	**115.077.818**
1. HITNE INTERVENCIJE U PODRUČJU ZAŠTITE OD ŠTETNOG DJELOVANJA VODA	**6.163.945**
2. AKTIVNA OBRANA OD POPLAVA	**13.391.838**
3. SANACIJA VODOTOKA I VODNIH GRAĐEVINA	**95.522.035**
Sanacija prodora savskog nasipa u Rajevom Selu	**24.985.641**
Sanacija prodora savskog nasipa u Račinovcima	**23.112.566**
Sanacija savskog nasipa Bošnjaci, Topola	**22.923.090**
Sanacija savskog nasipa Štitar	**1.860.375**
Sanacija savskog nasipa Babina Greda	**6.727.106**
Sanacija bankina, predterena i pristupnih cesta uz savski nasip	**2.573.403**
Sanacija građevinskog dijela, strojarske i elektro opreme CS Teča, CS Konjuša-nova	**1.708.969**
Čišćenje detaljnih melioracijskih kanala III. i IV.reda	**11.630.885**

ZAKLJUČAK

Za zaštitu od velikih voda Save na području Vukovarsko – srijemske županije izgrađeno je 68 km nasipa, a odvodnju zaobalja Save, osiguravaju 2 crpne stanice, Teča i Konjuša, kapaciteta 9,2 m^3/s. Može se govoriti o uzornom predlošku rješavanja područja od poplava.

Kriterij za dimenzioniranje visine krune savskih nasipa je 100 godišnji vodostaj + sigurnosno nadvišenje od 1,2 metra. Obrambeni objekti, nisu, dakle, građeni na ekstremne velike vode, kakve su se pojavile 2014. godine, pa se kod takvih pojava niti ne može garantirati opstanak objekata.

Sigurno će za buduće projekte rekonstrukcija savskih nasipa trebati definirati mjerodavne visine na način da one prezentiraju uočene trendove povećanja vodostaja, ali i one prognozirane. Navodi se dio rezultata iz studije „Utjecaj klimatskih promjena na protoke Save – hidrološki izvještaj“, Ljubljansko sveučilište, 2014., koji se odnosi na profil Save u Županji, a pokazuje prognozu povećanja vodostaja i protoka uslijed klimatskih promjena:

Tablica 3. Sava – Županja, prognoza povećanja vodostaja i protoka

PP = 100 godina	Protoci-m3/s	Vodostaji-cm	Porast vodostaja-cm
Sadašnje stanje	**4215**	**1045**	
2011.-2040. godina	4687	1129	84
2041.-2070. godina	4945	1173	128
2071.-2100. godina	5268	1226	181

Prognozirani 100 godišnji vodostaj za period 2011. – 2040. (1129 cm) već se ostvario, jer gotovo odgovara proračunu vjerojatnosti koji smo izradili uzimajući u proračun svibanjski maksimum u Županji (1126 cm).

Na kraju možemo zaključiti:

- Dva proboja savskog nasipa i poplava, posljedica su iznimne hidrološke pojave na koju zaštitni sustav nije dimenzioniran.
- Na ovu se pojavu nije moglo odmah reagirati jer je pristup mjestima proboja i provođenje aktivnosti njihovog zatvaranja bio nemoguć i opasan po život.
- Za ovakve situacije ne postoje razrađeni postupci postupanja u planovima obrane od poplava, a vjerojatno za njih i nema rješenja.
- Upozoravajuće je da se ovakva katastrofa dogodila na području koje se smatra potpuno zaštićeno nasipima.
- Provizorno zatvaranje oba proboja izvedeno je, različitim tehnologijama, brzo i uspješno i bez prethodnog iskustva.
- U inženjerskom smislu stekla su se nova iskustva na hitnoj izgradnji privremenih zaštitnih građevina i na izgradnji nasipa u teškim vremenskim uvjetima.

Ovaj veliki pothvat biti će veliko iskustvo hidrotehničarima, projektantima i izvođačima radova, a neka od predloženih projektnih rješenja sigurno će ući u buduću praksu. To će omogućiti produženje građevinske sezone, koja je za zemljane radova jako ovisna o vremenskim prilikama (ugradnja geomreža i geotekstila), te poboljšati karakteristike nasipa u smislu smanjenja posljedica procijeđivanja (šljunčana drenaža), a dodatnu stabilnost i pristup nasipu omogućit će rješenje s prostranom bermom.

AUTORI

Lidija Kratofil, dipl.ing.građ [a]
Milan Mateša, dipl.ing.stroj. [a]

[a] Hrvatske vode, Zagreb, Ulica grada Vukovara 220, 10000, Republika Hrvatska, lidija.kratofil@voda.hr; milan.matesa@voda.hr

R 1.06.

KARTIRANJE POPLAVE RIJEKE SAVE U SVIBNJU 2014. GODINE DALJINSKIM ISTRAŽIVANJEM

Bojana Horvat

SAŽETAK: Opseg i dinamiku poplavnog događaja, posebno kada je riječ o velikim površinama, teško je procijeniti i adekvatno opisati standardnim hidrološkim monitoringom. Razvoj satelitske tehnologije potaknuo i razvoj metoda kartiranja poplavom zahvaćenih područja te pravodobno i precizno određivanje njenog opsega i dinamike. U svibnju 2014. godine Posavinu je pogodila poplava nezapamćenih razmjera. Da bi se odredio njen opseg, odabrane su tri SPOT 6 satelitske snimke snimljene u različitim trenucima trajanja poplave. Kao indikatori poplavljenih površina odabrani su vegetacijski NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) i vodeni indeks NDWI (Normalized Difference Water Index), a izračunati su na temelju spektalnih zapisa u pojedinim kanalima korištenih snimaka. Klasifikacija područja na poplavljene i nepoplavljene površine provedena je na temelju dobivenih vrijednosti oba indeksa. Usporedbom klasifikacija ustanovljeno je da su dobiveni rezultati vrlo bliski tj. odstupanja granica poplavljenih površina izvedenih iz NDVI-a i NDWI-a su uglavnom mala. Kako je formulacija vodenog indeksa takva da jače naglašava razliku između vode i ostalih površina, za konačnu klasifikaciju područja odabran je NDWI. Problem klasifikacije površina prekrivenih gustom vegetacijom koja onemogućava prepoznavanje tih piksela kao vodenih, karakterističan za optičke senzore, riješen je u kasnijoj fazi, usporedbom dobivenih rezultata sa stanjem na terenu kako bi se dobila konačna karta poplave.

KLJUČNE RIJEČI: Opseg poplave, Optički senzori, SPOT 6, NDVI, NDWI, Klasifikacija

MAPPING OF THE SAVA RIVER FLOOD IN MAY 2014 WITH REMOTE SENSING

SUMMARY: The extent and dynamics of a flood event, especially in case of large areas, is difficult to estimate and adequately describe based only on standard hydrological monitoring. The development of satellite technology induced expansion of flood mapping approaches based on remote sensing i.e. timely as well as accurate estimation of flood extent and dynamics. In May 2014, the Posavina region was devastated by a flood of great proportions. In order to estimate the size and the extent of the flooded area, three SPOT 6 satellite images were used, each taken at different time during the flood

event. As indicators, the following two indices were used: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and NDWI (Normalized Difference Water Index). Both indices were calculated based on the spectral value recorded in specific satellite bands and classified according to specific threshold values. The classification consisted of two classes: flooded and non-flooded areas. The comparison of both classifications showed a slight difference in the definition of flooded pixels. However, the mathematical formulation of NDWI accentuated the difference between water and non-water pixels more than NDVI, therefore the NDWI values were chosen for the final classification. Densely vegetated surfaces in flooded areas prevent recognizing those pixels as flooded, hence the classification had to be updated with ground truth data in order to acquire the final flood map.

KEY WORDS: Flood extent, Optical sensors, SPOT 6, NDVI, NDWI, Classification

1. UVOD

Poplave su među najčešćim prirodnim nepogodama u svijetu koje svojom razornošću nerijetko za sobom ostavljaju značajne socio-ekonomske i ekološke posljedice. Opisane su maksimalnim vodostajem koji se pojavio na pojedinom mjestu (Bonacci i Oskoruš, 2001), a do njih dolazi izlijevanjem vodotoka iz prirodnih ili umjetnih korita, zbog nepovoljnih meteoroloških prilika, naglim podizanjem razine mora u priobalnim područjima ili zbog oštećenja ili rušenja hidrotehničkih objekata. Tijekom poplave neophodno je u što kraćem roku odrediti prostorni opseg tog događaja te utvrditi koje je zemljište pod vodom, no kako je opseg često značajan, standardnim hidrološkim monitoringom nije moguće adekvatno i jasno opisati dinamiku poplave. Razvoj satelitske tehnologije i sustava osmatranja zemljine površine iz svemira potaknuo je i razvoj metoda koje na temelju tako prikupljenih podataka mogu pravodobno i relativno precizno odrediti opseg i dinamiku tih ekstremnih događaja što je od iznimnog značaja posebno kada je riječ o kartiranju velikih i teško dostupnih površina.

Daljinska istraživanja su već dugi niz godina nezamjenjiv izvor podataka i informacija te ključni alat u kartiranju i monitoringu poplava (Sanyal i Lu, 2004). Njihova primjena nije ograničena samo na vizualizaciju opsega poplave već se, ovisno o korištenom senzoru i u kombinaciji s drugim alatima, koriste i u procjeni maksimalnih vodostaja, rizika te nastalih šteta. Temeljna prednost korištenja satelitskih i/ili avionskih snimaka spram drugih pristupa kartiranju poplavnih događaja je u obuhvatnosti i veličini kartiranog područja, robusnosti i učinkovitosti metoda te relativno niskoj cijeni kartiranja velikih površina (Wang, 2004). Rezultat mogu biti pregledne karte poplavljenih područja, karte šteta kombinirane s dodatnim informacijama (npr. oscilacije opsega poplava ili korištenje zemljišta u poplavljenom području) i karte ugroženosti i rizika.

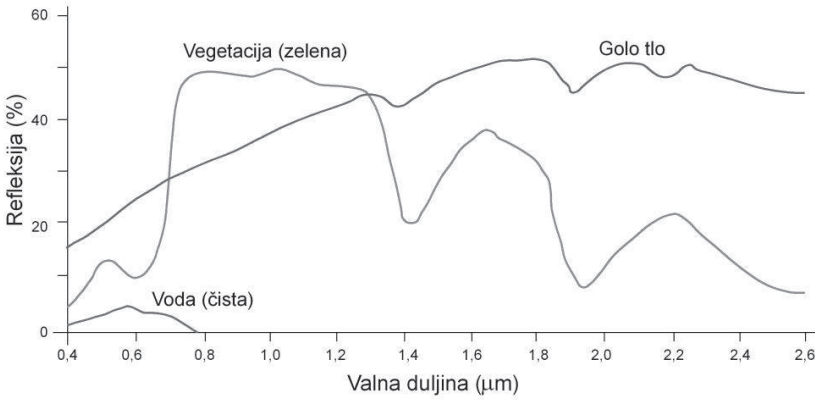
2. KARTIRANJE POPLAVLJENIH POVRŠINA

Nakon dugotrajnog kišnog razdoblja zbog kojeg je tlo već bilo zasićeno vlagom (Renko, 2014), u svibnju 2014. godine su u Slavoniji i regiji pale ekstremne količine oborine – više od 200 litara u nekoliko dana. Vodostaji su na te intezivne oborine reagirali vrlo brzo, prvo na manjim, bujičniim vodotocima, a zatim i na većim pritocima rijeke Save. Na hidrološkim postajama donje Save registrirani su najveći vodostaji u povijesti mjerenja,

posebno na postajama Slavonski Brod, Slavonski Šamac, Županja i Gunja zbog izravnog dotoka rijeka Bosne, Vrbasa i Une (Abdulaj i drugi, 2014). U takvim je prilikama na dvije lokacije na teritoriju Hrvatske došlo do proboja nasipa: na području Rajevog Sela i kod Račinovaca te izlijevanja savskih voda u nizinsko priobalje (Kratofil, 2014). Voda se velikom silinom proširila prema sjeveru i istoku poplavivši veliki dio zaobalja donje Save, nanijevši nezapamćene štete tome kraju. Da bi se dobio jasniji uvid u veličinu područja zahvaćenog poplavom te tako omogućila procjena šteta, provedeno je kartiranje poplavljene površine korištenjem optičkih satelitskih snimaka.

2.1. Optički senzori i metodološki pristup kartiranju

Optički satelitski senzori su uobičajeni alat u monitoringu poplava već dugi niz godina. Opis i klasifikacija zemljine površine temelji se na reflektivnim/emisivnim svojstvima materijala: senzori registriraju reflektirano/emitirano zračenje „razbijajući“ ga u nekoliko spektralnih intervala (kanala). Kartiranje poplava omogućeno je zahvaljujući različitim reflektivnim karakteristikama vode i okolnih površina u području pojedinih valnih duljina (slika 1). Procjena obuhvata poplave provedena je primjenom triju metoda: (i) jednokanalnom metodom tj. metodom koja koristi samo jedan kanal satelitskog snimka i u ovom je slučaju primijenjena kao preliminarna kako bi se dobio općeniti uvid u zahvaćenost područja poplavom te dvjema višekanalnim metodama – metodama koje za klasifikaciju koriste više kanala i to (ii) izračunom vegetacijskog indeksa NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) i (iii) izračunom „vodnog“ indeksa NDWI (Normalized Difference Water Index).



Slika 1. Karakteristične spektralne krivulje različitih tipova površina (izvor: Lillesand i Kiefer, 1994)

Jednokanalni pristup se svodi na odabir jednog kanala u kojem se najpreciznije mogu odijeliti vodeni od ostalih piksela, a vizualnom analizom histograma tog kanala određuje se granična vrijednost koja odjeljuje dvije klase: vodeni i ne-vodeni pikseli. Uglavnom se za klasifikaciju odabire kanal u području blizu-infracrvenog (IC) dijela elektromagnetskog spektra (0,400– 0,800 μm) zbog karakteristike vode da, za razliku od ostalih površina, slabije reflektira sunčevo zračenje u tom području pa će i vrijednosti vodenih piksela

biti niže od okolnih. Ovaj je pristup subjektivan i nerijetko rezultira precijenjenom ili podcijenjenom veličinom površine prekrivene vodom.
Višekanalni pristup se temelji na reflektivnim razlikama korištenih kanala. Dva su načina primjene: (a) analiza tzv. spektralnih potpisa pojedinih klasa u različitim kanalima i određivanje razlike između vodenih i okolnih piksela, te (b) izračun omjera dva kanala – jednog u vidljivom području elektromagnetskog spektra, a drugog u blizu-IC području što rezultira naglašavanjem vodenih piksela i „prigušenjem" ostalih. Najčešće se u tu svrhu koriste indeksi NDVI i NDWI.
Vegetacijski indeks NDVI je jednostavan indikator zdrave vegetacije na promatranoj površini, a u funkciji je blizu-IC i vidljivog crvenog zračenja:

$$NDVI = \frac{blizuIC - crveni}{blizuIC + crveni} \quad (1)$$

Općenito, zdrava vegetacija će apsorbirati većinu vidljivog zračenja, a reflektirati blizu-IC zračenje dok će rijetka i suha vegetacija reflektirati više vidljivog zračenja odnosno manje blizu-IC. Ogoljelo tlo i stijena reflektirat će podjednako vidljivo i blizu-IC zračenje (Holme i drugi, 1987). Drugim riječima, što više fotosintetski aktivnog zračenja (zračenje u vidljivom dijelu spektra) biljka apsorbira, bit će produktivnija. Matematičkom formulacijom (1) tako je omogućena kvantifikacija zdravlja odnosno produktivnosti biljke. Vrijednosti NDVI-a se kreću u rasponu od -1 do 1 pri čemu su pozitivne vrijednosti bliske 1 karakteristične za zdravu vegetaciju, a za vodene površine će njegove vrijednosti biti vrlo niske pozitivne ili negativne. U kartiranju poplavljenih površina u interpretaciji su značajne niske pozivine i negativne vrijednosti NDVI-a budući da se odnose na vodene površine.
„Vodeni" indeks NDWI je vrlo sličan NDVI-u, a u funkciji je vidljivog zelenog i blizu-IC zračenja (McFeeters, 1996):

$$NDWI = \frac{zeleni - blizuIC}{zeleni + blizuIC} \quad (2)$$

Na taj je način naglašena refleksije zelenih valnih duljina u odnosu na refleksiju blizu-IC zračenja s vodenih površina te su iskorištene prednosti visoke refleksije blizu-IC valnih duljina s površina prekrivenih vegetacijom i s golog tla (Xu, 2006). Rezultat su pozitivne vrijednosti indeksa za vodene površine te negativne ili vrijednosti jednake nuli za ostale površine (vegetacija, golo tlo, izgrađene površine...).

2.2. Prostorni podaci

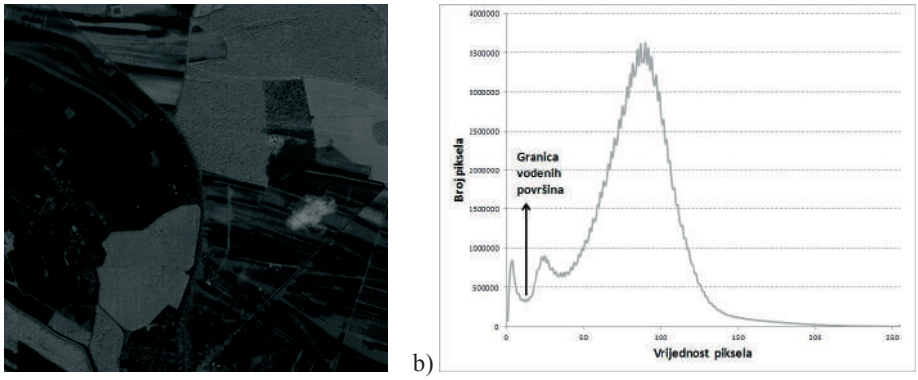
Senzor odabiremo ovisno o karakteristikama same površine, njenoj veličini te zahtijevanoj preciznosti i samoj namjeni. Senzori visoke prostorne i spektralne rezolucije omogućuju precizno određivanje granica poplavljenog područja koristeći se reflektivnim karakteristikama površine, ali kako kvaliteta zapisa ovisi o vremenskim prilikama u trenutku preleta satelita, u slučaju naoblake ili izmaglice nije moguće izvesti kvalitetnu informaciju. Sličan je problem kod površina prekrivenim visokom i gustom te plutajućom vegetacijom: vegetacija zasjenjuje vodenu površinu i tako sprečava prodiranje zračenja kroz gusti vegetacijski pokrov i registriranje vode na samom senzoru.
Općenito, za kartiranje poplavnih područja neophodno je imati uvid u stanje prije poplave i

u trenutku ili barem neposredno nakon dostizanja maksimalne razine vode. Iz tog razloga, za detaljnu analizu dinamike poplavnog događaja, treba usporediti snimke iz različitih vremenskih razdoblja, a to pak ovisi o preletima satelita (orbite satelita unaprijed su definirane) i, ovisno o korištenom tipu senzora, vremenskim uvjetima u trenutku preleta satelita.

Procjena opsega nastalih poplava provedena je na temelju optičkih satelitskih snimki preuzetih sa SPOT 6 satelita i snimljenih na tri različita datuma tijekom trajanja poplave (19., 21. i 26. svibnja), a svaka od njih se sastoji od 5 spektralnih kanala: 4 multispektralna (plavi: 0,455–0,525 μm; zeleni: 0,530–0,590 μm; crveni: 0,625–0,695 μm; blizu-IC: 0,760–0,890 μm) i pankromatski kanal koji pokriva široki raspon valnih duljina. Prostorna rezolucija multispektralnih kanala je 6 m, a pankromatskog 1,5 m te je njihovim spajanjem poboljšana prostorna rezolucija svih kanala na 1,5 m.

3. REZULTATI

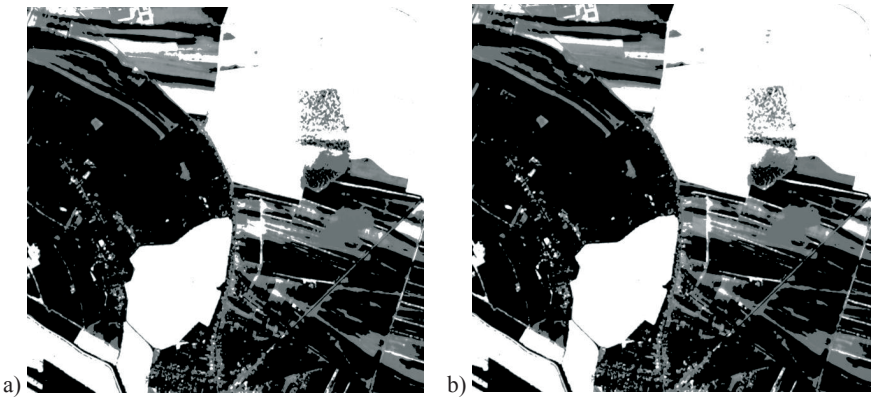
Za preliminarno određivanje površina prekrivenih vodom primijenjena je analiza histograma blizu-IC kanala budući da voda dobro apsorbira to zračenje. Vizualnom analizom snimke i histograma (slike 2a i 2b) određena je granična vrijednost koja razdjeljuje vodene od ostalih piksela, a rezultat su izdvojene vodene površine.



Slika 2. Karakteristike blizu IC kanala dijela poplavljene površine (26. 5. 2015.): a) blizu IC kanal – vodene površine zamjetno su tamnije od okolnih površina; b) histogram blizu IC kanala.

Međutim, treba imati na umu da se spektralne karakteristike zamućene vode razlikuju od karakteristika čiste vode. Naime, suspendirani nanos će utjecati na reflektivne karakteristike vode pa će i krivulja vode (slika 1) biti drugačija, a vrijednosti piksela će biti više i vrlo ih je lako pogrešno klasificirati. Slično se događa i u slučaju vode s visokom koncentracijom klorofila ili kada je riječ o onečišćenoj vodi (npr. industrijskim otpadnim vodama). Poplavna voda obiluje nanosom, a nerijetko je i onečišćena, što dovodi u pitanje primjenjivost jednokanalne metode za klasifikaciju vodenih površina tijekom poplave. Iz tog razloga, za klasifikaciju poplavljene površine primijenjene su višekanalne metode proračuna indeksa NDVI i NDWI.

Usporedba vegetacijskog (NDVI) i vodenog indeksa (NDWI) pokazala je da su rezultati ovih metoda vrlo bliski (slika 3) odnosno granice opsega poplave u velikoj se mjeri poklapaju. Međutim, zahvaljujući upotrebi zelenog vidljivog kanala umjesto crvenog, vodeni indeks formuliran je na način da jače naglasi razliku između vodenih i ostalih piksela pa je za konačnu klasifikaciju površina odnosno identifikaciju poplavljenih površina odabran NDWI (slika 4). Analizom histograma indeksa definirana je njegova granična vrijednost koja odjeljuje dvije klase i na taj su način izdvojene površine zahvaćene poplavom.



Slika 3. Proračunati indeksi dijela poplavljenog područja (26.5.2014.) – vodene površine zamjetno su tamnije od okolnih površina: a) NDVI; b) NDWI



Slika 4. Izdvojene površine zahvaćene poplavom na dijelu poplavljenog područja (26.5.2014.)

ZAKLJUČAK

Kontinuirano snimanje zemljine površine senzorima ugrađenim na satelitskim platformama omogućilo je monitoring dinamike velikih vodotoka na temelju vremenskih nizova satelitskih snimaka, što je od iznimnog značaja posebno tijekom poplavnih događaja. Općenito, za detaljnu analizu poplava potrebna su barem dva seta prostornih podataka koji osim avionskih i/ili satelitskih snimki sadrže i hidrološka mjerenja – jedan set podataka iz razdoblja koje je prethodilo poplavi te set podataka prikupljen i/ili snimljen tijekom maksimalnog vodostaja ili barem neposredno nakon njega. Pri tome treba računati na niz poteškoća koje se mogu javiti u prikupljanju podataka. Prvenstveno se to odnosi na prelete satelita koji se često ne poklapaju s trenutkom dostizanja ekstremnih vrijednosti analizirane pojave. Osim toga, primjenjivost optičkih snimaka podložno je trenutnim vremenskim uvjetima i, ako je riječ o kartiranju poplava, ograničena je prisustvom vegetacije na analiziranom području. Ekstremne vrijednosti izmjerene na hidrološkim postajama donje Save u svibnju 2014. godine koje su uzrokovale plavljenje velikog dijela Posavine najveće su otkako postoje mjerenja (Abdulaj i drugi, 2014). Povoljni vremenski uvjeti u trenutku dostizanja maksimuma (bez naoblake i izmaglice) omogućili su korištenje optičkih satelitskih snimaka u kartiranju poplavljenog područja odnosno klasifikaciju područja na vodene i ne-vodene piksele, a na temelju vegetacijskog (NDVI) i vodenog indeksa (NDWI). Usporedba rezultata klasifikacije pokazala je neznatne razlike u identifikaciji poplavljenih površina na analiziranom području, ali je za konačnu klasifikaciju odabran vodeni indeks zbog jače naglašenosti razlike između dvije analizirane klase. Međutim, kod oba je indeksa prisutan problem klasifikacije vegetacijom prekrivenih površina: dio područja prekriven je gustom šumom te tako nije klasificiran kao poplavljena površina iako je, usporedbom sa stanjem na terenu, bio zahvaćen poplavljen. Stoga je rezultate klasifikacije nužno korigirati podacima prikupljenim na terenu kako bi se dobio što precizniji podatak o opsegu poplave.

Usprkos svojim nedostacima, prednosti primjene daljinskih istraživanja kao što su obuhvatnost područja, kontinuirani vremenski niz prostornih podataka, učinkovitost metoda kartiranja i sl. čine taj pristup najiscrpnijim sa stajališta prikupljanja podataka te najprimjerenijim posebno kada je riječ o velikim površinama koje je teško obuhvatiti standardnim mjerenjima. Satelitski snimci vrlo visoke rezolucije (prostorne, spektralne i vremenske) promijenili su način upravljanja prirodnim nepogodama. Vremenski nizovi snimaka omogućili su brzo i potpunije razumijevanje opsega poplava te njenih posljedica, bilo da se radi o materijelnim štetama ili utjecaju na okoliš. Snimljeni prije i tijekom takvog događaja, daju uvid u njegovu dinamiku te tako čine kvalitetnu podlogu za definiranje budućih mjera zaštite.

LITERATURA

[1] Abdulaj, R., Miković, N., Oskoruš, D., Vujnović, T. (2014): *Velike vode donjeg toka rijeke Save tijekom svibnja 2014.*, Hrvatska vodoprivreda, 22(207), 14-16.

[2] Bonacci, O. i Oskoruš, D. (2011): *Hidrološka analiza sigurnosti Zagreba od poplave vodama rijeke Save u novim uvjetima*, Hrvatske vode, 18(75), 13-24.

[3] Holme, A. M., Burnside, D. G. i Mitchell, A. A. (1987): *The developmnet of a sys-*

tem for monitoring trend in range condition in the arid shrublands of Western Australia, Australian Rangeland Journal, 9, 14-20.

[4] Kratofil, L. (2014): *Svibanjska poplava Županjske Posavine*, Hrvatska vodoprivreda, 22(207), 17-28.

[5] Lillesand, T., Kiefer, R. W. (1994): *Remote Sensing and Image Interpretation*, Wiley & Sons.

[6] McFeeters, S. K. (1996): *The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features*, International Journal of remote Sensing, 17, 1425-1432.

[7] Renko, T. (2014): *Rekordne količine kiša u Slavoniji i regiji*, Hrvatska vodoprivreda, 22(207), 12-13.

[8] Sanyal, J. I Lu, X. X. (2004): *Application of Remote Sensing in Flood Management with Special Reference to Monsson Asia: A Review*, Natural Hazards, 33, 283-301.

[9] Xu, H. (2006): *Modification of normalized difference water inex (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery*, International Journal of Remote Sensing, 27(14), 3025-3033.

[10] Wang, Y, (2004): *Using Landsat 7 TM data acquired days after a flood event to delineate the maximum flood extent on a coastal floodplain*, International Journal of Remote Sensing, 25(5), 959-974.

AUTOR

dr. sc. Bojana Horvat [a]

[a] Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, Hrvatska, bojana.horvat@voda.hr

R 1.07.

MJERENJE OBORINE - ISKUSTVA IZVOĐAČA NA PROJEKTU BOBER

Samo Čarman, Alenka Šajn Slak

SAŽETAK: U razdoblju od 2009. do 2015. godine Agencija Republike Slovenije za okoliš provodi projekt nazvan BOBER koji je do sada bio predstavljen na mnogim stručnim skupovima. Osnovni cilj projekta je osigurati pouzdana, kvalitetna i prostorno reprezentativna meteorološka i hidrološka mjerenja koja omogućavaju cjelovit monitoring i analizu stanja vodnog okoliša u Sloveniji kao i točnije prognoziranje ekstremnih hidroloških pojava. Čitav projekt je usmjeren na smanjenje mogućeg štetnog djelovanja vode i uvođenje održivog razvoja vodnog okoliša na nacionalnoj razini. U ovom radu su predstavljeni važnost monitoringa oborine, tehnološki izazovi, mogućnosti postavljanja kao i iskustava izvođača na projektu BOBER.

KLJUČNE RIJEČI: Mjerenje oborine, disdrometar, Pluvio2, BOBER

PRECIPITATION MEASUREMENTS – EXPERIENCES OF PARTICIPANTS IN THE BOBER PROJECT

SUMMARY: Since 2009, the Slovenian Environment Agency has been implementing the project Better Observation for Better Environmental Response - BOBER (2009-2015), which was presented at numerous professional events in the past. The primary goal of the project is to ensure reliable, high-quality and spatially representative meteorological and hydrological measurements which should enable comprehensive monitoring and analysis of aquatic environment in Slovenia and more accurate forecasting of extreme hydrological events. The whole project is aimed at the reduction of potential adverse effects of water and introduction of sustainable development of the aquatic environment on the national level. This paper presents the importance of precipitation monitoring, its technological challenges and potential applications as well as experiences of those participating in the project BOBER.

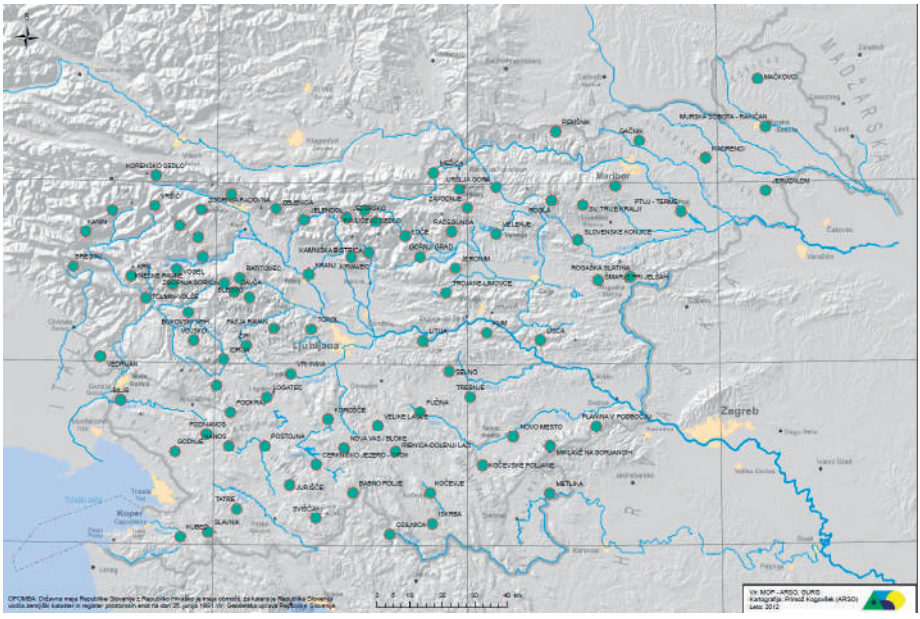
KEY WORDS: Precipitation measurement, disdrometer, Pluvio2, BOBER

1. UVOD

U razdoblju od 2009. do 2015. godine u Republici Sloveniji nadograđujemo državnu mrežu hidroloških i meteoroloških postaja. Projekt izvodi Agencija Republike Slovenije za okoliš (ARSO). Nazvala ga je BOBER, što je kratica za Bolje Opažanje za Bolja

Ekološka Rješenja (engl. *Better Observation for Better Environmental Response*). Osnovni cilj projekta je osigurati pouzdana, kvalitetna i prostorno reprezentativna meteorološka i hidrološka mjerenja koja omogućavaju cjelovit monitoring i analizu stanja vodnog okoliša u Sloveniji kao i točnije prognoziranje ekstremnih hidroloških pojava. Čitav projekt je usmjeren na smanjenje mogućeg štetnog djelovanja vode i uvođenje održivog razvoja vodnog okoliša na nacionalnoj razini. Konačni ciljevi projekta su:

- nadogradnja i osuvremenjivanje postojeće mreže meteoroloških mjerenja;
- nadogradnja i osuvremenjivanje postojeće mreže hidroloških mjerenja što će omogućiti kvalitetniju analizu stanja u prošlosti i poznavanje trenutnog stanja atmosfere i vodnih tijela, a time i učinkovitije nagovještavanje izvanrednih hidroloških uvjeta i upozoravanje na njih, te planiranje prihvatljivog upravljanja vodnim resursima;
- veća sigurnost od poplava, sigurna opskrba vodom i bolje mogućnosti za razvoj pojedinih gospodarskih djelatnosti, kao što su poljoprivreda, stočarstvo, energetika i promet, što sve vodi održivom korištenju vodnih resursa u Sloveniji;
- poboljšanje poznavanja, praćenja, analiziranja i ocjenjivanja stanja vodnog okoliša u čitavoj državi, a time i poboljšanje kvalitete života ne samo sadašnjih nego i budućih generacija.



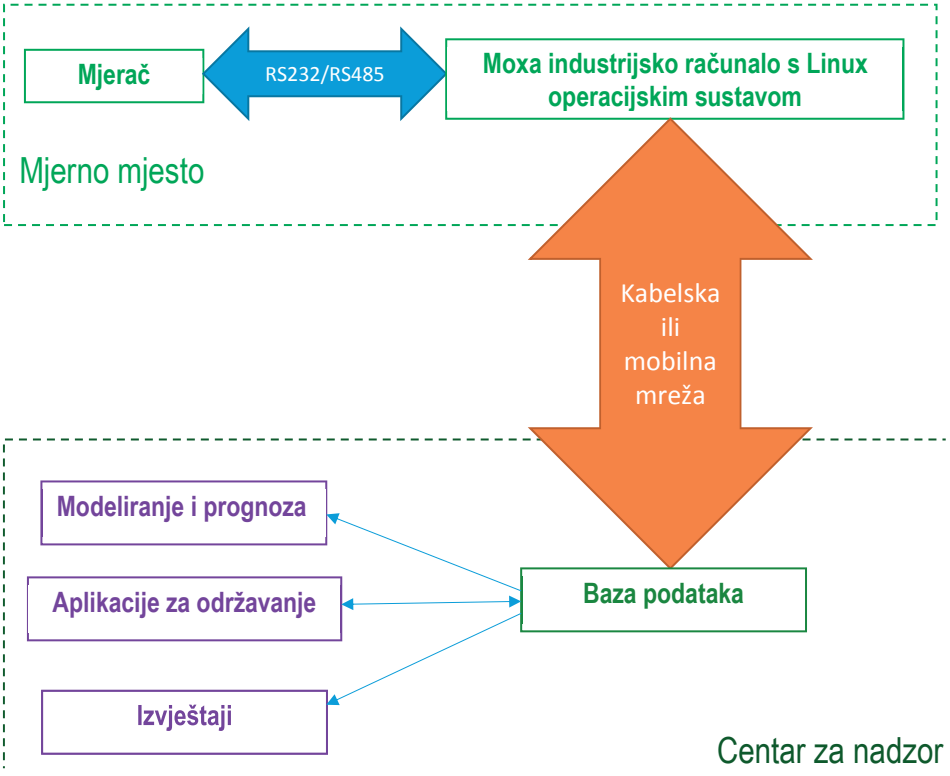
Slika 1. Popis novih ili nadograđenih automatskih vremenskih postaja (Vogrinčič i dr.,2011.)

Izvanredan značaj ima postavljanje dodatnog vremenskog radara u zapadnoj Sloveniji na brdovitom predjelu Pasje ravni. Do sada smo u Sloveniji imali samo jedan vremenski radar i to na Lisci. Zbog ograničenog dosega i prepreka, a to su prvenstveno brdoviti dijelovi sjeverozapadne i sjeverne Slovenije, radar na Lisci ne omogućava pouzdano praćenje intenzivnosti i premještanja oborinskih pojava na području čitave Slovenije.

Drugi vremenski radar na Pasjoj ravni na području zapadne Slovenije je tako upotpunio radarsku sliku oborine postojećeg radara na Lisci. Time je omogućeno tekuće i cjelovito praćenje oborinskih prilika nad Slovenijom. Tako pridobiveni podaci su od ključnog značaja za vrlo kratkoročno prognoziranje izvanrednih vremenskih događaja popraćena velikim količinama oborine u vrlo kratkom vremenu, a koja obično dovode do poplava (Vogrinčič i dr., 2010.).

2. DRŽAVNA MREŽA NOVIH I NADOGRAĐENIH OBORINSKIH POSTAJA

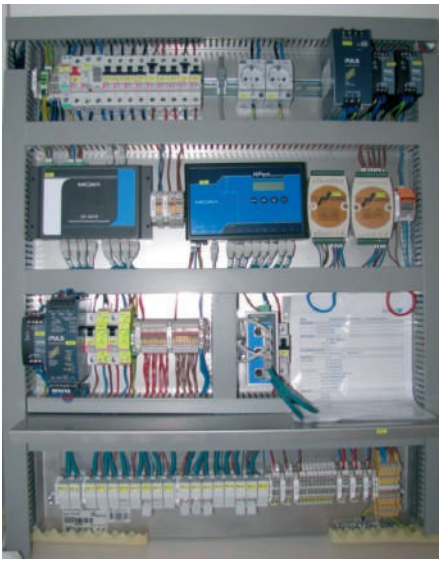
Agencija Republike Slovenije za okoliš je razvila unikatni mjerni sustav za zahvat i prijenos izmjerenih hidroloških i meteoroloških podataka, priređen njihovim željama i potrebama. Sustav nudi brojne mogućnosti statističke obrade signala već na samom mjernom mjestu jer je instalirano industrijsko računalo s operacijskim sustavom Linux. Procesorska snaga je tako raspodijeljena po pojedinim automatskim vremenskim postajama i nije skoncentrirana u nadzornom centru. Prijenos podataka teče preko virtualne privatne mreže (VPN – Virtual Private Network) nacionalnog davatelja Internet usluga i to preko kabelske ili mobilne mreže što osigurava brz prijenos podataka.



Slika 2. Pojednostavljena blok shema prijenosa podataka s automatske vremenske postaje u centar za nadzor

Na vremensku mjernu postaju 1. reda (najvažniju) priključeni su mjerači za mjerenje sljedećih parametara:

- temperatura zraka,
- vlažnost zraka,
- brzina, smjer i udari vjetra,
- količina i intenzitet oborine,
- vrsta oborine (disdrometar),
- trajanje oborine,
- visina snježnog pokrivača,
- jakost i trajanje sunčevog zračenja,
- meteorološka vidljivost,
- temperatura tla (5x)
- vlažnost tla,
- snimka s postaje (kamera).



Slika 3. Mjerno-komunikacijska ploča automatske vremenske postaje



Slika 4. Disdrometar na meteorološkoj postaji Zgornja Sorica



Slika 5. Meteorološka postaja Pasja ravan, pogled iz zraka na prostor za vršenje mjerenja

U mreži su 3 različita mjerača količine oborine i svaki šalje malo drukčije podatke. Iz mjerača Pluvio2 se u bazu podataka na ARSO unose sljedeći parametri:

- količina oborine,
- kontrolni napon,
- temperatura grijača,
- temperatura mjerne čelije,
- status koda mjerača.

Iz disdrometra se u bazu podataka na ARSO unose sljedeći parametri:

- 5-minutni prosjek intenziteta oborine,
- količina oborine,
- 5-minutni prosjek vrste oborine po SYNOP tablici 4680,
- radarska refleksija,
- temperatura zraka pri mjeraču za vjerodostojnije određivanje vrste oborina,

i nekoliko sistemskih podataka i to:

- kontrolni napon, mV i
- status disdrometra.

Mjerač trajanja oborine šalje u bazu podataka na ARSO jedan parametar - početak i kraj oborine (statusni bit).
Količina oborine se paralelno mjeri pomoću mjerača oborina Pluvio2. S obzirom da ovaj mjerač mjeri oborinu, njegova je točnost i zajednička mjerna nesigurnost puno bolja nego kod disdrometra.

Tri ostala meteorološka parametra – intenzitet oborine, vrsta oborine i radarska refleksija – su izmjereni samo s pomoću disdrometra. Zato je za postizanje kvalitete mjerenja važno osigurati što vjerodostojnija mjerenja tih parametara.
Pluvio2 mjeri oborinu s vrlo preciznom tehnikom, disdrometar je optički senzor, koji mjeri s laserom, a infracrveni mjerač početka i kraja oborine putem led diode.

2.1. Važnost grijanja mjerača

Za sprečavanje nastanka tzv. „snježne kape“, odnosno snijega koji se nakupi na mjeraču i onemogućava mjerenje, upotrebljava se grijanje mjerača. Obično se izvodi jednostavno grijanje kućišta i zaštitnog pokrova mjerača. Kada ne bi bilo grijanja, pahuljice bi se brzo počele hvatati na mjerač i uskoro bi stvorile snježnu kapu. Ona bi posljedično smanjivala veličinu mjernog područja odnosno sprječavala padanje pahuljica kroz lasersku zraku.



Slika 6. Mjerna postaja Žiri s grijanom mjernom opremom neposredno nakon obilnog snijega

Grijanje mjerača predstavlja ograničenje za sam mjerač prvenstveno u smislu autonomnosti djelovanja. Naime, mnogo mjernih naprava za meteorološka mjerenja djeluje pomoću solarnih ćelija i za rad ne trebaju puno energije. Grijanje mjerača je energetski rastrošno, pa je mjerenje ograničeno na lokacije na kojima se nalazi niskonaponski električni priključak. Ako grijanja nema, mjerenje oborina na našoj geografskoj širini nije moguće za sva godišnja doba.

2.2. Utjecaj vjetra

Pretpostavka za laserske disdrometre je da se čestice oborine gibaju što pravokutnije na lasersku zraku odnosno da presijecaju debljinu laserske zrake. Jedino tako može disdrometar pravilno izmjeriti veličinu i brzinu čestica oborine (Lopez, 2011.).

Kod vrlo jakog vjetra čestice oborina imaju drugačiji put kretanja i ne sijeku lasersku zraku po debljini. Tako mogu laserski disdrometri s pravokutnom zrakom potpuno pogrešno interpretirati vrstu i količinu oborine.
S druge strane, pokazalo se da je i s običnim mjeračima vrlo teško dobro izmjeriti oborinu, pogotovo njihov intenzitet. Naime, idealno bi bilo kad bi se mjerač okrenuo pravokutno na glavni smjer vjetra čime bi kapljice kiše pravokutno sjekle lasersku zraku ili se skupljale u sabirnoj posudi klasičnog mjerača oborine. Mjerač oborine sa sabirnom posudom nažalost nije moguće postavljati ukoso. Zbog fizikalnog načina djelovanja laserskih disdrometara kod njih se takvo rješenje nudi samo po sebi. Uspješno su ih upotrijebili u više slučajeva, čak u kombinaciji s mjeračem vjetra i koračnim elektromotorom koji je omogućavao obraćanje mjerača po vjetru i s tim puno vjerodostojnije mjerenje intenziteta oborina.
Pluvio2 utjecaj vjetra najprije riješi sa posebnim filter algoritmom. Zaista jaki vjetar se jednostavno riješi s takozvanim „Windshield"-om. S njime se znatno smanji utjecaj vjetra na samo mjerenje – tehtanje oborine.

2.3. Ocjena mjerne neizvjesnosti u realnom okolišu

Raširena mjerna neizvjesnost je kod disdrometra ocijenjena vrlo visoko jer s njom označavamo:
- moguće odbijanje kapljica od obiju glava u mjerno područje disdrometra;
- utjecaj vjetra na put kretanja oborine preko laserske zrake i prema tome pogrešnu interpretaciju;
- istovremenost kapljica na laserskoj zraci i s tim moguća pogrešna interpretacija njihovog broja. Ovaj čimbenik važno utječe na kapljice na rubu plosnate zrake i u tom slučaju ih mjerač ne može točno odrediti.

Ukupnu mjernu neizvjesnost godišnje količine oborine izmjerene s pomoću disdrometra, proizvođač ocenjuje na +/-15% mjerene vrijednosti. Tako visoko ocjenjena mjerna neizvjesnost je za industrijske procese sigurno vrlo velika. U meteorološkom mjerenju takav podatak služi prvenstveno kao orijentacijska vrijednost i ne vrednuje se kao apsolutno točno mjerenje (WMO, 2014,). Upravo zbog toga se za točno mjerenje oborine upotrebljava Pluvio2. Disdrometer se prvenstveno upotrebljava za mjerenje vrste oborine.

ZAKLJUČAK

Projekt BOBER u Sloveniju donosi modernizaciju državne mreže (oborinskih) postaja. Omogućava automatski prijenos podataka iz postaja u Agenciju za okoliš i osigurava sljedivost i praćenje kvalitete podataka.
Predstavljena su iskustva u implementaciji projekta, također i brojni praktični vidici i poteškoće koje su nastupile kod montaže mjerne opreme i u praćenju mjerenja.

LITERATURA

[1] Lopez, C. R., (2011.): *Measurement, Analysis and Simulation of Wind Driver Rain*, Florida.

[2] Vogrinčič V., Kočevar, H., Gregorčič B., Roškar J., (2010.): *Predstavitev projekta "Nadgradnja sistema za spremljanje in analiziranje stanja vodnega okolja v Sloveniji*", Ljubljana: Agencija RS za okolje.

[3] JCGM (2008.) *Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*, Joint Committee for Guides in Meteorology.

[4] WMO (2013.) *Manual On Codes*, International codes, WMO Svjetska meteorološka organizacija.

[5] WMO (2014.), *CIMO Guide*, Geneve: WMO.

AUTORI

Samo Čarman, mag. inž. str. [a]
dr. Alenka Šajn Slak, CGS plus [a]

[a] CGS plus d.o.o., Brnčičeva ulica 13, Ljubljana, 1231, Slovenija, samo.carman@cgsplus.si; alenka.sajn@cgsplus.si

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.08.

ANALIZA MAKSIMALNIH TRODNEVNIH KOLIČINA OBORINE U HRVATSKOJ

**Irena Nimac, Ksenija Cindrić Kalin,
Melita Perčec Tadić, Marjana Gajić-Čapka**

SAŽETAK: Meteorološke podloge za projektiranje i održavanje hidrotehničkih sustava najčešće sadrže procjene očekivanih maksimalnih jednodnevnih i/ili petodnevnih količina oborine koje mogu imati rizičan utjecaj na pojedine objekte. Međutim, višednevna kišna razdoblja s velikom količinom oborine najčešće su uzrokovana intenzivnim kišnim epizodama u trajanju do tri dana. Zbog toga su u ovom radu analizirane maksimalne godišnje trodnevne količine oborine (Rx3d) prema dnevnim podacima sa 137 meteoroloških postaja u Hrvatskoj. Prikazana je prostorna razdioba dekadnog trenda godišnjih maksimuma trodnevne količine oborine iz razdoblja 1961–2010. Primjenom opće razdiobe ekstremnih vrijednosti procijenjeni su očekivani maksimumi za povratna razdoblja od 2, 5, 10, 25, 50 i 100 godina. Rezultati ovoga rada su sastavni dio podloge za regionalizaciju ekstremne količine oborine i izradu karata opasnosti i rizika od poplava.

KLJUČNE RIJEČI: Trodnevna količina oborine, Ekstremi, Povratno razdoblje, Trend, Poplave

ANALYSIS OF THREE-DAY PRECIPITATION MAXIMA IN CROATIA

SUMMARY: Meteorological databases for designing and maintaining hydro-technical systems mostly contain estimates of expected maximum 1-day and/or 5-day precipitation quantities which may have hazardous impact on individual facilities. However, rainfall periods lasting more days with a large amount of precipitation are usually caused by intense rainfall episodes lasting up to three days. This paper, therefore, analyzes maximum annual three-day precipitation amounts (Rx3d) calculated according to daily data from 137 meteorological stations in Croatia. Spatial distribution of decadal trend in Rx3d annual maxima from the period 1961-2010 is shown. Expected maxima were estimated for return periods of 2, 5, 10, 25, 50 and 100 years by applying generalized extreme value distribution. The results of this study will serve as part of the baseline information for future regionalization of extreme precipitation amounts and for hazard and flood risk mapping.

KEY WORDS: Three-day precipitation, Extremes, Return period, Trend, Floods

1. UVOD

Maksimalne dnevne ili višednevne količine oborine imaju veliku ulogu kod projektiranja različitih hidrotehničkih sustava. Osnova su i buduće regionalizacije ekstremne količine oborine i važan element pri izradi karata opasnosti i rizika od poplava. Do sada su za područje Hrvatske najčešće analizirane jednodnevne i petodnevne maksimalne količine oborine (npr. Gajić-Čapka i Cindrić, 2011.; Gajić-Čapka i drugi. 2014). Ta trajanja pripadaju skupini indeksa oborinskih ekstrema koje je definirao Ekspertni tim za detekciju klimatskih promjena i indekse (ETCCDI) Svjetske meteorološke organizacije (Peterson i drugi 2001;. WMO 2004).

Nedavno su Isotta i drugi (2013) analizirali dnevne količine oborine (iz razdoblja 1971.-2008) šireg alpskog područja u svrhu izrade karata visoke rezolucije (5 km). Analiza obuhvaća i Hrvatsku s izuzetkom krajnjeg istoka Slavonije i dubrovačkog primorja. Pobliže su prikazane četiri važne prostorne osobitosti dnevne količine oborine (R_d): udio oborinskih dana u godini ($R_d \geq 1$ mm) veći je u zapadnom, planinskom području i riječkom zaleđu u odnosu na istok Hrvatske i krajnji jug; srednja količina oborine za oborinske dane najveća je na vršnim dijelovima dinarskog gorja i veća je na obali nego u kontinentalnoj unutrašnjosti; srednji godišnji maksimumi dnevne količine oborine (mm/dan) veći su na obali nego u kontinentalnoj unutrašnjosti i posljednje, udio oborine koja pripada danima s umjerenim do visokim količinama oborine također je najveći u planinskom poručju. Također je naglašeno da srednja godišnja maksimalna duljina razdoblja oborinskih dana raste od istoka prema zapadu kontinentalne Hrvatske, dulja je u primorskom zaleđu, a najdulja u planinskim područjima.

Pored analiza jednodnevne i petodnevne količine oborine, praćenje kišnih razdoblja u Hrvatskoj (npr. DHMZ, 2014) pokazalo je da su višednevna kišna razdoblja s velikom količinom oborine najčešće uzrokovana intenzivnim kišnim epizodama u trajanju do tri dana. Zbog toga su u ovom radu analizirane trodnevne maksimalne godišnje i sezonske količine oborine u Hrvatskoj. Prikazana je prostorna razdioba njihovih prosječnih vrijednosti te dekadnog trenda godišnjih i sezonskih maksimuma iz razdoblja 1961–2010. Primjenom opće razdiobe ekstremnih vrijednosti procijenjeni su očekivani maksimumi za različita povratna razdoblja za sedam regija u Hrvatskoj koje se međusobno razlikuju po oborinskom režimu. Naime, iako je Hrvatska relativno mala zemlja, velika raznolikost topografije, otvorenost prema Panonskoj ravnici i položaj uz Jadransko more, kao i atmosferski cirkulacijski sustavi koji ne zahvaćaju u jednakoj mjeri pojedine dijelove zemlje, definiraju više različitih oborinskih regija.

2. PODACI I METODE

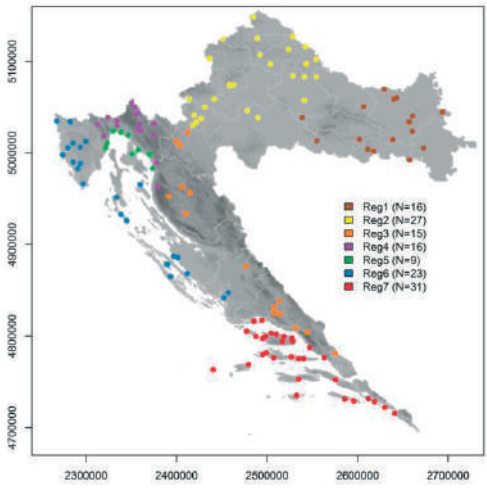
Za potrebe ovog rada korišteni su dnevni podaci količine oborine iz razdoblja 1961–2010. sa 137 meteoroloških postaja u Hrvatskoj. To su klimatološke i kišomjerne postaje Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) koji provodi redovnu obradu i kontrolu mjerenih podataka. Na pojedinim postajama niz je nešto kraći od 50 godina zbog nedostajućih podataka, pa tako na 11 postaja nedostaje po jedna godina podataka, na pet postaja nedostaju dvije do četiri godine podataka, a samo na tri postaje nedostaje sedam godina dnevnih podataka količine oborine.

Za potrebe regionalizacije, područje Hrvatske podijeljeno je na sedam regija (Slika

1) ovisno o godišnjem hodu količine oborine, razdiobi percentila dnevne količine oborine i grupiranju maksimalne dnevne količine oborine, uz uvažavanje geografskog položaja i nadmorske visine postaja, kako su nedavno definirali Gajić-Čapka i drugi (2014). Statistička obilježja trodnevne količine oborine približno se geografski odnose na: Slavoniju (Reg1), sjeverozapadnu kontinentalnu Hrvatsku (Reg2), prijelaz prema planinskoj Hrvatskoj i dio jadranskog zaleđa (Reg3), visoko planinsko područje (Reg4), Kvarnerski zaljev (Reg5), obalno područje sjevernog (Reg6) te srednjeg i južnog Jadrana (Reg7).

U radu su analizirani nizovi godišnjih maksimuma uzastopne trodnevne količine oborine (Rx3d). Za pojedinu regiju nizovi su dobiveni usrednjavanjem vremenskih nizova pripadnih postaja. Prema Klein Tank i drugi (2009) usrednjavanjem vrijednosti nekog meteorološkog parametra s više postaja smanjuju se eventualne nesistematske nehomogenosti i na taj način smanjuje se njihov utjecaj na procjenu trenda.

Provedena je osnovna statistička analiza koja pruža prvi uvid u regionalne razlike trodnevnih količina oborine. U svrhu ocjene opasnosti i rizika od maksimalnih trodnevnih količina oborine u budućnosti, procijenjeni su očekivani maksimumi za pojedinu regiju za različita povratna razdoblja (2, 5, 10, 25, 50 i 100 godina) prilagođavanjem opće razdiobe ekstremnih vrijednosti (GEV, *eng. Generalised Extreme Value distribution*) (Coles, 2001). Osim toga, na svim postajama i po regijama procijenjen je dekadni trend trodnevnih maksimalnih količina oborine korištenjem Senovog (ili Kendallovog tau) nagiba. Statistička značajanost trenda određena je pomoću neparametarskog Mann-Kendallovog testa (Helsel i Hirsch, 2002). Nešto više detalja o ovoj metodi može se pronaći i u Cindrić i drugi (2014).



Slika 1. Položaj meteoroloških postaja i podjela po regijama. N označava broj postaja u pojedinoj regiji, sivom bojom istaknut je reljef, a svijetlo sivim linijama granice županija.

3. REZULTATI

Statistička obilježja maksimalne godišnje trodnevne količine oborine prikazana su u tablici 1 po regijama za referentno klimatološko razdoblje 1961–1990. i promatrano razdoblje 1961–2010. i to srednjak, te maksimalne i minimalne vrijednosti za Rx3d. Usporedbom regionalnih vrijednosti Rx3d, najveće vrijednosti maksimalne godišnje trodnevne količine oborine u promatranom 50-godišnjem razdoblju nalazimo u najvišem gorju (Reg4, 170.1 mm), a najmanje u Slavoniji (Reg1, 63.5 mm). Prosječne vrijednosti za 50-godišnje razdoblje ne odstupaju znatno od srednjaka za 30 godina. Prema predznaku razlika vidimo da je srednjak iz duljeg razdoblja nešto veći u Slavoniji te na području sjevernog Jadrana. Najveće odstupanje je u području Kvarnera (Reg5, -3.5 %) a najmanje u visokom planinskom području (Reg4, 0.3%). Najveća vrijednost maksimalne godišnje trodnevne količine oborine izmjerena je u gorskom području na postaji Gerovo (Reg4, 383.3 mm), dok je najmanja na postaji Sveti Petar u šumi (Reg6, 3.4 mm). Očekivano, najmanje prosječne vrijednosti javljaju se u kontinentalnim nizinskim dijelovima Hrvatske, dok se veće vrijednosti javljaju u planinskim područjima bližim moru koje je izvor vlage, a orogorafija stvara povoljne uvjete za stvaranje konvekcije i kišonosnih oblaka.

Tablica 1. Prosječna vrijednost maksimalne godišnje trodnevne količine oborine (mm) za pojedinu regiju u referentnom klimatološkom razdoblju 1961–1990. i promatranom razdoblju 1961–2010. te apsolutni maksimumi i minimumi na pojedinoj postaji iz 50-godišnjeg razdoblja.

	Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7
$Sred_{61\text{-}90}$	61.6	73.7	117.7	170.6	133.1	90.7	101.0
$Sred_{61\text{-}10}$	63.5	73.3	119.8	170.1	137.8	91.9	101.7
$Maks_{61\text{-}10}$	221.3	205.1	298.5	383.3	381.7	353.7	374.2
$Min_{61\text{-}10}$	20.8	26.7	37.0	67.9	41.6	3.4	27.0

Osnovna statistika vrijednosti Rx3d po sezonama nalazi se u tablici 2. Maksimalne sezonske trodnevne količine oborine su dobivene kao maksimalna vrijednost uzastopne trodnevne količine oborine u tri uzastopna mjeseca pojedine klimatološke sezone: za zimu to su prosinac-siječanj-veljača (Z), za proljeće ožujak-travanj-svibanj (P), za ljeto lipanj-srpanj-kolovoz (LJ) i za jesen rujan-listopad-studeni (J). Pripadni srednjak maksimalne sezonske trodnevne količine oborine za pojedinu regiju izračunat je na isti način kao i za maksimalnu godišnju trodnevnu količinu oborine. U prosjeku, planinsko područje (Reg 4) ima najveće vrijednosti Rx3d u svim sezonama i to najviše u jesenskim mjesecima (146.8 mm), a najmanje trodnevne količine javljaju se u Slavoniji osobito zimi (Reg1, 33.2 mm). Uspoređujući pojedine sezone, u prosjeku se najveće maksimalne sezonske trodnevne količine oborine javljaju u jesenskim mjesecima i to u svim regijama osim u Slavoniji (Reg1) gdje se maksimum javlja ljeti zbog konvektivne oborine najčešće uzrokovane advekcijom svježeg ili hladnog zraka sa sjeverozapada (Gajić-Čapka, 1983; Lončar i Bajić, 1994.). Općenito, u kontinentalnoj unutrašnjosti (Reg1 i Reg2) se u ljetnim i jesenskim mjesecima javljaju veći trodnevni maksimumi nego zimi i u proljeće. Za sjeverozapadnu kontinentalnu unutrašnjost (Reg2) to je u skladu s godišnjim režimom oborine, tj. pod blagim maritimnim utjecajem najviše oborine padne ljeti (lipanj) i u jesen. Međutim, na području Slavonije gdje prevladava kontinentalni

tip oborinskog režima karakteriziran većim prosječnim sezonskim količinama oborine u toplom dijelu godine (proljeće i ljeto) trodnevni maksimumi oborine imaju sekundarni maksimum u jesen. Takva sezonska raspodjela je dobivena i za jednodnevne i petodnevne maksimalne količine oborine (Gajić-Čapka i drugi, 2014.). Dakle, iako je u istočnoj nizinskoj Hrvatskoj prosječno više oborine u proljetnim mjesecima, 1-, 3- i 5-dnevne količine oborine su intezivnije u jesenskim mjesecima. U ostalim pak regijama, veće vrijednosti Rx3d nalazimo u hladno doba godine (jesen i zima) nego u toplom (proljeće i ljeto) što je u skladu s maritimnim režimom količine oborine tijekom godine. Najveća vrijednost apsolutnog sezonskog maksimuma trodnevne količine oborine ($Maks_{61\text{-}10}$ u Tab. 2) izmjerena je na postaji Gerovo u listopadu 1961. godine (Reg4, 383.3 mm), a minimalna ($Min_{61\text{-}10}$ u Tab. 2) na postaji Maslinica u ljeto 1962. (Reg7, 1.4 mm). Slično kao za prosječne vrijednosti, i apsolutni maksimumi se javljaju u jesenskoj sezoni za gotovo sve regije osim u središnjem kontinentalnom dijelu (Reg2) te središnjem i južnom Jadranu (Reg7) u kojima je apsolutni maksimum izmjeren u ljetnim mjesecima. Najmanje vrijednosti maksimalne sezonske trodnevne količine oborine za nizinske središnje i istočne dijelove (Reg1 i Reg2) te planinska područja (Reg4) izmjerene su u zimskoj sezoni, dok je za sve ostale regije minimum ljeti.

Tablica 2. Prosječna vrijednost maksimalnih sezonskih (Z- zima, P- proljeće, LJ- ljeto, J- jesen) trodnevnih količina oborine (mm) za pojedinu regiju u referentnom klimatološkom razdoblju 1961–1990. i promatranom razdoblju 1961–2010. te apsolutni izmjereni maksimumi i minimumi na pojedinoj postaji u 50-godišnjem razdoblju.

		Reg1	Reg2	Reg3	Reg4	Reg5	Reg6	Reg7
Z	$Sred_{61\text{-}90}$	32.2	39.3	83.1	122.5	85.5	56.6	69.7
	$Sred_{61\text{-}10}$	33.2	39.7	85.5	123.0	89.7	56.5	69.4
	$Maks_{61\text{-}10}$	90.5	114.7	298.5	376.0	332.7	184.5	249.4
	$Min_{61\text{-}10}$	2.5	10.6	12.8	22.5	16.9	13.5	5.0
P	$Sred_{61\text{-}90}$	37.0	46.2	70.3	101.6	75.6	49.6	57.4
	$Sred_{61\text{-}10}$	37.7	46.5	71.9	100.9	79.1	50.7	57.3
	$Maks_{61\text{-}10}$	131.6	130.8	200.5	346.2	208.0	184.5	246.8
	$Min_{61\text{-}10}$	11.2	12.6	17.5	36.7	22.0	12.7	7.9
LJ	$Sred_{61\text{-}90}$	53.8	60.3	65.9	91.4	77.7	55.1	49.5
	$Sred_{61\text{-}10}$	53.2	58.0	64.4	85.7	73.5	54.3	49.9
	$Maks_{61\text{-}10}$	195.2	205.1	230.0	231.6	324.7	178.0	374.2
	$Min_{61\text{-}10}$	16.1	18.7	2.1	26.4	16.5	7.8	1.4
J	$Sred_{61\text{-}90}$	40.6	56.8	97.5	146.4	115.8	77.5	79.9
	$Sred_{61\text{-}10}$	45.1	59.5	100.1	146.8	121.2	80.0	82.4
	$Maks_{61\text{-}10}$	221.3	161.2	236.5	383.3	381.7	353.7	312.9
	$Min_{61\text{-}10}$	9.2	16.0	29.7	38.3	31.4	12.0	15.0

Osnovna statistika procijenjenih maksimalnih godišnjih trodnevnih količina oborine za različita povratna razdoblja za pojedinu regiju prikazana je u tablici 3. U prosjeku, najveći očekivani maksimumi trodnevne količine oborine za sva povratna razdoblja ($Sred_{61\text{-}10}$ u

Tab. 3.) su u visokom planinskom području (Reg4), dok su najmanji u Slavoniji (Reg1) za povratna razdoblja do 25 godina, odnosno u središnjem i sjeverozapadnom području Hrvatske (Reg2) za veća povratna razdoblja. Najmanji očekivani maksimumi trodnevne količine oborine na pojedinoj postaji (Min_{61-10} u Tab. 3) za sva povratna razdoblja javljaju se u Slavoniji (Reg1) na postaji Aljmaš, a najveći ($Maks_{61-10}$ u Tab. 3) za povratna razdoblja do 50 godina u visokom planinskom području (Reg4) i to na postaji Klana za povratna razdoblja od 2 do 25 godina i na postaji Gerovo za povratno razdoblje od 50 godina, dok je za povratno razdoblje od 100 godina maksimum na postaji Matulji u Kvarnerskom zaljevu (Reg5).

Tablica 3. Osnovna statistika procijenjenih maksimalnih trodnevnih količina oborine (mm) za pojedinu regiju za različita povratna razdoblja.

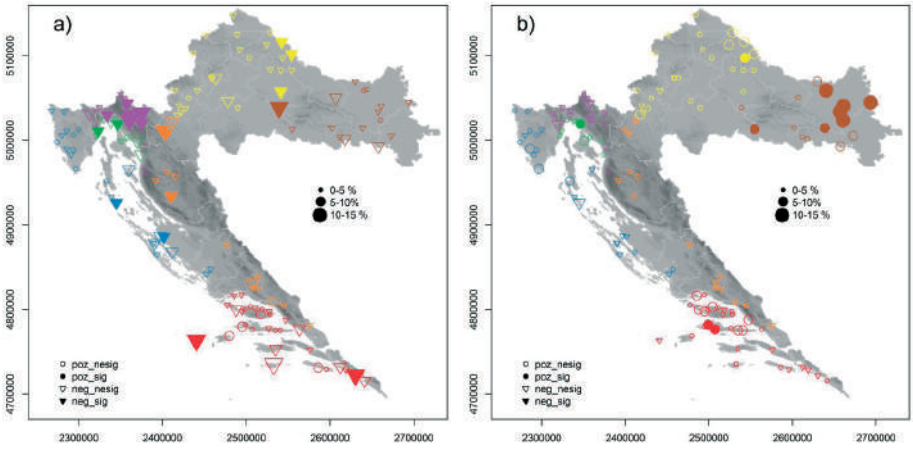
Povratna razdoblja		2	5	10	25	50	100
Reg1	$Sred_{61-10}$	58.4	76.7	90.9	111.8	130	150.9
	$Maks_{61-10}$	64.6	88.2	110.3	148.3	186.1	234.4
	Min_{61-10}	49.6	64.0	73.3	84.9	93.3	101.5
Reg2	$Sred_{61-10}$	69.6	86.9	98.7	114.5	126.8	139.6
	$Maks_{61-10}$	84.9	100.8	114.1	132.2	151.3	177.5
	Min_{61-10}	57.5	73.0	84.7	97.3	104.1	110.5
Reg3	$Sred_{61-10}$	115.1	142.6	160.5	183.1	200.1	217.4
	$Maks_{61-10}$	159.5	205.4	231.7	260.5	279.6	329.2
	Min_{61-10}	86.6	110.5	122.7	138	148.6	157.6
Reg4	$Sred_{61-10}$	163.1	205.0	232.3	266.7	292.4	318.3
	$Maks_{61-10}$	241.0	297.7	325.4	352.3	369.2	401.5
	Min_{61-10}	118.4	138	148.3	158.9	165.3	170.6
Reg5	$Sred_{61-10}$	128.7	166.1	193.1	230.2	260.2	292.5
	$Maks_{61-10}$	165.7	212.6	251.2	310.3	363.3	425.0
	Min_{61-10}	111	143.6	168.7	193.1	211.5	230.1
Reg6	$Sred_{61-10}$	85.5	112	131.2	157.8	179.5	203.1
	$Maks_{61-10}$	112.7	146.5	168.5	195.9	215.9	251.2
	Min_{61-10}	73.8	95.5	110.2	127	139.5	152.1
Reg7	$Sred_{61-10}$	95.3	124.3	144.6	172	193.9	217.3
	$Maks_{61-10}$	123.8	160.1	192.7	240.6	285.8	357.4
	Min_{61-10}	61.1	78.9	89.5	101.7	109.9	117.4

Rezultati trenda sezonskih i godišnjih maksimalnih trodnevnih količina oborine po regijama prikazani su u Tablici 4. Vidimo da je statistički značajno povećanje Rx3d opaženo u jesenskim mjesecima u Slavoniji. Ističe se konzistentno smanjenje ljetne maksimalne trodnevne količine u svim regijama, a koje je statistički značajano u gorskom području (Reg4) i u Kvarnerskom zaljevu (Reg5). S druge strane, na području Kvarnerskog zaljeva i u jadranskom zaleđu (Reg3) opažen je blagi porast Rx3d u svim ostalim sezonama. Nadalje, u gorskom području (Reg 4) te u sjevernom i srednjem priobalju (Reg6) prevladava negativan trend Rx3d po sezonama i za godinu.

Na slikama 2a i 2b prikazani su za sve postaje iznosi dekadnog trenda izraženi u postocima u odnosu na srednje vrijednosti iz referentnog klimatološkog razdoblja 1961-1990. za ljeto i jesen. Jasno se vidi konzistentno smanjenje ljetnih maksimalnih trodnevnih količina u cijeloj Hrvatskoj, osobito u Gorskom Kotaru (Slika 2a) te prevladavajući značajan pozitivan jesenski trend u Slavoniji (od 5% do 15%) (Slika 2b).

Tablica 4. Vrijednosti dekadnog trenda za maksimalnu trodnevnu količinu oborine (mm/10god) za godinu (God) i po sezonama (Z – zima, P- proljeće, LJ- ljeto, J- jesen) za sedam regija (Slika 1). Vrijednosti statistički značajnog trenda na razini značajnosti od 0,05% su podebljane.

Sezona	Reg 1	Reg 2	Reg 3	Reg 4	Reg 5	Reg 6	Reg 7
God	-0.2	-0.9	0.9	-4.9	2.2	-0.1	0.7
Z	-0.4	0.2	1.8	-0.9	2.6	-0.3	-1.2
P	0.4	0.2	2.5	-1.3	2.4	0.3	0.6
LJ	-2.8	-1.5	-1.9	**-4.9**	**-4.5**	-1.8	-0.2
J	**3.0**	1.1	0.0	-2.9	1.4	-0.4	3.6



Slika 2. Dekadn i trend maksimalnih trodnevnih količina oborine za 137 postaja za a) ljeto i b) jesen. Trend je izražen u postocima u odnosu na pripadne srednje vrijednosti iz razdoblja 1961-1990. Puni simboli označavaju statistički značajan pozitivan (kružići) ili negativan (trokutići) trend.

ZAKLJUČAK

U radu su analizirane vrijednosti maksimalnih trodnevnih količina oborine (Rx3d) u Hrvatskoj koja je prema razlikama u oborinskom režimu podijeljena na sedam regija. Rezultati pokazuju da se u svim sezonama najveće vrijednosti Rx3d javljaju u planinskim predjelima, a najmanje u nizinskoj Hrvatskoj što je u skladu sa širom regionalnom analizom godišnjih maksimuma jednodnevne oborine (Isotta i drugi, 2013). U svim regijama se najveće maksimalne trodnevne količine oborine javljaju u jesenskim mjesecima, a samo se u Slavoniji maksimum javlja u ljetnim mjesecima dok jesenski maksimum predstavlja

sekundarni. Upravo u te dvije sezone javljaju se i značajni iznosi trenda maksimalnih trodnevnih količina oborine u analiziranom razdoblju 1961-2010. Tako je u Slavoniji opaženo povećanje jesenskih maksimalnih trodnevnih količina (3mm/10god) dok ljeti u gorskoj Hrvatskoj i u Kvarnerskom zaljevu prevladava smanjenje (oko 5mm/10god). Rezultati trenda su u skladu i s rezultatima za Rx1d i Rx5d koji su analizirani u radu Gajić-Čapka i drugi (2014). Prevladavajuće jesensko povećanje maksimalne dnevne i višednevne količine oborine u Slavoniji popraćeno je i značajnim povećanjem trajanja uzastopnih kišnih dana ponajviše u posavskom području (Cindrić i drugi 2013).
Rezultati ovog rada predstavljaju osnovu za buduću detaljniju regionalizaciju višednevnih maksimalnih količina oborine. Osim toga, rezultati opaženih promjena ukazuju na moguću intenzifikaciju višednevnih maksimuma u jesenskim mjesecima kada su te vrijednosti ionako najveće u godini. Stoga autori ovoga rada smatraju da će dobiveni rezultati poslužiti kod strateškog planiranja prilagodbe na klimatske promjene u okviru procjena rizika od poplava u Hrvatskoj.

ZAHVALA

Ovaj rad je sufinancirala Hrvatska zaklada za znanost u okviru projekta CARE (HRZZ 2831).

LITERATURA

[1] Cindrić, K., Pasarić, Z., Gajić-Čapka, M. (2013): *Time trends in dry and wet spells in Croatia (1961-2010)*. Proceedings of Climate Change Impacts on Water Resources International Conference / Dimkić, Milan (ur.). Beograd : Jaroslav Černi Institute for the Development of Water Resources, 2013. 216-219

[2] Cindrić, K., Nimac, I., Gajić-Čapka, M., Rubinić, J. (2014): *Vremenske promjene kratkotrajnih jakih oborina u razdoblju 1955–2010. za Varaždin i Split*. Hrvatske vode, 22 (89), 239-250.

[3] Coles, S. (2001): *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. Springer Verlag, London, UK.

[4] DHMZ (2014.): *Meteorološki i hidrološki bilten*. Državni hirometeorološki zavod. http://klima.hr/razno.php?id=publikacije&param=bilteni

[5] Gajić-Čapka, M., (1983): O vezi ljetnog maksimuma oborine i atmosferskih sistema u sjevernoj Hrvatskoj. Zbornik meteoroloških i hidroloških radova, 9, SHMZ, Beograd, 34-43.

[6] Gajić-Čapka, M., Cindrić, K. (2011): *Secular trends in indices of precipitation extremes in Croatia*, 1901–2008. Geofizika 28:293-312.

[7] Gajić-Čapka, M., Cindrić, K., Pasarić, Z. (2014): *Trends in precipitation indices in Croatia, 1961–2010*. Theoretical and Appled Climatology. DOI: 10.1007/s00704-014-1217-9.

[8] Helsel D. R., Hirsch R. M., (2002): Statistical Methods in Water Resources Techniques of Water Resources Investigations, U.S. Geological Survey

[9] Isotta, F. A., Frei, C., Weilguni, V., Perčec Tadić, M., Lassègues, P., Rudolf, B., Pavan, V., Cacciamani, C., Antolini, G., Ratto, S. M., Munari, M., Micheletti, S., Bonati, V., Lussana, C., Ronchi, C., Panettieri, E., Marigo, G. and Vertačnik, G. (2013): *The climate of daily precipitation in the Alps: development and analysis of a high-resolution grid dataset from pan-Alpine rain-gauge data*. Int. J. Climatol., doi: 10.1002/joc.3794

[10] Lončar, E., Bajić, A. (1994): *The weather types in Croatia*. Hrvatski meteorološki časopis 29:31–41

[11] Peterson, T.C., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A., Plummer, N. (2001): *Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001*. World Meteorological Organization Rep. WMO-TD No 1071, WCDMP-No 47, Geneva, Switzerland

[12] Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M. i drugi. (2008): *Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961-1990., 1971-2000*., Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 200 str.

[13] WMO (2004): *Report of the CCI/CLIVAR expert team on climate change detection, monitoring and indices (ETCCDMI)*, WCDMP - No 54.

AUTORI

mag. phys.-geophys. Irena Nimac [a]
mr.sc. Ksenija Cindrić Kalin [a]
mr. sc. Melita Perčec Tadić [a]
dr. sc. Marjana Gajić-Čapka [a]

[a] Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb, 10000, Hrvatska, irena.nimac@cirus.dhz.hr; ksenija.cindric@cirus.dhz.hr; melita.percec.tadic@cirus.dhz.hr; capka@cirus.dhz.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.09.

POVRŠINSKA AKTIVNOST OBORINE I AEROSOLA NA PODRUČJU GRADA ZAGREBA

Palma Orlović-Leko, Sanja Frka, Abra Penezić, Kristijan Vidović, Stipe Plećaš

SAŽETAK: Atmosfersko taloženje organskih tvari doprinosi kemiji površinskih voda i cirkulaciji organskog ugljika u ekosustavima. Površinski aktivne tvari (PAT) čine značajan dio frakcije vodotopljivog organskog ugljika (eng. Water Soluble Organic Carbon, WSOC) u atmosferskim aerosolima kao i topljivog organskog ugljika u kiši (eng. Dissolved Organic Carbon, DOC). PAT imaju važnu ulogu u vodenom okolišu jer uslijed akumulacije na međupovršini mijenjaju njezina fizikalno-kemijska svojstva te procese izmjene tvari i energije. U ovom radu PAT su određene u uzorcima oborine, kiše i snijega, (N=17) i atmosferskih aerosola (N=104), na području grada Zagreba od 2011. do 2013. godine. Koncentracije PAT u oborinama kretale su se u rasponu od 0,070 do 0,202 mg/L ekv. Triton-X-100 (srednja vrijednost 0,125 mg/L ekv. Triton-X-100) i nisu ovisile o sezoni uzorkovanja. U uzorcima aerosola uočena je sezonska varijabilnost koncentracija PAT sa srednjom vrijednosti (μg m^{-3} ekv. Ttriton-X-100) od 3,024 u hladnoj sezoni i 0,631 u toploj sezoni. Koncentracije PAT su normalizirane na sadržaj DOC/WSOC a vrijednosti za realne uzorke uspoređene su s onim dobivenim za modelne tvari. Na temelju toga procijenjen dominantan površinski aktivan materijal u istraživanim uzorcima, u toplijoj sezoni sličan je HULIS materijalu, a u hladnijoj sezoni anionskoj PAT kao što je natrijev dodecil benzen sulfonat (NaDBS).

KLJUČNE RIJEČI: površinski aktivne tvari, oborine, aerosoli, urbano područje

SURFACE ACTIVITY OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION AND AEROSOL IN ZAGREB

SUMMARY: Atmospheric deposition of organic matter contributes to the chemistry of surface waters and to the circulation of organic carbon in ecosystems. Surface active substances (SAS) make up a portion of the water-soluble organic carbon (WSOC) of atmospheric aerosols and of the dissolved organic carbon (DOC) in rainwater. SAS play an important role in the aquatic environment, since due to their accumulation of the interface they change its physico-chemical properties, directly affecting the exchange processes. In this work, SAS were determined in the precipitation samples (rain and snow) (N=17) and WSOC of aerosols (N=104) in the Zagreb area 2012/2013. The concentrations of SAS in

the precipitations were in the range from 0.070 to 0.202 mg/L eq. Triton-X-100 (average 0.125 mg/L eq. Triton-X-100). In the aerosols, the seasonal variability in the SAS concentrations was observed. The higher SAS values were measured in the cold season (average value 3.024 μg m^{-3} eq. Triton-X-100) than in the warm season (average value 0.631 μg m^{-3} eq. Triton-X-100). The correlation between the SAS and DOC values of the samples were compared with model substances. The results show that the HULIS matter is dominant in the precipitation and atmospheric aerosols during the warm seasons while the anionic surfactants, as here presented by sodium dodecyl benzene sulfonate (NaDBS), could be the dominant SAS substances in the cold season.

KEY WORDS: Surface active substances, precipitation, aerosols, urban area.

1. UVOD

Površinski aktivne tvari (PAT) doprinose količini atmosferskih organskih spojeva a rezultat su ljudske aktivnosti i prirodnih procesa (Orlović-Leko i drugi, 2004, 2009; Frka i drugi, 2012). Površinski aktivna (PA) molekula u svojoj strukturi sadrži hidrofilni i hidrofobni dio i u vodenom okolišu hidrofilnim dijelom orijentira se prema vodi dok hidrofobnim dijelom nastoji izbjeći kontakt s vodom što ima za posljedicu akumulaciju PAT na međupovršinama. Organske tvari u atmosferi mogu se naći u čestičnoj i plinskoj frakciji. Organske čestice se emitiraju u atmosferu ili direkno izgaranjem fosilnih goriva i biomase stvarajući primarne organske aerosole ili nastaju iz plinova prekursora što dovodi do stvaranja sekundarnih organskih aerosola (Kanakidou i drugi, 2005). U urbanim sredinama Europe, oko 50 mas.% atmosferske čestične tvari frakcije PM_{10} (čestice aerodinamičkog promjera ≤ 10 μm) ima izvor u cestovnom prometu (Salvador i drugi, 2004). Sekundarne atmosferske čestice indirektno potječu od prometa; ispušne pare iz automobila većinom sadrže hlapljive ugljikovodike koji u atmosferi podliježu fizikalno-kemijskim promjenama (Colvile i drugi, 2001). Značajna frakcija (10-70 %) organske tvari u atmosferskim aerosolima topljiva je u vodi (Jaffrezo i drugi, 2005) a kemijske značajke ove frakcije specifične su za određene urbane sredine. Atmosferske PAT povezuju se s frakcijom u vodi topljivog atmosferskog organskog ugljika (eng. Water Soluble Organic Carbon, WSOC). To su uglavnom oksidirane, makromolekularne, polarne organske tvari (Latif i Brimblecombe, 2004). Važna grupa WSOC su površinski aktivne tvari slične huminskim (eng. Humic Like Substances, HULIS). Temeljna razlika između HULIS materijala i terestrijalnih huminskih tvari uključuje veću površinsku aktivnost, manju molekulsku težinu, niži aromatski karakter, veći molarni odnos H/C te slabiju kiselost (Graber i drugi, 2005). Prema pojedinim istraživanjima, u vodi topljivi HULIS nalazi se u količini od 20 % u WSOC u čistom marinskom okolišu i 25-50 % u urbanom okolišu. Aromatski sadržaj HULIS materijala reduciran je u marinskom okolišu u odnosu na onečišćeni urbani okoliš (Krivacsy i drugi, 2008). Uklanjanje atmosferskih organskih tvari oborinama predstavlja značajan dio njihovog biogeokemijskog ciklusa i njihovog utjecaja na vodene ekosustave. Mokro taloženje sastoji se u uklanjanju spojeva iz plinske i čestične atmosferske frakcije oborinama. Mokrim taloženjem iz atmosfere uklanja se netopljiva frakcija ugljika i frakcija ugljika koja može sadržavati smjesu organskih spojeva potpuno ili djelomično topljivih (Reyes-Rodrígues i drugi, 2009). Pri tome važnu ulogu imaju organske PAT koje se akumuliraju na granicama faza kao što su zrak/atmosferska čestica i zrak/površinska voda te mijanjajući međufazna mikrofizikalna

svojstva utječu na atmosferske procese i klimatske promjene, mehanizme uklanjanja tvari iz atmosfere, na fizikalno-kemijska svojstva i biološke procese površinske vode te procese izmjene tvari i energije između vode i atmosfere. Površinski film koje PAT stvaraju na granicama faza zrak/atmosferska čestica može determinirati transport plinova, aktivaciju nukleusa oblaka, adsorpciju hidrofobnih tvari, prijenos onečišćavala, kinetiku kemijskih reakcija i stvaranje produkata, te topljivost spojeva u vodenoj frakciji (Sukhapan i drugi, 2002; Donaldson i Vaida, 2006). Nadalje, atmosferske PAT povećavaju potencijal ispiranja organske tvari iz atmosfere oborinama te mobiliziraju mikroonečišćenja na globalnoj razini.

Otvoreni uzorkovač (eng. bulk collector) s kontinuirano otvorenim lijevkom, često se koristi kao uzorkovač oborine u ekološkim studijama. Međutim, otvoreni uzorkovač je više ili manje izložen utjecaju suhog taloženja (period bez oborine) plinskih ili čestične tvari. Zato se fizikalno-kemijska svojstva oborine mogu bolje procijeniti ako se uzorkovanje provodi automatskim uzorkovačem (eng. wet–only sampler) (Steaelens i drugi, 2005).

U ovom radu, provedeno je istraživanje površinske aktivnosti oborina uzorkovanih automatskim uzorkovačem NSA 181/KE (Eigenbrodt) u sjevernom dijelu grada Zagreba u razdoblju od 2011. do 2013. godine, tijekom različitih sezona. Onečišćenja na ovoj postaji potječu od kućnih ložišta i umjerenog prometa te je kao takva definirana kao pozadinska urbana mjerna postaja. Dobiveni rezultati uspoređeni su s rezultatima desetogodišnjeg istraživanja PAT u oborinama uzorkovanim otvorenim uzorkovačem (″bulk″ uzorci) (Orlović-Leko i drugi, 2004; Orlović-Leko i drugi, 2009a). U radu su prikazani i rezultati istraživanja PAT u uzorcima atmosferskih aerosola u frakciji PM_{10}, uzorkovanim u 2011. i 2012. godini također u sjevernom dijelu grada Zagreba (Vidović, 2014).

Ovakva istraživanja atmosferske organske tvari provedena su u cilju procjene dominantnog površinski aktivnog materijala zastupljenog u različitim atmosferskim uzorcima urbanog područja. Karakterizacija DOC u oborini različitih regija, s različitom klimom i različitom razinom onečišćenja važna je jer su oborine glavni izvor pitke vode, a mogu utjecati na fizikalno-kemijska svojstva kopnenih i vodenih ekosustava.

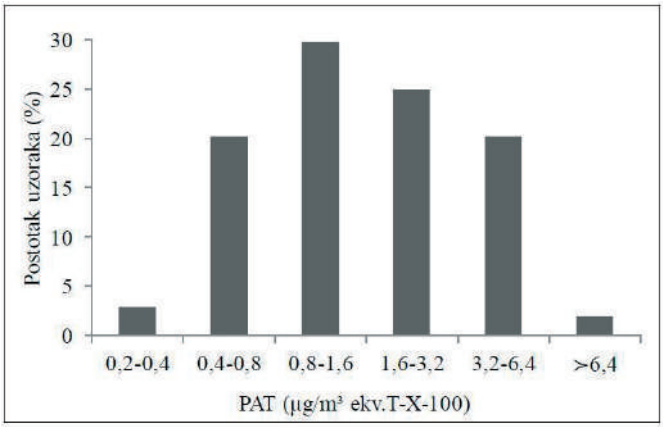
2. KARAKTERIZACIJA POVRŠINSKI AKTIVNIH TVARI

2.1. Kvantitativna analiza PAT

U dnevnim uzorcima oborina, uzorkovanim automatskim uzorkovačem na području grada Zagreba, u razdoblju 2011. - 2013., određene su PAT, topljivi organski ugljik (eng, Dissolved Organic Carbon, DOC), partikularni organski ugljik (eng. Particulate Organic Carbon, POC) te pH vrijednost. Određivanje PAT provedeno je elektrokemijskom metodom voltametrije izmjenične struje. Ukupna površinska aktivnost (PA) uzoraka izražena je u ekvivalentima neionske površinski aktivne tvari Triton-X-100 (ekv. Triton-X-100 u mg dm^{-3}) za koju je prethodno izrađena kalibracijska krivulja, tj. adsorpcijska izoterma. Koncentracije DOC određene su postupkom visoke temperaturne katalitičke oksidacije s instrumentom tvrtke Shimadzu (Japan). POC određen je postupkom visoke temperaturne katalitičke oksidacije s instrumentom SSM-5000A povezanim sa Shimadzu TOC-VCPH analizatorom ugljika, kalibriranim s glukozom. DOC koncentracije (N=22), u rasponu vrijednosti od 0,31 do 2,66 mg/L (srednja vrijednost 1,35 mg/L) bile su niže od onih postignutim u ″bulk″ uzorcima oborine (srednja vrijednost 2,08 mg/L) (Orlović-Leko i drugi, 2009b) što pokazuje kako dio organske tvari potječe od suhog taloženja. Vrijednosti

ukupne površinske aktivnosti uzoraka (N=17) kretale su se od 0,070 do 0,202 mg/L ekv. Triton-X-100 (srednja vrijednost 0,125 mg/L ekv. Triton-X-100). U filtriranim uzorcima (korišten je Whatman GF/F filter, veličine pora 0,7 μm) postignute se slične vrijednosti koncentracije PAT (srednja vrijednost 0,122 mg/L ekv. Triton-X-100) te se može zaključiti kako čestična frakcija organskog ugljika (prisutna u količini od 0,04 mg/L do 0,80 mg/L) u mokroj depoziciji ne doprinosi koncentraciji PAT. U ″bulk″ uzorcima izmjerene su veće koncentracije PAT (do 0,45 mg/L ekv. Triton-X-100, s prosječnom koncentracijom od 0,16 mg/L ekv. Triton-X-100) a dio PA se gubio filtriranjem uslijed prisutnosti površinski aktivne partikularne tvari koja je zaostajala na filteru (Ćosović i drugi, 2007). U ranijim istraživanjima utvrđeno je, kako površinska aktivnost ovisi o pH vrijednosti uzoraka. Vrijednost pH oborine kretala se od 4,07 do 7,02 (udio kiselih kiša 76% tj. pH<5,6). U oborinama uzorkovanim otvorenim uzorkovačem, pH vrijednosti su bile pomaknute prema slabo lužnatom području (do pH=7,5) s manjim udijelom kiselih kiša (oko 73 %), vjerojatno uslijed neutralizacije kiselih sastojaka oborine iz suhog taloženja.

Površinska aktivnost mjerena je i u vodotopljivoj frakciji dnevnih uzoraka atmosferskih aerosola (eng. Water-Soluble Organic Carbon, WSOC) uzorkovanih sezonski u razdoblju od listopada 2011. do srpnja 2012. godine. Uzorkovana je čestična frakcija aerosola PM_{10}. Koncentracije WSOC, u rasponu od 2,16 μg m^{-3} do 27,5 μg m^{-3} (srednja vrijednost 7,90 μg m-3) bile su povećane u odnosu na neke druge urbane sredine. Na razinu WSOC naviše utječe dinamika atmosfere i lokalna disperzija (Jaffrezo i drugi, 2005). Međutim, niska koncentracija WSOC obično se objašnjava prisutnošću primarnih organskih aerosola dok starenje organske tvari i oksidacija povećavaju koncentraciju WSOC (Saxena i drugi, 1996; Decesari i drugi, 2001). Sezonski koncentracijski trend WSOC u uzorcima aerosola na zagrebačkom području slijedi niz: zima > jesen > proljeće > ljeto sa srednjim vrijednostima u μg m-3 od: 11,60; 10,70; 4,77 i 4,33. Pronađeno je kako PAT čine znatan dio WSOC frakcije atmosferskih aerosola, a njihove koncentracije kretale su se u rasponu od 0,19 do 6,76 μg m-3 ekv. Triton-X-100 (srednja vrijednost 1,87 μg m^{-3}ekv. Triton-X-100). Raspodjela koncentracija PAT prikazana je na slici 1.

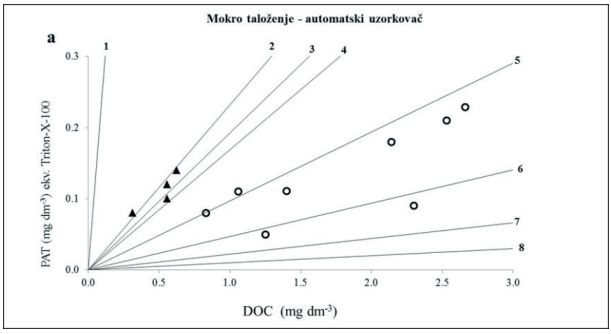


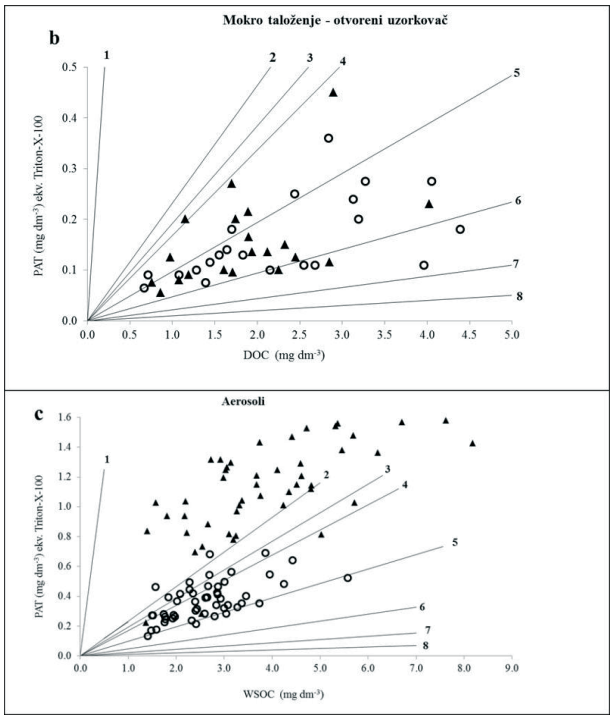
Slika 1. Raspodjela relativnih koncentracija PAT u WSOC frakciji atmosferskih aerosola uzorkovanih tijekom 2011. i 2012. godine na području grada Zagreba

Najčešće izmjerene koncentracije PAT (oko 30 %) nalazile su se između 0,8 i 1,6 μg m^{-3} ekv. Triton-X-100. U samo nekoliko uzoraka (2,88 %) izmjerene su niske vrijednosti PAT (0,2-0,4 μg m^{-3} ekv. Triton-X-100) kao i vrijednosti veće od 6,4 μg m^{-3} ekv. Triton-X-100 (1,92 %). Koncentracije PAT ovisile su o sezoni. Srednje vrijednosti koncentracija PAT za pojedine sezone u μg m^{-3} ekv. Triton-X-100 iznose: 3,34 (jesen); 2,65 (zima); 0,71 (proljeće); 0,55 (ljeto). Porast koncentracije PAT u hladnijoj sezoni u odnosu na topliju, može biti ili posljedica veće koncentracije PAT u WSOC frakciji aerosola ili prisutnosti tvari jače površinske aktivnosti determinirane različitim kemijskim svojstvima organskih molekula. Promjena kemijskog sastava organskog materijala može biti u funkciji dominantnih izvora ili različitog porijekla zračnih masa (Orlović-Leko i drugi, 2009a).
Razmatrana je korelacija između pojedinih mjerenih parametara. Korelacija PAT/DOC izražena kao R2 iznosila je: 0,44 (mokro taloženje), 0,80 (uzorci aerosola) i 0,26 (″bulk″ uzorci). Površinska aktivnost atmosferskih uzoraka ne ovisi samo o količini topljivog organskog ugljika već i o prirodi PAT. Korelacija PAT s volumenom oborine nije statistički značajna, R2=0,30 (mokro taloženje) što je uočeno i u slučaju ″bulk″ uzoraka (R2=0,11) (Orlović-Leko i drugi, 2009a).

2.2. Kvalitativna analiza PAT

Kvalitativna karakterizacija PAT organskih tvari u istraživanim uzorcima procijenjena je usporedbom normalizirane površinske aktivnosti uzoraka i modelnih tvari. Dobivena površinska aktivnost za realne uzorke (oborine i atmosferske aerosole) kao i za modelne tvari normalizirana je na sadržaj vodotopljivog organskog ugljika (slika 2).





Slika 2. Korelacija između PAT/DOC (WSOC) koncentracija dobivenih u uzorcima oborine (a i b) i atmosferskih aerosola (c) na području grada Zagreba u hladnijoj (▲) i toplijoj (○) sezoni. Linije odgovaraju modelnim tvarima: (1) oleinska kiselina, (2) natrij dodecil benzen sulfonat, NaDBS, (3) kaprinska kiselina pH=4, (4) fulvinska kiselina, (5) prirodni atmosferski HULIS materijal, (6) 3-hidrokisbutan kiselina, (7) humična kiselina, (8) kaprilna kiselina pH=4.

Kako je vidljivo sa slike 2a, u slučaju oborina uzorkovanim automatskim uzorkovačem, uzorci iz hladnije sezone (listopad-ožujak) grupiraju se oko linije anionske PAT prezentirane s natrijevim dodecil benzen sulfonatom (NaDBS) dok se uzorci iz toplije sezone (travanj-rujan) nalaze između linija prirodnog HULIS materijala i 3-hidrokisbutan kiseline (monokarboksilna kiselina). Od toga, veći dio predstavljaju tvari tipa HULIS koje su danas predmet čitavog niza istraživanja zbog svojih svojstava značajnih za razne atmosferske procese.

U ″bulk″ uzorcima (slika 2b) nije uočljivo grupiranje PA materijala prema sezonama već su sve normalizirane PA raspodijeljene oko modelnih linija NaDBS i humične kiseline te su više odgovarale PA materijalu iz toplije sezone uzorkovanim automatskim uzorkovačem. To potvrđuje tezu da se karakterizacija oborine tj. mokrog taloženja može bolje provesti ako se za uzorkovanje koristi automatski uzorkovač.

Iz usporedbe adsorpcijskih karakteristika odabranih površinski aktivnih modelnih tvari i PAT iz WSOC frakcije atmosferskih aerosola (slika 2c), može se pretpostaviti da većina uzoraka iz hladnije sezone ima slično adsorpcijsko ponašanje kao masne kiseline i NaDBS za razliku od uzoraka iz toplije sezone čije je adsorpcijsko ponašanje sličnije

adsorpcijskom ponašanju fulvinske kiseline i prirodnog atmosferskog HULIS materijala. Nadalje, iz dijagrama na slici 2, također je vidljivo kako čak i male količine jako adsorbabilne tvari kao što su masne kiseline i anionske tvari mogu značajno doprinijeti površinskoj aktivnosti kopleksne smjese DOC/WSOC u oborini/atmosferskom aerosolu.

ZAKLJUČAK

1. U ovom radu, elektrokemijskom metodoma, izvršena je kvantitativna i kvalitativna karakterizacija površinski aktivnih tvari (PAT) u uzorcima oborine i u frakciji vodotopljivog organskog ugljika atmosferskih aerosola. Uzorkovanje je provedeno na području grada Zagreba u periodu od 2011. do 2013. godine.
2. Koncentracije PAT u oborini kretale su se u rasponu od 0,070 do 0,202 mg/L ekv. Triton-X-100 (srednja vrijednost 0,125 mg/L ekv. Triton-X-100) a njihove vrijednosti nisu ovisile o sezoni uzorkovanja.
3. Površinski aktivne tvari (PAT) čine znatan dio WSOC frakcije atmosferskih aerosola, a njihove koncentracije, u rasponu od 0,19 do 6,76 μg m^{-3} ekv. Triton-X-100 i srednjom vrijednosti od 1,87 μg m^{-3} ekv. Triton-X-100, ovisne su o sezoni. Srednje vrijednosti koncentracija PAT za pojedine sezone u μg m^{-3} ekv. Triton-X-100 iznose: 3,34 (jesen); 2,65 (zima); 0,71 (proljeće); 0,55 (ljeto).
4. Rezultati kvalitetativne analize pokazuju kako je u oborini i aerosolima dominantan površinski aktivan materijal u toplijoj sezoni sličan HULIS materijalu, a u hladnijoj sezoni anionskoj PAT kao što je natrijev dodecil benzen sulfonat.

LITERATURA

[1] Colvile, R.N., Hutchinson, E.J., Mindell, J.S., Warren, R.F. (2001): *The transport sector as a source of air pollution*. Atmospheric Environment 35, 1537-1565.

[2] Ćosović, B. Orlović Leko, P. Kozarac, Z. (2007): *Rain water dissolved organic carbon: Characterization of surface active substances by electrochemical method*. Electroanalysis19, 19-20; 2077-2084.

[3] Decesari, S., Facchini, M.C., Matta, E., Lettini, F., Mircea, M., Fuzzi, S., Tagliavini, M.E., Putaud, J.-P. (2001): *Chemical features and seasonal trend of water soluble organic compounds in the Po Valley fine aerosol*. Atmospheric Environment 35, 3691– 3699.

[4] Donaldson, D.J., Vaida, V. (2006): *The influence of organic films at the air-aqueous boundary on atmospheric processes*. Chemical reviews 106(4), 1445-1461.

[5] Frka, S., Dautović, J., Kozarac, Z., Ćosović, B., Hoffer, A., Kiss, G. (2012): *Surface-active substances in atmospheric aerosol: an electrochemical approach*. Tellus B, 64, 1-12.

[6] Graber, E.R., Rrudich, Y. (2006): *Atmospheric HULIS: How humic-like are they? A comprehensive and critical review*. Atmospheric Chemistry and Physics 6(3), 729-753.

[7] Jaffrezo, J.L., Aymoz, G., Delaval, C., Cozic, J. (2005): *Seasonal variations of the water soluble organic carbon mass fraction of aerosol in two valleys of the French*

Alps. Atmospheric Chemistry and Physics 5(10), 2809-2821.

[8] Kanakidou, M., Seinfeld, J.H., Pandis, S.N., Barnes, I., Dentener, F.J., Facchini, M.C., Van Dingenen, R., Ervens, B., Nenes, A., Nielsen, C.J., Swietlicki, E., Putaud, J.P., Balkanski, Y., Fuzzi, S., Horth, J., Moortgat, G.K., Winterhalter, R., Myhre, C.E.L., Tsigaridis, K., Vignati, E., Stephanou, E.G., Wilson, J. (2005): *Organic aerosol and global climate modelling: a review*. Atmospheric Chemistry and Physics 5, 1053-1123.

[9] Krivácsy, Z., Kiss, G., Ceburnis, D., Jennings, G., Maenhaut, W., Salma, I., Shooter D. (2008): *Study of water-soluble atmospheric humic matter in urban and marine environments*. Atmospheric Research 87, 1-12.

[10] Latif, M. T. and Brimblecombe, P. (2004): *Surfactants in atmospheric aerosols*, Environmental Science and Technology 38, 6501-6506.

[11] Orlović-Leko, P., Kozarac, Z., Ćosović, B. (2004): *Surface active substances (SAS) and dissolved organic matter (DOC) in atmospheric precipitation of urban area of Croatia (Zagreb)*. Water, air, and soil pollution 158(1), 295-310.

[12] Orlović-Leko, P., Plavšić, M., Bura-Nakić, E., Kozarac, Z., Ćosović, B. (2009a): *Organic Matter in the Bulk Precipitations in Zagreb and Šibenik, Croatia*. Atmospheric Environment 43, 4; 805-811.

[13] Orlović-Leko, P; Kozarac, Z; Ćosović, B; Plavšić, M; Strmečki, S. (2009b): *Desetogodišnje praćenje organske tvari u oborinama na području grada Zagreba.* Zbornik radova: Šesti hrvatski znanstveno-stručni skup: Zaštita zraka 09, Zadar, 339-344.

[14] Reyes-Rodrígueza, G.J., Gioda, A., Mayol-Braceroe, O.L., Collett, J.Jr. (2009): *Organic carbon, total nitrogen, and water-soluble ions in clouds from a tropical montane cloud forest in Puerto Rico*. Atmospheric Environment 43(27), 4171–4177.

[15] Salvador, P., Begoña Artíñano, Alonso, D.G,, Querol, X., Alastuey, A. (2004): I*dentification and characterisation of sources of PM_{10} in Madrid (Spain) by statistical methods*. Atmospheric Environment 38 (3), 435–447.

[16] Saxena, P., Hildemann, L.M. (1996): *Water-soluble organics in atmospheric particles: A critical review of the literature and application of thermodynamics to identify candidate compounds*. Journal of Atmospheric Chemistry 24(1), 57-109.

[17] Staelens, J., De Schrijver, A., Van Avermaet, P., Genouwc, G., Verhoestd, N. (2005): *A comparison of bulk and wet-only deposition at two adjacent sites in Melle (Belgium)*. Atmospheric Environment 39, 7-15.

[18] Sukhapan, J., Brimblecombe, P. (2002): *Ionic surface active compounds in atmospheric aerosols*. The Scientific World Journal 2, 1138-1146.

[19] Vidović, K. (2014): *Sezonska promjena svojstava organske tvari u atmosferskim aerosolima na području grada Zagreba*. Diplomski rad. Rudarsko-geološko naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

AUTORI

Izv. prof. dr.sc. Palma Orlović-Leko [a]
dr.sc. Sanja Frka [b]
dr.sc. Abra Penezić [b]
Kristijan Vidović, mag. ing. min. [a]
Stipe Plećaš, student [a]

[a] Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, Zagreb, 10 000 Zagreb, Hrvatska, paorleko@rgn.hr

[b] Institut "Ruđer Bošković", Zavod za istraživanje mora i okoliša, Bijenička 54, 10 002 Zagreb, Hrvatska, Sanja.Frka@irb.hr

R 1.10.

EKSTREMNA SUŠA NA IZVORIŠTIMA VODOOPSKRBE U SLIVU MIRNE TIJEKOM 2012. GODINE

Josip Rubinić, Ksenija Cindrić Kalin, Mladen Nežić, Maja Radišić, Igor Ružić

SAŽETAK: Vodoopskrba na području Istarske županije dominantno je vezana uz vodne resurse na području sliva Mirne – krških izvora Sv.Ivan, Gradole i Bulaž te akumulacije Butoniga. Sezonske pojave suša, odnosno smanjenih izdašnosti izvora u razdoblju najvećih potreba za vodom uobičajene su pojave, i u normalnim hidrološkim prilikama uspijevaju se prebroditi bez većih problema u vodoopskrbi. No, iznimno dugotrajno sušno razdoblje, započeto još tijekom 2011.g., nastavilo se i još više intenziviralo tijekom 2012.g., te je imalo iznimno velike posljedice ne samo na izdašnost izvorišta i stanje vodnih rezervi u akumulaciji Butoniga, već i na samu vodoopskrbu. Tako su odlukom župana Istarske županije donesene i mjere redukcije vode I stupnja na čitavom području Istarske županije, tijekom razdoblja 23.07.-24.09.2012. Pojava tako iznimno dugotrajnog i naglašenog sušnog razdoblja i njegove manifestacije na režim istjecanja zaliha podzemnih voda na navedenim izvorima dovelo je do nužnosti osiguranja dodatnih saznanja o značajkama izdašnosti izvora karakterističnim za tako ekstremna sušna razdoblja. Time bi se osigurale i vrijedne podloge za daljnja projektiranja, upravljanje kao i druge zahvate u domeni vodnogospodarskih sustava. U radu je analizirana pojava spomenute ekstremne suše iz 2012.g. kako s klimatološkog aspekta, tako i s hidrološkog aspekta ocjene pojavnosti karakterističnih stanja malih voda. Rezultati provedenih analiza pokazali su da su izdašnosti pojedinih izvora bile višestruko niže od prethodno iskazanih procjena, te da je nužno i dalje raditi na optimizaciji korištenja raspoloživog vodnog potencijala u slivu Mirne.

KLJUČNE RIJEČI: hidrološka suša, meteorološka suša, vodni resursi, krški izvori, akumulacija Butoniga, sliv Mirne

EXTREME DROUGHT AT WATER SUPPLY SOURCES IN THE MIRNA RIVER BASIN DURING 2012

SUMMARY: Water supply in the Istria County relies primarily relies on water resources in the Mirna river basin - the karst springs Sv. Ivan, Gradole and Bulaž and the Butoniga reservoir. Seasonal drought occurrences, i.e. reduced spring yields in the period of the greatest water demand are common events which are dealt with without any major water

supply problems in normal hydrological conditions. However, an exceptionally long dry period that began in 2011, continued and even intensified during 2012, resulted in extremely serious consequences for not only the spring yields and status of water reserves in the Butoniga reservoir, but also on the water supply as well. Consequently, the Istria County Prefect reached a decision establishing level 1 water-saving measures throughout the County in the period from 23 July – 24 September 2012. Due to such extremely long and intensive period of drought and its effects on the discharge regime of groundwater resources at these springs, additional information is required about the features of the spring yields characteristic for such extreme periods of drought. This would also provide valuable baseline information for further design, management and other activities of water management systems. The paper analyses the extreme 2012 drought both in terms of climatological and hydrological assessment of characteristic low water events. The results indicated that the yields of particular springs were several times lower than those estimated before and that further work is required on optimizing the use of the available water potential in the Mirna basin.

KEY WORDS: Hydrological drought, meteorological drought, water resources, karst springs, Butoniga reservoir, Mirna basin

1. UVOD

Vodoopskrba područja Istarske županije u najvećoj mjeri zavisi o raspoloživim vodnim resursima krških izvorišta. To je posljedica geološke građe terena u kojoj prevladavaju krške strukture. Drenažnu bazu podzemnih voda čine s jedne strane doline Mirne, Raše i Dragonje gdje su locirani i najizdašniji krški izvori, a s druge strane morska obala gdje se istjecanje podzemnih voda javlja u vidu uglavnom povremenih krških izvora ili pak difuznog istjecanja podzemnih voda. Upravo su tri kaptirana krška izvora u dolini Mirne - Gradole, Sv.Ivan te Bulaž, glavni vodni resursi iz kojih se osigurava većina vodoopskrbnih potreba za vodom Istarskog vodovoda, a čemu valja pridodati i površinsku akumulaciju Butonigu. U godinama s uobičajenim hidrološkim prilikama, nema problema s osiguranjem vodoopskrbe istarskog područja kao i dijela Slovenskog primorja koje je putem Rižanskog vodovoda vezano uz sustav Gradole i koristi dio voda tog izvora.

Međutim, vrlo sušne hidrološke godine kakve su karakterizirale 2011.g. te se nastavile i tijekom najvećeg dijela 2012.g., izazvale su iznimne probleme, pa i redukcije vode I stupnja na čitavom području Istarske županije (23.07.-24.09.2012.). No, sretna je okolnost da je problem nedostatka jesensko-zimskog punjenja vodonosnika i kritično nisko stanje vodnih zaliha u podzemlju prepoznato daleko ranije od nastupa pojačanih sezonskih zahtjeva za vodom. Stoga je od strane upravljača vodovodom već krajem zime 2012.g. uspostavljen sustav aktivnog praćenja stanja hidroloških prilika, ocjena sušnosti kao i procjena izdašnosti izvora, a na kojim je poslovima bio angažiran Građevinski fakultet Rijeka. Nakon kritično dugog nastavka ljetnog sušnog razdoblja, tek su krajem listopada počele padati značajnije oborine, a iznimno kišno razdoblje nastavilo se i u studenom čime su krški vodonosnici došli u iznimno rijetku situaciju maksimalnog punjenja svojih podzemnih rezervi nakon ekstremno sušnog razdoblja. Pojava tako iznimno dugotrajnog i naglašenog sušnog razdoblja i njegove manifestacije na režim istjecanja zaliha podzemnih

voda na navedenim izvorima stvorilo je pretpostavku da se osiguraju dodatna saznanja o značajkama izdašnosti izvora karakterističnim za tako ekstremna sušna razdoblja, čime se osiguravaju vrijedne podloge za daljnja projektiranja, upravljanje kao i druge zahvate u domeni vodnogospodarskih sustava (Građevinski fakultet Rijeka, 2013). Stoga je u danom radu dan najprije prikaz meteoroloških značajki razdoblja 2011.-2012.g., a onda i prikaz posljedica te meteorološke suše na hidrološke značajke izvora u dolini Mirne. Pri tome je kao reprezent odabran najizdašniji izvor – izvor Gradole.

2. ANALIZA METEOROLOŠKE SUŠE TIJEKOM 2011. I 2012. GODINE

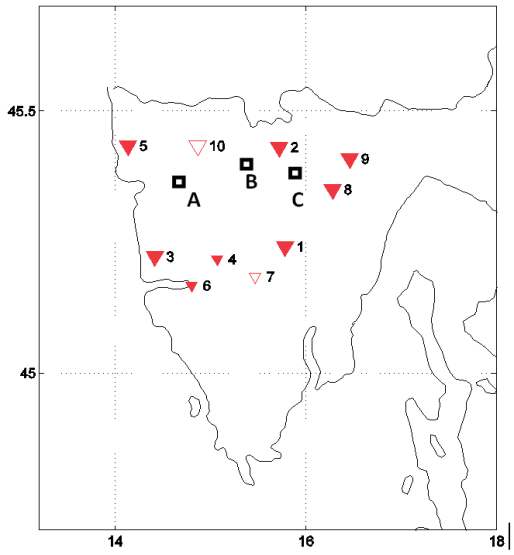
Izostanak ili manjak oborine u odnosu na prosječne količine na nekom području kroz dulje vremensko razdoblje može utjecati na smanjenje površinskih i podzemnih voda. Zbog toga je u ovom radu najprije analizirana meteorološka suša i to korištenjem standardiziranog oborinskog indeksa (eng. Standardized Precipitation Index, SPI) kojeg je za praćenje meteorološke suše preporučila Svjetska meteorološka organizacija (WMO, 2012). Prednost tog indeksa je u tome što se može računati za različite vremenske skale (od jednog do više mjeseci) tako da može poslužiti kao pogodan pokazatelj i agronomske (npr. tijekom vegetacijskog razdoblja) i hidrološke suše (npr. tijekom hidrološke godine). Više o metodi izračuna ovog indeksa može se pronaći u McKee i dr. (1993) koji su i uveli ovaj indeks u meteorološku praksu. SPI se također koristi pri redovnom praćenju suše u Državnom hidrometeorološkom zavodu (DHMZ, http://meteo.hr). Općenito, SPI se bazira na prilagođavanju teorijske (gama) razdiobe na nizove kumulativne oborine (za određenu skalu) te transformacijom njezine kumulativne funkcije na standardiziranu normalnu razdiobu čime se deficit oborine izražava u standardnim devijacijama. Tako vrijednosti SPI-a za pojedinu skalu u iznosu između -1.49 i -1 ukazuju na umjereno sušne prilike, vrijednosti od -1.99 do -1,5 na vrlo sušne, a manja od -2 na ekstremno sušne oborinske prilike nekog područja. Sušno razdoblje za pojedinu vremensku skalu se određuje iz niza pripadnih vrijednosti SPI tako da se odredi prva vrijednost manja od -1. Sukcesivni niz negativnih vrijednosti (SPI < 0) određuje duljinu sušnog razdoblja koje završava kada SPI poprimi vrijednost veću ili jednaku nuli. Suma pripadnih vrijednosti SPI unutar sušnog razdoblja predstavlja njegovu magnitudu.

Za potrebe ovoga rada korišteni su podaci 12-mjesečnih kumulativnih količina oborine koje obuhvaćaju hidrološku godinu (od listopada do rujna) iz razdoblja 1961.-2012. za deset meteoroloških postaja reprezentativnih za sliv Mirne (tablica 1. i slika 1.). U tablici 1. prikazane su osnovne značajke meteorološke suše tijekom 2011. i 2012. Tijekom hidrološke godine 2011./2012. na području sliva Mirne zabilježeno je od 371.5 mm (Poreč) do 759.3 mm (Lanišće) oborine što predstavlja 50% do 60% pripadnih prosječnih vrijednosti iz klimatološkog razdoblja 1961.-1990. Prema vrijednosti SPI-12 za rujan 2012. (koji se dakle odnosi na kumulativnu količinu oborine od rujna 2012. unazad 12 mjeseci) takve količine predstavljaju ekstremno sušne prilike u istočnom dijelu sliva (postaje 1, 7, 8 i 9) dok su na ostalom području prevladavale vrlo sušne prilike. Slični zaključci vidljivi su i iz pripadnih povratnih razdoblja (T), pa se tako na istočnim postajama izmjerene 12-mjesečne količine od listopada 2011. do rujna 2012. mogu očekivati prosječno jednom u više od 50 godina. Analiza trajanja sušnog razdoblja pokazuje da je 12-mjesečni deficit oborine započeo u studenom 2011. kada je na cijelom području zabilježeno manje od 30% prosječne oborine za studeni (na postajama Abrami i Lanišće je palo svega 7%

do 8% prosječne oborine) (nije prikazano). Taj 12-mjesečni deficit oborine nastavio se narednih 13-14 mjeseci (tablica 1.) i magnituda takvog sušnog razdoblja predstavlja apsolutni ili sekundarni maksimum od 1961. godine. Treba napomenuti da su tijekom ljeta 2012. u Istri, kao i u cijeloj Hrvatskoj, prevladavale i ekstremno visoke temperature (DHMZ, 2012) što je zasigurno dodatno doprinijelo negativnim posljedicama ove suše. Osim ocjene oborinskih prilika tijekom hidrološke godine 2011./2012. procijenjen je i trend 12-mjesečnih količina oborine od listopada do rujna, za razdoblje 1961.-2012. Trend je određen procjenom Senovog ili Kendallovog tau nagiba, a statistička značajnost trenda testirana je pomoću Mann-Kendallovog testa na razini značajnosti 5% (Helsel i Hirsch, 2002). Iz tablice 1. i slike 1. vidljivo je da na postajama koje obuhvaćaju sliv Mirne prevladava statistički značajno smanjenje ukupne količine oborine tijekom hidrološke godine. Na slici 1. prikazana je prostorna razdioba iznosa trenda izraženog u postocima od normale. Na većini postaja trend iznosi od -5 do -6%/10god, a na postajama Kloštar Istra i Baderna iznosi oko 3%/10god. Opaženo smanjenje količine oborine na području Istre u skladu je s prevladavajućim smanjenjem količine oborine u svim sezonama (Gajić - Čapka i dr., 2014). Uz prisutan značajan trend zatopljenja u toplom dijelu godine (proljeće i ljeto), te scenarije zatopljenja i smanjenja oborine u budućoj klimi (DHMZ, 2013), područje sliva Mirne može se smatrati potencijalno ugroženim od suše u budućnosti. To je i potvrđeno najnovijim istraživanjima u okviru DRINKADRIA projekta (Rubinić i dr., 2015).

Tablica 1. Popis postaja analiziranih u ovom radu, ukupna količina oborine (R) tijekom hidrološke godine (od listopada 2011. do rujna 2012.), pripadna vrijednost SPI i povratno razdoblje (T). Karakteristike suše su prikazane njezinim početkom (na 12-mjesečnoj skali), trajanjem i magnitudom (M) za koju podebljane vrijednosti označavaju apsolutni maksimum u analiziranom razdoblju 1961.-2012. U zadnjoj koloni je naveden dekadni iznos trenda čije podebljane vrijednosti ukazuju na statistički značajan trend

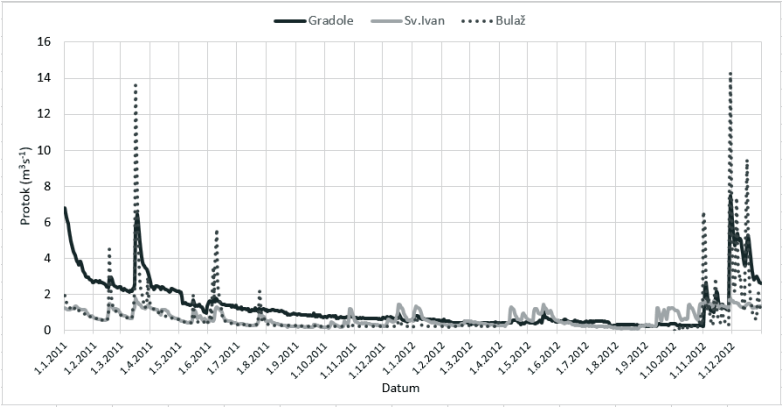
Red. Br.	Postaja	*R* (mm)	*SPI-12*	*T* (god)	Početak (God/Mjesec)	Trajanje (mjeseci)	*M*	Trend (mm/10god)
1	Pazin	418,7	-2,4	137	2011/12	13	30,4	**-52,4**
2	Abrami	529,6	-1,9	33	2011/11	14	38,5	**-51,2**
3	Poreč	371,5	-1,9	39	2011/11	14	38,1	**-33,7**
4	Baderna	495,8	-1,5	15	2011/11	13	**39,4**	**-37,3**
5	Umag	435,1	-1,4	12	2011/11	14	27,8	**-40,9**
6	Kloštar Istra	407,5	-1,5	14	2011/11	14	40,1	**-25,6**
7	Sv Petar u šumi	438,9	-2,1	50	2011/11	14	**41,5**	-27,9
8	Lupoglav Istra	507,8	-2,3	92	2011/11	14	**40,6**	**-59,1**
9	Lanišće	759,3	-2,1	55	-	-	-	**-71,2**
10	Momjan	410,8	-1,8	27	2011/11	14	**29,5**	-37,8



Slika 1.
Prikaz položaja analiziranih izvora u slivu Mirne i analiziranih klimatoloških i oborinskih postaja s prikazom dekadnog iznosa trenda za razdoblje 1961-2012. izraženim u postocima od normale. Navedeni su redni brojevi postaja čiji se popis nalazi u tablici 1. Puni simboli prikazuju statistički značajan trend na razini značajnosti 5%. Manji simboli se odnose na vrijednosti trenda manje od 5%/10god , a veći za raspon od 5 do 10%/10god.

3. HIDROLOŠKA OCJENA SUŠE

Izvori Gradole, Sv.Ivan i Bulaž nalaze se unutar istoga slivnog područja – sliva rijeke Mirne, ali se prihranjuju iz različitih dijelova sliva te imaju i različite međuodnose voda na površini, epikršu i njihove veze s njihovim vodonosnikom. Ipak, izvori pokazuju i vrlo naglašenu sličnost hoda u svojim hidrogramima. Na slici 2. dan je usporedni prikaz srednjih dnevnih protoka spomenutih izvora tijekom analiziranog razdoblja 2011.-2012. Vidljivo je da istjecanje na izvoru Gradole karakterizira puno veća stabilnost te manja osjetljivost na pale oborine tijekom dugotrajnih recesijskih razdoblja. Zamjetna je i vrlo velika podudarnost u hodu dnevnih protoka izvora Sv.Ivan i Bulaž i njihovim reakcijama na pale oborine, ali s različitim intenzitetom promjena.



Slika 2. Usporedni prikaz hoda srednjih dnevnih protoka izvora Gradole, Sv.Ivan i Bulaž (2011.-2012.)

U tablici 2 dan je prikaz srednjih mjesečnih i godišnjih protoka i crpljenja na spomenutim izvorima, kao i njihovih prosječnih i minimalnih vrijednosti osmotrenih tijekom do sada raspoloživog razdoblja. Rezultati provedenih analiza karakterističnih vrijednosti vodnog režima izvorišta Gradole, Sv.Ivan i Bulaž za posljednje, ekstremno sušno razdoblje (2011.-2012.) pokazale su da su registrirane vrijednosti minimalnih kao i srednjih protoka daleko niže od pretpostavki i procjena s kojima se operiralo u planskoj dokumentaciji i upravljačkoj praksi. Posebno se to odnosi na izvor Gradole, inače najznačajnije krško izvorište u Istri, kod kojega je njegova izdašnost u uvjetima precrpljenja njegovih statičkih rezervi pala na čak 0,2 - 0,3 m^3s^{-1}, a zabilježene izdašnosti, ovisno o kalendarskom mjesecu, imale su karakter pojave između 20- i 200-godišnjeg povratnog perioda, a cjelokupna hidrološka godina 2011./2012. čak i rjeđega od 200-godišnjeg. Tijekom tog sušnog razdoblja hidrološke prilike na izvoru Sv.Ivan bile su također izrazito sušne, ali ipak s nešto većom vjerojatnošću pojave, odnosno manjim povratnim periodom (reda veličine između 2-godišnjeg i 40-godišnjeg), dok je sama hidrološka godina imala puno rjeđi karakter – reda veličine 110-godišnjeg povratnog perioda. Sličan su karakter imale i protoke zabilježene na izvoru Bulaž. Prosječna mjesečna crpljenja tijekom kritično sušnog srpnja i kolovoza kretala se između 0,125 i 0,213 m^3s^{-1}, odnosno praktički sve raspoložive vodne količine. Kod izvora Bulaž tijekom kritičnog sušnog razdoblja zbog radova na izvorištu i podizanju kote preljeva došlo je do prekida u motrenjima, no za pretpostaviti

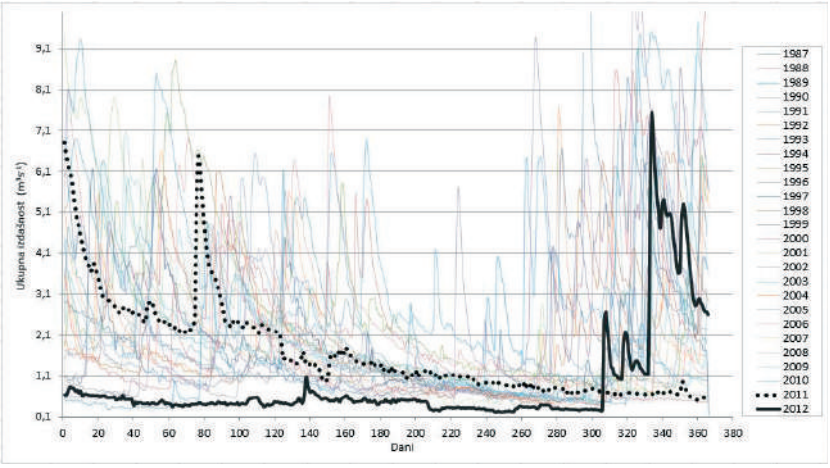
Tablica 2. Karakteristične mjesečne i godišnje ukupne protoke i crpljenja izvora Gradole, Sv.Ivan i Bulaž za cjelokupno analizirano razdoblje, kao i registrirane protoke tijekom 2011. i 2012.g.

Parametar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Gradole (1987.-2012.)													
SR	2,92	2,57	2,45	2,48	2,09	1,64	1,13	0,948	0,981	1,42	2,44	3,04	2,01
MIN	0,41	0,310	0,399	0,440	0,542	0,492	0,442	0,296	0,290	0,280	0,557	0,513	0,863
2011.	4,11	2,61	3,24	2,32	1,45	1,50	1,17	1,03	0,838	0,746	0,665	0,655	1,69
2012.	0,64	0,459	0,399	0,440	0,542	0,492	0,442	0,296	0,290	0,280	1,94	4,14	0,863
SR crpljenja	0,338	0,337	0,354	0,408	0,476	0,588	0,726	0,738	0,560	0,421	0,357	0,330	0,469
2012. crpljenja	0,257	0,339	0,390	0,376	0,401	0,492	0,442	0,296	0,290	0,280	0,243	0,219	0,335
Sv.Ivan (1986.-2012.)													
SR	1,03	0,970	0,931	1,08	0,868	0,717	0,408	0,376	0,545	0,742	0,991	1,10	0,814
MIN	0,277	0,310	0,354	0,658	0,460	0,255	0,211	0,143	0,168	0,159	0,356	0,579	0,657
2011.	1,11	0,899	1,10	0,981	0,631	0,706	0,432	0,337	0,218	0,408	0,356	0,697	0,657
2012.	0,664	0,346	0,365	0,666	0,910	0,368	0,219	0,143	0,714	0,977	1,45	1,39	0,684
SR crpljenja	0,152	0,154	0,156	0,163	0,172	0,185	0,196	0,183	0,170	0,158	0,154	0,155	0,167
2012. crpljenja	0,124	0,132	0,137	0,136	0,156	0,189	0,213	0,125	0,181	0,153	0,144	0,143	0,153
Bulaž (1989.-2012.)													
SR	1,75	1,60	1,61	1,78	1,20	0,908	0,442	0,332	0,752	1,45	2,05	2,03	1,33
MIN	0,106	0,026	0,322	0,571	0,379	0,245	0,097	0	0,001	0,062	0,215	0,274	0,728
2011.	1,12	1,07	2,12	0,887	0,545	1,31	0,448	0,282	0,236	0,232	0,215	0,274	0,728
2012.	0,296	0,224	0,218	?	?	?	?	?	?	0,182	2,22	2,48	?
SR crpljenja	0	0,005	0,002	0,003	0,003	0,005	0,021	0,041	0,024	0,004	0,002	0,007	0,010
2012. crpljenja	0	0	0,033	0,036	0,026	0,128	0,171	0,167	0,099	0,028	0,054	0,175	0,077

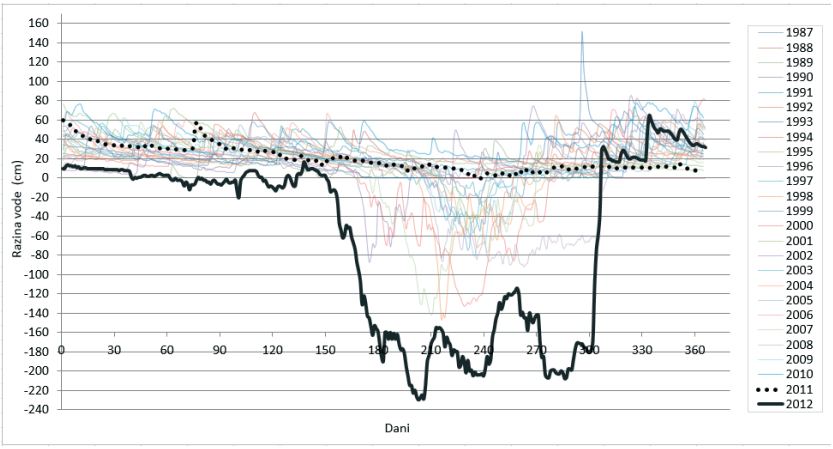
Napomena: Zbog promjene kote istjecanja za razdoblje IV-IX 2012 nije bila definirana protočna krivulja, pa nisu iskazane ukupne protoke.

je da je i tu situacija u pogledu karaktera vjerojatnosti pojave malih voda vrlo slična zabilježenoj pojavi na izvoru Sv.Ivan, a srednje mjesečne količine crpljenja tijekom ta dva kritična mjeseca iznosile su oko 0,17 m^3s^{-1}. Za zaključiti je da je rezervno vodocrpilište Bulaž dosegnutom izdašnošću, kao i provedene upravljačke kao i strukturalne mjere, spasilo vodoopskrbni sustav Istre od još većih redukcija.

Radi dodatne ilustracije karaktera zapažene suše na izvorištima vodoopskrbe, na slici 3 dan je prikaz kolebanja izdašnosti, a na slici 4 kolebanja razina vode na izvoru Gradole tijekom dosadašnjeg razdoblja osmatranja, s istaknutim godinama 2011. i 2012. Vidljivo je da se radi o godinama za koje su, izuzev u razdobljima intenzivnijih oborina (prva polovina 2011. i zadnja četvrtina 2012.), zabilježene do sada najniže razine vode i protoke.



Slika 3. Usporedni prikaz kolebanja ukupnih izdašnosti na izvoru Gradole (1987.-2012.)



Slika 4. Usporedni prikaz kolebanja razina vode na izvoru Gradole (1987.-2012.)

ZAKLJUČAK

Suša zabilježena 2011./2012.g. na području Istre bila je iznimna pojava – kako s aspekta meteorološke klasifikacije prema SPI indeksu, tako i u pogledu njenih posljedica na hidrološke prilike na krškim izvorima uključenim u vodoopskrbni sustav Istarskog vodovoda. Količine oborine tijekom kritično sušnog razdoblja iznosile su 50-60% prosječnih vrijednosti, a registrirane protoke bile su i dvostruko manje. Tijekom spomenute suše pokazala se nužnost operativnog praćenja stanja, pa i prognoza hidroloških prilika u cilju osiguranja optimizacije korištenja vodnih rezervi s pojedinih izvorišta. Prirodni sustavi, kakvi su analizirana krška izvorišta, imaju i svoja prirodna ograničenja u njihove prirodne izdašnosti, no kratkotrajnim je sezonskim forsiranim korištenjem na nekima od njih moguće zahvatiti i statičke vodne rezerve, kao što su u danom slučaju korištene i statičke rezerve voda na izvorima Gradole i Bulaž. Zabilježene ekstremne hidrološke prilike na analiziranim izvorištima vodoopskrbe Istarskog vodovoda ukazale su i na nužnost povezivanja vodnih resursa kako bi se optimiziralo korištenje njihovih vodnih rezervi.

ZAHVALA

Aktivnosti na izradi ovog rada sufinancirali su Hrvatska zaklada za znanost projektom 2831 (CARE) kao i Istarski vodovod Buzet u okviru projekta aktivnog praćenja hidrološkog stanja na izvorištima vodoopskrbe.

LITERATURA

[1] DHMZ (2012): *Meteorološki i hidrološki bilten*, Državni hidrometeorološki zavod, lipanj do kolovoz/2012, Zagreb.

[2] DHMZ (2013): *Šesto nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema okvirnoj konvenciji ujedinjenih naroda o promjeni klime*, izabrane točke u poglavljima 7. i 8., DHMZ, Zagreb (http://klima.hr/razno/publikacije/NIKP6_DHMZ.pdf)

[3] Gajić-Čapka M, Cindrić K, Pasarić Z (2014): *Trends in precipitation indices in Croatia, 1961–2010*, Theor Appl Climatol doi: 10.1007/s00704-014-1217-9

[4] Građevinski fakultet Rijeka (2013): *Analiza karakterističnih mjesečnih i dnevnih podataka o vodostajima, preljevima, crpljenjima i ukupnim izdašnostima izvora Gradole, Sv.Ivan i Bulaž te ocjena zabilježenih prilika tijekom 2011. i 2012.g. u kontekstu vjerojatnosti njihove pojave – hidrološka ekspertiza*, Rijeka.

[5] Helsel DR, Hirsch RM (2002): *Statistical Methods in Water Resources Techniques of Water Resources Investigations*, U.S. Geological Survey.

[6] McKee TB, Doeksen NJ, Kleist J (1993): *The relationship of drought frequency and duration on time scales*. Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology, American Meteorology Society: Anaheim CA, Boston MA; 179–184, 17–22 January.

[7] Rubinić J, Güttler I, Horvat B (2015): *DrinkAdria project, WB4.2. Report: Pilot Area Northern Istria, Croatia*, Građevinski fakultet Rijeka, Rijeka.

[8] WMO (2012): *Standardized Precipitation Index User Guide*, Svoboda M, Hayes M, Wood D, WMO-No. 1090, Geneva.

AUTORI

dr.sc. Josip Rubinić, dipl.ing.građ. [a]
mr.sc. Ksenija Cindrić Kalin, dipl.ing.fiz. [b]
Mladen Nežić, dipl.ing.građ. [c]
Maja Radišić, mag.ing.aedif. [a]
dr.sc. Igor Ružić, dipl.ing.građ. [a]

[a] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Radmile Matejčić 3, Rijeka 51 000, HR, jrubinic@uniri.hr; maja.radisic@uniri.hr; igor.ruzic@uniri.hr

[b] Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb 10 000, HR, cindric@cirus.dhz.hr

[c] Istarski vodovod, Sv. Ivan 8, Buzet 52 420, HR, mladen.nezic@ivb.hr

R 1.11.

HIDROGRAFSKI ATLAS RIJEKE MURE

Franjo Prevedan, Tomislav Šlehta

SAŽETAK: U sklopu IPA prekograničnog programa Mađarska-Hrvatska 2007-2013. izrađen je Mađarsko-hrvatski hidrografski atlas rijeke Mure. Glavni korisnik u projektu je Nyugat-dunántúli Vizügyi Igazgatóság Szombathely (Zapadno-prekodunavska uprava vodnog gospodarstva, Sombatelj), dok su Hrvatske vode Projektni partner. Osnovni cilj projekta je dobivanje aktualnih topografskih i hidrografskih podataka o rijeci Muri, a u svrhu zajedničkog i održivog upravljanja rijekom i područjem uz nju. Snimanje terena obavljeno je LIDAR tehnologijom(engl. Light Detection And Ranging) tj. laserskim skeniranjem iz zraka (engl. Airborne Laser Scanning - ALS) dok su riječni profili snimani pomoću integriranog sustava dubinomjera i GPS uređaja. Hidrografski atlas rijeke Mure izrađen je u digitalnom obliku, a podaci su obrađeni i pripremljeni za korištenje GIS tehnologije.

KLJUČNE RIJEČI: IPA program Mađarska-Hrvatska, Hidrografski atlas rijeke Mure, LIDAR tehnologija, GIS tehnologija

HYDROGRAPHIC ATLAS OF THE MURA RIVER

SUMMARY: As part of the Hungary-Croatia IPA Cross-border Co-operation Programme 2007-2013, the Hungarian-Croatian Hydrographic Atlas of the Mura River was developed. The Lead Beneficiary of the project is Nyugat-dunántúli Vizügyi Igazgatóság Szombathely (South-Transdanubian Water Management Directorate Szombathely), with Hrvatske vode as the Project Partner. The primary objective of the project was obtaining current topographic and hydrographic data on the Mura River for joint sustainable management of the river and its surrounding area. The terrain survey was performed with the application of LIDAR technology, i.e. Airborne Laser Scanning (ALS), while the survey of the river sections was carried out with an integrated echo sounder system and a GPS device. The Hydrographic Atlas of the Mura River was developed in digital form, and the data were processed and prepared for use in the GIS technology.

KEY WORDS: Hungary-Croatia IPA Cross-border Co-operation Programme, Hydrographic Atlas of the Mura River, LIDAR technology, GIS technology

1. UVOD

U ožujku 2012. godine upućena je Europskoj komisiji prijava za projekt: *Mađarsko-hrvatski hidrografski atlas rijeke Mure na području od zajedničkog interesa* pod akronimom HAMURA. Projekt je prijavljen u sklopu IPA prekograničnog programa Mađarska-Hrvatska 2007-2013. na temelju III. poziva za podnošenje projektnih prijedloga objavljenog 22. studenog 2011. godine. Glavni korisnik u projektu je Nyugat-dunántúli Vizügyi Igazgatóság Szombathely (Zapadno-prekodunavska uprava vodnog gospodarstva, Sombatelj), dok su Hrvatske vode Projektni partner. Osnovni cilj projekta je dobivanje aktualnih topografskih i hidrografskih podataka o rijeci Muri, a u svrhu zajedničkog i održivog upravljanja rijekom i područjem uz nju. Nakon što je u listopadu 2012. godine Europska komisija odobrila aplikaciju za isti, 10. prosinca 2012. godine potpisan je Ugovor o partnerstvu za provedbu Projekta između Glavnog korisnika i Projektnog partnera.

U veljači 2014. godine proveden je postupak javne nabave prema PraG (engl. Practical Guide to Contract procedures for EU external actions) proceduri te radovi počinju u svibnju iste godine. Hidrografski atlas rijeke Mure završen je u ožujku 2015. godine te je 15.04.2015. godine održana završna konferencija.

Ukupna vrijednost projekta iznosi 352.814,00 EUR od čega je 85% odnosno iznos od 299.891,00 EUR financiran bespovratnim sredstvima Europske unije, dok je ostatak financiran od Zapadno-prekodunavske uprave vodnog gospodarstva, Sombatelj u iznosu od 40.929 EUR i od Hrvatskih voda u iznosu od 11.994 EUR.

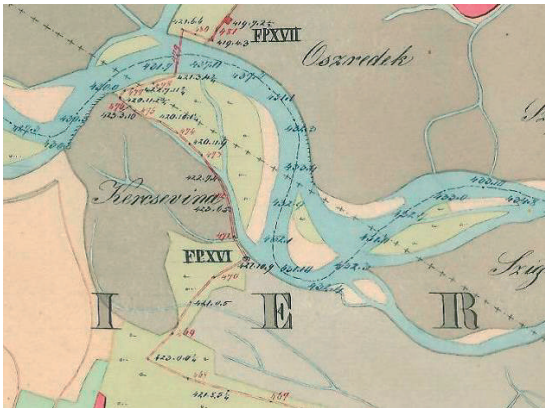
2. HIDROGRAFSKA SNIMANJA RIJEKE MURE

Rijeka Mura izvire u Austriji, u srcu nacionalnog parka Visoke Ture. Izvire na visini 1898 metara, da bi se do svog ušća u rijeku Dravu kod Legrada spustila za više od 1700 metara i pretvorila u mirnu i široku rijeku s brojnim zavojima i mrtvim rukavcima. Ukupna dužina njezinog toka je 438 kilometara, od čega je posljednih 78 km u Republici Hrvatskoj, i to oko 30 km kao pretežno granična rijeka s Republikom Slovenijom i oko 48 km kao pretežno granična rijeka s Republikom Mađarskom.

Na potezu od ušća rijeke Krke u rijeku Muru (rkm 48+000) pa do ušća u rijeku Dravu (rkm 0+000) rijeka Mura ima vrlo krivudav tok stvarajući mnogobrojne zavoje i rukavce. Obale su joj niske, sastav dna i korita je pijesak sa šljunkom što uzrokuje da matica stalno mijenja svoj položaj te erodira neutvrđene obale i odnosi velike površine zemljišta. U svrhu sprečavanja gubitka zemljišta i osiguranja obala ispred izgrađenog obrambenog nasipa Podturen – D. Dubrava još je jugoslavensko-mađarska Komisija za vodoprivredu 1960. godine donijela odluku da se započne s radovima sustavne regulacije rijeke Mure. Na tom potezu već su se i prije gradile razne regulacione gradnje, ali one nisu bile izgrađene prema jedinstvenom planu već sa zadaćom da zadovolje pojedine lokalne interese. Stoga se i moglo dogoditi da se na nekim mjestima korito rijeke i za nekoliko stotina metara udaljilo od izgrađenih regulacionih gradnji.

Izvođenje hidrotehničkih radova uvijek je pratilo i hidrografsko snimanje te se može reći da je pojava hidrografskih karata vezana uz izvođenje hidrotehničkih radova. Prva cijelokupna hidrografska izmjera rijeke Mure na potezu od ušća do današnje Radgone (Slovenija) bila je obavljena od 1842. do 1846. godine na temelju koje je izrađena karta

(slika 1) i uzdužni profil. Na toj izmjeri temeljili su se radovi regulacije rijeke Mure krajem XIX i početkom XX stoljeća.



Slika 1. Hidrografska karta iz 1843. godine

Sljedeća izmjera na potezu od ušća Mure u Dravu pa do ušća Krke u Muru, a u svrhu izrade projekta regulacije, obavljena je od 1961. do 1963. godine i u njoj su zajednički sudjelovale mađarska i jugoslavenska strana. Kao rezultat izmjere nastale su situacije u mjerilu 1:5000 na kojima je bilo prikazano: slojnice ekvidistancije 0,5 m, korito Mure kao i stara korita i rukavci, putevi, granica, postojeće obaloutvrde, dolinski profili, riječni profili, izgrađeni nasipi kao i trase budućih nasipa. Osim toga izrađeni su riječni poprečni profili, dolinski poprečni profili i uzdužni profili lijeve obale, desne obale i najvećih dubina korita. Sva mjerenja bila su vezana na mađarski koordinatni i visinski sustav.

Za izradu Općeg regulacionog projekta rijeke Mure od rkm 0+000 do rkm 48+000 mađarska i jugoslavenska strana obavile su 1976. god. još jednu izmjeru rijeke Mure. Izrađene su situacije u dvije boje, u mjerilu 1:10 000 (Slika 2) i snimljeni su riječni i dolinski poprečni profili. Situacije su bile uglavnom istog sadržaja kao i prethodne, a glavna razlika je bila u tome što su za jugoslavensku stranu situacije bile izrađene u Gauss-Krügerovom koordinatnom sustavu s visinama nad Jadranskim morem, a za mađarsku stranu u EOV koordinatnom sustavu s visinama nad Baltičkim morem.

Na temelju tih dviju izmjera i izrađenih regulacionih projekata izvođeni su radovi na regulaciji rijeke Mure u drugoj polovici XX stoljeća.



Slika 1. Hidrografska karta iz 1843. godine

3. HIDROGRAFSKI ATLAS RIJEKE MURE

Najjednostavnije rečeno, hidrografski atlas je skup topografskih i hidrografskih podataka prikazanih u analognom ili digitalnom obliku.

Budući da je tečenje dinamička pojava, korita i obale su podložni fizičkim procesima erozije i akumulacije, što rezultira meandriranjem, pomicanjem obala te stvaranjem brzaca i sprudova. Uz ove prirodne procese na hidrografske odnose snažno utječe čovjek svojom djelatnošću kao što su hidrotehnički radovi, melioracije, uređenje i utvrđivanje obala. Sve to ujecalo je na značajne promjene toka rijeke Mure u posljednjih 40 godina.

Za potrebe radova u vodnom gospodarstvu (ali također i za potrebe drugih djelatnosti: šumarstva, poljoprivrede a pogotovo za zaštitu okoliša - jer se promjene hidrografskih odnosa snažno i na različite načine odražavaju na okoliš) te zbog nepostojanja aktualnih podataka o stanju na terenu (postojeće topografske karte područja uz rijeku Muru datiraju iz kraja sedamdesetih i početka osamdesetih godina prošlog stoljeća) ukazala se potreba za ponovnim snimanjem korita kao i područja uz korito rijeke Mure. Radi toga, hrvatsko-mađarska Potkomisija za sliv rijeke Mure na sastanku održanom 09.06.2011. god. u Zadru donosi zaključak da Hrvatske vode zajedno s kolegama iz Zapadno-prekodunavske uprave vodnog gospodarstva iz Sombatelja u sklopu IPA prekograničnog programa Mađarska-Hrvatska prijave na natječaj zajednički projekt izrade Hidrografskog atlasa rijeke Mure.

Hidrografski atlas rijeke Mure izrađen je za tok rijeke Mure od ušća rijeke Krke u rijeku Muru (rkm 48+000) pa do ušća rijeke Mure u rijeku Dravu (rkm 0+000), a to je područje od zajedničkog vodnogospodarskog interesa Mađarske i Republike Hrvatske (slika 3).

Za potrebe izrade Atlasa snimljeno je 4.950 ha od toga 2.600 ha mađarskog teritorija i 2.350 ha hrvatskog teritorija te 378 riječnih profila. Snimanje terena obavljeno je LIDAR tehnologijom tj. laserskim skeniranjem iz zraka (engl. Airborne Laser Scanning - ALS) dok su riječni profili snimani pomoću integriranog sustava dubinomjera i GPS uređaja.

LIDAR (engl. Light Detection And Ranging) tehnologija je vrlo efikasna metoda prikupljanja prostornih podataka. Bazira se na poznavanju brzine svjetlosti i uskom koherentnom snopu laserske zrake koju uređaj emitira u prostor. Zraka se kreće brzinom svjetlosti, te se odbija od fizičke prepreke (terena, objekata …) i vraća u prijamnik koji se nalazi u uređaju iz kojeg je i odaslana. Ovisno o uređaju i njegovoj namjeni, kontinuirano i brzo mjerenje predstavlja prostorno skeniranje.

Lasersko skeniranje iz zraka obavljeno je u mjesecu studenom 2013. godine u sklopu Projekta plana upravljanja rizicima od poplava za naručioca Državnu Glavnu direkciju za vodnogospodarstvo Mađarske. Skeniranje je obavila tvrtka Eurosense Kft. iz Budimpešte dok je obradu podataka i izradu Atlasa u digitalnom i analognom obliku obavila tvrtka ESRI Magyarország Kft. iz Budimpešte.



Slika 3. Područje Atlasa (područje od zajedničkog vodnogospodarskog interesa Mađarske i Republike Hrvatske)

4. SADRŽAJ HIDROGRAFSKOG ATLASA RIJEKE MURE

Prikupljeni podaci laserskog skeniranja iz zraka i terenskog geodetskog snimanja obrađeni su i pripremljeni za korištenje GIS tehnologijom te je u tu svrhu formirana GIS baza podataka. Podaci su tematski grupirani u datoteke koje sadrže geodatabaze sa tematskim podacima i GIS prikaze tih podataka u mxd formatu. Mxd je ArcMap datoteka u kojoj se kartografski prikazuju GIS podaci.
Sadržaj Hidrografskog atlasa rijeke Mure prikazan je u slijedećim potpoglavljima.

4.1. Digitalni ortofo (DOF)

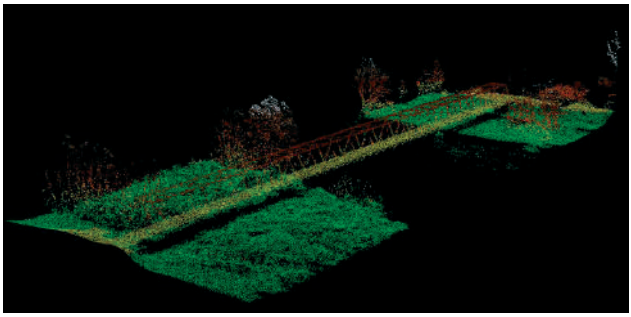
Digitalni ortofoto je avionski snimak tla u digitalnom (rasterskom) obliku koji je posebnim postupcima obrađen (ortorektificiran). Ortorektifikacija je postupak obrade fotografije koji uključuje uklanjanje geometrijskih netočnosti zbog perspektive, utjecaja reljefa, leće fotoaparata i sl. Tim postupkom dobije se planimetrijski ispravna fotografija iz zraka koja po metričkim svojstvima u potpunosti odgovara karti istog mjerila.
Ukupno je snimljeno 104 lista DOF-a. Radi lakšeg pregledavanja su svi listovi DOF „spojeni“ u mozaik file. DOF je visoke rezolucije (pixel 10x10 cm) što omogućuje jasan prikaz i u krupnom mjerilu.

4.2. Digitalni model terena i digitalni model površine

Laserskim skeniranjem dobiven je tzv. oblak točaka (slika 4 i 5) zapisan u 105 LAS datoteka koje su spojene u tzv. LAS dataset. LAS dataset sadrži više od 600 milijuna točaka, a rezolucija je prosječno 6 točaka po m^2.



Slika 4. 3D prikaz oblaka točaka na primjeru DOF-a i DSM-a



Slika 5. 3D prikaz oblaka točaka na primjeru mosta

Obradom LAS datoteka dobiven je digitalni model terena (DTM) i digitalni model površine (DSM). Digitalni model terena i digitalni model površine su raspoloživi kao zasebne datoteke rezolucije 0,5x0,5 m te kao spojeni GRID file rezolucije 1x1 m. DTM je zapravo 3D model reljefa ili fizičke površine Zemlje (slika 6), a DSM je 3D model reljefa koji uključuje i visinu vegetacije kao i ostale površinske objekte (slika 7).



Slika 6. 3D prikaz DTM-a

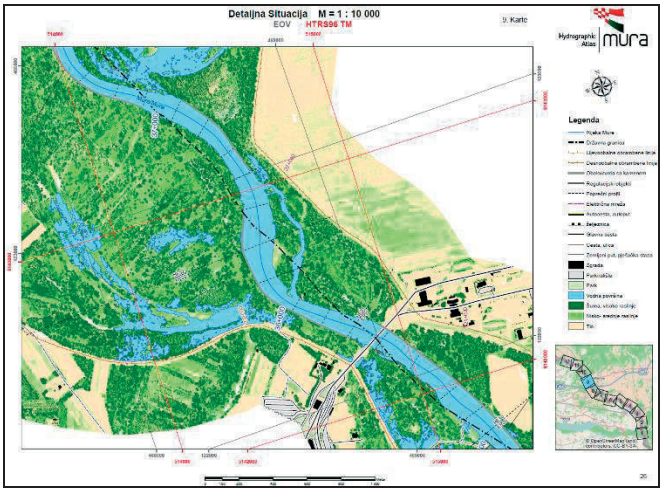


Slika 7. 3D prikaz DSM-a

Iz LAS datoteka izdvojene su različite kategorije (teren, niska, srednja i visoka vegetacija, objekti) i pretvorene u samostalne tematske slojeve koji se mogu u GIS-u (GRID format, cell size 1m) zasebno prikazivati i koristiti.

4.3. Vektorski podaci

Vektorski podaci koji se sadržani unutar geodatabaze su: državna granica, prometnice, željeznička pruga, vodne građevine (obaloutvrde, pera, nasipi), vodena površina, os rijeke Mure, poprečni profili i razni objekti (kuće, dalekovodi...) (slika 8).

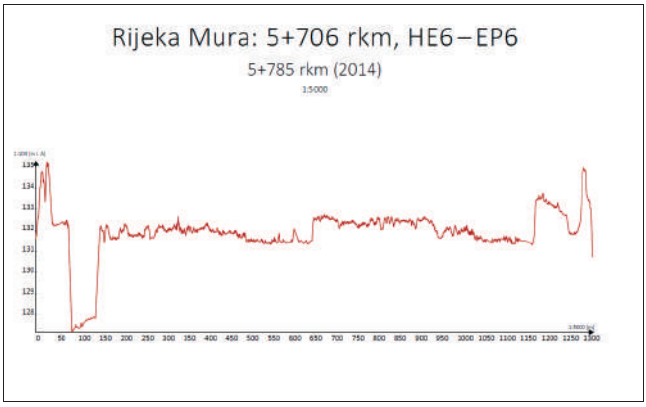


Slika 8. Detaljna situacija M 1:10 000

Obaloutvrde, pera, prometnice i željeznička pruga prikazane su kao 3D linije dok su poprečni profili prikazani kao 3D linije i kao 3D točke.
Nasipi su prikazani u zasebnoj geodatabazi u kojoj se nalaze os nasipa, kruna i nožice obje strane nasipa u 3D linijskom formatu. 3D linijski format je linija koja u svakoj x,y koordinati sadrži podatak i o visini.

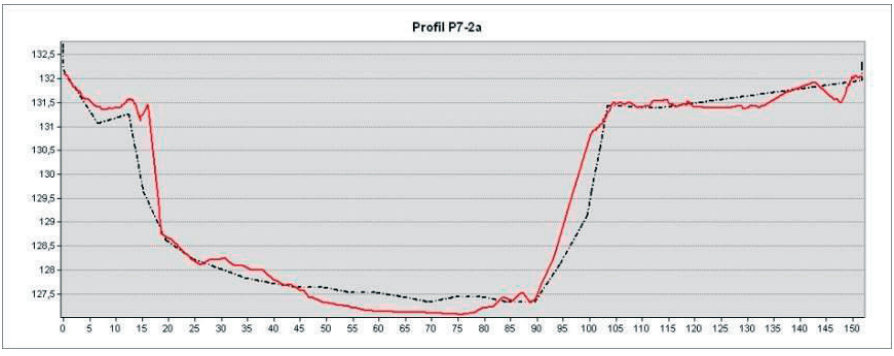
4.4. Riječni i dolinski poprečni profili

Korito rijeke Mure snimljeno je sustavom poprečnih profila (riječni profili) uglavnom uspostavljenim na mjestima prijašnjih snimanja. Prema situaciji na terenu ti poprečni profili progušćeni su novim profilima tako da je snimljeno 378 profila, približno na svakih 130 m. Podaci snimanja su obrađeni i prikazani kao crtani profili u zasebnoj geodatabazi i mxd prikazu. Prikazano je 336 riječnih i 42 dolinska profila. Dolinski profili prikazani su na način da su snimljenim riječnim profilima dodane točke u inundaciji direktno očitane u digitalnom modelu (slika 9).



Slika 9. Prikaz dolinskog profila HE 6(EP 6)

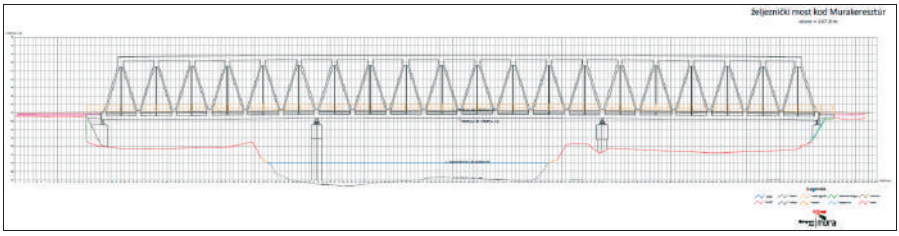
Poprečni profili prikazani su i u txt formatu pogodnom za unos u 1D hidraulički model (koordinate obalnih točaka, udaljenost i visina). 1D hidraulički model je model kojim se modelira tečenje u otvorenim vodotocima koji kao osnovnu geometrijsku podlogu koristi poprečne profile korita a aproksimira smjer tečenja okomito na poprečni profil.
Usporedbom prijašnjih snimaka poprečnih profila sa novim snimkama mogu se analizirati geomorfološke promjene u koritu rijeke Mure (slika 10).



Slika 10. Prikaz geomorfološke promjene korita na profilu P7-2a

4.5. Poprečni profili mostova

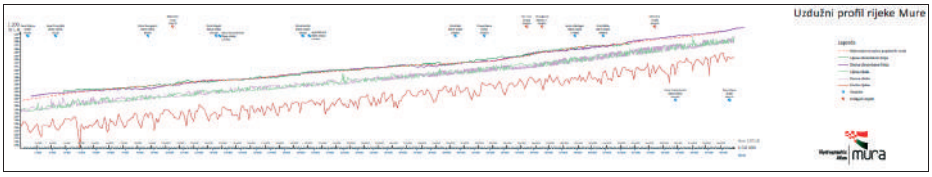
Na području Atlasa postoje tri mosta preko rijeke Mure (željeznički, cestovni i od autoceste) te su oni i snimljeni. U zasebnoj datoteci je geodatabaza sa podacima te prikaz poprečnih profila mostova u mxd formatu (slika 11). Isti presjeci prikazani su i u dwg formatu.



Slika 11. Poprečni profil željezničkog mosta kod Murakeresztura

4.6. Uzdužni profil

Uzdužni profil izrađen je iz digitalnog modela terena i podataka dobivenih snimanjem poprečnih profila. U zasebnoj datoteci je geodatabaza sa podacima te mxd datoteka u kojoj je prikazan uzdužni profil, a na kojem su prikazani: stacionaža, lijeva i desna obala, dno korita u matici rijeke (talveg), nasipi za obranu od poplave, mjerodavna razina poplavne vode te lokacije mostova, vodomjera i ušća vodotoka (slika 12).



Slika 12. Uzdužni profil rijeke Mure

4.7. Ostali podaci

Hidrografski atlas rijeke Mure sadrži još i katastarske planove općina na hrvatskom i mađarskom teritoriju, snimljene evidencijske profile iz 1989. godine, digitalni ortofoto hrvatskog teritorija iz 2002. godine, geokodirane karte atlasa Mure iz 1976. godine i geokodirane karte tog područja iz IXX stoljeća.

ZAKLJUČAK

Hidrografski atlas rijeke Mure izrađen je najnovijom tehnologijom, u digitalnom obliku i u hrvatskom i mađarskom koordinatnom i visinskom sustavu. Izrađen je u dvije sadržajno identične verzije na hrvatskom i mađarskom jeziku i kao takav biti će dostupan na web stranicama Hrvatskih voda kao i na web stranicama Zapadno-prekodunavske uprave vodnog gospodarstva iz Sombatelja. Prikupljeni podaci laserskog skeniranja iz zraka i terenskog geodetskog snimanja obrađeni su i pripremljeni za korištenje GIS tehnologijom te je u tu svrhu formirana GIS baza podataka. Podaci su tematski grupirani u datoteke

koje sadrže geodatabaze sa tematskim podacima i GIS prikaze tih podataka. Koncipiran na takav način uvijek će se moći mijenjati i nadopunjavati, te na različite načine prikazivati i koristiti. Navedene karakteristike, osim praktičnije uporabe, omogućuju još i da Hidrografski atlas rijeke Mure postane djelotvorno oruđe u procesu planiranja po smjernicama za integralno upravljanje rijekom i slivom sukladno vodnogospodarskoj koncepciji EU.

LITERATURA

[1] Engi Z., Tóth G., Braun M., Hubay K., Hercsel R.: *STUDY OF THE SILTING UP PROCESS OF THE MURA RIVER'S FLOODPLAIN IN HUNGARY*, web: ftp://152.66.121.2/.../6_06_Engi%20Zsuzsana.pdf (15.02.2014.)

[2] „Projekt" Projektno poduzeće Zagreb, (1961.): Regulacija rijeke Mure - Geodetske podloge

[3] Zavod za fotogrametriju Zagreb, Pecsi geodezial es terkepeszeti vallalat (1976.): *Hidrografsko snimanje rijeke Mure*

[4] Szerdahelyi Z. (1978.): *Opći regulacioni projekt rijeke Mure*, Budimpešta

AUTORI

Franjo Prevedan, dipl.ing.geod. [a]

Tomislav Šlehta, dipl.ing.geot. [a]

[a] Hrvatske vode, VGO za Muru i gornju Dravu; Međimurska 26b, 42000 Varaždin, fprevedan@voda.hr; tslehta@voda.hr

R 1.12.

PRAĆENJE EKOLOŠKI PRIHVATLJIVOG PROTOKA – ISKUSTVA IZ SLOVENIJE

Alenka Šajn Slak, Samo Čarman

SAŽETAK: Po Uredbi o kriterijima za određivanje i načinu praćenja i izvještavanja o ekološki prihvatljivom protoku (Uredba o Qes-u) moraju nositelji prava korištenja vode u Sloveniji ispuniti uvjete koji su im bili propisani pri dodjeli prava na vodu. Predstavljamo moguće uređenje i naprave za kontinuirano praćenje Qes-a na malim hidroelektranama, u ribogojilištima, u sistemima za navodnjavanje i pri zahvatima pitke vode. U prilogu je predstavljeno praćenje Qes-a na MHE Činžat.

KLJUČNE RIJEČI: ekološki prihvatljiv protok, hidrološki monitoring, mjerenja vodostaja, mjerenja protoka

ECOLOGICALLY ACCEPTABLE FLOW MONITORING - SLOVENIAN EXPERIENCES

SUMMARY: According to the Regulation on criteria for determination and mode of monitoring and reporting on ecologically acceptable flow (Qes Regulation), holders of water use right in Slovenia must comply with conditions set when they are awarded the water right. Possible organisation and instruments for continuous Qes monitoring in small hydropower plants, fish farms, irrigation systems and drinking water abstraction sites are presented, and exemplified by Qes monitoring in the small hydropower plant Činžat.

KEY WORDS: Ecologically acceptable flow, hydrological monitoring, water level measurements, discharge measurements

1. UVOD

Kod korištenja površinskih voda zbog kojeg se može smanjiti njihov protok, sniziti razina ili pogoršati stanje voda mora biti u svim godišnjim razdobljima osiguran ekološki prihvatljiv protok Qes ili razina površinske vode. Qes je ona količina vode koja pri dozvoljenom korištenju ne pogoršava stanje vode odnosno ne sprječava njenog poboljšanja te održava strukturu i djelovanje vodenog i pribrežnog ekosustava. Qes se određuje na osnovu Uredbe o Qes-u, a njegovo praćenje je opredijeljeno u vodopravnoj dozvoli koju izdaje ARSO (Agencija Republike Slovenije za okoliš) i koja je pravno obvezujući dokument.

Posebna korištenja vode za koja je po slovenskom zakonodavstvu potrebno dobiti vodopravnu dozvolu su:
- vlastita opskrba s pitkom vodom ili opskrba s pitkom vodom koja se provodi kao gospodarska javna usluga,
- tehnološke svrhe,
- kupališna djelatnost,
- pridobivanje toplinske energije,
- navodnjavanje poljoprivrednih zemljišta ili drugih površina,
- obavljanje sportskog ribolova u komercijalnim ribnjacima,
- pogon vodenoga mlina, pile ili slične naprave,
- uzgoj slatkovodnih i morskih organizama,
- pristanište i ulazno-izlazno mjesto po propisima o plovidbi po kontinentalnim vodama,
- zasnježivanje skijališta,
- proizvodnja električne energije u hidroelektrani s instaliranom snagom manjom od 10 MW,
- drugo korištenje koje prelazi opće korištenje po Zakonu o vodama.

Vodopravna dozvola nositelju prava korištenja vode izrijekom određuje slijedeće:
Sustav naprava za oduzimanje vode mora zbog toga biti oblikovan na takav način da ne omogućava oduzimanje vode kad se protok na mjestu oduzimanja smanji pod vrijednost Qes-a. Praćenje Qes-a je osigurano s pravilno oblikovanim načinom oduzimanja vode. U slučaju da oblikovanje sustava naprava za oduzimanje vode nije tehnički izvedljivo, nije dozvoljeno ili je povezano s nerazmjerno visokim troškovima, mora nositelj prava korištenja vode osigurati kontinuirano praćenje parametara na osnovu kojih se može ustanoviti da su bili u svakom trenutku ispunjeni zahtjevi Qes-a.
Korisnik mora imati instaliran mjerni uređaj za mjerenje stvarno oduzete količine vode iz vodotoka i to tako da je moguće u svakom trenutku provjeriti oduzetu količinu vode. Jedanput mjesečno mora korisnik na mjernom uređaju provjeriti oduzetu količinu vode i o tome voditi pismenu evidenciju.
Korisnik mora osigurati tekuće praćenje protoka odnosno parametara na osnovu kojih se može ustanoviti da su u svakom trenutku bili ispunjeni zahtjevi Qes-a i da za vrijeme trajanja protoka nižega od Qes-a nije bilo oduzimanja vode. Tekuće praćenje protoka odnosno parametara mora osigurati sve dok mjerni uređaj ne bude izveden na takav način da ne dozvoli oduzimanje vode ako se protok na mjestu oduzimanja smanji pod Qes.
Ekološki prihvatljiv protok možemo pratiti s mjerenjima visine vode ili s mjeračima brzine toka odnosno protoka.

2. NAČINI PRAĆENJA Qes-a

2.1. Nekontinuirano mjerenje vodostaja

Najčešći način praćenja Qes-a je postavljanje mjerne letve i izrada protočne krivulje Q/H za profil na kojem je letva postavljena. Letve su dobavljive u različitim materijalima (emajlirane ili iz nehrđajućeg željeza) te u standardnim oblicima i veličinama.

2.2. Kontinuirano mjerenje vodostaja

U svrhu kontinuiranog mjerenja vodostaja na vodotoku postavimo automatsku hidrološku postaju. Vodostaj na automatskim postajama možemo mjeriti s uređajima koji rade na različitim fizikalnim principima: uređaji s plovkom, tlačna sonda, princip s kompresorom (mjehurići) i s beskontaktnim radarskim mjernim uređajem.

2.3. Nekontinuirano mjerenje protoka

Protoke mjerimo s klasičnim hidrometrijskim krilima, s ručnim instrumentima s akustičnom Dopplerovom metodom s istovremenom integracijom brzinskog polja i površine poprečnog presjeka i s elektromagnetskim mjeračem brzine vodenog toka.

2.4. Kontinuirano mjerenje protoka

Najčešća je upotreba ultrazvučnih mjerača. Ti se namještaju na dno ili na rub rijeke. S pomoću odgovarajuće programske opreme određuje se domet mjerača i broj ćelija u kojem izračunava prosječna brzina vodenog toka. Pri tom je nužno da mjerni signal siječe maticu toka rijeke. Na osnovu prethodne geodetske izmjere presjeka mjernog mjesta s pomoću izmjerene brzine je moguće izračunati protok.

3. PRAĆENJE QES-a NA MHE ČINŽAT

U proljeće 2014. smo za potrebe praćenja Qes-a na MHE Činžat postavili vodomjernu ostaju. Na potoku Činžat smo namjestili mjernu letvu i hidrometrijsko mjerenje s kojim smo odredili i profil korita na mjernom mjestu. Mjerenja brzine toka smo kod različitih vodostaja izvršili s hidrometrijskim krilom OTT C20 i ultrazvučnim mjeračem OTT ADC koji su prikladni za mjerenje kod niskih brzina vode i niskih vodostaja, i nato iz njih izračunali protok. Za naručitelja smo izradili protočnu krivulju Q/h koja omogućava da se već preko vodostaja očitanog na mjernoj letvi informiramo o protoku u potoku.



Slika 1. Mjerenja brzine protoka na MHE Činžat u svrhu izrade protočne krivulje na mjernom mjestu (foto CGS plus d.o.o.)

Sličnu vodomjernu postaju postavili smo i na potoku Gračenica za Ribičko društvo Medvode.

Za više informacija pozivamo vas k ogledu snimaka predavanja na CGS konferenciji 2014. koji su objavljeni na našem YouTube kanalu (cgsplus):

- Mjerenja okolišnih parametara – primjeri upotrebe u energetici, praćenje Qes-a u poljoprivredi… (Samo Čarman, CGS plus d.o.o.)
- Male hidroelektrane i praćenje Qes-a (Ivan Hvala, Društvo za MHE Soča-Tolmin)
- Nužnost praćenja i osiguravanja ekološki prihvatljivog protoka u ribogojilištima (Danilo Puklavec, Maša Čarf, ZRRS)

ZAKLJUČAK

Lako se u Sloveniji suočavamo s brojnim izazovima povezanim s provedbom Uredbe o kriterijima za određivanje i načinu praćenja i izvještavana o ekološki prihvatljivom protoku, je kontinuiran monitoring Qes-a dragocjena informacija na osnovu koje je moguće realnije ocijeniti hidrologiju nekog vodotoka, što može biti i podloga za novelaciju vrijednosti Qes-a.

LITERATURA

[1] Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka. UL RS št. 97-12919/ 09

[2] YouTube kanal (cgsplus): Nužnost praćenja i osiguravanja ekološki prihvatljivog protoka u ribogojilištima (Danilo Puklavec, Maša Čarf, ZRRS)

AUTORI

Alenka Šajn Slak [a]
Samo Čarman [a]

[a] CGS plus d.o.o., Brnčičeva ulica 13, Ljubljana, 1231, Slovenia, Alenka.Sajn cgsplus.si; Samo.Carman@cgsplus.s

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.13.

PRETHODNA PROCJENA STANJA VODA - PODLOGA ZA PRIPREMU PLANA UPRAVLJANJA VODNIM PODRUČJIMA 2016. - 2021.

Sanja Barbalić, Danko Biondić, Đorđa Medić

SAŽETAK: Određivanje stanja voda prvi je korak u pripremi Plana upravljanja vodnim područjima (Plan) na osnovu kojeg se definira okvir za pripremu programa mjera i aktivnosti koje treba provesti kako bi se ostvarili ciljevi zaštite voda. Prvi Plan donijet je za razdoblje 2013. - 2015., a u pripremi je njegova novelacija, odnosno Plan koji će vrijediti za razdoblje 2016. - 2021. Opsežna istraživanja površinskih kopnenih voda rezultirala su uspostavom novog tip-specifičnog sustava klasifikacije voda koja je objavljena tijekom 2014. i 2015. godine i koja će se koristiti za ocjenu stanja voda u novom Planu. Prethodna procjena stanja voda po novom klasifikacijskom sustavu ukazala je na značajna vodnogospodarska pitanja koja trebaju biti obuhvaćena i detaljno razrađena Planom upravljanja vodnim područjima.

KLJUČNE RIJEČI: Planiranje, Planski dokumenti, Stanje voda, Tip-specifična klasifikacija voda

PRELIMINARY WATER STATUS ASSESSMENT - A BASIS FOR THE PREPARATION OF THE RIVER BASIN MANAGEMENT PLAN 2016 - 2021

SUMMARY: The determination of the water status is the first step in the preparation of the River Basin Management Plan, which then serves as a basis for development of a framework for the programme of measures and activities to be carried with the aim of achievement of water protection objectives. The first Plan was adopted for the period 2013 – 2015. Its update, the Plan for the period 2016 – 2021, is in preparation. Extensive research of inland surface waters resulted in the establishment of a new type-specific water classification system published during 2014 and 2015. This system will be used for water status assessment in the new Plan. The preliminary water status assessment according to the new classification system indicated significant water management issues which have to be included and elaborated in detail in the River Basin Management Plan.

KEY WORDS: Planning, planning documents, water status, type-specific water classification

1. UVOD

Plan upravljanja vodnim područjima je osnovni planski dokument upravljanja vodama, a donosi se za razdoblje od 6 godina, nakon čega se mijenja i dopunjuje za razdoblje od narednih 6 godina. Prvi Plan upravljanja vodnim područjima („Narodne novine“, br. 82/13) donijet je za razdoblje, 2013. - 2015. U osnovi, planiranje upravljanja vodnim područjima je trostupanjski proces koji uključuje:

1. Analizu značajki vodnih područja.
2. Utvrđivanje značajnih vodnogospodarskih pitanja koja će biti predmet rješavanja u planskom razdoblju 2016. – 2021.
3. Određivanje programa mjera za rješavanje utvrđenih vodnogospodarskih pitanja i opravdanje izuzeća za vodna tijela za koja se ne planira dostizanje zadanih ciljeva do kraja planskoga razdoblja.

U pripremi je Plan upravljanja vodnim područjima za plansko razdoblje 2016. - 2021. (u daljnjem tekstu Plan 2016. - 2021.) koji je, u odnosu na Plan 2013. - 2015., značajnije sadržajno izmijenjen i to na sljedeći način:

1. Osnovu plana čini ocjena stanja voda koja se bazira na tip-specifičnoj klasifikaciji voda. Nakon opsežnih istraživanja novi sustav tip-specifične klasifikacije voda je kompletiran i objavljen 2014. i 2015. godine i biti će korišten za klasifikaciju stanja voda u Planu 2016. - 2021.
2. Plan upravljanja rizicima od poplava sastavni je dio Plana 2016. - 2021.
3. Plan 2016. - 2021. biti će sistematiziran i po sadržaju usklađen s preporukama iz Vodiča za izvješćivanje prema Okvirnoj direktivi o vodama 2016. Naime, Plan 2016. - 2021. uvodi novi koncept unaprijed definiranih tzv. ključnih tipova mjera koje čine osnovu izvještavanja o pojedinačnim aktivnostima i mjerama koje se planiraju provesti u narednom razdoblju.

Za razliku od prvoga planskog ciklusa, u procesu novelacije Plana upravljanja vodnim područjima izdvojeno su sistematizirana značajna vodnogospodarska pitanja i o njima se informiraju i konzultiraju zainteresirani dionici i šira javnost. Očekuje se da rezultati uključivanja zainteresirane javnosti prije završne faze planiranja:

- doprinose otklanjanju mogućih propusta u inicijalnoj karakterizaciji antropogenih opterećenja i njihovih utjecaja na stanje voda na vodnim područjima,
- doprinose boljoj valorizaciji mogućih mjera s obzirom na njihove troškove i učinke i usklađivanju sektorskih interesa na troškovno najučinkovitiji način.

2. OCJENA STANJA VODA

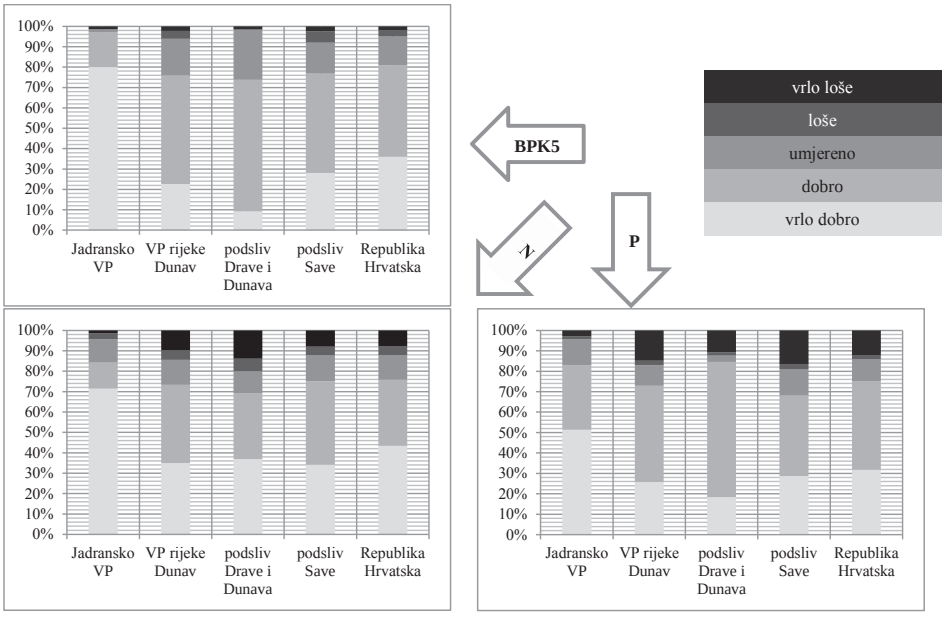
Revizija tipologije kopnenih površinskih voda i ocjena stanja voda - Referentna godina za ocjenu stanja voda je 2012. godina, a ocjena je obavljena na temelju rezultata provedenog monitoringa i ocjena koje su objavljene u službenim izvještajima o stanju površinskih i podzemnih voda prema Uredbi o standardu kakvoće voda („Narodne novine“, br. 89/10) koja je sadržavala preliminarno određene standarde korištene u prijelaznom razdoblju. Zbog toga se ocjena stanja voda, dana u nastavku, temelji na reinterpretaciji podataka koji su prikupljeni do 2012. godine prema novoprihvaćenim standardima kakvoće voda (Uredba o standardu kakvoće voda („Narodne novine“, br.

73/13 i 151/14)). Budući da još nije uspostavljen klasifikacijski sustav za umjetna i znatno promijenjena vodna tijela, sve vode u okviru ovoga dokumenta ocijenjene su i klasficirane prema standardima za prirodna vodna tijela.

Godišnji plan monitoringa za referentnu 2012. godinu realiziran je na 321 mjernoj postaji na rijekama, akumulacijama i jezerima, od čega na 246 mjernih postaja na vodnom području rijeke Dunav i na 75 mjernih postaja na jadranskom vodnom području. Riječ je o mjernim postajama postavljenim kako u svrhu utvrđivanja opće ekološke funkcije voda, tako i u svrhu praćenja opterećenja, te koje osiguravaju kontinuitet u praćenju stanja voda.

Praćenjem su, u većoj ili manjoj mjeri, obuhvaćeni svi fizikalno-kemijski i kemijski elementi kakvoće voda normirani u, tada, važećoj Uredbi o standardu kakvoće voda i većina pokazatelja kemijskog stanja. Lista ispitivanih pokazatelja nešto je šira na postajama na kojima je utvrđeno opterećenje i na postajama koje služe za izvješćivanje prema međunarodnim konvencijama, protokolima i sporazumima. Od bioloških pokazatelja za rijeke normiran je samo Pantle-Buckov indeks saprobnosti po makrozoobentosu, a za jezera klorofil-a kao mjera za biomasu fitoplanktona. Monitoring hidromorfoloških pokazatelja se ne provodi.

Za ocjenu stanja u 2012. godini korišteni su podaci s 299 postaja na tipiziranim vodnim tijelima (rijeke sa slivnom površinom iznad 10 km^2, jezera s površinom vodnog lica iznad 0,5 km^2). Ocijenjeni su osnovni fizikalno-kemijski pokazatelji (BPK_5, ukupni dušik - N i ukupni fosfor - P) i veći broj prioritetnih i specifičnih onečišćujućih tvari.



Slika 1. Ocjena stanja rijeka i jezera prema broju postaja (osnovni fizikalno-kemijski pokazatelji stanje 2012.)

U Republici Hrvatskoj preko tri četvrtine analiziranih lokacija je u zadovoljavajućem (najmanje dobrom) stanju po svim analiziranim fizkalno-kemijskim pokazateljima. Stanje rijeka i jezera na jadranskom vodnom području znatno je bolje i prema pokazateljima organskog onečišćenja (preko 95% lokacija u zadovoljavajućem stanju) i prema hranjivim tvarima (oko 83% lokacija u zadovoljavajućem stanju). U isto vrijeme se udio lokacija u zadovoljavajućem stanju na vodnom području rijeke Dunav kreće od 73% (prema dušiku i fosforu) do 76% (prema BPK_5). Najčešći pokazatelj vrlo lošeg općeg fizikalno-kemijskog stanja je ukupni fosfor, koji se javlja u gotovo 15% slučajeva na vodnom području rijeke Dunav (čak 16,5% na podslivu rijeke Save) i gotovo 3% slučajeva na jadranskom vodnom području. U malom broju slučajeva zabilježeno je vrlo loše stanje prema organskom onečišćenju.

Ocjena stanja voda prema prioritetnim i specifičnim onečišćujućim tvarima nije cjelovita i pouzdana (nedovoljan broj mjernih postaja, učestalost uzorkovanja i nedovoljna osjetljivost analitičkih metoda pojedinih laboratorija). Prema rezultatima monitoringa može se govoriti o dobrom stanju rijeka i jezera prema prioritetnim i specifičnim onečišćujućim tvarima.

Tablica 1. Raspodjela rijeka i jezera prema stanju prioritetnih i specifičnih onečišćujućih tvari u 2012. godini (% mjernih postaja)

Pokazatelj	Ocjena stanja	Jadransko vodno područje	Vodno područje rijeke Dunav	Podsliv Drave i Dunava	Podsliv Save	Republika Hrvatska
Specifične onečišćujuće tvari	Dobro	100,00	96,20	94,87	97,50	97,25
	Nije dobro	0,00	3,80	5,13	2,50	2,75
Prioritetne tvari	Dobro	90,48	94,25	97,50	91,49	93,52
	Nije dobro	9,52	5,75	2,50	8,51	6,48

Nezadovoljavajuća koncentracija specifičnih onečišćujućih tvari zabilježena je na 3 mjerne postaje na vodnom području rijeke Dunav (jedna na podslivu rijeke Save, dvije na podslivu Drave i Dunava). Prekomjerna koncentracija prioritetnih tvari utvrđena je na ukupno 7 mjernih postaja u Republici Hrvatskoj, od čega su dvije na Jadranskom vodnom području i pet na Vodnom području rijeke Dunav.

Usporedba rezultata klasifikacije prema „novom“ i „starom“ klasifikacijskom sustavu upućuje na generalni zaključak da su novi standardi kakvoće voda u rijekama i jezerima znatno stroži s obzirom na razgraničenje vrlo dobrog i dobrog općeg fizikalno-kemijskog stanja, što rezultira znatno manjim udjelom postaja u vrlo dobrom stanju u odnosu na ocjene prema prijelaznim standardima. S druge strane, nema većih odstupanja kod razgraničenja dobrog i umjerenog stanja kakvoće voda, što znači da odnos broja postaja u zadovoljavajućem (najmanje dobrom) i nezadovoljavajućem (manje od dobroga) stanju zbog promjene tipološkog sustava ne bi trebao biti bitno promijenjen. Nešto drugačiji odnosi vrijede za razgraničenje umjerenog i lošeg općeg fizikalno-kemijskog stanja. Novi standardi su blaži, što rezultira manjim udjelom postaja u lošem i osobito u vrlo lošem stanju u odnosu na ocjene prema prijelaznim standardima.

Stanje prijelaznih i priobalnih voda - U odnosu na prvi Plan upravljanja vodnim područjima, došlo je do manje promjene u tipologiji prijelaznih voda i sustavu ocjenjivanja stanja prijelaznih voda, dok u tipologiji i sustavu ocjenjivanja stanja priobalnih voda nema

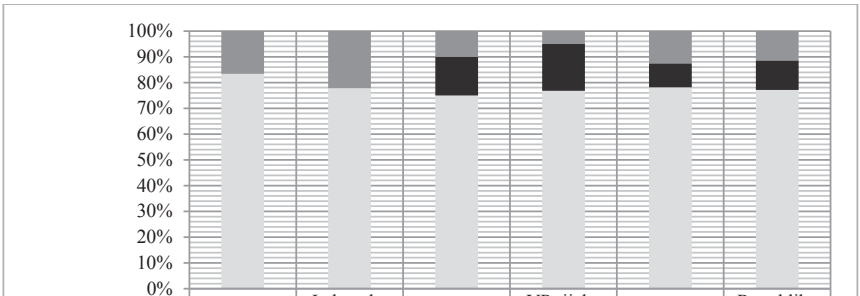
bitnih promjena. Tijekom 2012. godine proveden je nadzorni i operativni monitoring bioloških i pratećih fizikalno-kemijskih i kemijskih elemenata kakvoće na 22 (od 29) vodna tijela u području prijelaznih voda i 11 (od 23) vodnih tijela u području priobalnih voda.

Prema pratećim fizikalno-kemijskim elementima vodnih tijela prijelaznih voda na kojima je obavljen monitoring, zaključuje se da je u 92% slučajeva stanje voda zadovoljavajuće (73% slučajeva stanje vrlo dobro u 19% slučajeva dobro), te u 8% slučajeva u rasponu od umjerenog do vrlo lošeg. Najbolji rezultati ustanovljeni su kod ukupnog anorganskog dušika i otopljenog kisika. Neznatno slabije stanje ustanovljeno je kod ukupnog fosfora i ortofosfata. Prema koncentracijama klorofila-a stanje je zadovoljavajuće za 20 vodnih tijela, 1 je u umjerenom, a jedno u lošem stanju.

Na 3 vodna tijela priobalnih voda na kojima je obavljen monitoring fizikalno kemisjkih pokazatelja utvrđeno je zadovoljavajuće stanje po svim pokazateljima uz iznimku otopljenog anorganskog dušika u 1 vodnom tijelu. Stanje koncentracije klorofila-a je ocijenjeno kao vrlo dobro u 2 vodna tijela te kao umjereno u 1 vodnom tijelu.

Stanje podzemnih voda - Planom praćenja stanja voda u Republici Hrvatskoj u 2012. godini bilo je predviđeno ispitivanje kakvoće voda u kaptiranim izvorima, piezometrima i zdencima priljevnih područja vodocrpilišta Vodnog područja rijeke Dunav u ukupno 18 (od 20) tijela podzemne vode te kaptiranih izvora i zdenaca u Jadranskom vodnom području u 10 (od 12) tijela podzemne vode.

Ocjenjivanje kemijskog stanja podzemnih voda obavljeno je prema koncentraciji nitrata (NO3-) i aktivnim tvarima pesticida, mada se prati i niz drugih - specifičnih onečišćujućih tvari u podzemnim vodama. Problem ocjene stanja prema dijelu specifičnih onečišćujućih tvari proizlazi iz činjenice da je često riječ o tvarima koje su prirodnog porijekla, a klasifikacijski sustav koji bi uključivao prirodni geokemijski sastav podzemnih voda u pojedinim vodnim tijelima još nije razvijen.



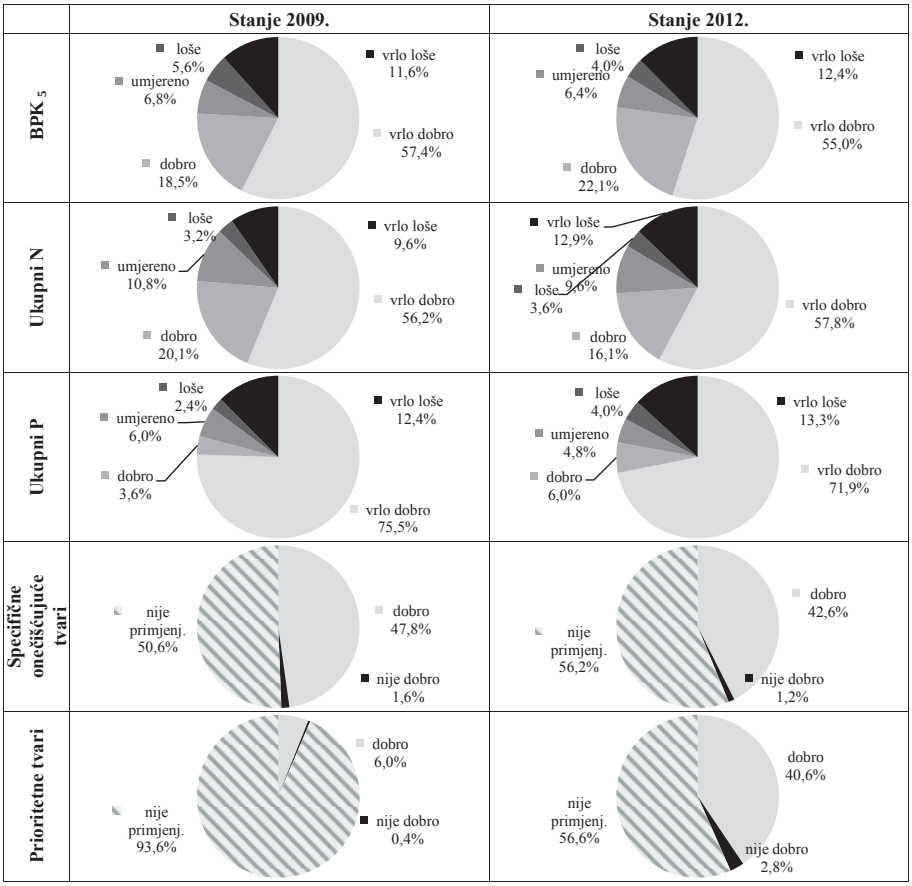
	Jadransko VP broj GVTPV	Jadransko VP površina GVTPV (km2)	VP rijeke Dunav broj GVTPV	VP rijeke Dunav površina GVTPV (km2)	Republika Hrvatska broj GVTPV	Republika Hrvatska površina GVTPV (km2)
nema podataka	2	4.614	2	1.753	4	6.367
nije dobro	0	0	3	6.398	3	6.398
dobro	10	16.152	15	26.950	25	43.102

Slika 2. Raspodjela grupiranih vodnih tijela podzemnih voda (GVTPV) prema kemijskom stanju (stanje 2012.)

3. OCJENA NAPRETKA U POSTIZANJU CILJEVA ZAŠTITE VODA

Promjene u stanju voda u razdoblju 2009. - 2012. analizirane su na temelju rezultata monitoringa osnovnih pokazatelja na mjernim postajama koje su praćene i ocjenjivane u tom vremenskom razdoblju.

Promjene u stanju rijeka i jezera ilustrirane su podacima s 249 mjernih postaja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje i sa samo 13, odnosno 59 mjernih postaja za prioritetne, odnosno specifične onečišćujuće tvari, jer rezultati s ostalih postaja nisu primjenjivi.



Slika 4. Usporedba kemijskog stanja podzemnih voda u razdoblju 2009. - 2012.

Promjena u stanju podzemnih voda ilustrirana je samo s obzirom na nitrate, jer 2009. godine pesticidi nisu praćeni niti ocjenjivani. Na osnovi 24 monitoring postaje na kojima se obavljao monitoring 2009. i 2012. godine ustanovljeno je da broj vodnih tijela u nezadovoljavajućem kemijskom stanju prema nitratima je smanjen s tri na dva. Pojedinačno može se zaključiti da je došlo do poboljšanja stanja prema nitratima na području grupiranih vodnih tijela Zagreb i južna Istra, pogoršanje stanja u istočnoj Slavoniji - slivu Drave i Dunava, te da se na varaždinskom području bilježi postojano loše stanje.

4. PREGLED ZNAČAJNIH VODNOGOSPODARSKIH PITANJA

Na temelju rezultata monitoringa za 2012. godinu može se zaključiti da će se ključna vodnogospodarska pitanja, koja je potrebno riješiti Planom 2016. - 2021. odnositi prvenstveno na planiranje mjera:

- smanjenja onečišćenja hranjivim, organskim, specifičnim i prioritetnim tvarima, te
- smanjenja zaslanjenja kopnenih površinskih i podzemnih voda.

Nadalje, mada ukupno gledajući opterećenje vodnih resursa uslijed ljudskih djelatnosti nije značajno u odnosu na ukupne obnovljive resurse kojim raspolaže Republika Hrvatska, identificirani su povremeni lokalni problemi s količinskim stanjem voda i njenom raspoloživošću za različita korištenja koji nastaju zbog njene neravnomjerne prostorne i vremenske raspodjele. Zbog toga će jedno od ključnih pitanja koje će se trebati provjeriti Planom 2016. - 2021. biti i pitanje postizanja zadovoljavajuće bilance voda, odnosno pitanje ispunjavanja uvjeta ekološki prihvatljivog protoka.

Mada je monitoring hidromorfoloških pokazatelja uspostavljen tek u 2015. godini, podaci o hidromorfološkim opterećenjima voda ukazuju na potrebu da se u Planu 2016. - 2021., kao ključna pitanja, prodiskutiraju i mjere smanjenja onih hidromorfoloških opterećenja koja značajno utječu na fizičke promjene duž korita, obala i inundacija, sprečavaju longitudinalni kontinuitet vodotoka ili nepovoljno utječu na količinu i dinamiku vodnog toka.

S obzirom na to, da program monitoringa ne uključuje pokazatelje koji bi mogli ukazati na biološka opterećenja kao što su unos stranih vrsta ili izlov / vađenje živih organizama, potrebno je predvidjeti mogućnost da će se ova opterećenja naći na popisu ključnih vodnogospodarskih pitanja koja je potrebno riješiti Planom 2016. - 2021. godina na zahtjev nadležne institucije - Državnog zavoda za zaštitu prirode.

Tablica 2. Pregled značajnih vodnogospodarskih pitanja

KOPNENE VODE	
Monitoring ukupnog dušika i fosfora koji su odabrani kao indikatori onečišćenja hranjivim tvarima pokazuje da se na kopnenim površinskim vodama na više od 24% ukupnog broja postaja bilježe koncentracije ukupnog fosfora, te koncentracije ukupnog dušika koje prelaze granice najmanje dobrog stanja;	Može se zaključiti da ljudske djelatnosti: - imaju značajan utjecaj na stanje voda s obzirom na onečišćenje hranjivim i organskim tvarima te s obzirom na onečišćenje specifičnim i prioritetnim tvarima, - imaju utjecaj na zaslanjenje kopnenih površinskih voda, - imaju lokalni utjecaj na pH režim, - ne utječu negativno na temperaturni režim.
Monitoring BPK_5 koji je odabran kao indikator organskog opterećenja pokazuje da se na 19,1% ukupnog broja postaja bilježe vrijednosti koje prelaze granice najmanje dobrog stanja.	
Monitoring onečišćenja voda, specifičnim onečišćujućim tvarima indicira da dobro stanje nije postignuto na 3 od ukupno 106 postaja na kojem su mjerene specifične onečišćujuće tvari, te na 7 od ukupno 106 postaja na kojem su mjerene prioritetne i prioritetne opasne onečišćujuće tvari.	
Povećana koncentracija klorida ukazuje da je zaslanjenost kopnenih površinskih voda zabilježena na monitoring postajama 2 jezera (Baćinska jezera i Vransko jezero kod Zadra), te na rijeci Kotarki (dotoku u Vransko jezero) koji su tipizirani kao slatkovodni (za ocjenu značajnosti u ovom slučaju korištena je granica za utvrđivanje prijelaznih voda).	
Povećana pH vrijednost (>9) utvrđena je samo na jednoj postaji.	
Značajne promjene toplinskog režima nisu zabilježene niti na jednoj monitoring postaji (kao prag značajnosti korištene su vrijednosti pokazatelja definarine Uredbom o standardu kakvoće voda, Prilog 8, Kakvoća voda određenih pogodnima za život slatkovodnih riba).	

PRIJELAZNE I PRIOBALNE VODE	Može se zaključiti da ljudske djelatnosti: - imaju značajan utjecaj na stanje voda s obzirom na onečišćenje hranjivim tvarima, - nemaju značajnog utjecaja na stanje prijelaznih i priobalnih voda s obzirom na organsko onečišćenje (s obzirom na ograničen opseg praćenja, zaključak je nepouzdan).
Monitoring ukupnog anorganskog dušika, ukupnog fosfora i ortofosfata, koji su odabrani kao indikatori onečišćenja hranjivim tvarima pokazuje: da je u prijelaznim vodama na 2 vodna tijela zabilježeno prekoračenje dopuštene koncentracije ukupnog fosfora, a na 3 vodna tijela prekoračenje dopuštene koncentracije ortofosfata, te da se na 1 vodnom tijelu priobalnih voda bilježi koncentracija ukupnog anorganskog dušika koja prelazi granicu najmanje dobrog stanja.	
Monitoring zasićenja površinskog i pridnenog sloja kisikom, koje je odabrano kao indikator organskog onečišćenja prijelaznih i priobalnih voda, ne ukazuje na prekoračenje dopuštenih koncentracija niti na jednom vodnom tijelu praćenom 2012. godine.	
PODZEMNE VODE	Može se zaključiti da ljudske djelatnosti: - imaju značajan utjecaj na stanje voda s obzirom na onečišćenje hranjivim tvarima, - nemaju značajan utjecaj na stanje podzemnih voda s obzirom na zaslanjivanje uslijed direktnog ili indirektnog unosa onečišćujućih tvari (procjena je da se povišene vrijednosti koncentracije klorida i električne vodljivosti pojavljuju na vodnim tijelima kod kojih zbog intenzivnog crpljenja dolazi do intruzije slane vode).
Prekoračenje dopuštene koncentracije nitrata utvrđeno je na dva (od ukupno 32) vodna tijela, oba na vodnom području rijeke Dunav	
Nezadovoljavajuće stanje s obzirom na aktivne tvari pesticida (atrazin) utvrđeno je na području 1 vodnog tijela.	
Rezultati ispitivanja niza specifičnih onečišćujućih tvari prema pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, su pokazali da niti u jednom vodnom tijelu nisu prekoračeni propisani standardi (mada u dopuštenim granicama, najviše registrirane vrijednosti odnose se na vrijednosti električne vodljivosti i koncentracije klorida).	
ZAŠTIĆENA PODRUČJA	Svi rezultati obavljenog monitoringa ukazuju da ne postoji mikrobiološko onečišćenje, te se može zaključiti da ljudske djelatnosti ne utječu negativno na mikrobiološku komponentu stanja voda.
Programom monitoringa u 2012. godini ispitivani su mikrobiološki pokazatelji vezani uz: - kakvoću vode za kupanje, - kakvoću vode namijenjene za ljudsku potrošnju, te - u područjima pogodnim za uzgoj i izlov školjkaša i gastropodnih mekušaca na 13 postaja pribalnih i prijelaznih voda.	

Na temelju rezultata monitoringa za 2012. godinu može se zaključiti da će se ključna vodnogospodarska pitanja, koja je potrebno riješiti Planom 2016. - 2021. odnositi prvenstveno na planiranje mjera:

- smanjenja onečišćenja hranjivim, organskim, specifičnim i prioritetnim tvarima, te
- smanjenja zaslanjenja kopnenih površinskih i podzemnih voda.

Nadalje, mada ukupno gledajući opterećenje vodnih resursa uslijed ljudskih djelatnosti nije značajno u odnosu na ukupne obnovljive resurse kojim raspolaže Republika Hrvatska, identificirani su povremeni lokalni problemi s količinskim stanjem voda i njenom raspoloživošću za različita korištenja koji nastaju zbog njene neravnomjerne prostorne i vremenske raspodjele. Zbog toga će jedno od ključnih pitanja koje će se trebati provjeriti Planom 2016. - 2021. biti i pitanje postizanja zadovoljavajuće bilance voda, odnosno pitanje ispunjavanja uvjeta ekološki prihvatljivog protoka.

Mada je monitoring hidromorfoloških pokazatelja uspostavljen tek u 2015. godini, podaci o hidromorfološkim opterećenjima voda ukazuju na potrebu da se u Planu 2016. - 2021., kao ključna pitanja, prodiskutiraju i mjere smanjenja onih hidromorfoloških opterećenja koja značajno utječu na fizičke promjene duž korita, obala i inundacija, sprečavaju longitudinalni kontinuitet vodotoka ili nepovoljno utječu na količinu i dinamiku vodnog toka.

S obzirom na to, da program monitoringa ne uključuje pokazatelje koji bi mogli ukazati na biološka opterećenja kao što su unos stranih vrsta ili izlov / vađenje živih organizama, potrebno je predvidjeti mogućnost da će se ova opterećenja naći na popisu ključnih vodnogospodarskih pitanja koja je potrebno riješiti Planom 2016. - 2021. godina na zahtjev nadležne institucije - Državnog zavoda za zaštitu prirode.

ZAKLJUČAK

Usporedni rezultati praćenja stanja voda u 2009. i 2012. godini ne ukazuju na poboljšanje stanja voda. Ono niti nije bilo očekivano, s obzirom na to da je navedeno razdoblje implementacije Plana upravljanja vodnim područjima (tada u nacrtu) bilo izuzetno kratko za značajnije pomake u provedbi konkretnih mjera smanjenja opterećenja voda. Eventualni pozitivni pomaci očekuju se lokalno, u neposrednoj zoni utjecaja provedenih mjera. S obzirom na navedeno, teško da se mogu očekivati značajniji pozitivni pomaci u realizaciji ciljeva zaštite voda u razdoblju 2013. do 2015. godine odnosno do kraja razdoblja važenja Plana 2013. - 2015.

LITERATURA

[1] (2009.): Zakon o vodama („Narodne novine“, br. 153/09, 63/11, 130/11 i 56/13).

[2] (2010.): Uredba o standardu kakvoće voda („Narodne novine“, br. 89/10).

[3] (2014.): Uredba o standardu kakvoće voda („Narodne novine“, br. 73/13 i 151/14).

[4] (2013.): Plan upravljanja vodnim područjima („Narodne novine“, br. 82/13).

[5] (2014.): Izvještaj o stanju površinskih voda u Republici Hrvatskoj u 2012. godini, Hrvatske vode, Zagreb.

[6] (2014.): Izvještaj o kemijskom stanju podzemnih voda u Republici Hrvatskoj u 2012. godini, Hrvatske vode, Zagreb.

[7] (2015.): Pregled značajnih vodnogospodarskih pitanja, Hrvatske vode, Zagreb, http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/pregled_znacajnih_vodnogospodarskih_pitanja.pdf, 27. ožujka 2015.

AUTORI

mr.sc. Sanja Barbalić, dipl.ing.građ. [a]
dr.sc. Danko Biondić, dipl.ing.građ. [a]
Đorđa Medić, dipl.ing.kem. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, Hrvatska, sanja.barbalic@voda.hr; danko.biondic@voda.hr; dorda.medic@voda.hr

R 1.14.

METODOLOGIJA OCJENE EKOLOŠKOG STANJA NA TEMELJU BIOLOŠKIH ELEMENATA KAKVOĆE

Valerija Musić, Igor Stanković, Dagmar Šurmanović

SAŽETAK: Zakonom o vodama (Narodne novine, br. 153/2009, 63/2011, 130/2011, 56/2013 i 14/2014) je Direktiva 2000/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2000. o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike (Okvirna direktiva o vodama) (SL L 327, 22. 12. 2000.), prenesena u hrvatsko nacionalno zakonodavstvo. Jedan od glavnih ciljeva Zakona je postizanje dobrog ekološkog stanja svih površinskih vodnih tijela što zahtijeva nov pristup u ocjenjivanju stanja voda. Ocjenjivanje ekološkog stanja voda predstavlja mjerenje promjene stanja i funkcije ekosustava u odnosu na prirodno, odnosno referentno stanje. U odnosu na veličinu promjene razvrstava se u jednu od pet kategorija ekološkog stanja.

Metodologijom uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće (sukladno članku 19. Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 73/13), propisani su način uzorkovanja, postupak laboratorijske analize i obrade podataka, kriteriji na temelju kojih se određuju tipovi površinskih voda, referentne vrijednosti pokazatelja/indeksa, odgovarajuće taksonomske razine za pokazatelje/indekse potrebne za postizanje odgovarajuće pouzdanosti i točnosti pri ocjeni bioloških elemenata kakvoće voda, postupak izračunavanja bioloških pokazatelja/indeksa i omjera ekološke kakvoće, referentne i operativne liste taksona te popis determinacijskih ključeva.

U radu je ukratko opisana svrha Metodologije, ocjena ekološkog stanja na temelju bioloških elemenata kakvoće specifična za tipove površinskih voda, kategorije opterećenja na koje ukazuju biološki indikatori te multimetrijski pristup u ocjeni ekološkog stanja.

KLJUČNE RIJEČI: Zakon o vodama, Uredba o standardu kakvoće voda, ekološko stanje, biološki elementi kakvoće voda, omjer ekološke kakvoće (OEK)

METHODOLOGY OF ECOLOGICAL STATUS ASSESSMENT BASED ON BIOLOGICAL ELEMENTS OF QUALITY

SUMMARY: The Water Act (Official Gazette No. 153/2009, 63/2011, 130/2011, 56/2013 and 14/2014) represents the transposition of the Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy (Water Framework Directive) (Official Journal L

327, 22/12/2000) into Croatian national legislation. One of the primary objectives of the Water Act is the achievement of good ecological status of all surface water bodies, which requires a new approach to water status assessment. The assessment of ecological status of water means measurement of changes in the status and function of ecosystems in relation to their natural, i.e. reference condition. With regard to the magnitude of this change, it is classified into one of five categories of ecological status.

The method of sampling, laboratory analysis and data processing procedure, criteria for determination of surface water types, reference values for indicators/indices, appropriate taxonomic values of indicators/indices necessary for achievement of appropriate reliability and accuracy during assessment of biological elements of water quality, calculation procedure for biological indicators/indices and ecological quality ratio, reference and operative lists of taxa and a list of determination keys are prescribed by the Methodology of sampling, laboratory analyses and determination of ecological quality ratio for biological elements of quality pursuant to Article 19 of the Regulation on the water quality standard (OG 73/13).

This paper briefly describes the aim of the Methodology, assessment of ecological status based on biological elements of quality specific for surface water types, pressure categories indicated by biological indicators and multimetric approach to ecological status assessment.

KEY WORDS: Water Act, Regulation on the water quality standard, ecological status, biological elements of water quality, Ecological Quality Ratio (EQR)

1. UVOD

Novi pristup u ocjenjivanju stanja voda se temelji na činjenici da različiti tipovi voda imaju različita ekološka obilježja. Iz tog razloga uvedena je tipizacija površinskih voda kojoj je glavna svrha definiranje referentnih uvjeta specifičnih za određene tipove površinskih voda i predstavlja temelj klasifikacije ekološkog stanja voda. Referentni uvjeti odražavaju nenarušeno stanje ekosustava površinskih voda ili stanje s vrlo malim ljudskim utjecajem.

U postupku tipizacije površinske vode (rijeke, jezera, prijelazne i priobalne vode) razvrstavaju se na temelju određenoga broja abiotičkih čimbenika koji određuju prirodna ekološka obilježja voda, a koji su zadani (tipizacijski sustav A) ili se biraju (tipizacijski sustav B). Za tipizaciju hrvatskih površinskih voda korišten je sustav B, jer je fleksibilniji i omogućuje definiranje tipologije koja bolje opisuje ekološku raznolikost površinskih voda. Za rijeke je dodatno provedena multivarijantna statistička analiza bioloških podataka (makrozoobentos) koja je pokazala da se zajednice na određenim tipovima rijeka statistički značajno ne razlikuju te se ti tipovi mogu promatrati kao jedan biotički tip. Time su u tipizaciju rijeka uključeni i biotički čimbenici te primijenjen tzv. „botom up“ pristup.

1.1. Uzorkovanje, laboratorijske analize i obrada podataka

U Metodologiji uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće (u daljnjem tekstu Metodologija), donesenoj

temeljem članka 19. Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 73/13, NN 151/14), propisane su savjetodavne norme i smjernice za uzorkovanje organizama u vodama te determinaciju, kvalitativnu i kvantitativnu analizu uzoraka. No, u Metodologiji je napravljen i korak dalje te su postupci uzorkovanja, konzerviranja, pohrane i pripreme uzoraka za analizu te same analize uzoraka detaljnije opisani, nego što je to napravljeno u savjetodavnim normama i smjernicama.
U svrhu determinacije organizama koji pripadaju akvatičkoj flori i fauni, definirane su referentne i operativne liste svojti te determinacijski ključevi.

2. OCJENA EKOLOŠKOG STANJA TEMELJEM BIOLOŠKIH ELEMENATA KAKVOĆE

Kod određivanja ekološkog stanja voda promatra se raznolikost i zastupljenost vodene flore i faune, odnosno bioloških elemenata, dostupnost hranjivih i organskih tvari te ostale aspekte kao što su zaslanjenje, temperatura, onečišćenje kemijskim tvarima i hidromorfološke promjene. Biološki element temeljem kojeg se ocjenjuje ekološko stanje može se definirati kao sastavnicu vodenog ekosustava koja se mjeri pokazateljima kao što su sastav svojti i biomasa, a biološki je indikator promjena u vodenom ekosustavu u odnosu na referentne uvjete. Referentni uvjeti su oni koji odražavaju potpuno nenarušeno stanje ili stanje s vrlo malim ljudskim utjecajem. Za svaki biološki element potrebno je identificirati biološke indikatore koji odgovaraju na antropogene utjecaje na predvidljiv način i omogućiti klasifikaciju ekološkog stanja na temelju funkcionalnih veza između opterećenja i indikatora.
U Metodologiji su definirani biološki indikatori (indeksi) koji odgovaraju na različite vrste opterećenja i propisani su postupci izračunavanja bioloških pokazatelja/indeksa te određivanja omjera ekološke kakvoće (OEK) za sve biološke elemente koji su sadržani u Okvirnoj direktivi o vodama Europske Unije (Tablica 1.). Biološki element za koji je još potrebno identificirati indikatore i sustav ocjene ekološkog stanja su ribe u jezerima Hrvatske, u kojima više nema autohtonih ihtiopopulacija (Mihaljević i drugi, 2013).
Svrha je Metodologije da se propisanim postupcima uzorkovanja, laboratorijskih analiza, obrade podataka te biološkim indeksima na temelju kojih se ocjenjuje ekološko stanje voda, osigura da proces ocjene ekološkog stanja površinskih voda u potpunosti bude transparentan, usporediv i ponovljiv.

Tablica 1. Biološki elementi kakvoće u vrstama površinskih voda

Biološki elementi kakvoće			
Rijeke	**Jezera**	**Prijelazne vode**	**Priobalne vode**
Fitoplankton	Fitoplankton	Fitoplankton	Fitoplankton
Fitobentos	Fitobentos	Makrofiti - morske cvjetnice	Makroalge
Makrozoobentos	Makrozoobentos	Makrozoobentos	Morske cvjetnice
Makrofiti	Makrofiti	Ribe	Makrozoobentos
Ribe			

Za ocjenu stanja tijela površinske vode na temelju bioloških elemenata kakvoće primjenjuju se omjeri ekološke kakvoće (OEK) svakog biološkog elementa, odnosno omjeri ekološke kakvoće pojedinačnih indeksa, koji predstavljaju omjer između izmjerenih vrijednosti i referentnih vrijednosti za određeni tip površinske vode, primjerice:

$$OEK = \frac{Vrijednost\ indeksa - najlošija\ vrijednost}{Referentna\ vrijednost - najlošija\ vrijednost}$$

Referentna vrijednost je određena na referentnim mjestima, odnosno procijenjena za uvjete vrlo niskog opterećenja ili uvjete s vrlo malim promjenama hidromorfoloških, bioloških i fizikalno-kemijskih pokazatelja. Pretvaranjem vrijednosti bioloških indeksa u omjere ekološke kakvoće dobivaju se vrijednosti u rasponu od 0 do 1, koje su međusobno usporedive i pogodne za ocjenu ekološkog stanja.
Tri su glavne kategorije opterećenja na koje odgovaraju biološki indikatori definirani u Metodologiji: opterećenje hranjivim tvarima, opterećenje organskim tvarima i hidromorfološke promjene/opća degradacija. Skupine bioloških indeksa koji ukazuju na istu kategoriju opterećenja, odnosno daju istovrsnu informaciju o stanju voda, nazivaju se modulima i to: trofija, saprobnost i opća degradacija.

2.1. Trofija

Obogaćivanje vodenih ekosustava hranjivim tvarima može imati različite utjecaje na biološke elemente u rijekama, jezerima i moru.
Ukoliko je neka hranjiva tvar prirodno limitirajući čimbenik u određenom tipu rijeke, povećan unos te tvari može uzrokovati povećanje primarne produkcije te rast algi i makrofita, ako i ostali uvjeti u rijeci to dozvoljavaju (npr. svjetlost). Obogaćivanje vodenih ekosustava hranjivim tvarima može uzrokovati promjene u sastavu zajednica, pojavljivanje vrsta tolerantnih na hranjive tvari te kompeticiju za svjetlost između epifita, makrofita i fitoplankotona. Promjenama u riječnim staništima mijenja se i sastav zajednice makrozoobentosa te riblje zajednice. Razgradnja velike biomase biljaka dovodi do snižavanja koncentracije kisika u vodi i sedimentu (Nijboer i drugi, 2004).
Utjecaj opterećenja hranjivim tvarima je različit u različitim tipovima jezera. U stratificiranim jezerima je utjecaj na brojnost fitoplanktona i posredan utjecaj na zajednice makrozoobentosa i riba u profundalu lakše predvidjeti. U plitkim jezerima je puno teže definirati dozvoljene vrijednosti hranjivih tvari, zbog povratnog učinka makrofita i riba na strukturu jezerskih biocenoza (Carvalho i drugi, 2006).
Kada se promatra eutrofikacija u priobalnim vodama, od jednake su važnosti koncentracije dušika, fosfora i silicija, kao i njihovi omjeri. Kako raste koncentracija dušika zbog antropogenog opterećenja, raste omjer dušika i fosfora (N:P), ali opada omjer silicija i dušika (Si:N), što ima za posljedicu da fosfor i silicij postaju limitirajući čimbenik za rast biomase u priobalnim vodama (Justic i drugi, 1995 a,b).

Fitoplanktonska zajednica je najizravniji indikator koncentracije hranjivih tvari vodenog stupca u svim vrstama voda.
Za fitoplankton u rijekama i jezerima se, uz koncentraciju klorofila a, koriste indeksi temeljeni na funkcionalnim (riječni potamoplanktonski indeks) ili taksonomskim skupinama (udio taksonomskih skupina) te biomasi fitoplanktona. Kako je navedeno u

Metodologiji, u Hrvatskoj je fitoplankton relevantan biološki element za samo četiri tipa rijeka koja su smještena na nizinskim vrlo velikim tekućicama, a kojima pripadaju, Sava, Mura, Drava i Dunav.

U prijelaznim i priobalnim vodama koristi se najjednostavnija i najčešće primjenjivana metoda za određivanje biomase fitoplanktona, a to je koncentracija klorofila a. To je ujedno i jedini pokazatelj koji ima granične vrijednosti specifične za određene tipove prijelaznih i priobalnih voda (Tablice 2. i 3.) pa su definirana dva tip-specifična raspona koncentracija klorofila a.

Tablica 2. Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja za koncentraciju klorofil a za tipove prijelaznih voda

		Chl *a*/μgL^{-1}	
	Tip	HR-P1_2 i HR-P1_3	HR-P2_2 i HR-P2_3
Kategorija ekološkog stanja	Referentno	≤ 2,20	≤ 1,20
	Vrlo dobro	2,21 - 2,75	1,21 - 1,50
	Dobro	2,76 - 4,00	1,51 - 2,20
	Umjereno	4,01 - 6,00	2,21 - 3,20
	Loše	6,01 - 12,2	3,21 - 6,70
	Vrlo loše	> 12,2	> 6,70

Tablica 3. Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja za koncentraciju klorofila a za tipove priobalnih voda

		Chl *a*/μgL^{-1}	
	Tip	HR-O_313	HR-O_412, HR-O_413, HR-O_422 i HR-O_423
Kategorija ekološkog stanja	Referentno	≤ 0,70	≤ 0,50
	Vrlo dobro	0,71 - 0,94	0,51 - 0,62
	Dobro	0,95 - 1,34	0,63 - 0,91
	Umjereno	1,35 - 1,95	0,92 - 1,35
	Loše	1,96 - 4,00	1,36 - 2,78
	Vrlo loše	> 4,00	> 2,78

Fitobentos se kao element kakvoće u ocjeni ekološkog stanja koristi iz nekoliko razloga: lako ga je uzorkovati i odrediti do razine vrste (od strane stručnjaka algologa) i predvidljivo reagira na promjene kakvoće vode jer objedinjuje taksonomski vrlo raznolike skupine unutar vodenih zajednica. Za mnoge vrste su poznate granice tolerancije ili osjetljivosti na specifične promjene okolišnih uvjeta. Fitobentos ima kratko generacijsko vrijeme u trajanju od nekoliko sati do nekoliko dana što ga čini skupinom koja prva reagira na promjene u okolišu. Fitobentoske alge su dominantna komponenta obraštaja (perifitona), a s obzirom da su pričvršćene za supstrat, zajednica u sebi objedinjuje fizikalna i kemijska svojstva rijeka i jezera. Zajednica prirodno sadrži veliki broj vrsta čime podaci postaju dobri za detaljne statističke analize i numeričke aplikacije.

Alge kremenjašice ili dijatomeje dobri su indikatori trofije u ekosustavu rijeka i jezera, s obzirom da su ubikvisti i obitavaju u svim vrstama biotopa (Mihaljević i drugi, 2011). Trofija rijeka se određuje osrednjavanjem dvaju indeksa: trofički indeks dijatomeja (TIDHR) i nedijatomejski indeks (NeD), dok se za trofiju jezera koristi samo trofički indeks dijatomeja (TID_{HR}).

Strukturalni elementi **makrozoobentosa** koji se najčešće koriste za određivanje trofičkog stanja jezera su broj i bogatstvo vrsta indikatora te njihova relativna brojnost. U

jezerima je prisutna manja raznolikost svojti u odnosu na rijeke, a u zajednici dominiraju predstavnici Oligochaeta i Diptera-Chironomidae (Mihaljević i drugi, 2013). Budući da je eutrofikacija (antropogenog ili prirodnog uzroka) najznačajniji utjecaj u našim jezerima, analizira se zajednica profundala stratificiranih jezera, jer ona najbolje ukazuje na navedeni utjecaj (Solimini i drugi, 2006). Trofija jezera određuje se osrednjavanjem vrijednosti različitih kombinacija bentičkih trofičkih indeksa koje su specifične za tip jezera (indeksa temeljenih na zajednici Oligochaeta te indeksa temeljenih na zajednicama Oligochaeta i Diptera-Chironomidae).

2.2. Saprobnost

Opterećenje organskim tvarima je prije svega značajno za rijeke i može utjecati na kompetitivnost vrsta kroz promjene u dostupnosti izvora hrane te snižavanjem koncentracija otopljenog kisika u vodi uzrokovanog pojačanom heterotrofnom aktivnošću. Izrazita deoksigenacija u vodi i sedimentu može jako smanjiti raznolikost riječnih zajednica. Pri povišenim pH vrijednostima i temperaturama amonij koji je dospio otpadnim vodama ili nastao u procesima razgradnje pretvara se u, za biotu, iznimno toksični amonijak (Pettine i drugi, 2006).

Makrozoobentos je jedan od ključnih bioloških elemenata kakvoće u ocjeni ekološkog stanja tekućica. Zbog relativno dugog životnog vijeka i ograničene pokretljivosti, veće ili manje promjene ekoloških uvjeta u okolišu, primjerice promjena fizikalnih svojstava vode (brzina strujanja vode, temperatura, svjetlo), kemijskih svojstava vode (količina hranjivih tvari, kisika i ugljikovog dioksida te sezonske i dnevne promjene režima protoka vode) imaju za posljedicu promjenu u kvalitativnoj i kvantitativnoj strukturi zajednice (Mihaljević i drugi, 2011).

Za određivanje saprobnosti u rijekama Metodologijom je propisano da se zajednica makrozoobentosa promatra kroz više bioloških indikatora koji ukazuju na promjenu kvalitativne i kvantitativne strukture zajednice u ovisnosti o stupnju opterećenja organskim tvarima te stupnju razgradnje organskih tvari. Koristi se srednja vrijednost omjera ekološke kakvoće pet bioloških indeksa (metrika): ukupan broj svojti (UBS), udio oligosaprobnih indikatora (OSI%), hrvatski saprobni indeks (ISHR), BMWP bodovni indeks (BMWP) i prošireni biotički indeks (PBI). Hrvatski saprobni indeks je prilagođeni saprobni indeks prema Pantle-Buck-u (1955.). Dok se za većinu tipova rijeka koriste ili četiri ili pet indeksa, za tip nizinskih vrlo velikih tekućica i tip gorskih i prigorskih srednje velikih tekućica krških polja se primjerice koriste samo hrvatski saprobni indeks (ISHR) i prošireni biotički indeks (PBI).

Tip-specifične metode ocjene ekološkog stanja koje se temelje na saprobnom sustavu razvijene su i za **fitobentos**, točnije dijatomeje, koje su dobri indikatori jer su rasprostranjene u svim vrstama biotopa. U Metodologiji se koristi saprobni indeks (SIHR) prema Zelinka-Marvanu (1961), koji uzima u obzir indikatorske vrijednosti (tolerantnosti) i indikatorske težine (osjetljivosti) vrsta.

2.3. Opća degradacija

Kako bi se utjecaj više vrsta prisutnih opterećenja u vodnom tijelu ispravno interpretirao, razvijene su multimetrijske metode ocjene ekološkog stanja, koje odgovaraju na

opću degradaciju površinske vode. Opća degradacija je kategorija opterećenja koja može obuhvaćati različita opterećenja, kao što je opterećenje organskim, hranjivim ili toksičnim tvarima i hidromorfološke promjene. Hidromorfološke promjene su izazvane antropogenim utjecajem na hidrološki režim, odnosno plimni režim i/ili morfologiju površinskih voda.

Vodeni makrofiti imaju značajnu ekološku ulogu u rijekama, jezerima, ali i u prijelaznim i priobalnim vodama.

Određene vrste i skupine makrofita čine zajednice koje su svojstvene za određene tipove rijeka i jezera. Pod antropogenim utjecajem sastav makrofitskih zajednica se mijenja i kvantitativno i kvalitativno. Nepostojanje makrofita je prirodno za neke tipove tekućica (npr. za jako zasjenjene, bujične, duboke, prirodno mutne tokove). No, može ukazivati i na antropogeno uzrokovane promjene, prije svega promjene u hidromorfologiji tekućice kad zbog produbljivanja korita, utvrđivanja i stvaranja obala strmijih no što su bile prirodno, nestaju pogodna staništa za makrofite. Uzrok tomu su prije svega dublja, time i slabije osvjetljenja korita te brži protok vode koji ne dozvoljava naseljavanje makrofita (Mihaljević i drugi, 2011).

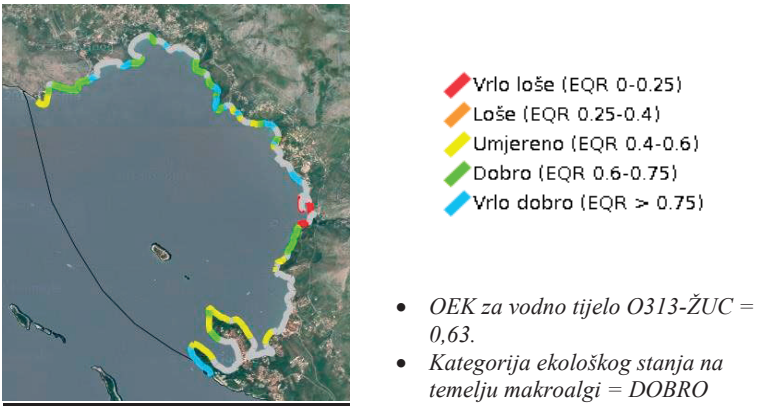
Metodologijom je propisano da se u rijekama ekološko stanje temeljem makrofita ocjenjuje pomoću dva indeksa: stupanj degradacije određen biocenološkom metodom (BMHR) modificiran prema van de Weyer-u (2008) i referentni indeks (RI-MHR). Prvi indeks se temelji na mjerenju prisustva vrsta karakterističnih za određenu referentnu zajednicu, ukupnog broja vrsta i morfoloških tipova te prisustva vrsta tzv. „pokazatelja poremećaja“ ili „pokazatelja dobrog stanja“. Pokazatelji poremećaja složena su skupina vrsta koja se može raščlaniti na pokazatelje eutrofikacije, pokazatelje potamalizacije (tj. usporenja toka) i pokazatelje ritralizacije (tj. ubrzanja toka). Iz odnosa suma učestalosti pojedinih skupina i ukupnog broja različitih morfoloških tipova određuje se ekološka kategorija. Referentni indeks (RI-MHR) uzima u obzir submerzne vrste svrstane u tri kategorije:

- vrste referentne zajednice i one koje ukazuju na dobro stanje vodotoka (A),
- vrste širih ekoloških amplituda koje se mogu javljati u različitim zajednicama i pri različitim uvjetima, no načelno ne ukazuju na neki poremećaj (B) i
- vrste koje se redovno ne javljaju u referentnim zajednicama te ukazuju na neki poremećaj, najčešće eutrofikaciju ili usporenje vodotoka (C).

U jezerima je Metodologijom propisano da se ekološko stanje temeljem makrofita ocjenjuje samo na temelju stupnja degradacije određenog biocenološkom metodom (BMHR), s tom razlikom da metoda, uz sastav i strukturu zajednica, uključuje i odnose između stupnja trofije i dubinske granice makrofita te odnose između stupnja trofije, vidljivosti prema Secchi disku i donje granice makrofita (van de Weyer, 2008).

U prijelaznim vodama Republike Hrvatske, u dovoljnoj mjeri za provedbu monitoringa, rasprostranjene su dvije vrste morskih cvjetnica, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson i Zostera noltii Hornemann. U Metodologiji je propisana metoda ocjene ekološkog stanja na temelju jednog pokazatelja, vrste *C. nodosa*, jer se metoda koja se temelji na vrsti *Z. noltii* još razvija. Metoda Cymox (*Cymodocea nodosa* index) zasniva se na mjerenju više fizioloških elemenata stanja biljke i deskriptora zajednice te njihovoj kombinaciji u završnu OEK vrijednost uz pomoć analize principalnih komponenti (PCA) (Oliva i drugi, 2012).

U priobalnim vodama makroalge i morske cvjetnice predstavljaju zajednički biološki element kakvoće – makrofite, jer metode za izračunavanje ekološkog stanja koriste pokazatelje iz obje skupine. Makroalge žive pričvršćene na morskom dnu, u mediolitoralu i gornjem infralitoralu (do 1 metar dubine) i vrlo su dobri pokazatelji stanja okoliša, jer bilježe promjene u koncentraciji hranjivih tvari, kisika, organskih i toksičnih tvari (Murray i drugi, 1978). U Metodologiji je propisana i opisana metoda izračunavanja CARLIT indeksa (kartiranje litoralnih zajednica), a granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja zajedničke su za sve tipove priobalnih voda. Tip zajednice makroalgi u prirodnim područjima ovisi o geomorfološkim čimbenicima obale (tip i morfologija obale, nagib, izloženost i sl.) za koje treba odrediti "geomorfološki relevantne situacije" (GRS), a svaku karakterizira određeni tip zajednice. Izračunavanje CARLIT indeksa se temelji na omjeru izmjerene ekološke kakvoće i referentne ekološke kakvoće za određenu geomorfološki relevantnu situaciju. Uključivanjem navedenih elemenata u izračun, OEK vrijednost svrstava svaki sektor obale u određenu kategoriju ekološkog stanja (Slika 1.).



Slika 1. Primjer kartografskog prikaza sektora obale primjenom metode CARLIT s OEK vrijednostima (Kušpilić i drugi, 2014)

Morska cvjetnica, *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, je endemska sredozemna morska cvjetnica čije se zajednice prostiru na pjeskovitom dnu od površine do uglavnom tridesetak metara dubine. Posidonija je dobar bioindikator jer je vrlo osjetljiva na poremećaje u morskom okolišu, široko je rasprostranjena u Sredozemnom moru, dobro je istražena biologija i ekologija vrste te su poznati specifični odgovori biljke na različita antropogena opterećenja (Kušpilić i drugi, 2014). Za ocjenu ekološkog stanja propisana je metoda POMI9 (*Posidonia oceanica* multivarijatni indeks) koja se zasniva na mjerenju 9 fizioloških elemenata stanja biljke te karakteristika čitave zajednice (Bennett i drugi, 2011). Rezultat svih izvedenih mjerenja i analiza je skup brojčanih vrijednosti izraženih u različitim jedinicama, od broja izdanaka po metru kvadratnom do koncentracija kemijskih elemenata, a POMI metoda objedinjuje sve ove elemente u jedan pokazatelj. Koristi se multivarijantna statistička metoda glavnih komponenti (PCA) kojom se dobiju vrijednosti koje predstavljaju vrijednost ekološkog stanja vodnog tijela.

Makrozoobentos je dobar pokazatelj opće degradacije okoliša u svim površinskim vodama.

U rijekama se zajednica makrozoobentosa promatra na temelju ukupno sedam bioloških indeksa, kombiniranih prema tipovima tekućica: Shannon-Wiener indeks raznolikosti (H), ritron indeks (RI), udio svojti koje preferiraju šljunak, litoral i pjeskoviti tip supstrata Akal+Lit+Psa (ALP%), udio pobirača/sakupljača (P/S%), indeks biocenotičkog područja (IBR), broj svojti Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT-S) i udio predstavnika skupina Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera u makrozoobentosu (EPT%).
U prijelaznim i priobalnim vodama mjerenjem sastava i bogatstva faune makrozoobentosa te određivanjem odnosa osjetljivih, indiferentih i oportunističkih vrsta u zajednici dobije se uvid u veličinu antropogenog utjecaja na ekosustav prijelaznih i priobalnih voda. Pokazatelj koji se koristi za ocjenu ekološkog stanja je multimetrijski indeks biotičkog integriteta morskih bentoskih zajednica (M-AMBI), koji je primjeren modulu za degradacije općeg tipa.
Ribe se za sada koriste samo za ocjenu ekološkog stanja rijeka i prijelaznih voda, a indikator su opće degradacije vodenih staništa. Kao potrošači i/ili grabežljivci, one integriraju informacije o trofičkom stanju u hranidbenom lancu. Razmatraju se tri osnovna elementa ihtiopopulacije: sastav vrsta, zastupljenost pojedinih vrsta i starosna struktura. Promjene u sastavu i brojnosti vrsta, opadanje broja vrsta specifičnih za određene tipove voda kao i promjene u starosnoj strukturi znakovi su poremećaja u reprodukciji i razvoju određenih vrsta u populaciji riba i ukazuju na opću degradaciju vodotoka. Svaka riblja vrsta ima specifične potrebe za kakvoćom vodenog staništa i okolišnih značajki potrebnih za razmnožavanje, hranjenje, rast, razvoj i preživljavanje (Carvalho i drugi, 2006).
U rijekama se za ocjenu ekološkog stanja koristi kvantitativni indeks biotičkog integriteta (IBIHR), multimetrijski indeks koji se izračunava na temelju osam elemenata: relativne zastupljenosti insektivornih/invertivornih vrsta, relativne zastupljenosti fitofilnih vrsta, relativne zastupljenosti litofilnih vrsta, relativne zastupljenosti reofilnih vrsta, relativne zastupljenosti bentičkih vrsta, relativne zastupljenosti invazivnih i unesenih vrsta, Simpsonovog indeksa raznolikosti i ujednačenosti za recipročni Simpsonov indeks raznolikosti. Kod izračunavanja indeksa IBIHR potrebno je tipske zajednice riba poznatih ekoloških karakteristika uvrstiti u tipove površinskih voda te staviti u odnos s referentnim vrijednostima elemenata za tipske zajednice. Srednja vrijednost svih elemenata indeksa predstavlja vrijednost IBIHR indeksa, koji ujedno izražava vrijednost omjera ekološke kakvoće za ribe.
U prijelaznim vodama se koristi modificirani indeks za ribe u estuarnim područjima (M-EFI) koji se sastoji od sljedećih elementa: broj vrsta, relativna zastupljenost (plosnatice, gire, cipli, ljuskavke, omnivori, piscivori, tolerantne vrste), broj estuarijskih rezidentnih vrsta, relativna zastupljenost (estuarijskih, rezidentnih i diadromnih morskih juvenilnih migrirajućih vrsta) te broj indikatorskih i novih/unijetih vrsta. Svaki od navedenih elemenata se boduje, bodovi se osrednjavaju i daju vrijednost M-EFI indeksa, koja se pretvara u omjer ekološke kakvoće prema sljedećoj formuli:

$$OEK = \frac{Referentna\ vrijednost}{Izmjerena\ vrijednost\ M-EFI}$$

3. INTERKALIBRACIJA

Provedba europskog interkalibracijskog procesa (IC) je jedna od ključnih aktivnosti u postizanju iste razine ekološkog stanja voda u zemljama Europske unije. Osmišljen je kako bi se osiguralo da granice klasa za dobro ekološko stanje, svake države članice Europske unije, budu u skladu s opisom tih granica u Okvirnoj direktivi o vodama i usporedive među državama članicama. Interkalibracija sustava za ocjenu ekološkog stanja površinskih voda je zakonska obveza, pa je ugrađena i u članak 44. Zakona o vodama.

Interkalibracija se provodi pod okriljem Radne skupine za provedbu Zajedničke provedbene strategije za ekološko stanje (ECOSTAT), koja je odgovorna za procjenu rezultata IC vježbe i izradu preporuka za Stratešku koordinacijsku skupinu. Cilj IC procesa je postizanje dosljednosti i usporedivosti rezultata ocjene sustava monitoringa i ocjene ekološkog stanja u svakoj državi članici za biološke elemente kakvoće.

Republika Hrvatska je samo djelomično sudjelovala u dosadašnjem IC procesu. Za rijeke je bila uključena u aktivnosti Istočnoeuropske geografske interkalibracijske skupine (EC GIG), a za prijelazne i priobalne vode u aktivnosti Mediteranske geografske interkalibracijske skupine (MED GIG). Metode Carlit (makroalge priobalnih voda) i POMI (*Posidonia oceanica* metoda) za priobalne vode su interkalibrirane tijekom druge faze IC procesa (2009.-2011.), a granične vrijednosti kategorija za biološke elemente kakvoće makrozoobentos i klorofil a za prijelazne i priobalne vode preuzete su iz rezultata dobivenih tijekom IC procesa u MED GIG.

Nastavak procesa odnosit će se na interkalibraciju metoda ocjene bioloških elementa kakvoće sa susjednim državama, članicama EU (Slovenija i Mađarska) i to za one zajedničke tipove kopnenih voda koji nisu već interkalibrirani.

U procesu usklađivanja nacionalnih graničnih vrijednosti bioloških elementa kakvoće u rijekama s rezultatima provedene interkalibracije potrebno je koristiti vodič Europske komisije „Instructional manual to fit new or revised national classifications to the completed IC excersise“. Također, Hrvatska sudjeluje u IC procesu elemenata kakvoće za velike rijeke u okviru Geografske interkalibracijske skupine za velike rijeke (X-GIG), koji je započeo u 2013. godini. Interkalibriraju se biološki elementi makrozoobentos i fitoplankton, a u planu su ribe i fitobentos (dijatomeje).

Ulaskom Hrvatske u EU otvorila se mogućnost interkalibracije prirodnih mediteranskih jezera. Naime, do sada su interkalibrirana samo umjetna mediteranska jezera jer nije bilo dovoljno kandidata za prirodna. Interes za ovu interkalibraciju pokazale su Grčka te Turska (kao zemlja kandidat) u okviru EKOSTAT radne skupine.

ZAKLJUČAK

Na temelju članka 19. stavak 6. Uredbe o standardu kakvoće voda, Hrvatske vode su donijele Metodologiju uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće koja se nalazi na mrežnoj stranici Hrvatskih voda, www.voda.hr.

Svrha je Metodologije da se propisanim postupcima uzorkovanja, laboratorijskih analiza, obrade podataka te biološkim indeksima na temelju kojih se ocjenjuje ekološko stanje voda, osigura da proces ocjene ekološkog stanja površinskih voda u potpunosti bude

transparentan, usporediv i ponovljiv.
Za svaki biološki element kakvoće identificirani su biološki indikatori koji odgovaraju na antropogene utjecaje na predvidljiv način i omogućuju klasifikaciju ekološkog stanja na temelju funkcionalnih veza između opterećenja i indikatora, osim za biološki element ribe za koji je još potrebno identificirati indikatore i sustav ocjene ekološkog stanja u jezerima Hrvatske, u kojima više nema autohtonih ihtiopopulacija.
Tri su glavne kategorije opterećenja na koje odgovaraju biološki indikatori propisani u Metodologiji: opterećenje hranjivim tvarima, opterećenje organskim tvarima i hidromorfološke promjene/opća degradacija. Moduli trofija, saprobnost i opća degradacija predstavljaju skupine bioloških indeksa koji ukazuju na istu kategoriju opterećenja.
Cilj europskog procesa interkalibracije je postizanje dosljednosti i usporedivosti rezultata ocjene sustava monitoringa i ocjene ekološkog stanja u svakoj državi članici za biološke elemente kakvoće.

LITERATURA

[1] Bennett, S., Roca, G., Romero, J., Alcoverro, T. (2011): Ecological status of seagrass ecosystems: An uncertainty analysis of the meadow classification based on the Posidonia oceanica multivariate index (POMI). Marine Pollution Bulletin 62(8), 1616-21.

[2] Carvalho, L., Lepistö, L., Rissanen, J., Pietiläinen, O.P., Rekolainen, S., Torok, L., Solheim, A.L., Saloranta, T., Ptacnik, R., Tartari, G., Cardoso, A.C., Premazzi, G., Gunno, J., Penning, E., Hanganu, J., Hellsten, S., Orhan, J., Navodaru, J. (2006): Indicators and methods for the ecological status assessment under the Water Framework Directive, Eutrophication and organic pollution, Nutrients and eutrofication in lakes. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Italy.

[3] Justic, D. Rabalais, N.N., Turner R.E. (1995a): Stoichiometric nutrient balance and origin of coastal eutrophication, Marine Pollution Bulletin 30: 41-46.

[4] Justic, D. Rabalais, N.N., Turner R.E., Dortch,Q. (1995b): Changes in nutrient structure of river dominated coastal waters: stoichiometric nutrient balance and its consequences, Eustarine, Coastal and Shelt Science 40: 339-356.

[5] Kušpilić, G., Precali, R., Grbec, B., Ninčević-Gladan, Ž., Šolić, M., Bojanić, N., Nikolić, V., Despalatović, M., Travizi, A., Matić Skoko, S., Bogner, D., Ciglenečki, I., Dadić, V. (2014): Sustavno ispitivanje kakvoće prijelaznih i priobalnih voda u 2012. i 2013. godini, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.

[6] Mihaljević, Z., Kerovec, M., Mrakovčić, M., Plenković, A., Alegro, A., Habdija-Primc, B. (2011): Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (Okvirna direktiva o vodama, 2000/60/EC) u reprezentativnim slivovima panonske i Dinaridske ekoregije, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb.

[7] Mihaljević, Z., Plenković, A., Kerovec, M., Mrakovčić, M., Alegro, A., Ternej, I., Mustafić, P., Gottstein, S., Gligora Udovič, M., Lajtner, J., Kralj Borojević, K., Previšić, A., Vilenica, M., Žutinić, P. (2013): Testiranje bioloških metoda

ocjene ekološkog stanja u jezerima Dinaridske ekoregije, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb.

[8] Murray, S.N., Littler, M.M. (1978): Patterns of algal succession in a perturbated marine intertidal community, J. Phycol 14:506-512.

[9] Nijboer, R.C., Verdonschot, P.F.M. (2004): Variable selection for modelling effects of eutrophication on stream and river ecosystems. Ecological modelling 177:17-39.

[10] Oliva, S., Mascaró, O., Llagostera, I., Pérez, M., Romero, J. (2012): Selection of metrics based on the seagrass Cymodocea nodosa and development of a biotic index (CYMOX) for assessing ecological status of coastal and transitional waters. Estuarine, Coastal and Shelf Science 114, 7-17.

[11] Pettine, M., Ruggiero, A., Fazi, S., Buffagni, A., Møller Andersen, J., Roncak, P., Friberg, N. (2006): Indicators and methods for the ecological status assessment under the Water Framework Directive, Eutrophication and organic pollution, Organic pollution in rivers. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Italy.

[12] Solimini, A., Free, G., Donohue, I., Irvine, K., Pusch, M., Rossaro, B., Sandin, L., Cardoso, A. C.(2006): Using benthic macroinvertebrates to assess ecological status of lakes current knowledge and way forward to support WFD Implementation. Technical Report EUR 22347, European Commission, J.R.C., Ispra. 48 str.

[13] Uredba o standardu kakvoće voda (NN 89/10, 73/13).

[14] van de Weyer, K. (2008): Fortschreibung des Bewertungsverfahrens für Makrophyten in Fließgewässern in Nordrhein-Westfalen gemäß den Vorgaben der EG-Wasser-Rahmen-Richtlinie. LANUV Arbeitsblatt 3: 78 S. & Anhang, Recklinghausen.

[15] Zakon o vodama (NN 153/09, 63/11, 130/11 i 56/13).

AUTORI

mr.sc. Valerija Musić [a]
dr.sc. Igor Stanković [a]
mr.sc. Dagmar Šurmanović [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, Hrvatska, valerija.music@voda.hr; igor.stankovic@voda.hr; dagmar.surmanovic@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.15.

MAKROZOOBENTOS KAO POKAZATELJ EKOLOŠKOG STANJA JEZERA DINARIDSKE EKOREGIJE

Zlatko Mihaljević, Mladen Kerovec

SAŽETAK: Istraživana je zajednica makrozoobentosa mekanih, muljevitih supstrata u sedam jezera Dinaridske ekoregije. Budući da je eutrofikacija najznačajniji pritisak i utjecaj (antropogenog ili prirodnog uzroka) u jezerima Dinaridske regije, analizirana je zajednica profundala stratificiranih jezera, jer je ona najbolji pokazatelj navedenog procesa. Vransko jezero kod Biograda razlikuje se od ostalih jezera, jer pripada plitkim nestratificiranim jezerima. Budući da u istraživanim jezerima, brojem jedinki i brojem svojti (vrsta) dominiraju Oligochaeta i Chironomidae, za ocjenu ekološkog stanja koristili smo indekse koji se temelje na analizi njihovih populacija, odnosno na udjelu osjetljivih i tolerantnih vrsta. U Vranskom jezeru kod Biograda i Crniševu uz eutrofikaciju, salinitet utječe na strukturiranje makrozoobentosa, a budući da je utjecaj ova dva čimbenika teško razdvojiti ocjena ekološkog stanja je manje pouzdana. Prema postignutim rezultatima sva istraživana jezera nalaze se u vrlo dobrom i dobrom ekološkom stanju.

KLJUČNE RIJEČI: makrozoobentos, Oligochaeta, Chironomidae, jezera, ekološko stanje

MACROZOOBENTHOS AS AN INDICATOR OF ECOLOGICAL STATUS OF LAKES IN THE DINARIC ECOREGION

SUMMARY: Benthic macroinvertebrates of soft sediments were analysed in 7 lakes of the Dinaric ecoregion. In these lakes, eutrophication has been recognised as a factor having a major impact on benthic macroinvertebrate communities. The macroinvertebrate communities in the profundal zone can provide an indication of past and current disturbances and have thus been used in assessment of the ecological conditions of lakes. Profundal is not present in Vrana Lake near Biograd, which belongs to the category of shallow unstratified lakes. Oligochaetes and chironomids usually dominate in soft lake sediments and are considered as the most useful indicators of oxygen condition and trophic status. We have developed a classification system using chironomid and oligochaete assemblages based on relative abundances of chironomid species, the ratio of tolerant to intolerant tubificid oligochaetes, and the ratio of oligochaetes to chironomids. Besides eutrophication, salinity is also an important factor that affects the structuring of macroinvertebrate communities in some lakes, such as the Vransko Lake near Biograd and Crniševo Lake. Since the influence of these two factors is difficult to separate, the assessment of the ecological

status in such cases is less reliable. According to the results, all of the investigated lakes are have very good or good ecological status.

KEY WORDS: macrozoobenthos, Oligochaeta, Chironomidae, lakes, ecological status

1. UVOD

Prema Okvirnoj direktivi o vodama, Dodatak V (2000), sastav i brojnost zajednice beskralješnjaka dna, jedan je od obaveznih bioloških elemenata na kojima se temelji određivanje ekološkog stanja jezera. Opće je poznato da je posljedica porasta stupnja trofije, koji se ogleda i u povećanju koncentracije hranjivih soli (fosfata i nitrata), porast primarne organske proizvodnje. Slijedi nagomilavanje uginulih primarnih proizvođača, posebno algi na dnu jezera, gdje zbog njihove intenzivne razgradnje može doći i do potpunog nestanka kisika, tj. do anoksije. Takova je situacija posebno izražena tijekom toplijeg dijela godine za vrijeme temperaturne stratifikacije. Prvenstveno je to posljedica formiranja termokline, sloja jezerske vode kojeg obilježava velika razlika u temperaturi, a time i u gustoći, koji onemogućava obogaćivanje pridnenih slojeva površinskom vodom bogatom kisikom. Nedostatak kisika u području profundala, ima za posljedicu nemogućnost opstanka osjetljivih vrsta, koje ili nestanu ili im se drastično smanji brojnost. Oligochaeta i Diptera-Chironomidae dominiraju u zajednici i smatraju se pouzdanim indikatorima eutrofikacije (Sæther, 1979; Verdonschot, 1996). Strukturalni elementi koji su najpouzdaniji i koji se najčešće koriste za određivanje trofičkog stanja jezera su broj i bogatstvo vrsta indikatora te njihova relativna brojnost. Budući da je eutrofikacija najznačajniji pritisak i utjecaj (antropogenog ili prirodnog uzroka) u jezerima Dinaridske regije, analizirana je zajednica profundala stratificiranih jezera, jer je ona najbolji pokazatelj navedenog procesa (Solimini i sur., 2006).

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA I METODE RADA

Istraživanja makrozoobentosa provedena su od 2009. – 2011. na sljedećim jezerima: jezero Brljan, Visovačko jezero, Prošćansko jezero, jezero Kozjak Vransko jezero na Cresu, jezero Crniševo (Baćinska jezera). Vransko jezero kod Biograda istraživano je tijekom 2003.

Sva istraživanja jezera su u geološkom smislu relativno mlada i nastala su u vrijeme pleistocena. S obzirom na način postanka, Brljansko i Visovačko jezero te jezera Kozjak i Prošće su krška baražna jezera, dok su ostala jezera nastala potapljanjem krških polja / formacija, kao posljedica izdizanja razine mora.

U stratificiranim jezerima uzorci makrozoobentosa sabirani su s dna najdubljeg dijela jezera, dok su u nestratificiranom plitkom Vranskom jezeru kod Biograda, uzorci uzimani u središnjem dijelu jezera. Sabiranje uzoraka, odvijalo se jednom mjesečno tijekom toplijeg dijela godine, tj. od travnja do rujna ili početka listopada. Sabirana su po tri replikatna uzorka mekanih, muljevitih sedimenata dna pomoću Ekman-ovog grabila zahvatne površine 225 cm^2 (ukupno 675 cm^2). Uzorci su na terenu prosijani kroz mrežicu s okašcima od 0,5 mm, spremljeni u boce širokog grla te odmah konzervirani 70% etanolom. Nakon toga u laboratoriju su iz uzoraka izdvojeni predstavnici pojedinih skupina, prebrojani te determinirani do najniže sistematske razine. Na kraju je brojnost pojedinih svojti preračunata na površinu od 1 m^2.

Prilikom ocjene ekološkog stanja istraživanih jezera temeljem analize makrozoobentosa korišteni su slijedeći indeksi:

1. **EI (Environmental Index)** temeljen na zajednici Oligochaeta (Howmiller & Scott, 1977).
2. **mEI (Modified Environmental Index)** temeljen na zajednicama Oligochaeta i Diptera - Chironomidae (Milbrink, 1980).
3. **BQI (Benthic Quality Index)** temeljen na zajednicama Oligochaeta i Diptera- Chironomidae (Wiederholm, 1980).
4. **BTI (Bentičkii trofički indeks)** temeljen na zajednicama Oligochaeta i Diptera - Chironomidae (Mihaljević i sur. 2013)

Vrijednosti svakog pojedinog indeksa se međusobno znatno razlikuju te je bilo potrebno sve dobivene vrijednosti transformirati u oblik koji će omogućiti njihovu usporedbu, tj stvarne vrijednosti indeksa su transformirane u vrijednosti između 0 i 1. Na taj smo način dobili međusobno usporedive brojčane vrijednosti tzv. omjer ekološke kakvoće, a ocjena ekološkog stanja očitava se prema slijedećoj skali:

Ocjena ekološkog stanja	Omjer ekološke kakvoće
1= vrlo dobra ekološka kakvoća	>= 0,80
2 = dobra ekološka kakvoća	0,60 – 0,79
3 = umjereno dobra ekološka kakvoća	0,40 – 0,59
4 = slaba ekološka kakvoća	0,20 – 0,39
5 = loša ekološka kakvoća	<0,20

3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1. Fizikalno – kemijska obilježja vode istraživanih jezera

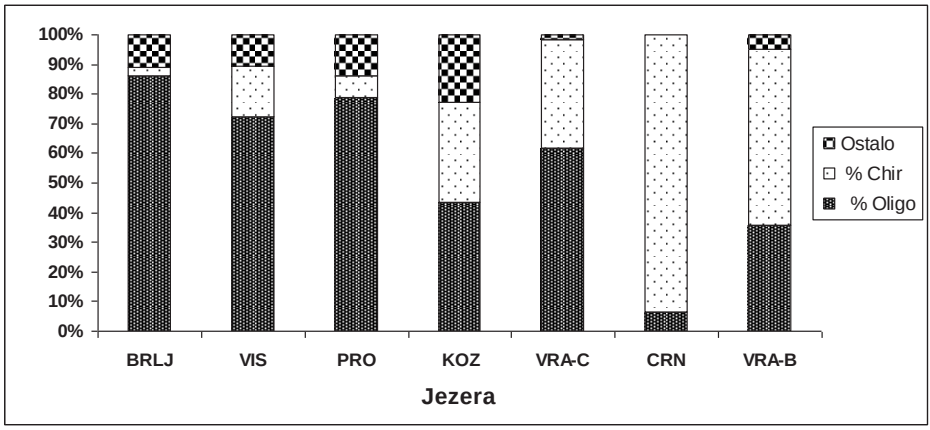
U tablici 1. prikazani su rezultati mjerenja pojedinih fizikalno-kemijskih čimbenika pridnenog sloja vode istraživanih jezera. Fizikalno kemijska obilježja vode su neobično važan čimbenik koji utječe na sastav i strukturu zajednice makrozoobentosa. U Visovačkom jezeru i Crniševu, u hipolimnionskom sloju koncentracije otopljenog kisika padaju ispod 1 mg/L te nastaju hipoksični uvjeti, što je eliminirajući čimbenik za osjetljive vrste. U Crniševu i Vranskom jezeru kod Biograda prisutno je zaslanjenje, što je također ograničavajući čimbenik za zajednicu makrozoobentosa. Sadržaj oksidabilnih organskih tvari otopljenih u vodi (KPK) najveći je u Vranskom jezeru kod Biograda i Crniševu. U oba jezera na alohtonu organsku tvar ukazuju i najviše izmjerene vrijednosti dušikovih, odnosno fosfornih spojeva.

Tablica 1. Fizikalno-kemijski čimbenici pridnenog sloja vode istraživanih jezera (BRLJ=Brljan, VIS=Visovac, PRO-Prošće, KOZ=Kozjak VR-C=Vransko jezero Cres, CRN=Crniševo, VR-B=Vransko jezero Biograd)

	BRLJ	VIS	KOZ	PRO	VR-C	CRN	VR-B
Dubina (m)	17	23	40	30	55	27	4
Maksimalna temperatura (^oC)	16,8	16,8	8,5	10,0	13,7	14,4	29,1
Minimalna konc. kisika (mgl^{-1})	6,6	0,9	6,7	4,2	6,0	0,1	5,2
pH	8,03	7,66	7,92	7,98	8,19	7,65	8,02
Električna vodljivost (μScm^{-1})	614	514	406	418	433	2488	1915
Maksimalni salinitet (‰)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,2
KPK_{Mn} (mgl^{-1})	1,18	0,85	1,07	0,80	1,10	4,07	5,88
$N\text{-}NO_3$ (mgl^{-1})	0,410	0,270	0,532	0,490	0,009	0,370	1,110
N-ukupni (mgl^{-1})	0,571	0,342	0,643	0,740	0,173	0,770	2,017
P-ukupni (mgl^{-1})	0,029	0,012	0,012	0,012	0,008	0,041	0,037
Minimalna prozirnost (m)	1,2	3,0	8,0	5,5	10,5	2,2	1,2

3.2. Sastav i struktura zajednice makrozoobentosa

U istraživanim jezerima brojem jedinki (Slika 1) i brojem svojti (vrsta) dominiraju predstavnici dviju skupina: ličinke dvokrilaca iz porodice Chironomidae i maločetinaši (Oligochaeta).



Slika 1. Postotni udio Oligochaeta i Diptera-Chironomidae u istraživanim jezerima

Oligochaeta su zastupljeni s 9 svojti, a Diptera-Chironomidae s 28 svojti. Popis zabilježenih svojti u istraživanim jezerima te njihove indikatorske vrijednosti prema stupnju trofije prikazani su u Tablici 2.

Tablica 2. Utvrđene vrste Oligochaeta i Chironomidae u istraživanim jezerima. Brojčane vrijednosti temeljene indiciranja stupnja trofije korištene za izračunavanje pojedinih indeksa: EI (0=oligotrofni, 1=mesotrofni, 2=eutrofni); mEI (0=oligotrofni, 1=mesotrofni, 2=mesotrofno-eutrofni, 3=eutrofni); BQI (4=oligotrofni, 3=mesotrofni, 2=mesotrofno-eutrofni, 1=eutrofni)

	Stupanj trofije	EI	mEI	BQI	BRLJ	VIS	PRO	KOZ	VR-C	CRN	VR-B
OLIGOCHAETA											
Enchytraeidae Gen. sp.	Mesotrofno		1	3				x			
Lumbricidae Gen. sp.	Mesotrofno		1	3					x		
Limnodrilus hoffmeisteri	Eutrofno	2	3	1	x	x		x			
Limnodrilus udekemianus	Eutrofno	2	3	1	x						
Potamothrix hammoniensis	Meso-Eutrofno	1	2	2	x	x	x	x			
Potamothrix heuscheri	Meso-Eutrofno	1	2	2	x	x					x
Potamothrix bavaricus	Meso-Eutrofno	1	2	2				x			
Potamothrix sp.	Meso-Eutrofno	1	2	2	x	x	x	x	x	x	
Psammoryctides barbatus	Mesotrofno	0	1	3		x			x		
CHIRONOMIDAE											
Ablabesmia monilis											x
Chironomus aprilinus	Eutrofno		3							x	
Chironomus nuditarsis	Eutrofno		3	1							x
Chironomus plumosus	Eutrofno		3	1	x	x	x			x	
Cladopelma gr. *lateralis*						x					
Conhapelopia agg.						x					
Constempellina brevicosta					x						
Corynoneura sp.	Mesotrofno		1	3	x						
Cryptochironomus defectus	Meso-Eutrofno		2	2					x	x	x
Cryptochironomus sp.	Meso-Eutrofno		2	2							x
Cryptotendipes sp.					x						
Dicrotendipes gr. *nervosus*	Meso-Eutrofno		2	2		x		x	x		x
Endochironomus dispar	Mesotrofno		1	3	x						
Microchironomus tener	Meso-Eutrofno		2	2					x		x
Micropsectra contracta type	Oligotrofno		0	4	x						
Micropsectra sp.	Mesotrofno		1	3	x	x					x
Microtendipes pedellus/ chloris	Mesotrofno		1	3	x	x					x
Orthocladiinae Gen. sp.	Mesotrofno		1	3	x						
Paracladopelma gr. *camptolabis-laminata*	Mesotrofno		1	3				x			
Polypedilum gr. *nubeculosum*	Mesotrofno		1	3	x		x				
Polypedilum gr. *bicrenatum*	Mesotrofno		1	3	x	x				x	
Procladius choreus					x	x	x	x	x	x	x
Prodiamesa olivacea	Meso-Eutrofno		2	2	x						
Psectrocladius psilopterus	Oligotrofno		0	4							x
Tanytarsus gregarius	Oligotrofno		0	4			x	x			
Tanytarsus glabrescens type	Oligotrofno		0	4					x		
Tanytarsus mendax type	Mesotrofno		1	3		x				x	x
Tanytarsus sp.	Oligotrofno		0	4			x				

Krška baražna jezera na rijeci Krki (Brljan i Visovac) značajno se razlikuju u brojnosti i sastavu makrozoobentosa. U jezeru Brljan zabilježena je daleko najveća brojnost makrozoobentosa (77.000 jedinki/m^2), dok je brojnost makrozoobentosa u jezeru Visovac približno 10 puta manja. U oba jezera u makrozoobentosu brojem jedinki dominiraju predstavnici Oligochaeta, čiji udio u Visovačkom jezeru iznosi 72 %, a u jezeru Brljan 86 % (Slika 1). Zajednice Oligochaeta oba jezera značajno se razlikuju i po sastavu vrsta. Tako u jezeru Brljan čak 56 % oligoheta pripada vrstama *Limnodrilus hoffmeisteri* i *L. udekemianus*, koji su pokazatelji eutrofije. Navedene vrste u jezeru Visovac su malobrojne i čine tek 0,2 % ukupnog broja oligoheta. Suprotno je s vrstom *Psammoryctides barbatus*, na koju u jezeru Visovac otpada čak 44% oligoheta, a u jezeru Brljan tek 3 %. Navedena vrsta je pokazatelj nižeg stupnja trofije (oligo-mezo). Od oligoheta u profundalu oba jezera dolaze još predstavnici roda *Potamothrix*, s udjelom od 56 % u jezeru Visovac, odnosno 41 % u jezeru Brljan. U jezeru Visovac brojnija je vrsta P. heuscheri, a u jezeru Brljan *P.*

hammoniensis. Obje su vrste indikatori mezo-eutrofije. Među hironomidima najbrojnije vrste u jezeru Brljan su *Chironomus plumosus* i *Micropsectra contracta* type, dok je u Visovačkom jezeru daleko najbrojnija vrsta *Chironomus plumosus*. Vrsta *Micropsectra contracta* je pokazatelj oligotrofije i česta je oligotrofnim srednjeeuropskim jezerima, dok je vrsta *Chironomus plumosus* njačešća u eutrofnim jezerima.

U profundalu Prošćanskog jezera utvrđena je prosječna gustoća makrozoobentosa od 2.327 jedinki/m^2. Čak 78,9 % svih zabilježenih jedinki pripada skupini Oligocheta, a 7,2 % skupini Diptera - Chironomidae (Slika 1). Oligoheti su zastupljeni samo jednom vrstom *Potamothrix hammoniensis*, dok od 7 vrsta hironomida treba spomenuti osjetljivu vrstu Tanytarsus gregarius, koja dolazi još samo u jezeru Kozjak, te vrstu *Chironomus plumosus* koja indicira visok stupanj trofije. U profundalu jezera Kozjak utvrđena je prosječna gustoća makrozoobentosa od 2.228 jedinki/m^2. Od ukupnog broja jedinki 45 % pripada skupini oligoheta, a 35,2 % skupini hironomida (Slika 1). Oligoheti su zastupljeni s vrstama *Potamothrix hammoniensis*, *P. bavaricus* i *Limnodrilus hoffmeisteri* , dok od 9 vrste hironomida najbrojnija je osjetljiva vrsta *Tanytarsus gregarius*, koja dolazi još samo u jezeru Prošće.

Jezero Crniševo je najveće i najdublje jezero u sklopu Baćinskih jezera. Područje profundala obilježava izrazito mala brojnost i raznolikost zajednice makrozoobentosa, gdje prosječno dolaze tek 152 jedinke/m^2. Od svega 7 zabilježenih svojti, jedna pripada skupini Oligochaeta (*Potamothrix heuscheri*), a ostale skupini Chironomidae, od kojih treba spomenuti halofilnu vrstu *Chironomus aprilinus*. Uzrok tako male raznolikosti i brojnosti makrozoobentosa je s jedne strane povremena anoksija koju smo zabilježili tijekom ljeta, te povišene vrijednosti saliniteta, koje povremeno mogu biti više i od 7‰.

Gustoća populacija makrozoobentosa Vranskog jezero na Cresu u području profundala iznosi 1.050 jedinki/m^2, a više od 98 % svih jedinki u makrozoobentosu čine predstavnici skupina Oligochaeta (61,7%) i Chironomidae (36,6 %) (Slika 1). Među oligohetima 55% jedinki pripada na manjak kisika osjetljivijoj vrsti *Psammoryctides barabatus*, a 44 % vrstama roda *Potamothrix*. Od ličinki hironomida treba spomenuti prisutnost na manjak kisika osjetljive vrste *Tanytarsus glabrescens*. Relativno mala brojnost makrozoobentosa u profundalu, posljedica je niske produkcije u jezeru (fito- i zooplankton) te ograničenih količina hrane (detritusa).

Iako Vransko jezero kod Biograda jedino pripada kategoriji plitkih, nestratificiranih jezera, sastav i struktura zajednice makrozoobentosa sliči zajednici profundala ostalih stratificiranih jezera. Naime preko 95% jedinki makrozoobentosa pripada skupinama Oligocheta (35,5%) i Chironomidae (59,7%) (Slika 1), a gustoća populacija ne prelazi 1000 jedinki/m^2. Oligocheta su zastupljeni samo s jednom vrstom - *Potamothrix heuscheri,* dok njih 12 pripada skupini Chironomidae (Tablica 2). Mala raznolikost i sastav makrozoobentosa ukazuje na viši stupanj trofije jezera, koja je vjerojatno posljedica prirodnih procesa karakterističnih za ovakva plitka polimiktička jezera, utjecaja okolnog poljoprivrednog područja, te povremenog snažnog utjecaja mora.

3.3. Ocjena ekološkog stanja istraživanih jezera

Ocjenjivanje ekološkog stanja predstavlja mjerenje odstupanja strukture i funkcije ekološkog sustava od prirodnog – referentnog stanja. Svako od prirodnih jezera u Hrvatskoj pripada zasebnom tipu ili podtipu, a isto tako i jezera u Dinaridskoj - primorskoj

subekoregiji međusobno se znatno razlikuju, iako su smještena na istoj geološkoj podlozi i u istom klimatskom pojasu. Budući da na mekanim, muljevitim podlogama istraživanih jezera brojem jedinki i brojem svojti (vrsta) dominiraju Oligochaeta i Chironomidae, za ocjenu ekološkog stanja koristili smo indekse koji se temelje na analizi njihovih populacija. Referentne vrijednosti za svaki od indeksa dobivene su analizom dostupnih podataka te ekspertnom procjenom. Indekse nismo bili u mogućnosti dodatno testirati, jer za svaki jezerski tip nije raspoloživ veći broj jezera različitog stupnja trofije. Osim eutrofikacije, na zajednicu makrozoobentosa mekanih, muljevitih supstrata velik utjecaj ima i zaslanjenje, odnosno utjecaj mora u jezeru Crniševo i u Vranskom jezeru kod Biograda. Samo manji broj vrsta adaptiran je na uvjete zaslanjenja većeg od 1-1,5 ‰. Kod izuzetno slabo produktivnih jezera, kao što je to Vransko jezero na Cresu, također dolazi do smanjenja raznolikosti pa i brojnosti makrozoobentosa.

Postupak izračunavanja indeksa i omjera ekološke kakvoće detaljno prikazan je u dokumentu Metodologija određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata i metodologija ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja (Narodne novine, 2013). Sumarno je ocjena ekološkog stanja istraživanih jezera prikazana u tablici 3. Iz tablice je vidljivo da su u najboljem stanju (vrlo dobro) Vransko jezero na Cresu, te jezera Kozjak i Prošće na području Plitvičkih jezera. Prema makrozoobentosu profundala, ostala jezera su u dobrom stanju, s time da je jezero Visovac na granici između dobrog i vrlo dobrog stanja (EQR = 0,79). Jezero Brljan je u donjim granicama dobrog stanja, dok za jezera Crniševo i Vrana kod Biograda, ocjenu dobrog stanja treba uzeti s određenom rezervom, jer osim eutrofikacije, salinitet je iznimno bitan proces koji strukturira makrozoobentos.

Tablica 3. Sumarni prikaz ekološkog stanja istraživanih jezera temeljem analize makrozoobentosa mekanih, muljevitih supstrata

JEZERO	EKOLOŠKO STANJE
VISOVAC	0,79
BRLJAN	0,63
PROŠĆE	0,82
KOZJAK	0,85
CRNIŠEVO	0,66
VRANSKO (CRES)	0,90
VRANSKO (BIOGRAD)	0,70

ZAKLJUČAK

Makrozoobentos mekanih, muljevitih sedimenata profundala pokazao se dobrim pokazateljem eutrofikacije, odnosno ekološkog stanja jezera, korištenjem nekoliko indeksa, temeljenih na zajednicama oligoheta i hironomida. Predloženi indeksi ukazuju na stupanj trofije u odnosu na referentne uvjete. U Vranskom jezeru i Crniševu uz eutrofikaciju, salinitet utječe na strukturiranje makrozoobentosa, a budući da je ova dva čimbenika teško razdvojiti, ocjena ekološkog stanja je manje pouzdana. U jezeru Brljan ocjena ekološkog stanja je lošija u odnosu na vrijednosti fizikalno-kemijskih obilježja vode.

LITERATURA

[1] Howmiller, R. P and Scott, M. A., 1977: *An environmental index based on relative abundance of oligochaete species*, Journal of the Water Pollution Control Federation 49, 809-815.

[2] Narodne novine, 2013: *Uredba o standardu kakvoće voda, broj 73, Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće* http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/metodologija_uzorkovanja_laboratorijskih_analiza_i_odredivanja_omjera_ekoloske_kakvoce_bioloskih_elemenata_kakvoce_1.pdf (27.02.2015.).

[3] Milbrink, G., 1980: *Oligochaete communities in pollution biology. The European situation with special reference to lakes in Scandinavia*. In: Brinkhurst, R.O. and Cook, D.G. (eds.) Aquatic Oligochaete Biology, Plenum, str. 433-455.

[4] Mihaljević, Z. i sur., 2013: *Testiranje bioloških metoda ocjene u jezerima Dinaridske ekoregije*, PMF, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

[5] Sæther, O. A. 1979: *Chironomid communities as water quality indicators*. Holarcic Ecology. 2, 65–74.

[6] Solimini, A., Free, G., Donohue, I., Irvine, K., Pusch, M., Rossaro, B., Sandin, L., Cardoso, A. C., 2006: *Using benthic macroinvertebrates to assess ecological status of lakes current knowledge and way forward to support WFD Implementation*. Technical Report EUR 22347, European Commission, J.R.C., Ispra. 48 str.

[7] Verdonschot, P.F.M. 1996. *Oligochaetes and eutrophication; an experiment over four years in outdoor mesocosms*. Hydrobiologia 334,169-183.

[8] Wiederholm, T., 1980. Use of benthos in lake monitoring. J*ournal of the Water Pollution Control Federation* 52, 537-547.

[9] Water Framework European Union Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy, Official Journal of the European Communities, 2000.

AUTORI

izv.prof.dr.sc. Zlatko Mihaljević [a]
prof.dr.sc. Mladen Kerovec [a]

[a] Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska, zlatko.mihaljevic@biol.pmf.hr; mladen.kerovec@biol.pmf.hr

R 1.16.

DIREKTIVA O PRIORITETNIM TVARIMA U PODRUČJU VODNE POLITIKE 2013/39 I POPIS PRAĆENJA (WATCH LIST)

Neven Bujas, Jasmina Antolić, Đorđa Medić

SAŽETAK: Direktiva o prioritetnim tvarima u području vodne politike (2013/39/EZ) uvodi tzv. popis praćenja (engl. naziv „watch list“), koji će sadržavati najviše 10 tvari ili skupina tvari. Na popis se uvrštavaju tvari koje nisu u sustavnom monitoringu niti su predmet kontrole ispuštanja unutar važećih propisa, tako da o njihovoj pojavi i mogućim štetnim učincima u vodenom okolišu nema puno podataka. Uvažavajući troškove monitoringa, ograničeni broj tvari uključen je privremeno (1-2 godine) na „watch listu“ na ograničenom broju monitoring postaja svake države članice u svrhu dobivanja reprezentativnih podataka. O rezultatima ispitivanja obavještava se Europsku komisiju koja će prikupljene podatke koristiti prilikom redovne revizije važeće liste prioritetnih tvari. Ovisno o rezultatima analiza i ostalim značajnim informacijama u vezi opasnosti koju te tvari predstavljaju za vodni okoliš i ljudsko zdravlje, neke tvari sa popisa praćenja mogu se uvrstiti u popis prioritetnih tvari. U ožujku 2015. godine Europska komisija donijela je *Provedbenu odluku o utvrđivanju popisa praćenja za tvari za koje je potrebno praćenje diljem EU u području vodne politike u skladu s Direktivom 2008/105/EZ (2015/495)* koja je obvezujuća za sve države članice. Praćenje tvari sa ovog popisa potrebno je započeti od rujna 2015. godine.

KLJUČNE RIJEČI: Prioritetne tvari, Monitoring površinskih voda, Popis praćenja (watch lista)

DIRECTIVE 2013/39/EC AS REGARDS PRIORITY SUBSTANCES IN THE FIELD OF WATER POLICY AND A WATCH LIST

SUMMARY: The Directive as regards priority substances in the field of water policy (2013/39/EC) introduces a “watch list“ which will be comprised of a maximum of 10 substances or groups of substances. The list will include substances which are not subject to systematic monitoring or control of discharges within valid regulations, so that data on their appearance and potential harmful impact on the aquatic environment are scarce. Having in mind monitoring costs, a limited number of substances is included temporarily (1-2 years) on the watch list at a limited number of monitoring stations of each member-state for the purpose of obtaining representative data. The results on monitoring

will be reported to the European Commission, which will use the collected data for regular review of the valid list of priority substances. Depending on the results of analyses and other important information related to the danger to aquatic environment and human health posed by these substances, some substance from the check list may be added to the list of priority substances. In March 2015, the European Commission adopted the *Implementing Decision (EU) 2015/495 establishing a watch list of substances for Union-wide monitoring in the field of water policy pursuant to Directive 2008/105/EC* which is mandatory for all member-states. Monitoring of substances from this list is to be started in September 2015.

KEY WORDS: Priority substances, Monitoring of surface waters, Watch list

1. UVOD

Kemijsko onečišćenje površinskih voda je realna i stalna prijetnja za vodeni okoliš u cjelini kao i za ljudsko zdravlje. Učinak kemijskog onečišćenja u vodenom okolišu očituje se akutnom i kroničnom toksičnosti za vodene organizme, nakupljanjem onečišćujućih tvari u ekosustavu kao i u gubitku staništa i bioraznolikosti. Osnova sprečavanja kemijskog onečišćenja voda je utvrditi uzroke onečišćenja te na emisije onečišćujućih tvari djelovati na izvoru njihova nastanka, na najekonomičniji način i najučinkovitije za okoliš.

Okvirna direktiva o vodama 2000/60 (ODV), kao osnovni dokument Europske zajednice (EZ) na području vodne politike, između ostalog utvrđuje i strategiju smanjenja onečišćenja voda. U Prilogu X ODV-a utvrđen je prvi popis od 33 tvari ili skupine tvari koje su označene kao prioritetne na razini EZ. Direktiva 2008/105 uspostavlja standarde kvalitete vodnog okoliša (SKVO) za 33 prioritetne tvari, kao i za osam drugih onečišćujućih tvari čije je ispuštanje i kontrola već ranije regulirano na razini Zajednice. Direktivom 2009/90 utvrđene su tehničke specifikacije za kemijsku analizu i praćenje stanja voda, te su uspostavljeni minimalni kriteriji učinkovitosti za analitičke metode koje se koriste pri praćenju stanja voda.

Obveza Europske komisije (EK) je preispitivanje popisa prioritetnih tvari i pripadajućih SKVO svakih šest godina. Ovaj proces podrazumijeva značajan napor i opsežna savjetovanja sa stručnim službama Komisije, državama članicama, dionicima i Znanstvenim odborom za procjenu rizika za zdravlje ljudi i okoliš.

2. DIREKTIVA 2013/39/EZ

Tijekom nekoliko posljednjih godina Europska komisija (EK) je provodila postupak preispitivanja liste prioritetnih tvari navedene u Direktivi 2008/105. Rezultat navedenih aktivnosti je utvrđivanje novih prioritetnih tvari, određivanje SKO za te tvari, preispitivanje SKVO za neke postojeće tvari sa popisa u skladu sa znanstvenim napretkom, te utvrđivanje SKVO za biotu za neke postojeće i novoutvrđene prioritetne tvari. Stupanje na snagu nove Direktive 2013/39, koja nadopunjava Direktivu 2008/105 i 2000/60, je očekivani potez EK. Također, tijekom ovog procesa EK je uočila da je potreban novi mehanizam kojim bi se Komisiji osigurale ciljane visokokvalitetne informacije o praćenju koncentracije tvari u vodnom okolišu, s time da bi se posebna pažnja posvetila novim onečišćujućim tvarima i tvarima za koje ne postoje podaci o praćenju koji su dovoljno kvalitetni za potrebe procjene rizika.

Novi mehanizam trebao bi olakšati prikupljanje podataka diljem riječnih slivova EZ te nadopunjavati podatke o praćenju iz programa koji se provode temeljem članaka 5. i 8. Direktive 2000/60 i podatke iz ostalih pouzdanih izvora. Kako bi se troškovi praćenja zadržali na prihvatljivoj razini, mehanizam bi se trebao usmjeriti na ograničeni broj tvari koje bi se privremeno uključile na popis praćenja i to na ograničenom broju mjesta praćenja. Istovremeno, odabir lokacija i tvari koje bi se pratile trebao bi pružiti reprezentativne podatke koji su prikladni za potrebe postupka utvrđivanja prioritetnih tvari za područje cijele EZ. Popis bi trebao biti dinamičan, a njegov rok trajanja trebao bi biti ograničen, kako bi se mogao prilagoditi novim informacijama o mogućim rizicima koje predstavljaju nove onečišćujuće tvari i kako bi se izbjeglo praćenje tvari duže nego što je to potrebno.

3. POPIS PRAĆENJA

Slijedom navedenog, Direktiva 2013/39 uvodi tzv. popis praćenja (engl. naziv „watch list"), koji treba sadržavati najviše 10 tvari ili skupina tvari, a utvrdit će ga Europska komisija. Na popis se uvrštavaju tvari koje nisu u sustavnom monitoringu niti su predmet dosadašnjih propisa, tako da o njihovoj pojavi i učincima u vodenom okolišu nema puno podataka. Uvažavajući troškove monitoringa, ograničeni broj tvari uključen je privremeno (1-2 godine) na popis praćenja na ograničenom broju monitoring postaja svake države članice u svrhu dobivanja reprezentativnih podataka. Popis će se redovno nadopunjavati sa svrhom dobivanja uvida u potencijalni rizik određene onečišćujuće tvari ili skupina tvari za vodeni okoliš. Propisi o SKVO i obustavi ispuštanja ne bi se odnosili na ove tvari, već bi ovakav ograničeni monitoring služio upotpunjavanju znanja o prisutnim onečišćujućim tvarima što bi doprinijelo daljnjem postupku revizije liste prioritetnih tvari. Vodeći računa o troškovima, Komisija može nadopunjavati popis, pri svakom ažuriranju popisa do najviše 14 tvari. Tvari kojima se popis nadopunjava ukazuju da bi mogle predstavljati značajan rizik za vodeni okoliš, ili značajan rizik koji se putem njega prenosi, na razini Zajednice. Pri odabiru tvari kojima se popis nadopunjuje Komisija razmatra sve dostupne informacije, a naročito: rezultate najnovijeg redovitog preispitivanja Priloga X. Direktive 2000/60, istraživačke projekte, preporuke dionika, programe značajki područja riječnih slivova i rezultata praćenja država članica i informacije o proizvodnim količinama, načinima korištenja, bitnim svojstvima, koncentracijama u okolišu i učincima.

Obveza Komisije je ažuriranje tvari na popisu praćenja svaka 24 mjeseca, pri čemu se sa popisa mogu ukloniti sve tvari za koje se može izvršiti procjena na temelju rizika bez dodatnih podataka o praćenju (članak 16. st 2. Direktive 2000/60). Trajanje kontinuiranog monitoringa za svaku pojedinačnu tvar sa popisa praćenja ne može biti duže od 4 godine. Komisija u skladu s tim procesom donosi provedbene akte o utvrđivanju i ažuriranju popisa praćenja, tehničke obrasce za izvješćivanje, sastavlja smjernice, uključujući tehničke specifikacije, u svrhu olakšavanja praćenju tvari na popisu praćenja te potiče na promicanje koordinacije takvog praćenja.

Obveze svake države članice koje proizlaze temeljem popisa praćenja i tvari navedenih u popisu precizno će biti definirane vodičem kojeg će izraditi EK. Odnose se na odabir postaja, učestalost praćenja, mogućnost neizvršavanja dodatnog praćenja za pojedinačnu tvar sa popisa praćenja te izvješćivanje Komisije o rezultatima praćenja. Svaka država članica odabire najmanje jednu postaju za praćenje i dodatan broj postaja ovisno o broju

stanovnika i površini prema uvjetima određenim u članku 8. Direktive 2013/39.
Način korištenja svake pojedinačne tvari i mogućnost njene pojave u okolišu osnovni su kriteriji za odabir reprezentativnih postaja, učestalosti i trajanja programa praćenja tvari sa popisa, uz napomenu da učestalost praćenja ne smije biti manja od jednom godišnje. Države članice prate sve tvari s popisa praćenja na odabranim reprezentativnim postajama tijekom razdoblja od najmanje 12 mjeseci. Za prvi popis praćenja razdoblje praćenja treba započeti unutar šest mjeseci od datuma utvrđivanja popisa praćenja, što znači krajem rujna 2015. godine. Za svaku tvar naknadno dodanu na popis, države članice započinju s praćenjem unutar šest mjeseci nakon njezina dodavanja na popis.
U slučaju osiguravanja zadovoljavajućih, usporedivih, reprezentativnih i najnovijih podataka iz postojećih programa ili studija praćenja, država članica ne mora izvršavati dodatno praćenje određene tvari temeljem zahtjeva popisa praćenja, uz uvjet da je monitoring te tvari izvršen korištenjem metodologije koja udovoljava zahtjevima tehničkih smjernica koje je sastavila Komisija.
Stalna obaveza država članica je izvješćivanje Komisije o rezultatima praćenja, a sastavni dio izvješća su i informacije o reprezentativnosti postaja za praćenje i o strategiji praćenja. Za prvi popis praćenja, rezultati se dostavljaju unutar 15 mjeseci od datuma utvrđivanja popisa praćenja, te svakih 12 mjeseci nakon tog datuma sve dok se tvar nalazi na popisu. Za svaku tvar naknadno dodanu na popis, države članice izvješćuju Komisiju o rezultatima praćenja unutar 21 mjeseca od dodavanja tvari na popis praćenja i svakih 12 mjeseci nakon tog datuma sve dok se tvar nalazi na popisu.
U ožujku 2015. godine EK donosi *Provedbenu odluku o utvrđivanju popisa praćenja za tvari za koje je potrebno praćenje diljem EU u području vodne politike u skladu s Direktivom 2008/105/EZ (2015/495)* kojom se utvrđuje prvi popis praćenja tvari ili skupina tvari na razini EZ. Ova Odluka je izravno primjenjiva u svim državama članicama te je u cijelosti obvezujuća i bez prenošenja u nacionalno zakonodavstvo. EK je Odlukom utvrdila prvi popis praćenja na kojem se nalazi 10 tvari ili skupina tvari, medij za praćenje, metode ekstrakcije i analize, kao i maksimalne prihvatljive granice detekcije korištene metode. Za provedbu monitoringa u dijelu analiza tvari sa popisa praćenja nije obvezno udovoljavanje tehničkim zahtjevima koje su definirane sukladno zahtjevu Direktive 2009/90/EZ o tehničkim specifikacijama za kemijsku analizu i monitoring stanja voda, što predstavlja donekle ublažene kriterije za provedbu analiza. Granice detekcije metoda za analizu tvari sa popisa praćenja trebaju odgovarati barem vrijednosti specifične PNEC[1] vrijednosti te tvari u određenom mediju (voda, sediment, biota). Također, sve tvari je potrebno ispitivati iz nefiltriranog uzorka kako bi se osigurala usporedivost dobivenih analiza na području cijele EU. Preporuka je da se 2-etilheksil 4-metoksicinamat osim toga ispituje i u uzorcima suspendirane tvari ili sedimenta zbog tendencije raspodjele u čvrstoj fazi.
Inicijalni popis tvari kandidata za prvi popis praćenja sadržavao je 43 tvari, a nakon provjere temeljem kriterija zadovoljavajuće dostupnosti podataka iz monitoringa (tj. ako su dostupni kvalitetni podaci iz monitoringa barem četiri države članice), na popisu je ostalo 27 tvari za koje nisu postojali podaci iz monitoringa.
Procjenjujući rizik koji te tvari predstavljaju za okoliš provedeno je rangiranje tvari. Za sve tvari je određen rizik izravne toksičnosti na vodene organizme (PEC_{fw}, $PNEC_{fw}$) i procjena

1 PNEC - Predviđena koncentracija bez učinka (engl. Predicted No Effect Concentrations)

Tablica 1: Prvi popis praćenja (Provedbena odluka 2015/495)

Tvar ili grupa tvari	**CAS broj** (1)	**EU broj** (2)	**Indikativna analitička metoda** (3) (4) (5)	**Maksimalna prihvatljiva granica detekcije metode (µg/l)**
Diklofenak	15307-86-5	239-348-5	SPE – LC-MS-MS	0,01
17-Beta-estradiol (E2), Estrone (E1)	50-28-2, 53-16-7	200-023-8	SPE – LC-MS-MS	0,0004
17-Alfa-etinilestradiol (EE2)	57-63-6	200-342-2	Large volume SPE – LC-MS-MS	0,000035
Oksadiazon	19666-30-9	243-215-7	LLE/SPE – GC-MS	0,088
Tri-alati	2303-17-5	218-962-7	LLE/SPE – GC-MS ili LC-MS-MS	0,67
Metiokarb	2032-65-7	217-991-2	SPE – LC-MS-MS ili GC-MS	0,01
2,6-diterc-butil-4-metilfenol	128-37-0	204-881-4	SPE – GC-MS	3,16
Makrolidni antibiotici (6)	-	-	SPE – LC-MS-MS	0,09
Neonikotinoidi (7)	-	-	SPE – LC-MS-MS	0,009
2-Etilheksil 4-metoksicinamat	5466-77-3		SLE – GC-MS-MS	6,0

(1) Chemical Abstract Service

(2) European Union broj – nije dodijeljen svakoj tvari

(3) U svrhu osiguranja usporedivosti rezultata iz svih država članica, sve tvari se ispituju iz nefiltriranog uzorka

(4) Metode ekstrakcije: LLE – ekstrakcija tekuće-tekuće, SPE – ekstrakcija na krutoj fazi. Analitičke metode: GC-MS – plinska kromatografija-masena spektrometrija, LC-MS-MS – tekućinska kromatografija – tandemska trostruka četverostruka masena spektrometrija

(5) Pri monitoringu 2-etilheksil 4-metoksicinamata u suspendiranoj tvari ili sedimentu (veličine <63 µm), preporuča se korištenje metode SPE-GC-MS, uz maksimalnu granicu detekcije 0,2 mg/kg.

(6) Eritromicin (CAS broj 114-07-8, EU broj204-040-1), klaritromicin (CAS broj 81103-11-9) i azitromicin (CAS broj 83905-01-5, EU broj 617-500-5)

(7) Imidakloprid (CAS broj 105827-78-9/138261-41-3, EU broj 428-040-8), tiakloprid (CAS broj 111988-49-9), tiametoksam (CAS broj 153719-23-4, EU broj 428-650-4), klotianidin (CAS broj 210880-92-5, EU broj 433-460-1) i acetamiprid (CAS broj 135410-20-7/160430-64-8).

učinaka zaštite ljudskog zdravlja pri unosu tvari pitkom vodom (određen $PNEC_{dw,hh}$ u odnosu na PEC_{fw}). Ovisno o potencijalu adsorpcije, za neke tvari je provedena i procjena rizika za komponentu sedimenta (PEC_{sed}, $PNEC_{sed}$), a za potencijalno bioakumulativne tvari i procjena sekundarnog toksičnog učinka na biotu (PEC_{biota}, $PNEC_{biota,\ sec\ pois}$), kao i procjena rizika za ljudsko zdravlje zbog konzumacije ribljih proizvoda ($PNEC_{biota,\ hh}$). Nakon svega određeni su omjeri rizika ($PEC^2/PNEC$) za različite scenarije medija i receptora, a najviši izračunati omjer rizika korišten je pri konačnom rangiranju neke tvari. U konačni popis praćenja uvršteno je osam tvari i dvije skupine tvari. Skupina neonikotinoida uključuje tri tvari za koje već postoje ograničenja korištenja, a uvrštene su u popis zbog značajnog rizika koji predstavljaju za pčele. U skupinu neonikotinoida dodane su još dvije tvari (tiakloprid i acetamiprid) čija analiza ne predstavlja dodatno

2 PEC - Predviđena koncentracija u okolišu (engl. Predicted environmental concentration).

opterećenje jer se koristi ista analitička metoda, a također mogu predstavljati rizik za okoliš. Također, zbog sličnog ponašanja u okolišu i korištenja istovrsne analitičke metode, kao skupina tvari su uvršteni i makrolidni antibiotici, a skupinu čine azitromicin, eritromicin i klaritromicin.

Kao i u većini zemalja, u Hrvatskoj vodno gospodarstvo ne raspolaže podacima o analizama tvari sa popisa praćenja u površinskim vodama, no kako postoji proizvodnja i značajna potrošnja makrolidnih antibiotika, 2012. godine pokrenuto je istraživanje prisustva ovih spojeva u površinskim vodama. Odabrano je ukupno 38 točaka uzorkovanja na vodotocima, a vodeći kriterij za odabir lokacija ispitivanja bio je prisustvo mogućeg izvora emisija ovih tvari, tj. postojanje ispusta komunalnih otpadnih voda i/ili izravnih ispusta otpadnih voda industrije ili bolnica u vodotok uzvodno od mjerne postaje. Ispitivanja su obuhvatila period 2012. – 2014. godine, a dinamika uzorkovanja je bila 3-4 puta godišnje. U tri godine uzorkovano je i analizirano 144 uzorka, sa granicom detekcije (LOD) 0,1 μg/l tj. granicom kvantifikacije (LOQ) 0,2 μg/l. Pri tome je utvrđeno prisustvo azitromicina u 6 ispitanih uzoraka, a eritromicina u 13 uzoraka. Od tog broja, u 4 uzorka su utvrđene koncentracije >LOQ za azitromicin i za eritromicin. Sva četiri uzorka su uzeta na dvije postaje kod Zagreba.

Iako su granice detekcije metode korištene pri ovom ispitivanju nešto iznad preporučene granice detekcije prikazane u tablici 1., mogu služiti kao potvrda da se azitromicin i eritromicin doista pojavljuju u površinskim vodama u Hrvatskoj, te ukoliko se vodimo preliminarnim kriterijima koji su korišteni pri definiranju tvari kandidata za popis praćenja, može ih se uzeti u razmatranje kao značajne onečišćujuće tvari.

Prilikom pripreme monitoringa tvari sa prvog popisa praćenja treba pažljivo ispitati tehničke mogućnosti nacionalnih analitičkih laboratorija za zadovoljavajuću primjenu preporučenih metoda ispitivanja tvari, kako bi bio zadovoljen osnovni uvjet tj. dovoljna osjetljivost primjenjene metode.

ZAKLJUČAK

Pojava velikog broja kemijskih tvari u okolišu koje se koriste i nastaju prilikom obavljanja ljudskih djelatnosti rezultira njihovim emisijama u vodni okoliš, čime se potencijalno ugrožava staništa vodenih organizama, a posredno i ljudsko zdravlje. Upravo taj štetni učinak je bez adekvatnih ispitivanja nemoguće kvantificirati, a posljedično se javlja poteškoća pri kontroli emisija takvih tvari u vode. Redovne revizije liste prioritetnih tvari u području vodne politike EU nužno zahtijevaju povećanje baze znanja o štetnim učincima novih onečišćujućih tvari koje se u određenim količinama emitiraju u okoliš, ali i poznavanje njihove rasprostranjenosti i mehanizama razgradnje i depozicije u vodnom okolišu. Upravo stoga uvođenje popisa praćenja tvari u vodnom okolišu za koje postoje saznanja o potencijalnoj opasnosti za živi svijet, značajan je iskorak u smjeru proširivanja saznanja o mogućoj potrebi uvođenja sustavnog ispitivanja ali i poduzimanja mjera za ograničenje njihovog ispuštanja. Pri tome donosioci odluka na razini EU svakako trebaju ocijeniti i mogućnosti provedbe rutinskih analiza tvari sa ovog i svih budućih popisa praćenja, bez stvaranja dodatnih financijskih i/ili tehničkih zahtjeva državama članicama. Analitički postupci kojima se ispituje prisustvo i koncentracija ovih tvari u vodenom okolišu tehnički su vrlo zahtjevni i skupi, što predstavlja značajan stručni i financijski napor za laboratorije koji ih planiraju primjenjivati, posebice ukoliko se radi o ispitivanju manjeg broja uzoraka.

LITERATURA

[1] Loos.R (2015): *Analytical methods for possible WFD 1st watch list substances*, Office of the European Union, Luxembourg

[2] Carvalho et al., (2015) : *Development of the 1st Watch List under the Environmental Quality Standards Directive,* Office of the European Union, Luxembourg.

[3] European Commission (2011): *CIS Guidance Document No 27: Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards*

AUTORI

mr.sc. Neven Bujas, dipl.ing.kem.teh. [a]
Jasmina Antolić, dipl.ing.preh.teh. [b],
Đorđa Medić, dipl.ing.kem. [c]

[a] Hrvatske vode, Glavni vodnogospodarski laboratorij, nbujas@voda.hr

[b] Hrvatske vode, Sektor zaštite voda, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, jasmina.antolic@voda.hr

[c] Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, dmedic@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.17.

EUTROFIKACIJA U UMJETNIM JEZERSKIM SUSTAVIMA – INDUCIRANO STANJE ILI PRIRODNI FENOMEN

Nikola Koletić, Nikola Malešević, Lorena Derežanin, Roberta Skukan, Stjepan Dekanić, Zoran Pišl

SAŽETAK: Eutrofikacija se kao prirodan proces pojavljuje tijekom dugog vremenskog perioda u zatvorenom vodenom sustavu postupnom akumulacijom nutrijenata, nastankom sedimenta i izmjenom biogeokemijskih ciklusa elemenata potrebnih za razvoj živih organizama. Kako je eutrofikacija proces do kojeg dolazi zbog povećanog unosa hranjivih tvari u vodeni sustav prilikom čega dolazi do većeg razvoja određenih skupina organizama, ona se danas često povezuje s negativnim djelovanjem čovjeka na okoliš. Povećani stupanj trofije umjetnih jezera neizbježan je scenarij zbog samog ubrzanog nastanka vodenog sustava u kojem se, zbog intenzivnog antropogenog djelovanja, otpuštaju i akumuliraju veće količine nutrijenata koje pogoduju povećanom razvoju pionirskih fotosintetskih organizama. U umjetnim vodenim sustavima nastalim aktivnim površinskim kopovima, kao što su šljunčare i pješčare, dolazi do kontinuiranog otpuštanja limitirajućih elemenata potrebnih za razvoj fotosintetskih organizama. Dostupnost fosfata općenito potiče prekomjeran rast i razvoj fotosintetskih organizama pri čemu prednjače zelene alge, alge kremenjašice i cijanobakterije. Za razumijevanje eutrofikacije nužno je sagledati utjecaj okolišnih uvjeta koji određuju smjer razvoja živih organizama. Usporedbom prirodnog i umjetnog vodenog sustava i analizom bioloških komponenti koje se pojavljuju tijekom nesmetanih prirodnih procesa i procesa koji su uvjetovani antropogenim utjecajem moguće je predvidjeti razvoj trofije promatranog vodenog sustava i negativne posljedice kao što su anoksija i sukcesija.

KLJUČNE RIJEČI: Trofija, Nutrijenti, Fotosintetski organizmi, Antropogeni utjecaj, Šljunčare

SUMMARY: Eutrophication is a natural process which occurs in a closed aquatic system over a long time period through gradual accumulation of nutrients, settling of sediment and exchange of biogeochemical cycles necessary for development of live organisms. Since eutrophication is a process which appears due to increased introduction of nutrients into an aquatic environment in the course of which intensified development of a certain organism groups occurs, this is the reason why it is related to a negative human impact on the environment. A higher degree of trophy in artificial lakes is an unavoidable scenario due to accelerated appearance of the water system itself in which, caused

by intense anthropogenic activity, large nutrient quantities are released and accumulated, causing increased development of photosynthetic organisms. In artificial aquatic systems originating from active open pits, such as gravel and sand pits, there occurs a continuous release of limiting elements necessary for growth and development of photosynthetic organisms. The availability of phosphates stimulates excessive growth and development of photosynthetic organisms, primarily green algae, diatoms and cyanobacteria. For understanding eutrophication, it is necessary to gain insight into environmental conditions which determine in which direction living organisms will develop. Through comparison of a natural and an artificial aquatic system and analysis of biological components which appear during undisturbed natural processes and processes caused by anthropogenic influence, it is possible to predict the development of trophy of the observed aquatic system and its negative consequences, such as anoxia and succession.

KEY WORDS: Trophy, Nutrients, Photosynthetic organisms, Anthropogenic influence, Gravel pits

1. UVOD

Eutrofikaciju, ili bolje rečeno hipertrofiju, karakterizira prekomjeran rast mikroskopskih fotosintetskih organizama i makrofitske vegetacije zbog povećane dostupnosti jednog ili više ograničavajućih faktora rasta potrebnog za fotosintezu, kao što su ugljikov dioksid, nitrati, fosfati te povećana izloženost sunčevom zračenju (Shindler, 2006). Eutrofikacija se kao proces prirodno pojavljuje tijekom dugog vremenskog perioda u zatvorenom vodenom sustavu postupnom akumulacijom hranjivih tvari, nastankom sedimenta i izmjenom biogeokemijskih ciklusa nutrijenata potrebnih za razvoj živih organizama (Carpenter, 1981). Antropogene aktivnosti ubrzavaju sâm proces i opseg eutrofikacije kroz dva smjera opterećenja vodenog ekosustava. Prvi je direktno unošenje limitirajućih hranjivih elemenata u vodeni sustav, kao što su dušik i fosfor, a drugi je indirektno ubrzavanje biogeokemijskih ciklusa izvlačenjem i pomakom kruženja limitirajućih hranjivih elemenata iz njihovog prirodnog ciklusa kruženja u prirodi (Carpenter i drugi, 1998). Oba načina potiču povećan i ubrzan razvoj pionirskih fotosintetskih skupina u zatvorenom vodenom ekosustavu. Primarni ograničavajući faktori za eutrofikaciju su fosfor i dušik. Dostupnost fosfata općenito potiče prekomjeran rast i razvoj fotosintetskih organizama, pri čemu prednjače alge i cijanobakterije koje u slatkovodnim vodenim ekosustavima predstavljaju njihovi jednostanični životni oblici. Fosfat je često vezan u sedimentu, odnosno zemlji, te se u vodene sustave prirodno unosi erozijom. Jednom kada uđe u biogeokemijski ciklus sustava ne dolazi do njegovog gubitka nego se pravilno distribuira unutar dostupne biomase živih organizama (Nasir Khan i Mohammad, 2014). S druge strane, prekomjerno nakupljanje dušika u vodenim staništima uzrokuje globalnu degradaciju vodenog ekosustava uključujući povećan razvoj algi, pomor riba, zamućenje i hipoksiju, gubitak vodene vegetacije i staništa, poremećeno funkcioniranje ekosustava, smanjenje bioraznolikosti te širenje invazivnih vrsta (Rabalais, 2002.; Green i Galatowitsch, 2002.)

Jednostanični organizmi kao pionirski organizmi prvi reagiraju na povećanje hranjivih tvari zbog svoje jednostavne građe. U prvom redu, oni se mogu podijeliti na prokariotske organizme – cijanobakterije (modrozelene bakterije) i eukariotske organizme – alge. Alge

kao skupina su ekološki pojam, a u slatkovodnim ekosustavima ih većinski predstavljaju zelene alge (*Chlorophyta*), alge kremenjašice (*Bacillariophyta*) i svjetleći bičaši (*Dinoflagelata*). Rubove stajaćih slatkih voda obrastaju zajednice biljaka močvarica i vodenjara, a tamo gdje je voda nešto dublja razvija se vegetacija tršćaka. U još dubljim slatkim vodama, dubine do nekoliko metara, rasprostranjene su zajednice vodenjara. Tu rastu biljke koje su zakorijenjene na dnu, a tijelo im je ili potpuno uronjeno u vodu ili na površini vode imaju plutajuće listove (Alegro, 2001).

2. MODEL UBRZANOG PRIRODNOG FENOMENA TROFIJE

2.1. Odnos trofije i bioraznolikosti

Za mjeru raznolikosti organizama prisutnih u određenom ekosustavu koristi se pojam bioraznolikosti ili biološke raznolikosti. To je stupanj varijacije života, a odnosi se na raznolikost gena, vrsta i ekosustava (Larsson, 2001). Radi znanstvene smislenosti, bioraznolikost se mora istraživati u obliku mjerljive matematičke varijable. Danas su poznate tri razine biološke raznolikosti - alfa, beta i gama. Alfa biološka raznolikost je raznolikost vrsta unutar ekološke zajednice. Pri tome je bogatstvo vrsta broj vrsta u zajednici koje nastanjuju određeno područje u točno određenom vremenu. Beta biološka raznolikost mjeri raznolikost između različitih zajednica i na taj način predstavlja prvu procjenu raznolikosti šireg područja. Gama raznolikost označava stopu po kojoj druge vrste zauzimaju prostorno udaljena mjesta unutar istog ili sličnog stanišnog tipa (Whittaker, 1962; Moreno i Rodrìguez, 2010).

Kada u vodenom ekosustavu dolazi do povećanja nutrijenata primarni proizvođači žele prednost u njihovom iskorištavanju. Fotosintetski organizmi kao što su alge i cijanobakterije prvi doživljavaju rast populacije, odnosno dolazi do cvjetanja vode. Cvjetanje vode ograničava prodor sunčeve svjetlosti do organizama koji se nalaze u dubljim dijelovima vode te dolazi do pomaka u ravnoteži količine otopljenog kisika u stupcu vode. U eutrofnim uvjetima, otopljenog kisika je više tijekom dana u višim slojevima vodenog stupca, ali je jako reduciran tijekom noći uslijed povećane respiracije fotosintetskih i ostalih skupina. Uslijed velike količine fotosintetskih organizama koji ulaze u hranidbeni ciklus, dolazi do još većeg iskorištavanja ograničenog kisika prilikom čega se javlja hipoksija i anoksija na dnu vodenog stupca, a kao rezultat eutrofikacije dolazi do veće smrtnosti organizama na višim hranidbenim pozicijama. U ekstremnim slučajevima, uslijed kroničnog manjka ili odsustva kisika dolazi do velikog razvoja anaerobnih bakterija koji kao produkt svog metabolizma proizvode metabolite koji mogu biti izrazito toksični (Horrigan i drugi, 2002).

Nakon razvoja jednostaničnih pionirskih vrsta, eutrofikacija dovodi do gustog rasta submerznih i slobodno-plivajućih vrsta makrofita, a kod ekstremnijih koncentracija nutrijenata njihova se raznolikost smanjuje (Heegaard i drugi, 2001.). U takvim uvjetima submerznu vegetaciju zamjenjuju slobodno-plivajuće zajednice (Bini i drugi, 1999.). Glavni uzrok promjene u sastavu hidrofita je eutrofikacija uzrokovana raspršenim unosom nutrijenata, posebno u područjima intenzivnog antropogenog utjecaja (Chappuis i drugi, 2011.; Goldyn, 2010.). Vodene biljne zajednice građene su od relativno malog broja vrsta, ali je njihova biomasa velika, a primarna produkcija najviša u odnosu na sve ostale kopnene zajednice (Alegro, 2001). Tom tipu vegetacije pripada bijeli lopoč (*Nymphaea alba*), žuti lokvanj (*Nuphar lutea*), orašac (*Trapa natans*), razne vrste

mrijesnjaka (*Potamogeton* sp.), voščika (*Ceratophyllum* sp.), krocnja (*Myriophyllum* sp.) te razne vrste vodenih leća (*Lemna minor*, *L. gibba*, *L. trisulca*, *Wolffia arrhiza*, *Spirodela polyrrhiza*) koje sprječavaju prodor svjetlosti u vodeni stupac. Intenzivan razvoj plutajuće vegetacije prati i razvoj obalne vegetacije koju kontinuiranim isparavanjem i gubitkom vode zamjenjuje kopnena vegetacija.

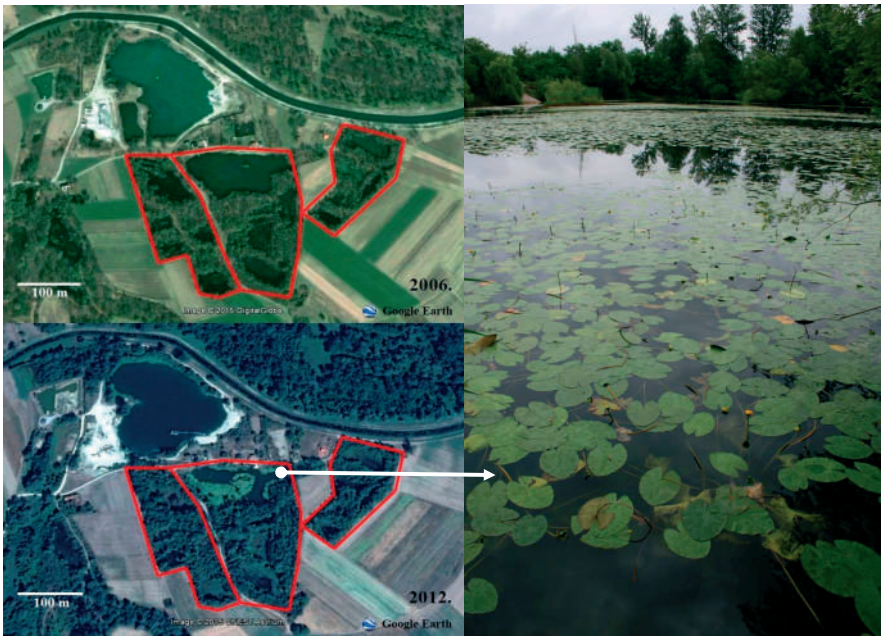
2.2. Analiza trofije u vremenu i prostoru

Opći pogled na stanje plitkog ili dubokog stajaćeg vodenog sustava u kopnenim predjelima može se podijeliti u dvije osnovne kategorije. Iako u prirodi postoji širok spektar oblika eutrofikacije vodenih sustava, u praksi su zamijećene dvije ekstremne i oprečne situacije. Dva moguća stanja stajaće vode predstavljaju snažno suprotstavljajuća stanja životne zajednice u vodi. U stanju izrazito mutne vode, kada dolazi do povećanog razvoja fitoplanktona, razvoj podvodne vegetacije spriječen je slabim prodorom svjetlosti. Pošto nema biljaka koje bi mogle poslužiti kao zaklon, ribe predacijom zooplanktona toliko smanjuju njegovu gustoću da on više nije u stanju kontrolirati cvjetanje algi. Nasuprot tome, stanje bistre vode u eutrofnim plitkim jezerima obilježeno je dominacijom vodenih makrofita. Naselja vodenog bilja sprečavaju resuspenziju sedimenta, uklanjaju nutrijente iz vode te osiguravaju zaklon zooplanktonu od riblje predacije. Vraćanje zamućenog jezera bez vodene vegetacije u stanje bistre vode s bujnom vodenom vegetacijom je jako teško. Smanjenje opterećenja nutrijentima može imati slabi učinak budući se za vrijeme eutrofikacije u sedimentu često nagomila velika količina vezanog fosfora (Scheffer, 1998; Popijač, 2003).

Umjetni vodeni ekosustavi nastali aktivnim površinskim kopovima variraju u svojoj morfologiji s obzirom na površinu, dubinu i razvedenost obale. Konfiguracija nastalog vodenog sustava te klimazonalne prilike uvelike utječu na brzinu trofije sustava. U kontinentalnom dijelu Hrvatske klimazonalne prilike djeluju na smjer razvoja obalne i vodne vegetacije tipične za prirodne jezerske sustave. Povećani i ubrzani razvoj vegetacije uzrokuje povećanje biomase mrtve organske tvari na kraju vegetacijske sezone. U jezerskim sustavima s prirodnim izmjenama biogeokemijskih ciklusa dolazi do ravnomjerne razgradnje i iskorištavanja nutrijenata, no u promatranim umjetnim sustavima u kojima postoji povećana količina nutrijenata višak mrtve organske tvari pomiče ravnotežu sustava u smjeru ubrzane sukcesije. Kao primjer mogu se navesti vodeni sustavi eksploatacijskih polja u kontinentalnom dijelu Hrvatske s aktivnim i neaktivnim površinskim iskopima šljunka.

Na promatranom umjetnom jezerskom sustavu prikazanom na Slici 1. u vremenskom razmaku od 6 godina vidljiva je povećana sukcesija u tri odvojena jezera. Izraziti razvoj obalne i vodene vegetacije nesumnjivo je doveo do smanjenja vodene površine u korist razvoja kopnene vegetacije. Ekstremni primjer ukazuje na zadnji stadij, odnosno konačni rezultat hipertrofije vodenog sustava. Obalnu i vodenu vegetaciju zamijenile su zajednice kopnene vegetacije uslijed povlačenja obalne crte isušivanjem umjetnog jezera. Promatrani umjetni vodeni sustav ušao je u fazu intenzivnog razvoja vodenih makrofita s malim brojem vrsta što ukazuje na veliku količinu dostupnih nutrijenata koji su bili unešeni tijekom eksploatacije šljunka i nastanka samog vodenog sustava. Na Slici 1. vidi se jedno od tri jezera obraslo gustom obalnom i kopnenom vegetacijom i prekriveno gustom zajednicom plutajućih makrofita, odnosno dominirajućom zajednicom vrste žuti

lokvanj (*Nuphar lutea*). Dominacija jedne vrste plutajuće vodene vegetacije ukazuje na visok stupanj početne eutrofikacije sustava nastalog aktivnim kopanjem pri čemu je došlo do oslobađanja i akumulacije limitirajućih elemenata potrebnih za razvoj fotosintetskih organizama.



Slika 1. Usporedba stanja tri neaktivna eksploatacijska polja u vremenskom razmaku od 6 godina s prikazom trenutnog stanja obalne i vodene vegetacije

ZAKLJUČAK

Umjetni jezerski sustavi nastali aktivnim površinskim kopovima prolaze kroz ubrzani prirodni proces eutrofikacije. Sukcesijom se kroz kratak vremenski period gube značajke vodenog sustava pri čemu se formira kopneni ekosustav. Takvo inducirano stanje može se izbjeći kontroliranom revitalizacijom nastalog jezera nakon predviđene eksploatacije. Umjetno nastala jezera će, ovisno o svojoj prvotnoj iskorištenosti i nastaloj morfologiji, neminovno biti pod utjecajem hipertrofije koja u konačnici pogoduje introduciranju invazivnih vrsta na šire područje promatranog sustava. Ovisno o površini novonastalog vodenog sustava, njegovoj dubini i obalnoj konfiguraciji, moguće je provesti dodatne mjere uređenja i iskorištavanja prostora s ciljem njegove organizacije pogodne za formiranje prirodnih staništa. Mjerama revitalizacije vodenog sustava moguće je redizajnirati oblik te povećati razvedenost obale čime bi se stvorio veći broj različitih staništa za biljne i životinjske vrste.

Omogućavanjem razvoja većeg spektra različitih mikrostaništa moguće je razviti prirodne zajednice koje će kontrolirati razvoj fitoplanktona, fitobentosa i vodene vegetacije kako bi se usporio proces eutrofikacije i stvorio samoodrživi sustav.

LITERATURA

[1] Alegro, A. (2001): *Vegetacija Hrvatske*, Interna skripta, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska, 37 str.

[2] Bini, L.M., Thomaz, S.M., Murphy, K.J., Camargo, A.F.M. (1999): *Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil*, Hydrobiologia, 415, 147–154.

[3] Carpenter, S.R, Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N., Smith, V.H. (1998): *Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen*, Ecological Applications, 8, 559–568.

[4] Carpenter, S.R. (1981): *Submersed vegetation: an internal factor in lake ecosystem succession*, The American Naturalist, 118, 372–383.

[5] Chappuis, E., Gacia, E., Ballesteros, E. (2011): *Changes in aquatic macrophyte flora over the last century in Catalan water bodies (NE Spain)*, Aquatic Botany, 95, 268–277.

[6] Green, E.K., Galatowitsch, S.M. (2002): *Effects of Phalaris arundinacea and nitrate-N addition on the establishment of wetland plant communities*, Journal of Applied Ecology, 39, 134–144.

[7] Heegaard, E., Birks, H.H., Gibson, C.E., Smith, S.J., Wolfe-Murphy, S. (2001): *Species–environmental relationships of aquatic macrophytes in Northern Ireland*, Aquatic Botany, 70(3), 175–223.

[8] Horrigan, L., Lawrence, R.S., Walker, P. (2002): *How sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture*, Environmental health perspectives, 110 (5), 445–456.

[9] Larsson, T.B. (2001): *Biodiversity evaluation tools for European forests*, Wiley-Blackwell, SAD, 178 str.

[10] Moreno, C.E. i Rodrìguez, P. (2010): *A consistent terminology for quantifying species diversity*, Oecologia, 163, 279–282.

[11] Nasir Khan, M. i Mohammad, F. (2014): *Eutrophication: Challenges and Solutions, Eutrophication: Causes, Consequences and Control* (Ansari, A.A. i Gill, S.S.), Springer Science + Business Media, Dordrecht, Njemačka.

[12] Popijač, A. (2003): *Makrozoobentos i trofička obilježja akumulacija Jezero i Ponikve na otoku Krku*, Magistarski rad, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska, 100 str.

[13] Rabalais, N. (2002): *Nitrogen in aquatic ecosystems*, Ambio, 31,102–112.

[14] Scheffer, M. (1998): *Ecology of Shallow Lakes*, Chapman & Hall, London, UK, 357 str.

[15] Schindler, D.W. (2006): *Recent advances in the understanding and management of eutrophication*, Limnology and Oceanography, 51, 356–363.

[16] Whittaker, R.H. (1962): *Classification of Plant Communities*, Botanical Review, 28, 1–239.

AUTORI

Nikola Koletić, mag. oecol. et prot. nat. [a]
Nikola Malešević, mag. oecol. et. prot. nat. [a]
Lorena Derežanin, mag. biol. exp. [a]
Roberta Skukan, mag. biol. exp., mag. ing. agr. [a]
dr. sc. Stjepan Dekanić, dipl. ing. šum. [a]
dr. sc. Zoran Pišl, dipl. ing. mat. [a]

[a] Institut za istraživanje i razvoj održivih ekosustava, Jagodno 100a, Velika Gorica, 10410, Hrvatska, ires@ires.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.18.

BIOLOŠKO UKLANJANJE DUŠIKA

Tibela Landeka Dragičević, Siniša Širac, Alena Vlašić, Dijana Grgas

SAŽETAK: Cilj ovog rada je istražiti aktivnost aktivnog mulja za uklanjanje dušika procesima nitrifikacije i denitrifikacije. Diskontinuirani pokusi su provedeni u aerobnim uvjetima za nitrifikaciju u laboratorijskom reaktoru radnog volumena 3L, i u anoksičnim uvjetima za denitrifikaciju, u laboratorijskim čašama radnog volumena 600 mL na magnetskim mješalicama pri 100 o/min. Tijekom nitrifikacije 100 mg NH_4-N/L i pri KPK/N 3,4 postignuta je brzina oksidacije od 29 mg NH_4-N/Lh, odnosno brzina nitrifikacije je iznosila 17 mg NH_4-N/Lh. Istražena je denitrifikacija 50 mg NO_x-N/L s različitim udjelom NO_2-N i NO_3-N u NO_x-N. Za redukciju 50 mg NO_3-N/L potrebno je 380 mg KPK/L, a za redukciju 5 mg NO_3-N/L + 45 mg NO_2-N/L potrebno je 170 mg KPK/L, odnosno za redukciju NO_3-N potrebno je osigurati 2,2 puta više organskih sastojaka u usporedbi s potrebom na KPK za redukciju NO_2-N.

KLJUČNE RIJEČI: dušik, nitrifikacija, denitrifikacija, otpadna voda

BIOLOGICAL NITROGEN REMOVAL

SUMMARY: The aim of this paper is to investigate the activity of activated sludge in the process of nitrogen removal by nitrification and denitrification. Batch experiments were carried out in aerobic conditions for the nitrification in a lab reactor with a working volume of 3L, and in anoxic conditions for denitrification in laboratory vessels with a working volume of 600 mL on magnetic stirrers at 100 rpm. During the nitrification of 100 mg NH_4-N/L at a COD/N ratio of 3.4, the achieved oxidation rate was 29 mg NH_4-N/Lh i.e., the nitrification rate was 17 mg NH_4-N/Lh. The denitrification of 50 mg NO_x-N/L with various proportions of NO_2-N and NO_3-N in NO_x-N was investigated. The quantity of 380 mg COD/L is required to reduce 50 mg NO_3-N/L, while 170 mg COD/L is required to reduce 5 mg NO_3-N/L + 45 mg NO_2-N/L i.e., it is necessary to secure 2.2 times more organic components in order to reduce NO_3-N compared to the COD demand needed to reduce NO_2-N.

KEY WORDS: nitrogen, nitrification, denitrification, wastewater

1. UVOD

Uklanjanje dušikovih spojeva je nužnost u obradi otpadnih voda iz razloga što su neki od tih spojeva, poput amonijaka, toksični za vodene organizme (Metcalf & Eddy, 2004), a

neki poput nitrata uzrokuju eutrofikaciju prirodnih vodenih sustava (MacKenzie, 2010). Biološki pristup uklanjanju dušikovih spojeva iz otpadnih voda je najučinkovitiji (Zhu i drugi., 2008; EPA, 1993), a temelji se na mikrobnom ciklusu dušika i sposobnosti određenih rodova bakterija da metaboliziraju anorganske dušikove spojeve. Biološko uklanjanje dušika iz otpadne vode postiže se kombinacijom procesa nitrifikacije i denitrifikacije (Metcal i Eddy, 2004). Proces nitrifikacije predstavlja biološko aerobno prevođenje amonijaka (NH_4-N) u nitrit (NO_2-N) i/ili nitrat (NO_3-N) u dva stupnja:
nitritacija - oksidacija NH_4-N do NO_2-N uz pomoć amonijak oksidirajućih bakterija (AOB, eng. *Ammonium Oxidizing Bacteria*), (1):

$$2\,NH_4^+ + 3\,O_2 \rightarrow 2\,NO_2^- + 4\,H^+ + 2\,H_2O \quad (1)$$

nitratacija - oksidacija NO_2-N u NO_3-N uz pomoću nitrit oksidirajućih bakterija (NOB, eng. *Nitrite Oxidizing Bacteria*), (2):

$$2\,NO_2^- + O_2 \rightarrow 2\,NO_3^- \quad (2)$$

Metodom sekvencioniranja gena identificirano je pet rodova AOB: *Nitrosomonas*, *Nitrosoccocus*, *Nitrosolobus*, *Nitrosovibrio* i *Nitrosospira*, i četiri roda NOB: *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospina* i *Nitrospira* (Zhu i drugi., 2008; Koop i Pommerening-Röser, 2001).
Glavni čimbenici koji mogu utjecati na proces nitrifikacije (Bitton, 2005; Metcalf & Eddy, 2004; Gerardi, 2002; Henze i drugi., 2002) su: pH vrijednost, optimalni pH za nitrifikaciju je pH=7,2-8,0; otopljeni kisik, (DO, eng. *Dissolved Oxygen*), pri DO=2-2,9 mg/L nitrifikacija je značajna, dok se pri DO=3 mg/L zbiva maksimalna nitrifikacija; temperatura, optimalna temperatura za proces nitrifikacije je 28-32 ^oC; teški metali i organski spojevi, pojedini teški metali (Zn^{2+}, Cd^{2+}, Cr^{3+}, Pb^{2+}, Ni^{2+}) te halogenirani spojevi, cijanidi, fenoli, tiourea, sobodni amonijak i slobodna nitritna kiselina i dr., mogu imati toksični učinak i djelovati inhibitorno na proces nitrifikacije.
Denitrifikacija se odvija preko nekoliko reduktivnih reakcija u kojima se nitrat (NO_3-N) preko nitrita (NO_2-N), dušikovog(II) oksida (NO) i dušikovog(I) oksida (N_2O) reducira do plinovitog dušika (N_2), koji odlazi u atmosferu (Knowles, 2005). Denitrifikacija se provodi pri anoksičnim ili anaerobnim uvjetima. Denitrifikacija je katalizirana djelovanjem četiri enzima: nitrat reduktaza, nitrit reduktaza, dušik(II) oksid reduktaza i dušik(I) oksid reduktaza (Pan i drugi., 2012). Širok raspon bakterija pokazuje sposobnost denitrifikacije, poput *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Chromobacterium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Rhodopseudomonas*, *Spirillum*, *Vibrio*, *Halobacterium* i *Methanomonas*, dok slične mikrobne sposobnosti nisu zapažene u algi i gljiva. Da bi se odvijao proces denitrifikacije nužna je prisutnost tri komponente: biomasa, donor elektrona i akceptor elektrona. Akceptori elektrona su nitrat ili nitrit, a donori elektrona izvori ugljika (Christensen i Harremoës, 1997), i to: biorazgradive organske tvari prisutne u otpadnoj vodi, endogeni izvori ugljika (biorazgradive organske tvari koje nastaju u endogenoj respiraciji) ili egzogeni izvori ugljika (Srinandan i drugi., 2012; Srinandan i drugi., 2011; Bernat i Wojnowska-Baryla, 2007).
Na proces denitrifikacije utječe: vrsta izvora ugljika, omjer C/N, koncentracija otopljenog kisika, pH vrijednost, temperatura, dostupnost supstrata, prisustvo aktivnih

denitrificirajućih mikroorganizama. Ti čimbenici utječu na rast denitrifikanata, metabolizam i ekspresiju gena denitrifikacije, kao i brzinu denitrifikacije. Organski ugljik je često ograničavajući supstrat za biološku denitrifikaciju i kod mnogih obrada otpadne vode dodaje se vanjski izvor ugljika (De Filippis i dr., 2013; Yang i drugi., 2012; Khanitchaidecha i drugi., 2010; Ueda i drugi., 2006; Constantin i Fick, 1997).

2. METODE

2.1. Diskontinuirani pokusi u aerobnim uvjetima

Laboratorijski reaktor radnog volumena 3L, opremljen sustavom za prozračivanje i mjeračima pH, temperature i otopljenog kisika je korišten za pokuse nitrifikacije. Opskrba sa kisikom iz zraka je provedena upuhivanjem zraka iz kompresora preko difuzora smještenog na dnu reaktora. Aeriranje je osiguralo i miješanje sadržaja u reaktoru. Pokusi su provedeni kao diskontinuirani, pri sobnoj temperaturi. U laboratorijski reaktor je dodan aklimatizirani aktivni mulj i otpadna voda u odgovarajućoj količini te su u aerobnim uvjetima provedeni pokusi nitrifikacije.

2.2. Diskontinuirani pokusi u anoksičnim uvjetima

Pokusi denitrifikacije provedeni su u laboratorijskim čašama radnog volumena 600 mL koje su postavljene na magnetske mješalice, pri 100 o/min, uz motrenje pH, temperature i koncentracije otopljenog kisika. Pokusi su provedeni kao diskontinuirani, pri sobnoj temperaturi. U laboratorijske čaše je dodan aklimatizirani aktivni mulj i nitrificirana otpadna voda, te izračunata količina natrijeva acetata kao izvora ugljika za odabrani omjer C/N.

2.3. Mikrobna kultura aktivnog mulja

U svim pokusima uporabljen je aktivni mulj s uređaja za obradu otpadne vode grada, aklimatiziran za uklanjanje N naizmjeničnim procesima nitrifikacije i denitrifikacije u laboratorijskim uvjetima.

2.4. Sintetska otpadna voda

Sintetska otpadna voda priređena je otapanjem soli (g/L): $(NH_4)_2SO_4$, 4 (Merck, Njemačka); $FeSO_4$, 0,8 (Kemika, Hrvatska); $MgSO_4$, 1 (Kemika, Hrvatska); K_2HPO_4, 2 (Kemika, Hrvatska); NaCl, 0,8 (Kemika, Hrvatska); $MgCO_3$, 2 (Kemika, Hrvatska); $CaCO_3$, 2 (Kemika, Hrvatska) u vodovodnoj vodi. Nakon 24 sata stajanja pri sobnoj temperaturi otopina soli je filtrirana kroz grubi filter papir, te čuvana na sobnoj temperaturi. Kemijska kakvoća sintetske otpadne vode je ~900 mg NH_4-N/L; ~2 mg NO_3-N/L; ~0,03 mg NO_2-N/L; pH=7,7–8. Kao izvor ugljika (KPK, kemijska potreba na kisiku) korišten je natrijev acetat (GRAM-MOL, Hrvatska), dodan u odgovarajućoj količini prema željenom omjeru C/N.

2.5. Analitičke metode

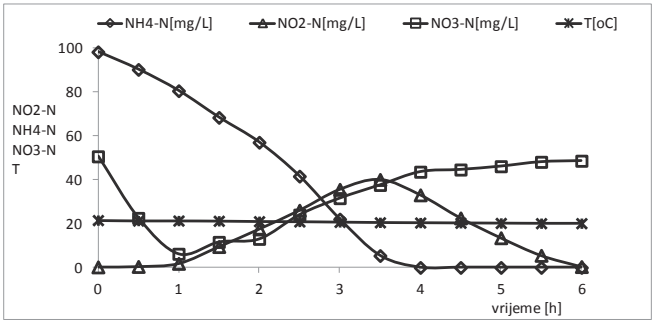
KPK, ukupni N, NH_4-N, NO3-N, NO_2-N su analizirani prema Standardnim metodama (APHA, 1998). Koncentracija otopljenog kisika, pH i temperatura su određivani pomoću

mjernog aparata pH WTW 330i i elektrode WTW SenTix 41 i mjernog aparata WTW 3210 Oxi i elektrode WTW DurOx (WTW, Njemačka).

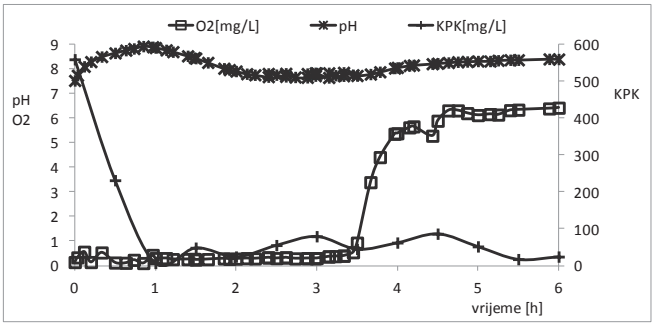
3. REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati nitrifikacije i denitrifikacije prikazani u ovom radu predstavljaju odabrane rezultate istraživanja „Smjernice za vrednovanje postupaka obrade otpadnih voda“ (Landeka Dragičević i drugi., 2014a) i „Smjernice za odabir tehnologije i proces vođenja sustava obrade otpadnih voda“ (Landeka Dragičević i drugi., 2014b), financirani od strane Hrvatskih voda.

Nitrifikacija 100 mg NH_4-N/L uz omjer KPK/N 3,4 ostvaren dodatkom natrijeva acetata, prikazana je slikama 1 i 2.



Slika 1. NH_4-N, NO_3-N, NO_2-N, i temperatura tijekom procesa nitrifikacije uz natrijev acetat kao izvor ugljika pri KPK/N 3,4 i 100 mg NH_4-N/L

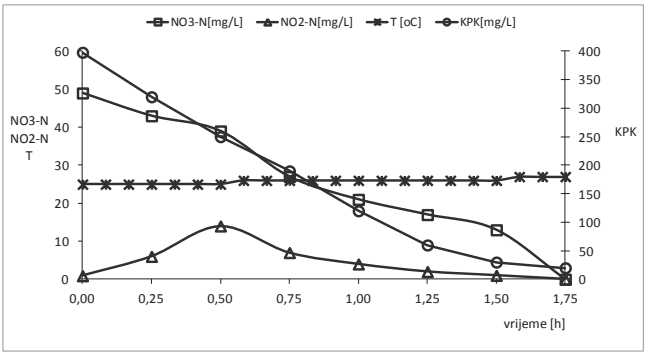


Slika 2. KPK i koncentracija otopljenog kisika i pH tijekom procesa nitrifikacije uz natrijev acetat kao izvor ugljika pri KPK/N 3,4 i 100 mg NH_4-N/L

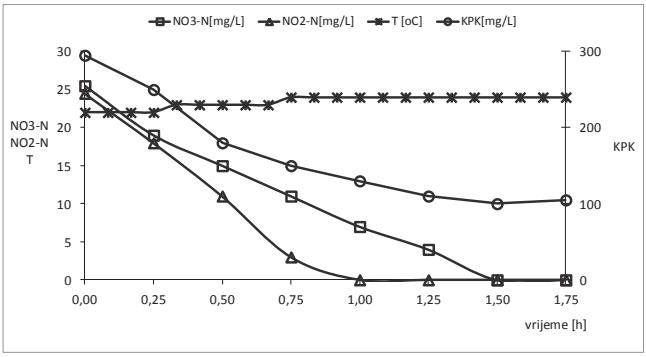
Tijekom nitrifikacije zbiva se istovremena oksidacija organskih sastojaka izraženih kao KPK vrijednost i oksidacija NH_4-N, kao i istovremena redukcija NO_3-N u aerobnim uvjetima bez akumulacije NO_2-N tijekom tog razdoblja. Nakon utroška KPK, daljnjom oksidacijom NH_4-N nakupljaju se NO_2-N i NO_3-N. Maksimalna akumulacija NO_2-N iznosi 40 mg/L. Brzina oksidacije 100 mg NH_4-N/L je iznosila 29 mg NH_4-N/Lh, odnosno brzina nitrifikacije je iznosila 17 mg NH_4-N/Lh. Tijekom procesa nije bilo potrebno provoditi korekciju pH. Promjene pH i otopljenog kisika pokazuju uobičajeni

profil za proces nitrifikacije. Vrijednost pH i DO odražavaju promjene u mikrobnim reakcijama, porast pH na početku pokusa zbog prisutnih organskih sastojaka, te pad pH tijekom nitrifikacije i nakupljanja NO_x-N, kao i utrošak otopljenog kisika tijekom procesa oksidacije i organskih i anorganskih sastojaka (Slike 1 i 2).

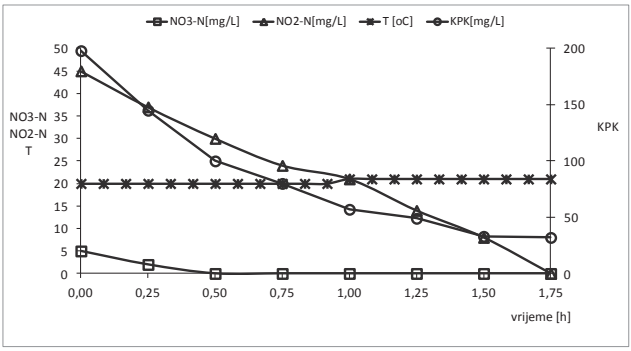
Pokusi denitrifikacije su provedeni uz početnih: (i) 50 mg NO_3-N/L, (ii) 25 mg NO_3-N/L + 25 mg NO_2-N/L i (iii) 5 mg NO_3-N/L + 45 mg NO_2-N/L, i uz različite omjere C/N (C/N 1-5), a prikazani su rezultati za minimalne potrebne omjere C/N. Pokusi su provedeni pri DO<0,4 mg/L. Denitrifikacija 50 mg NO_3-N/L uz natrijev acetat za omjer C/N 4 prikazana je slikom 3; denitrifikacija 25 mg NO_3-N/L + 25 mg NO_2-N/L pri C/N 3 prikazana je slikom 4; denitrifikacija 5 mg NO_3-N/L + 45 mg NO_2-N/L pri C/N 2 prikazana je slikom 5. Promjene pH i koncentracije otopljenog kisika za pokus sa 50 mg NO_3-N/L su prikazane slikom 6.



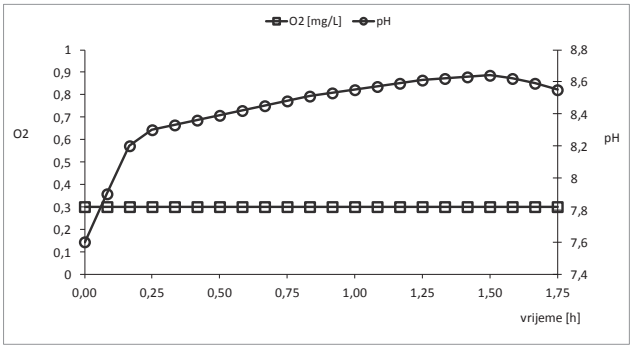
Slika 3. NO_3-N, NO_2-N, KPK i temperatura u procesu denitrifikacije 50 mg NO_3-N/L, pri C/N 4



Slika 4. NO_3-N, NO_2-N, KPK i temperatura u procesu denitrifikacije 25 mg NO_3-N/L + 25 mg NO_2-N/L, pri C/N 3



Slika 5. NO_3-N, NO_2-N, KPK i temperatura u procesu denitrifikacije 5 mg NO_3-N/L + 45 mg NO_2-N/L, pri C/N 2



Slika 6. DO i pH u procesu denitrifikacije 50 mg NO_3-N/L, pri C/N 4

Pokusima denitrifikacije određena je aktivnost aktivnog mulja, potreba na organskim sastojcima za denitrifikaciju (omjer C/N), te učinkovitost procesa (Slike 3-6).

Denitrifikacija 50 mg NO_3-N/L istražena je pri omjerima C/N 2, 3, 4 i 5. Pri C/N 2 i C/N 3 nije osigurana potrebna količina elektron donora za potpunu denitrifikaciju 50 mg NO_3-N/L. Pri C/N 2 postignuta je 44% redukcija NO_3-N, a pri omjeru C/N 3 redukcija NO_3-N iznosila je 77%, u oba pokusa uz nakupljanje 10 mg NO_2-N/L. Potpuna denitrifikacija 50 mg NO_3-N/L je postignuta pri omjeru C/N≥4, te se pri C/N 4 vrijednost KPK smanjila za 95% (Slika 3), odnosno za 77% pri C/N 5. Brzina denitrifikacije 50 mg NO_3-N/L pri C/N 4 je 28 mg NO_3-N/Lh (Slika 3).

Pokusi denitrifikacije 25 mg NO_3-N/L + 25 mg NO_2-N/L su istraženi pri omjerima C/N 2, 3 i 4. Denitrifikacija pri C/N 2 je rezultirala sa 61% smanjenjem NO_3-N, 76% smanjenjem NO_2-N i 82% smanjenjem KPK. Pri omjeru C/N≥3 denitrifikacija 25 mg NO_3-N/L + 25 mg NO_2-N/L je potpuna, uz utrošak KPK 63% pri C/N 3 (Slika 4) i utrošak KPK od 53% pri C/N 4. Brzina denitrifikacija 25 mg NO_3-N + 25 mg NO_2-N pri C/N 3 iznosi 33 mg NO_x-N/Lh (Slika 4).

Denitrifikacija 5 mg NO_3-N/L+ 45 mg NO_2-N/L je istražena pri omjerima C/N 1, 2 i 3. Omjer C/N 1 je dovoljan za 100% redukciju NO_3-N, 64% smanjenje NO_2-N i 100%

smanjenje KPK. Pri omjeru C/N≥2 postignuta je potpuna denitrifikacija 5 mg NO_3-N/L + 45 mg NO_2-N/L pri čemu se KPK smanjio za 83% (Slika 5), odnosno za 56% pri C/N 3. Brzina denitrifikacije 5 mg NO_3-N/L + 45 mg NO_2-N/L pri C/N 2 iznosila je 28,6 mg NO_x-N/Lh (Slika 5).

U pokusima denitrifikacije (Slike 3-5) zabilježen je karakterističan profil pH, koji pokazuje porast vrijednosti, i profil koncentracije otopljenog kisika, prikazano za denitrifikaciju 50 mg NO_3-N/L pri C/N 4 (Slika 6).

Pokusi koji su rezultirali nepotpunom denitrifikacijom su imali manjak organskih sastojaka (nedovoljan omjer C/N) raspoloživih za redukciju NO_x-N, dok je u pokusima sa većom od minimalno potrebne količine omjera C/N, u obrađenoj vodi preostalo KPK. Iz rezultata denitrifikacije vidljivo je da je veći utrošak KPK, odnosno veći je zahtijevan i potreban omjer C/N za redukciju NO_3-N negoli NO_2-N. Tako, za redukciju 50 mg NO_3-N/L potrebno je 380 mg KPK/L, a za redukciju 5 mg NO_3-N/L + 45 mg NO_2-N/L potrebno je 170 mg KPK/L, odnosno za svaki mg NO_3-N potrebno je osigurati 7,6 mg KPK, te za svaki mg NO_2-N potrebno je osigurati 3,4 mg KPK. Prema tome, za redukciju NO_3-N potrebno je osigurati 2,2 puta više organskih sastojaka u usporedbi s potrebom na KPK za redukciju NO_2-N.

Razna istraživanja ukazuju da je za učinkovitu denitrifikaciju potrebno 3-7 g KPK/gN (Chiu i Chung, 2003; Henze i drugi., 2002), ovisno o prirodi izvora ugljika i mikrobnoj aktivnosti za denitirifkaciju.

Profili pH i DO daju karakteristične točke u krivuljama tijekom bioloških procesa a koji upućuju na kraj nitrifikacije i denitrifikacije (Casellas i drugi., 2006; Chang i Hao, 1996), što motreno u sustavu „real-time control“ može doprinijeti učinkovitijem uklanjanju dušika i uštedi energije (Gao i drugi., 2009). Točka završetka oksidacije amonijaka se može prepoznati po „amonijevoj dolini“ u profilu pH (Chang i Hao, 1996) što predstavlja točku najniže vrijednosti pH i najveću koncentraciju NO_2-N, i „kisikovom laktu“ u profilu DO (Antileo i drugi., 2013) koji predstavlja točku povećanja koncentracije DO. Točka koja označava kraj denitrifikacije u profilu pH je „nitratni vrh“ (Antileo i drugi., 2013). Kada se postigne potpuna redukcija nitrata i nitrita, u profilu pH se uočava najviša vrijednost – „nitratni vrh“.

Karakteristične promjene u krivuljama pH i DO tijekom pokusa nitrifikacije i denitrifikacije su vidljive u slikama 2 i 6.

ZAKLJUČAK

Aktivni mulj aklimatiziran za uklanjanje N ima visoku aktivnost za nitrifikaciju i denitrifikaciju. Postignuta je brzina oksidacije od 29 mg NH_4-N/Lh, odnosno brzina nitrifikacije od 17 mg NH_4-N/Lh, u pokusu sa 100 mg NH_4-N/L i pri omjeru KPK/N 3,4. U pokusu denitrifikacije 50 mg NO_x-N/L, za redukciju NO_3-N je potrebno osigurati 2,2 puta više organskih sastojaka u usporedbi s potrebom na KPK za redukciju NO_2-N. Potrebno je osigurati 7,6 mg KPK/mg NO_3-N, te 3,4 mg KPK/mg NO_2-N za potpunu denitrifikaciju 50 mg NO_3-N/L, odnosno 5 mg NO_3-N/L + 45 mg NO_2-N/L .

ZAHVALA

Ovaj rad je financiran sredstvima iz suradnje Prehrambeno-biotehnološkog fakukteta i Hrvatskih voda, projektni zadaci „Smjernice za vrednovanje postupaka obrade otpadnih voda“ i „Smjernice za odabir tehnologije i proces vođenja sustava obrade otpadnih voda“.

LITERATURA

[1] Antileo, C., Medina, H., Bornhardt, C., Munoz, C., Jaramillo, F., Proal, J. (2013): *Actuators monitoring system for real time control of nitrification-denitrification via nitrite on long term operation*, Chem. Eng. J., 223, 467-478.

[2] APHA (1994): *Standard Methods for the examination of water and wastewater treatment*, American Public Health Association, Water Pollution Control Federation, Washington, D.C.

[3] Bernat, K., Wojnowska-Baryla, I. (2007): *Carbon source in aerobic denitrification*, Biochem. Eng. J., 36, 116-122.

[4] Bitton, G. (2005): *Wastewater Microbiology*, 3.iz., John Wiley & Sons Inc., New Jersey.

[5] Casellas, M, Dagot, C., Baudu, M. (2006): *Set up and assessment of control strategy in a SBR in order to enhance nitrogen and phosphorus removal*, Process Biochem., 41, 1994-2001.

[6] Chang, C.H., Hao, O.J. (1996): *Sequencing batc reactor system for nutrient removal: ORP and pH profiles*, J. Chem. Technol. Biotechnol., 67, 27-28.

[7] Chiu, Y.C., Chung, M.S. (2003): *Determination of optimal COD/nitrate ratio for biological denitrification*, Int. Biodeterioration Biodegrad., 51, 43-49.

[8] Christensen, M.H., Harremoës, P. (1997): *Biological denitrification of sewage: a literature review*, Prog. Water. Technol., 8, 509-555.

[9] Constantin, H., Fick, M. (1997): *Influence of C-sources on the denitrification rate of a high-nitrate concetrated industrial wastewater*, Water Res., 31, 583-589.

[10] De Filippis, P., Di Palma, L., Scarsella, M., Verdona, N. (2013): *Biological Denitrification of High-Nitrate Wastewaters: a Comparison Between Three Electron Donors*, Chemical Engineering Transactions, 32, 319-324.

[11] EPA (1993): *Process design manual for nitrogen control*, USEPA, Washington, DC.

[12] Gao, D., Peng, Y., Li, B., Liang, H. (2009): *Shortcut nitrification-denitrification by real-time control strategies*, Bioresour. Technol., 100, 2298-2300.

[13] Gerardi, M.H. (2002): *Nitrification and denitrification in the activated sludge process*, John Wiley and Sons, Inc., New York.

[14] Henze, M., Harremoes,P., la Cour Jansen, J., Arvin, E. (2002): *Wastewater treatment. Biological and chemical processes*, 3. izd. Springer, Berlin.

[15] Khanitchaidecha, W., Sumino, T., Kazama, F. (2010): *Influence of Carbon Source on Biological Nitrogen Removal by Immobilised Bacteria*, *J. Water Resource and Protection*, 2, 527-531.

[16] Knowles, R. (2005): *Denitrifiers associated with methanotrophs and their potential impact on the nitrogen cycle*, Ecol. Engin., 24, 441-446.

[17] Koops, H.P., Pommerening-Röser, A. (2001): *Distribution and ecophysiology of the nitrifying bacteria emphasing cultured species*, FEMS Microbiol Ecol., 37, 1–9.

[18] Landeka Dragičević, T., Frece, J., Landeka, Jurčević, I., Teparić, R., Čurlin, M., Grgas, D., Ilčić Škreb, T. (2014a): *Smjernice za vrednovanje postupaka obrade otpadnih voda*, Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb.

[19] Landeka Dragičević, T., Frece, J., Landeka, Jurčević, I., Teparić, R., Čurlin, M., Grgas, D., Vuković, M. (2014b): *Smjernice za odabir tehnologije i proces vođenja sustava obrade otpadnih voda*, Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb.

[20] Mackenzie, L.D. (2010): *Water and wastewater engineering. Design principles and practice*, McGraw-Hill, New York.

[21] Metcalf & Eddy (2004): *Wastewter Engineering: Treatment and Reuse*, 4. izd., McGraw-Hill, New York.

[22] Pan, Y., Ye, L., Ni, B.J., Yuan, Z. (2012): *Effect of pH on N_2O reduction and accumulation during denitrification by methanol utilizing denitrifiers*, Water Res., 46, 4832-4840.

[23] Srinandan, C.S., D'souza, G., Srivastava, N., Nayak, B.B., Nerurkr, A.S. (2012): *Carbon sources influence the nitrate removal activity, community structure and biofilm architecture*, Bioresour. Technol., 117, 292-299.

[24] Srinandan, C.S., Shah, M., Patel, B., Nerurkar, A.S. (2011): *Assessment of denitrifying bacterial composition in activated sludge*, Bioresour. Technol., 102, 9481-9489.

[25] Ueda, T., Shinogi, Y., Yamaoka, M. (2006): *Biological nitrate removal using sugar-industry wastes*, Paddy Water Environ, 4, 139-144.

[26] Yang, X., Wang, S., Zhou, L. (2012): *Effect of carbon source, C/N ratio, nitrate and dissolved oxygen concentration on nitrite and ammonium production from denitrification process by Pseudomonas stutzeri D6*, Bioresource Technology, 104, 65-72

[27] Zhu, G.B., Peng, Y., Li, B., Guo, J., Yang, Q., Wang, S. (2008): *Biological removal of nitrogen from wastewater*, Rev. Environ. Contam. Toxicol., 192, 159-195.

AUTORI

prof.dr.sc. Tibela Landeka Dragičević [a]
dr.sc. Siniša Širac [b]
mr.sc. Alena Vlašić [b]
Dijana Grgas, dipl.ing. [a]

[a] Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Pierottijeva 6, Zagreb, 10000, Hrvatska, tibela.landeka.dragicevic@pbf.hr; dgrgas@pbf.hr

[b] HRVATSKE VODE, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, 10000, Hrvatska, sinisa.sirac@voda.hr; alena.vlasic@voda.hr

R 1.19.

BIODOSTUPNOST METALA U OCJENI KEMIJSKOG STANJA POVRŠINSKIH VODA

Jasmina Antolić, Đorđa Medić, Neven Bujas

SAŽETAK: Direktivom o prioritetnim tvarima u području vodne politike (2013/39/EZ) propisani su stroži standardi kakvoće vodnog okoliša za olovo i nikal o odnosu na vrijednosti koje su bile propisane u Direktivi o standardima kakvoće za prioritetne tvari (2008/105/EZ). Navedene prosječne godišnje koncentracije standarda kakvoće kopnenih površinskih voda (PGK-SKVO) odnose se na biodostupnost ovih metala u vodnom okolišu. Biodostupnost je funkcija različitih fizikalno-kemijskih čimbenika koji reguliraju raspoloživost metala u biološkom receptoru tj. odražava stvarni utjecaj metala prisutnih u vodi na vodene organizme. Za procjenu biodostupnosti predlaže se korištenje Modela Biotičkog Liganda (MBL) primjenom različitih jednostavnijih, korisniku prilagođenih alata za izračun moguće biodostupnosti metala na lokaciji uzorkovanja. Temeljem izračunatih koncentracija biološki dostupnih otopljenih metala i usporedbom sa propisanim PGK-SKVO$_{biodostupno}$ ocjenjuje se kemijsko stanje vodnog tijela, te se utvrđuju lokacije/vodna tijela u kojima postoji rizik nepostizanja dobrog kemijskog stanja voda. U radu se prikazuje funkcioniranje jednog od dostupnih alata, Bio-meta, te značaj primjene ovakvog pristupa pri određivanju kemijskog stanja voda ali i pri provedbi kontrole emisija otpadnih voda.

KLJUČNE RIJEČI: Okvirna direktiva o vodama, Monitoring kemijskog stanja voda, Biodostupnost metala, Standard kakvoće vodnog okoliša, Nikal

BIOAVAILABILITY OF METALS IN ASSESSING CHEMICAL STATUS OF SURFACE WATERS

SUMMARY: The Directive on priority substances in the field of water policy (2013/39/EC) prescribes stricter water quality standards for lead and nickel in comparison with values stipulated for priority substances in the Directive on environmental quality standards (2008/105/EC). The quoted annual average concentrations of the water quality standard (AAC-WQS) for inland surface waters are related to bioavailabilty of these metals in the aquatic environment. Bioavailabilty is a function of different physico-chemical factors

which regulate the availability of metals in a biological receptor, i.e. it reflects the actual impact of metals present in water on water organisms. The use of Biotic Ligand Model (BLM) is proposed for bioavailabilty assessment through application of various simpler, user-friendly tools for calculation of potential bioavailabilty of metals on the sampling location. Based on the calculated concentrations of bioavailable dissolved metals and a comparison with the proscribed AAC-$WQS_{bioavailable,}$ assessment of the chemical status of a water body is carried out, which is then followed by determination of the locations/water bodies at risk of failing to achieve good chemical status of water. The paper presents the functioning of an available tool, Bio-meta, and importance of applying such approach not only to assessment of good chemical status of water, but also for implementing control of wastewater discharges.

KEY WORDS: Water Framework Directive, Monitoring of chemical water status, Bio-availabilty of metals, Water quality standard, Nickel

1. UVOD

Okvirna direktiva o vodama (ODV) je osnovni dokument koji dugoročno definira vodnu politiku na europskom prostoru. Između ostalog, uspostavlja okvir za zaštitu kopnenih površinskih voda, štiti i poboljšava stanje vodnih ekosustava te promiče održivo korištenje voda. ODV propisuje strategiju zaštite voda kroz identifikaciju prioritetnih tvari ili grupa tvari koje predstavljaju značajan rizik za vodni okoliš, a navedene su u Dodatku X ODV. Neke su tvari, zbog karakteristika postojanosti u okolišu, bioakumulativnosti i toksičnosti, dodatno označene kao prioritetne opasne tvari i za njih vrijedi obveza postupnog prestanak ispuštanja u svim državama članicama.

Za sve tvari iz Dodatka X ODV obavezno je uspostaviti programe kontrole emisija i mjere kojima će se smanjiti i/ili potpuno obustaviti ispuštanje u vodni okoliš.

Da bi se postigli ciljevi postizanja dobrog stanja voda poduzimaju se različite mjere i propisuju obveze kojima se nadzire njihova primjena i učinkovitost. Jedna od obveza je i uspostava monitoringa prijemnika kako bi se utvrdilo stanje voda – kemijsko i ekološko. Dobro kemijsko stanje voda podrazumijeva zadovoljavanje standarda kakvoće vodnog okoliša (SKVO) za prioritetne i prioritetne opasne tvari koji su jedinstveni i obvezujući za čitav prostor Europske zajednice (EZ). Dobro ekološko stanje podrazumijeva dobro stanje prema biološkim elementima kakvoće i dobro stanje prema specifičnim onečišćujućim tvarima. Identifikaciju nacionalno relevantnih specifičnih onečišćujućih tvari i određivanje pripadajućih SKVO za te tvari provodi svaka država članica za svoj teritorij.

ODV je dopunjena Direktivom o standardima kakvoće za prioritetne tvari (2008/105/EZ), kojom su propisani standardi kakvoće vodnog okoliša za tvari iz Dodatka X te koji se ne smiju prekoračiti da bi se postiglo dobro kemijsko stanje. Ta direktiva je krajem 2013. godine nadopunjena Direktivom o prioritetnim tvarima u području vodne politike (2013/39/EZ), koja uvodi niz novih odredaba, a između ostalog i standarde kakvoće za otopljeno olovo i nikal koji se odnose na biodostupne koncentracije ovih metala u vodnom okolišu. Slijedom toga, uvodi se drugačiji način ocjene usklađenosti sa SKVO na način da se prosječne godišnje koncentracije (PGK) metala izmjerene u vodama dodatno preračunaju uzimajući u obzir biodostupnost ovih metala tj. biološku raspoloživost u

površinskim vodama na lokaciji uzorkovanja i posljedičnu mogućnost vezanja na biološki ligand (vodene organizme). Za ocjenu se koriste prosječne godišnje koncentracije budući da je model biotičkog liganda orijentiran primarno na kroničnu izloženost organizama u vodnom okolišu povišenim koncentracijama metala.

Tablica 1. Revidirani standardi kakvoće vodenog okoliša za olovo i nikal (Direktiva 2013/39/EZ)

R.br.	Ime tvari	CAS broj	PGK-SKVO	PGK-SKVO	MGK-SKVO	MGK-SKVO
			Kopnene površinske vode (µg/l)	Ostale površinske vode (µg/l)	Kopnene površinske vode (µg/l)	Ostale površinske vode (µg/l)
20	Olovo i njegovi spojevi	7439-92-1	1,2* (7,2)**	1,3 (7,2)**	14 (n/p)**	14 (n/p)**
23	Nikal i njegovi spojevi	7440-02-0	4* (20)**	8,6 (20)**	34 (n/p)**	34 (n/p)**

* odnosi se na biološki raspoložive koncentracije tvari
** prijašnje vrijednosti SKVO (Direktiva 2008/105/EZ)

2. BIODOSTUPNOST METALA

Biodostupnost je funkcija različitih fizikalno-kemijskih čimbenika koji reguliraju raspoloživost metala u biološkom receptoru. Uvažavanje biodostupnosti metala u procjeni rizika koji on predstavlja za vodni okoliš tehnički je zadovoljavajući pristup jer odražava stvarni utjecaj otopljenih metala na vodene organizme. Ovim pristupom se smanjuje mogućnost previše striktne procjene rizika što bi moglo rezultirati i strožim regulatornim zahtjevima pri kontroli emisija u površinske vode.

Direktiva o standardima kakvoće za prioritetne tvari iz 2008. godine navodi moguće čimbenike koji utječu na biodostupnost koncentracija metala, primjerice, pozadinske koncentracije metala više od vrijednosti SKVO ili prisustvo drugih kemijskih pokazatelja kakvoće u vodama (tvrdoća, pH vrijednosti, otopljeni organski ugljik (DOC), drugi ioni) u određenom koncentracijskom rasponu te da se isto uzima u obzir prilikom usporedbe rezultata monitoringa sa vrijednostima SKVO pri ocjeni kemijskog stanja. Međutim, osim ove načelne konstatacije, na razini EU nije bilo konkretnije upute kako jednoliko i usporedivo pristupiti određivanju utjecaja drugih tvari prisutnih u površinskim vodama na biološku dostupnost metala i ocjenu sukladnosti koncentracija metala sa propisanim SKVO.

Donošenjem dopune Direktive 2013. godine, slijedom pouzdanijih znanstvenih saznanja, preciznije su definirane vrijednosti standarda kakvoće otopljenih nikla i olova uzimajući u obzir i biodostupnost ($PGK\text{-}SKVO_{biodostupno}$), a posljedično su se u okviru rada Stručnih grupa zajedničke provedbene strategije na razini EU prezentirali i pojedini modeli kojima se izračunava moguća biodostupnost metala ovisno o koncentraciji pratećih fizikalno-kemijskih pokazatelja na lokaciji.

Model Biotičkog Liganda (MBL) je matematički model kojim se, koristeći podatke o

fizikalno-kemijskim značajkama vode (koncentracija kalcija, pH vrijednost, alkalitet, DOC i sl. analizirani iz istog uzorka kao i metal), procjenjuje ekotoksičnost metala za određenu vrstu vodenih organizama. Utvrđeno je da lokalne uvjete visoke biodostupnosti otopljenih metala, primjerice nikla, karakterizira niska koncentracija DOC-a, razmjerno visoki pH i niska koncentracija kalcija u vodi. Ioni kalcija i vodika kompetitivno djeluju u odnosu na ione otopljenog nikla pri vezanju na biotički ligand. Također, svojevrsnu zaštitnu ulogu ima i prisustvo organskih polifunkcionalnih polimera koji predstavljaju otopljeni organski ugljik. Prisutne funkcionalne grupe DOC-a vežu slobodne ione metala i time smanjuju mogućnost njihova vezivanja na tkivo vodenih organizama.

Izvorni modeli biotičkog liganda su razmjerno komplicirani i donekle neprikladni za rutinsku upotrebu jer zahtijevaju značajnu razinu ekspertize i tehničkih znanja. Stoga su u pojedinim državama EU razvijeni specifični, korisniku prilagođeni alati, temeljeni na MBL-u no prikladni za korištenje u administrativnom okruženju kontrole emisija u vode. Pojedini alati su specijalizirani za procjenu biodostupnosti određenih metala u validiranom području koncentracija pratećih fizikalno-kemijskih pokazatelja. Trenutno su svi razvijeni alati namijenjeni evaluaciji u površinskim kopnenim vodama, dok su posebni alati za morske vode još uvijek u razvoju.

Jedan od dostupnih alata je HydroQual BLM[1]. Razvijen je za izračun biodostupnosti otopljenog cinka, bakra, olova, srebra i kadmija u kopnenim površinskim vodama, a razvijaju se i modeli za druge medije (morska voda, tlo).

Bio-met[2] je alat razvijen inicijativom European Copper Institute, International Zinc Association i Nickel Producers Environmental Research Association (NiPERA), u suradnji sa tvrtkama Arche i WCA Environment. Namijenjen je izračunu biodostupnosti otopljenog bakra, nikla i cinka u površinskim kopnenim vodama, a dostupan je u on-line verziji ili kao MS Excel kalkulator.

3. METODOLOGIJA OCJENE KEMIJSKOG STANJA IZRAČUNOM BIODOSTUPNOSTI

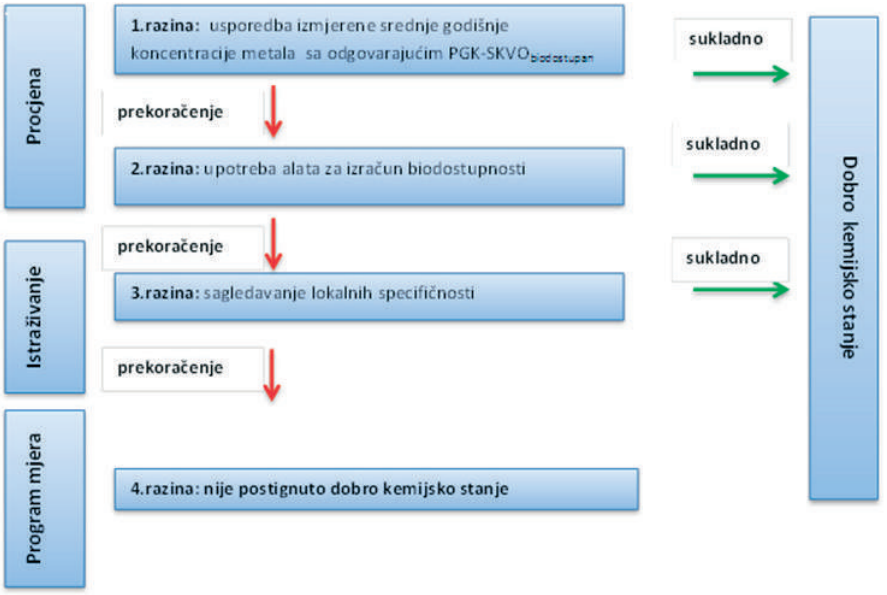
Primjena nekoliko razina procjene biodostupnosti korištenjem standarda kakvoće vodnog okoliša biodostupnih koncentracija metala (PGK-$SKVO_{biodostupno}$) u skladu je sa klasičnom procjenom rizika. U prvim razinama procjene pristupa se principom predostrožnosti – u jednostavnoj procjeni obrađuje se velika količina podataka s namjerom da se korištenjem općeg kriterija eliminiraju iz daljnjeg procesa podaci/lokacije uzorkovanja za koje nema rizika da neće zadovoljiti standard kakvoće. U sljedećim razinama procjene proračun postaje zahtjevniji i specifičan obzirom na lokaciju uzorkovanja, no tada se u razmatranje uzima mali set podataka/lokacija gdje koncentracije otopljenih metala i pratećih fizikalno-kemijskih pokazatelja mogu predstavljati značajan rizik nepostizanja dobrog kemijskog stanja.

Na slici 1. prikazan je dijagram toka mogućih faza ocjene sukladnosti sa $SKVO_{biodostupno}$ kroz četiri razine procjene. Ovaj princip omogućuje primjenu jedinstvenog $SKVO_{biodostupno}$ na razini EU uz prihvaćanje lokalnih uvjeta biodostupnosti na mjestima uzorkovanja. Također, korištenje više razina procjene, posebice u prve dvije razine, kako je opisano

1 poveznica: http://www.hydroqual.com/wr_blm.html

2 poveznica: http://bio-met.net

u nastavku jednostavno je primjenjivo u administrativnim uvjetima kontrole emisija u vode. Ovaj princip je primjeren i u korisničkim alatima, primjerice bio-met-u, kojima se može proračunavati biodostupnost na lokacijama monitoringa.



Slika 1. Moguće faze primjene razina procjene pri ocjeni sukladnosti sa $SKVO_{biodostupno}$

U **prvoj** razini procjene promatra se prosječna godišnja koncentracije izmjerenog otopljenog metala i uspoređuje sa odgovarajućim $PGK\text{-}SKVO_{biodostupan}$. Već u prvoj razini procjene očekuje se da će većina promatranih PGK biti sukladna propisanom standardu kakvoće.

Podaci sa lokacija kod kojih vrijednosti PGK premašuju vrijednosti $PGK\text{-}SKVO_{biodostupno}$ razmatraju se dalje u **drugoj** razini procjene. U ovoj razini procjene koriste se alati za izračun lokalne biodostupnosti metala, uzimajući u izračun, osim PGK otopljenog metala izmjerenog na lokaciji i prosječne godišnje vrijednosti pratećih fizikalno-kemijskih pokazatelja izmjerene u istom uzorku, sa iste lokacije monitoringa. Upotreba ovih alata, primjerice bio-met alata, omogućuje usporedbu izmjerenih povišenih koncentracije otopljenih metala i njegove stvarne biodostupnosti koja ovisi o lokalnim uvjetima u vodenom okolišu tj. pH vrijednosti, koncentracije kalcija i DOC-a. Neke države članice imaju prve dvije razine procjene integrirane u svojim LIMS programima.

Pri interpretaciji rezultata biodstupnosti bio-met alat uključuje izračune sljedećih vrijednosti:

a) $\mathbf{PNEC^3_{lokalno}}$ ili Local EQS (otopljeni, µg/l)) – izračunata koncentracija otopljenog metala koja odgovara $SKVO_{biodostupno}$; izračun uzima u obzir lokalno utvrđene uvjete u vodi na određenoj lokaciji (pH, DOC i kalcij),

3 PNEC – Predicted no effect concentration (predviđena koncentracija koja nema učinaka)

b) **BioF** je korekcijski faktor biodostupnosti koji računa bio-met alat, a predstavlja omjer $SKVO_{biodostupno}$ i $PNEC_{lokalno}$. Ova vrijednost je uvijek manja ili jednaka 1. Kada je vrijednost jednaka 1 otpljeni metal je u specifičnim lokalnim uvjetima u vodi 100% biodostupan i smatra se da je lokacija u „osjetljivim uvjetima“,

c) **Koncentracija biodostupnog metala** (µg/L) se računa kao umnožak izmjerene koncentracije otopljenog metala na lokaciji i faktora BioF,

d) **RCR** (engl. Risk Characterisation Ratio) je omjer procjene (karakterizacije) rizika za određenu (razmatranu) lokaciju ili vodno tijelo. Ukoliko mu je vrijednost jednaka ili veća od 1 ukazuje na nepostizanje sukladnosti sa $SKVO_{biodostupno}$ i tada se takvi podaci/lokacije razmatraju u sljedećoj, trećoj razini procjene.

Sample Number	Measured Nickel Conc (dissolved) [µg/L]	Required pH	Required DOC [mg/L]	Required Ca [mg/L]	Optional Zinc ABC Conc (dissolved) [µg/L]	Local EQS (dissolved) [µg/L]	BioF	Bioavailable Nickel Conc (µg/L)	RCR	Notes
1	11,82	7,9	7,1	99,9	1	10,14	0,39	4,66	1,17	Y
2	4,34	7,8	5,0	55,3	1	8,13	0,49	2,13	0,53	
3	6,24	8,0	0,2	77,2	1	4,00	1,00	6,24	1,56	Y
8	2,17	8,0	1,0	72,7	1	4,00	1,00	2,17	0,54	Y
9	1,96	7,6	0,5	82,7	1	4,00	1,00	1,96	0,49	Y
10	5,26	7,5	1,1	90,5	1	5,24	0,76	4,02	1,00	Y
11	5,47	7,9	0,6	57,3	1	4,00	1,00	5,47	1,37	Y
12	16,15	8,1	3,1	104,2	1	5,34	0,75	12,09	3,02	Y

Slika 2. Primjer izračuna koncentracija biodostupnog nikla pomoću bio-met alata

Treća razina procjene omogućava sagledavanje lokalnih specifičnosti koje mogu utjecati na procjenu rizika zbog prisustva metala. U ovoj razini procjene razmatraju se primjerice lokalne pozadinske koncentracije metala, ili dodatna procjena utjecaja lokalnog sastava vode. U ovoj razini procjene moguće je u razmatranje uzroka povećanog rizika utvrđenog u 2. razini uključiti nekoliko različitih opcija, što će ponajviše ovisiti o lokalnim uvjetima. Izuzetak u provedbi 3. razine procjene pri korištenju bio-met alata je u slučaju pozadinske vrijednosti koncentracija otopljenog cinka koja se može upisati kao jedan od elemenata pri izračunu u 2. razini. Ukoliko se vrijednost pozadinske koncnetracije cinka ne upiše, alat u izračun uzima vrijednost od 1 µg/l.

U sljedećoj, **četvrtoj** razini procjene jasno su određene lokacije na kojima $SKVO_{biodostupno}$ nije zadovoljen, tj. na kojima nije postignuto dobro stanje voda i biti će potrebno uspostaviti program mjera u svrhu poboljšanja stanja. Svakako pri tome treba voditi računa o odnosu troškova provedbe mjera i postignute koristi za okoliš.

3.1. Primjena $SKVO_{biodostupno}$

Osim već spomenutog korištenja $SKVO_{biodostupno}$ prilikom ocjene kemijskog stanja voda prema ODV, moguća je i primjena ovih vrijednosti standarda prilikom propisivanja graničnih vrijednosti za ispuštanje otpadnih voda.

Za razliku od ocjene stanja voda, način određivanja graničnih vrijednosti za ispuštanje otpadnih voda kao i način izdavanja dozvola za njihovo ispuštanje značajno se razlikuju od države do države. Neke države i praktično iskazuju interes za primjenu koncepta

biodostupnosti metala, ali i biodostupnosti drugih specifičnih onečišćujućih tvari, i na kontrolu ispuštanja otpadnih voda. Takav pristup bi zasigurno postavio značajne izazove administrativnim institucijama koje izdaju dozvole za ispuštanje i uspostavu potpuno novog načina rada.

S druge pak strane, korištenje principa biodostupnosti pomoglo bi da se u regulatornom okviru pouzdanije odrede prioritetne lokacije koje predstavljaju potencijalni ili stvarni rizik nepostizanja dobrog stanja voda, te da se programi mjera za smanjenje onečišćenja usmjere ciljano na mali broj stvarno rizičnih lokacija gdje će njihova provedba biti i ekonomski opravdana.

ZAKLJUČAK

Za države članice postizanje sukladnosti sa propisanim SKVO je osnovni zahtjev prema ODV za klasifikaciju voda, ocjenu stanja voda i utvrđivanje potrebe za poduzimanjem mjera za smanjanje onečišćenja. Primjena principa biodostupnosti uvodi novi način izračuna rizika i ocjene sukladnosti sa $SKVO_{biodostupno}$ i predstavlja značajan izazov u radu i tumačenju rezultata monitoringa za metale i potencijalno druge specifične onečišćujuće tvari.

LITERATURA

[1] European Commission (2011): *CIS Guidance Document No 27: Technical Guidance for Deriving Environmental Quality Standards*

[2] European Commission (2014): *Tehnical guidance to implement bioavailability-based environmental quality standards for metals*

[3] NIPERA (2014) Fact Sheet Special Issue 1: The derivation and implementation of an environmental quality standard for nickel in European surface waters, http://www.nipera.org/NiPERA/EnvironmentalScience

[4] Bio-met Bioavialability Tool, User Guide (version 2.3) (2013), www.bio-met.net

AUTORI

Jasmina Antolić, dipl.ing.preh.teh. [a]

Đorđa Medić, dipl.ing.kem. [b]

mr.sc. Neven Bujas, dipl.ing.kem.teh. [c]

[a] Hrvatske vode, Sektor zaštite voda, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, jasmina.antolic@voda.hr

[b] Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, dmedic@voda.hr

[c] Hrvatske vode, Glavni vodnogospodarski laboratorij - Služba za praćenje stanja kopnenih voda Jadranskog vodnog područja u Šibeniku, nbujas@voda.hr

R 1.20.

INOVATIVNI PRISTUP UPRAVLJANJA KAKVOĆOM VODA RURALNIH SLIVOVA

Gorana Ćosić-Flajsig, Barbara Karleuša

SAŽETAK: Implementacija Okvirne direktive o vodama je polazna točka integralnog upravljanja vodama. Mali ruralni riječni slivovi, uz manjak sanitacije u aglomeracijama manjim od 2000 ES i poljoprivrednim aktivnostima, predstavljaju izazov upravljanja kakvoćom voda svake države. Takvi riječni slivovi su izvor organskog onečišćenja i nutrijenata. Metodologija rješavanja problema je specifična i rješava se na nacionalnoj razini, a europska vodna politika provodi se prvenstveno u smislu postizanja dobrog stanja svih vodnih tijela i ciljeva zaštite okoliša riječnog sliva. Posebno, ukoliko se radi o prekograničnim slivovima sa velikom biološkom raznolikosti i mnogobrojnim područjima NATURA 2000, nužno je primjenjivati inovativni pristup upravljanja kakvoćom voda. Ovim radom analizirat će se preduvjeti upravljanja vodama korištenjem DPSIR pristupa uzimajući u obzir načela održivosti. Uspješno upravljanje ruralnim riječnim slivovima uključuje različite mjere, od iznimno skupih do niskobudžetnih mjera zaštite vodnih tijela. Korištenje prikladnih matematičkih modela može pomoći prilikom procjene utjecaja na okoliš i provedbi optimizacije mjera. U radu će se prikazati preliminarna analiza matematičkih modela, njihova primjena i ograničenja vezana uz mogućnost upravljanja kakvoćom voda. Preliminarnim odabirom prikladnog modela za ruralne slivove, na primjeru rijeke Sutle, procijenjeno je da je matematički model SWAT prikladan i može biti nadograđen za specifične potrebe. Također, uklapa se i u okvir integralnog modeliranja, te tako omogućava korištenje ekonomskih analiza i servisa ekosustava.

KLJUČNE RIJEČI: DPSIR pristup, Ruralni riječni sliv, Nutrijenti i organsko onečišćenje, Procjena utjecaja na okoliš, Matematički modeli

INNOVATIVE APPROACH TO WATER QUALITY MANAGEMENT OF RURAL RIVER BASINS

SUMMARY: The implementation of the Water Framework Directive is the starting point of integrated water management. Small rural river basins, together with the lack of sanitation in agglomerations of less than 2000 ES and agricultural activities, present a challenge to water quality management for each state. These river basins are sources of organic pollution and nutrients, and the methodology to solve such problems is specific and dealt with at the national level, while the European water policy is conducted primarily in terms

of achieving good status of all water bodies and environmental objectives for the river basin. In case of transboundary basins with high biological diversity and numerous NATURA 2000 areas, it is particularly necessary to apply an innovative approach to water quality management. This paper will analyze the conditions for water management using the DPSIR approach and taking into account the principle of sustainability. Successful management of rural river basins includes various measures, from very expensive to low-cost measures to protect water bodies. Using appropriate mathematical models can help in the assessment of environmental impact and implementation of optimization measures. The paper will present a preliminary analysis of mathematical models, their application and restrictions with regard to the ability of water quality management. Through a preliminary selection of appropriate models for rural river basins, as examplified by the Sutla River, it was estimated that the mathematical model SWAT is an appropriate model which can be upgraded for specific needs. It also fits in the framework of integrated modeling, and thus allows the use of economic analysis and ecosystem services.

KEY WORDS: DPSIR approach, Rural river basin, Nutrients and organic pollution, Environmental impact assessment, Mathematical models

1. UVOD

Primjena europske vodne politike i Okvirne direktive o vodama (u daljnjem tekstu: ODV) je polazišna točka integralnog upravljanja vodama riječnog sliva za primjenu inovativnog metodološkog pristupa održivog upravljanja kakvoćom voda riječnog sliva. Ruralni riječni slivovi, s manjkom sanitacije u naseljima manjim od 2000 ekvivalenata stanovnika (u daljnjem tekstu: ES), sa intenzivnim poljoprivrednim aktivnostima, su poseban izazov upravljanju kakvoćom voda riječnog sliva jer se rješenja temelje na zajedničkom upravljanju točkastim i raspršenim izvorima onečišćenja i primjeni kombiniranog pristupa. Posebno je potrebno naznačiti da sanitacija aglomeracija manjih od 2000 ES nije uključena u prioritetne mjere europske vodne politike, a probleme vezane uz njih potrebno je rješavati nacionalnim implementacijskim programom i prikladnim mjerama. Ruralni riječni slivovi predstavljaju veliki izvor nutrijenata i organskog onečišćenja, te su prijetnja postizanju dobrog stanja voda i ciljeva zaštite okoliša riječnog sliva. Aglomeracije manje od 2000 ES u Hrvatskoj čine polovicu državnog teritorija što ukazuje na značaj i rasprostranjenost problema. Velika razina biološke raznolikosti i postojanje područja koja su uključena u NATURA-u 2000 ukazuju na nužnost pronalaženja prikladnog, inovativnog pristupa upravljanja kakvoćom voda riječnog sliva.

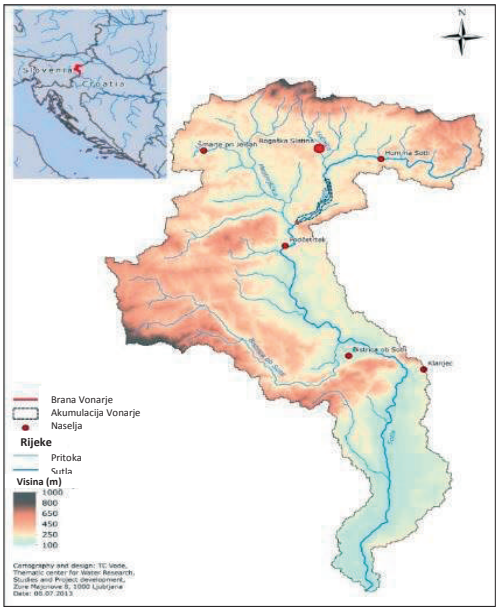
Implementacijom ODV-a u Europi razvijeni su mnogi metodološki pristupi (Ćosić-Flajsig i Karleuša, 2104).Uzimajući u obzir navedena iskustva ustanovljeno je da uz znatnu količinu potrebnog rada i niz komplementarnih istraživanja, radi postizanja ciljeva ODV-a i integralnog upravljanja vodama riječnog sliva, potrebno je koristiti problemski orijentirani DPSIR pristup (D-Driving Forces-Pokretači; P-Pressure-Pritisci; I-Impact-Utjecaj; S-State-Stanje; R-Responsible-Nadležnost i Mjere).

2. SLIV RIJEKE SUTLE

Vezano uz problem upravljanja kakvoćom vode ruralnih riječnih slivova, istraživanje je provedeno na slivu rijeke Sutle (slovenski: Sotla) (Slika 1). U prošlosti, uz karakteristične

hidrološke osobine sliva i specifični režim tečenja uzrokovan izgradnjom pregrade i brane za formiranje akumulacije Vonarje/Sutlanskog jezera, uz unos nutrijenata i organskog onečišćenje iz točkastih i raspršenih izvora, uzrokovali su eutrofikaciju rijeke Sutle. Usprkos implementiranih mjerama vezanim uz kakvoću voda, posebno izgradnjom uređaja za pročišćavanje otpadnih voda naselja Rogaška Slatina i Hum na Sutli, podaci dobiveni nadzornim monitoringom voda rijeke Sutle ukazuju na opterećenje organskim tvarima i nutrijentima vodnih tijela rijeke Sutle (Slika 2), te se zaključuje da je mogućnost eutrofikacije rijeke Sutle još uvijek prisutna.

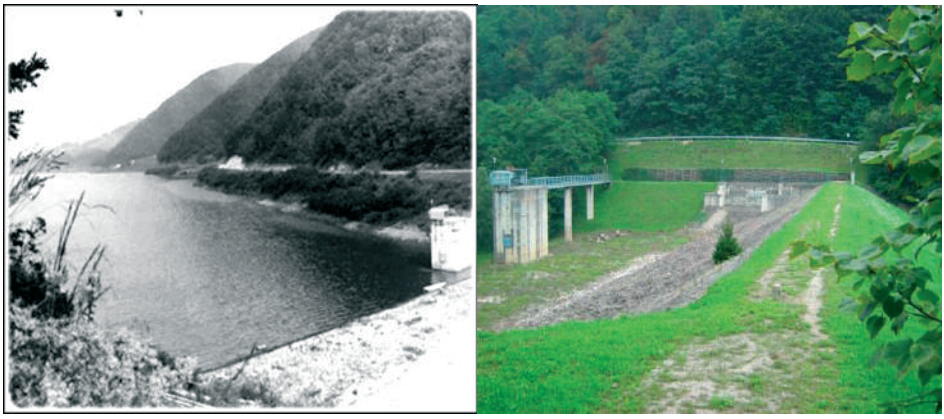
Rijeka Sutla formira granicu između Republike Slovenije i Republike Hrvatske. Veličina sliva rijeke Sutle je gotovo 600 km^2. Akumulacija Vonarje/Sutlansko jezero, volumena 12.4 milijuna m3, napunjena je 1980. godine. Cilj izgradnje akumulacije bilo je osiguranje vode za javni vodoopskrbni sustav za hrvatska i slovenska naselja, navodnjavanje poljoprivrednih površina, uz istovremeno retenciranje vode u svrhu zaštite od poplava nizvodnih područja. Ubrzo nakon punjenja, akumulacija je eutrofizirala (Ćosić-Flajsig i Karleuša, 2014).



Slika 1. Riječni sliv Sutle. Desni dio (zapadni) riječnog sliva je slovenski. Lijevi dio (istočni) riječnog sliva je hrvatski

Osim toga, ekstremni problemi vezani uz kakvoću vode ustanovljeni su ne samo u jezeru već i u nizvodnom dijelu rijeke. Problem visokog rizika za ljude i okoliš uspješno je riješen, u nedostatku boljih remedijacijskih mjera, pražnjenjem akumulacije 1988. godine. Akumulacija sada funkcionira samo kao suha retencija za zaštitu od poplava jer voda kontinuirano istječe kroz temeljni ispust (Slika 3). Močvarni ekosustav razvijen je u dnu prirodne retencije. To je bio ključan razlog da se područje akumulacije, kao i cijela rijeka Sutla, proglasi područjima NATURA-e 2000 (Ćosić-Flajsig i Karleuša, 2014).

Masovno cvjetanje planktonskih algi, a neke od njih su bile toksične, pojavilo se u trenucima značajne eurofikacije jezera. Kod raspadanja algi, kisik u vodi je potrošen, pridnene životinje uginule, a ribe su uginule ili napustile ugroženo područje. Voda je postala neupotrebljiva za korištenje voda. Pretpostavlja se da je eutrofikaciju uzrokovao prekomjerni unos nutrijenata. Glavni izvor onečišćenja dušikom je otjecaj sa poljoprivrednih površina, dok većina onečišćenja fosfora dolazi iz kućanstava i industrije (Ćosić-Flajsig i Karleuša, 2014).



Slika 2. Sutlansko jezero nekada i sada

3. KORIŠTENJE PROBLEMSKI-ORJENTIRANOG PRISTUPA - DPSIR PRISTUPA

U radu će se ukratko prikazati primjena problemski orijentirani DPSIR pristupa (D-Driving Forces-Pokretači; P-Pressure-Pritisci; I-Impact-Utjecaj; S-State-Stanje; R-Responsible-Nadležnost i Mjere) na ruralni riječni sliv Na primjeru ruralnog riječnog sliva Sutle, moguće je napraviti preliminarnu analizu i odabir prikladnog matematičkog modela procjene utjecaja na vodna tijela, te osigurati procjenu utjecaja kao ideje u sljedeća četiri koraka:

- opis *Pokretača:* posebno korištenje zemljišta, razvitak urbanih područja, industrije, poljoprivrede i ostalih aktivnosti koje vode pritisku, bez uzimanja u obzir njihovog trenutačnog utjecaja;
- identifikacija *Pritisaka* sa mogućim utjecajima na vodno tijelo i korištenje voda, uzimajući u obzir veličinu pritisaka i osjetljivost vodnih tijela;
- procjena *Utjecaja* koji proizlaze iz pritisaka; te
- unaprjeđenje *Rizika* ne postizanja ciljeva (Ćosić-Flajsig i Karleuša, 2014).

Provedba analize pritisaka i utjecaja većinom prognozira razvoj pritisaka, prvenstveno do 2015. godine u kojoj je obveza postizanja dobrog stanja voda, na način da će vodno tijelo biti pod rizikom ne postizanja ekološkog dobrog stanja ukoliko prikladni programi mjera nisu dobro izrađeni i primijenjeni. Nadalje je nejasna procjena rizika nepostizanja dobrog stanja voda u praksi. Određena pojašnjenja mogu se izraditi temeljem identifikacije značajnih uzlaznih trendova Pokretača/Pritisaka u riječnom slivu.

Temeljem europskih i međunarodnih iskustava vezanih uz upravljanje ruralnim područjima, korištenje DPSIR pristupa uzimajući u obzir načelo održivosti kroz niz indikatora i indeksa na primjeru sliva rijeke Sutle, može se dobiti važne informacije vezane uz mehanizme utjecaja onečišćenja na stanje voda i razloge eutrofikacije i organskog onečišćenja u području riječnog sliva Sutle, kao i mogućnost njihova prognoziranje.
Pokretači su ljudske aktivnosti koje vrše pritisak na okoliš, i to: a) prekomjerna uporaba okolišnih resursa, b) promjene korištenje zemljišta, i c) direktne ili indirektne emisije. Oni mogu postati opasnost za ljudsko zdravlje i promjenu prirodnog stanja okoliša (zrak, voda, tlo, biološka raznolikost), a promjene stanja okoliša određuju kakvoću ekosustava, ljudsko zdravlje i socijalno stanje društva i blagostanje/dobar život (eng. well-being). DPSIR okvir može biti korišten kao analitički alat za procjenu i modeliranje problema vezanih uz vode.
U slivu rijeke Sutle poljoprivreda je značajan Pokretač u smislu ekološkog stanja voda, onečišćenja voda nutrijentima, organskim onečišćenjem i opasnim tvarima. Brane i akumulacije, kao što je u slučaju rijeke Sutle, uzrokuju hidromorfološke promjene i pritiske na riječni ekosustav i eventualno pogoršanje ekološkog stanja voda. Intenziviranje urbanizacije, industrijskih i socio-ekonomski-financijskih aktivnosti, povećava zahtjeve za korištenjem voda, posebno za vodoopskrbu i navodnjavanje. Urbanizacija je identificirana kao Pokretač koji povećava zahtjeve za korištenjem voda, vodoopskrba i navodnjavanje kao Pritisak. Posljedica može biti loše ekološko stanje voda uslijed protoka u rijeci manjih od ekološki prihvatljivog protoka (Ćosić-Flajsig i Karleuša, 2014).

4. MODELI RIJEČNOG SLIVA ZA PROCJENU UTJECAJA NA VODNO TIJELO

U radu Ćosić-Flajsig i Karleuša (2014) predlažu inovativni pristup koji uključuje: procjenu utjecaja na vodno tijelo, procjenu rizika nepostizanja dobrog stanja voda, i optimizaciju raspoloživih mjera (strukturnih i nestrukturnih mjera) i korištenje prikladnih matematičkih modela koji mogu pomoći u odgovoru na navedene zahtjeve.
Obzirom na mogućnosti holističke interpretacije riječnog sliva i prezentacije komponenti hidrološkog ciklusa, korištenje modela riječnog sliva široko je rasprostranjeno. Od velike grupe modela riječnog sliva, mali broj modela je javno dostupan i prikladan za korištenje za ruralne riječne slivove. Danas je teško razmišljati o problemima utjecaja na okoliš i upravljanja vodama ukoliko rješenja ne uključuju korištenje različitih vrsta matematičkih modela riječnog sliva. Oni su postali glavno oruđe u rješavanju širokog spektra problema planiranja i upravljanja vodama, koje uključuju i utjecaj klimatskih promjena na vode.
Današnja generacija modela riječnog sliva vrlo je raznolika, posebno u odnosu na potrebu korištenja sofisticiranih podataka i računalnih zahtjeva vezanih uz njih. Poznavanje raspodjele vode u vremenu i prostoru zahtijeva integraciju modela riječnog sliva s modelima koji pokušavaju integrirati znanost o atmosferi s hidrologijom, vodni ekosustav, okolišne komponente, biološki sustavi, geokemiju, itd. Unatoč tome, mnogi modeli nisu "prijateljski" za korištenje, niti su ugrađeni u socijalni i okolišni sustav (Ćosić-Flajsig i Karleuša, 2014).
Iznimna je važnost podataka koji se koriste pri modeliranju, pa se sustav podataka ispituje obzirom na homogenost, pogreške i točnost, a pohrana, rukovanje, dohvat, obrada, upravljanje, analiziranje i manipulacija podataka su važna pitanja u obradi podataka.

Geografski informacijski sustav (GIS), sustavi za upravljanje bazama podataka data (engl.: data base management systems - DBMS), i alati grafičkog i vizualnog dizajna postaju nužni za obradu velikih količina podataka. Oni su integrirani s hidrologijom riječnog sliva i služe za projektiranje, kalibraciju, modifikaciju, unaprjeđenje i uspoređivanje hidroloških modela. Korištenje GIS-a dozvoljava podjelu riječnog sliva prema hidrološki homogenim podpodručjima na horizontalne i vertikalne domene. S GIS-om je moguće prikazati gubitak tla, identificirati potencijalna područja raspršenih izvora poljoprivrednog onečišćenja, izrada karata ranjivosti podzemnih voda, a poboljšana je i mogućnost uključivanja prostornih detalja.

Analize modela riječnog sliva uključuju: analize scenarija, primjenu kvantifikacije alata u različitim uvjetima, kalibraciju i validaciju modela što predstavlja unaprijeđenije sustava modeliranja sliva. Najvažniji rezultati rada Ćosić-Flajsig i Karleuša (2014), u odnosu na usporedne procedure korištenja modela koje se bave analizom primjene modela za različite aspekte korištenja i različite scenarije, prikazani su u nastavku.

Sve je veća potreba za korištenjem modela koji uključuju poljoprivredu s mogućnošću izrade scenarija upravljanja zemljištem u odnosu na otjecaj nutrijenata u površinske vode (Schoumans i Silgram, 2003). Radi osiguranja priklanog alata za krajnje korisnike, Europska Komisija je financijski potpomogla EUROHARP projekt (Schoumans i Silgram, 2003), koji je imao zadatak harmonizacije i postizanja transparentnosti postojećih projekata koji se koriste prilikom procjene nutrijenata iz raspršenih izvora onečišćenja. EUROHARP projekt uključio rad 22 istraživačka instituta iz 17 europskih država (2002-2005), a uspoređivao je devet različitih modela riječnog sliva sa naglaskom na raspršene izvore onečišćenja iz poljoprivrede. EUROHARP-ova studija pokazuje da modelari još uvijek nisu sposobni da predlože samo jedan, najbolji model za sve riječne slivove u Europi, zbog toga što je kvaliteta modela utemeljena na ulaznim podacima, kao i na kvaliteti modelara. Temeljem rezultata projekta, među prva tri najbolja modela pogodna za sve vrste izrade scenarija izdvojeni su sljedeći matematički modeli: Soil and Water Assessment Tool (SWAT), Nutrient Losses on CATchment scale (NL-CAT) i Transport - Retention - Source Apportionment: Pollution Loads to the Sea (TRK-N). Pri tome za modeliranje eutrofikacije pogodni su samo SWAT i TRK. Istaknuto je da Model NL-CAT nije testiran van Nizozemske, te daje za TRK model potrebna vrlo visoka razina vještina za njegovu primjenu. Temeljem analize zaključaka EUROHARP-a i pilot projekata riječnog sliva na kojima su testirani različiti modeli u sklopu projekta, zaključeno je da je za male ruralne slivove, s velikim utjecajem poljoprivrede, SWAT najprikladniji model. Obzirom na otvorenost zajednice istraživača i modelara koji koriste SWAT model, kao i različitih oblika kontinuirane edukacije korištenja SWAT-a, očekuje se širenje broja korisnika i unaprjeđenja modela.

Prema definiranim kriterijima najveću mogućnost primjene za hrvatske ruralne riječne slivove imaju SWAT i NL-CAT (Schoumans i Silgram, 2003). SWAT model, kao pod-model od Automated Geospatial Watershed Assessment Tool (AGWA) sistem i Better Assessment Science Integrating point & non-point Sources (BASINS) sistem, najčešće su korišteni modeli za ruralna područja. To su najprikladniji modeli za izračun ukupne maksimalne dnevne masene koncentracije (tereta) (engl. Total Maximum Daily Load - TMDL) i simulacije primjene različitih mjera, uključujući najbolje upravljačke prakse (engl. Best management Practice –BMP).

SWAT je uspješno primijenjen za riječne slivove različitih država, a sve je publicirano i dostupno javnosti (Edsel i drugi, 2011). SWAT model je fizikalno utemeljen, deterministički model, simulacijski model riječnog sliva koji je napravljen i unaprjeđen od strane United States Department of Agriculture (USDA) Agricultural Research Service (Douglas-Mankin, 2010). Model je uznapredovao od brojnih individualnih modela kroz razdoblje od preko 30-tak godina, testiran za široki raspon regija, uvjeta, prakse. Gassman i drugi (2007), objedinili su više od 250 referenciranih radova objavljenih u časopisima znanstvenike koji koriste SWAT širom svijeta. Unaprijeđenije dnevnog, mjesečnog, ukupnog protoka i izlaznog onečišćenja ukazuje na to da SWAT vrlo dobro funkcionira u različitim riječnim slivovima. Pregled potencijalnih prednosti i slabosti modela SWAT daje u Tablici 1.

Tablica 1: Pregled potencijalnih prednosti i nedostataka modela SWAT (Schoumans i Silgram, 2003)

Model riječnog sliva	Prednosti	Slabosti
SWAT	- Model u potpunosti opisuje cikluse N I P i stanja voda - Kontinuirano u vremenu i pogodan za simuliranja dugog vremenskog razdoblja za analizu scenarija npr. klimatske promjene. - Omogućuje utjecaj točkastih izvora koji može biti modeliran - Široka upotreba u Europi i svijetu - Računski učinkovit rad na velikim slivovima u razumnom vremenu - Raspoloživo za ESRI ArcView (Windows NT/2K) i GRASS (Unix) GIS - Osigurava fleksibilnu konfiguraciju riječnog sliva (nemjerljiv broj podslivova) - Vrlo kooperativna korisnička mreža	- Simulacija rasta šume je siromašna - Simulacija P je nešto jednostavnija - Hidrološke upravljačke jedinice nisu georeferencirane unutar podsliva - Zahtijeva opsežne ulazne podatke

SWAT se počeo više koristiti kod izrade planova upravljanja kakvoćom vode riječnih slivova s povećanjem sofisticiranog onečišćenja. Modelari su ukazali na važnost vremenski i prostorno točnih ulaznih podataka, kao što su oborine i korištenje zemljišta. Ne postoje studije, prema raspoloživoj literaturu, koji povezuju SWAT hidrologiju i rezultate kakvoće voda, te njihov utjecaj na uslugu ekosustava. S ove točke gledišta, postoji potreba za integracijom SWAT-a i ostalih modela riječnog sliva s klimatskim, ekološkim, i socio-ekonomskim modelima radi boljeg prikazivanja utjecaja upravljanja krajobrazom i društva (Gassman i drugi, 2007). Model je poludistribuiran, složen, konceptualni, hidrološki, u trenutku formiranja, fizički postavljen i računski učinkovit, koristi brzi pristup ulaznih podataka i omogućuje korisniku proučavanje dugoročnih učinaka.

Jezgra SWAT modela razvijena je u ranim 90-ih, temeljem 30 godišnjeg iskustva u modeliranju, a potekao je iz Ministarstva poljoprivrede Sjedinjenih Američkih Država (USDA). Model je nastao spajanjem triju postojećih modela (CREAMS, EPIC, GLEAMS), a u početku je nazvan SWRRB, kasnije nadograđen i preimenovan u SWAT. Model funkcionira na razini riječnog sliva, s ciljem upravljanja zemljištem radi smanjenja utjecaja onečišćenja na stanje voda uslijed iznosa sedimenta i poljoprivrednih kemijskih tvari (dušik, fosfor, pesticidi). Glavni parametri modela su hidrologija, vrijeme, parametri tla, rast biljaka, hranjive tvari, pesticidi i uzgoj tla. ArcSWAT i ArcGIS su produžetak grafičkog sučelja za svakog korisnika SWAT model (Arnold i drugi, 1998). Sučelje zahtijeva podatke o: korištenju zemljišta, pedologiji, vremenu, podzemnim vodama, korištenju voda, obradi tla, kemiji tla, podatke o kakvoći voda jezera i rijeka, te podatke o

duljini simulacije, a sve navedeno omogućava učinkovito modeliranje. APEX je program koji je nadogradnja SWAT-u u ekonomskom smislu (Glavan i Pintar, 2012). Vezano uz rezultate znanstvenog istraživanja na riječnim slivovima Reke i Dragonje, malim ruralnim prekograničnim riječnim slivovima između Hrvatske i Slovenije kao što je sliv rijeke Sutle, SWAT model riječnog sliva je pokazao dobru primjenjivost uz modeliranje hidrologije heterogenih slivova i rijeka (Glavan i Pintar, 2012).
SWAT model, u poljsko-norveškoj suradnji, korišten je za modeliranje unosa nitrata u površinske vode uslijed oborinskog otjecaja malih ruralnih slivova, te modeliranja zaštitnih zona uz vodotoke (engl. buffer zone) (Szmarinska i drugi, 2009).
Jedna od prednosti korištenja SWAT modela je i povezivanje s drugim različitim modelima, kao što su: modeli dodatne procjene podataka vezanih uz okoliš, drugi modeli riječnog sliva koji se odnose na kakvoću voda i ekosustav, te modeliranje korištenja ekosustava. Kroz integralni okvir modeliranja koji uključuje različite modele, omogućena je simulacija različitih rješenja, kalibracija i validacija modela, te optimizacija i vizualizacija optimalnog rješenja (Johnston i drugi, 2011).

ZAKLJUČAK

Problemski orijentiran pristup Okvirnoj direktivi o vodama EU-a i metodološki pristup procjeni rizika ne postizanja dobrog ekološkog stanja, DPSIR pristup je početna točka rješavanja problema eutrofikacije. Procjena utjecaja na vodno tijelo može biti napravljena korištenjem matematičkih modela sliva.
U odnosu na problem malih, ruralnih riječnih slivova, na primjeru sliva rijeke Sutle, analizirana je mogućnost procjene utjecaja na vodno tijelo i procjenu rizika ne postizanja dobrog stanja voda. Sukladno preliminarnim analizama raspoloživih komercijalnih modela, prikazanih u ovome radu, može se zaključiti da svi modeli ne mogu dati sve odgovore na pitanja vezana uz uspješno upravljanje kakvoćom voda riječnog sliva. Temeljem provedenih analiza modela i analiza rezultata dostupnih u literature, može se zaključiti da svaki model riječnog sliva ima svoja ograničenja.
Za mali, ruralni, poljoprivredni sliv rijeke Sutle, procijenjeno je da je SWAT model riječnog sliva primjenjiv za probleme hidrologije, korištenja zemljišta, onečišćenja nutrijentima - točkastih izvora onečišćenja i raspršenih izvora onečišćenja, itd. Prednosti SWAT modela riječnog sliva je mogućnost GIS prezentacije, izrada ekonomskih analiza i korištenje vrlo kooperativne mreže korisnika. Za ostale probleme vezane uz sliv rijeke Sutle, korištenje prirodne retencije, očuvanje lokaliteta NATURA 2000 i korištenje usluga ekosustava (engl. ecosystem service), model riječnog sliva treba biti adaptiran i unaprjeđen u skladu sa specifičnim potrebama, odnosno mogu biti korišteni neki drugi modeli.

LITERATURA

[1] Ćosić-Flajsig G., Karleuša B., (2014): *An Approach to Water Quality Management in Rural Areas*, International Conference People, Building and Environment (PBE 2014), Kromeriž, Czech Republic http://www.fce.vutbr.cz/ekr/pbe/

[2] Schoumans O.F., Silgram M., (2003): *Review and Literature Evaluation of Quantification Tools for the Assessment of Nutrient Losses at Catchment Scale,* EURO-

HARP 1-2003

[3] Moriasi D.N., Wilson B.., Douglas-Mankin K.R., Rnold J.gG, Gowda P.H., (2012): *Hydrologic and Water Quality Models: Use, Calibration, and Validation,* American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 2151-0032, Vol. 55(4): 1241-1247

[4] Douglas-Mankin K.R., (2010): *Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Model; Current Development and application,* American Society of Agricultural and Biological Engineers, ISSN 2151-0032, Vol: 53(5) 1423-1431

[5] Gassman et. al., (2007): *The Soil and Water Assessment Tool: Historical development, applications, and future research directions*, trans. ASABE, 53(3):711-740

[6] Glavan M. and Pintar M., (2012): *Modelling of Surface Water Quality by Catchment Model SWAT, Studies on Water Management Issues*, ISBN 978-953-307-961-5, Publisher: In Tech, www.intechopen.com

[7] Szmarinska K. et.al,(2009): *Application SWAT Model to Small Agricultural Catchment in Poland,* 2009 International SWAT Conference*,* Colorado, USA, 163-170

[8] Johnston J.M. et. al., (2011): *An integrated modelling framework for performing environmental assessments: Application to ecosystem services in the Albemarle-Pamlico basins (NC and VA, USA),* Ecological Modelling 222, 2471-2484

AUTORI

mr.sc. Gorana Ćosić-Flajsig [a]
izv.prof.dr.sc. Barbara Karleuša [b]

[a] Tehničko veleučilište u Zagrebu, Graditeljski odjel, Av.V. Holjevca 15, Hrvatska, gcflajsig@tvz.hr

[b] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Radmile Matejčić 3, Hrvatska, barbara.karleusa@gradri.uniri.hr

R 1.21.

PROMJENA RAZINE I KAKVOĆE PLITKIH PODZEMNIH VODA OPAŽANIH NA POKUSNOM KANALU

Tamara Dadić, Lidija Tadić

SAŽETAK: Iako vegetacija ima važnu ulogu u formiranju gornjeg vertikalnog profila tla, tek se u posljednjih dvadesetak godina počelo istraživati njeno značenje. Razlog leži u tome što su se zasebno promatrale podzemne vode, površinske vode i vegetacija. Međudjelovanje vegetacije i podzemne vode moguće je samo u podpovršinskim slojevima tla, odnosno, najviše do dubine 3 metra. Razlog tome je što se do te dubine širi korijenska zona biljaka, a da bi do međudjelovanja došlo, kontakt vode i korijenja biljaka mora biti ostvaren. Melioracijski kanali predstavljaju idealno mjesto za analizu međusobnog utjecaja tih parametara. Vegetacija u melioracijskim kanalima, u koje dospijeva voda s poljoprivrednih površina doprinosi poboljšanju kakvoće vode. Vegetacija u kanalima povećava i otpor strujanju i utječe na smanjenje brzine i protočne sposobnosti kanala. U radu će se prikazati opterećenje plitkih podzemnih voda nutrijentima koji dospijevaju u tlo procjeđivanjem oko pokusnog kanala koji je smješten u Osječko-baranjskoj županiji. Osim koncentracija nutrijenata, bit će prikazane i razine plitkih podzemnih voda koje su opažene pomoću devet piezometara na pokusnom kanalu u razdoblju od lipnja do prosinca 2014. godine. Oscilacija razina plitkih podzemnih voda, izmjerenih u otvorenom vodonosniku sa slobodnom vodom, usporedit će se s količinom oborina na promatranom području.

KLJUČNE RIJEČI: vegetacija, kanal, kakvoća plitkih podzemnih voda, razina plitkih podzemnih voda, oborine

FLUCTUATION OF LEVELS AND QUALITY OF SHALLOW GROUNDWATER OBSERVED NEAR A DRAINAGE CANAL

SUMMARY: Although vegetation plays an important role in the formation of the upper vertical soil profile, research of its significance has begun only twenty years ago. The reason is A separate analysis of groundwater, surface water and vegetation. The interaction between vegetation and groundwater is possible only in the subsurface soil layer, at the maximum depth of up to 3 meters. The plant root zone of plants spreads by that depth, and for interactions to occur, the contact of water and roots of the plants in the soil must be achieved. Drainage canals are an ideal place to analyze the mutual interaction of these parameters because they collect water from the surrounding agricultural fields. Vegeta-

tion in the canals contributes to the improvement of water quality by absorbing nutrients from water. Vegetation in the canals increases flow resistance and tends to decrease velocity and flow capacity of the canals. In this paper, concentrations of nutrients in shallow groundwater near a drainage canal will be showed. The test canal is situated in Osijek-Baranja County. Besides concentrations of nutrients, the levels of shallow groundwater, which were observed by nine piezometers in the test canal in the period from June to December 2014, will be presented. The fluctuation of shallow groundwater will be compared with the amount of precipitation in the observed area.

KEY WORDS: vegetation, canal, quality of shallow groundwater, level of shallow groundwater, precipitation

1. UVOD

Kako bi se povećao urod uzgajanih poljoprivrednih kultura, na poljoprivredne parcele se primjenjuju velike količine gnojiva, čak od 55 do 303 kg/ha (Belić i drugi, 2007). Najčešće korištena gnojiva su ona na bazi dušika i fosfora. Njihovim razlaganjem, nastaju spojevi kao što su amonijak, nitrati, nitriti, dušik i fosfor. Predviđa se da 30% od ukupno korištenih količina biljka ne može apsorbirati i da se ta količina ispire zajedno s vodom kroz tlo (Belić i drugi, 2007; Filipović i drugi, 2013). Takva voda opterećena nutrijentima dolazi do detaljnih, parcelnih melioracijskih kanala IV reda, bilo površinskim ispiranjem ili procjeđivanjem kroz tlo. Takvi se kanali ulijevaju u veće, sabirne kanale, a oni u recipijente koji su najčešće prirodni vodotoci. Na taj način gnojiva predstavljaju potencijalno onečišćenje površinskih, ali i plitkih podzemnih voda do kojih se procjeđuju i to na širem području, a ne samo na parceli gdje su aplicirana. S toga je vrlo važno razmotriti načine sprječavanja njihova daljnjeg širenja i smanjenja koncentracija kako bi se ostvario što manji utjecaj na okoliš.

Kako je velika zona utjecaja spojeva kojih nastaju razlaganjem gnojiva, pogotovo u slabo propusnim tlima, vrlo su važne njihove karakteristike, kao i utjecaj na ljude i okoliš. Među gore navedenim spojevima posebno se ističu nitrati. Ako su tla bogata pozitivno nabijenim česticama gline, dolazi do njihova nakupljanja što može rezultirati denitrifikacijom i otplinjavanjem. Predstavljaju stabilan spoj zbog čega su postojani u tlu i vodi. Nastaju procesima razlaganja dušika i njegovih spojeva. Najznačajni procesi koji utječu na koncentraciju nitrata su nitrifikacija i denitrifikacija koji predstavljaju biološku oksidaciju amonijevih iona do nitrita, a zatim i nitrata te njihovu redukciju u plinovite oblike (Filipović i drugi, 2013).

Sam pronos nitrata kao onečešćenja vrši se kroz dva procesa: advekciju i disperziju. Advekcija predstavlja pronos onečišćenja kretanjem volumena podzemne vode koje se opisuje Darcy-jevim zakonom (Rolle i drugi, 2011; Jović, 2006), a disperzija širenje oblaka zagađenja što uzrokuje njegovo razrjeđenje, ali i širu zonu utjecaja nego kod advekcije. Na hidrodinamičku disperziju utječu molekularna difuzija i mehanička disperzija (Rolle i drugi, 2011; Delleur, 1999).

Nitrati, uz to što su postojan spoj sa širokim područjem pronosa, imaju negativne utjecaje i na ljude i na okoliš. Konzumiranje vode s povećanom koncetracijom nitrata uzrokuje kod djece i odraslih različite bolesti kao što su methemoglobinemija i rak, a uzrokuju u okolišu i eutrofikaciju površinskih voda (Hooda i drugi, 2000; Filipović i drugi, 2013).

2. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA KAKVOĆU VODE

Na koncentraciju nitrata, kao i ostalih onečišćivača, utječu brojni faktori. Neki od njih su (Filipović, 2012; Hooda i drugi, 2000): primjenjeno gnojivo, značajke tla i vodonosnih sustava, oborine, površinsko otjecanje, kretanje podzemnih voda te njihova interakcija s površinskim vodama, drenaža i sl. Vrlo je važno definirati parametre koji utječu na koncentraciju i ispiranje nitrata kako bi se moglo utjecati na njihovo smanjenje, odnosno kako bi se mogao smanjiti njihov utjecaj na okolinu.

Uz vrstu i količinu korištenog gnojiva, oborine imaju najveći utjecaj na promjenu koncentracije nitrata u podzemnim vodama. Provedena su brojna istraživanja o utjecaju oborina na nitrate (Hooda i drugi, 2000; Filipović, 2012). Porastom količine oborina, raste i koncentracija nitrata u podzemnoj vodi. No, taj se odnos mijenja pri pojavi ekstremnih oborina uslijed kojih se koncentracija nitrata smanjuje. To se događa zbog naglog povišenja razina podzemne vode pri čemu dolazi do razrjeđenja.

Odnos oborina i koncentracije nitrata ovisi i o godišnjem dobu. Korelacija između ta dva parametra je izraženija tijekom ljetnih mjeseci (Rutkoviene i drugi, 2005). Zaključak je proizašao uspoređivanjem srednjih mjesečnih vrijednosti oborina i koncentracije nitrata opažanih tijekom 5 godina, od 1998. do 2003. godine, na području središnje Litve. Isti izvor navodi i povezanost i između oborina, nitrata i temperature zraka koja je također izraženija tijekom ljetnog razdoblja.

Kako na koncentraciju nitrata uvelike utječu gnojiva, vrijeme njihova primjenjivanja na poljoprivredne parcele održava se na godišnju promjenu njihove koncentracije. Kada će se, i u kojoj količini što koristiti, ovisi o uzgajanim kulturama. Filipović (2012) u svom istraživanju navodi da su se najviše koncetracije na ispitivanom području pojavljivale tijekom jesensko-zimskog te proljetnog razdoblja što je je i odgovaralo dodanoj prihrani. Rutkoviene i drugi (2005) su, međutim, na najviše koncentracije naišli tijekom ljetnog razdoblja. Istraživanjima provedena na području Osječko-baranjske županije oko Donjeg Miholjca (Vidaček i drugi, 1999.), utvrđena je najveća koncentracija nitrata u podzemnim vodama u zimskom razdoblju kada nije bilo vegetacije. Ovi rezultati se razlikuju s obzirom na vrstu tla na kojem se provodilo istraživanje, kao i na udaljenost od poljoprivrednih područja.

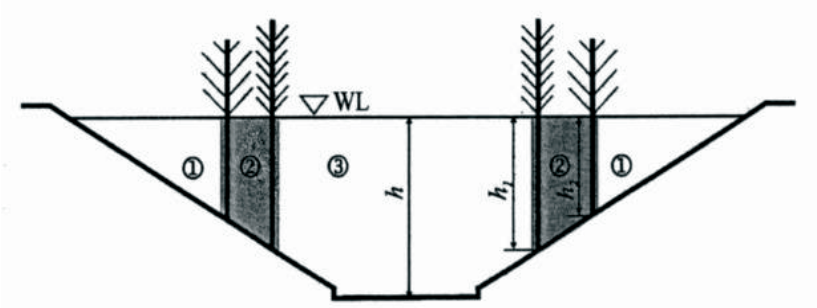
3. UTJECAJ VEGETACIJE U MELIORACIJSKIM KANALIMA

Dio vode s poljoprivrednih parcela dolazi do melioracijskih kanala koji služe za površinsku odvodnju bilo procjeđivanjem bilo površinskim otjecanjem. Vegetacija u melioracijskim kanalima koristi nutrijente iz vode za svoj rast i razvoj i pri tome smanjuje njihovu koncentraciju u vodi. Autohtona vegetacija u melioracijskim kanalima bi u tom slučaju imala ulogu pročišćivača kao što to ima u biljnim uređajima za pročišćavanje.

Što je razina podzemne vode bliže površini, to je i utjecaj vegetacije veći jer je veća interakcija korijenja i vode. Nakon što dođe do uvenuća biljaka, one razgradnjom dospijevaju u tlo i podzemnu vodu gdje ih koriste bakterije (Minessota Pollution Control Agency, 2013). Ta organska tvar ima značajan utjecaj na kemijske parametre podzemne vode (Dosskey i drugi, 2010). Znatno veći utjecaj na kvalitetu vode i uklanjanje nitrata ima drvenasta vegetacija od travnate.

Kako je već navedeno, vegetacija značajno utječe na kvalitetu vode, površinske pogotovo, ali i podzemne. Stoga postojanje vegetacije u melioracijskim kanalima, u koje dospijeva

voda s poljoprivrednih površina obogaćena fosforom i dušikom, doprinosi poboljšanju kakvoće vode. Ipak, ta vegetacija utječe i na hidrauličke karakteristike kanala čija osnovna funkcija ne smije biti ugrožena, a to je odvodnja viška vode do recipijenta (Dadić i drugi, 2013). Naime, vegetacija u kanalima povećava otpor strujanju i utječe na smanjenje brzine i protočnu sposobnost kanala. Utjecaj travnate vegetacije se može kvantificirati određivanjem hidraulički ekvivalentnog sloja trave (Rimkus i drugi, 2000). Isti je autor istražio i utjecaj drvenaste vegetacije na strujanje u kanalima (Rimkus i drugi, 2003). Proračun strujanja u takvim obraslim kanalima (slika 1) je znatno složeniji jer se svaki dio kanala proračunava posebno.



Slika1. Shematski prikaz različito obraslih područja u poprečnom presjeku melioracijskog kanala (Rimkus i drugi, 2003)

Na razvoj vegetacije u melioracijskim kanalima utječu klimatske prilike, količina vode koja dotječe s okolne površine i održavanje koje obavljaju nadležne osobe. Košnja kanala, prema Pravilniku o tehničkim, gospodarskim i drugim uvjetima za održavanje sustava melioracijske odvodnje (NN, 4/98), predviđena je jednom do dva puta godišnje od svibnja do listopada. Na slici 2 prikazana je dionica melioracijskog kanala prije i nakon košnje.



Slika 2. Kanal prije (lijevo, datum:16.6.2014.) i poslije košnje (desno, datum:1.7.2014.)

4. MJERENJA NA POKUSNOM KANALU

Kako bi se utvrdila oscilacija razine i kakvoće plitkih podzemnih voda, provode se terenska istraživanja na kanalu Pumpa Orlovnjak koji je smješten u okolici Osijeka (slika 3). Tlo se na predmetnoj lokaciji sastoji od jednakih udjela krupnog praha, praha i gline s malim primjesama krupnog i sitnog pijeska. Postavljeni su piezometri dubine 5 m (filteri od 2. do 5. metra) na bankine kanala uz koji se nalazi poljoprivredna parcela. Iz piezometara se uzimaju uzorci vode koji se analiziraju na nitrate, nitrite, dušik i fosfor. Pri svakom uzimanju uzoraka prati se stupanj vegetacije u kanalu i razina podzemne vode u piezometru.



Slika 3. Pokusni kanal Pumpa Orlovnjak (lijevo: situacija, desno: pedološki profil tla)

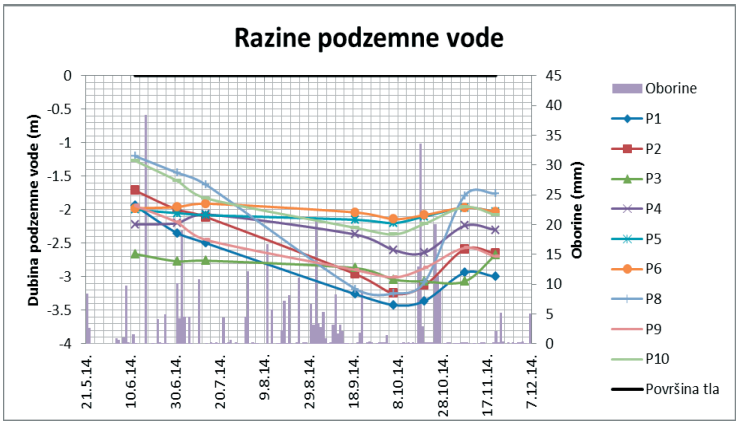
Dinamika mjerenja i uzimanje uzoraka podzemne vode iz piezometara ovisi o oborinama, i stupnju razvoja vegetacije u kanalima, ali se otprilike pratio interval od dva tjedna. Mjerenja su vršena od lipnja do prosinca 2014. godine.

Podatci o oborinama i temperaturama zraka za to razdoblje preuzete su s met. postaje smještene na Poljoprivrednom institutu Osijek koja se nalazi u blizini pokusnog kanala.

Unutar promatranog razdoblja, mjesec s najviše oborina je bio listopad (94,7 mm), a već studeni s najmanje (16,8 mm). Maksimalna dnevna oborina iznosi 38,4 mm (25. lipnja). Maksimalna srednja dnevna temperatura je bila 27,4 ˚C, također u lipnju, a najmanja u studenom. Studeni je i mjesec s najmanjom srednjom mjesečnom temperaturom (8,1 ˚C), a srpanj s najvećom (22,3 ˚C).

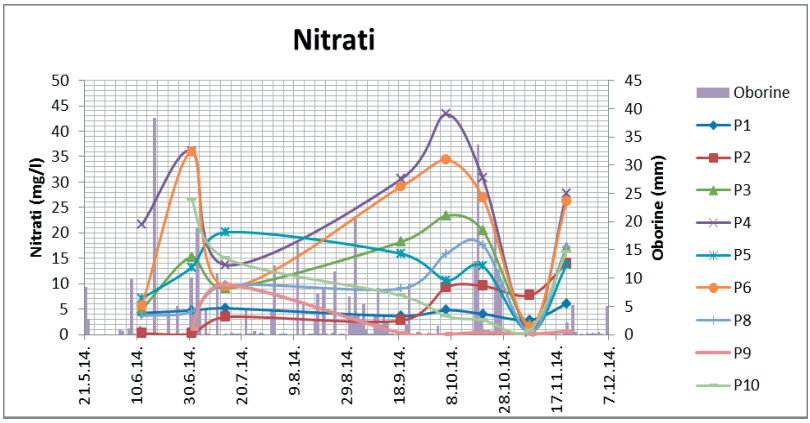
Najviše izmjerene razine podzemne vode su u 6 od 10 piezometara bile 12. lipnja, a u 2 piezometra 14. srpnja (slika 4). Sve najniže razine zabilježene su u listopadu. Detaljnijom analizom oborina utvrđeno je da samo je 2,2 mm palo prije mjerenja razina plitkih podzemnih voda.

Laboratorijska analiza uzoraka plitkih podzemnih voda pokazala je najveću koncentraciju nitrata na piezometru P4 6. listopada, a iznosila je 43,34 mg/l. S obzirom da dopuštena koncentracija prema Nitratnoj direktivi i Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN 47/2008) iznosi 50 mg/l, značajnija opterećenja plitkih podzemnih voda na promatranom pokusnom kanalu nisu zabilježena. Na 7 od 9 piezometara najniže vrijednosti nitrata zabilježene su u studenom, a na jednom (P9) u listopadu. Izdvaja se samo jedan piezometar (P2) s najmanjom vrijednošću od 0,18 mg/l u srpnju.



Slika 4. Izmjerene razine plitkih podzemnih voda s naznačenim oborinama

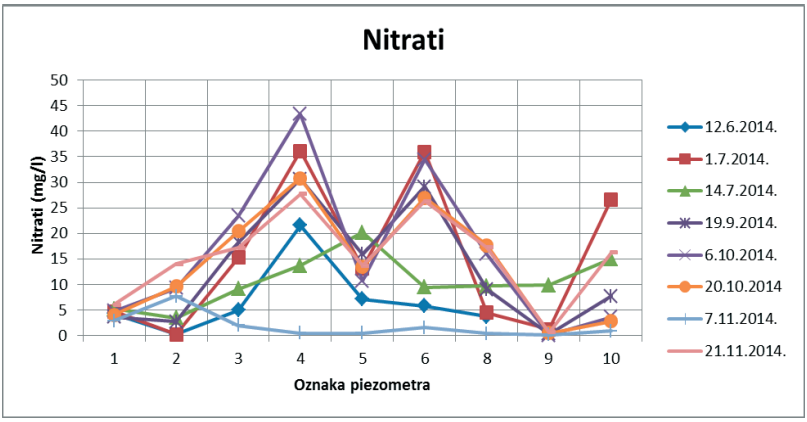
Utjecaj velikih količina oborina na koncentraciju nitrata u plitkim podzemnim vodama vidljiv je na slici 5.



Slika 5. Odnos koncentracija nitrata i oborina

Kako je već rečeno, na 7 do 9 piezometara najniže vrijednosti nitrata su zabilježene u studenom, a mjesec s najviše oborina je bio listopad kada je palo 94,7 mm oborina što je rezultiralo podizanjem nivoa podzemne vode i razrjeđenjem koncentracije nitrata početkom studenog.

Razlika u koncentracijama nitrata s obzirom na stupanj razvoja vegetacije na dan uzimanja uzoraka nije toliko izražena (slika 6), ali su svejedno te koncentracije dosta niske, pogotovo kada se uzme u obzir da su piezometri smješteni na sam rub poljoprivredne parcele na kojem se nalazi melioracijski kanal. U usporedbi s drugim istraživanjima provedenim na području Slavonije, gdje sadržaj nitrata često prelazi dopuštenu vrijednost 50 mg/l, a negdje i 100 mg/l (Vidaček i drugi, 1999; Filipović, 2012), ovdje su koncentracije znatno niže (0,04 - 43,34 mg/l), a uz to se radi o plitkim podzemnim vodama koje su i najizloženije.



Slika 6. Prostorna i vremenska promjena koncentracije nitrata

Iako su, osim nitrata, mjerene i koncentracije nitrita, ukupnog dušika i fosfora, ovdje nisu prikazane zbog opsega samog rada.

ZAKLJUČAK

Intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom, kao i potrebom za što većim prinosima, vrše se značajna opterećenja na podzemne vode, pogotovo one u gornjem horizontu tla koje su najizloženije s obzirom na poljoprivredne aktivnosti, ali i klimatske čimbenike. Razlaganjem gnojiva nastaju različiti spojevi od kojih se posebno ističu nitrati koji u povećanim koncentracijama mogu imati negativne posljedice na ljude ako konzumiraju vodu opterećenu nitratima, a i na okoliš zbog izazivanja eutrofikacije.

Brojni su faktori koji utječu na koncentraciju nitrata u podzemnim vodama. Neki od najznačajnijih su količina i vrsta korištenih gnojiva, oborine, tip tla, interakcija površinskih i podzemnih voda i sl. Vegetacija također utječe na parametre kakvoće vode jer apsorbira nutrijente iz vode za svoj rast i razvoj. Taj je utjecaj izraženiji što je korijenski sustav razvijeniji i što mu je bliža razina podzemne vode. Upravo zbog tog širokog raspona utjecaja, na području Osječko-baranjske županije. gdje je poljoprivredna aktivnost izrazito zastupljena, na pokusnoj dionici kanala, smještenog uz poljoprivrednu parcelu, provode se istraživanja koja se baziraju na mjerenju razine i kvalitete plitkih podzemnih voda.

Dosadašnja istraživanja su potvrdila odnos oborina i zabilježene koncentracije nitrata u uzorcima plitkih podzemnih voda pa ta koncentracija naglo opada poslije mjeseca s najvećom visinom oborina. Nijedna zabilježena koncentracija nitrata ne prelaze 50 mg/l što se može pripisati činjenici da su piezometri smješteni na bankini melioracijskog kanala koji ima izražen vegetacijski rast zbog povećane prisutnosti vode u odnosu na okolno područje.

Kako bi rezultati bili što mjerodavniji, potreban je dugi niz opažanja, kao i lokacija na kojima se opaža jer je problem povećane koncentracije dušika i njegovih spojeva u podzemnim vodama kompleksan i ima značajne posljedice i na okoliš i na ljude.

LITERATURA

[1] Belić S., Belić, A., Rajković, M., (2007): *Uticaj biljaka na očuvanje kvalitete vode u kanalima za odvodnjavanje*, Letopis naučnih radova, 31, 1, 90-97.

[2] Dadić, T., Tadić, L. (2013): *Hydraulic aspect of vegetation growth in the canal*, Thirteen International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering, (Urednici: Šoltész, A.; Baroková, D.; Orfánus, M.; Holubec, M.), Slovak University of Technology in Bratislava, Slovakia.

[3] Delleur, J.W., (1999): *The Handbook of Groundwater Engineering*, Boca Raton, U.S.A.: CRC Press LLC.

[4] Dosskey, M. G., Vidon, P., Gurwick, N.P., Allan, C.J., Duval, T.P., Lowrance R., (2010): *The role of riparion vegetation in protecting and improving chemical water quality in streams*, Journal of the American Water Resources Association, DOI: 10.1111/j.1752-1688.2010.00419.x, 1-18.

[5] Filipović, V., (2012): *Primjena numeričkog modeliranja u procjeni kretanja vode i koncentracije nitrata u uvjetima hidromorfnih tala,* doktorska disertacija, Agronomski fakultet, Zagreb, 2012.

[6] Filipović, V., Petošić D., Nakić, Z., (2013): *Prisutnost nitrata u podzemnim vodama; izvori i procesi*, Hrvatske vode, 21(2013), 84, 119-128.

[7] Jović, V., (2006), *Osnove hidromehanike*, Zagreb: Element.

[8] Minessota Pollution Control Agency (2002): *Vegetative buffers for protecting and improving groun water quality*, URL: http://www.pca.state.mn.us/index.php/view-document.html?gid=6365 (7. 5. 2013.)

[9] NN (1998): *Pravilnik o tehničkim, gospodarskim i drugim uvjetima za uređenje sustava melioracijske odvodnje, te osnovama za tehničko i gospodarsko održavanje sustava*, Narodne novine, broj 4/98.

[10] NN (2008): *Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće*, Narodne novine, broj 47/2008.

[11] Rimkus, A. (2000): *Conveyance calculation for channels overgrown with grass by applying hydraulic equivalent thickness of grass layer*, Journal of Water and Land Development, 4, 123-135.

[12] Rimkus, A., Lamsodis, R., Vaikasas S., (2003): *Naturalization of Drainage Channels in Lithuania and Possibilities of Their Maintenance as Water Recipients*, Nordic Hydrology, 34, 5, 493-506.

[13] Rolle, M., Maier, U., Grathwohl, P., (2011): *Chapter 19: Contaminant Fate and Reactive Transport in Groundwater*, Springer Science+Business Media B.V., 852-882.

[14] Rutkoviene, V., Kusta, A., Česoniene, L., (2005): *Environmental Imapct on Nitrate Levels in the Water of Shallow Wells*, Polish Journal of Environmental Studies, 14, 5, 631-637.

[15] Vidaček, Ž., Sraka, M., Čoga, L., Mihelić, A., (1999): *Nitrati, teški metali i herbicidi u tlu i vodama sliva Karašica-Vučica*, Poljoprivredna znanstvena smotra, 64, 2, 143-150.

AUTORI

Tamara Dadić, mag.ing.aedif. [a]
prof.dr.sc. Lidija Tadić, dipl.ing.građ. [a]

[a] Građevinski fakultet Osijek, Crkvena 21, 31000 Osijek, Hrvatska, tamaradadic@gfos.hr; ltadic@gfos.hr;

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.22.

UTJECAJ TEMPERATURE ZRAKA NA KAKVOĆU VODE RIJEKE DRAVE

Tatjana Mijušković-Svetinović, Marija Šperac, Josipa Matotek

SAŽETAK: Praćenje kakvoće vode ima za cilj ocjenu opće ekološke funkcije voda, te utvrđivanje uvjeta korištenja za pojedine namjene. Posljednje desetljeće tema stručnih i znanstvenih rasprava i istraživanja su klimatske promjene koje značajno utječu na sva područja života. Jedan od vidljivih pokazatelja klimatskih promjena je temperatura zraka. Manje vidljiv pokazatelj klimatskih promjena je promjena pojedinih pokazatelja kakvoće vode površinskih tokova. To se prvenstveno odnosi na temperaturu vode i otopljeni kisik, pokazatelje koji su od izuzetne važnosti za opstanak riba i drugih živih organizama u vodi. Oni direktno utječu na fizikalne, biološke i kemijske karakteristike vodotoka, kao i na život svih akvatičnih organizama. U ovom radu su analizirani i ocijenjeni pokazatelji kakvoće vode - temperatura vode i otopljeni kisik na mjernim postajama donjeg toka rijeke Drave, Donji Miholjac i Nemetin, za razdoblje od 1980. do 2010. godine. Također, analiza je upotpunjena s analizom utjecaja temperature zraka na odabrane pokazatelje kakvoće vode rijeke Drave. Analizirana je korelacija i regresija temperature zraka, temperature vode, otopljenog kisika i vodostaja.

KLJUČNE RIJEČI: Drava, vodostaj, temperatura zraka, temperatura vode, otopljeni kisik

EFFECT OF AIR TEMPERATURE ON THE DRAVA RIVER QUALITY

SUMMARY: The purpose of the water quality monitoring is the evaluating of the overall ecological function of water and determination of the conditions of its use for certain purposes. The topic of professional and scientific debate and research during the last decade is the climate change which significantly affects all walks of life. One of visible indicators of the climate change is air temperature. A less visible indicator of the climate change is a change of some surface water quality indicators, primarily water temperature and dissolved oxygen, which are indicators that are essential for survival of fish and other living organisms in water. They directly affect physical, biological and chemical characteristics of watercourses as well as lives of all aquatic organisms. In this paper, the flowing parameters of water quality are analyzed and evaluated: water temperature and dissolved oxygen at the measuring stations Donji Miholjac and Nemetin on the Lower Drava River for the period from 1980 to 2010. The analysis is complemented with an analysis of the impact of air temperature on selected indicators of the Drava water quality. In the paper,

the correlation and regression of air temperature, water temperature, dissolved oxygen and water levels are analyzed as well.

KEY WORDS: Drava River, water level, air temperature, water temperature, dissolved oxygen

1. UVOD

Od 1980-tih godina među znanstvenicima i donositeljima odluka raste svijest o klimatskim promjenama. S obzirom na to da klimatske promjene značajno utječu na sva područja života, posljednje desetljeće tema većine stručnih i znanstvenih rasprava i istraživanja upravo su klimatske promjene. Klimatske promjene postaju glavna briga za okoliš jer mogu dovesti do povećane godišnje varijacije u količini i kakvoći vode. Porast temperature površinskih voda (0,2 – 2 °C) zabilježena je još od 1960-ih godina u Europi, Sjevernoj Americi i Aziji, uglavnom zbog zagrijavanja atmosfere kao posljedica povećanja Sunčevog zračenja. Očekuje se da će klimatske promjene imati dalekosežne posljedice na riječne režime i njihove hidrauličke karakteristike, razine i brzine vode, raspodjelu poplava, promjene u plavljenim površinama, dostupnosti i povezivanju staništa.

Manje uočljiv pokazatelj klimatskih promjena je promjena pojedinih parametara kakvoće vode površinskih tokova. Veći intenziteti oborina i poplava mogu utjecati na kakvoću vode povećanjem opterećenja vodnih tokova suspendiranim tvarima, prinosima sedimenata, mikroorganizama (*E. coli*) i teških metala, kao rezultatom erozije tla i ispiranja slivnih površina. Klimatske promjene utječu na temperaturu vode i otopljeni kisik, pokazatelje koji su od izuzetne važnosti za opstanak riba i drugih živih organizama u vodi. Meteorološki pokazatelji koji utječu na temperaturu vode su temperatura zraka, neto Sunčevo zračenje, naoblaka, relativna vlažnost i brzina vjetra. Ostali pokazatelji koji utječu na temperaturu vodotoka su: protok, stopa priljeva podzemne vode i njena temperatura, toplinska provodljivost sedimenta, vjetar, oblačnost, te hlađenje, odnosno dotoci otpadnih voda. (Batti i drugi, 2013) Temperatura vode direktno utječe na fizikalne, biološke i kemijske karakteristike vodotoka, kao i na život svih akvatičnih organizama. Isto vrijedi i za otopljeni kisik koji u vodu dolazi difuzijom iz okolnog zraka, aeracijom ali i kao nusproizvod procesa fotosinteze.

Kakvoća vode je važna komponenta održivosti vodnih resursa i upravljanja okolišem. Ona predstavlja i mjeru sposobnosti vodnog tijela za doprinos društvu, kroz korištenja za različite namjene. Ako se temperatura nekog vodotoka poveća, posebno u kritičnim razdobljima godine, kakvoća vode će negativno utjecati na taj doprinos.

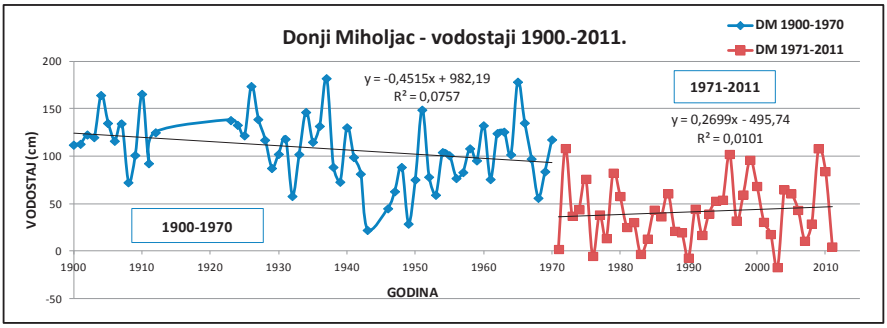
Glavni cilj ovog rada je ispitati povezanost između temperature okoline – zraka i pojedinih parametara kakvoće vode i to na primjeru rijeke Drave. U ovom radu provedena je statistička analiza povijesnih podataka temperatura zraka, kakvoće voda, za razdoblje od 1980. do 2010., (2014.) godine, prikupljenih na mjernim postajama rijeke Drave, Donjem Miholjcu i Nemetinu. Analizirana je regresija i korelacija temperature zraka, temperature vode, otopljenog kisika, zasićenosti kisika i vodostaja.

2. PROTOCI I VODOSTAJI RIJEKE DRAVE

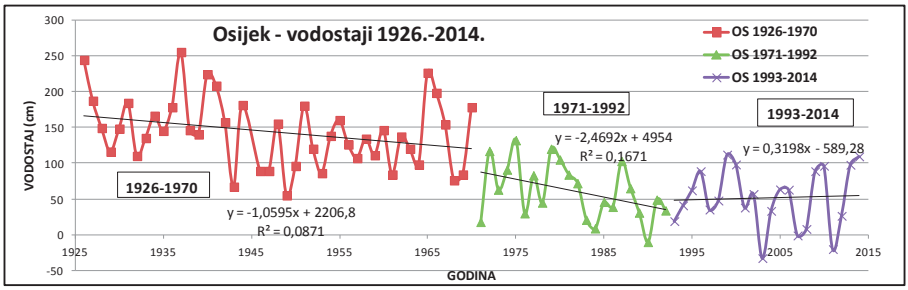
Klimatske promjene i/ili varijacije koje su prisutne u recentno doba imaju veliki utjecaj na vodne sustave. Taj se utjecaj naročito odražava na promjenama u vodnoj bilanci, kojima mogu biti ugroženi kako ekosustavi prirodnih vodnih sustava, tako i mogućnosti korištenja voda. U cijelom su Svijetu tijekom druge polovine dvadesetog stoljeća uočene pojave promjena hidrološkog režima. Hrvatsku također, osobito u posljednjih tridesetak godina, nisu zaobišli takvi zabrinjavajući procesi (Bonacci i drugi, 2008). Objašnjenje promjene hidrološkog režima mogu biti prirodni (promjena i/ili varijacija klime), ali i antropogeni utjecaji.

Primjer protoka rijeke Drave je potvrda karakterističnih hidroloških promjena koje su zahvatile vodotoke naše države. Analiza protoka na mjernoj postaji Donji Miholjac za razdoblje od 1926. do 2006. godine za dva podrazdoblja, uočeni su opadajući trendovi srednjih godišnjih protoka rijeke Drave, i to u podrazdoblju od 1971., odnosno 1981. godine. U Hrvatskoj se uočava i trend opadanja svih vrsta vodostaja. Posebno zabrinjavajuće je opadanje minimalnih godišnjih vodostaja. Male i srednje vode postaju sve manje (Drava, Sava), a velike vode postaju sve veće. Slični se trendovi javljaju gotovo na cijelom teritoriju i na većini vodotoka u Hrvatskoj (Bonacci i drugi, 2008).

Na Slikama 1 i 2 analizirani su srednji godišnji vodostaji rijeke Drave za mjerne postaje Donji Miholjac (1900.-2011.) i Osijek (1926.-2014.). Analizirani srednji godišnji vodostaji za razmatrana razdoblja imaju trend opadanja na obje mjerne postaje (jednadžba trenda za Donji Miholjac: $y = -1{,}0477x+133{,}38$ i $R^2 = 0{,}423$; za Nemetin: $y = -1{,}6682x+3386{,}4$ i $R^2 = 0{,}4873$). Zanimljivo je da postoji trend blagog porasta vodostaja za podrazdoblje od 1971. do 2011. na mjernoj postaji Donji Miholjac, dok za isto razdoblje na mjernoj postaji Osijek takav trend nije uočen. Trend porasta vodostaja na mjernoj postaji Osijek pojavljuje se tek od 1993. godine.



Slika 1. Vodostaj rijeke Drave - mjerna postaja Donji Miholjac za razdoblje 1900.-2011. g. s analizirana dva podrazdoblja 1900.-1970. g. i 1971.-2011. g.

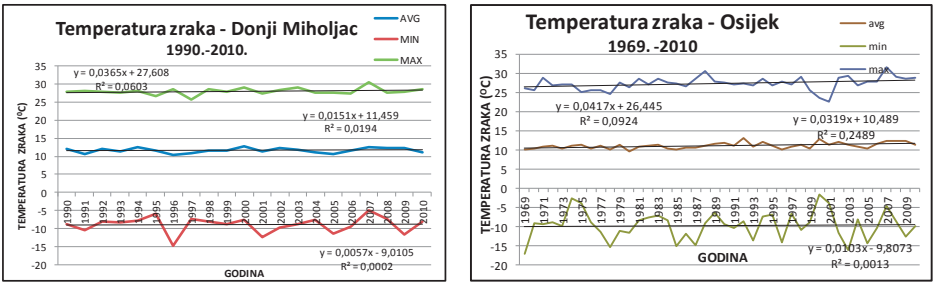


Slika 2. Vodostaj rijeke Drave na mjernoj postaji Osijek za razdoblje 1926. -2014.g. s analizirana tri podrazdoblja 1926.-1970. g.,1971.-1992. g. i 1993.-2011. g.

3. PROMJENA TEMPERATURA ZRAKA

Praćenje klimatskih pokazatelja, temperature zraka i količine oborina, na području Hrvatske provodi se na temelju dugoročnih meteoroloških mjerenja koja su započela još tijekom 19. stoljeća na meteorološkim postajama za pet različitih klimatskih regija. Ova mjerenja omogućuju dokumentiranje klimatskih promjena na teritoriju Hrvatske. Mjerna postaja Osijek (geografska dužina 45032', geografska širina 18044' i nadmorska visina 89 m.n.m.) reprezentira kontinentalno klimatsko područje. Srednje temperature zraka na mjernoj postaji Osijek, za razdoblje od 1899.-2008. godine, pokazuju trend porasta. Naročito je trend porasta izražen za podrazdoblje od 1988.–2008. godine. Srednja temperatura zraka za razmatrano razdoblje je 10,96 °C, minimalna srednja temperatura je 8,8 °C, a maksimalna srednja je 12,9°C (Gajić-Čapka i Cesarec, 2011). Meteorološka postaja Osijek je zabilježila porast prosječne temperature, koji je bio osobito izražen tijekom posljednjih dvadeset godina. U tom razdoblju zabilježeno je čak deset najtoplijih godina od početka mjerenja (Šimac i Vitale, 2012). Pretpostavlja se da je zatopljenje, uočeno u srednjim temperaturama zraka, posljedica promjena u učestalosti temperaturnih ekstrema.

Slika 3 pokazuje srednje temperature zraka, kao i apsolutne minimume i maksimume na mjernim postajama Donji Miholjac (razdoblje 1990. – 2010. g.) i Osijek (razdoblje 1969.-2010. g.). Mjerna postaja Osijek je za temperaturu zraka i vode uzeta kao reprezent mjerne postaje Nemetin. Mjesto Nemetin je prigradsko naselje grada Osijeka i mjesto gdje se ispuštaju otpadne vode grada Osijeka u rijeku Dravu. Podatci trenda pokazuju blagi porast temperatura zraka na obje postaje.



Slika 3. Temperature zraka na meteorološkoj postaji Donji Miholjac (razdoblje 1993.-2010. g.) i meteorološkoj postaji Osijek (razdoblje 1969.-2010. g.)

4. KAKVOĆA VODE RIJEKE DRAVE

4.1. Utjecaj parametara kakvoće vode

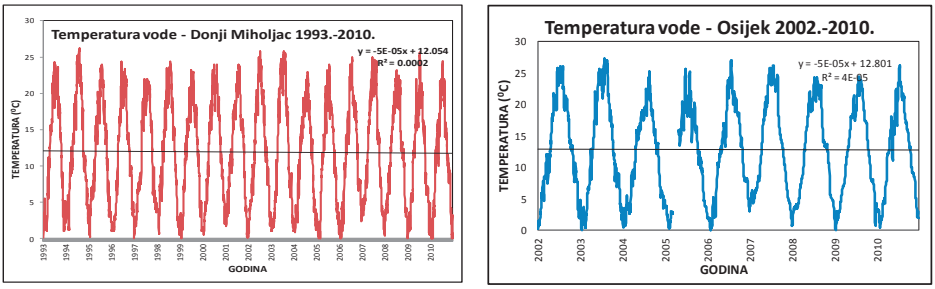
Temperatura vode je jedan od najvažnijih fizičkih karakteristika vodnih sustava i utječe na niz parametara kakvoće vode. Temperatura vode značajno utječe na kinetičke stope hranjivih transformacija. Brzina kemijskih reakcija povećava se s temperaturom. Temperatura značajno utječe na vremensku i prostornu raspodjelu aktivnosti mikroorganizama kao i život riba. Rast algi obično buja unutar određenog raspona temperature. Do porasta dolazi sve dok se ne dostigne određena temperatura. Kada je ona postignuta, daljnji porast temperature neće dovesti do porasta algi. Temperatura utječe na gustoću stupca vode, važnom čimbeniku u hidrodinamičkom optjecaju vode.

Otopljeni kisik je količina kisika otopljena u vodi, a koristi se kao mjera količine kisika koja je na raspolaganju za biokemijske aktivnosti u vodi. Otopljeni kisik je jedan od najvažnijih parametara kakvoće vode. Njegova povezanost s vodnim tijelom daje izravne i neizravne podatke o npr. bakterijskoj aktivnost, fotosintezi, dostupnosti hranjivih tvari, stratifikaciji itd. Tijekom ljetnog razdoblja, otopljeni kisik je smanjen zbog povećanja temperature, ali i zbog povećane aktivnosti mikroorganizama. Visoka koncentracija otopljenog kisika ljeti zbog povećanja temperature i trajanja Sunčeve svjetlosti utječe na postotak topljivih plinova (O_2 i CO_2). Tijekom ljeta su dani dugi pa se zbog intenzivnog Sunčevog zračenja ubrzava proces fotosinteze fitoplanktona, pomoću CO_2, a rezultat je kisik. To objašnjava veće količine O_2 zabilježene tijekom ljeta. Otopljeni kisik je osnovni uvjet za zdrav vodeni ekosustav. Niska koncentracija kisika je znak mogućeg onečišćenja vode. Ako je koncentracija kisika u kapljicama vode <5,0 mg/L, biljni i životinjski svijet u vodi je pod stresom. Koncentracije kisika <2,0 mg/L smatraju se hipoksičkim (anoksičnim). Produženo razdoblje niske razine kisika može dovesti do bitne promjene ekosustava. Istraživanjima je utvrđeno da linearni i nelinearni regresijski modeli dobro i jednostavno opisuju odnos zraka i vode. Linearni odnos je dobar kada su temperature prosječne na tjednoj ili višoj vremenskoj skali. Međutim, za rijeke/potoke koje imaju značajne varijacije maksimalnih i minimalnih temperatura, nelinearni regresijski modeli su točniji (Bhatti i drugi, 2013). Zasićenje kisikom je funkcija temperature vode.

U daljnjem tekstu analizirani su podatci pojedinačnih mjerenja kakvoće vode (temperatura vode, otopljeni kisik i zasićenje kisikom) na mjernim postajama Donji Miholjac (77+725 rkm rijeke Drave) i Osijek – Nemetin (10+900 rkm), za razdoblje od 1993.-2010. godine, a na temelju banke podataka o kakvoći vode Hrvatskih voda, VGO Osijek i podataka Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ).

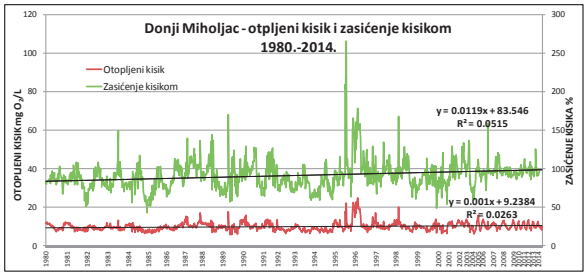
4.2. Temperatura vode, otopljeni kisik i zasićenost kisikom

Na Slici 4. prikazane su temperature vode na mjernim postajama Donji Miholjac (razdoblje 1993.-2010.) i Osijek (razdoblje 2002.-2010.). Analiza ukazuje na porast temperature vode na mjernoj postaji Donji Miholjac, dok na mjernoj postaji Osijek temperature pokazuju neznatan pad, odnosno stagniranje.

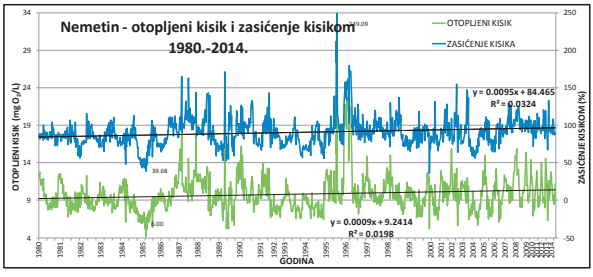


Slika 4. Temperatura vode na mjernoj postaji Donji Miholjac (razdoblje 1993. - 2010. g.) i Osijek (razdoblje 2002. - 2010. g.)

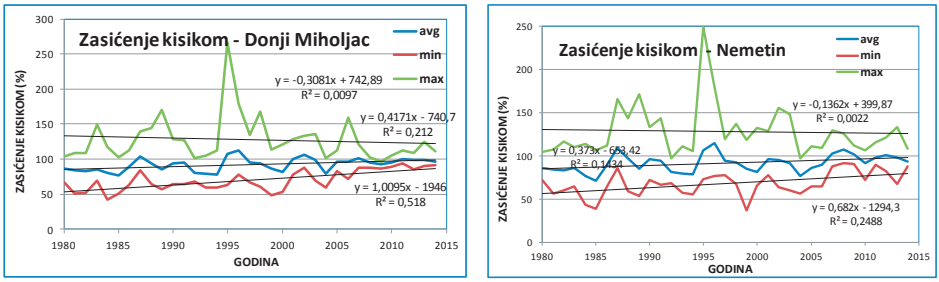
Na Slikama 5 i 6 prikazani su rezultati pojedinačnih uzorkovanja otopljenog kisika i zasićenosti kisikom na mjernim postajama Donji Miholjac i Nemetin za razdoblje 1980.-2014.). Analiza ukazuje na porast trenda za oba pokazatelja kakvoće vode za obje mjerne postaje. Analiza srednjih i minimalnih godišnjih vrijednosti pokazuje na obje mjerne postaje trend porasta. Maksimalne godišnje vrijednosti oba pokazatelja kakvoće imaju trend pada na obje mjerne postaje. Prosječne godišnje vrijednosti zasićenja kisikom za mjernu postaju Donji Miholjac i Nemetin (Slika 7) pokazuju zanemarive razlike (Donji Miholjac: prosječna godišnja vrijednost 92 %, prosječni godišnji minimum 70 %, a maksimum 128 %., Nemetin: prosječna godišnja vrijednost je 91 %, prosječni godišnji minimum 68 %, a maksimum 128 %). Podatci režima kisika ukazuju na dobro ekološko stanje vodotoka, osim za minimalne vrijednosti.



Slika 5. Otopljeni kisik na mjernoj postaji Donji Miholjac za razdoblje 1980. - 2014. g.



Slika 6. Otopljeni kisik na mjernoj postaji Nemetin za razdoblje 1980. - 2014. g.



Slika 7. Minimalne, maksimalne i prosječne godišnje vrijednosti zasićenja kisikom za mjerne postaje Donji Miholjac i Nemetin s pripadajućim trendovima, za razdoblje 1980.-2014. g.

4.3. Korelacija vodostaja, temperature zraka i parametara kakvoće vode

U Tablicama 1 i 2. prikazane su korelacije vodostaja, temperature zraka i odabranih parametara kakvoće vode, temperatura vode (otopljeni kisik i zasićenje kisika) za mjerne postaje Donji Miholjac i Nemetin za razdoblje 1980. – 2014. godine. Statistička analiza i korelacija je rađena programskim paketom Statistica 8.

Dosadašnja istraživanja su pokazala značajan utjecaj temperature zraka na temperaturu vode, kako u Svijetu, tako i na hrvatskim rijekama (Batti i drugi, 2013,Tadić i drugi, 2011). Ovdje je taj utjecaj potvrđen. Korelacija za razmatrano razdoblje je vrlo visoka, čak r = 0,92 i za Donji Miholjac i za Nemetin. Korelacija je potvrđena i između temperature zraka i pokazatelja kakvoće vode, za otopljeni kisik (negativna korelacija r = -0,38 za Donji Miholjac i nešto značajnija negativna korelacija r = -0,41 za Nemetin), zasićenje kisikom (korelacija r = 0,32 za Donji Miholjac i r = 0,30 za Nemetin). Očekivano je da je i visoka korelacija između otopljenog kisika i zasićenja (r = 0,70). Postoji i negativna korelacija između vodostaja i otopljenog kisika, ali ne postoji korelacija između vodostaja i zasićenja kisikom .

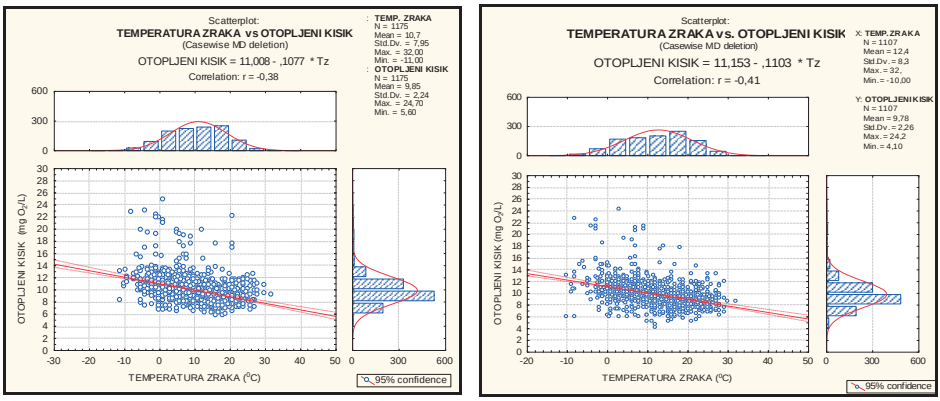
Tablica 1. Korelacija vodostaja, temperature zraka, temperature vode, otopljenog kisika i zasićenja kisika za mjernu postaju Donji Miholjac

	Correlations (DONJI MIHOLJAC 1980. - 2014.) Marked correlations are significant at p < ,05000 N=1175 (Casewise deletion of missing data)						
Variable	Means	Std.Dev.	VODOSTAJ	TEMP. ZRAKA	TEMP. VODE	OTOPLJENI KISIK	ZASIĆENJE KISIKOM
VODOSTAJ	50.40	90.28	1.00	*0.36*	*0.32*	*-0.26*	-0.02
TEMP. ZRAKA	10.76	7.95	*0.36*	1.00	*0.92*	*-0.38*	*0.32*
TEMP. VODE	12.22	7.12	*0.32*	*0.92*	1.00	*-0.42*	*0.33*
OTOPLJENI KISIK	9.85	2.24	*-0.26*	*-0.38*	*-0.42*	1.00	*0.70*
ZASIĆENJE KISIKOM	90.60	18.80	-0.02	*0.32*	*0.33*	*0.70*	1.00

Tablica 2. Korelacija vodostaja, temperature zraka, temperature vode, otopljenog kisika i zasićenja kisika za mjernu postaju Nemetin

Variable	Correlations (Copy of HKOV - Nemetin 80-2009-2014 Marked correlations are significant at p < ,05000 N=1107 (Casewise deletion of missing data)						
	Means	Std.Dev.	VODOSTAJ	TEMP. ZRAK	TEMP. VODE	OTOPLJENI KISIK	ZASICENJE KISIKOM
VODOSTAJ	53.62	105.07	1.00	*0.28*	*0.23*	*-0.19*	-0.02
TEMP. ZRAKA	12.45	8.33	*0.28*	1.00	*0.92*	*-0.41*	*0.30*
TEMP. VODE	12.30	7.17	*0.23*	*0.92*	1.00	*-0.43*	*0.32*
OTOPLJENI KISIK	9.78	2.26	*-0.19*	*-0.41*	*-0.43*	1.00	*0.70*
ZASIĆENJE KISIKOM	90.19	18.54	-0.02	*0.30*	*0.32*	*0.70*	1.00

Na Slici 8. prikazana je korelacija temperature zraka i otopljenog kisika za mjernu postaju Nemetin za razdoblje 1980.-2014. godine.



Slika 8. Korelacija temperature zraka i otopljenog kisika na mjernoj postaji Donji Miholjac (lijevo) i Nemetin (desno)

ZAKLJUČAK

U radu je analiziran odnos/utjecaj temperature zraka na pokazatelje kakvoće vode (temperaturu vode, koncentraciju otopljenog kisika i zasićenje kisikom). Analizirana je kakvoća vode rijeke Drave u razdoblju od 1980.-2014. g. na mjernim postajama Donji Miholjac i Osijek - Nemetin. Analiza je pokazala da su temperatura zraka, temperatura vode, otopljeni kisik i zasićenje kisikom međusobno povezani. Najbolju korelaciju, jaku pozitivnu vezu, pokazuju temperatura zraka i temperatura vode. Korelacija između temperature zraka (vode) i otopljenog kisika pokazuje slabu negativnu vezu. Korelacija otopljenog kisika i zasićenja kisikom pokazuje srednju pozitivnu vezu. Analiza podataka ukazuje da praćenje promjena temperature vode i korelacija s pokazateljima kakvoće vode, može pružiti korisne informacije u predviđanju ekološkog stanja vodnih tijela. Razumijevanje odnosa zrak - voda pomoć je u zaštititi ugroženih ekosustava. Postoji nužnost razvijanja i svršavanja kvalitetnih alata za modeliranje kakvoće vode s ciljem održivog upravljanja vodnim sustavima pod promjenjivim klimatskim uvjetima.

LITERATURA

[1] Bhatti, A., Suttionon, P., Nasu, S. (2013): T*he potential impact of temperture change on water quality parameters in Yoshino River*, Japan; The 9th International Symposium on Social Management Systems SSMS 2013, 2-4 December 2013, Sydney, Australia

[2] Bonacci, O., Trninić, D., Roje-Bonacci, T. (2008): *Analiza odnosa temperature zraka i vode na nekoliko većih rijeka u kontinentalnome dijelu Hrvatske*. Hrvatske vode, 16(62), 7-19.

[3] Gajić-Čapka, M., Cesarec, K.:(2010): *Trend i varijabilnost protoka i klimatskih veličina u slivu rijeke Drave*, Hrvatske vode, Vol. 71, 19-30

[4] Šimac, S. i Vitale, K. (2012): *Procjena ranjivosti klimatskih promjena;* Hrvatska, Hrvatski Crveni križ, Zagreb

[5] Tadić, L., Grgurovac, A., Šperac, M. (2011): *Analiza temperature vode rijeka Drave i Dunava*, 5. Hrvatska konferencija o vodama, 395-402

AUTOR

mr.sc. Tatjana Mijušković-Svetinović [a]
doc.dr.sc. Marija Šperac [a]
mr.sc. Josipa Matotek [a]

[a] Građevinski fakultet Sveučilišta u Osijeku, Drinska 16a, 31000 Osijek, Hrvatska, tatjanam@gfos.hr; msperac@gfos.hr; matotek@gfos.hr

R 1.23.

REVITALIZACIJA POPLAVNIH I MOČVARNIH PODRUČJA NA UŠĆU DRAVE U DUNAV – ALJMAŠKI RIT

Berislav Čengić, Nikola Bataković

SAŽETAK: Područje Aljmaškog rita smješteno između naselja Nemetin i Aljmaš na desnoj obali rijeke Drave na krajnjem sjeveroistočnom dijelu Slavonije i Republike Hrvatske površine 2.616 ha. Presijecanjem meandara Drave i Dunava krajem 19. i početkom 20. stoljeća stvoren je sadašnji oblik ovog prostora. Od tada se rijeka Drava duž ovog područja zbog provedenih regulacijskih radova usijecala u korito, dok su se presječeni rukavci postupno zasipavali nanosom tijekom poplava Drave i Dunava, te organskim sedimentom.

Revitalizaciju Aljmaškog rita potrebno je provesti radi obnove i očuvanja svih značajki ovog poplavnog područja važnih za poboljšanje stanja biološke raznolikosti, zaštite od štetnog djelovanja voda i poboljšanje uvjeta života lokalne zajednice. Investicijski troškovi su 50,0 milijuna kuna.

U okviru IPA prekograničnog programa Mađarska-Hrvatska 2007-2013 izvršeni su radovi uređenja kanalske mreže vrijednosti 5,0 milijuna kuna.

Prema načelima održivog razvitka, sva navedena ulaganja opravdana su ako dugoročno kontinuirano stvaraju nove vrijednosti za ukupno društvo i posebno za lokalnu zajednicu. Provedena ekonomska analiza pokazala je da se i uz ovako ograničene koristi dugoročno ovaj poduhvat može smatrati ukupno društveno opravdanim i održivim u smislu stvaranja većih izravnih i neizravnih prihoda za lokalnu zajednicu i R. Hrvatsku u odnosu na predviđene troškove zahvata i održavanja sustava.

KLJUČNE RIJEČI: revitalizacija, Aljmaški rit, Drava, Dunav, održivi razvoj

REVITALIZATION OF FLOODPLAINS AND WETLANDS AT THE CONFLUENCE OF THE DRAVA AND DANUBE RIVERS - ALJMAŠKI RIT

SUMMARY: The Aljmaški rit area, covering the surface of 2,616 ha, is located between the settlements Nemetin and Aljmaš on the right bank of the Drava River in the farthest north-east of Slavonia, i.e. the Republic of Croatia. Its present appearance resulted from cutting of the Drava and Danube meanders at the end of the 19th and beginning of the 20th century. Since then, the Drava cut its river bed along this area due to the performed

river regulation works, whereas the cut river arms gradually filled with sediment during the Drava and Danube floods, including organic sediment.

The revitalization of Aljmaški rit has to be carried out for rehabilitation and preservation of all characteristics of this floodplain area important for biodiversity and flood protection status improvement as well as for betterment of the local community's living conditions. The investment costs are HRK 50.0 million.

In the framework of the Hungary-Croatia IPA Cross-border Co-operation Programme 2007-2013, works were carried out on the canal network improvement in the amount of HRK 5.0 million.

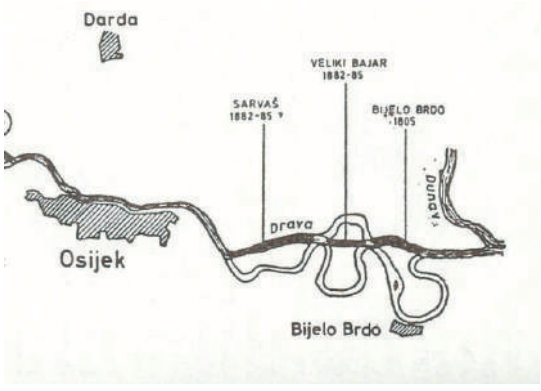
According to the principles of sustainable development, all mentioned investments are justified if they continuously create new long-term values, both for the society as a whole and for the local community. The conducted economic analysis indicated that, even with these limited benefits, the project can be considered socially justified and sustainable in the long term in view of the generation of higher direct and indirect revenues both for the local community and the Republic of Croatia with regard to the planned project and system maintenance cost.

KEY WORDS: revitalization, Aljmaški rit, Drava River, Danube River, sustainable development

1. UVOD

Aljmaški rit je inundacijsko područje rijeke Drave, smješteno na zadnjih 12 km desne obale rijeke Drave, prije ušća u Dunav između naselja Nemetin i Aljmaš u Osječko-baranjskoj županiji. Ukupna površina prostora iznosi oko 26,0 km2. Područje je dugačko 14 km, a prosječna širina iznosi oko 1,8 km.

Presijecanjem meandara rijeka Drave i Dunava krajem 19. i početkom 20. Stoljeća kao što je prikazano na slici 1. stvoren je sadašnji oblik područja Aljmaškog rita, a prijašnji tokovi pretvoreni u rukavce i bare. Sve do osamdesetih godina prošlog stoljeća prirodne vrijednosti Aljmaškog rita u velikoj mjeri koristilo je lokalno stanovništvo. Kada se smanjio gospodarski interes za ovaj prostor, prestalo se s njegovim održavanjem u smislu prestanka čišćenja njegovih rukavaca i bara, te je došlo do ubrzane sukcesije biljnih zajednica i prekida veze područja s rijekom Dravom kod niskih i srednjih vodostaja. Rezultat je isušivanje vodenih i vlažnih površina Aljmaškog rita, odnosno nestajanje dijela vrijednih staništa kao što su vlažne livade i otvorene vodene površine. Rezultat je i zasipanje rukavaca u područjima koja su nekada zbog raznolikosti ribljih vrsta bila veoma važna i atraktivna, ne samo za športski već i za gospodarski ribolov.



Slika 1. Povijesni prikaz regulacije rijeke Drave

Današnje ekološko stanje voda ovih rukavaca, ali i ponovno probuđeni interes lokalne zajednice za korištenje ovog prostora, pokrenuli su razmatranje mogućnosti revitalizacije ovih vlažnih staništa, odnosno razmatranje mogućnosti uspostave i održavanja nekadašnjeg stanja na ovom području.

2. PLAN REVITALIZACIJE

2.1. Vizija revitalizacije i zaštite područja Aljmaškog rita

Nacionalni značaj područja Aljmaškog rita očituje se uvrštenjem ovog područja 2007. godine u Nacionalnu ekološku mrežu, te pripadnosti Regionalnom parku Mura-Drava od veljače 2011. godine, odnosno međunarodni značaj uvrštenjem u europsku ekološku mrežu Natura 2000 nakon ulaska Republike Hrvatske u Europsku uniju 2013. godine.
Sukladno zatečenim uvjetima te nacionalnom i međunarodnom značaju područja Aljmaški rit je potrebno revitalizirati i zaštiti. Svrha revitalizacije i zaštite Aljmaškog rita kao područja Natura 2000 je očuvanje faune ptica, te ostalih divljih svojti i stanišnih tipova od značaja za očuvanje biološke raznolikosti na nacionalnoj, regionalnoj i globalnoj razini. Pri tome se revitalizacijom uspostavljaju nekadašnji hidrološki uvjeti u vegetacijskom razdoblju, kako bi se zaustavila nepovoljna sukcesija, te očuvala vrijedna vodena staništa značajna za ornitofaunu, ihtiofaunu i druge divlje svojte. Svrha revitalizacije i zaštite Aljmaškog rita za lokalnu zajednicu je uz to i otvaranje prilike za njen održivi razvitak, koji bi se realizirao kroz obnovu i razvoj tradicionalnih djelatnosti (ribolov, lov, šumarstvo, poljoprivreda) u kombinaciji s prihvatljivim novim dopunskim djelatnostima zasnovanim na ruralnom turizmu, rekreaciji i odmoru u prirodi.
Revitalizaciju i zaštitu Aljmaškog rita potrebno je provesti radi obnove i očuvanja svih značajki ovog poplavnog područja važnih za poboljšanje stanja biološke raznolikosti, za zaštitu voda i za poboljšanje uvjeta života lokalne zajednice.



Slika 2. Shema planiranih radova na revitalizaciji područja Aljmaškog rita

Uspostava nekadašnjeg stanja na vodenim staništima ovog područja zahtijeva osim uklanjanja mulja iz nekadašnjih napuštenih korita još i stvaranje uvjeta za redovito plavljenje područja, prije svega vodama Drave u vegetacijskom razdoblju. Za stvaranje

uvjeta za redovito plavljenje područja vodama rijeke Drave u vegetacijskom razdoblju potrebno je izvesti zahvate i poduzeti mjere u postojećim zapuštenim rukavcima i barama kako je prikazano na slici 2., da bi ih se povezalo sa rijekom Dravom i kod nižih vodostaja. Time se vraćaju raniji prirodni uvjeti značajni za očuvanje ukupne biološke raznolikosti Aljmaškog rita i šireg područja, značajni za očuvanje ugroženih vlažnih močvarnih i vodnih staništa i uz njih vezanih vrijednih biljnih i životinjskih vrsta, te značajnih za očuvanje ekoloških uvjeta u ovom dijelu dunavskog sliva.
Takvim zahvatima i mjerama postigli bi se također ciljevi značajni za Republiku Hrvatsku, kao što su zaštita nekih vrsta i staništa značajnih za područje europske ekološke mreže Natura 2000. Provedbom revitalizacije Aljmaškog rita s ciljem očuvanja biološke raznolikosti područja i njegovih ekoloških i općekorisnih funkcija mogu se stvoriti i uvjeti za održivo korištenje njegovih prirodnih vrijednosti, prije svega obnovom tradicionalnih djelatnosti lokalnog stanovništva na cijelom području, s naglaskom na ribolov, lov i šumarstvo, ali i uvođenjem novih djelatnosti vezanih uz rekreaciju i odmor u prirodi. Time bi se stvorile nove mogućnosti socijalni i ekonomski oporavak i daljnji razvitak okolnih naselja: Nemetina, Sarvaša, Bijelog Brda i Aljmaša, te šireg okolnog područja.

2.2. Planirani radovi revitalizacije prostora

Temeljno rješenje revitalizacije svodi se na osiguranje ulaska voda Drave i Dunava u područje Aljmaškog rita u vegetacijskom periodu, čime će se zaustaviti nepovoljni trendovi ekoloških promjena, posebno vezanih uz promjene stanja voda, a preko njih i uz promjene stanišnih uvjeta i uz promjene kvalitete življenja lokalnog stanovništva. Uspostavljanje ranijih uvjeta obuhvaća provedbu mjera i radova na postojećem sustavu bara, te rukavaca, odnosno „bogaza“, kojima se obnavlja ranija protočnost njihovih profila i omogućava gotovo kontinuirani ulazak voda Drave i Dunava u ovo poplavno područje tijekom vegetacijskog razdoblja.
Osim ovih radova i mjera cjelovito rješenje revitalizacije Aljmaškog rita još obuhvaća i slijedeće:

- uklanjanje preostalih minskih polja na razmatranom području,
- sanaciju odlagališta otpada kod Nemetina i Sarvaša, smještenih rubno unutar poplavnog područja,
- uređenje odvodnje otpadnih voda rubnih naselja,
- provedbu posebnih mjera u ratarstvu na susjednim oranicama s ciljem smanjenja pritisaka u smislu onečišćenja područja Aljmaškog rita tvarima koje se koriste u biljnoj proizvodnji,
- provedbu mjera poribljavanja vodenih površina radi uspostave ravnoteže autohtonih vrsta ihtiofaune s invazivnim vrstama,
- provedbu mjera u gospodarenju šumama u smislu povećanja zastupljenosti autohtonih vrsta šuma,
- provedbu mjera košnje i održavanje vlažnih livada,
- provedbu mjera praćenja i nadzora ekoloških uvjeta i mjera upravljanja razmatranim područjem, radi postizanja dugoročne održivosti željenog stanja.



Slika 3. Bjelobrdska bara

Uz navedeno, a radi postizanja ukupnog poboljšanja stanja korištenja tog prostora za dobrobit lokalnog stanovništva potrebno je također uložiti sredstva u ostalu komunalnu infrastrukturu, ugostiteljstvo, turizam, sportske i rekreativne sadržaje, te niz pratećih mjera poput ulaganja u razvoj športskog ribolova, lova, edukacije i razne tradicionalne djelatnosti i aktivnosti kojima bi se ostvarilo ukupno ekonomsko povećanje vrijednosti Aljmaškog rita.

Temeljno, ujedno i prioritetno rješenje obuhvaća u načelu izvedbu regulacijskih radova na popravljanju zatečenog stanja hidrografske mreže u poplavnom području (bara, rukavaca, „bogaza“), koje se sastoji pretežito od uklanjanja obraštaja unutar protočnih profila navedenih dijelova hidrografske mreže, produbljivanja, uklanjanja nanosa, te uređenja i čišćenja rukavaca i „bogaza“:

- Stankovog bogaza od spoja s Dravom do Sarvaške bare,
- Malog Renova od Sarvaške do Bijelobrdske bare,
- Aljmaškog bogaza od Bijelobrdske bare do ušća u Dunav,
- Paljevinskog bogaza od spoja s Dravom do Bijelobrdske bare,
- Žute vode od spoja s Dravom do Sarvaške bare, te od uklanjanja mulja iz bara:
- Sarvaške bare,
- Bijelobrdske bare (slika 3.).

3. PROVEDENE AKTIVNOSTI

U tehničkom smislu projektom je obuhvaćeno produbljivanje tj. uklanjanje nanosa na Stankovom bogazu od spoja s Dravom do Sarvaške bare, Malog Renova od Sarvaške do Bijelobrdske bare, Aljmaškog bogaza od Bijelobrdske bare do ušća u Dunav, Paljevinskog bogaza od spoja sa Dravom do Bijelobrdske bare te kanala Žuta voda od spoja s Dravom do Sarvaške bare. Također je predviđeno i uklanjanje mulja iz Sarvaške i Bijelobrdske bare i odlaganje na prikladne lokacije. Rješenje uklanjanja mulja iz Sarvaške i Bijelobrdske bare utvrđeno je temeljem zahtijevanih ekoloških uvjeta koji se moraju postići u barama, temeljem istraživanja i analize kakvoće mulja, pedoloških i bioloških

istraživanja na lokacijama koje se predviđaju za odlaganje mulja, te temeljem usklađivanja ukupnog zahvata s korisnikom površina na odabranim lokacijama – Hrvatskim šumama. Uklanjanje mulja iz bara predviđeno je vršiti sa plovnim bagerom kako je prikazano na slici 4., usisnom pumpom (odgovarajućeg kapaciteta) i pomičnim tlačnim cjevovodom kojim će se mulj transportirati na predviđene lokacije za odlaganje mulja. Radovi na produbljenju, uklanjanju nanosa i uređenju protočnih profila rukavaca, odnosno bogaza određeni su po provedenim geodetskim mjerenjima i analizama hidroloških i hidrauličkih uvjeta za postizanje minimalnih potrebnih protoka kroz poplavno područje skretanjem voda iz rijeke Drave. Isto vrijedi za spojeve, odnosno ulazne dijelove Stankovog bogaza, Paljevinskog bogaza i Žute vode s rijekom Dravom. Višak materijala od produbljenja predviđen je koristiti se za izravnavanje terena na obalama i uz bliske šumske prometnice, te za uređenje pješačkih nasipa uz rukavce s većim količinama iskopa (Malo Renovo, Aljmaški bogaz, Paljevinski bogaz, Žuta voda). Pristup dionicama na kojima se odvijaju radovi osiguran je s postojećih šumskih prometnica.



Slika 4. Izmuljenje Bjelobrdske bare

Postojeći cijevni propusti na prelascima šumskih prometnica preko Stankovog bogaza, Malog Renova, Paljevinskog i Aljmaškog bogaza projektom su predviđeni za zamjenu sa novim pločastim propustima koji osiguravaju bolji protok vode iz rijeka Drave i Dunava u poplavno područje.

Ukupna procijenjena vrijednost projekta iznosi oko 50.000.000,00 kn od čega veći financijski dio otpada na trošak uklanjanja mulja iz Bijelobrdske i Sarvaške bare dok je se manji dio sredstava odnosi na produbljenje i uklanjanje mulja iz kanala te na izradu pločastih propusta i pristupnih putova.

Hrvatske vode su projekt nominirale za IPA prekogranični program suradnje Mađarska – Hrvatska 2007 -2013 te su odobrena sredstva za projekt u visini od oko 5.000.000,00 kn u okviru kojih se započelo tijekom 2013. godine sa realizacijom dijela projekta, odnosno realizacijom I etape projekta pod nazivom „Ekološka revitalizacija rukavaca Aljmaški rit i Dravakereszturi obnovom vodnog režima u poplavnom području rijeke Drave.



Slika 5. Radovi na izmuljenju kanalske mreže

U okviru I etape projekta dovršena je revitalizacija kanala Malo Renovo, Aljmaški bogaz te kanala Rijeka Drava – Paljevinski bogaz (slika 5.). Započelo se sa revitalizacijom kanala Stankov Bogaz te sa poslom uklanjanja mulja iz Bijelobrdske bare te odlaganja na područja predviđena projektom. Lokacija odlaganja mulja ili takozvane ″kazete″ smještene su na relativno niskom terenu na kojem nije moguć rast i razvoj šumske vegetacije zbog stalnog plavljenja terena. Odlaganjem mulja na ovim lokacijama kota terena se izdiže za otprilike 1,0 metar tako da se sa ovime omogućava sadnja, rast i razvoj šumske vegetacije. Također kroz I etapu projekta zamijenjeni su cijevni propusti na kanalu Stankov bogaz, Malo Renovo i Paljevinski bogaz novim pločastim propustima. Na području Aljmaša uređena je lučica za pristan malih čamaca za potrebe mještana te je uređena i obala Bijelobrdske bare u dužini oko 1.000 metara za potrebe mještana i sportskih ribiča. Materijalom od iskopa kanala Malo Renovo i Aljmaški bogaz formirani su nasipi koji se protežu cijelom dužinom ova dva kanala i koji se u budućnosti mogu iskoristiti za biciklističke staze, tako da se neovisno o vodostaju rijeka Drave i Dunav otvara mogućnost da se iz naselja Sarvaš, koje je prigradsko naselje grada Osijeka, biciklom dođe do naselja Aljmaš koje se nalazi na samom ušću rijeke Drave u Dunav te se ovime ostvaruju pretpostavke za bolji turistički razvoj ovoga kraja.

ZAKLJUČAK

Planiranom revitalizacijom Aljmaškog rita, osiguranjem vodnih resursa u ritu, stvorit će se okvir za višenamjensko korištenje prostora i prirodnih vrijednosti područja, te pokretanje prihvatljivih djelatnosti na načelima održivog razvoja.

Ostvarivanje neuporabnih vrijednosti kroz postizanje ekoloških i estetskih atributa krajolika uz očuvanje biološke raznolikosti i prihvatljivu razinu zaštite od štetnog djelovanja vode.

Ostvarivanje uporabnih vrijednosti kroz ekološku poljoprivredu i ekološki motiviran turizam koji postaju ključni koncept održivog razvoja područja. Kod lokalnog stanovništva pokrenuti će se razvoj ekološke poljoprivrede povezan s ruralnim turizmom. Uporabne se vrijednosti predviđaju od brojnih aktivnosti, od kojih su najvažnije: Poljoprivredno-okolišne djelatnosti (proizvodnja zdrave hrane životinjskog porijekla, uzgoj divljači u

ograđenom prostoru, uzgoj konzumne ribe,…) Turističko-odmorišne djelatnosti (smještaj s uključivanjem u život seoskog gospodarstva, ponude smještaja s tradicionalnim jelima turističkim grupama, smještaj u kampovima radi rekreacijskog ribolova i lova,…) i Turističko-edukacijske djelatnosti (škole u prirodi,...).

LITERATURA

- Elektroprojekt d.d Zagreb, Idejni projekt: *Revitalizacija Stare Drave na području Nemetin-Sarvaš-Bijelo Brdo-Aljmaš*, 2011.g.

AUTORI

Berislav Čengić, mag.ing.aedif. [a]
Nikola Bataković dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Splavarska 2a, 31000 Osijek, Republika Hrvatska, bcengic@voda.hr; nbatakovic@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.24.

STANJE VODA RIJEKE SUTLE I MOGUĆNOSTI RESTAURACIJE RIJEKE

Gorana Ćosić-Flajsig, IvanVučković, Barbara Karleuša

SAŽETAK: Rijeka Sutla čini granicu između Republike Slovenije i Republike Hrvatske. Sutlansko jezero (akumulacija Vonarje), s volumenom 12.4 milijuna m^3, izgrađena je uz korištenje prirodne retencije i napunjena 1980. godine za potrebe sustava javne vodoopskrbe, navodnjavanja i obrane od poplave. Odmah nakon punjenja, ekstremno je narušena kakvoća vode u akumulaciji i smanjena mogućnost korištenja voda. Zbog visokog rizika za ljude i okoliš radi neadekvatnog upravljanja akumulacijom i nedostatka boljih remedijacijskih mjera, 1988. godine voda iz akumulacije je ispuštena. Sada funkcionira kao retencija sustava obrane od poplave. Na dnu retencije razvijen je močvarni ekosustav. To je bio razlog da se cijelo područje retencije, kao i cijelo područje korita rijeke Sutle, proglasi područjima NATURA 2000. Radi iznimne biološke raznolikosti sliv rijeke Sutle je posljednje desetljeće postao turističko i rekreacijsko područje. Danas, postoji cijeli niz inicijativa za ponovnim korištenjem akumulacije. Sve navedeno ukazuje na nužnost poboljšanja kakvoće voda, postizanja dobrog stanja voda i redefiniranja Sutlanskog jezera. Korištenjem problemski orijentiranog DPSIR pristupa, analizirat će sve vrste pritisaka (onečišćenje, korištenje voda i hidromorfološki pritisci), te analizirati stanje voda i pokušati utvrditi razloge nepostizanja dobrog stanja voda.

KLJUČNE RIJEČI: DPSIR pristup, Pritisci, Eutrofikacija, Kakvoća vode, Restauracija vodotoka

WATER STATUS OF THE SUTLA RIVER AND POSSIBILITIES OF RIVER RESTORATION

SUMMARY: The Sutla River forms the border between the Republic of Slovenia and the Republic of Croatia. The Sutlansko Lake (Vonarje Reservoir), with a volume of 12.4 million m^3, was built in a natural retention and charged in 1980 for the purpose of public water supply, irrigation and flood control. Immediately after filling, water quality was extremely deteriorated in the reservoir, which reduced the possibility of water use. Due to a high risk for the population and environment caused by inadequate management of the reservoir and in the absence of better remediation measures, the reservoir was completely drained in 1988. It now operates only as a dry retention basin for flood protection. Since

wetland ecosystems have developed at the bottom of the nature retention/reservoir, the area of the entire reservoir as well as the entire riverbed of the Sutla River was declared a NATURA 2000 site. Due to the exceptional biodiversity of the Sutla River, it has become a tourist and recreational area in the past decade. Presently, there are a number of initiatives to reuse the reservoir, which indicates a necessary improvement of water quality for the purpose of achievement of good water status and redefining of the Sutlansko Lake. This paper will analyse all types of pressures (pollution, water use and hydromorphological pressures) and try to determine the reasons for failure to achieve good water status by using the problem-oriented DPSIR approach.

KEY WORDS: DPSIR approach, Pressures, Eutrophication, Water quality, Watercourse restoration.

1. UVOD

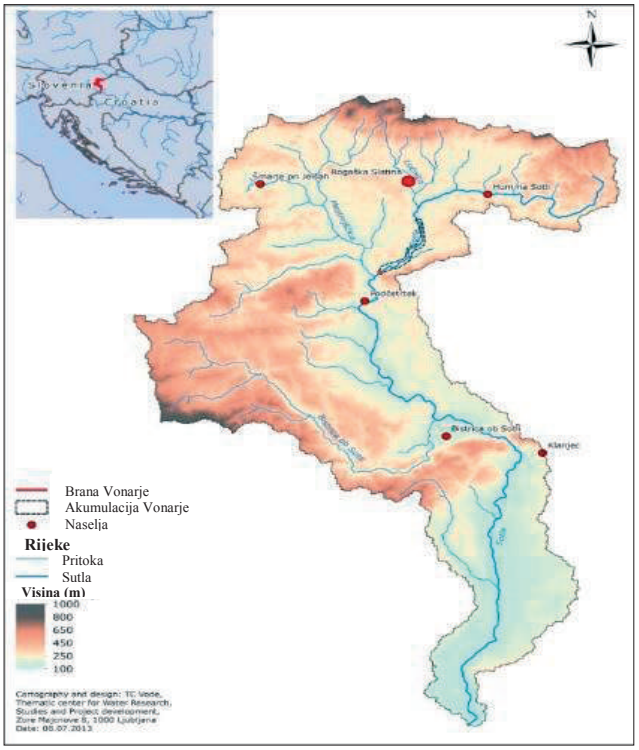
Rijeka Sutla formira prirodnu granicu između Republike Slovenije i Republike Hrvatske. Veličina porječja Sutle iznosi gotovo 590.6 km^2. Izgradnjom pregrade Vonarje i brane nizvodno kod Zelenjaka u području prirodne retencije rijeke Sutle, formirana je akumulacija Vonarje/Sutlansko jezero. Izgradnji akumulacije pristupilo se radi sljedećih potreba stanovništva: javne vodoopskrbe naselja sa slovenske i hrvatske strane, potreba navodnjavanja, te zaštite od poplave. Akumulacija je sagrađena i napunjena 1980. godine. Ukupni volumen akumulacije bio je 12,4 milijuna m^3 vode, od čega je 3,7 milijuna m^3 rezervirano za 100 godišnju zaštitu od poplava, a površina akumulacije je iznosila 1,95 km^2 (Ćosić-Flajsig i drugi, 2014).

Ubrzo nakon punjenja, u akumulaciji su započeli procesi eutrofikacije. Osim ekstremnih problema vezanih uz stanje voda akumulacije, narušeno je i stanje voda nizvodno u rijeci Sutli. Zbog visokog rizika za zdravlje ljudi i okoliš i otežano uspješno upravljanje akumulacijom, u nedostatku boljih mjera sanacije, akumulacija je ispražnjena 1988. godine. Danas, uz kontinuirano istjecanje vode kroz temeljni ispust, bivša akumulacija funkcionira kao prirodna retencija uz postojanje pregrade Vonarje i brane, a koristi se kao retencija za obranu od poplave. U međuvremenu, na području retencije razvila se makrofitska vegetacija koja je tipična za močvarne ekosustave. Radi iznimne biološke raznolikosti dio sliva rijeke Sutle nalazi se unutar područja ekološke mreže NATURA 2000, a područje sliva rijeke Sutle je u posljednje desetljeće postalo turističko i rekreacijsko područje (Ćosić-Flajsig i drugi, 2014). Trenutno postoje mnoge lokalne i regionalne inicijative za ponovnim punjenjem Sutlanskog jezera i otvaranjem mogućnosti za turističke i rekreativne sadržaje uz njegove obale. Slovenija i Hrvatska, kao članice EU-a suočene su s velikim izazovom postizanja dobrog ekološkog stanja voda rijeke Sutle, sukladno Okvirnoj direktivi o vodama (u daljnjem tekstu: ODV) (Water Framework Directive, 2000), potrebi postizanja dobre/vrlo dobre kakvoće voda za kupanje, i korištenja prirodne retencije u svrhu obrane od poplave.

Kako bi bilo moguće suočiti se s navedenim izazovima potrebno je razviti konceptualni model upravljanja stanjem voda sliva rijeke Sutle radi kontrole stanja voda sliva, upravljanja vodnim ekosustavom, te ispunjenja ciljeva zaštite okoliša riječnog sliva.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Rijeka Sutla izvire na nadmorskoj visini od 717 metara ispod brda Macelj i ulijeva se u rijeku Savu jugoistočno od grada Brežice. Nakon 3 km glavnog toka, rijeka Sutla postaje državna granica između Slovenije (desna strana rijeke) i Hrvatske (s lijeve strane rijeke). Njezino slivno područje je 590.6 km^2, od toga 78% je smješteno u Sloveniji, a ostatak u Hrvatskoj. Prirodni tok rijeke je izrazito vijugav, osim na reguliranim dijelovima. Dolina rijeke Sutle relativno je uska, a tok rijeke ima bujični karakter. Na Slici 1 prikazani su hidrografija i reljef. Prosječna godišnja količina oborina u riječnom slivu Sutle je 1200 mm, evapotranspiracija je oko 650 mm. Rijeka Sutla ima panonski režim toka s dva identična vrha, jedan u rano proljeće, a drugi u kasnu jesen. Mali protoci javljaju se ljeti i zimi, a u kolovozu su zabilježeni najniži protoci (Ćosić-Flajsig i drugi, 2014).



Slika 1. Riječni sliv Sutle. Desni dio (zapadni) riječnog sliva je slovenski. Lijevi dio (istočni) riječnog sliva je hrvatski(preuzeto iz Ćosić-Flajsig i drugi., 2014)

3. DPSIR MODEL UPRAVLJANJA KAKVOĆOM VODA

Kao konceptualni model za upravljanje kakvoćom vode riječnog sliva rijeke Sutle i Sutlanskog jezera primijenjen je DPSIR pristup (Driving Forces - Pokretači; Pressures-Pritisci; State - Stanje; Impact - Utjecaji; Response - Mjere). Mnogi autori (Guipponi, 2012; Kagalou, 2012; Kristensen, 2004) imaju dobro iskustvo i rezultate korištenja DPSIR pristupa u integralnom upravljanju vodama u skladu sa zahtjevima ODV. Europska agencija zaštite okoliša (eng.: European Environmental Agency-EEA) redovito izrađuje

integralnu procjenu stanja okoliša za Europu koristeći DPSIR pristup. Cilj procjene je informirati javnost o postojećem stanju i vjerojatnom budućem stanju okoliša i utjecajima onečišćenja i ostalih pritisaka na europske prirodne sustave. Sukladno DPSIR okviru, u radu (Ćosić-Flajsig i drugi, 2014), izrađena je analiza, a u daljnjem radu će se koristiti kao alat za procjenu i modeliranje rješavanja problema stanja voda rijeke Sutle.

3.1. Pritisci izvora onečišćenja i pritisci korištenja voda prema karakterističnim indikatorima

Većina stanovništva na području sliva Sutle živi u malim ruralnim naseljima. Na hrvatskoj strani rijeke Sutle stanovništvo živi u 67 malih naselja s ukupnim brojem od ukupno 17.000 stanovnika. Administrativno su organizirani u osam općina. Na slovenskoj strani, postoji 84 naselja u četiri općine sa ukupno 36.200 stanovnika. Gustoća stanovništva sa slovenske strane sliva rijeke Sutle iznosi 82 stanovnika/km^2, dok je gustoća stanovništva na hrvatskoj strani rijeke Sutle 120 stanovnika/km^2. Samo jedno naselje u slivu je veće od 2000 stanovnika. Poljoprivreda je razvijena, no nije intenzivna. Poljoprivredno zemljište čini 63% ukupnog zemljišta, šume i grmlje 36%, i ostala izgrađena područja čine 1% ukupnog područja. Industrija i zanatstvo su razvijeni u većim naseljima kao što su Rogaška Slatina i Šmarje pri Jelšah, te u Humu na Sutli. U radu (Ćosić-Flajsig i drugi, 2014) analizirane su strukturne informacije o Pokretačima i Pritiscima.

Mnogi od Pritisaka, i Pokretača, zajednički su za sve ili određeni broj problema. Na primjer, poljoprivreda je značajni Pokretač u smislu ekološke kakvoće vode, te onečišćenja voda hranjivim i opasnim tvarima. Brane i akumulacije, čak i ako su izvjesno vrijeme van korištenja, izazivaju velike fizičke i hidrološke (dinamika protoka vode) i hidromorfološke Pritiske na riječne ekosustave dovode do pogoršanja ekološkog stanja. Urbanizacijom, te širenjem industrije i uslužnih djelatnosti, povećava se potreba za vodoopskrbom. Urbanizacija je identificirana kao Pokretač, crpljenje vode u slivu za potrebe individualne vodoopskrbe i crpljenje vode iz Sutle za potrebe navodnjavanja je identificirano kao Pritisak na vodne resurse. Kao posljedica toga, zbog manje vode u rijeci (problem količine vode) pogoršava se ekološko stanje voda.

Ispuštanje komunalnih otpadnih voda bez ili sa uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, industrijskih otpadnih voda i utjecaj sa poljoprivrednih površina, uključuje smanjene kakvoće prema kemijskim i biološkim pokazateljima, smanjenje biološke raznolikosti vodnih ekosustava i mikrobiološke kakvoće vode. Povećanje industrijske i poljoprivredne proizvodnje, zajedno s porastom broja stanovnika priključenih na javnu odvodnju, rezultirat će povećanjem ispuštanja organskog onečišćenja i hranjivih tvari u površinske vode. Glavni izvor onečišćenja dušikom je oborinski utjecaj sa poljoprivrednih površina, dok fosfor većinom dolazi iz kućanstava i industrije. Uslijed procesa eutrofikacije dolazi do intenzivnog razvoja algi, a radi intenzivnih oksidacija organskih tvari mogu se javiti anoksični uvjeti. Povećana koncentracija hranjivih tvari također može dovesti do promjena u akvatičnoj vegetaciji. Neuravnotežen ekosustav i promjena kemijskog sastava čine vodno tijelo neprikladnom za rekreacijske i druge svrhe, kao što su uzgoj ribe, a voda postaje neprihvatljiva za korištenje čovjeka.

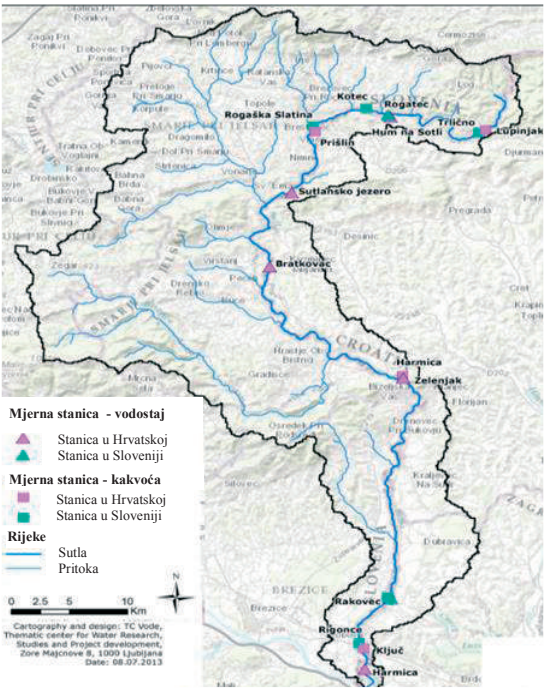
Analize se baziraju na dostupnim podatcima o biološkim, hidromorfološkim i osnovnim fizikalno-kemijskim pokazateljima na mjernim postajama kakvoće voda, i to: Lupinjak, Prišlin, Zelenjak i Harmica.

Procjena općeg hidromorfološkog stanja voda temeljila se na dostupnim podacima za niz hidromorfoloških elemenata prema europskoj normi EN15843.

4. STANJE VODA

4.1. Stanje voda prema fizikalno-kemijskim i biološkim pokazateljima

Podaci o kakvoći voda za četiri mjerene postaje na rijeci Sutli (Slika 2) za 2011., 2012. i 2013. g. dobiveni su od Hrvatskih voda. Za mjerne postaje (Sutla–Lupinjak, Sutla-Harmica i Sutla-Zelenjak) prema osnovnim fizikalno-kemijskim pokazateljima Sutla je u dobrom stanju, dok je mjerna postaja Sutla-Prišlin prema vrijednostima električne vodljivosti, BKP_5, nitratima, ukupnom dušiku i ukupnom fosforu u lošem stanju. U tablici 1 prikazani su rezultati osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja za 2013. godinu.



Slika 2. Hidrološke monitoring postaje i postaje kakvoće voda na rijeci Sutli (preuzeto iz Ćosić-Flajsig i drugi, 2014)

Ocjena biološkog elementa kakvoće voda za makrozoobentos (koji najbolje reagira na organsko onečišćenje) izvršena je koristeći indeks saprobnosti Pantle-Buck. Uzorkovanje i analiza bentičkih makrobeskralješnjaka obavljena je u 2012. godini na mjernim postajama Sutla-Zelenjak i Sutla-Harmica i prema navedenom pokazatelju analiza je ukazivala na dobro stanje voda, dok je analiza bentičkih makrobeskralješnjaka na mjernoj postaji Sutla-Prišlin ukazivala na umjereno stanje voda. Podatci za ostale biološke elemente kakvoće voda (fitobentos, makrofitsk vegetaciju i ribe) nisu bili dostupni.

Tablica 1. Ocjena ekološkog stanja rijeke Sutle za tri mjerne postaje na temelju kemijskih i fizikalno-kemijskih elemenata u 2013. godini

Tijelo površinske vode		*DSRI190001*				*DSRI190001*				*DSRI190003*			
Mjerna postaja		*18001, Sutla, Harmica*				*18002, Sutla, Zelenjak*				*18003, Sutla, Prišlin*			
Pokazatelj	***Mjerna jedinica***	**1***	**2****	**3*****	**4******	1*	2**	3***	4****	1*	2**	3***	4****
električna vodljivost	*µS/cm*	*12*	*546*		dobro	*12*	*539*		dobro	*12*	*620*		loše
alkalitet	*mgCaCO₃/L*	*12*	*258,6*			*12*	*256,4*			*12*	*242,3*		
pH vrijednost		*12*	*8,1*			*12*	*8,2*			*12*	*8*		
otopljeni kisik	*mgO₂/L*	*12*	*10,3*			*12*	*10,5*			*12*	*9,5*		
BPK₅	*mgO₂/L*	*12*	*2,3*			*12*	*2,7*			*12*	*2,8*		
KPK-Mn	*mgO₂/L*	*12*	*4,3*			*12*	*4,3*			*12*	*4,6*		
Amonij	*mgN/L*	*12*	*0,0978*			*12*	*0,0475*			*12*	*0,1037*		
Nitrati	*mgN/L*	*12*	*1,1867*			*12*	*1,2517*			*12*	*1,3392*		
ukupni dušik	*mgN/L*	*12*	*1,5675*			*12*	*1,51*			*12*	*1,7742*		
ukupni fosfor	*mgP/L*	*12*	*0,1688*			*12*	*0,1783*			*12*	*0,1643*		

Legenda: 1*broj uzoraka; 2* prosječna godišnja vrijednost pokazatelja; 3*** ocjena prema pokazatelju; 4**** ocjena stanja

Vrijednosti prioritetnih tvari (kompleksni organski spojevi) i drugih onečišćujućih tvari (arsen, bakar, cink i krom) tijekom trogodišnjeg razdoblja na svim mjernim postajama na rijeci Sutli pokazuju dobro kemijsko stanje voda.

4.2. Hidromorfološki pritisci

Samo Sutlansko jezero (akumulacija) trenutno egzistira kao retencija s prirodnim zamočvarenim dijelom. Budući da Sutlansko jezero više nema funkciju vezanu za vodoopskrbu, jer naselja na slovenskoj i hrvatskoj strani imaju druga vodocrpilišta, postoji mogućnost revitalizacije/restauracije rijeke Sutle na tom dijelu vodotoka, kroz smanjenje brane i poboljšanje hidromorfološkog stanja. Sadašnje hidromorfolosko stanje na području Sutlanskog jezera prema Planu upravljanja vodnim područjima određeno je kao umjereno dobro stanje.
Na mjernim postajama Sutla-Lupinjak, Sutla-Prišlin, Sutla-Zelenjak, Sutla-Hramica hidromorfološko stanje je dobro.

4.3. Rizici nepostizanja dobrog stanja voda

Rezultati provedenih analiza u sklopu redovitog monitoringa za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje pokazali su da još uvijek postoji značajan unos organskog onečišćenja i unosa hranjivih tvari u rijeku Sutlu. Razlozi povišenih vrijednosti BPK_5 na mjernoj postaji Sutla-Prišlin najvjerojatnije su ispuštanja nepročišćenih otpadnih voda, koje nisu priključene na sustav javne odvodnje.
Rezultati analiza bioloških elementa kakvoće voda (makrozoobentos), ukazuju da je na mjernoj postaji Sutla-Prišlin prisutno organsko onečišćenje, a vjerojatan uzrok tome su veća naselja (Hum na Sutli s hrvatske strane i Rogaška Slatina sa slovenske strane) s pripadajućom industrijom uzvodno od mjerene postaje (Ćuk i drugi, 2011). Povećane vrijednosti hranjivih soli u rijeci Sutli mogu biti povezane s umjetnim gnojivima koja se koriste na poljoprivrednom zemljištu. Poljoprivredne aktivnosti, mogu dovesti do povećanja koncentracije suspendirane tvari, pesticida, herbicida i hranjivih soli u vodi.
U daljnjim analizama, trebalo bi modelirati međuovisnost otopljenog kisika i temperature vode, međuovisnosti BPK_5 i KPK s minimalnim mjesečnim protocima, kako bi se

vidjelo da li u ljetnim mjesecima kada je niži vodostaj i viša temperatura vode, dolazi do pogoršanja stanja voda, odnosno smanjenja količine otopljenog kisika u vodi, što može negativno djelovati na pojedine biološke elemente kakvoće voda (Bonacci, 2001).

5. MJERE

U Sloveniji i Hrvatskoj izrađeni su programi za obradu otpadnih voda prema Direktivi o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (Urban Waste Water Treatment Directive, 1991). U zadnje vrijeme, sredstva Kohezijskog, Strukturnog i Okolišno - poljoprivrednog fonda Europske unije su korištena kako bi se smanjio utjecaj otpadnih voda i zagađenja uzrokovanog poljoprivrednim aktivnostima na vodne resurse.
Zbog raspršenih naselja ruralnog karaktera u slivu rijeke Sutle, postoji samo nekoliko izgrađenih kanalizacijskih sustava. Otpadne vode se prikupljaju i pročišćavaju u većim urbanim naseljima. Uređaji za obradu otpadnih voda u Sloveniji (u DPSIR okviru su definirani kao točkasti izvor onečišćenja) izgrađeni su u Rogaškoj Slatini (9000 ekvivalenata stanovnika (u daljnjem tekstu: ES)), Općina Šmarje pri Jelšah (3200 ES), Podčetrtek (1990 ES). Mali uređaji za pročišćavanje otpadnih voda u Kozje (1000 ES), Olimje (750 ES), Podsreda (250 ES), Kostrivnici (198 ES) i Sveti Florijan (150 ES). Otpadne vode se prikupljaju i pročišćavaju u većim urbanim sredinama i naseljima. U ostalim naseljima se otpadne vode prikupljaju putem vodonepropusnih septičkih taložnica ukoliko se direktno ne ispuštaju u male jarke i kanale. U Hrvatskoj postoje uređaji za pročišćavanje otpadnih voda u Kumrovcu (3000 ES) i Humu na Sutli (2000 ES). U Hrvatskoj postoje planovi za izgradnju novog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, umjesto postojećeg, u Kumrovcu i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Klanjcu.
Uz navedene mjere potrebno je uvrstiti i mjere koje se odnose na definiranje granica dobrog ekološkog potencijala na području prirodne retencije/Sutlanskog jezera.

6. MOGUĆNOSTI RESTAURACIJE VODOTOKA VEZANO UZ PODRUČJA NATURA 2000

Daljnja istraživanja sliva rijeke Sutle treba razvijati u skladu s *Vodećim načelima za renaturalizaciju rijeka* (eng. *Guiding Principles for River Restoration*) (Bonacci, 2001; Guipponi, 2012; Kristensen, 2004) uključujući i važnost korištenja prirodnih retencija koji uključuje: dinamička svojstva rijeka, prilagodbu ljudske potrebe za prirodnim riječnim sustavima, definiranje referentnih uvjeta, hidrološka povezivanja, uključivanja javnosti, višekriterijske analize, analize troškova i koristi i ekonomske procjene, te odgovarajući dugoročni monitoring u više razina.
Preporučene restauracijske mjere na području nekadašnjeg Sutlanskog jezera, na kojoj se danas nalazi retencija, uključivale bi uklanjanje vodnih stepenica. Navedeno bi pogodovalo reofilnim vrstama riba, a navedenom mjerom restauracije uvjetovalo bi se i povećanje mikrostaništa što bi vjerojatno dovelo do povećanja raznolikosti vrsta, dok bi se na određenim reguliranim dijelovima rijeke Sutle trebalo vratiti meandre tamo gdje su oni postojali prije reguliranja.

ZAKLJUČAK

Rijeka Sutla je državna granica između Hrvatske i Slovenije, ali istovremeno i važna

poveznica za stanovnike s obje strane rijeke koji zajedno žive stoljećima. Preduvjet za uspješno upravljanje vodama ovom pograničnom rijekom je intenzivnija suradnja između Hrvatske i Slovenije. Poljoprivreda (uključujući i uzgoj stoke), urbanizacija (otpadne vode) i promjene protoka su među ozbiljnim Pokretačima i stvaraju Pritisak na vodni sustav, kao i na njegovu biološku raznolikosti. Restauracija rijeke u smislu revitalizacije uloge prirodne retencije i upravljanje kvalitetom (stanjem) vode i provedba specifičnih ekološkim zahtjevima za pojedina područja nužna je, posebno za područja zaštite prirode i rekreacijske lokalitete.

Istovremeno, klimatske promjene/varijacije koje uzrokuju rastuće hidrološke ekstreme ukazuju na veću potrebu za integralnim upravljanjem riječnim slivom koji uključuju izgradnju retencija na gornjem dijelu sliva rijeke (slovenska strana) kako bi se zaštitili nizvodni dijelove sliva (hrvatska i slovenska strana), te analizu korištenja prirodne retencije ili obnovu Sutlanskog jezera radi obrane od štetnog djelovanja voda uz nužnost definiranja ekološki prihvatljivog protoka vode u rijeci Sutli, ukoliko se bude uspostavila akumulacija, a ne retencija.

Sve navedeno ukazuje na nužnost definiranja stvarnog korištenja i uloge retencije kojim bi se omogućilo održavanje specifičnih i vrijednih obilježja hidrološkog režima riječnog ekosustava, te normalno funkcioniranje vodenog ekosustava. Trenutno stanje, uz postojanje pregrade i brane i bez riblje staze, uz kontinuirano istjecanje vode kroz temeljni ispust, ne odgovara niti funkcioniranju retencije niti akumulacije.

Također, potrebno je odrediti „zaštitne zone“ (eng.: buffer zone) na poljoprivrednim zemljišta radi smanjenja unosa hranjivih soli preko umjetnih gnojiva iz poljoprivrede i prioritetnih tvari u rijeku Sutlu, koja se koriste kao zaštitna sredstva u poljoprivredi.

LITERATURA

[1] Bonacci, O. (2001): *Ekohidrologija vodnih resursa i otvorenih vodotoka*, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split, 487 str.

[2] Ćosić-Flajsig, G., Globevnik, L., Karleuša, B. (2014): *Water Quality of the River Sutla and Possibility of River Restoration, International Scientific Conference People Buildings and Environment* (PBE 2014), Kromeriž, Czeck Republic, http://www.fce.vutbr.cz/ekr/pbe/ (22.04.2015.).

[3] Ćuk, R., Vučković, I., Tomas, D. i Marijanović Rajčić , M. (2009): *Sastav i struktura makrozoobentosa na rijeci Sutli*, Hrvatske vode, 17 (68), 79-86.

[4] Guipponi C. (2012): *From the DPSIR reporting framewok to a system for a dinamic and integrated decision making process*, MULINO Conference, Venice.

[5] Kagalou I., Leonardos I., Anastasiadou C. i Neofytou C. (2012): *The DPSIR Approach for an Integrated River Management Framework. A Preliminary Application on a Mediterranean Site (Kalamas River -NW Greece)*, Springer Science+Business Media B.V.

[6] Kristensen P. (2004): *The DPSIR Framework***,** Paper presented at the workshop on a comprehensive / detailed assessment of the vulnerability of water resources to environmental change in Africa usingriver basin approach. UNEP Headquarters, Nairobi, Kenya.

[7] Urban Waste Water Treatment Directive (1991), Council Directive of 21 May 1991 concerning urban waste water treatment (91/271/EEC).

[8] Uredba o standardu kakvoće voda (NN 73/13; 151/14).

[9] Water Framework Directive (2000), Directive of European Parlament and of the Council 2000/06/EC – Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy, Brussels.

AUTORI

mr.sc. Gorana Ćosić-Flajsig [a]

dr.sc. IvanVučković [b]

izv.prof.dr.sc. Barbara Karleuša [c]

[a] Tehničko veleučilište u Zagrebu, Graditeljski odjel; Av. V. Holjevca 15, 10000 Zagreb, Hrvatska, gcflajsig@tvz.hr

[b] Elektroprojekt, Građevinsko-arhitektonski biro, Odjel za zaštitu okoliša i gospodarenje otpadom, Alexandera von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Hrvatska, ivan.vuckovic@elektroprojekt.hr

[c] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci; Radmile Matejčić 3, 51000 Rijeka, Hrvatska barbara.karleusa@uniri.hr

R 1.25.

NOVI ANALITIČKI PRISTUP U ODREĐIVANJU NEPOZNATIH SPOJEVA U RIJECI SAVI

Draženka Stipaničev, Siniša Repec, Siniša Širac

SAŽETAK: Posljednjih desetak godina glavna tema u ispitivanju okoliša, prvenstveno voda je procjena i smanjenje kemijskog onečišćenja u vodama s ciljem postizanja dobrog stanja voda, očuvanja vodnih ekosustava i zdravlja ljudi. Neregulirane organske onečišćujuće tvari ili spojevi u nastajanju (pesticidi i njihovi metaboliti, farmaceutici, industrijske kemikalije, sredstva za osobnu njegu) predstavljaju strukturno različite i heterogene skupine organskih spojeva koje se kontinuirano unose u okoliš direktno ili indirektno kroz gradske ili industrijske uređaje za obradu otpadnih voda kao i kroz ispirne vode s poljoprivrednih površina. Neregulirane onečišćujuće tvari uzrokuju različite štetne učinke na različitim razinama biološke organizacije te predstavljaju opasnost za okolišne ekosustave i podzemne vode. Za detekciju i pouzdanu identifikaciju specifičnih i prethodno nepoznatih nereguliranih onečišćujućih tvari u površinskim vodama rijeke Save uzorkovanima u siječnju 2015. godine na pet mjernih postaja kako slijedi: Jesenice, Rugvica, Lukavec, Slavonski Brod i Račinovci, primijenjen je tzv. ne-ciljni analitički pristup baziran na tekućinskoj kromatografiji ultravisoke djelotvornosti, vezane na maseni spektrometar visoke razlučivosti s analizatorom masa koji mjeri vrijeme preleta iona (UHPLC-QTOF-MS) uz primjenu matematičkih algoritama, kemometrijskog softvera i baze masenih spektara. Različiti kontaminanti uspješno su identificirani zahvaljujući visokoj točnosti masa (<2 ppm) i visokoj razlučivosti (>40000) UHPLC-QTOF-MS-a.

KLJUČNE RIJEČI: UHPLC-QTOF-MS, ne-ciljni analitički pristup, rijeka Sava

NEW ANALYTICAL APPROACH TO THE DETERMINATION OF UNKNOWN COMPOUNDS IN THE SAVA RIVER

SUMMARY: In the last decade, the main topic in global environmental research globally, primarily related to water, is the assessment and reduction of chemical water pollution with the aim of achieving good water status, conservation of aquatic ecosystems and human health. Unregulated organic pollutants or emerging compounds (pesticides and their metabolites, pharmaceuticals, industrial chemicals, personal care products) are structurally different and heterogeneous groups of organic compounds that are continuously introduced into the environment, directly or indirectly, through urban or industrial wastewater treatment plants as well as run-off from agricultural surfaces. Unregulated pollutants

cause a variety of adverse effects at different levels of biological organization and pose a threat to environmental ecosystems and groundwater. For the purpose of detection and reliable identification of specific and previously unknown and unregulated pollutants in the surface waters of the Sava River, a nontarget analytical approach based on ultra-high performance liquid chromatography (UHPLC) with a hybrid quadrupole time-of-flight mass spectrometer (QTOF-MS) was applied using mathematical algorithms, chemometric software and mass spectral databases to the sampling carried out in January 2015 at five monitoring stations Jesenice, Rugvica, Lukavec, Slavonski Brod and Račinovci. Various contaminants were successfully identified owing to the high mass accuracy (<2 ppm) and high resolution (> 40000) of the UHPLC-QTOF-MS.

KEY WORDS: UHPLC-QTOF-MS, nontarget analysis, Sava River

1. UVOD

Područje okolišnih istraživanja posljednjih godina poseban interes usmjerava prema spojevima u nastajanju koji potječu iz antropogenih izvora a koji se zbog široke uporabe sustavno unose u okoliš (Diamond i Hodge 2007, Al-Odaini i drugi 2010, Bisceglia i drugi. 2010, Eggen i drugi. 2010, Nödler i drugi. 2010, Pedrouzo i drugi. 2009). U spojeve u nastajanju ili neregulirane organske onečišćujuće tvari ubrajamo farmaceutike, pesticide i njihove metabolite, surfaktante, biocide, industrijske kemikalije i njihove razgradne produkte, sredstva za osobnu njegu, hormone i zaslađivaće koji većinom ulaze u površinske vode kroz efluente otpadnih voda, procijedne vode i oborinske vode gradskih područja (Nikolaou i drugi., 2007; Reemtsma i drugi., 2006). Sudbina i opseg transporta spojeva u nastajanju u okolišu je usko vezana uz njihovu uporabu i odlaganje. Osnovne karakteristike spojeva u nastajanju su polarnost i postojanost, kao i činjenica da ih sustav obrade otpadnih voda ne uklanja eliminira (Clara i drugi., 2005; Petrovic i drugi., 2003). Neovisno o istraživanjima koja se provode, znanje o sudbini organskih spojeva u okolišu još uvijek je ograničeno, a rezultati ekotoksikoloških istraživanja o učinku spojeva u nastajanju dostupni su za samo mali dio njih. Konvencionalan pristup u analizi okoliša je praćenje zakonom reguliranih spojeva što je za procjenu utjecaja na okoliš nedostatno budući da takav pristup često ne obuhvaća metabolite i transformacijske produkte reguliranih spojeva koji su ponekad toksičniji i postojaniji, ali ni sve ostale spojeve koji nisu regulirani ali su realno prisutni u uzorcima iz okoliša. Tzv. Ne-ciljno analitičko pretraživanje usmjereno je na istraživanje što je moguće više spojeva realno prisutnih u okolišnom uzorku s posebnim naglaskom na one spojeve za koje se prethodno ne zna da su prisutni (Kraus i drugi. 2010). Tekućinska kromatografija sa spektrometrijom masa visoke razlučivosti (LC-HRMS) razlikuje se od konvencionalnih tehnika po tome što ima mogućnost kvalitativnog i kvantitativnog određivanja velikog broja polarnih kontaminanata sa i bez predselekcije analita zahvaljujući selektivnosti i osjetljivosti u cijelom masenom spektru (Hernández i drugi., 2005, 2012; Krauss i drugi., 2010). U ovome radu za ne-ciljno analitičko pretraživanje voda rijeke Save uporabljen je UHPLC-QTOF-MS u MS modu te matematički algoritmi i statistički kemometrijski softver, a drugi konfirmacijski korak ne-reguliranih organskih spojeva obuhvatio je primjenu autoMSMS metode i PCDL baza točnih masenih spektara.

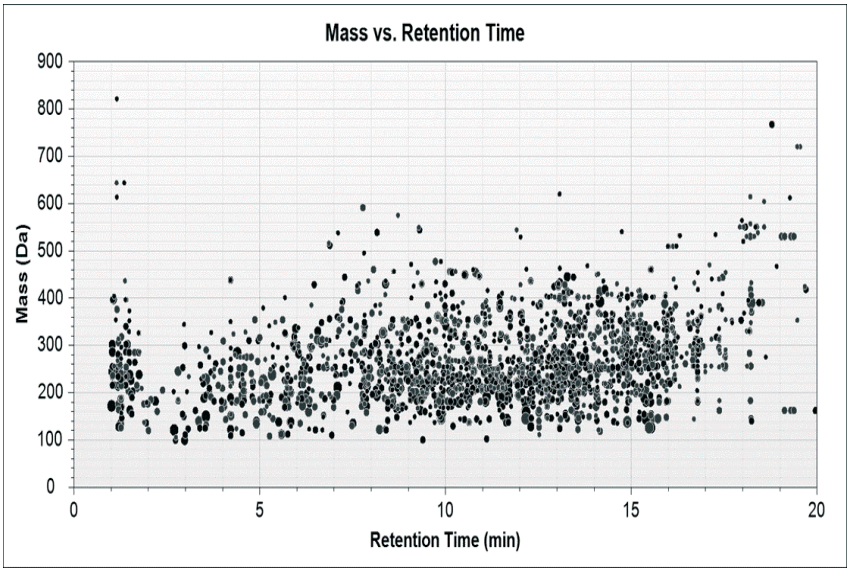
2. MATERIJALI I METODE

2.1. Uzorkovanje i analiza uzoraka LC-HRMS

Uzorkovanje voda rijeke Save provedeno je u siječnju 2015. godine na pet mjernih postaja Jesenice, Rugvica, Lukavec, Slavonski Brod i Račinovci. Uzorci voda uzorkovani su u polikarbonatne boce i pohranjeni na hladno do analize. Temperatura uzoraka je kontrolirana i prije analize koja je provedena unutar 48h od uzorkovanja, uzorci voda filtrirani su na 0,2µm PTFE filteru. Uzorci ultra čiste vode uvijek su procesuirani u paraleli s uzorcima površinskih voda. Separacija je provedena na Agilent 1290 Infinity UHPLC sustavu, a Agilent 6550 i-Funnel Q-TOF upravljan je MassHunter akvizicijskim sustavom uz brzinu detektora 4GHz. Za identifikaciju organskih kontaminanata ukupni ionski spektar prikupljan je u masenom rasponu 100-1000 m/z u pozitivnom modu uz stopu akvizicije 1 scan/sekundi za MS mod, odnosno maseni raspon 50-1000 m/z uz stopu skvizicije 3 scan/sekundi u MS/MS modu.

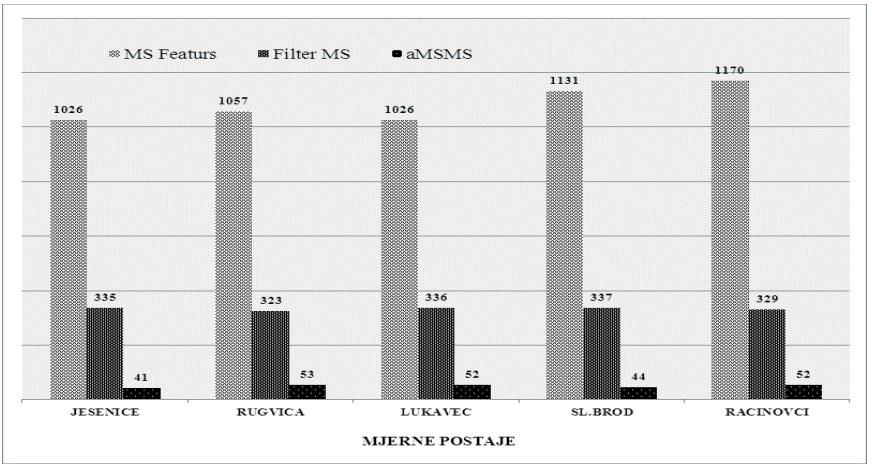
3. REZULTATI I RASPRAVA

Maseno spektrometrijski podatci generirani snimanjem UHPLC-Q-TOF-MS-om u MS modu zaprimanja u masenom spektru (100-1000 m/z) analizirani su MassProfiler i MassProfinder softverom primjenom matematičkog algoritma točnije ekstraktorom molekula kojim je provedeno dubinsko i rekurzivno pretraživanje i prikupljanje podataka. Analizom u MassProfinder-u dobiven je prvi preliminarni broj kemijskih entiteta po mjernim postajama kako slijedi Jesenice 1026, Rugvica 1057, Lukavec 1026, Slavonski Brod 1131 i Račinovci 1170 (Slika 1).



Slika 1. Grafički prikaz svih kemijskih entiteta detektiranih HRMS-om (MS mod) na pet mjernih postaja na rijeci Savi

Nakon prikupljanja i ekstrakcije dobiveni kemijski entiteti-molekule podvrgnuti su statističko kemometrijskoj analizi koja je ujedno primijenjena za eliminaciju nepouzdanih spojeva koji nisu zadovoljili zadane kriterije analize i za reduciranje lažno pozitivnih odnosno lažno negativnih kemijskih entiteta primjenom pouzdanih algoritama za sigurno pronalaženje pikova. Filtriranje odnosno redukcija podataka provedena je na temelju masenih podataka, oduzimanja spojeva koji su detektirani u slijepoj probi i pojavljivosti u sva tri replikata. Softver za generiranje molekulske formule je za izračun i predlaganje molekulske formule koristio točnu masu kemijskih entiteta uz procjenu točnosti uporabom rezultata dobivenih iz izotopnog otiska prsta, izotopnog razmaka i razlike između teoretske točne mase dodijeljene formuli i zaprimljene, snimljene točne mase za kemijski entitet. Definirani elementi bitni za generiranje formule na temelju točne mase molekule bili su C, H, N, O, S, P, Cl, Br, Al i Sn uz masenu točnost od 2 ppm. Preliminarna identifikacija statistički značajnih spojeva provedena je primjenom forenzičko-toksikološke i pesticidne PCDL baze podataka točnih masenih spektara. U svim uzorkovanim uzorcima na rijeci Savi u siječnju 2015. godine (Slika 2) je iz triplikata na svim mjernih postajama detektiran sljedeći broj statistički značajnih spojeva: Jesenice 335, Rugvica 323, Lukavec 336, Slavonski Brod 337 i Račinovci 329.



Slika 2. Prikaz broja preliminarnih, statistički relevantnih i autoMSMS metodom potvrđenih analita po mjernim postajama na rijeci Savi

Statistički relevantni spojevi njih ukupno 181 odabrani su za daljnju identifikaciju i istraživanje UHPLC-QTOF-MS-om uključivanjem na listu spojeva s koje su prekursor ioni preneseni automatski na MS/MS inkluzijsku listu. Izlaganjem spojeva s inkluzijske liste energijama kolizije od 10, 20 i 40 dobiveni točni MS/MS podaci (točna masa, fragmentacija MSMS, izotopni otisak prsta i točna masa fragmenata) primijenjeni su za identifikaciju i konfirmaciju organskih spojeva na temelju podudarnosti točnih snimljenih masenih spektara s masenim spektrima iz PCDL-a.

U slučaju podudarnosti snimljenog spektra kemijskog organskog spoja masene točnosti manje od 2 ppm dobivenog autoMSMS metodom i prisustvom spektra tog istog spoja u PCDL bazi točnih masenih spektara potvrđena je vjerojatna struktura predloženih

identifikacijskih razina pouzdanosti (Schymanski i drugi., 2014) koja jest viši stupanj identifikacije jer obuhvaća MS, MS2 i MS2 iz baze masenih spektara ali koja i dalje zahtijeva nedvojbenu potvrdu standardom. Auto MSMS metodom sa inkluzijske liste od ukupno 181-og spoja detektirano je i potvrđeno usporedbom masenih spektara i fragmenata s PCDL bazom 89 spojeva od kojih je 20 spojeva (Tablica 1) bilo prisutno na svih pet mjernih postaja.

Tablica 1. Prikaz spojeva potvrđenih autoMSMS metodom koji su detektirani na svih pet mjernih postaja na rijeci Savi

	NAZIV SPOJA	SKUPINA	CAS BROJ	RAZLIKA (DB, ppm)	REZULTAT (DB)
1	Loxanast	Antialergik	69915-62-4	-1.51	99.19
2	Hexaprofen	Antiflogistik	24645-20-3	0.4	86.06
3	Dodecyl 3,4,5-trihydroxybenzoate	Antioksidant	1166-52-5	1.59	94.95
4	Coniferin	Biomolekula	531-29-3	1.14	73.23
5	Amiterol	Bronhodilator	54063-25-1	-0.53	86.61
6	Dexpanthenol (Panthenol)	Dermatik	81-13-0	-0.11	97.00
7	Trethocanic acid	Farmaceutski sastojak	7007-81-0	1.15	85.43
8	9,10-Dihydroxystearic acid	Hidroksi masna kiselina	120-87-6	-0.17	99.17
9	Fenabutene	Hormonski modulator	5984-83-8	1.52	79.72
10	Citronellal hydrate	Insekticid	107-75-5	-1.12	86.77
11	Methidathion	Insekticid	950-37-8	-1.7	72.60
12	Pelrinone	Kardiotonik	94386-65-9	-0.81	73.99
13	Stearic Acid	Masna kiselina	57-11-4	-0.34	92.73
14	Amiperone	Neuroleptik	1580-71-8	-1.72	65.24
15	Thiopropazate	Neuroleptik	84-06-0	-1.94	61.78
16	BBP	Plastifikator	85-68-7	-0.49	97.28
17	Gestrinone	Progestin	16320-04-0	1.01	77.59
18	Epoprostenol	Prostaglandin	35121-78-9	1.39	94.56
19	Ornoprostil	Prostaglandin	70667-26-4	1.86	92.86
20	N-Methylpseudoephedrine	Psihostimulant	14222-20-9	-0.53	98.80

Za 30 organskih spojeva autoMSMS metodom utvrđena je pojavljivost samo na jednoj mjernoj postaji pa je primjerice na postaji Jesenice detektirano 5 specifičnih spojeva, na Rugvici 7, Lukavcu 4, Slavonskom brodu 6 a na Račinovcima 8 spojeva. Na po dvije mjerne postaje detektirano je ukupno 16 spojeva, od kojih je 9 detektirano i potvrđeno na mjernoj postaji Račinovci. Na po tri mjerne postaje detektirano je 12 zajedničkih spojeva, najzastupljenijih 10 od ukupno 12 pojavljuje se na Lukavcu, a 9 od njih ukupno 12 na Rugvici. Na po četiri mjerne postaje detektirano je 11 zajedničkih organskih spojeva potvrđenih autoMSMS-om, od kojih se 10 pojavljuje na Rugvici i Lukavcu, 9 od 11 u Slavonskom Brodu, 8 u Račinovcima te 7 od ukupno 11 u uzorku sa Jesenica.

Za slučaj kada spektralni podatci za organski spoj dobiven autoMSMS metodom uz točnost masa manju od 2 ppm nisu pronađeni u PCDL bazi podataka točnih masenih spektara, potvrđena je uvjetna (tentativna) struktura predloženih identifikacijskih razina pouzdanosti (MS, MS2 i eksperimentalni podaci) koja zahtijeva daljnu potvrdu pretraživanjem vanjskih baza spektralnih podataka te potvrdu s odgovarajućim standardom; takovih je spojeva bilo ukupno 64, od kojih je njih 30 s mjerne postaje Rugvica, u uzorku iz Jesenica 13, 10 iz Lukavca, 6 iz Slavonskog Broda te 5 iz uzorka uzorkovanog na Račinovcima.

ZAKLJUČAK

Visoko razlučiva masena spektrometrija koju odlikuje visoka rezolucija i masena točnost primjenjuje se sve više u analizama okoliša zbog mogućnosti kvalitativnog i kvantitativnog određivanja organskih spojeva, uz direktno injektiranje velikog volumena uzorka bez prethodne pripreme kao i mogućnosti retrospektivne analize. Zbog velikog broja analita koji ioniziranjem mogu biti detektirani ovom tehnikom kemometrijski softver primijenjen je za redukciju dobivenih kemijskih entiteta na optimalan broj statistički značajnih organskih spojeva koji su potvrđeni dodatnim auto MSMS analizama uz primjenu PCDL baze točnih masenih spektara čime je mogućnost pretraživanja dodatno unaprijeđena. Ovim radom provedena je determinacija vjerojatne i uvjetne strukture predloženih identifikacijskih razina pouzdanosti organskih spojeva a bazirana je na ekstrakciji statistički značajnih spojeva njih ukupno 181 dobivenih snimanjem u MS modu te izlaganja istih energijama kolizije u autoMSMS modu. AutoMSMS metodom je u uzorcima voda uzorkovanima u siječnju 2015. godine na rijeci Savi detektirano usporedbom s PCDL-om ukupno 87 organskih spojeva koji se ne nalaze u programima monitoringa a od kojih je na svih pet odabranih mjernih postaja na rijeci Savi potvrđena prisutnost za njih 20 koji pripadaju različitim skupinama farmaceutika, pesticida i plastifikatora. Za 64 spoja za koje podaci nisu pronađeni u PCDL bazi definirana je tentativna struktura unutar definiranih identifikacijskih razina pouzdanosti. Od 181-og statistički značajnog spoja njih 84,5 % identificirano je na razini vjerojatne i tentativne strukture sukladno predloženim identifikacijskim nivoima pouzdanosti. Točna PCDL baza masenih spektara, matematički algoritmi i kemometrijski statistički programi pokazali su se izuzetno korisnima za brzo i simultano određivanje ne-ciljnih spojeva u vodi rijeke Save. U cilju definiranja specifičnih onečišćujućih zagađivala na razini riječnih bazena potrebno je nastaviti istraživanje na rijeci Savi kroz duži vremenski period i proširiti ga na efluente uređaja za pročišćavanje otpadnih voda te na analize sedimenata kako bi se dobila realna slika o zastupljenosti i trendovima organskih spojeva koji potječu iz antropogenih izvora i s ciljem provođenja što kvalitetnije i svrsishodnije prioritizacije zagađivala.

LITERATURA

[1] Al-Odaini, N.A., Zakaria, M.P., Yaziz, M.I., Surif, S., (2010): *Multi-residue analytical method for human pharmaceuticals and synthetic hormones in river water and sewage effluents by solid-phase extraction and liquid chromatography–tandem mass spectrometry.* J. Chromatogr. A 1217: 6791- 6806.

[2] Bisceglia, K.J., Yu, J.T., Coelhan, M., Bouwer, E.J. & Roberts, A.L., (2010): *Trace determination of pharmaceuticals and other wastewater-derived micropollutants by solid phase extraction and gas chromatography/mass spectrometry*. J. Chromatogr. A 1217, 558-564.

[3] Clara, M., Strenn, B., Gans, O., Martinez, E., Kreuzinger, N., Kroiss, H., (2005): *Removal of selected pharmaceuticals, fragrances and endocrine disrupting compounds in a membrane bioreactor and conventional wastewater treatment plants*. Water Research 39, 4797-4807.

[4] Diamond, M.L., Hodge, E., (2007): *Urban contaminant dynamics: from source to effect*. Environ. Sci. Technol. 41: 3796-3800.

[5] Eggen, T., Moeder, M., Arukwe, A., (2010): *Municipal landfill leachates: A significant source for new and emerging pollutants.* Sci. Total Environ. 408, 5147-5157.

[6] Hernández, F., Pozo, O.J., Sancho, J.V., López, F.J., Marín, J.M., Ibáñez, M., (2005): *Strategies for quantification and confirmation of multi-class polar pesticides and transformation products in water by LC-MS2 using triple quadrupole and hybrid quadrupole time-of-flight analyzers*. Trac-Trends in Analytical Chemistry 24, 596-612.

[7] Hernández, F., Sancho, J.V., Ibáñez, M., Abad, E., Portolés, T., Mattioli, L., (2012): *Current use of high-resolution mass spectrometry in the environmental sciences*. Analytical and Bioanalytical Chemistry 403, 1251-1264.

[8] Krauss, M., Singer, H. & Hollender, J., (2010): *LC-high resolution MS in environmental analysis: from target screening to the identification of unknowns*. Anal. Bioanal. Chem. 397, 943-951.

[9] Nikolaou, A., Meric, S., Fatta, D., (2007): *Occurrence patterns of pharmaceuticals in water and wastewater environments*. Analytical and Bioanalytical Chemistry 387, 1225-1234.

[10] Nödler, K., Licha, T., Bester, K., Sauter, M., (2010): *Development of a multi-residue analytical method, based on liquid chromatography–tandem mass spectrometry, for the simultaneous determination of 46 micro-contaminants in aqueous samples*. J. Chromatogr. A 1217: 6511-6521.

[11] Pedrouzo, M., Borrull, F., Marcé, R.M., Pocurull, E. (2009): *Ultra-high-performance liquid chromatography– tandem mass spectrometry for determining the presence of eleven personal care products in surface and wastewaters.* J. Chromatogr. A 1216: 6994-7000.

[12] Petrovic, M., Gonzalez, S., Barceló, D., (2003): *Analysis and removal of emerging contaminants in wastewater and drinking water*. Trac-Trends in Analytical Chemistry 22, 12.

[13] Reemtsma, T.,Weiss, S., Mueller, J., Petrovic, M., González, S., Barceló, D., Ventura, F., Knepper, T.P., (2006): *Polar pollutants entry into the water cycle by municipal wastewater: a European perspective*. Environmental Science & Technology 40, 5451-5458.

[14] Schymanski, EL., Jeon, J., Gulde, R., Fenner, K., Ruff, M., Singer ,HP., Hollender, J., (2014): *Identifying Small Molecules via High Resolution Mass Spectrometry: Communicating Confidence, A new approach to data evaluation in the non-target screening of organic trace substances in water analysis.* Environ.Sci.Technol. 48, 2097-2098.

AUTORI

dr.sc. Draženka Stipaničev [a]
Siniša Repec [a]
dr.sc. Siniša Širac [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, 10000, Hrvatska, drazenka.stipanicev@voda.hr; sinisa.repec@voda.hr; sinisa.sirac@voda.hr

R 1.26.

UHPLC-Q-TOF-MS I KVANTIFIKACIJA ONEČIŠĆUJUĆIH ORGANSKIH TVARI U RIJECI SAVI

Siniša Repec, Draženka Stipaničev, Siniša Širac

SAŽETAK: Svakodnevna primjena različitih organskih spojeva u domaćinstvima, poljoprivredi i industriji uzrokuje sustavni porast onečišćujućih tvari u okolišu što posljedično narušava ravnotežu ekosustava. Tekućinska kromatografija ultravisoke djelotvornosti vezana na maseni spektrometar visoke razlučivosti koji mjeri vrijeme preleta iona (UHPLC-Q-TOF-MS) zaprima sve masene spektre u definiranom rasponu uz zadovoljavajuću osjetljivost i razlučivost te je moguće primijeniti ciljni i ne ciljni pristup za brzo analitičko pretraživanje. Metoda za kvantifikaciju velikog broja onečiščujućih tvari koje pripadaju skupinama pesticida (insekticidi, fungicidi i herbicidi) i farmaceutika (antidepresivi, antiepileptici, hipnotici, kardiovaskularni medikamenti, neuroleptici, opioidi, kemoterapeutici, hormoni) razvijena je primjenom masene spektrometrije visoke razlučivosti u ciljnom analitičkom pristupu. Granice detekcije i determinacije za pesticide i farmaceutike na UHPLC-Q-TOF-MS-u su u rasponu od 1-5 ng/L. U ovom je radu istražena pojavnost kao i koncentracijski raspon prethodno navedenih skupina pesticida i farmaceutika na odabranim mjernim postajama rijeke Save kako slijedi: Jesenice, Jankomir, Rugvica, Lukavec, Jasenovac, Davor, Pričac, Slavonski Kobaš, Slavonski Brod, Sava nakon utoka rijeke Bosne i Račinovci. Svi uzorci su uzorkovani u siječnju 2015. godine. Dobiveni rezultati ukazuju na prisutnost pesticida i farmaceutika duž cijelog toka rijeke Save kroz Republiku Hrvatsku.

KLJUČNE RIJEČI: UHPLC-Q-TOF-MS, ciljna analiza, rijeka Sava, pesticidi, farmaceutici

UHPLC-Q-TOF-MS AND QUANTIFICATION OF ORGANIC POLLUTANTS IN THE SAVA RIVER

SUMMARY: Daily application of different organic compounds in households, agriculture and industry causes a systematic increase of pollutants in the environment and affects the balance of the ecosystem. Ultra-high performance liquid chromatography related to a high-resolution mass spectometer which measures time of flight of ions (UHPLC-Q-TOF-MS) receives all mass spectra across of the defined range sufficient sensitivity and resolution, so it is possible to apply the target and nontarget approach for fast analytical search. The method for quantification of a large number of pollutants that belong to

the groups of pesticides (insecticides, fungicides and herbicides) and pharmaceuticals (antidepressants, anticonvulsants, hypnotics, cardiovascular medicaments, neuroleptics, opioids, chemotherapeutics , hormones) was developed using high resolution mass spectrometry in the target analytical approach. The UHPLC-Q-TOF-MS limits of detection and determination of pesticides and pharmaceuticals ranged from 1-5 ng/L. In this paper, the appearance and concentration range of these groups pesticides and pharmaceuticals were investigated at the selected monitoring stations on the Sava River (Jesenice, Jankomir, Rugvica, Lukavec, Jasenovac, Davor, Pričac, Slavonski Kobaš, Slavonski Brod, the Sava after the confluence of the Bosna River at Račinovci). All samples were taken in January 2015. The obtained results indicate the presence of pesticides and pharmaceuticals all along the Sava River flow throughout the Republic Croatia.

KEY WORDS: UHPLC-Q-TOF-MS, target analysis, Sava River, pesticides, pharmaceuticals

1. UVOD

Spojevi u nastajanju koji se u okolišu pojavljuju kao smjesa organskih polutanata potječu iz antropogenih izvora koji posebice u gradskim područjima dovode do porasta njihovih koncentracija (Diamond i Hodge 2007). Posljednjih godina sustavno raste broj znanstvenih radova koji se odnose na spojeve u nastajanju (Monteiro i Boxall 2010). Detekcija velikog broja spojeva u nastajanju u okolišnim vodama poput pesticida, farmaceutika i sredstava za njegu predstavlja veliki izazov budući da pripadaju strukturno heterogenenim skupinama. Većina tih spojeva je polarna i postojana i ne uklanja se klasičnim uređajima za obradu otpadnih voda (Clara i drugi., 2005; Petrović i drugi., 2003). Tekućinska kromatografija vezana na visoko razlučivu masenu spektrometriju omogućava detekciju velikog broja polarnih kontaminanata u vodi, sedimentu, hrani i biološkim uzorcima a omogućava ciljni pristup bez predselekcije analita zahvaljujući osjetljivosti i selektivnosti analiza u cijelom masenom spektru; detekciju onih spojeva za koje postoji sumnja da su prisutni u uzorcima iz okoliša i ne ciljni pristup (Hernández i drugi., 2005, 2012; Krauss i drugi., 2010). U ovom su istraživanju na odabranim lokacijama duž cijelog toka rijeke Save kroz Republiku Hrvatsku provedena kvantitativna određivanja različitih skupina polarnih organskih spojeva sa svrhom procjene njihove pojavljivosti i to primjenom tehnike visoko razlučive masene spektrometrije, metodom koja se bazira na direktnom injektiranju 100 μL uzorka površinske vode bez prethodne klasične obrade uzorka.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Uzorci i priprema uzoraka

Uzorci voda uzorkovani su cijelim tokom rijeke Save u sklopu redovitog programa praćenja u siječnju 2015. godine i to na sljedećim mjernim postajama Jesenice, Jankomir, Rugvica, Lukavec, Jasenovac, Davor, Pričac, Slavonski Kobaš, Slavonski Brod, Sava nakon utoka rijeke Bosne i Račinovci. Uzorci su uzorkovani u polikarbonatne boce i pohranjeni na hladno do analize koja je provedena unutar 48h od uzorkovanja. U ovom radu nije proveden klasičan pristup obrade realnih uzoraka voda poput ekstrakcije na čvrstoj fazi nego su prije analize čestice suspendirane tvari uklonjene iz uzoraka

površinskih voda filtriranjem na 0,2 µm PTFE filteru budući da Q-TOF-MS ima dostatnu osjetljivost za direktnu analizu uzoraka iz okoliša (Martinez i drugi., 2012).

2.2. Metoda

Metoda direktnog injektiranja primjenjena je za određivanje pesticida i farmaceutika u vodama, a sve kemikalije bile su najviše dostupne čistoće pogodne za LC-MS analize. Kalibracijska krivulja dobivena je direktnim injektiranjem u triplikatu standardnih otopina 290 pesticida i 147 farmaceutika na 7 koncentracijskih nivoa od 1-1000 ng/L. Korelacijski koeficijent veći od 0,999 korišten je kao kriterij linearne prihvatljivosti.

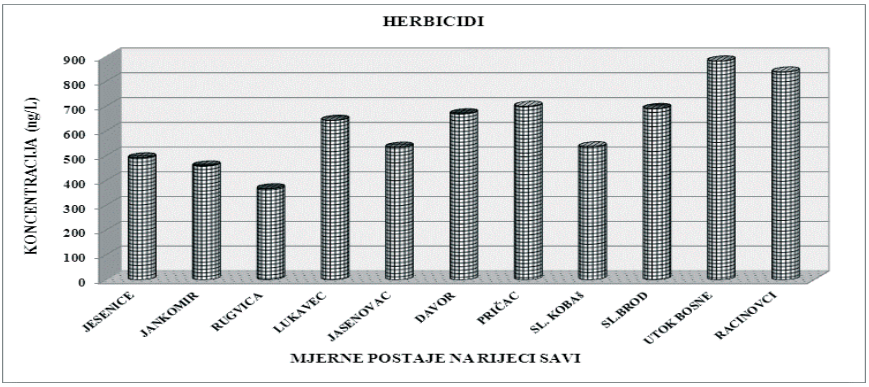
2.3. Analitički postupak

Analize su provedene na 1290 UHPLC-u (Agilent Technologies, USA). Separacija analita provedena je na RP koloni Acquity UPLC, HSS T3 (150 mm x 2.1 mm, 1.8 µm). Volumem injektiranja iznosio je 100µL. Komora za kolonu temperirana je na 50ºC. U pozitivnom ionizacijskom modu ESI(+) mobilne faze sastavljene su od otapala A (5mM amonij formijat/mravlja kiselina), i otapala B (100% metanol); 20 minutni gradijent mobilnih faza kretao je iz 100% A do 100% B, uz protok od 0,4 mL/min. Analiti su detektirani na 6550 i-Funnel Q-TOF-LC/MS-u (Agilent Technologies, USA) u pozitivnom ionskom modu uz brzinu detektora 4 GHz, rezoluciju 40,000 i točnost masa manju od 2 ppm. Rezolucija u ESI(+) iznosila je 52296 na 922.009798 m/z i 21801 na 118.086255 m/z. Korekcije su provođene automatski tijekom mjerenja za svaki pomak osi masa. Analize su provedene u MS i MS/MS modu s fiksnom energijom kolizije i u masenom rasponu od 50-1000 m/z. Akvizicijski podaci obrađeni su na MassHunter Workstation softveru (Quantitative Analysis version B.07.00/ Build 7.0.457.0 for QTOF, Agilent Technologies, USA).

3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1. Koncentracije pesticida u vodi rijeke Save

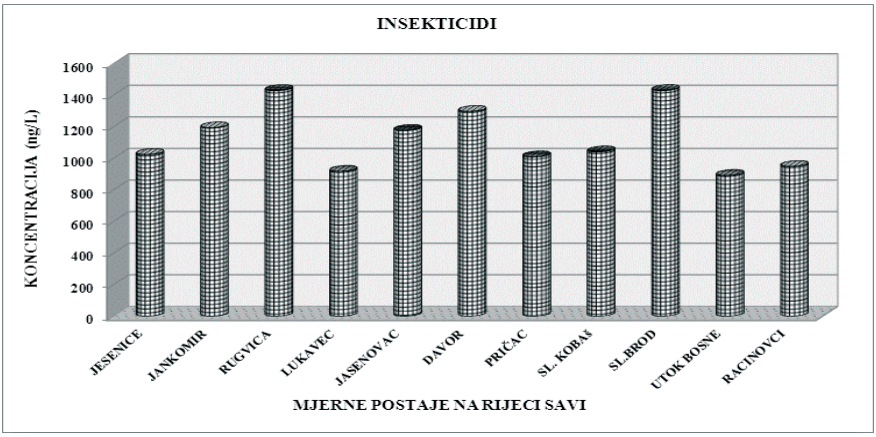
Kvantitativno određivanje pesticida UHPLC-QTOF-MS-om provedeno je ukupno za 290 pesticida, od tog ukupnog broja određivano je 100 herbicida, 74 fungicida i 116 insekticida. Na Slici 1. prikazane su izmjerene koncentracije herbicida na ukupno 11 mjernih postaja na rijeci Savi. Najviša ukupna koncentracija herbicida izmjerena je na mjernoj postaji Sava nakon utoka rijeke Bosne na kojoj je od pojedinačnih herbicida najvišu koncentraciju 61,64 ng/L imao spoj secbumeton koji se ne nalazi na listi aktivnih tvari koje se primjenjuju u Hrvatskoj. Nešto niža ukupna koncentracija izmjerena je na mjernoj postaji Sava Račinovci gdje je herbicid pendimethalin (penozalin) između svih ostalih mjerenih herbicida bio najviše zastupljen i to u koncentraciji 124 ng/L, što je ujedno i najviša izmjerena vrijednost za taj spoj kroz sve mjerne postaje. Najniža koncentracija ukupnih herbicida izmjerena na mjernoj postaji Sava Rugvica (Slika 1.). Na Slici 1. vidljiv je uzlazni trend koncentracija herbicida na rijeci Savi u siječnju 2015. godine, koji je vjerojatno povezan s poljoprivrednom djelatnošću stanovništva u donjem dijelu toka rijeke Save kojemu dodatno doprinose herbicidi koji se pritocima unose u rijeku Savu iz susjedne Republike Bosne i Hercegovine, ali i obilne padaline koje ispiranjem tla potiču migraciju organskih spojeva u okoliš.



Slika 1. Vrijednosti izmjerenih koncentracija ukupnih herbicida na mjernim postajama rijeke Save

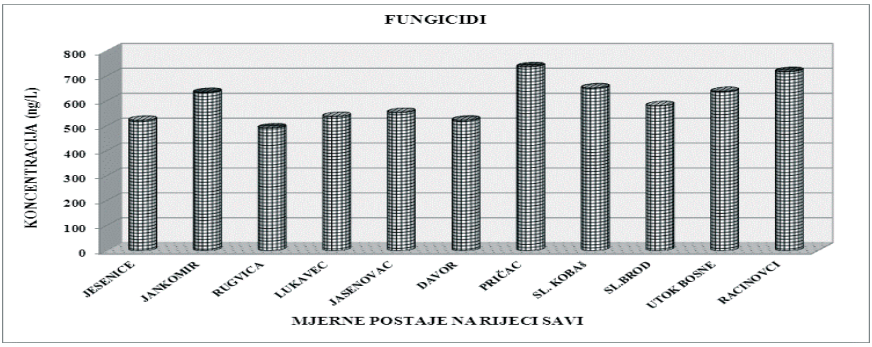
Od svih izmjerenenih ukupnih koncentracija insekticida na odabranim mjernim postajama na rijeci Savi, najviše su izmjerene na dvije mjerne postaje nakon većih gradova - Rugvica i Slavonski Brod (Slika 2.). Na mjernoj postaji Rugvica izmjerena je najviša koncentracija malationa 282,16 ng/L, dok je na mjernoj postaji Slavonski Brod izmjerena najviša koncentracija insekticida spiromesifena 147,96 ng/L.

Najniža koncentracija ukupnih insekticida izmjerena je na mjernoj postaji Sava nakon utoka rijeke Bosne. Siječanjski trend koncentracija ukupnih insekticida sa svih mjernih postaja na rijeci Savi je ukupno gledano postepeno silazni neovisno o višim koncentracijama koje se javljaju nakon većih gradova. Usporedbom koncentracija insekticida na mjernim postajama Jesenice (ulaz u Hrvatsku) i Račinovci (izlaz iz Hrvatske) vidljivo je da je u siječnju došlo do neznatnog sniženja ukupne koncentracije insekticida neovisno o varijabilnim ukupnim koncentracijama unutar toka rijeke Save kroz Hrvatsku.



Slika 2. Vrijednosti izmjerenih koncentracija ukupnih insekticida na mjernim postajama rijeke Save

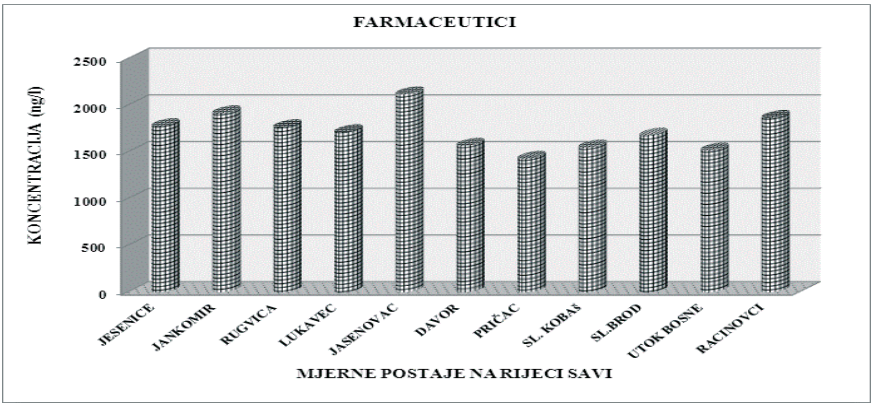
Najviše ukupne koncentracije fungicida usporedbom izmjerenih koncentracija fungicida na 11 mjernih postaja na rijeci Savi izmjerene su na mjernoj postaji Pričac (Slika 3.). Od ukupno mjerenih fungicida, koncentracijski najzastupljeniji na mjernoj postaji Pričac bio je dimoksistrobin u koncentraciji od 222,93 ng/L što je bila i najviša koncentracija izmjerena za taj fungicid na cijelom toku rijeke Save. Najniža koncentracija ukupnih fungicida izmjerena je na mjernoj postaji Rugvica. Postepeno uzlazni trend ukupnih koncentracija fungicida vidljiv je duž toka rijeke Save. Usporedbom ukupnih koncentracija fungicida na mjernoj postaji na ulazu u Hrvatsku i na izlazu iz Hrvatske, vidljivo je da siječanj karakterizira porast koncentracije ukupnih fungicida neovisno o njihovim varijabilnim ukupnim koncentracijama unutar toka rijeke Save kroz Hrvatsku.



Slika 3. Vrijednosti izmjerenih koncentracija ukupnih fungicida na mjernim postajama rijeke Save

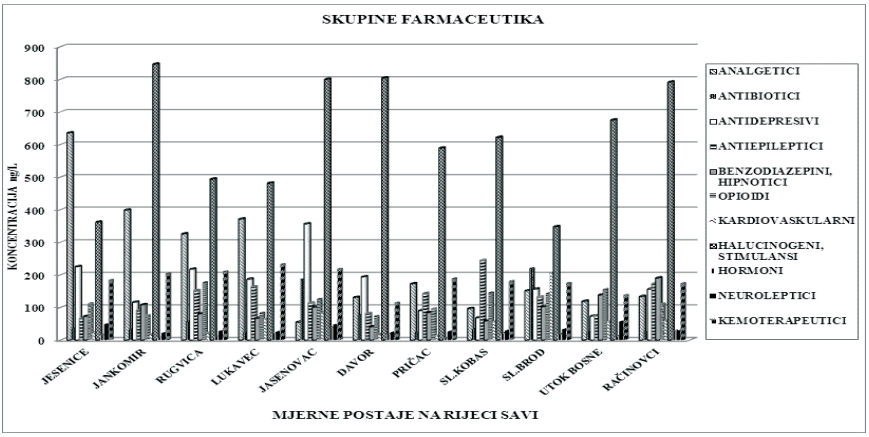
3.2. Koncentracije farmaceutika u vodi rijeke Save

Za ukupno 147 različitih farmaceutskih pripravaka kako slijedi: 11 analgetika, 22 antidepresiva, 8 antiepileptika, 27 benzodiazepina, 5 antibiotika, 8 kardiovaskularnih medikamenata, 5 kemoterapeutika, 19 stimulansa, 2 hormona, 13 neuroleptika i 27 opioida provedeno je kvantitativno određivanje u vodi rijeke Save uzorkovane u siječnju 2015. godine na 11 mjernih postaja. Najviša koncentracija ukupnih farmaceutika na rijeci Savi (Slika 4) izmjerena je na mjernoj postaji Jasenovac, a najniža koncentracija farmaceutika izmjerena je na mjernoj postaji Pričac. Odnos izmjerenih ukupnih koncentracija u siječnju, između početne mjerne postaje na Jesenicama i završne mjerne postaje na rijeci Savi u Račinovcima pokazuje da je došlo do neznatnog sniženja koncentracija ukupnih farmaceutika duž toka rijeke Save.



Slika 4. Vrijednosti izmjerenih koncentracija ukupnih farmaceutika na mjernim postajama rijeke Save

Najviše koncentracije ukupnih analgetika (Slika 5) izmjerene su na mjernoj postaji Jesenice, a najzastupljeniji analgetik na toj mjernoj postaji bio je diklofenak s koncentracijom od 589,93 ng/L. Na mjernoj postaji Rugvica izmjerene su najviše ukupne koncentracije opioida, a najviše je doprinio opioid norpropoksifen u koncentraciji od 104,52 ng/L. Najviše koncentracije ukupnih kemoterapeutika izmjerene su na mjernoj postaji Lukavec gdje je izmjerena najveća koncentracija sulfametoksazola od 223,01 ng/L. U vodi uzorkovanoj na mjernoj postaji Jasenovac izmjerene su najviše ukupne koncentracije antidepresiva i hormona. Od svih antidepresiva na Jasenovcu u najvećoj koncentraciji od 168,79 ng/L izmjeren je fluvoksamin, a od hormona na istoj je mjernoj postaji bila najviša koncentracija hormona progesterona od 34,37 ng/L. Ukupnih antiepileptika najviše je izmjereno na mjernoj postaji Slavonski Kobaš a najzastupljeniji je od svih izmjerenih antiepileptika bio primidon u koncentraciji od 115,53 ng/L. Najviše ukupnih antibiotika i kardiovaskularnih medikamenata izmjereno je na mjernoj postaji nizvodno od Slavonskog Broda. Najveću koncentraciju od svih mjerenih antibiotika na mjernoj postaji nizvodno od Slavonskog Broda od 196,12 ng/L imao je eritromicin, a digitoksin, jedan od kardiovaskularnih medikamenata izmjeren je u najvećoj koncentraciji od 110,38 ng/L na istoj mjernoj postaji. Najveća koncentracija ukupnih neuroleptika izmjerena je na mjernoj postaji nakon utoka rijeke Bosne u rijeku Savu, a najzastupljeniji neuroleptici bili su klozapin i njegov metabolit N-desmetilklozapin u koncentracijama kako slijedi 12,72 ng/L i 12,24 ng/L ng/L. Na mjernoj postaji Račinovci izmjerene su najveće koncentracije ukupnih benzodiazepina. Zopiklon u koncentraciji 76,62 ng/L najzastupljeniji je benzodiazepin izmjeren na postaji Račinovci. Najviše koncentracije ukupnih halucinogena i stimulansa izmjerene su na mjernoj postaji Jankomir, a najveću koncentraciju 361,47 ng/L na toj postaji imao je kofein.



Slika 5. Vrijednosti izmjerenih koncentracija po skupinama farmaceutika na mjernim postajama rijeke Save

ZAKLJUČAK

Dobiveni rezultati kvantifikacije šireg spektra različitih organskih onečišćujućih tvari koje pripadaju skupinama pesticida i farmaceutika, a koje nisu obuhvaćene trenutno važećom regulativom, ukazuju na njihovu prisutnost u vodi rijeke Save uzorkovane na 11 mjernih postaja u siječnju 2015. godine. Budući se radi o spojevima koji se sustavno i svakodnevno primjenjuju, isti predstavljaju potencijalnu opasnost za okoliš posebice ako se uzme u obzir da spojevi koji su ovim istraživanjem kvantificirani nisu jedini koji su realno prisutni u površinskim vodama. Ovo istraživanje ukazuje na važnost sustavnog praćenja ne samo zakonski reguliranih nego i zakonski ne reguliranih spojeva s ciljem utvrđivanja stvarnog stanja voda, pravovremene detekcije svih promjena u okolišu te definiranja specifičnih zagađivala za riječne bazene.

LITERATURA

[1] Clara, M., Strenn, B., Gans, O., Martinez, E., Kreuzinger, N., Kroiss, H., (2005): *Removal of selected pharmaceuticals, fragrances and endocrine disrupting compounds in a membrane bioreactor and conventional wastewater treatment plants.* Water Research 39, 4797-4807.

[2] Diamond, M.L., Hodge, E., (2007): *Urban contaminant dynamics: from source to effect*. Environ. Sci. Technol. 41: 3796-3800.

[3] Hernández, F., Pozo, O.J., Sancho, J.V., López, F.J., Marín, J.M., Ibáñez, M., (2005): *Strategies for quantification and confirmation of multi-class polar pesticides and transformation products in water by LC-MS2 using triple quadrupole and hybrid quadrupole time-of-flight analyzers*. Trac-Trends in Analytical Chemistry 24, 596-612.

[4] Hernández, F., Sancho, J.V., Ibáñez, M., Abad, E., Portolés, T., Mattioli, L., (2012): *Current use of high-resolution mass spectrometry in the environmental sciences*. Analytical and Bioanalytical Chemistry 403, 1251-1264.

[5] Krauss, M., Singer, H., Hollender, J., (2010): *LC-high resolution MS in environmental analysis: from target screening to the identification of unknowns*. Analytical and Bioanalytical Chemistry 397, 943-951.

[6] Martínez Bueno M.J., Ulaszewska M. M., Gomez M.J., Hernando M.D., Fernández-Alba A.R.,(2012): *Simultaneous measurement in mass and mass/mass mode for accurate qualitative and quantitative screening analysis of pharmaceuticals in river water*. J. Chromatogr. A 1256 , 80– 88.

[7] Monteiro, S., Boxall, A., (2010): O*ccurrence and Fate of Human Pharmaceuticals in the Environment*. Rev Environ Contam Toxicol 202, 53-154.

[8] Petrović, M., Gonzalez, S., Barceló, D., (2003): *Analysis and removal of emerging contaminants in wastewater and drinking water*. Trac-Trends in Analytical Chemistry 22, 12.

AUTORI

kem.teh. Siniša Repec [a]
dr.sc. Draženka Stipaničev [a]
dr.sc. Siniša Širac [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, 10000, Hrvatska, sinisa.repec@voda.hr; drazenka.stipanicev@voda.hr; sinisa.sirac@voda.hr

R 1.27.

MIKROBIOLOŠKA KAKVOĆA PRIOBALNIH IZVORA LIBURNIJSKOG PODRUČJA

Neiro Bilajac, Dražen Lušić, Lovorka Bilajac, Arijana Cenov, Marin Glad, Darija Vukić Lušić

SAŽETAK: U našoj tradicionalno turistički orijentiranoj zemlji, pitanje sanitarne kakvoće mora na plažama od velikog je javno zdravstvenog interesa. Prema Uredbi o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08), kao točka uzorkovanja mora definira se i točka "na ušću vodotoka u more, priobalnog izvora i vrulja". Budući da monitoring kakvoće mora ne uključuje navedene lokacije, ne raspolaže se s podacima o kakvoći navedenih dotoka. Obzirom da liburnijsko područje obiluje vruljama i priobalnim izvorima, unos fekalnih otpadnih voda ovim putem u zonu rekreacije predstavlja značajan faktor pogoršanja kakvoće mora.

Cilj ovog rada bio je ispitati mikrobiološku opterećenost priobalnih izvora liburnijskog područja. U istraživanju ispitana je kakvoća mora na točkama u neposrednoj blizini dotoka s kopna, na 7 mikrobioloških pokazatelja, u tri navrata u kišnim periodima tijekom 2012. i 2013. godine.

Rezultati ispitivanja pokazali su da za vrijeme kišnog razdoblja dolazi do povećanja mikrobiološkog opterećenja morske vode na lokacijama u blizini priobalnih izvora. Od fekalnih indikatora dominiraju E. coli i enterokoki, obavezni po Uredbi, a *C. perfringens* se pokazao kao dobar dodatni indikator. Prisustvo ne-fekalnih bakterija također je ispitano.

Navedeni rezultati posljedica su opterećenja podzemnih voda fekalnim materijalom zbog: nepriključenosti pojedinih subjekata na javni kanalizacijski sustav, propuštanja septičkih jama, te neadekvatne odvodnje oborinskih voda.

KLJUČNE RIJEČI: kakvoća mora za kupanje, indikatori fekalnog onečišćenja, vrulje, priobalni izvori, rizik od onečišćenja

MICROBIOLOGICAL QUALITY OF COASTAL SPRINGS OF LIBURNIAN AREA

SUMMARY: In our country, traditionally oriented toward tourism, the issue of the seawater sanitary quality in beach areas has a major public health significance. According to the Regulation on the Bathing Sea Quality (Official Gazette 73/2008), the sampling point "at the confluence of streams into the sea, coastal and submarine springs" is also defined

as a seawater sampling point. Since the monitoring of the sea water quality does not include these locations, there is a lack of data about the quality of the mentioned flows. The Liburnian area abounds in submarine and coastal springs, therefore the inflow of faecal wastewater in this way into the recreation are represents an important factor in the deterioration of the seawater quality.

The aim of this study was to investigate the microbiological load of the coastal springs in the Liburnian area. In this study, bathing sea water quality was examined at the points of close proximity of the mainland inflows. It was tested on 7 microbiological parameters, on three occasions during the rainfall periods of 2012 and 2013.

The results of the tests show that, during the rainy season, the microbial load of seawater appears on locations characterized by a large number of coastal and submarine springs. Faecal indicators are predominantly represented by *E. coli* and enterococci, whose control is required by the Regulation (O.G. 73/2008), whereas *C. perfringens* proved to be a suitable additional indicator.

The presence of non-faecal bacteria was also examined. These results are the consequence of the load of groundwater with faecal material due to disconnection of individual subjects to the public sewerage system, septic tank leaks as well as the inadequate drainage of rainwater.

KEY WORDS: Bathing seawater quality, indicators of faecal contamination, submarine springs, coastal springs, risk of pollution.

1. UVOD

Plaža je uređeni dio morske ili slatkovodne obale namijenjen prvenstveno za kupanje i sunčanje ljudi, ali može se koristiti i za ostale aktivnosti (sport, rekreacija...). Broj ljudi koji nastanjuje ili posjećuje obalna područja konstantno raste, te se iz godine u godinu pritisak na ove uske zone povećava. Obalne zone i plaže predstavljaju izrazito važno ali istovremeno posebno osjetljivo ekološko područje, koje je nažalost pod negativnim utjecajem okoline, uslijed razvoja industrije, urbanizacije, ispuštanja otpadnih voda i dr. stoga, u cilju očuvanja dobrog ekološkog stanja, kao i zdravlja kupača, postoji potreba za sustavnom kontrolom kakvoće mora obalne zone. Budući da je liburnijski kraj pretežito krški (koriste se i termini: kras i karst) tip reljefa koji se razvija na tlu sastavljenom od topljivih stijena (najčešće kalcijevog ($CaCO_3$) i magnezijevog karbonata ($MgCO_3$)) (Herak, 1990), u ovom području česta je pojava vrulja i priobalnih izvora.

Podmorski izvori (vrulje, eng. submarine springs) su stalni ili povremeni izvori slatke vode koja dotječe podzemnim pukotinskim kanalima iz udaljenoga krškog zaleđa. Kvaliteta vode može biti narušena u slučaju da voda potječe iz ponornice ili da je zagađenje dospjelo procjednim vodama npr. iz kanalizacije ili odlagališta otpada (Ožanić i drugi, 2007).

Voda priobalnih izvora najčešće pripada velikoj rezervi vode koja se nalazi u šupljinama krškog terena, te podzemnim kanalima putuje do obale i ulijeva se u more, što se često može vidjeti u Kvarnerskom zaljevu gdje je prisutan veliki broj priobalnih izvora. Priobalni izvori često se krivo interpretiraju i smatraju se vruljama (Ožanić i drugi, 2007). Voda koja se ulijeva uz obalu u more često se na svom putu onečisti, što postaje potencijalna opasnost za zdravlje kupača.

Primarni cilj ovog rada bio je ispitati mikrobiološku kakvoću vode priobalnih izvora liburnijskog područja, te procijeniti njihov utjecaj na kakvoću mora na plažama. Osim obaveznih mikrobioloških parametara definiranih Uredbom (NN 73/08), ispitani su i dodatni mikrobiološki pokazatelji, te je određena njihova korelacija. Također, analiziran je utjecaj količine oborina na mikrobiološku opterećenost kopnenih dotoka. Ovaj rad daje naglasak na važnost ispitivanja kakvoće mora na točkama koje su u neposrednoj blizini dotoka s kopna, kao značajnim faktorom rizika od onečišćenja.

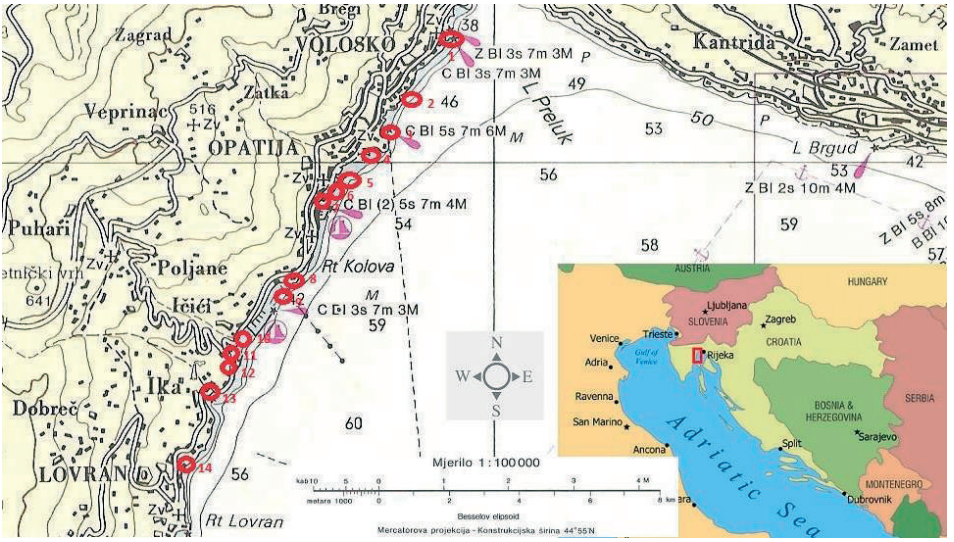
2. MATERIJALI I METODE

2.1. Uzorkovanje

Ispitivanje kakvoće mora za kupanje se provodilo u tri navrata u razdoblju od 26. ožujka 2012. do 31. svibnja 2013. g., u svrhu određivanja fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara vode. Uzorkovanje morske vode provodilo se na širem opatijskom području, na 14 lokacija. Uzorci vode uzimani su pomoću teleskopskog štapa za uzorkovanje voda, u sterilne boce volumena 500 ml, iz površinskog sloja (0,3 m ispod površine).

2.2. Područje ispitivanja

Na Slici 1 i u Tablici 1 prikazane su lokacije ispitivanja s pripadajućim oznakama na karti.



Slika 1. Područje ispitivanja: četrnaest lokacija na širem opatijskom području

Tablica 1. Popis postaja ispitivanja i oznaka na karti

Plaža	Oznaka
Volosko Črnikovica	1
Plaža hotela Belveder	2
Slatina hotel Milenij	3
Slatina bazen Hotel Mozart	4
Slatina Hotel Palace	5
Opatija plaža Kristal	6
Admiral ispod bazena	7
Hotel Ičići	8
Hotel Ičići depadansa	9
Ičići betonska plaža	10
Ičići ispred Konzuma	11
Ičići kraj plaže	12
Ika plaža	13
Lovran gradska plaža	14

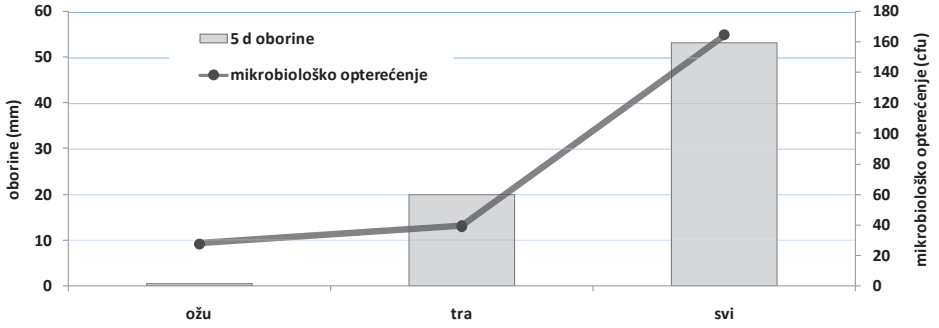
2.3. Fizikalno-kemijske i mikrobiološke metode

Od fizikalno-kemijskih i kemijskih elementa temperatura vode mjerena je živinim termometrom s podjelom ljestvice 10/1 °C, salinitet terenskom sondom (YSI Inc, Model 30), pH vrijednost pH-metrom Mettler Toledo prema ISO 10523:1994(E), mutnoća vode turbidimetrom nefelemetrijskom metodom (Turbidimetar Hach, 2100N IS).
Bakteriološke analize rađene su tehnikom membranske filtracije. Za izolaciju i dokazivanje crijevnih enterokoka primjenjuje se metoda HRN EN ISO 7899-2:2000, a za Escherichia coli HRN EN ISO 9308-1 :2000 (Rapid test). Ispitivanje uzoraka na prisustvo i brojnost vrste *C. perfringens* provedeno je prema preporukama Direktive Vijeća Europe 98/83/EZ, na S. aureus prema APHA, Standard Methods 2012 (9213 B), na P. aeruginosa prema HRN EN ISO 16266:2008. Rezultati se izražavaju kao broj izraslih kolonija (bik, eng. cfu = colony forming unit) u 100 ml morske vode.
Također, određen je broj aerobnih heterotrofnih bakterija na temperaturi inkubacije 37 °C i 22 °C prema postupku opisanom u normi HRN EN ISO 6222:2000, uz modifikaciju vrste hranjivog agara, koji je prilagođen uzorcima morske vode (Marine agar, DIFCO-BD). Rezultati se izražavaju kao cfu/ml morske vode.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Uredba o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08) koja je usklađena s zahtjevima Direktive o upravljanju vodom za kupanje (2006/07/EZ), a u primjeni je od 2009. g., kao točku uzorkovanja mora definira i točku na „ušću vodotoka u more“, priobalnog izvora i vrulja, te na mjestima gdje postoji rizik od onečišćenja. Naime, mikrobiološki parametri smatraju se najznačajnijim indikatorima zagađenja mora sanitarno-fekalnim otpadnim vodama. Praćenjem ovih indikatora, procjenjuje se potencijalni rizik od zaraznih bolesti korištenjem morske vode za rekreaciju i kupanje. Oborinske vode u periodima obilnih padalina, propuštanje septičkih jama, neprikljućenost pojedinih domaćinstava na kanalizacijsku mrežu, korištenje “crnih jama”, nedovoljna izgrađenost kanalizacijske

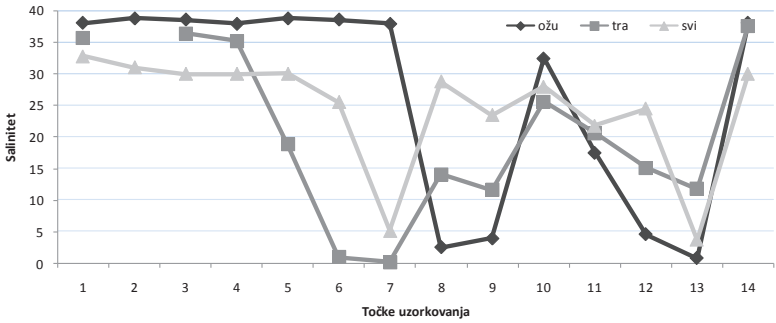
mreže, kvarovi u sustavu, predstavljaju glavne uzroke kratkotrajnih zagađenja mora na plažama. Zbog specifičnih hidrogeoloških osobina krškog podzemlja, postoji direktan kontakt slivnog područja i podzemnih vodonosnika, priobalnih izvora i vrulja, koji su zbog toga vrlo osjetljivi na vanjske utjecaje odnosno onečišćenja. U vrijeme obilnih padalina i neposredno nakon njih dolazi do povećanog rizika kupanja na plažama, posebice na onima gdje se nalazi veći broj izvora slatke vode. Na širem riječkom području učestala je pojava ekstremnih padalina, kada u vrlo kratkom periodu padne velika količina oborina (>100 mm). U tim uvjetima mogućnost onečišćenja rekreativne zone obalnog mora je najveća, posebice kada oborine padnu nakon dužeg sušnog perioda, pri čemu dolazi do ispiranja slivnog područja i zagađenja zadržanih u podzemlju. U radu je analiziran utjecaj količine oborina na pojavu mikrobiološkog onečišćenja u obalnoj zoni. Praćen je utjecaj količine oborina na dan uzorkovanja i prethodnih pet dana, a podaci su dobiveni od Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ, Zagreb). Tijekom ispitivanog razdoblja dnevna količina oborina kretala se od 0,0 mm do 43,8 mm. Najveća količina oborina koja je prethodila uzorkovanju (dan uzorkovanja i prethodnih pet dana) zabilježena je u svibnju 2013. g. (53,1 mm), a najniža u ožujku (0,5 mm). Na Slici 2 vidljiv je porast ukupnog mikrobiološkog opterećenja (svi promatrani mikrobiološki parametri) s povećanom količinom oborina.



Slika 2. Odnos mikrobiološkog opterećenja i oborina kroz 5 dana

Veća količina oborina utjecala je na onečišćenje mora pronosom onečišćenja podzemnim vodama prisutnih izvorišta. Pokazalo se da manja količina oborina nije utjecala na kakvoću mora, međutim, nakon određene granične vrijednosti, koncentracija mikrobioloških parametara u kratkom vremenu raste.

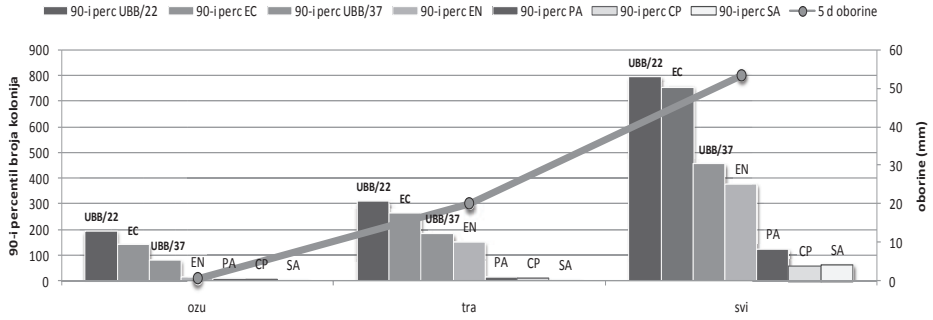
Jedan od najznačajnijih fizikalno-kemijskih parametra koji indicira na mogući utjecaj slatke vode je salinitet. Značajno niže vrijednosti saliniteta zamijećene su na 3 lokacije: 13-Ika plaža (sr. vrij. S=5,4), 9-Hotel Ičići depadansa (sr. vrij. S=13,0) i 7-Admiral ispod bazena (sr. vrij. S=14,5), što je prikazano na Slici 3. Navedene lokacije poznate po većem broju izvora slatke vode. Prilikom drugog uzorkovanja u travnju 2012. g. izmjereni salinitet na lokaciji 7-Admiral ispod bazena bio je 0,2 a na lokaciji 13-Ika plaža u ožujku 2012. g. 0,8. Vrlo niske vrijednosti saliniteta potvrđuju da dotok slatke vode u obalnoj zoni može biti vrlo snažan, te ovisno o stanju u slivu, transportirati fekalno onečišćenje iz bliže okolice, ali i iz udaljenijih dijelova sliva. Snažna povezanost između niskog saliniteta i mikrobiološkog opterećenja opisana je i u drugim radovima (He L.M. i He Z.L., 2008).



Slika 3. Vrijednosti saliniteta vode tijekom perioda ispitivanja

Pored fizikalno-kemijskih parametara uzorci mora ispitani su na prisutnost i brojnost sedam mikrobioloških pokazatelja. Fekalni indikatori: *E. coli* (EC), enterokoki (EN), *C. perfringens* (CP), ne-fekalni indikatori *P. aeruginosa* (PA), *S. aureus* (SA) i broj heterotrofnih bakterija na temperaturi inkubacije 22 °C i 37 °C (UBB/22°C, UBB/37°C). Broj kolonija ukupnih heterotrofnih bakterija pokazatelj je količine biološki razgradivih organskih tvari u vodi. Prema rezultatima ispitivanja broj kolonija poraslih na 22°C veći je (0-900 cfu/ml, sr. vrij. 172 cfu/ml) u odnosu na kolonije izrasle na 37°C (0-752 cfu/ml, sr. vrij. 85 cfu/ml), što ukazuje da dominiraju vrste koje su prilagođene temperaturi okoliša (22°C).

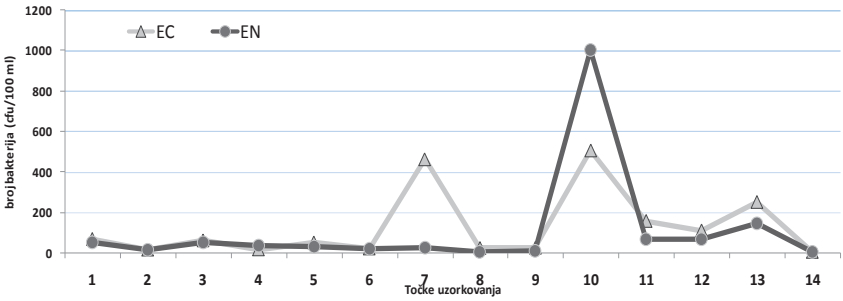
Slika 4. prikazuje odnos količine oborina i vrijednosti 90-og percentila pojedinačnih mikrobioloških pokazatelja. Vidljivo je da je u svibnju mikrobiološko onečišćenje bilo najintenzivnije, a od ispitivanih parametara po brojnosti su u prvom redu UBB/22, zatim EC, UBB/37, EN, PA, CP i SA.



Slika 4. Vrijednosti 90-og percentila u odnosu s količinom oborina

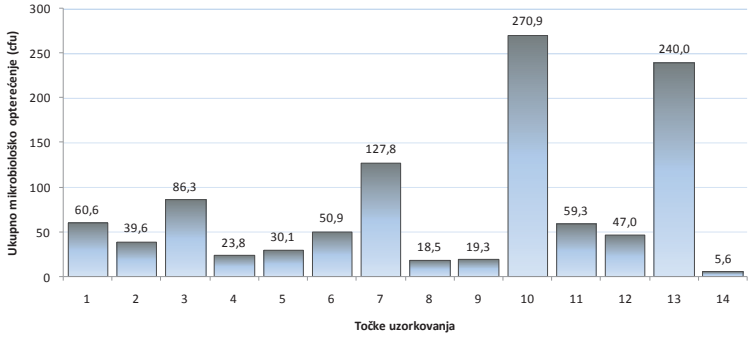
Sustav ocjenjivanja kakvoće mora sukladno Uredbi o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08), na temelju vrijednosti 90-og i 95-og percentila daje pouzdanu ocjenu. Temeljem ocjene prema stupnju varijabilnosti / rasponu odstupanja od srednjaka moguće je dobiti mjeru predvidivosti rezultata, odnosno mjeru rizika od onečišćenja. Ocjene kakvoće mora ne upućuju samo na koncentraciju mikroorganizama, već i na potencijalni rizik od onečišćenja.

Mikrobiološki parametri koji se obavezno ispituju prema Uredbi (NN 73/08) su *E. coli* i crijevni enterokoki. EC se smatra najspecifičnijim indikatorom fekalnog onečišćenja. Raste uglavnom u gastrointestinalnom traktu, iako su novija ispitivanja pokazala da je rast moguć i u okolišu (Neill, 2004). Crijevni enterokoki su grupa bakterija koja je važan indikator sanitarne kakvoće rekreacijskih voda. EN pokazuju najjaču korelaciju s pojavom gastrointestinalnih smetnji koje se javljaju nakon kupanja na plažama (Figueras i drugi, 1997). EC se najčešće pojavljuju u većem broju u odnosu na EN, što je u skladu s rezultatima redovnog monitoringa kakvoće mora na plažama. Srednja vrijednost broja izraslih kolonija svih rezultata za EC=126,1 cfu/100 ml, a za EN=107,0 cfu/100 ml. Ukoliko broj enterokoka premašuje broj *E. coli*, vjerojatno je riječ o starijem fekalnom onečišćenju, jer su enterokoki otporniji na uvjete preživljavanja u morskoj vodi (Murphy i drugi, 2013). Takva situacija pojavila se samo kod dvije lokacije: 4 - Slatina bazen Hotel Mozart, gdje je srednja vrijednost EC=16,7 cfu/100 ml, a EN=36,0 cfu/100 ml i 10 – Ičići betonska plaža, EC=503,7 cfu/100 ml, EN=1001,3 cfu/100 ml (Slika 5).



Slika 5. Odnos enterokoka i E. coli

Razmatrajući ukupno mikrobiološko opterećenje (Slika 6), vidljivo je da se po vrijednostima ističu tri lokacije: 10-Ičići betonska plaža (srednja vrijednost 270,9 cfu), 13-Ika plaža (srednja vrijednost 240,0 cfu) i 7-Admiral ispod bazena (srednja vrijednost 127,8 cfu). Na tim lokacijama prisutni su najsnažniji priobalni izvori (na lokacijama 13 i 7 također je zabilježen vrlo nizak salinitet), koji za vrijeme kišnog razdoblja neprestano teku a sustav odvodnje oborinskih i komunalnih otpadnih voda još uvijek nije u potpunosti u funkciji. Za istraživanje uzroka onečišćenja značajno je da su lokacije ispitivanja na kojima je zabilježeno najjače onečišćenje, u neposrednoj blizini kuća ili hotela. Kako se radi o starijim naseljima, koja su izgrađena prije 100 i više godina, vjerojatno je došlo do ispuštanja kanalizacijskih voda, ili ilegalnog priključivanja kanalizacijskih cijevi na oborinske cijevi, kojim putem fekalije dolaze do mora.



Slika 6. Ukupna mikrobiološka opterećenost po ispitivanim točkama (srednja vrijednost ukupnog mikrobiološkog opterećenja)

Kvaliteta morske vode na ispitivanom području od iznimnog je značaja, obzirom da je kroz povijest a i danas to područje turistički orijentirano, te u ljetnim mjesecima pored domaćih kupača plaže posjećuje i veliki broj stranih turista. Na promatranim plažama u sezoni kupanja broj posjetitelja često je iznad kapaciteta plaže, što predstavlja dodatni faktor rizika od širenja eventualne zaraze. Prestankom oborina kontaminacija ne prestaje, odnosno slatkovodni izvori još neko vrijeme pronose zagađenje. Međutim, prestankom padalina mikrobiološko opterećenje se smanjuje, tako da je svakim slijedećim danom rizik od zaraze za kupača manji.

ZAKLJUČAK

1. Prisutnost izvora slatke vode u obalnoj zoni može utjecati na narušavanje mikrobiološke kakvoće vode, što predstavlja potencijalan rizik za zdravlje kupača.
2. Najveće mikrobiološko opterećenje zabilježeno je na tri lokacije (10-Ičići betonska plaža, 13-Ika plaža, 7-Admiral ispod bazena), karakterizirane većim brojem priobalnih izvora i vrulja, koji za vrijeme oborina neprestano teku u more, a nalaze se u neposrednoj blizini stambenih i poslovnih objekata.
3. Rezultati ispitivanja potvrđuju da količina palih oborina, utječe na kakvoću mora na plažama.
4. Ukupni broj mezofilnih heterotrofnih bakterija veći je pri temperaturi od 22°C nego pri 37°C, što ukazuje da dominiraju vrste prilagođene temperaturi okoliša.
5. Generalno, E. coli javlja se u većem broju u odnosu na enterokoke, *C. perfringens* predstavlja dobar dodatni indikator fekalnog onečišćenja, *S. aureus* detektiran je u najmanjem broju.

LITERATURA

[1] Figueras M.J., Polo F., Inza I., Guarro J., Past, (1997): *Present and future perspectives of the EU Bathing Water Directive*, Marine Pollution Bulletin, (1997/34), 148–156.

[2] Herak, M. (1990): *Geologija*: Školska knjiga, Zagreb, 450

[3] He L.M. i He Z.L. (2008): *Water quality prediction of marine recreational beaches receiving watershed baseflow and stormwater runoff in southern California, USA*, Water Research, (2008/42), 2563-2573.

[4] Murphy K.R., Boehme R.J., Brown C., Noble M., Smith G., Sparks D., Ruiz M.G. (2013): *Exploring the limits of dissolved organic matter fluorescence for determining seawater sources and ballast water exchange on the US Pacific coast*, Journal of Marine Systems, (2013/111-112), 157–166.

[5] Neill M., (2004): *Microbiological Indices for total coliform and E. coli bacteria in estuarine waters*, Marine Pollution Bulletin, (2004/49), 752–760.

[6] Ožanić N., Gereš D., Bonacci O., Margeta J., Husnjak S., Gjetvaj G., Rajko D., Karleuša B., Rubinić J., (2007): *Priručnik za hidrotehničke Melioracije*, III kolo, Knjiga 3, Liber, Rijeka, 264.

AUTORI

Neiro Bilajac [a]
Dražen Lušić [a]
Lovorka Bilajac [b,c]
Arijana Cenov [a]
Marin Glad [a]
Darija Vukić Lušića [b,*]

[a] Medicinski fakultet Rijeka, Katedra za zdravstvenu ekologiju, Braće Branchetta 20, 51 000 Rijeka, Hrvatska, neiro.bilajac23@gmail.com, drazen.lusic@medri.uniri.hr,

[b] Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije, Krešimirova 52 a, 51 000 Rijeka, Hrvatska, arijana.cenov@zzjzpgz.hr, marin@zzjzpgz.hr, darija@zzjzpgz.hr,

[c] Medicinski fakultet Rijeka, Katedra za socijalnu medicinu i epidemiologiju, Braće Branchetta 20, 51 000 Rijeka, Hrvatska, lobilajac@gmail.com

[*] Dopisni autor

R 1.28.

KEMIJSKA I MIKROBIOLOŠKA KAKVOĆA VODE IZVORA RJEČINE U RAZDOBLJU OD 2010. DO 2014. GODINE

Jasna Maksimović, Vanda Piškur, Nataša Mihelčić, Darija Vukić Lušić, Josip Rubinić

SAŽETAK: Cilj ovog rada je prikazati osnovne kemijske i mikrobiološke značajke kakvoće vode Izvora Rječine tijekom recentnog razdoblja od posljednjih pet godina (2010.-2014.) te ukazati na kritične parametre kakvoće i njihove trendove na duljoj vremenskoj skali. Radi se o povremenom preljevnom krškom izvoru koji uobičajeno presušuje 2-3 mjeseca. No, unatoč presušivanju koje se kompenzira uključenjem u vodoopskrbu stalnog Izvora Zvir, zbog povoljnog visinskog položaja Izvora Rječine i gravitacijskog osiguranja vode za potrebe vodoopskrbe šireg područja Rijeke, izvor je kaptiran s kapacitetom vodozahvata od 2 m^3s^{-1}. Slivno područje toga izvora nalazi se izvan zone bilo kakvih urbanih zahvata i značajnijih antropogenih utjecaja koji bi mogli utjecati na kakvoću njegovih voda, te je i stanje kakvoće uglavnom primjereno, a pojedini kemijski parametri uglavnom su ne samo daleko ispod maksimalno dozvoljenih koncentracija, već u velikom broju slučajeva i ispod praga detekcije. U pojedinim se godinama ipak javljaju varijacije u kakvoći vode, čije vrijednosti znaju premašivati maksimalno dozvoljene vrijednosti. Radi se prije svega o mikrobiološkim pokazateljima, kao i mutnoći vode. Razlog tome je krški karakter Izvora Rječine i njegova sliva i vodonosnika, te njegova velika osjetljivost na promjene hidroloških prilika.

KLJUČNE RIJEČI: Izvor Rječine, vodoopskrba grada Rijeke, krš, podzemne vode, voda za piće, zdravstvena ispravnost

CHEMICAL AND MICROBIOLOIGICAL QUALITY OF WATER FROM THE RJEČINA SPRING IN THE PERIOD FROM 2010 TO 2014

SUMMARY: The aim of this work is to present the main chemical and microbiological characteristics of water quality in the Rječina spring in the past five years (2010-2014) and indicate critical quality parameters and their trends in a longer time scale. The Rjecina is a periodical karst spring which generally dries out for a 2-3 month period. However, despite drying out which is compensated by inclusion of the permanent spring Zvir into water supply, due to its favourable altitude and gravitational provision of water for purposes of water supply of the greater Rijeka area, the spring has been tapped with the abstraction capacity of 2 m^3s^{-1}. The catchment area of the spring is located outside the zone

of any urban interventions and more significant anthropogenic influences which could affect its water quality, so that its quality is mainly suitable, whereas its individual chemical parameters are not only far below the maximum allowable concentrations in general, but in a large number of cases below the detection threshold. However, in certain years there are variations in water quality whose values can significantly exceed the maximum allowable concentrations. These are primarily microbiological indicators, such as turbidity, which is caused by the karst nature of the Rječina spring, its catchment and aquifer, including its high sensitivity to changes in hydrological conditions.

KEY WORDS: Rječina spring, water supply of the town Rijeka, karst, groundwater, health safety

1. UVOD

Zbog povoljnih klimatskih i hidrogeoloških obilježja, područje grada Rijeke karakterizirano je brojnim izvorima i vrlo značajnim vodotokom – rijekom Rječinom. Radi se o 17,5 km dugom vodotoku koji se dominantno prihranjuje podzemnim vodama koje imaju tri razine istjecanja s vrlo neujednačenim vodnim režimom. Najvišu razinu istjecanja čini bilančno najveći, krški Izvor Rječine lociran na nadmorskoj visini od 323 n.m, 2,5 km sjeverno od naselja Kukuljani na području općine Jelenje. Radi se o povre-menom preljevnom uzlaznom krškom izvoru srednje godišnje izdašnosti oko 7 m^3s^{-1}, kaptiranom za potrebe vodoopskrbe Rijeke s kapacitetom vodozahvata od 2 m^3s^{-1},. Međutim, za vrijeme dužih sušnih razdoblja, u ljetnim mjesecima, ovaj izvor u pravilu presuši (prosječno 2-3 mjeseca godišnje). Zapaža se da je u posljednjih nekoliko dekada broj dana bez preljeva izvora u porastu. U tim razdobljima primat vodoopskrbe preuzima Zvir I, snažni i nepresušni izvor koji se nalazi na najnižoj, stalnoj razini istjecanja podzemnih voda. Treća, visinski srednja, ali ujedno i vremenski najkratkotrajnija razina istjecanja podzemnih voda je prostor Grobničkog polja, s kojeg podzemne i površinske vode prihranjuju Rječinu u prosjeku svega oko mjesec dana, pa i manje.

Zbog svog geografskog položaja (325 m n.m.) Izvor Rječine gravitacijski je povezan s vodoopskrbnim sustavom, koji se zbog konfiguracije krškog brdovitog terena ubraja u najsloženije u Republici Hrvatskoj. Izvor je uključen u vodoopskrbu Rijeke još 1915. g., a po količini isporučene vode kojoj glavninu (70%) daje upravo Izvor Rječine, riječki je vodovod na trećem mjestu u Hrvatskoj (iza Zagreba i Splita). Na sustav javne vodoopskrbe priključeno je čak 99 % stanovništva. Voda s Izvora Rječine pročišćava se samo postupkom dezinfekcije, što je do pred desetak godina bilo zadovoljavajuće rješenje. No, u razdoblju počevši od 2008. i 2009. g. počele su se zapažati pojave iznimnih mutnoća čija je učestalost značajno premašivala ranije pojave (Rubinić i drugi, 2009). U takvim je situacijama u više navrata bilo iznimno velikih problema s osiguranjem vodoopskrbe pri pojavama povišenih vrijednosti mutnoće, kao i s njome povezanih mikrobioloških pokazatelja u izvorskim vodama (Lenac i drugi, 2011; Vukić Lušić i drugi, 2011).

Pojava visokih mutnoća posebno je bila naglašena u studenom 2012. g., kao posljedica iznimno visokih količina kiše koje su u nekoliko navrata pale na širem području Rijeke, nakon prethodnog dugotrajnog sušnog razdoblja. Tako je dne 27.10. na kišomjenoj postaji Marčelji zabilježena dnevna oborina od 180,1 mm, slijedećeg dana također vrlo visokih 98,2 mm, da bi nakon sedam dana tijekom kojih je sumarno palo još 125,5 mm, dne

5.11.2012. zabilježena nova vrlo visoka količina dnevnih oborina od 138,1 mm. Pojave takvih iznimno visokih količina oborina krajem listopada i početkom studenog 2012. g. zapažene su i na drugim postajama na širem utjecajnom području sliva Rječine - na postaji Rijeka dne 27.10.2012. zabilježena je dnevna oborina od 158,7 mm, a na postaji Klana istoga dana 143,0 mm te dne 5.11. količina od 177,0 mm. Tako široko rasprostranjene intenzivne i dugotrajne oborine uvjetovale su porast preljevnih protoka Izvora Rječine s prethodnih 1,63 m^3s^{-1} (dne 25.10.2012.) na 45,4 m^3s^{-1} (dne 5.11.2012. g.).
Uzorkovanje u okviru Plana praćenja stanja voda Hrvatskih voda „Praćenje kakvoće površinskih i podzemnih voda na slivovima sjevernog Jadrana“, obavljeno dne 7.11.2012. pokazalo je da su izmjerene i vrlo visoke vrijednosti mutnoće. No, već i na temelju prethodnih saznanja o pojavama iznimnih mutnoća iz rezultata internog monitoringa koga provodi KP “Vodovod i kanalizacija” Rijeka, a prema nalogu sanitarne inspekcije, uvedena je mjera obaveznog prokuhavanja vode tijekom razdoblja 6.-15.11.2012. g. Razlog pojava tako visokih mutnoća je krški karakter slivova i vodonosnika iz kojih se napajaju izvori na riječkom području, pa tako i Izvor Rječine te vrlo naglašen utjecaj nepovoljnih hidroloških prilika na povećanje i drugih parametara kakvoće vode, prije svega mikrobioloških.
Velika ranjivost krških vodonosnika na ovom području je prepoznata vrlo rano, što je rezultiralo donošenjem prve u RH, prvo općinske odluke (Službene novine br. 5/86), a naknadno i županijske Odluke o sanitarnoj zaštiti izvora vode za piće na riječkom području (Službene novine br. 6/94) Donošenje ove odluke odigralo je veliku ulogu u očuvanju kakvoće vode i sprječavanju novih nepovoljnih utjecaja na izvorišta.
Tijekom petogodišnjeg razdoblja koje je analizirano u ovom radu, s jedne strane uočene su učestalije pojave velikih voda i iznimno velikih količina oborina, posebno u rujnu 2012. g. (dnevna oborina od 220,0 mm) te rujnu 2013. g. (248,9 mm), ali pojedinih godina i pojava dugotrajnijih presušivanja Izvora Rječine.
Cilj ovog istraživanja bio je analizirati kakvoću i zdravstvenu ispravnost voda samoga Izvora Rječine u petogodišnjem razdoblju od 2010. do 2014. g., usporediti dobivene vrijednosti s kriterijima iz Pravilnika o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013, 141/2013) te prikazati trend kretanja odabranih parametara.

2. REZULTATI I DISKUSIJA

U radu su obrađeni podaci 53 mjerenja petogodišnjeg perioda 2010.-2014. Podaci su preuzeti iz baze podataka praćenja stanja voda Hrvatskih voda. Za određene parametre čije su maksimalne vrijednosti u kritičnim razdobljima premašivale maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) prema Pravilniku, analizirani su i trostruko dulji nizovi podataka, i to iz razdoblja 2000.-2014. g. Naime, obzirom da je Izvor Rječine tipični krški izvor, s velikim varijacijama u protokama koje se kreću u rasponu između 0, tj. stanja višemjesečnog presušivanja izvora, pa do 1991. g. maksimalno zabilježenih 60 m^3s^{-1}, karakteristična je i pojava uvodno spomenutih ekstremnih zamućenja u nepovoljnim hidrološkim prilikama, posebno pri pojavama velikih voda nakon dugotrajnih sušnih razdoblja. U takvim je situacijama na području krša smanjena mogućnost autopurifikacije vode, odnosno prisutan je brzi prodor eventualnog onečišćenja kroz podzemni vodonosnik. Isto tako, pri takvoj iznenadnoj promjeni hidroloških stanja mijenjaju se i hidraulički

uvjeti, povećava brzina toka u kanalskim sustavima krških vodonosnika, te se zbog veće kinetičke energije vode ranije istaloženi sediment dijelom podiže i ponovno transportira prema mjestu s nižim energetskim potencijalom, a što je sam krški izvor. Čestice mutnoće dobar su sorbent za prihvat i prijenos mikroorganizama, kao i nekih drugih onečišćenja ukoliko su ista prisutna u vodnom sustavu krških izvora, njihovih vodonosnika i slivova. Prema tome, parametri koji najčešće odstupaju od MDK navedenim u Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013, 141/2013) u ovom području su mutnoća i mikrobiološki parametri. Stoga je, u cilju boljeg uvida u kretanje ovih parametara, za njihovu obradu uzet duži vremenski period.

2.1. Klimatološki i hidrološki podaci

Provedeni monitoring kakvoće voda na Izvoru Rječine odvijao se u razdoblju 2010.-2014., tijekom kojega su na raspolaganju stajali i klimatološki te hidrološki podaci, prikupljeni od strane Državnog hidrometeorološkog zavoda. Radi se o podacima o dnevnim oborinama na širem slivnom i utjecajnom području Rječine s postaja Marčelji, Rijeka, Klana i Gerovo, kao i preljevnim protokama registriranim na Izvoru Rječine, no gdje zbog potrebnog vremena za primarnu obradu prikupljenih podataka nije mogla biti uzeta u obzir i posljednja, 2014. g.

Registrirani podaci o oborinama, s na Izvor Rječine najutjecajnije postaje Marčelji pokazuju da je razdoblje 2010.-2014., iako kratko, bilo vrlo raznoliko u pogledu registriranih godišnjih količina oborina. U odnosu na podatke iz referentnog 30-godišnjeg klimatološkog niza 1961.-1990., u kojemu su se godišnje količine oborina kretale u rasponu između 1443,4 i 2775,0 mm, s prosjekom od 2155,1 mm, tijekom analiziranog 5-godišnjeg razdoblja zabilježena je 2011. g. praktički identična minimalna godišnja količina oborina od 1443,7 mm, a 2012. g. još naglašeniji godišnji maksimum u odnosu na spomenuto 30-godišnje razdoblje s registriranih 2888,9 mm, a kojem je bio vrlo bliska, za stotinjak mm manja, i količina oborina zabilježenih 2014. g. Vrijedi istaći i da je tijekom spomenutog razdoblja na klimatološkoj postaji Rijeka čak dvaput oboren maksimum 24-satnih količina oborina – dne 13.9.2012. s vrijednosti od 220,0 mm i 29./30.9.2013. s čak 248,7 mm, što je apsolutni ekstrem u preko 60-godišnjem razdoblju opažanja.

U pogledu hidroloških prilika, ocijenjenih na osnovu podataka s hidrološke postaje na preljevu Izvora Rječine, srednja godišnja protoka zabilježena 2010. g. od 10,6 m^3s^{-1} predstavlja sekundarni godišnji ekstrem najvećih srednjih godišnjih protoka (apsolutni ekstrem od 11,2 m^3s^{-1} zabilježen je 1951. g. kada je korištenje voda iz Izvora Rječine bilo daleko manje pa je moguće da je su 2010. zapravo zabilježene i najveće srednje godišnje protoke. No, već slijedeće 2011. g., zabilježena srednja godišnja protoka od 3,53 m^3s^{-1} predstavlja najmanju vrijednost srednjih godišnjih protoka u razdoblju od čak 61 godinu prethodnih hidroloških praćenja (od 1948. ali s prekidima 1960.-1965., te 2001.). Maksimalne godišnje dnevne protoke registrirane tijekom spomenutog recentnog 4-godišnjeg razdoblja (2010.-2014.) kretale su se u relativno uskom rasponu između 37,8 m^3s^{-1} (2011.) i 45,4 m^3s^{-1} (2012.), a što je blisko višegodišnjem prosjeku od 43,6 ±6,0 m^3s^{-1} (srednja vrijednost ± standardna devijacija). Provedena je i usporedba svih srednjih dnevnih protoka za razdoblje 2010.-2013. i vrijednosti srednjih dnevnih protoka u situacijama provedenih uzorkovanja vode. Utvrđeno je da je prosječna vrijednost srednjih dnevnih protoka u trenucima uzorkovanja 8,29 ± 9,93 m^3s^{-1} oko 1,5 m^3s^{-1}

veća u odnosu na cjelodnevni niz podataka, a što je razumljivo jer isti sadrži i situacije kad nije bilo prelijevanja izvora pa ni protoka. Maksimalna srednja dnevna protoka u situacijama uzorkovanja kakvoće vode bila je 38,4 m^3s^{-1}, a što je oko 10 m^3s^{-1} manje od dnevnog ekstrema cjelokupnog niza dnevnih podataka o protokama tijekom spomenutog 4-godišnjeg razdoblja. No, dobiveni su relativno bliski koeficijenti varijacije protoka za oba niza (cjelodnevni 1,41 a u situacijama uzorkovanja 1,2), tako da se s hidrološkog stanovišta situacije u kojima su provedena uzorkovanja kakvoće mogu smatrati dovoljno reprezentativnima.

2.2. Fizikalno-kemijski pokazatelji

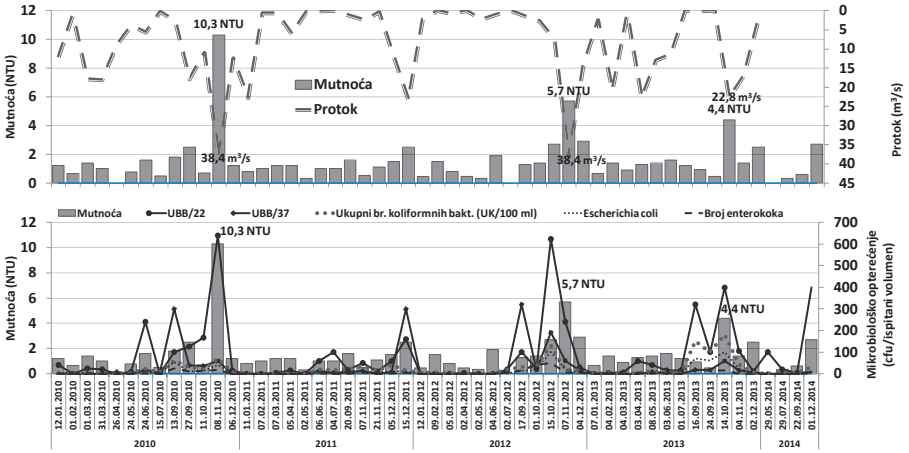
Srednje vrijednosti i rasponi kretanja analiziranih osnovnih fizikalno-kemijskih pokazatelja kakvoće vode na Izvoru Rječine prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Osnovni fizikalno-kemijski pokazatelji kakvoće vode na Izvoru Rječine

Pokazatelj	Sr. vr.±SD	Raspon
Temp. vode (°C)	7,8±0,5	6,8-10,0
pH	7,9±0,1	7,7-8,1,
Elektroprovodljivost (µS/cm)	238,5±23,0	196,7-296,0
Suspendirana tvar (mg/l)	0,39±2,09	0-13,5
Tvrdoća mg $CaCO_3$/l	159,5±2,1	139,0-201,0
vode °dH	8,9±0,1	7,8-11,2
Mutnoća (NTU)	1,5±1,6	0,1-10,3
Otopljeni kisik (mgO_2/l)	11,9±1,0	8,3-14,3
KPK-Mn (mgO_2/l)	0,9±0,3	0,3-1,6
Kalcij (mg/l)	55,3±5,1	47,1-71,0
Magnezij (mg/l)	5,3±0,7	3,8-6,6
Natrij (mg/l)	1,1±0,4	0,84-3,5
Kalij (mg/l)	0,2±0,3	0,15-1,6
Kloridi (mg/l)	1,1±0,7	0,64-5,2
Sulfati (mg/l)	2,4±0,4	1,69-3,7

MDK za mutnoću vode (koja prema Pravilniku iznosi 4 NTU) u promatranom razdoblju prekoračena je u tri navrata (4,4 NTU, 5,7 NTU i 10,3 NTU), kada je i protok na izvoru bio povećan (38,4 m^3/s i 22,8 m^3/s) što je uočljivo na Slici 1. Na slici se također vidi povezanost mikrobiološkog opterećenja vode s mutnoćom, što je najviše izraženo kod parametra UBB/22, ali i ostalim mikrobiološkim pokazateljima.

Suspendirana tvar u najvećem broju ispitivanja nije detektirana, a u jednom uzorku izmjerena je vrijednost od 13,5 mg/l, što je bilo iznad MDK koja je u Pravilniku definirana kao vrijednost od 10 mg/l.



Slika 1. Usporedni prikaz hoda izmjerenih mutnoća voda na Izvoru Rječine, protoka u trenutku uzorkovanja i mikrobiološkog opterećenja u periodu 2010.-2014.

Spojevi dušika i fosfora koji predstavljaju hranjive elemente detektirani su u niskim koncentracijama. Koncentracija amonijaka kretala se ispod granice detekcije do 0,017 mg/l kao NH4, sa sr. vr. 0,003±0,005, što su koncentracije daleko niže od propisane MDK (0,50 mg/l).

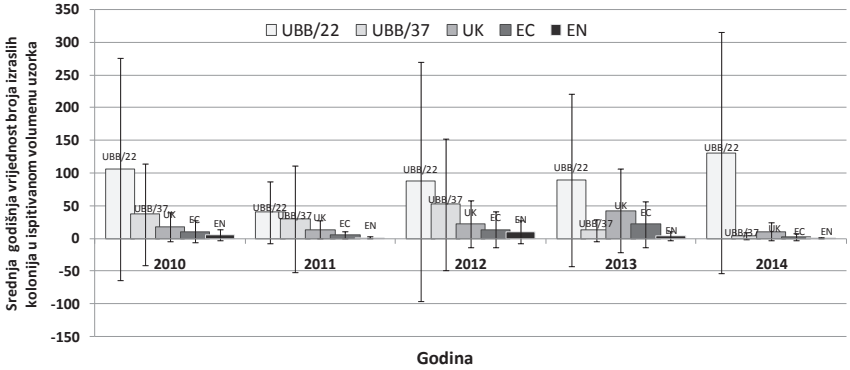
Nitriti nisu detektirani a koncentracija nitrata kretala se od 1,33-5,62 mg/l N-NO3 (sr. vr. 2,77±0,85 mg/l N-NO3), što je puno niže od Pravilnikom definirane MDK od 50 mg/l. Niske koncentracije nitrata odraz su slabo razvijene stočarske i poljoprivredne aktivnosti u području prihranjivanja Izvora Rječine. Koncentracija fosfata bila je ispod granice detekcije, a ukupni fosfor kretao se od 0,007-0,065 (sr. vr. 0,021±0,013 mgP/l).

Koncentracija svih ispitanih metala bila je ispod granice detekcije primijenjene metode ili u vrlo niskim koncentracijama. Izmjerena koncentracija mineralnih ulja iznosila je od 0-5 µg/l (sr. vr. 2±2 µg/l), a koncentracija fenola u najvećem broju ispitivanja ispod granice detekcije ili u jednom slučaju neznatno iznad (0,004 µg/l).

Korozivna svojstva u vodi ovise o sadržaju klorida i sulfata, a prema vrijednostima tih iona, voda Izvorišta Rječine spada u nekorozivne vode (koeficijent korozivnosti K1=0,03).

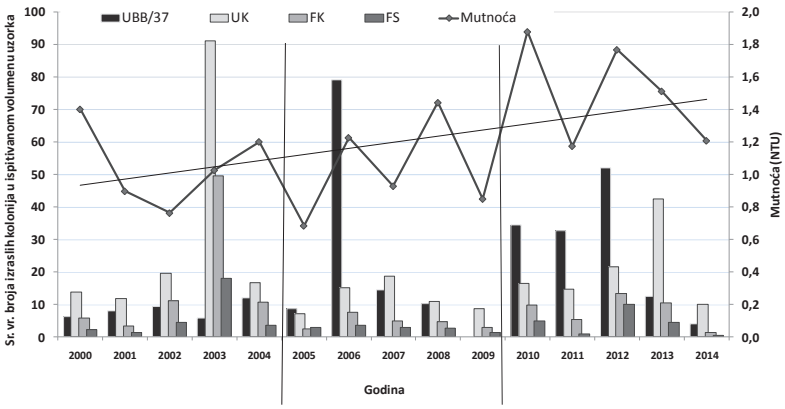
2.3. Mikrobiološki pokazatelji

Od mikrobioloških parametara ispitivani su fekalni indikatori: ukupne koliformne bakterije (UK), fekalni koliformi (FK), fekalni streptokoki (FS) i Escherichia coli (EC, praćenje EC započeo je 2010. g.), kao i broj aerobnih mezofilnih kolonija na 22 °C i 37 °C (UBB/22 i UBB/37; parametar UBB/22 počeo se pratiti u 2006. g.). Slika 2 pokazuje da su u promatranom razdoblju od pet godina nešto opterećenije, posebno s indikatorima fekalnog onečišćenja, bile godine 2012. i 2013., uz napomenu da su u 2014. g. uzeta samo četiri uzorka, dok su u ostalim godinama uzorci uzimani dvanaest puta godišnje.



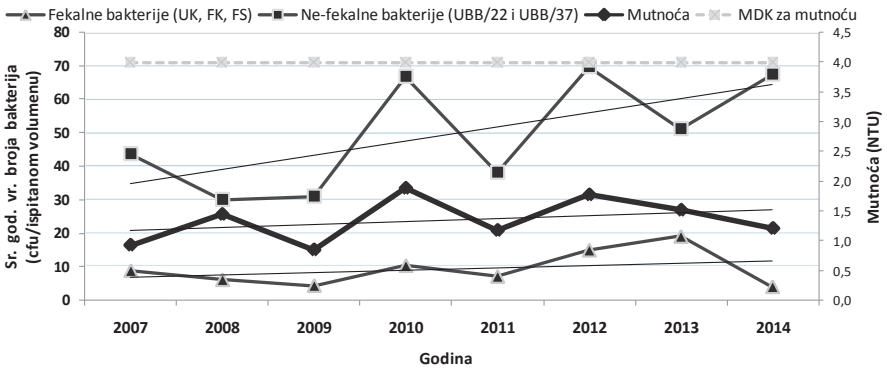
Slika 2. Prikaz mikrobiološkog opterećenja Izvora Rječine u periodu 2010.-.201

Obzirom da je riječ o parametrima koji u najvećem broju slučajeva prekoračuju Pravilnikom definirane maksimalno dozvoljene granice, u radu je provedena analiza i dužeg, petnaestogodišnjeg razdoblja, kako bi se utvrdio njihov trend. Na Slici 3 prikazane su srednje godišnje vrijednosti pokazatelja čije je ispitivanje u tom periodu bilo kontinuirano (UBB/37, UK, FK, FS). Može se uočiti da po brojnosti fekalnih indikatora u promatranom razdoblju možemo razlikovati tri perioda od pet godina. U prvom periodu (2000.-2004.) indikatori fekalnog onečišćenja bili su najbrojniji (sr vr. 58,0±65,6 cfu/100 ml), u drugom periodu (2005.-2009.) njihova koncentracija pada (sr vr. 19,8±10,1 cfu/100 ml) da bi u trećem periodu (2010.-2014.) ponovno rasla (sr vr. 36,7 ±26,0 cfu/100 ml). UBB/37 je u trećem periodu u porastu.



Slika 3. Prikaz hoda pojedinih mikrobiološki parametara i zamućenja vode Izvora Rječine u periodu 2000.-.2014.

Sagledavajući odvojeno fekalne i ne-fekalne parametre od 2007. može se uočiti trend porasta ovih parametara kao i mutnoće vode (Slika 4).



Slika 4. Prikaz hoda fekalnih i ne-fekalnih bakterija i zamućenja vode Izvora Rječine u periodu 2007.-.2014.

ZAKLJUČAK

Provedene analize kakvoće vode Izvora Rječine u danom radu pokazale su da je pojava i izmjena ekstremnih hidroloških prilika (ekstremno vodna 2010. g. te pojava ekstremne suše tijekom 2011. i većem dijelu 2012. g., s ekstremno visokim dnevnim i mjesečnim količinama oborina tijekom 2012. i 2013. g.) utjecala i na stanje kakvoća voda. I dok većina fizikalno-kemijskih pokazatelja nije prelazila MDK zbog okolnosti da se radi o slivu koji je izvan dosega glavnine potencijalno štetnih antropogenih utjecaja (u slivu nije razvijena poljoprivreda, nema značajnih urbanih područja ni prometnica), zapaženi su problemi s pojavama povećanih mutnoća i mikrobioloških pokazatelja koji prelaze MDK. Utvrđeno je da povremeno vrijednosti mutnoće vode prelaze i 10 NTU, UBB/22 >600 cfu/ml (MDK 100), UBB/37 >300 cfu/ml (MDK 20), od fekalnih indikatora za koje je MDK=0 – ukupne koliformne bakterije do 180 cfu/100 ml, fekalni koliformi s E. coli do 100 cfu/100 ml, enterokoki do 50 cfu/100 ml. Razlog tome je krški karakter Izvora Rječine, a kao što je rečeno, specifičnost krških vodonosnika su pukotinsko-kavernozna poroznost, velike brzine podzemnih tokova te brzi pronosi onečišćenja sa površine terena u sam vodonosni sloj u uvjetima pojave velikih voda.

Iako je na duljoj vremenskoj skali od petnaest godina vidljivo da postoji trend porasta vrijednosti mutnoća i odabranih mikrobioloških pokazatelja, isti nije zabrinjavajući iz razloga što se radi o vrijednostima koje su uglavnom daleko ispod MDK. Povremeno prekoračenje MDK moglo bi se dovesti u vezu s prirodnim uzrocima tj. pojavom ekstremnih hidroloških prilika koje su sve učestalije posljednjih godina i izvan su domene antropogenih utjecaja u samom slivu. Dodatni mogući razlog vezan je uz unapređenje sustava monitoringa automatizacijom praćenja pojedinih kritičnih parametara na izvorima, poput praćenja vrijednosti mutnoća i s njome vezanih mikrobioloških parametara. Prije navedenim, brže se uočavaju problemi s pogoršanjem kakvoće voda, te je moguće brže reagirati u kritičnim situacijama i spriječiti negativne posljedice za vodoopskrbu.

LITERATURA

[1] Baza podataka kakvoće voda Hrvatskih voda (2014)

[2] Lenac, D., Vukić Lušić, D. Ćuzela-Bilać, D. Mićović, V. (2011) *Pojave zamućenja glavnih riječkih izvorišta tijekom 2008. i 2009. godine*, Zbornik radova s 5. hrvatske konferencije o vodama s međunarodnim sudjelovanjem "Hrvatske vode pred izazovom klimatskih promjena (ur. Biondić D., Holjević D., Tropan Lj.), Hrvatske vode, Zagreb, 551-560

[3] Rubinić, J., Babić, S., Lenac, D. (2009) *Odvodnja oborinskih voda s prometnica u zaštićenim krškim područjima: rješenja i dileme iz Hrvatske*, Strokovno posvetovanje Odvodnjavanje cest (ur. Stergar, B.), Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, Ljubljana, 49-66.

[4] Vukić Lušić, D., Ćuzela-Bilać, D., Lenac, D., Lušić, D., Linšak, Ž. Mićović, V (2011) *Zdravstvena ispravnost vode za piće tijekom zamućenja riječkih izvorišta*, XV. znanstveno-stručni skup "Voda i javna vodoopskrba" (ur. Dadić, Ž.), Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Vinkovci, 45-51

AUTORI

San. teh. Jasna Maksimović [a]
Vanda Piškur, mr. sc. [a]
Nataša Mihelčić, dipl.ing. [b]
Darija Vukić Lušić, doc.dr.sc. [a,c]
Josip Rubinić, dr.sc. [d]

[a] Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije, Krešimirova 52 a, 51 000 Rijeka, Hrvatska, jasna.maksimovicri@gmail.com; vanda.piskur@zzjzpgz.hr; darija@zzjzpgz.hr

[b] Hrvatske vode VGO Rijeka, Đure Šporera 3, 51 000 Rijeka, Hrvatska, Natasa.Mihelcic@voda.hr

[c] Medicinski fakultet Rijeka, Katedra za zdravstvenu ekologiju, Braće Branchetta 20, 51 000 Rijeka, Hrvatska

[d] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Radmile Matejčić 3, Rijeka, 51.000, Hrvatska, jrubinic@uniri.hr

R 1.29.

MOGUĆNOSTI PRIMJENE GIS-A U ZAŠTITI VODNIH EKOSUSTAVA NP PLITVIČKA JEZERA

Andrijana Brozinčević, Maja Vurnek, Željko Rendulić

SAŽETAK: Zaštita i očuvanje vodnih ekosustava, posebice ekološkog procesa osedravanja jedna je od najvažnijih zadaća u upravljanju Nacionalnim parkom Plitvička jezera. Zbog složenosti krške hidrologije te osjetljivog biodinamičkog procesa taloženja sedre ova zadaća zahtjeva interdisciplinarni pristup. Provedena istraživanja dala su vrijedne informacije o sustavu no za kvalitetno donošenje odluka nedostaje prostorno povezivanje i analiza dobivenih podataka. Kao jedan od alata koji mogu olakšati sveobuhvatno sagledavanje problematike, analizu i modeliranje postojećih podataka te olakšati upravljanje i zaštitu cijelog prostora pokazalo se korištenje GIS tehnologije.

U radu su istražene neke od mogućnosti primjene GIS-a u analizi podataka dobivenih dugogodišnjim (2006.-2014.) monitoringom kvalitete voda. GIS analize provedene su na rezultatima broja ukupnih koliformnih bakterija koji su pokazali najveće oscilacije i ukazali na konkretne probleme fekalnog onečišćenja na pojedinim vodotocima. Dodavanjem prostorne komponente ovim podacima dobila se mogućnost preklapanja i usporedbe s podacima o potencijalnim točkastim i raspršenim onečišćivačima na području Parka. Rezultati i primjena ovakvih preklapanja su mnogobrojni i konkretni, od jednostavnih statističkih analiza do izrade karti rizika od onečišćenja voda. Daljnje kompleksnije analize i modeliranja koje bi obuhvatile postojeće i nove podatke osigurati će nove mogućnosti procjene rizika i kretanja onečišćenja u vodnom ekosustavu Plitvičkih jezera.

KLJUČNE RIJEČI: zaštita vodnih ekosustava, GIS, kvaliteta vode, koliformne bakterija, Nacionalni park Plitvička jezera

POSSIBILITIES OF THE GIS APPLICATION IN THE PROTECTION OF AQUATIC ECOSYSTEMS IN THE PLITVICE LAKES NATIONAL PARK

SUMMARY: Protection and conservation of aquatic ecosystems, especially the ecological processes of tufa formation is one of the most important tasks in the management of the Plitvice Lakes National Park. Due to the complexity of karst hydrology and sensitive biodynamic process of tufa deposition, this task requires an interdisciplinary approach. The conducted investigations have produced valuable information about the system; however, spatial connection and analysis of the resulting data are lacking for good decision making.

The use of the GIS technology proved to be one of the tools that enable a comprehensive overview of the issues, analysis and modeling of existing data and also facilitate management and protection of the whole area.

The paper examines some possible applications of the GIS in the analysis of data obtained from long-term water quality monitoring (2006-2014). The GIS analyses were conducted on the results of the number of total coliform bacteria which showed the highest oscillations and indicated specific problems with fecal contamination in individual streams. Adding of spatial components to these data allowed the overlapping and comparisons with data on potential point and diffuse sources of pollution in the National Park. Results and application of such overlaps are numerous and concrete, from simple statistical analyses to the production of water pollution risk maps. Further more complex analyses and modelling that would include the existing and new data will provide new opportunities for risk assessment and movement of pollution within the aquatic ecosystem of the Plitvice Lakes.

KEY WORDS: protection of aquatic ecosystems, GIS, water quality, coliform bacteria, Plitvice Lakes National Park

1. UVOD

Područje Plitvičkih jezera je dio Dinarida s tipično krškim razvojem vodnih sustava karakterističnih velikih slivova, jakih krških izvora i poniranja površinske vode u krško podzemlje (Biondić, 2008). Ovo krško područje, proglašeno je prvim nacionalnim parkom 1949. godine dok je 1979. godine upisano na Listu svjetske prirodne i kulturne baštine UNESCO-a. Na taj su način iznimne prirodne vrijednosti područja, prvenstveno specifični ekološki proces taloženja sedre te bioraznolikost biljnog i životinjskog svijeta, stavljene pod jedan od najviših stupnjeva zaštite. Prostor Nacionalnog parka obuhvaća gotovo 300 km2 dok se linija površinskih voda proteže na oko 9 km, od izvorišnog područja preko kaskadnog sustava 16 jezera pa sve do rijeke Korane. Vodni sustav Plitvičkih jezera najvećim djelom prihranjuju tokovi Crne i Bijele rijeke, koji se kod naselja Plitvički Ljeskovac spajaju u rijeku Maticu koja zatim utječe u prvo jezero-Prošćansko. Sustav Gornjih i Donjih jezera s ukupnim volumenom vode od 22,95 milijuna m^3 (Babinka, 2007) sa slapovima i sedrenim barijerama, predstavlja jednu od vrlo važnih turističkih destinacija. Sedrene barijere možemo smatrati fenomenom vodnog ekološkog sustava, a sedra predstavlja produkt istaloženog kalcijevog karbonata u slatkim vodama pri hladnijim temperaturnim uvjetima i često sadrži ostatke mikro i makrofita, beskralježnjaka i bakterija (Ford i Pedley, 1996). Biodinamički proces taloženja sedre vrlo je kompleksan i osjetljiv na poremećaje u vodnom ekosustavu.

Područje Parka, unatoč svojoj dugogodišnjoj zaštiti, bilo je izloženo antropogenim utjecajima kroz nesređenu infrastrukturu, otpadne vode naselja i ugostiteljskih objekata, blizinu prometnica, intenzivnu poljoprivredu. Kako bi se dodatno zaštitilo slivno područje, granice Parka proširene su 1997. godine, zabranjen je tranzitni promet kroz najuži dio Parka i obnovljen je dio kanalizacijskog sustava. Višegodišnja znanstvena istraživanja na području Plitvičkih jezera obrađivala su razne teme vezane za kopnene i vodene ekosustave (Špoljarić i Belančić, 2011). Između ostalog, posebna pažnja se posvetila istraživanju antropogenog utjecaja na vodni okoliš Nacionalnog parka pa

samim time i na opstojnost i održivost sedrenih barijera. Djelatnici Nacionalnog parka već dulji niz godina provode različita praćenja stanja očuvanosti vrsta i staništa. Monitoring kvalitete voda koji se, temeljem prijedloga znanstvenih projekata (Habdija i drugi, 2005) provodi od 2006. godine, obuhvaća praćenja osnovnih pokazatelja odgovornih za proces osedravanja, eutrofikaciju i sanitarnu kvalitetu u vodama izvora, potoka, rijeka te jezera Nacionalnog parka. Posebno u praćenju sanitarne kvalitete u vodama veliku ulogu ima koliformna grupa bakterija koja se smatra jednom od glavnih indikatora ispravnosti vode za kućanstvo, industriju ili druge potrebe. Nalaz fekalnih koliformnih bakterija ukazuje na nedavno (recentno) fekalno onečišćenje, dok su ukupne koliformne bakterije znak starog fekalnog onečišćenja zbog gubitka termotolerancije (APHA, 2005).

Očigledno je da zaštita ovakvog složenog sustava zahtjeva interdisciplinaran i detaljan pristup, a unatoč velikom broju postojećih podataka za kvalitetno donošenje odluka u upravljanju nedostaje prostorno povezivanje i analiza svih dobivenih podataka.

Tehnologija koja se koristi za sagledavanje, pohranu, upravljanje, manipulaciju, analizu te izdavanje podataka s prostornom komponentom je GIS (eng. *Geographic Information System*) (Grizelj Šimić, 2014). Primjena GIS tehnologije u prostornim analizama vezanima za vodne ekološke sustave vrlo je česta i autori su je primjenjivali u različitim analizama: za praćenje utjecaja indikatora fekalnih organizama s obzirom na različite okolišne varijable (Ward i drugi, 2013), za korištenje statističkih i prostornih analiza u proučavanju odnosa između korištenja zemljišta, protoka vodnih tijela i kvalitete vode (Tong i Chren, 2002), kao i za procjenu vremenske i prostorne distribucije fekalnih bakterija u lagunama (Hannani i drugi, 2012).

Cilj ovoga rada je istražiti neke od mogućnosti primjene GIS-a u obradi bakterioloških podataka sakupljenih tijekom provedbe monitoringa kvalitete voda kroz korištenje jednostavnijih i složenih metoda GIS analiza. Analiza upravo ovih podataka važna je u provedbi što bolje zaštite vodnih ekosustava Nacionalnog parka s ciljem detektiranja lokacija na kojima je antropogeni utjecaj prisutan.

2. MATERIJALI I METODE

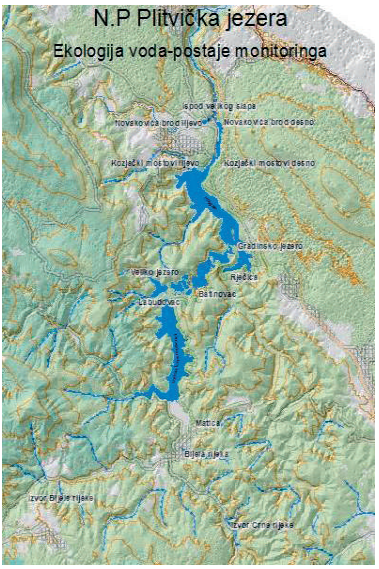
Na 14 postaja praćenja (slika 1.) u razdoblju od 2006.-2014. godine mjesečno su mjereni pH, temperatura vode i električna vodljivost pomoću terenskog digitalnog multimetra (WTW Multi 340i, Njemačka) dok su se u laboratorijima Znanstevno-stručnog centra dr. Ivo Pevalek standardnom metodologijom određivali fizikalno-kemijski pokazatelji: koncentracija otopljenog kisika, KPK-KMnO4, ukupna tvrdoća, alkalinitet, te nitrati, nitriti, amonij, ukupni dušik, ortofosfati i ukupni fosfor (APHA, 2005). Od bakterioloških pokazatelja određivao se broj ukupnih i fekalnih koliformnih bakterija, broj fekalnih streptokoknih bakterija i broj aerobnih bakterija (HRN ISO 8199:1999, APHA, 2005).

Dobivenim podacima pridružene su pripadajuće geografske koordinate čime je ostvaren osnovni preduvjet za upotrebu GIS-a.

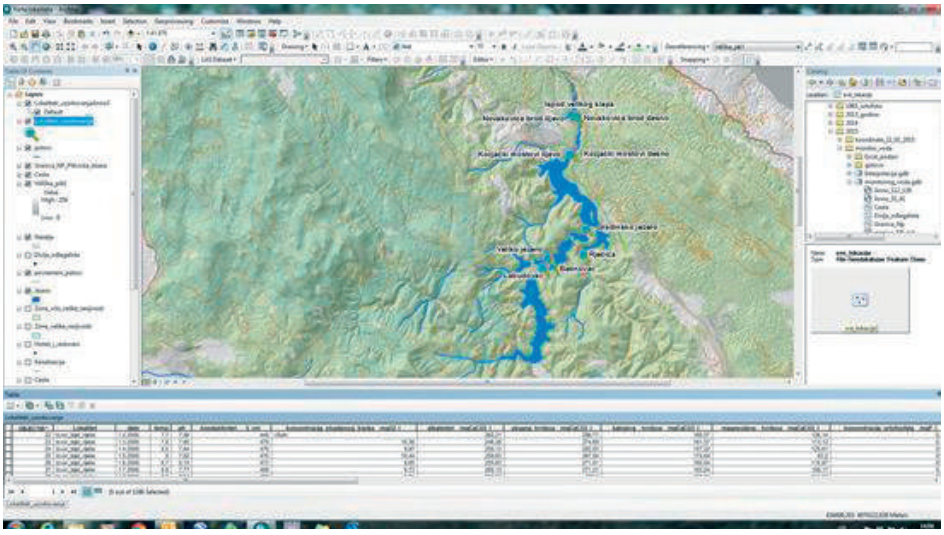
Uz pomoć verzije GIS softvera ArcGIS Desktop 10.2. formirana je grafička baza podataka o objektima s poznatim koordinatama odnosno georeferencirana (geoprostorna) baza podataka. Atributne tablice geoprostornih baza omogućuju spremanje velikog broja prostornih podataka, neprostornih atributa i topoloških odrednica vidljivih i dostupnih na jednom mjestu (slika 2.).

U radu je kao osnovna podloga za izradu svih karata korišten detaljni digitalni model reljefa - DEM (eng. *Digital Elevation Model*) dobiven LIDAR tehnologijom, snimanom u Parku u 2014. godini. Korišteni podaci o naseljima, prometnicama, hotelima i restoranima preuzeti su iz baze Državne geodetske uprave, a oni o uporabi poljoprivrednog zemljišta (oranice i livade) iz nacionalnog sustava evidencije zemljišnih parcela - ARKOD. Prostorni podaci o „divljim" odlagalištima otpada dio su interne GIS baze podataka Nacionalnog parka.

Osim prikaza i jednostavnih analiza odnosno



Slika 1. Postaje praćenja kvalitete voda u NP Plitvička jezera



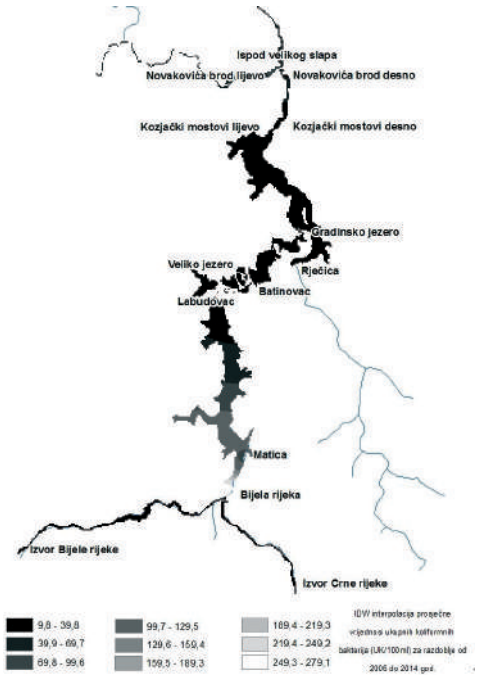
Slika 2. Prozor ArcMap-a

preklapanja postojećih podataka provedena je i interpolacija rezultata bakterioloških analiza pomoću IDW (eng. *Inverse distance weighting*) metode koja se nalazi u sklopu ArcGIS Spatial Analyst ekstenzije. Ova metoda daje veću težinu onim točkama uzorkovanja koje su bliže točkama čija se vrijednost interpolira odnosno utjecaj vrijednosti atributa opada s povećanjem udaljenosti od točke u kojoj se izvodi interpolacija. Ta je metoda egzaktni interpolator: rezultat je osjetljiv na gomilanje podataka (clustering) i

ekstremne vrijednosti (ESRI, 2010). Zbog toga su za provedbu metode vrijednosti broja ukupnih koliformnih bakterija po mjesecima svedene na prosječne godišnje vrijednosti za svaku pojedinu postaju praćenja.

3. REZULTATI I RASPRAVA

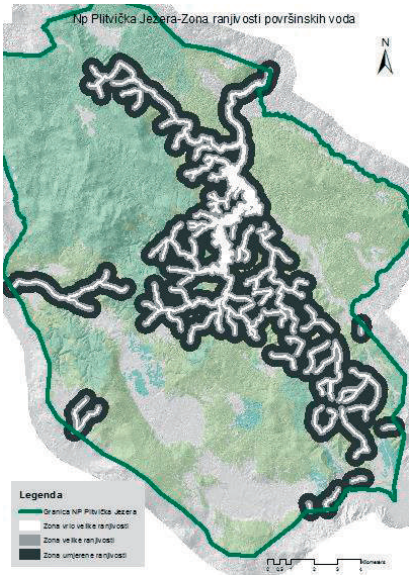
Analize rezultata monitoringa bakterioloških pokazatelja odnosno broja ukupnih koliformnih bakterija za razdoblje od 2006. do 2014. godine pokazale su povišene vrijednosti na pojedinim lokacijama uzorkovanja. Kada se provela vremenska analiza korištenjem alata *Time Slider*, vizualizirane su prostorno/vremenske promijene vrijednosti broja bakterija od 2006. do 2014. godine za svaki mjesec uzorkovanja i s obzirom na raspon vrijednosti (od 0 do 2560 CFU 100 mL-1), podijeljenih u 5 kategorija. Takav prikaz jasno pokazuje da se na postaji praćenja Bijela rijeka u cijelom periodu uzorkovanja pojavljuje povišeni broj ukupnih koliformnih bakterija (od 505 do 2560 CFU 100 mL-1) u odnosu na druge postaje. Također se uočava sezonski porast vrijednosti u ljetnim mjesecima. Za postaje praćenja rijeka Matica i ispod Velikog slapa također je uočeno češće pojavljivanje viših vrijednosti ukupnih koliformnih bakterija. Već sama obrada rezultata korištenjem alata *Time Slider* jasno je ukazala na ponavljanje obrasca opterećenja ukupnim koliformnim bakterijama za navedene postaje praćenja, a što je i potvrđeno prijašnjim istraživanjima (Stilinović i Futač, 1989; Habdija i drugi, 2005; Pavlus i drugi, 2007; Vurnek i drugi, 2010).



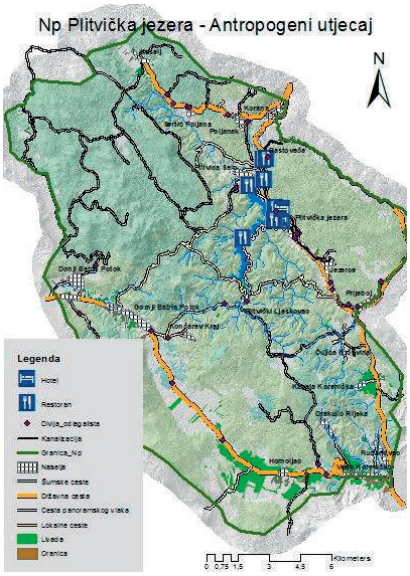
Slika 3. Interpolacija broja ukupnih koliformnih bakterija

Osim vizualizacije podataka i provedbe osnovnih upita i statističkih analiza, ArcGIS Spatial Analyst ekstenzija omogućuje provedbu nešto složenijih procjena. Pomoću IDW metode proveden je postupak interpolacije prosječnih vrijednosti broja ukupnih koliformnih bakterija (UK/100 ml) za razdoblje od 2006. do 2014. godine na području cijelog akvatorija Nacionalnog parka (slika 3.). Na ovaj se način pomoću postupka prostorne interpolacije dobila procjena bakteriološke situacije za dijelove vodnih ekosustava koji nisu direktno obuhvaćeni uzorkovanjem i monitoringom. U postupku interpolacije vodilo se računa o smjeru kretanja vode, a korištene su zadane postavke IDW alata. Izradom ove karte dobio se jasan uvid koja su najugroženija područja površinskih voda s obzirom na fekalno onečišćenje i kakav je njegov mogući utjecaj na preostale vode. Metodom interpolacije potvrdile su se dosadašnje uočene promjene na pojedinim postajama praćenja.

Da bi se mogle konkretnije odrediti kritične točke na području Parka koje ugrožavaju kvalitetu površinskih voda u smislu njihovog fekalnog onečišćenja najprije su izrađene karte u kojima su definirane zone ranjivosti površinskih voda, a zatim i potencijalni antropogeni utjecaji. Za izradu karte zona ranjivosti površinskih voda korišten je alat *Buffer* pomoću kojeg su određene i iscrtane tri zone ranjivosti: zona vrlo velike ranjivosti (pojas u širini od 50 m od ruba stalnih vodotoka i jezera), zona velike ranjivosti (pojas širine 100 m mjeren od vanjske granice prve zone) i zona umjerene ranjivosti (pojas širine 300 m od vanjske granice druge zone) (slika 4.). Prema posljednjem hidrogeološkom istraživanju autora Biondić i drugi. (2008) definirane su veličine zona. Pri zaštiti površinskih voda u slivu Plitvičkih jezera način zoniranja i veličine zona određene su prema preporukama iz Pravilnika o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 66/11; 47/13), ali uz izmjenu u skladu s načinom korištenja prostora (nacionalni park namijenjen posjeti, a ne zaštiti površinskih voda namijenjenih javnoj vodoopskrbi) (Biondić, 2008). Izrada karte rezultirala je jasnom vizualizacijom područja koja su osjetljiva na onečišćenja u slučaju da su izložena eventualnom točkastom ili raspršenom antropogenom utjecaju.
Nakon proglašenja zaštićenog područja, a uslijed sve većeg interesa posjetitelja na području Nacionalnog parka izgrađeni su hoteli, restorani i sustav posjećivanja bez odgovarajuće infrastrukture. Odgovarajuću odvodnju i zbrinjavanje otpadnih voda nemaju niti naselja na području Parka. Neposredno uz jezerski sustav nalazila se magistralna cesta koja je služila kao glavna poveznica središnje Hrvatske i Dalmacije. Izgradnjom državne ceste DC1, koja također prolazi središnjom zonom Parka, stara je prometnica zatvorena za javni promet i koristi se isključivo za interni prijevoz posjetitelja. Rubnom zonom Parka, kroz slivno područje, prolazi još jedna prometnica visokog opterećenja, državna cesta DC52. U ovom dijelu Parka nalazi se i najveći broj naselja. Svi ovi elementi uzeti su u



Slika 4. Karta Zona ranjivosti površinskih voda u NP Plitvička jezera

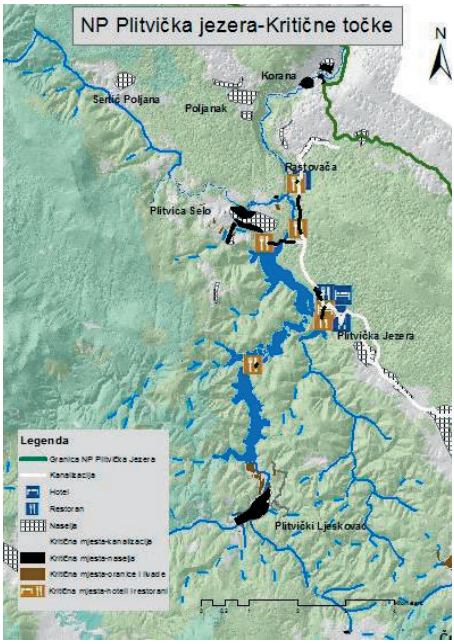


Slika 5. Karta Antropogenog utjecaja u NP Plitvička jezera

obzir kod analize antropogenog utjecaja. Način korištenja zemljišta (oranice i livade) također je uzet u obzir u analizi antropogenih utjecaja na fekalna onečišćenja površinskih voda. Identifikacija i prostorno smještanje svih utjecaja rezultiralo je izradom karte antropogenih utjecaja (slika 5.).

Preklapanje karata zona ranjivosti i antropogenog utjecaja provedeno je uporabom alata Intersect kojim su se „presjekla" područja koja čine zone vrlo velike i velike ranjivosti površinskih voda s mjestima točkastih/raspršenih izvora onečišćenja površinskih voda. Rezultat su jasno detektirane kritične točke fekalnog onečišćenja površinskih voda za uže područje Parka (slika 6.) Usporedbom ove karte s provedenom interpolacijom vidljivo je da se postaje praćenja: Bijela rijeka, Matica i potok Plitvica (ispod Velikog slapa) koje su ovdje detektirane kao kritične točke, poklapaju s dobivenim rezultatima monitoringa.

Identifikacija kritičnih točaka u užoj jezerskoj zoni Parka gdje je i najveće opterećenje u smislu posjetiteljskog sustava, zasigurno će pomoći u provedbi dodatnih mjera zaštite, bilo kroz proširenje postaja stalnog monitoringa, saniranje konkretnih nedostataka u infrastrukturi ili provedbe drugih potrebnih aktivnosti.



Slika 6. Karta Kritičnih točaka fekalnog onečišćenja površinskih voda

ZAKLJUČAK

Korištenje jednostavnijih alata GIS-a, poput *Time Slider*-a, u prostornoj prezentaciji prikupljenih podataka omogućilo je jasno prepoznavanje mjesta onečišćenja s obzirom na broj ukupnih koliformnih bakterija. Alati *Buffer* i *Intersect* korišteni u izradi karata zona ranjivosti i antropogenog utjecaja u konačnici su omogućili kreiranje karte kritičnih točaka fekalnog onečišćenja, dok je složenija metoda prostorne interpolacije dala uvid u najugroženija područja površinskih voda s obzirom na fekalna onečišćenja i potencijalni utjecaj takvog onečišćenja na preostale vode. Ovim prostornim analizama potvrdile su se „ključne" točke onečišćenja u vodnom ekosustavu Nacionalnog parka odnosno detektirane su lokacije na kojima je prisutan antropogeni utjecaj.

Kompleksnije analize i modeliranja koje bi obuhvatile hidrološke, hidrogeološke, meteorološke i druge postojeće podatke te rezultate nedavno snimljenog digitalnog modela reljefa (LIDAR) i one koje će dati detaljan hidrodinamički model jezera, zasigurno će osigurati nove mogućnosti procjene rizika i kretanja onečišćenja u vodnom ekosustavu Plitvičkih jezera.

LITERATURA

[1] APHA, AWWA, WEF, (2005): *Standard Methods for examination of water and wastewater*, American Public Health Association, 21 th edition, Washington.

[2] Babinka, S, (2007): *Multi-Tracer Study of Karst Waters and Lake Sediments in Croatia and Bosnia Herzegovina: Plitvice Lakes National Park and Bihać Area*: dissertation, Universität Bonn.

[3] Biondić, B (2008): *Održivo korištenje i zaštita vodnih resursa na području Plitvičkih jezera: završno izvješće*, Geotehnički fakultet, Varaždin.

[4] ESRI (2010): *Creating and Analyzing Surfaces Using ArcGIS Spatial Analyst*, ESRI, USA.

[5] Ford, T D, Pedley, H M, (1996): *A review of tufa and travertine deposits of the world,* Earth-Science Reviews, 41, 117-175.

[6] Grizelj Šimić, V (2014): *GIS i njegova primjena u hidrologiji i suvremenom vodnogospodarskom planiranju*, Hrvatske vode, 22, 119-130.

[7] Habdija, I, Stilinović, B, Primc Habdija, B, Plenković-Moraj, A, Špoljar, M, Kučinić, M, Hrenović, J, Matoničkin Kepčija, R, Miliša, M, Gligora, M, Ostojić, A, Kralj, K, (2005): *Procjena ekološkog stanja u akvatoriju NP Plitvička jezera, b) Istraživanje stope osedravanja i brzina travertinizacije sedrenih barijera na području NP Plitvička jezera : studija*, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

[8] Hannani, M, Maanan, M, Robin, M, Chedad, K, Assobhei, O, (2012): *Temporal and Spatial Distribution of Faecal Bacteria in a Moroccan Lagoon,* Pol. J. Environ. Stud., 21/3, 627-634.

[9] HRN ISO 8199:1999 *Kakvoća vode – Opće upute za brojenje uzgojenih mikroorganizama* (ISO 8199:1988).

[10] Pavlus, N, Brozinčević, A, Stojanovska, M, (2007): *Water quality monitoring results for the Plitvice Lakes,* Second International Conference on Waters in Protected Areas (ur.-Nakić, Z), Croatian Water Pollution Control Society, Zagreb, 222-225.

[11] Pravilnik o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 66/11; 47/13)

[12] Stilinović, B, Futač, N, (1989): *Prilog poznavanju sanitarne vrijednosti nekih opskrbnih voda i jezera na području NP Plitvička jezera 1977.-1986.,* Plitvički bilten, 2, 7-15.

[13] Špoljarić, I, Belančić, A, (2011): *Obljetnice u 2010. godini – 160 godina znanstvenih istraživanja na Plitvičkim jezerima i 49 godina djelovanja Znanstveno-istraživačke postaje,* Zbornik radova: Znanstveno-stručni skup Nacionalnog parka Plitvička jezera (ur. – Šutić, B, Mataija, I, Šikić, Z, Dujmović, A, Ružić, V, Brozinčević, A), JUNPPJ, Plitvička Jezera, 356-365.

[14] Tong, S T Y, Chen, W, (2002): *Modeling the relationship between land use and surface water quality*, Journal of Environmental Management, 66/4, 377-393.

[15] Vurnek, M, Brozinčević, A, Bušelić, G, Zwicker Kopmar, G, Rubinić, J, (2010):

Intra-Annual Dynamics of Water Quality Changes in Plitvice Lakes Spring Zone, Proceedings: Balwois Conference, Ohrid.

[16] Ward, R, Purnell, S, Ebdon, J, Nnane, D, Taylor, H, (2013): *The use of geoinformatic dana and spatial analysis to predict faecal pollution during extreme precipitation events,* Geophysical Research Abstracts,15.

AUTORI

Andrijana Brozinčević, dipl.ing.bioteh. [a]

Maja Vurnek, univ.spec.oecoing.dipl.ing.biol. [a]

Željko Rendulić [a]

[a] Javna ustanova Nacionalni park Plitvička jezera, Znanstveno-stručni centar dr. Ivo Pevalek, Josipa Jovića 19, 53231 Plitvička Jezera, e-mail: andrijana.brozincevic@np-plitvicka-jezera.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.30.

EUTROFIKACIJSKI PROCESI U EKOSUSTAVU RIJEKE KRKE - PODRUČJE VISOVAČKOG JEZERA

Irena Ciglenečki-Jušić, Marijan Ahel, Dario Omanović, Nevenka Mikac, Elvira Bura Nakić, Marija Marguš, Jelena Dautović, Filipa Caktaš Šagi, Milan Čanković, Niko Bačić

SAŽETAK: U okviru multidisciplinarnog projekta „Istraživanje prirodnih značajki i procjena antropogenog utjecaja na kvalitetu ekosustava rijeke Krke u području Visovačkog jezera“ (Faza I) u periodu od srpnja 2012. do svibnja 2013. istraživano je šire područje Visovačkog jezera, od Roškog slapa do Skradinskog buka, s ciljem karakterizacije eutrofikacijskih procesa u tom dijelu toka rijeke Krke. Glavni rezultati istraživanja ukazuju kako je jezero monomiktički sustav koji karakterizira relativno visok unos slatkih voda, prvenstveno putem rijeke Krke, a u manjoj mjeri i rijekom Čikolom i bujičnim ispirnim vodama. Slatkovodni donosi osnovni su čimbenik eutrofikacijskih procesa u jezeru. Eutrofikacijski procesi i posljedice koje oni imaju za ekološke prilike u jezeru ovise, prije svega, o hidrološkim i klimatološkim prilikama. Protok rijeke Krke određuje vrijeme izmjene vode u bazenu jezera, količinu hranjivih soli i drugih tvari koje utječu na kvalitetu jezerskog ekosustava, dok klimatološki ciklus utječe na sezonsku stratifikaciju, diktirajući dinamiku fitoplanktona i ciklus organske tvari, te nastanak pridnenih anoksija.

KLJUČNE RIJEČI: Visovačko jezero, eutrofikacija, hidrološke i klimatološke prilike, anoksija, euksinija

EUTROPHICATION PROCESSES IN THE ECOSYSTEM OF THE KRKA RIVER - VISOVAC LAKE AREA

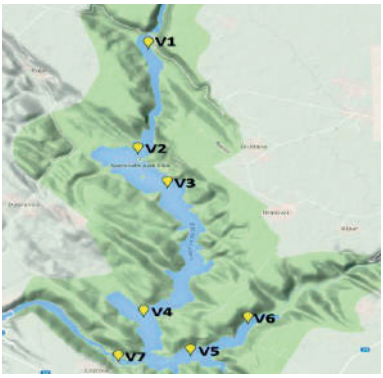
SUMMARY: As part of a multidisciplinary project “Investigation of natural features and the impact of human activity on the quality of the ecosystem of the Krka River in the Visovac Lake” (Phase I), the wider area of Visovac Lake, from Roški slap to Skradinski buk, was investigated in the period from July 2012 to May 2013. The aim was characterization of the eutrophication processes in that part of the Krka River. The main results indicate that the lake is a monomictic system which is characterized by a relatively high freshwater input, primarily through the Krka River, and, to a lesser extent, the Čikola River and runoff water. The freshwater input is recognized as an important factor in eutrophication processes in the lake. Eutrophication processes and their consequences on the ecological conditions in the lake depend primarily on hydrological and climatological

conditions. The flow of the Krka River determines the time needed for exchange of the water in the lake, influences the amount of nutrients and other substances that control the quality of the ecosystem. Seasonal stratification is influenced by the climatological cycles which dictate the phytoplankton and organic matter dynamics, as well the appearance of anoxia in the bottom water layers.

KEY WORDS: Krka River, Visovac Lake, eutrophication, hydrological and climatological conditions, anoxia, euxinia

1. UVOD

Porječje rijeke Krke, a posebno područje Nacionalnog parka „Krka“, predmet je brojnih istraživanja, uključujući i istraživanja prirodnih značajki te antropogenog utjecaja na taj jedinstveni ekosustav (Zbornika radova, Rijeka Krka i Nacionalni park „Krka“, 2007).
Nasuprot relativno brojnim sustavnim istraživanjima biogeokemijskih procesa i antropogenog utjecaja u estuarnom dijelu rijeke Krke, vrlo je malo takvih istraživanja načinjeno u slatkovodnom dijelu sustava (Špoljar i dr., 2005; Vojvodić i dr., 2007). Većina istraživanja u slatkovodnom dijelu rijeke Krke bila je usmjerena na biološke aspekte, dok je vrlo mali broj studija s biogeokemijskim pristupom u tumačenju glavnih značajki tog osjetljivog vodenog ekosustava i procesa koji određuju ekološke prilike u njemu, uključujući i eutrofikaciju.
Oživljavanje privrednih aktivnosti u posljednjih nekoliko godina, uključujući poljoprivredu, turizam te u manjoj mjeri i industriju, nužno rezultira povećanim antropogenim opterećenjem uz povećano unošenje različitih tipova zagađivala što može ugroziti održivi razvoj ovog zaštićenog područja (Cukrov i dr., 2008a i b; 2011). Pri tom su posebno ugroženi stagnantni (jezerski) dijelovi sustava rijeke Krke u kojima, zbog sporije izmjene i duljeg vremena zadržavanja vode, može doći do nakupljanja antropogenih sastojaka. U okviru multidisciplinarnog projekta „Istraživanje prirodnih značajki i procjena antropogenog utjecaja na kvalitetu ekosustava rijeke Krke u području Visovačkog jezera“ (Faza I i II) u periodu od lipnja 2012. do lipnja 2015. istražuje se šire područje Visovačkog jezera, od Roškog slapa do Skradinskog buka, uključujući ušće rijeke Čikole u rijeku Krku. Glavni cilj je utvrditi mogući antropogeni utjecaj na taj dio toka rijeke Krke s fokusom na dva osnovna problema: eutrofikaciju i njezin mogući utjecaj na ciklus organske tvari (OT) i pojavu anoksije te na praćenje opterećenja različitim specifičnim organskim i anorganskim zagađivalima u vodenom stupcu i sedimentima.
U ovom radu prikazani su rezultati istraživanja osnovnih fizikalno-kemijskih parametara vodenog stupca (temperatura, vodljivost, otopljeni kisik, nutrienti, organski ugljk, sumporni spojevi) vezanih za karakterizaciju eutrofikacijskih procesa, provedenih u jednogodišnjem razdoblju (od 12.07.2012. do 14.05.2013.).



Slika 1. Mapa s ucrtanim postajama na kojima je obavljeno uzorkovanje vode.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Odabrano je 7 osnovnih lokacija (V1, V2, V3, V4, V5, V6 i V7, *Slika 1*) na kojima su uzimani uzorci vode sezonski, tijekom 5 terenskih izlazaka. Maximalne dubine na postajama (u nizvodnom smjeru, V1-V7) su 16, 20, 24, 24, 26, 6 i 0,5 m.

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Uzorci vode sakupljani su Niskinovim uzorkivačem volumena 5 L (General Oceanics, USA). Osnovni fizikalno-kemijski parametri (temperatura, vodljivost, otopljeni kisik, pH) mjereni su in situ pomoću sonde HQ40d Portable Meter (HACH, USA). Hranjive soli su određivane standardnom metodom (Strickland i Parsons, 1972). Otopljeni i partikularni organski ugljik (DOC i POC) mjereni su metodom visokotemperaturne katalitičke oksidacije (Dautović i dr., 2012), a reducirani sumporni spojevi elektrokemijskim metodama mjerenjem na Hg elektrodi (Ciglenečki i Ćosović, 1997).

4. REZULTATI I RASPRAVA

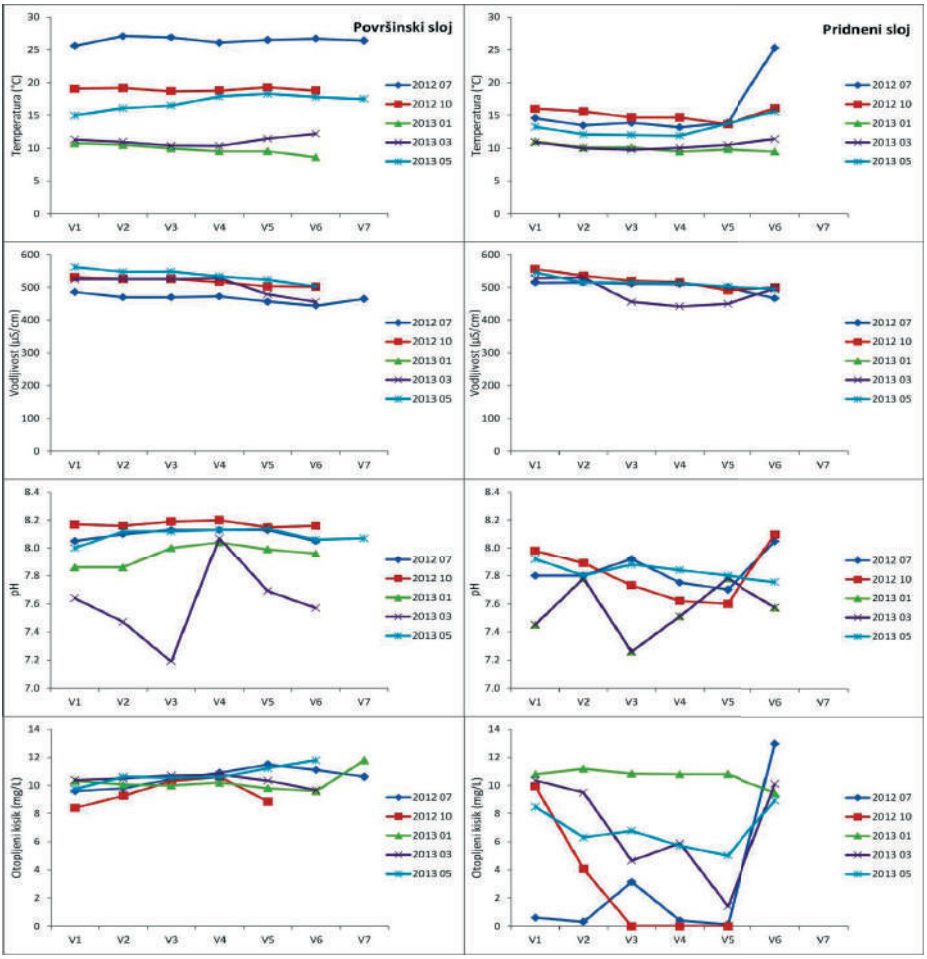
4.1. Hidrografske značajke i osnovni fizikalno-kemijski pokazatelji

Snažne varijacije protoka rijeke Krke tijekom istraživanog razdoblja znatno su utjecale na hidrografske značajke Visovačkog jezera. Sezonske varijacije osnovnih fizikalno-kemijskih parametara u površinskom i pridnenom sloju vode prikazane su na Slici 2.

Temperatura (T) vode u površinskom sloju varirala je od 10 ^{o}C u hladnim mjesecima (siječanj, ožujak) do 27 ^{o}C u srpnju, dok su u pridnenom sloju na dubinama većim od 15 m (lokacije V1-V5) zabilježene znatno manje varijacije temperature (10 – 15 ^{o}C). U hladnijim mjesecima (siječanj i ožujak) cijeli vodeni stupac je dobro izmiješan na svim postajama s konstantnom T od 10 ^{o}C. Naglašeno zagrijavanje površinskog sloja (do 27 ^{o}C) te raslojavanje vodenog stupca zabilježeno je u ljetnim mjesecima s izrazitom termoklinom na dubini od oko 3 m, posebno u centralnom dijelu jezera na lokacijama V2-V4.

Vodljivost u pravilu ne pokazuje značajne razlike sa sezonom i dubinom, ali je u srpnju 2012. vidljiva promjena vodljivosti na termoklini, što ukazuje na različiti kemijski sastav vode površinskog i dubljeg sloja.

Otopljeni kisik (O_2) jedan je od ključnih parametara za procjenu stupnja eutrofikacije i razvoja anoksičnih uvjeta u Visovačkom jezeru. Koncentracije O_2 u površinskom sloju bile su relativno konstantne (8-10 mg/L) i nisu pokazale značajniju ovisnost o sezoni. U srpnju 2012. u sloju vodenog stupca od 5-12 m izmjerene su povišene koncentracije O_2 (do 16 mg/L) na postajama V3-V5, a slična pojava zabilježena je u svibnju 2013. na dubini 5-10 m, ali samo na postaji V5. Prezasićenost vodenog stupca s O_2 ukazala je da je u srpnju 2012. veliki dio centralnog dijela jezera bio zahvaćen intenzivnom primarnom produkcijom (PP), dok je u svibnju povećana PP bila više lokalnog karaktera, vjerojatno povezana sa specifičnim unosom nutrijenata u području postaje V5. Razgradnjom OT nastale PP dolazi do pojačane potrošnje O_2 i pojave hipoksičnih i anoksičnih uvjeta u dubljim slojevima jezera. Najveća rasprostranjenost i intenzitet hipoksično-anoksičnih uvjeta zabilježeni su u srpnju 2012. kada je na lokacijama V1-V5 na svim dubinama ispod 12 m izmjerena snižena koncentracija O_2 (< 5 mg/L), a u najdubljem sloju vodenog stupca dostignuta je anoksija.

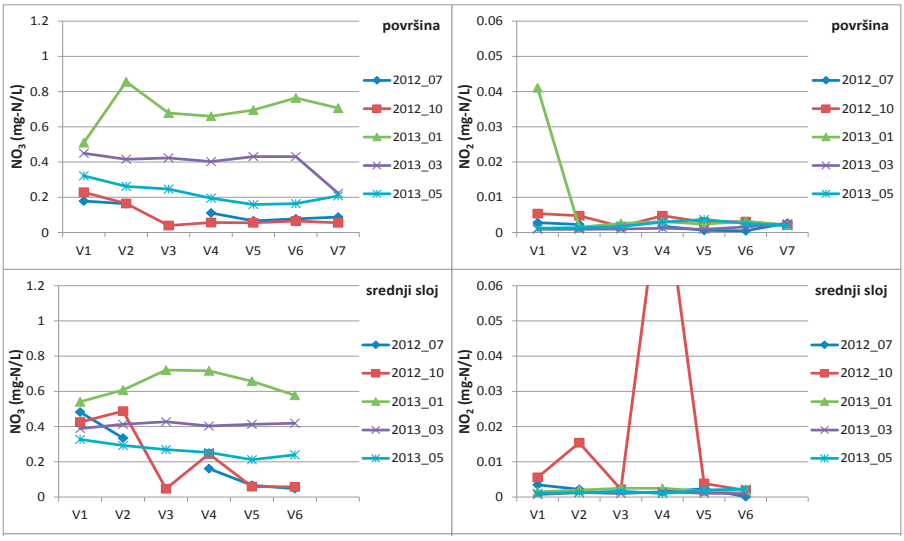


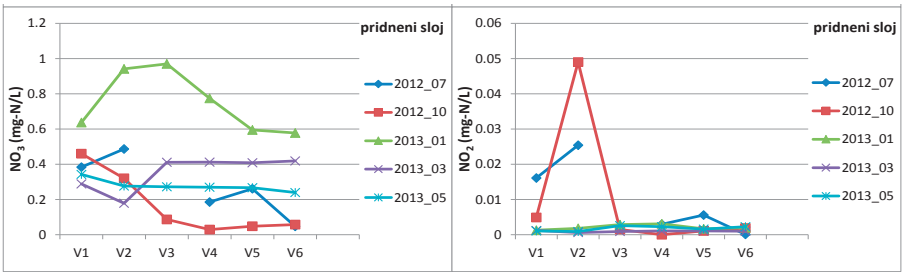
Slika 2. Horizontalne raspodjele temperature, vodljivosti, pH i otopljenog kisika u površinskom i pridnenom sloju vode tijekom uzorkovanja.

Slična raspodjela i intenzitet hipoksično-anoksičnih uvjeta utvrđeni su i u listopadu 2012. na lokacijama V2-V5, dok na lokaciji V1, zbog jačeg miješanja vode ispod Roškog slapa, anoksija u pridnenim slojevima nije primijećena. U zimskom razdoblju dolazi do miješanja vodenog stupca te su u siječnju 2013. na svim postajama i svim dubinama zabilježene visoke koncentracije O_2 (oko 10 mg/L). U ožujku 2013. u pridnenim slojevima na postajama V3, V4, a posebice na postaji V5, koncentracije O_2 opadaju (na V5 ispod 2 mg/L), što ukazuje da već u rano proljeće započinje značajna razgradnja i taloženje organskog materijala nastalog povećanom PP kao posljedica pojačanog donosa nutrijenata tijekom zimskih mjeseci s visokim protocima. Snižene koncentracije O_2 zadržavaju se tijekom cijelog proljeća u pridnenim slojevima na postajama V3, V4 i V5, a sličan pad O_2 zabilježen je i na postaji V2. Očito je da, nakon zimskog miješanja vodenog stupca, razvoj hipoksično-anoksičnih uvjeta u pridnenom sloju Visovačkog jezera započinje već u rano proljeće te kulminira tijekom razdoblja stratifikacije u ljetnom i ranojesenskom periodu. Hipoksično-anoksični uvjeti zabilježeni su tijekom ljeta i rane jeseni i u ranijim istraživanja (Špoljar i dr., 2005), ali hipoksija nije bila prisutna već tijekom ožujka. Naravno da cijeli proces jako ovisi o hidrološkim prilikama.

4.2. Eutrofikacijski procesi: Hranjive soli, organska tvar i sumporni spojevi

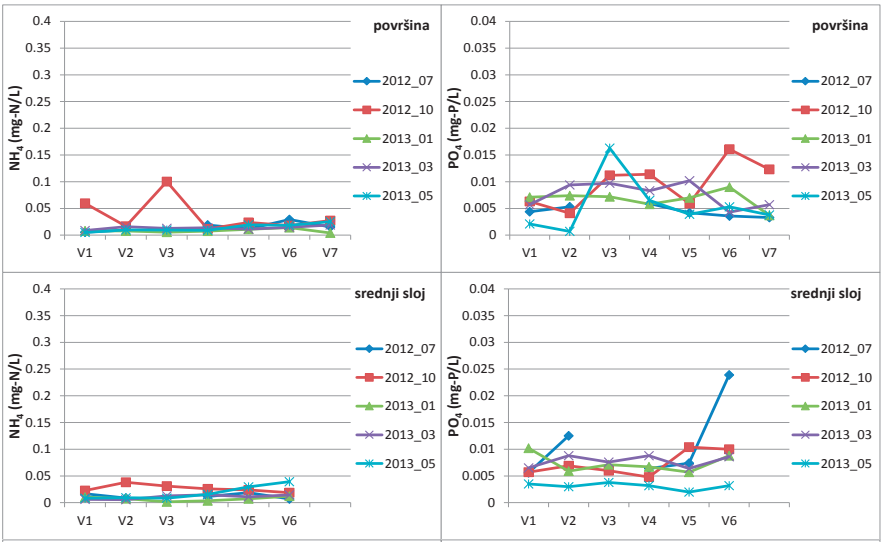
Hranjive soli su ključan preduvjet za rast fitoplanktona. Njihova dostupnost tijekom godine određuje dinamiku fitoplanktona te uvjetuje akumulaciju OT i nastanak hipoksično-anoksičnih uvjeta. Raspodjela hranjivih soli za sve ispitivane sezone prikazana je za tri karakteristična sloja Visovačkog jezera: površinski, srednji i pridneni sloj (Slike 3 i 4).

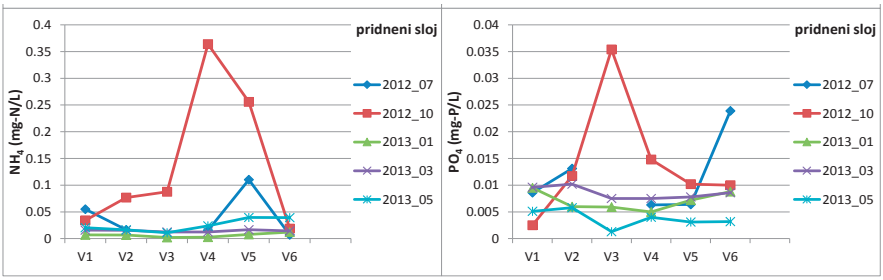




Slika 3. Horizontalne raspodjele nitrata i nitrita u površinskom, srednjem (12 m na V1-V5, 2 m na V6) i pridnenom sloju Visovačkog jezera. Izuzetno visoka koncentracija nitrita određena u srednjem sloju na V4 u listopadu 2012.g iznosi 0,095 mg N/l.

Silikati kao bitni sastojak za razvoj dijatomeja nisu određivani, ali literaturni podaci (Gligora Udovič i dr., 2011) ukazuju na visoke koncentracija silikata, osim nakon izrazitih cvatova dijatomeja kada im je koncentracija oko 0,7 mg/L. Što se tiče N i P hranjivih soli, koncentracije su im povišene u usporedbi s estuarnim dijelom rijeke Krke i priobalnim morem u zoni utjecaja rijeke Krke (Svensen i dr., 2006). To je i razumljivo jer Visovačko jezero, u odnosu na svoj razmjerno mali volumen (103 x 106 m^3), prima velike količine slatkovodnih donosa obogaćenih hranjivim solima.

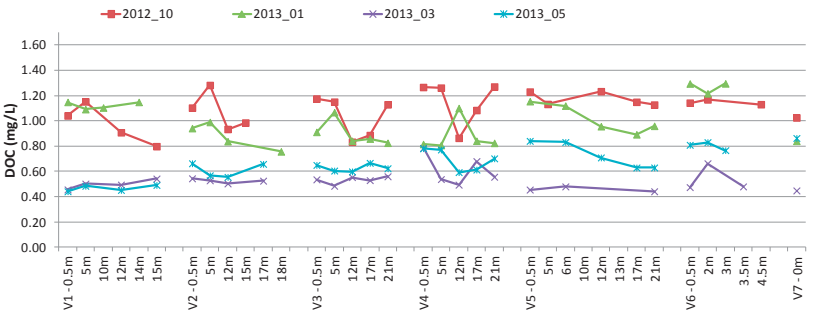


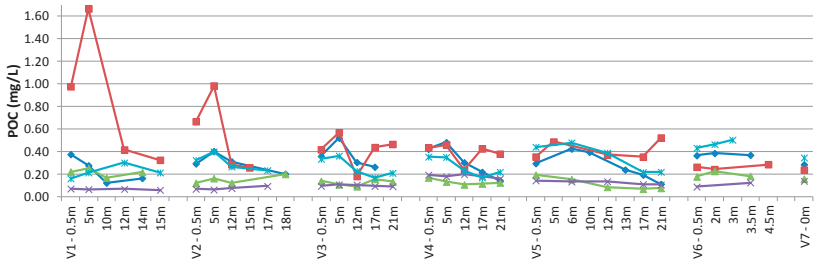


Slika 4. Horizontalne raspodjele amonijaka i fosfata u površinskom, srednjem (12 m na V1-V5, 2 m na V6) i pridnenom sloju Visovačkog jezera.

Koncentracije nitrata pokazale su znatne varijacije (0,05 - 1 mg/L), s maksimalnim vrijednostima u siječnju 2012 na postaji V2 u površinskom te V2 i V3 u pridnenom vodenom sloju. Slične varijecije nitrata u Visovačkom jezeru zabilježili su Špoljar i dr. (2005).

Vrijednosti DOC kretale su se u području koncentracija od 0,40 u pridnenom do 1,48 mg/L u površinskom sloju. Kao izuzetak mogu se navesti relativno visoke vrijednosti DOC na svim postajama u površinskom vodenom sloju (1,00 do 1,48 mg/L) u srpnju i listopadu 2012., te siječnju 2013. godine (Slika 5). Povišene vrijednosti zabilježene su i u pridnenom vodenom sloju na postajama V3 i V4 u skladu s pojavom hipoksično- anoksičnih uvjeta u tom vodenom sloju. Najniže (0,40-0,80 mg/L) i najsličnije vrijednosti do sada poznatim koncentracijama DOC (0,40-0,60 mg/L) za navedeno područje (Vojvodić i dr., 2007; Ciglenečki i dr., 2012) određene su u ožujku i svibnju 2013. godine. Tada je sličan raspon koncentracija zabilježen u cijelom vodenom stupcu i u cijelom istraživanom području s blagim porastom DOC od V1 do V7 u svibnju. U siječnju je maksimum zabilježen na postaji V4. Relativno visoke koncentracije DOC određene tijekom zimskih mjeseci u siječnju 2013. (0,80 - 1,2 mg/L) su novost i odstupaju od do sada poznatih podataka za područje rijeke Krke, te se vjerojatno mogu pripisati ispiranju tla s obzirom na zabilježeni visoki vodostaj i protok rijeke Krke u siječnju.





Slika 5. Raspodjela DOC i POC u vodenom stupcu Visovačkog jezera na istraživanim postajama.

S obzirom na do sada poznate rezultate DOC u površinskom sloju za istraživano područje (Vojvodić i dr., 2007), može se uočiti porast koncentracija i to za više od 100% u zimi, 12% u proljeće i 40% u ljetu.

Koncentracije POC kreću se od 0,11 do izrazito visokih 1,67 mg/L, s maksimumom određenim u površinskom sloju na postajama V1 i V2 u listopadu 2012. (Slika 5). Površinski sloj (0-5 m) postaja V1-V5 imao je relativno visoke vrijednosti POC (0,4- 1,67 mg/L), ukazujući na intenzivnu biološku aktivnost u listopadu 2012. Tipične i izrazito niske koncentracije POC (0,10 -0,20 mg/L) za istraživano područje zabilježene su samo tijekom zimskih i proljetnih mjeseci (siječanj i ožujak 2013.) u cijelom vodenom stupcu, što je u skladu s do sada poznatim podacima o OT u području rijeke Krke (Vojvodić i dr., 2007; Ciglenečki i dr. 2012). Tijekom svibnja, srpnja i listopada povišene vrijednosti POC (0,20 – 1,67 mg/L) zabilježene su u cijelom vodenom stupcu istraživanog područja, s maksimalnim koncentracijama određenim u površinskom sloju (0-5 m).

Osim u uzorcima iz listopada 2012. godine prisutnost reduciranih sumpornih spojeva (RSS) ni na jednoj od istraživanih postaja nije detektirana u koncentraciji višoj od 1-5 nM što je i granica elektrokemijskog određivanja RSS. Raspon koncentracija RSS u listopadu 2012. bio je od 1 do 320 nM. Najviše koncentracije određene su u pridnenom sloju i to posebno na postajama V3, V4 i V5, što je u skladu s pojavom hipoksično-anoksičnih uvjeta u pridnenom vodenom sloju na navedenim postajama. Većina detektiranog RSS na tim postajama bila je u formi sulfida (85-95%), dok je nehlapivi dio RSS preostao nakon zakiseljavanja i propuhivanja uzorka s plinovitim dušikom pripisan prisutnosti nehlapivih RSS uključujući i elementni sumpor.

ZAKLJUČAK

Rezultati iz ovog rada ukazuju kako je Visovačko jezero izloženo pojačanoj eutrofikaciji koja rezultira pojavama pridnene hipoksije i anoksije. Uočene eutrofikacijske pojave posljedica su značajnih riječnih donosa otopljenog i suspendiranog materijala, uključujući i hranjive soli što su glavni preduvjeti za razvoj fitoplanktona te akumulaciju OT u razdobljima visoke PP. Eutrofikacijski procesi posebno su intenzivni u toplijem dijelu godine te dovode do pojave hipoksično-anoksičnih uvjeta na gotovo svim istraživanim lokacijama, a posebno u najdubljim dijelovima Visovačkog bazena, kada zbog stratifikacije slabija izmjena vode u pridnenom sloju dovodi do pojave euksiničnih uvjeta uz značajne koncentracije sulfida. Eutrofikaciju Visovačkog jezera treba smatrati

vrlo ozbiljnim problemom koji je potrebno sustavno pratiti, s ciljem boljeg razumijevanja moguće uloge antropogenog doprinosa te pravodobnog poduzimanja mjera zaštite.

LITERATURA

[1] Ciglenečki I, Ćosović, B, (1997): *Electrochemical determination of thiosulfate in seawater in the presence of elemental sulfur and sulfide*. Electroanalysis 9 (10), 1-17.

[2] Ciglenečki I, Plavšić M, Bura-Nakić E, Marguš M, (2012): *Utjecaj HE Miljacka na ekosustav jezera Brljan*, elaborat IRB, Zagreb.

[3] Cukrov N, Cmuk P, Mlakar M, Omanović D, (2008a): *Spatial distribution of trace metals in the Krka River, Croatia: An example of the self-purification*, Chemosphere 72, 1559-1566.

[4] Cukrov N, Franciskovi ć-Bilinski S, Mikac N, Roje V, (2008b): *Natural and anthropogenic influences recorded in sediments from the Krka River Estuary (eastern Adriatic coast) evaluated by statistical methods*. Fres. Environ. Bull. 17, 855-863.

[5] Cukrov N, Blatarić AM, Cuculić V, Grabar I, Kwokal Ž, Mlakar M, Omanović D, Pižeta I, (2011): *Ispitivanje antropogenog utjecaja (ekotoksični metali) na sedimente Brljana i nizvodnih jezera*, elaborat IRB, Zagreb.

[6] Dautović J, Strmečki S, Pestorić B, Vojvodić V, Plavšić M, Krivokapić S, Ćosović B, (2012): *Organic matter in the karstic enclosed bay (Boka Kotorska Bay, south Adriatic Sea). Influence of freshwater input*, Fres. Environ. Bull. 21 (4a), 995-1006.

[7] Gligora Udovič M, Kralj Borojević K, Žutinić P, Šipoš L, Plenkovic-Moraj A, (2011): *Net-phytoplankton species dominance in a travertine riverine Lake Visovac, NP Krka*. Nat. Croat. 20, 411-424.

[8] Strickland J D H, Parsons, T R (1972): *A practical handbook of seawater analysis*. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 167, 1-310.

[9] Svensen C, Viličić D, Wassmann P, Arashkevich E, Ratkova T, (2007): *Plankton distribution and vertical flux of biogenic matter during high summer stratification in the Krka estuary (Eastern Adriatic)*. Estuar. Coast. Shelf Sci. 71, 381-390.

[10] Špoljar M, Habdija I, Primc-Habdija B, Šipos L, (2005): *Impact of environmental variables and food availability on rotifer assemblage in the karstic barrage Lake Visovac (Krka River, Croatia)*. Int. Rev. Hydrobiol. 90, 555–579.

[11] Vojvodić V, Bura-Nakić E, Ćosović E, (2007): *Organske tvari u Krki: Određivanje i karakterizacija*, Zbornik radova „Rijeka Krka i Nacionalni park „Krka“, prirodna i kulturna bašina, zaštita i održivi razvitak“, Marguš, D. (ur.), Javna ustanova „Nacionalni park Krka“, Šibenik, 839-847.

[12] *Zbornik radova „Rijeka Krka i Nacionalni park „Krka“, prirodna i kulturna bašina, zaštita i održivi razvitak“*, (2007), Marguš, D. (ur.), Javna ustanova "Nacionalni park Krka", Šibenik.

AUTORI

dr.sc. Irena Ciglenečki-Jušić [a]
dr.sc. Marijan Ahel [a]
dr.sc. Dario Omanović [a]
dr.sc. Nevenka Mikac [a]
dr.sc., Elvira Bura Nakić [a]
Marija Marguš, dipl. inž. [a]
Jelena Dautović, dipl.inž. [a]
Filipa Caktaš Šagi, dipl.inž. [a]
Milan Čanković, dipl.inž. [a]
Niko Bačić, dipl.inž. [a]

[a] Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Bijenička 54, Zagreb; irena@irb.hr

R 1.31.

CONSTRUCTION OF DEEP-ORIENTED GROUNDWATER MONITORING SITES IN SLOVENIA

Irena Kopač

SUMMARY: The processes of water flow and transport of substances in the transition region between the unsaturated zone of the soil and aquifer saturated areas play an important role and impact on the quality and quantity of groundwater. For this reason we decided to follow the experience of experts across the border (Joanneum Research Graz, dr. Johann Fank) and within the Project MURMAN (OP SI-AT 2007-2014) constructed two monitoring sites for deep-oriented abstraction of water samples with piezometric pillar with suction cups. One of the monitoring sites is in the hinterland of water supply Krog by Murska Sobota (Prekmurje, northeast part of the Slovenia), where is intended to observe the impact of agriculture. The other is opposite of the river Drava island (left bank of the river) in Maribor (second large city in Slovenia in north part of Slovenia), where we have managed artificial groundwater recharge for thirty years and is intended to look at the processes in bank filtration. Piezometric pillar with suction cups was supplied by UMS GmbH from Munich, who developed this approach together with experts from Joanneum Research Graz from Austria. Our challenge now is to unsure regular monitoring of these data and their evaluation.

KEY WORDS: Groundwater, Depth-specific sampling, Unsaturated zone, Multi-layer suction cup sampler, MURMAN

USPOSTAVA LOKACIJA MONITORINGA ZA DUBINSKO UZORKOVANJE PODZEMNIH VODA U SLOVENIJI

SAŽETAK: Procesi tijeka vode i pronosa tvari u prijelaznom području između nezasićene zone tla i zasićenih područja vodonosnika igraju važnu ulogu i utječu na kakvoću i količinu podzemne vode. Iz toga razloga smo se odlučili slijediti iskustva stručnjaka iz susjedne zemlje (Joanneum Research Graz, dr. Johann Fank) i u okviru projekta MURMAN (OP SI-AT 2007-2014) postavili dvije lokacije monitoringa za dubinsko zahvaćanje uzoraka vode uz pomoć pieziometrijskog stupa s prianjaljkama. Jedna od lokacija monitoringa nalazi se u zaleđu vodoopskrbnog sustava Krog kod Murske Sobote (Prekmurje, sjeveroistočni dio Slovenije), gdje se namjerava promatrati utjecaj poljoprivrede. Druga lokacija smještena je nasuprot ade u rijeci Dravi (lijeva obala) u Mariboru, drugom po veličini gradu u Sloveniji (sjeverni dio zemlje), gdje već trideset godina upravljamo um-

jetnim prihranjivanjem vodonosnika, s namjerom praćenja procesa obalne filtracije. Pijezometarski stup s prijanjaljkama nabavljen je od UMS GmbH iz Munchena koji je ovaj pristup razvio zajedno s Joanneum Research Graz iz Austrije. Sada je pred nama izazov osigurati redovno praćenje ovih podataka i njihovu evaluaciju.

KLJUČNE RIJEČI: Podzemne vode, Dubinsko uzorkovanje, Nezasićena zona, Višeslojni uzorkivač s prijanjaljkama, MURMAN

1. INTRODUCTION

The project MURMAN, financed within European Territorial Cooperation, OP SI-AT 2007-2013, was intended to joint sustainable management for drinking water supply system in the cross border region Mura basin. The project objectives were:

- development of methods and guidelines on risk management to protect groundwater resources for drinking water supply;
- test areas and lysimeter experiments simulating good agricultural practice;
- numerical modelling of soil water movement and nitrate leaching to the groundwater as an indispensable tool to derive regionally adapted measures;
- knowledge transfer within the cross-border region on the implementation of measures to protect groundwater resources;
- cooperation between stakeholders and official authorities as indispensable for disseminating project results.

Within the knowledge transfer in the cross-border region for the implementation of measures to protect, groundwater resources we decided to construct two monitoring sites for deep-oriented abstraction of water samples with piezometric pillar with suction cups. The transition area occupies a special position with respect to the hydraulic properties and provides a reaction chamber for different (bio-) chemical processes (Walther at al., 2010). By conventional measurement technology are the dominant processes very hard to capture or is this restricted as well with high costs. This has the result that the impact of the transition region is largely neglected in the management of groundwater bodies (Ronen and Sorek, 2005). In our region, we have important groundwater bodies, but we do not have such data. So when we see solutions that are used by colleagues in Austria and was developed together with firm UMS from Munich, we were impressed by it. The construction of this type of measurement points is low-cost and simple, but we can obtain information by layers from different depths, that we do not had before. Therefore, we poorly have known processes in these key areas.

2. CONSTRUCTION OF DEEP-ORIENTED GROUNDWATER MONITORING SITES

Within the project MURMAN, we decided to construct two such monitoring sites. One site is in Maribor (the second large city in Slovenia in north part of Slovenia), on left bank of river Drava by Maribor Island (island within river Drava) where we have wells for artificial groundwater recharge. Therefore, is this intended to help with data on bank filtration, which is used for artificial groundwater recharge. The other site is in the hinterland of water supply Krog by Murska Sobota (Prekmurje, northeast part of

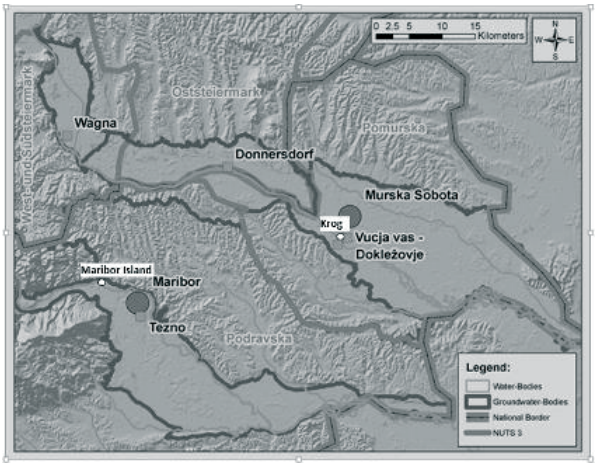


Figure 1. Location of both monitoring sites

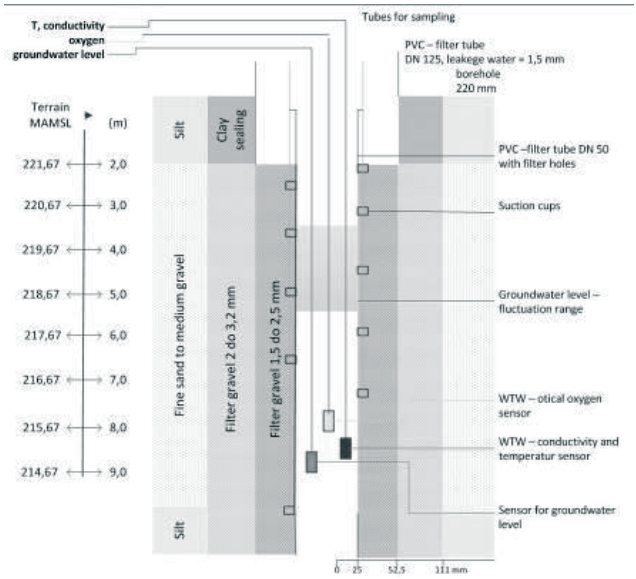


Figure 2. Construction of monitoring sites (concept: Fank, J., Joanneum Research Graz)

Slovenia). It is within one field and is intended to observe the impact of agriculture.
At both locations was used the same technique. In the classic, pre-drilled borehole was installed piezometric pillar with suction cups. Space around the suction cups and the edge of the borehole was than filled up with quartz sand. In the middle of piezometric pillar is free piezometric hole, in which can be measured groundwater level and its quality on classic way.
Ten suction cups we arranged in the unsaturated zone of the soil, in the area of groundwater fluctuation and in the groundwater. Sampling is going with the vacuum pump (VacuPorter,

UMS) and properly wrapped and labeled ten sample bottles in the box.

2.1. Monitoring site in Maribor

Pumping station Vrbanski plato is the most important source of water in the Municipality of Maribor and neighboring municipalities in this northeast part of Slovenia and is actually the most abundant source of water in northeastern Slovenia. It has a very favorable position to exploit and protect drinking water and favorably reliable supply from the river



Figure 3. Monitoring site location by Maribor Island on left bank of river Drava

Drava, which makes him independent of drought and climate changes.
From pumping station Vrbanski plato can be pumped up to 760 l/s of drinking water and cover up to 70% of the drinking water system, which is managed by the Maribor water supply. In the area of Vrbanski plato was from 1986 to 1990 built Phase I of the active protection with the artificial groundwater recharge. Water for this artificial recharge comes from bank filtration and so is the new measuring point very important. It already exists the design for II. and III. phase of active protection of this system. This will increase bank



Figure 4. Drilling borehole



Figure 5. Fitting together piezo-metric pillar



Figure 6. Installation in borehole



Figure 7. Sampling with vacuum pump

filtration and we need data to manage this system.

2.2. Monitoring site in Krog

Within the narrow water protection zone (according to the municipal ordinance) wells Krog is Komunala Murska Sobota (operator of a public water supply system) owner of a small agricultural plots, surrounded by other agricultural areas under cultivation. Therefore, they decided to use this plot used to gradually build quality measurement polygon intended for the protection of groundwater pumping in Krog. The first step in this is to build deep-oriented measures site VMS-1. This monitoring is intended for water

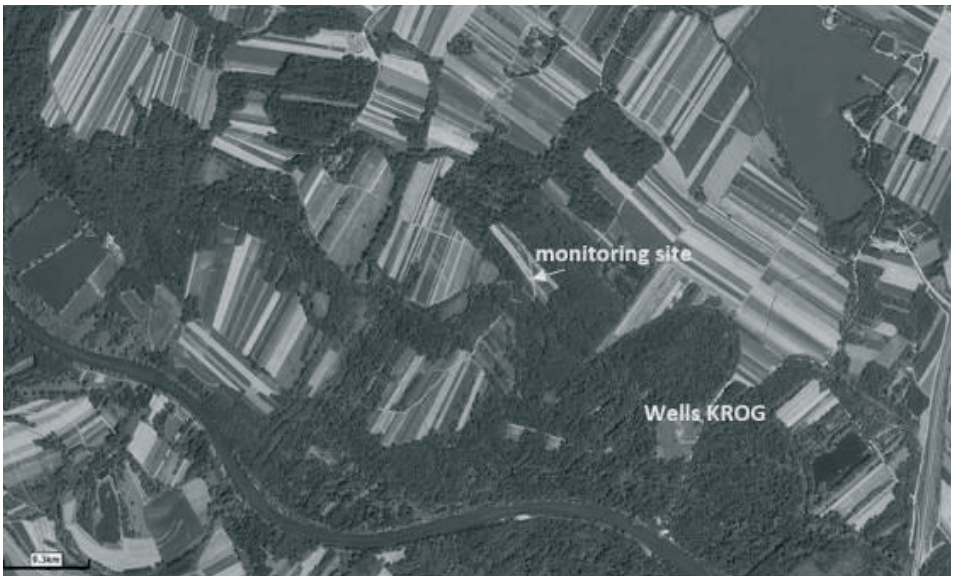


Figure 8. Monitoring site location by Krog in Pomurje



Figure 9. Suction cup on piezometric pillar

supply protection and the operator Komunala Murska Sobota will manage it.

CONCLUSION

We have now two measuring sites and our challenge now is to ensure regular monitoring of these data and their evaluation. Unfortunately, the implementation of these monitoring sites fell into financial unfavorable time. MURMAN project was completed and call for new era (2014-2020) European regional cooperation is not yet open. We are waiting with

prepared proposal, including these sites, so that we too can obtain reliable data for our soil types, especially for "saturated-unsaturated-interface-region". Six years of experience our colleagues from Austria by first measuring position in Wagna and others in Flutendorfu, which was also built under the project MURMAN, show that this device with piezometric pillar with suction cups is capable of sampling the entire transition zone between the unsaturated and saturated zone, including the capillary fringe, with high temporal and spatial resolution (Walther at al., 2010).

ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to Georg von Unold (UMS Munich) for comprehensive technical support in the all aspects of the sampling technique.

REFERENCES

[1] Ronen, D., Sorek, S., (2005): *The Unsaturated Zone – A Neglected Component of Nature*. Water Quality Division, 16 S, Israel Water Commission, Tel-Aviv

[2] Ronen, D., Scher, H., Blunt, M. (2000): *Field observation of a capillary fringe before and after a rainy season*. Journal Contam. Hydrology. 44(2), 103-118

[3] Walther, M., Fank, J., Reimann, T. (2010): *Tiefengestaffeltes Wasserprobennahmesystem zur spezifischen Beprobung der ungesättigten Zone, dem Kapillarsaum und der gesättigten Zone.* Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie (2010)15: 19-32, doi:10.1007/s00767-009-0129-6

AUTHOR

Irena Kopač, M.Sc. [a]

[a] IEI – Institut za ekološki inženiring, Ljubljanska ul. 9, Maribor, SI-2000, Slovenia, irena.kopac@iei.si

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.32.

HIDROGEOLOŠKA POTENCIJALNOST GORSKIH I PRIGORSKIH VODONOSNIKA ŽUMBERAČKOG I SAMOBORSKOG GORJA

Ivan Dragičević, Ivica Pavičić, Davor Pavelić, Alan Vranjković, Daria Čupić, Siniša Širac

SAŽETAK: Regionalne hidrogeološke strukture kilometarskih dimenzija razvijene su na više mjesta u području sjeverne i sjeverozapadne Hrvatske. Njihova prisutnost redovito se poklapa sa značajnim geomorfološkim strukturama (Žumberačko i Samoborsko gorje, Zagrebačka gora, Kalničko gorje, više geomorfoloških jedinica u Hrvatskom Zagorju, te područje slavonskih planina). Navedene gore sadrže vodu visoke kakvoće koja je značajan mogući resurs za vodoopskrbu. Visoka kakvoća podzemne vode iz gorskih i prigorskih vodonosnika, ekološka očuvanost područja napajanja i relativno jednostavna zaštita daju dodatno opravdanje za sustavna istraživanja na tom području. Detaljnija istraživanja provedena su se u područjima koja gravitiraju gusto naseljenim predjelima gdje je i potreba za pitkom vodom najveća. Istraživanja su se provodila u području Žumberačkog i Samoborskog gorja te su definirani najpovoljniji prostori za buduća detaljna istraživanja. Svrha istraživanja bila je da se na jedan novi način pristupiti gorskim i prigorskim vodonosnicima, kvantificiraju volumeni pukotinskog i pornog prostora izradom regionalnog 3D geološkog i hidrogeološkog modela podzemlja. 3D modelom obuhvaćene su geološke, hidrogeološke i geomorfološke značajke i strukture područja na temelju čega su procijenjene vrijednosti volumena stijena te pukotinskog i pornog prostora. Time je postignuto prvo približenje stvarnim vrijednostima zaliha podzemnih voda.

KLJUČNE RIJEČI: gorski vodonosnici, regionalna geologija, hidrogeologija, 3D geološki model, zalihe podzemnih voda

HYDROGEOLOGICAL POTENTIAL OF AQUIFERS IN THE MOUNTAIN AND FOOTHILL REGIONS OF THE ŽUMBERAK AND SAMOBOR MOUNTAINS

SUMMARY: Regional hydrogeological structures stretching for kilometers are developed in several areas of the northern and north-western part of Croatia. Their presence regularly coincides with regionally significant geomorphological structures (Žumberak and Samobor mountains, Mt. Medvednica, Mt. Kalnik, several geomorphological units in the

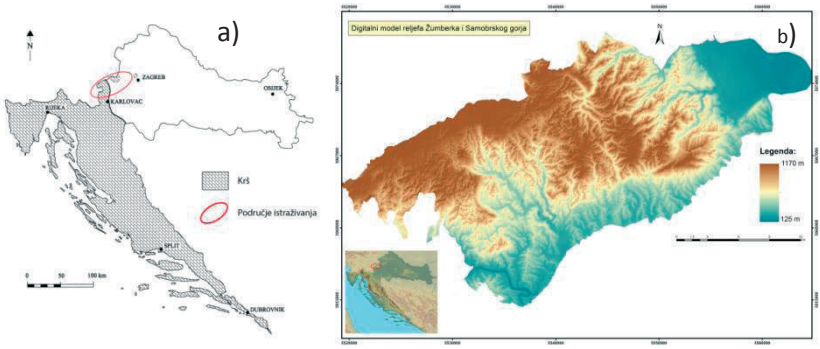
Hrvatsko Zagorje area and Slavonian mountains). These mountains contain high quality groundwater, which is a significant potential resource for water supply. High groundwater quality from aquifers in the mountain and foothill regions, a high level of ecological preservation of the recharge area and a relatively simple protection provide sufficient justification for systematic investigations in this area. More comprehensive investigations were conducted in locations which gravitate towards densely populated areas with the highest demand for drinking water. This paper presents the results of the research conducted in the Žumberak and Samobor mountains, which were determined as the most favourable sites for further detailed research. The aim was to apply a new approach to aquifers in mountain and foothill regions and quantify the volumes of fracture and pore space through the development of a 3D geological and hydrogeological model of the underground. The 3D model included geological, hydrogeological and geomorphological features and structures of the area and was the basis for assessment of the rock volume and fracture and pore space, thus facilitating a closer estimation of the actual values of the groundwater reserves for the first time.

KEY WORDS: Mountain aquifers, regional geology, karst hydrogeology, 3D geological model, groundwater reserves

1. UVOD

Podzemna voda je najvažniji izvor pitke vode na Zemlji iako je u globalnoj bilanci vode zastupljena samo sa oko 1 %. Voda se u podzemlju može nalaziti u stijenama karakteriziranim različitim tipovima poroznosti kao što su primarna ili sinsedimentacijska (npr. aluvijalni vodonosnici), **sekundarna** ili postsedimentacijska te **tercijarna** ili kavernska poroznost (krški vodonosnici). Ovaj rad sadrži dio rezultata istraživanja provedenih od Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta u okviru projekta *„Hidrogeološka potencijalnost gorskih i prigorskih vodonosnika u području sjeverne Hrvatske“* koji su financirale Hrvatske vode. Istraživanje je obuhvatilo Žumberačko i Samoborsko gorje, Medvednicu i Kalnik, a u ovom radu prikazan je dio rezultata istraživanja Žumberka i Samoborskog gorja.

Gorski vodonosnici karakterizirani su dominantno sekundarnom i tercijarnom poroznošću te razmjerno malom primarnom poroznošću. Većina gradova i naselja u sjeverozapadnoj Hrvatskoj pa tako i naselja u području Žumberka i Samoborskog gorja (slika 1), dobrim dijelom se napajaju vodom iz aluvijalnih vodonosnika Save i Kupe te njihovih slivnih vodotoka. Prednosti ovih vodonosnika su male dubine zalijeganja, jednostavne geološke strukture koje izgrađuju, lateralna rasprostranjenost i velika primarna (međuzrnska) poroznost. Zbog takvih svojstava istraživanja su nešto jednostavnija i jeftinija. Problemi koji se mogu javiti kod aluvijalnih vodonosnika velikih rijeka su niža kakvoća podzemne vode koja može biti uvjetovana načinom nastanka vodonosnika, no u posljednje vrijeme je sve više rezultat antropogenog utjecaja i kontinuirano se smanjuje.



Slika 1. a) Pojednostavljeni prikaz rasprostranjenosti krša na području Republike Hrvatske (Herak, 1991); b) Digitalni model reljefa Žumberka i Samoborskog gorja.

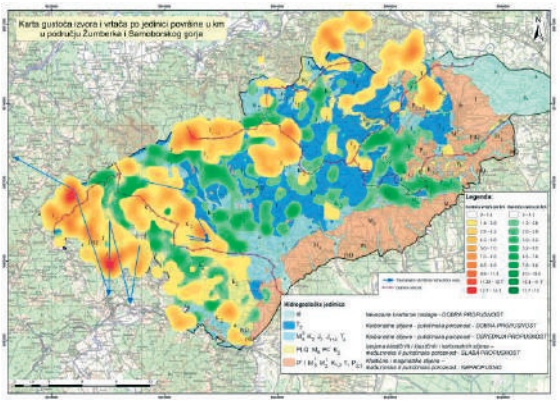
Provedenim istraživanjem žele se istaknuti vodonosnici koji u velikim udjelima sudjeluju u geološkoj građi kako na površini tako i u podzemlju Žumberka i Samoborskog gorja kao i drugih gora SZ Hrvatske. Vodonosnici su karakterizirani velikom debljinom, poroznošću te značajnom površinskom i potpovršinskom rasprostranjenošću a nazvani su **gorski i prigorski** vodonosnici zbog njihove prisutnosti u značajnim geomorfološkim strukturama (Žumberačko i Samoborsko gorje, Zagrebačka gora, Kalničko gorje, više geomorfoloških jedinica u Hrvatskom Zagorju, te područje slavonskih planina). Zbog velikog volumena vodonosnika, te velike poroznosti (pogotovo sekundarne), može se pretpostaviti da se u tim vodonosnicima uskladištene i velike zalihe podzemnih voda, koje bi se u budućnosti mogle koristi za vodoopskrbu. Strateško značenje gorskih i prigorskih vodonosnika, odnosno zalihe podzemne vode koje se u njima nalaze, nalažu potrebu dugoročnih istraživanja. Podloga za istraživanje su prethodna istraživanja, Dragičević, i dr., 1997, 1998, 2014; Vujnović 2010; Frangen 2013 i Pavičić, 2014. Cilj je istraživanja bio je da se modernim geološkim, hidrogeološkim i geomorfološkim metodama definiraju u regionalnom mjerilu geološke i hidrogeološke značajke Žumberka i Samoborskog gorja te također u regionalnom mjerilu kvantificirati porni i pukotinski prostor dostupan za uskladištenje podzemne vode. Istraživanja su se sustavno izvodila počevši s prikupljanjem dosad objavljenje literature, terenskim kartiranjem, izradom geoloških profila te njihovim povezivanjem u 3D geološki model (slike 4, 5a i 5b) detaljno opisan (Pavičić, 2014). 3D geološki model pretvoren je u hidrogeološki kako bi se na temelju modela kvantificirao volumen vodonosnika. Iz odnosa volumena vodonosnika i procijenjenih vrijednosti poroznosti, kvantificiran je porni i pukotinski prostor u regionalnom mjerilu, koji je dostupan za uskladištenje podzemne vode u području Žumberačkog i Samoborskog gorja.

2. GEOGRAFSKE I GEOMORFOLOŠKE ZNAČAJKE

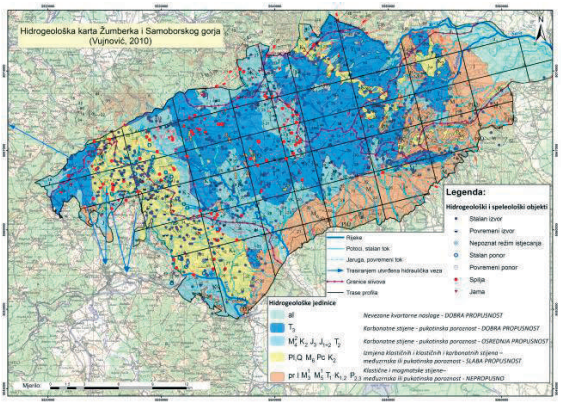
Područje istraživanja obuhvaća Žumberak i Samoborsko gorje ukupne površine od 586 km2 (slika 1b). Udio područja zahvaćenih okršavanjem (bez obzira na njegov intenzitet) je oko 70 % (Buzjak, 2001). Na smanjeni intenzitet okršavanja nailazi se na strmijim predjelima gdje nagibi padina povećavaju koeficijent površinskog otjecanja (npr. Japetić i Plešivica) (Buzjak, 2001) te na obroncima izgrađenih od neogenskih sedimenata.

Slabijim intenzitetom mjestimično su karakterizirana područja izgrađena od srednje i gornjotrijaskih dolomita dok u područjima gdje površinu izgrađuju lapor i fliš u pravilu nema krških formi.

Područje napajanja podzemlja (slika 2a) može se pretpostaviti na temelju analize gustoće vrtača po jedinici površine koje su najveće u morfološki najvišim dijelovima Žumberka i Samoborskog gorja tj. zapadnom dijelu Žumberka (slika 2a). Najveće gustoće vrtača u topografski najvišim područjima omogućuju veliku infiltraciju jer su to ujedno i područja s najviše oborina. Ova područja slabo su naseljena te je i potencijal za antropogeno onečišćenje relativno nizak. Gustoće izvora (slika 2a) pokazuju malo razvedeniju raspodjelu u odnosu na vrtače. Izvori se u području Žumberka često pojavljuju na kontaktu gornjokrednih vapnenaca i fliša. Na cijelom području Žumberka i Samoborskog gorja velika je gustoća izvora na kontaktima propusnih i nepropusnih naslaga (slika 2a i 2b).



Slika 2. a)Karta gustoća izvora i vrtača (izrađena je u ArcGIS 10 alatom Kernel Density koji spada u Spatial Analyst Tools>Density skupinu alata) (Pavičić, 2014)



Slika 2. b) Hidrogeološka karta Žumberka i Samoborskog gorja (Vujnović, 2010; Pavičić, 2014).

Na temelju usporedbe gustoća izvora i vrtača i podataka o izvedenim trasiranjima može se zaključiti da je generalni smjer toka podzemne vode SSZ-JJI. U Samoborskom gorju velika gustoća izvora vezana je i za kontakt paleogenskih i neogenskih nepropusnih stijena sa dobropropusnim, srednje i gornjotrijaskim dolomitima (slika 2a i 2b).

(M_4^2).

3. GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE GORSKIH I PRIGORSKIH VODONOSNIKA

Udio gorskih i prigorskih vodonosnika u geološkoj građi površine Žumberka i Samoborskog gorja je oko 40%, no još je veći udio u građi podzemlja. Zbog regionalnog hidrogeološkog značaja, najveća pažnja posvećena je trijaskom dolomitno-vapnenačkom vodonosniku (T2 i T3) i badenskom karbonatno-klastičnom vodonosniku (M_4^2).
Dakako da su u područjima gdje su značajnije prisutni drugi vodonosnici (jurski vapnenci i gornjokredni vapnenci i vapnenačke breče) i oni uključeni u ukupne volumene vodonosnika (Dragičević i dr. 2014).

3.1. Trijaski dolomitno-vapnenački vodonosnik

Temeljna strukturna obilježja trijaskog dolomitno-vapnenačkog vodonosnika su bore i rasjedi velikih dimenzija (dm, m, km) (Dragičević i dr., 2014). Odnos ovog vodonosnika prema izolatorskim stijenskim kompleksima vrlo je zamršen. U normalnom stratigrafskom slijedu u podini se u pravilu nalaze donjotrijaske klastične stijene koje su u hidrogeološkom smislu vodonepropusne ili slabo vodopropusne (slika 2b). U krovini preko njega dolaze transgresivno i diskordantno raznovrsne taložne stijene najčešće neogenske starosti. Vrlo često transgresivno i diskordantno preko trijaskog dolomitno vapnenačkog vodonosnika naliježe badenski karbonatno-klastični vodonosnik koji u tome slučaju zajedno s njim čini jedinstveni vodonosnik. Ovakvi odnosi najperspektivniji su u hidrogeološkom smislu. Debljina trijaskog dolomitno-vapnenačkog vodonosnika (slika 3a i 3b) u razmatranim područjima procjenjuje se na više stotina metara (čak i preko 800 metara), što je ustanovljeno iz literaturnih podataka, snimanjem na terenu i izradom geoloških profila. Ove su stijene primarno nastajale u području prostrane karbonatne platforme čije se horizontalno rasprostiranje moglo pratiti tisućama kilometara, a debljina istaloženih karbonatnih sekvencija nerijetko je prelazila tisuću metara. Ovakvi taložni i paleoambijetalni uvjeti rezultirali su visokom kakvoćom podzemne vode. Najčešći litotipovi ovog vodonosnika su ranodijagenetski dolomiti (slika 3a i 3b) koji su naknadno izmijenjeni rekristalizacijskim procesima, te različiti tipovi plitkomorskih vapnenaca također naknadno izmijenjeni procesima rekristalizacije i dolomitizacije. U ovom vodonosniku prisutne su i primarna i sekundarna poroznost. Prema dostupnim podacima (Šestanović, 1993) primarna se kreće u granicama između 1 i 3 %. Pogotovo u dolomitima ulogu i iznos efektivne primarne poroznosti trebalo bi detaljnije istražiti. Sekundarna poroznost široko je rasprostranjena u ovim gorskim vodonosnicima. Na temelju podataka terenskih istraživanja kao i literaturnih podataka može se sa sigurnošću reći da su razvijeni brojni tipovi ove poroznosti (interkristalna, moldička, šupljinska, kanalna, špiljska, prslinska, brečna, poroznost trošenja). Vrijednosti efektivne poroznosti procijenjene su promatranjem izdanaka u kamenolomima na 5 do 25 % (Dragičević et al., 1997). Njezina je uloga u hidrogeološkom smislu najznačajnija za uskladištenje podzemnih voda.



Slika 3. a) Dolomiti s pukotinama centimetarskih do decimetarskih dimenzija; b) Dolomiti s pukotinama metarskih dimenzija.

Transmisivnost i vodopropusnost kao i neki drugi hidrogeološki parametri za sada nisu dovoljno proučavani u istraživanom prostoru. Ilustrativno mogu poslužiti vrijednosti određene interpretacijom pokusnog crpljenja u nekim zdencima (primjer zdenca BV-1 u Vratnom na Kalniku, Mayer i dr., 1994) gdje su utvrđene vrijednosti koeficijenta transmisivnosti između T = 2,9 x 10^{-3} m^2/s i T = 5,7 x 10-3 m^2/s. Kako je zdencem zahvaćen samo dio dolomitnog vodonosnika na dubini između 400 i 430,3 m ispod površine terena, može se dati i gruba procjena koeficijenta vodopropusnosti od oko 1 x 10-4 m/s, što približno odgovara srednje zrnom pijesku (Mayer i dr., 1994). Dolomitno-vapnenački vodonosnik u ovim područjima napaja se infiltracijom oborinskih voda. Infiltracija do danas nije kvantificirana no zasigurno je značajna jer u dolomitnim terenima su vrlo rijetke vododerine koje bi ukazivale na intenzivno površinsko otjecanje. S obzirom na uspostavljenu ravnotežu između napajanja i zaliha kroz vrlo dugo razdoblje može se reći da su obnovljive zalihe podzemnih voda u ovom vodonosniku približno jednake godišnjoj količini istjecanja na izvorima vezanim uz dolomitno-vapnenački vodonosnik. Naime, na kontaktu vodonosnika s nepropusnim, uglavnom mlađim naslagama nalaze se brojni izvori. Ovi izvori predstavljaju mjesta prelijevanja "viška" vode koji se tijekom godine stvori infiltracijom oborinskih voda.

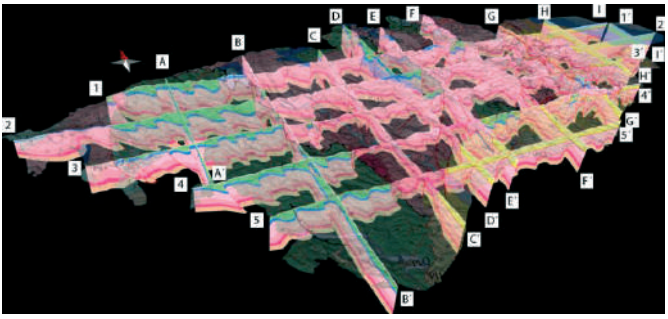
3.2. Badenski karbonatno klastični vodonosnik

Badenski karbonatno-klastični vodonosnik široko je rasprostranjen, često s izdancima kilometarskih dimenzija, ali i sa čestim bočnim i vertikalnim prijelazima u litotipove nepovoljnijih hidrogeoloških svojstava (slika 2b). On je u normalnom odnosu transgresivan i diskordantan na različite starije litostratigrafske članove. Od nepropusnih najčešći su različiti sedimentni slijedovi donjeg i srednjeg trijasa, te predbadenski krupnozrnasti do sitnozrnasti glinovito-laporoviti litotipovi. Vrlo često, a što je u hidrogeološkom smislu izrazito povoljno, stijene ovog vodonosnika u razmatranom području leže preko dolomitno-vapnenačkog vodonosnika srednjeg i gornjeg trijasa. Odmah treba istaknuti da područja s ovakvim geološkim, odnosno hidrogeološkim odnosima predstavljaju najpovoljnija mjesta za uskladištenje podzemnih voda. U takvim područjima oba vodonosnika treba promatrati zajedno, kao jedinstvenu hidrauličku cjelinu. U krovini vodonosnika dolazi široko rasprostranjeni i lako prepoznatljivi slijed sarmatskih sitnozrnastih laporovito-glinovito-pjeskovitih sedimenata. U karbonatnom dijelu vodonosnika prevladavaju

različiti tipovi plitkomorskih vapnenaca gotovo isključivo biogenog podrijetla. Prevladavaju biohermalni i biostromalni koralinacejsko-briozojsko-koraljni vapnenci kao i produkti njihovog razaranja energijom morske vode. Klastični dio vodonosnika predstavljaju najčešće bazalni polimiktni konglomerati i breče. U vapnenačkom dijelu vodonosnika nazočne su sve vrste poroznosti, primarna, sekundarna i tercijarna. To se prvenstveno odnosi na tercijarnu, disolucijsku poroznost što je dovelo do stvaranja vrtača pa vodonosnik često ima krška obilježja. U klastičnom dijelu vodonosnika zastupljena je primarna poroznost (međuzrnska). Badenski karbonatno-klastični vodonosnik nastao je u marinskim pretežno plitkovodnim sredinama koje su bile bogate kisikom i sa značajnom dinamikom mora, dakle u oksidacijskim uvjetima taloženja što mu i određuje temeljne geokemijske karakteristike. Zbog toga se vode koje se danas u njemu nalaze odlikuju visokom kakvoćom i pripadaju vodama Ca hidrokarbonatnog tipa.

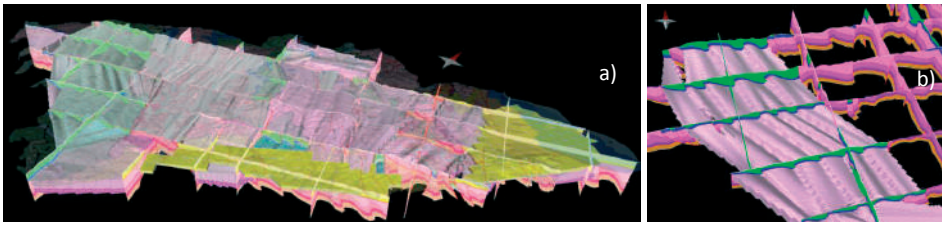
4. KVANTIFIKACIJA ZALIHA PODZEMNE VODE NA TEMELJU 3D GEOLOŠKOG/HIDROGEOLOŠKOG MODELA PODZEMLJA

Volumen pukotinskog i pornog prostora izračunat je množenjem ukupnog volumena stijene s iznosima pretpostavljene poroznosti.



Slika 4. Svi konstruirani profili i geološka karta prevučena preko digitalnog modela reljefa (načinjeno u računalnom softveru Midland Valley Move) (Pavičić, 2014).

3D geološki model (slike 4, 5a i 5b) konstruiran je povezivanjem struktura interpretiranih na poprečnim i uzdužnim geološkim profilima (slika 4). Volumeni pojedinih vodonosnika dobiveni su određivanjem podine i krovine vodonosnika kao i prednjih i bočnih granica (slike 5 i 6).



Slika 5. a) Modelirani svi vodonosnici svih blokova (boja bloka opisuje njegovu starost); b) Prikaz modela gornjotrijskog Vivodinskog vodonosnika (načinjeno u računalnom softveru Midland Valley Move) (Pavičić, 2014).

Procijenjeni volumeni pornog i pukotinskog prostora (tablica 1) ako su ispunjeni podzemnom vodom predstavljaju i zalihe uskladištene podzemne vode.
Opisana metoda u izračun volumena vodonosnika, pornog i pukotinskog prostora uključuje geološke značajke podzemlja i strukture koje vodonosnici izgrađuju. Istraživano područje je geološki zamršeno, stijene su borane i rasjedane te su za vrijeme kompresijskih režima naprezanja stvorene ljuskave strukture u kojima može doći do prividnog udvostručenja debljine. Prednost ove metode su realnije vrijednosti procijenjenih volumena. 3D geološki/hidrogeološki modeli u karbonatnim stijenama koriste se sve više zadnjih godina te postaju temelj za daljnje modeliranje pojedinačnih pukotinskih sustava u stijenama (Bakalowitz, 2005; Borghi et al., 2010). Metoda je ipak opterećena geološkom interpretacijom zbog malog broja ulaznih podataka i regionalnim mjerilom istraživanja. Taj problem umanjuje se sustavnim istraživanjima na regionalnom i kasnije lokalnom mjerilu. Velika razlika između najmanje i najveće vrijednosti potencijalnih zaliha isključivo je uvjetovana velikim rasponom poroznosti.

Tablica 1. Prikaz procijenjenog pornog prostora raspoloživog za uskladištenje podzemne vode na temelju konstruiranog 3D geološkog modela s procijenjenim minimalnim, srednjim i maksimalnim poroznostima.

Poroznost				Dolomiti 0.05; Vapnenci 0.05	Dolomiti 0.15; Vapnenci 0.20	Dolomiti 0.25; Vapnenci 0.35
Vodonosnik	**Broj bloka**	**Naziv bloka**	**Volumen stijene (km^3)**	**Min volumen pornog i pukotinskog prostora (km^3)**	**Sred volumen pornog i pukotinskog prostora (km^3)**	**Max volumen pornog i pukotinskog prostora (km^3)**
Miocenski vapnenci-M_4			15,02	0,75	3,00	5,26
Jurski vapnenci-J	1	Kula				
	2	Vivodina	20,09	1,00	4,02	7,03
	3	Žumberak	0,50	0,03	0,10	0,18
	4	Mrzlo Polje	2,20	0,11	0,44	0,77
	5	Japetić	2,15	0,11	0,43	0,75
	6	Javorek	0,52	0,03	0,10	0,18
	7	Samobor				
		Svi blokovi	**25,46**	**1,27**	**5,09**	**8,91**
Srednje i gornjotrijaski dolomiti T_2 i T_3	1	Kula	107,37	5,37	16,11	26,84
	2	Vivodina	49,71	2,49	7,46	12,43
	3	Žumberak	27,88	1,39	4,18	6,97
	4	Mrzlo Polje	101,60	5,08	15,99	26,90
	5	Japetić	26,58	1,33	3,99	6,64
	6	Javorek	86,89	4,34	14,04	23,73
	7	Samobor	371,30	18,56	55,72	92,87
		Svi blokovi	**370,80**	**18,54**	**55,62**	**92,70**
	UKUPNO	**Svi vodonosnici**	**411,28**	**20,56**	**63,72**	**106,87**

Vodonosnici su podijeljeni u blokove na temelju geoloških odnosno hidrogeoloških značajki i granica (slika 2b). Njihove granice i volumene treba preciznije definirati lokalnim istraživanjima.
Ovo istraživanje treba shvatiti kao podlogu za daljnja detaljnija istraživanja u kojima bi se detaljnije opisala efektivna poroznost odnosno, preciznije opisali tipovi poroznosti i kvantificirale vrijednosti poroznosti, odredile granice „blokova“ odnosno vodonosnika te definirali smjerovi toka podzemne vode i područja s značajnim količinama podzemne vode.

ZAKLJUČAK

Za vodoopskrbu sjeverozapadne Hrvatske uglavnom se koristi podzemna voda iz aluvijalnih vodonosnika Save i Drave, Kupe i Krapine (Dragičević et al., 1998). Kvaliteta vode u tim vodonosnicima je lošija zbog uvjeta u kojima je vodonosnik nastao ili je dodatno degradirana antropogenim utjecajem. Za razliku od aluvijalnih, gorski vodonosnici karakterizirani su napajanjem iz hipsometrijski viših područja, te je manja vjerojatnost antropogenog onečišćenja. Time je zaštita područja napajanja jednostavnija. Područja napajanja često su i područja s najviše oborina od kojih veliki dio ponire u podzemlje. Da u podzemlju ima „viška“ vode ukazuju brojni izvori od kojih mnogi ne presušuju cijele godine. Starost podzemne vode je oko 4500±150 godina (Mayer i dr. 1994; Dragičević i dr. 1997) te ukazuje na vrlo sporu cirkulaciju podzemne vode na većim dubinama i te se podzemne vode mogu smatrati statičkim zalihama podzemne vode. Crpljenjem te vode na povoljnim mjestima oslobodio bi se dio pornog prostora za cirkulaciju podzemne vode čime bi se povećala efektivna poroznost tj volumen pora i pukotina koje sudjeluju u cirkulaciji podzemne vode.
Procjena volumena pornog i pukotinskog prostora ostvarena izradom 3D geološkog i hidrogeološkog modela na temelju kojeg je prvo određen volumen vodonosnika. Množenjem volumena vodonosnika s procijenjenim vrijednostima poroznosti, procijenjen je i porni i pukotinski prostor (tablica 1). Naravno rezultate treba uzeti s oprezom jer je nerealno očekivati svugdje maksimalne vrijednosti poroznosti, tako da se vrijednost od 20 km^3 (pri poroznosti od 5% za vapnence i dolomite) pornog i pukotinskog prostora može smatrati realnom. Naime, da bi se dobila preciznija procjena volumena pornog i pukotinskog prostora potrebno je definirati efektivnu podinu vodonosnika tj dubinu na kojoj je okršavanje beznačajno i nema cirkulacije vode. Također treba definirati zone povećane poroznosti koje će biti u zonama regionalnih i lokalnih velikih rasjeda gdje će i volumen pukotina biti veći te se to mogu smatrati područjima gdje bi očekivali značajnije količine podzemne vode.
Daljnja istraživanja trebaju se usmjeriti na detaljnije analiziranje pojedinih vodonosnika u istraživanom području. Mjerilo treba svesti s regionalnog na lokalno te preciznije odrediti granice pojedinih vodonosnika. Detaljnim speleološkim, geomorfološkim i strukturno-geološkim istraživanjima mogu se dobiti važni podaci o rasporedu, gustoći, genezi pukotina, šupljina i podzemnih speleoloških objekata na temelju čega bi se preciznije mogla definirati podzemna mreža kanala i pukotina. Na mjestima gdje vodonosnik ima duboko zalijeganje bilo bi korisno probušiti cijeli vodonosnik tj. definirati podinu vodonosnika.

LITERATURA

[1] Bakalowitz, M. (2005): Karst grounwater: *A challenge for new resources*, Hydrogeology Journal 13 DOI 10.1007/s10040-004-0402-9.

[2] Borghi, A., Renard, P., Jenni, S. (2010): *How to Model Realistic 3D Karst Reservoirs Using a Pesudo-Genetic Methodology*; Advanced Reaserch in Karst Media, Springer, 251-255 str.

[3] Buzjak, N. (2001): *Speleološke pojave Parka prirode „Žumberak-Samoborsko gorje"*, 1. dio. Fond stručne dokumentacije Parka prirode „Žumberak-Samoborsko gorje", Slani Dol.

[4] Dragičević, I., Blašković, I., Mayer, D., Žugaj, R., Tomljenović, B. (1997): *Gorski i prigorski vodonosnici sjeverne Hrvatske* (izvješće o radovima u 1997. godini). Fond stručne dokumentacije RGNF, Zagreb.

[5] Dragičević, I., Blašković, I., Mayer, D., Tomljenović, B. (1998): *Mountain Aqufers of the Northwestern Croatia*. XIXth Conference of Danube Cuntries, Osijek.

[6] Dragičević, I., Prelogović, E., Pavelić, D., Vranjković, A., Pavičić, I. (2014): *Hidrogeološka potencijalnost gorskih i prigorskih vodonosnika sjeverne Hrvatske*: Žumberačko i Samoborsko gorje, Zagrebačka gora, Kalnik. Fond stručne dokumentacije RGNF-a. Zagreb.

[7] Frangen, T. (2013): *Određivanje značajki krškoga vodonosnika na području jugozapadnoga Žumberka kvantitativnim trasiranjem u različitim hidrološkim uvjetima*. Doktorska disertacija, RGNF, Sveučilište u Zagrebu, 204 str.

[8] Mayer, D., Dragičević, I., Urumović, K. (1994): *Analiza i reinterpretacija rezultata hidrogeoloških istraživanja na području općine Križevci*. Hidroprojekt-ing, Zagreb.

[9] Pavičić, I. (2014): *Regionalni geološki i hidrogeološki odnosi u području Žumberka i Samoborskog gorja s posebnim osvrtom na zalihe podzemnih voda*. Diplomski rad, RGNF, Sveučilište u Zagrebu, 85 str.

[10] Vujnović, T. (2010): *Hidrogeološke značajke Parka prirode „Žumberak-Samoborsko gorje*". Doktorska disertacija, RGNF, Sveučilište u Zagrebu.

[11] Šestanović, S. (1993): *Osnove inženjerske geologije*. Udžbenici sveučilišta u Splitu.

AUTORI

prof.dr.sc. Ivan Dragičević [a]
mag.ing.geol. Ivica Pavičić [a]
prof.dr.sc. Davor Pavelić [a]
dr.sc. Alan Vranjković [c]
mr.sc. Daria Čupić [b]
dr.sc. Siniša Širac [b]

[a] Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, p.p. 390, 10000 Zagreb, Hrvatska, www.rgn.hr/hr; ivan.dragicevic@rgn.hr; ivica.pavicic@rgn.hr; davor.pavelic@rgn.hr;

[b] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb, www.voda.hr; daria.cupic@voda.hr; sinisa.sirac@voda.hr

[c] NIS a.d., Gazprom Neft, Science and Technology Center, Narodnog fronta 12, 21000 Novi Sad, Serbia; alan.vranjkovic@nis.eu

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.33.

PREGLED DOSADAŠNJIH HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA JUŽNOG DIJELA ZAGREBAČKOG VODONOSNIKA

Daria Čupić, Ivan Dragičević, Darko Mayer, Siniša Širac, Alan Vranjković, Ivica Pavičić

SAŽETAK: U širem području Zagreba sve veća potreba za vodom, ali i sve veća ugroženost podzemnih voda od onečišćenja nameću potrebu za stalnim istraživanjem i pridobivanjem novih količina podzemnih voda. Zagrebački vodonosnik pripada srateškim zalihama podzemnih voda treće razine, a to su područja iz kojih se voda intenzivno, a negdje i skoro maksimalno koristi. Postoji opasnost da se u budućnosti dio tih voda zbog pogoršane kakvoće isključi iz vodoopskrbe. Potencijalno područje novih rezerva podzemne vode prema regionalnim hidrogeološkim pokazateljima nalazi se u južnom dijelu zagrebačkog vodonosnika. S obzirom da su rezultati dosadašnjih matematičkih modela u pravilu ukazivali na "značajne dotoke s juga" koji su bili različito objašnjavani, a posebno zbog činjenice da je sjeverni dio zagrebačkog vodonosnika na lijevoj obali Save onečišćen, te da su slične tendencije uočene i na širem području Črnkovca, južni dio zagrebačkog vodonosnika postaje sve više interesantan za rješavanje problema vodoopskrbe. Brojni egzaktni podaci koji su dobiveni istraživanjima poslužili su kao temelj za odabir najpovoljnijih područja za istraživanje i razvoj novih crpilišta kvalitetne podzemne vode za Zagreb i njegovo šire okruženje.

KLJUČNE RIJEČI: zagrebački vodonosnik, strateške zalihe podzemnih voda, kakvoća podzemnih voda, potencijalno područje novih rezerva podzemnih voda.

OVERVIEW OF HYDRO-GEOLOGICAL INVESTIGATIONS OF THE SOUTHERN PART OF THE ZAGREB AQUIFER DONE SO FAR

SUMMARY: The greater Zagreb area is experiencing increasing water demand on the one hand and increasing risk of groundwater pollution on the other hand, calling for the need for constant groundwater investigations and acquisition of new groundwater quantities. The Zagreb aquifer belongs to the strategic groundwater reserves of the third level, i.e. areas from which water is exploited intensively, and in some places even to the maximum extent, due to which the quality of groundwater is gradually deteriorating. There's a risk that some of this water will in the future be excluded from water supply because of its deteriorated quality. Based on the regional hydro-geological indicators, a potential area

with new groundwater reserves lies in the southern part of the Zagreb aquifer. Since the results of mathematical modelling done so far generally suggest differently interpreted "significant inflows from the south", and particularly due to the fact that the northern part of the Zagreb aquifer on the left Sava riverbank is polluted and that similar trends have also been observed in the wider Črnkovec area, the southern part of the Zagreb aquifer is becoming increasingly interesting in the context of addressing water supply issues. Numerous exact data obtained from the investigations were used as the basis for selecting the most favourable areas for research and development of new sites for the abstraction of high-quality groundwater for the needs of Zagreb and its wider surroundings.

KEY WORDS: Zagreb aquifer, strategic groundwater reserves, groundwater quality, potential area of new groundwater reserves

1. UVOD

U širem području Zagreba sve veća potreba za vodom, ali i sve veća ugroženost podzemnih voda od onečišćenja nameću potrebu za stalnim istraživanjem i pridobivanjem novih količina podzemnih voda. Potencijalno područje novih rezerva podzemne vode prema regionalnim hidrogeološkim pokazateljima nalazi se u južnom dijelu zagrebačkog vodonosnika. Zagrebački vodonosnik nalazi se u prostranom aluviju rijeke Save od "Podsusedskog praga" na zapadu prema Sisku na istoku. Prema istoku vodonosnik je otvoren i definiran zonom promjene granulometrijskog sastava, prijelazom šljunka u pijesak. Sjeverna granica vodonosnika vrlo je točno definirana i ide od Podsuseda te podnožjem južnih obronaka Medvednice sve do Dugog Sela. Južna granica vodonosnika preliminarno je definirana 1973. godine i povučena trasom terasnog ocrta na potezu Rakitje - Stupnički Obrež - Gornji Stupnik - Donji Stupnik – Demerje – Zadvorsko – Obrež – Lukavec - Turopoljska Petrovina – Okuje - Mraclin. Granica je postavljena na temelju dotad dokazanog prostiranja šljunčanog vodonosnika budući da u to vrijeme nije bilo sustavnih hidrogeoloških istraživanja tog područja, kao ni bušotina južno od te linije. Sjeverno od te granice nalaze sva crpilišta javne vodoopskrbe (Stara Loza, Prečko, Horvati, Vrbik, Žitnjak, Sašnjak, Petruševec i Ivanja Reka sjeverno od Save, te Mala Mlaka, Zapruđe, Velika Gorica i Črnkovec-Kosnica južno od Save), te je za razliku od južnog dijela zagrebačkog vodonosonika ovo područje zadnjih pola stoljeća intezivno istraživano sa preko 500 strukturnih i piezometarskih bušotina i bušenih zdenaca. Zato brojne hidrogeološke studije i matematički modeli izrađeni tijekom zadnjih 30 godina navedenu liniju imaju kao granicu vodonosnika, odnosno kao "rubni uvjet sa nultim dotokom". U međuvremenu je, zbog rješavanja problema lokalne vodoopskrbe, na području između Kerestinca na zapadu i Bune na istoku, izvedeno tridesetak bušenih zdenaca i dvadesetak istraživačkih bušotina južno od navedene granice i većina je dokazala postojanje šljunčanih naslaga znatne debljine (i preko 40 m). Istraživano je područje od oko 250 km^2 na kojem postoji šljunčani vodonosnik koji do sada nije sustavno istražen. Ovaj rad sadrži dio rezultata istraživanja Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta provedenih u okviru projekta „*Hidrogeološka istraživanja južnog dijela zagrebačkog vodonosnika*" čiji su investitor Hrvatske vode.

2. SUSTAVNA ISTRAŽIVANJA ZAGREBAČKOG VODONOSNIKA KAO STRATEŠKE ZALIHE PODZEMNIH VODA

Zagrebački vodonosnik pripada trećoj razini strateških zaliha podzemnih voda, a to su područja iz kojih se voda intenzivno, a negdje i skoro maksimalno crpi. S ciljem osiguranja dovoljnih količina pitke vode u širem području Zagreba postoji velik broj istraživanja.

Prvo sustavno istraživanje karakteristika zagrebačkog vodonosnika provedeno je 1998. god. (Blašković i Dragičević, 1998). Prikazane su litološke značajke sedimenata koje izgrađuju zagrebački vodnosnik i njihova sveza s hidrogeološkim značajkama. Navedeno istraživanje predstavlja temelj za mnoga kasnija istraživanja.

Prirodni hidrogeokemijski uvjeti u vodonosniku započinju se istraživati od 2000 god. pomoću prirodnih i radioaktivnih izotopa koji omogućuju ocjenu napajanja i dinamike podzemne vode u vodonosniku s ciljem povećanja hidrogeoloških saznanja u funkciji korištenja i zaštite aluvijalnog vodonosnika na širem području Zagreba (Brkić i dr., 2003). U prvoj fazi su prikupljeni podaci na oko 870 bušotina izvedenih tijekom proteklih 30-ak godina, na osnovi kojih je načinjena karta prostiranja šljunkovito-pjeskovitog vodonosnika, te uzdužni i karakteristični poprečni profili. Ovim istraživanjem obrađeni su i podaci o kakvoći podzemne vode, od 1999. do 2001. godine, na svim zagrebačkim crpilištima, uključivši i crpilište Velika Gorica i napuštene Gradske zdence.

Zone sanitarne zaštite vodocrpilišta na području Grada Zagreba određene su tijekom 2005. godine za sedam vodocrpilišta: Mala Mlaka, Petruševec, Sašnjak, Žitnjak, Zaprađe, Stara Loza i Ivanja Reka, a u skladu s *Pravilnikom o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta* (NN 55/02) (Bačani i dr, 2005).

U okviru vodoistražnih radova za potrebe implementacije Okvirne direktive o vodama u dijelu koji se odnosi na kvantitativno stanje voda na zagrebačkom i samoborskom području (grupirano podzemno vodno tijelo Zagreb u daljnjem tekstu GPVTZ) analizirane su stalne i obnovljive zalihe podzemne vode (Bačani i Posavec, 2009). Stalne zalihe podzemnih voda analizirane su u razdoblju posljednjih 30 godina i to za godine 1977., 1987., 1997. i 2007. dok su obnovljive zalihe analizirane u razdoblju od 1997. do 2007. godine. Rezultati istraživanja kvantitativnog stanja podzemne vode na području grada Zagreba pokazale su da su se razine podzemne vode u razdoblju od 1950. godine do danas u prosjeku snižavale 1÷2 m svakih 10 godina. Razlozi opadanja razina su (1) snižavanje korita rijeke Save koje je najvećim dijelom uzrokovano izgradnjom akumulacija na Savi uzvodno od Zagreba, regulacijom pritoka i šljunčarenjem iz korita, (2) sve veća eksploatacija podzemne vode za potrebe vodoopskrbe Grada Zagreba, te (3) izgradnja nasipa za obranu od poplava duž rijeke Save koji su spriječili povremena plavljenja zaobalnog područja, a time i potencijalnu infiltraciju vode s poplavljenih područja u vodonosnik. Godišnje ukupne količine crpljenja svih zagrebačkih crpilišta premašuju godišnje obnovljive zalihe podzemnih voda što znači da se zagrebački vodonosnik „precrpljuje". Volumen obnovljivih zaliha podzemne vode od 1997. do 2007. godine u prosjeku je iznosio oko 107×10^6 m^3 dok je crpljenje u tom istom razdoblju u prosjeku iznosilo oko 125×10^6 m^3. Dio crpne količine koji premašuje obnovljive zalihe nadoknađuje se iz stalnih, neobnovljivih zaliha. Volumen stalnih zaliha u zadnjih tridesetak godina smanjio se za oko 7%.

Za potrebe implementacije Okvirne direktive o vodama u dijelu koji se odnosi na kvalitativno stanje voda na zagrebačkom i samoborskom području (GPVTZ) analizirano je i kemijsko stanje podzemne vode vodnog tijela Zagreb (Bačani i Posavec, 2011).

Kemijsko stanje podzemne vode zagrebačkog i samoborskog vodonosnika određeno je analizom parametara kakvoće podzemne vode i usporedbom s *Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće* (NN, 47/08) odnosno *Direktivom o kakvoći vode za piće* (98/83/EC). Analize parametara kakvoće podzemne vode zagrebačkoga i samoborskoga vodonosnika napravljene su za razdoblje od 2000. do 2010. godine (posljednjih 11, 5 i 3 godine) s ciljem identifikacije promjene kemijskog stanja podzemne vode od 2000. god. do danas. U razdoblju od 2000. do 2010. godine uzorci vode za kemijske analize uzimani su u 269 piezometara. Za ocjenu kemijskog stanja podzemne vode, kriterij srednje vrijednosti koncentracije, kako je definiran u *Okvirnoj direktivi o vodama* (2000/60/EC) i *Uredbi o standardu kakvoće voda* (NN, 89/10), proširen je s dodatnim kriterijima. Rezultati analiza kemijskog stanja podzemne vode zagrebačkog i samoborskog vodonosnika ukazala su da je srednja ocjena kakvoće svih parametara uglavnom dobra i vrlo dobra, te da kroz analizirana razdoblja ne dolazi do značajnijeg poboljšanja niti pogoršanja srednje ocjene. Nadalje, gotovo da ne postoji piezometar na kojem barem jedan parametar nije ocijenjen lošom ili vrlo lošom ocjenom, a također kroz analizirana razdoblja ne postoji značajnija promjena ocjene. Analize kartografskih prikaza generalne ocjene kemijskog stanja podzemne vode ukazale su na nekoliko kritičnih područja. Na području zagrebačkog vodonosnika to su područje odlagališta otpada Jakuševec gdje je većina parametara kritična, područje ranžirnog kolodvora gdje značajnije iskaču policiklički aromatski ugljikovodici, benzen, nitrati, teški metali i detergenti, područje industrijske zone u priljevnom području vodocrpilišta Šibice gdje su posebno problematični tetrakloreten, trikloreten, kloridi i tetrakloruglјik, te priljevno područje vodocrpilišta Mala Mlaka, a koje je značajnije pogođeno povećanim koncentracijama atrazina. Na području samoborskog vodonosnika, od područja kritičnih s obzirom na kemijsko stanje podzemne vode izdvojeno je priljevno područje vodocrpilišta Šibice gdje značajnije iskaču pesticidi i ukupni dušik te priljevno područje vodocrpilišta Strmec s povećanim koncentracijama amonija i u manjoj mjeri pesticida.

Za područje zagrebačkog i samoborskog vodonosnika (GPVT Zagreb) načinjena sistematizacija znanja o litološkim odnosima (Biondić i dr., 2011). U tom cilju su obrađeni, sistematizirani i objedinjeni litološki podaci više od 2000 bušotina pohranjenih u različitim bazama podataka prikupljenih iz provedenih istražnih radova na način koji omogućava automatiziranu izradu grafičkog prikaza litoloških stupova bušotina, interpretirani su litološki podaci bušotina potrebnih za izradu reprezentativnih hidrogeoloških profila sjever-jug te zapad-istok, te je načinjen GIS projekt čime su stvoreni preduvjeti za kvalitetnije upravljanje vodnim sustavom.

U okviru nacionalnog monitoringa Hrvatskih voda prema zadnjem *Izvještaju o kemijskom stanju podzemnih voda u Republici Hrvatskoj u 2012. god.* (Hrvatske vode, 2012), na području grada Zagreba nalazi se najveći broj nadzornih postaja na kojima se prati kvaliteta podzemnih voda sustavno od 2000. god. i to 148 na priljevnim područjima 12 vodocrpilišta.. Pri tome se se znatno veća pozornost posvećuje antropogenom utjecaju, pa se redovito prate pokazatelji koji mogu upućivati na neko onečišćenje, kao i kemijski elementi prema kojima s ocjenjuje stanje podzemnih voda prema *Uredbi o standardu kakvoće* (NN 073/2013). Prema istom Izvještaju u grupiranom podzemnom vodnom tijelu Zagreb nalazi se jedna mjerna postaja u području vodocrpilišta Mala Mlaka, na kojoj je utvrđeno loše stanje, zahvaljujući srednjoj godišnjoj koncetraciji herbicida atrazina od

0,12 μg/l, dok je na svim ostalim nadzornim postajama utvrđen linearan trend snižavanja srednjih godišnjih koncetracija herbicida atrazina i halogeniranog ugljikovodika tetrakloretilena. Ustanovljena je povišena koncentracija lakohlapljivih halogeniranih ugljikovodika kroz višegodišnje razdoblje, posebice trikloretilena i tetrakloretilena na postajama vodocrpilišta Sašnjak - Žitnjak, koje su ujedno prelazile standarde kakvoće podzemnih voda ili 75% SKPV (10 μg/l). U razdoblju od 2007. do 2012. godine utvrđen je trend porasta sume koncentracija trikloretilena i tetrakloretilena na dvije mjerne postaje vodocrpilišta Sašnjak-Žitnjak, dok je na drugim dvjema mjernim postajama istog crpilišta zabilježen trend opadanja.

Obradom podataka i prikazom linearnog trenda prosječnih godišnjih vrijednosti koncetracija nitrata u razdoblju od 2007 do 2012 godine ustanovljeno je na nekim mjernim postajama Gradskih cprilišta i Male Mlake prisutan blagi trend porasta koncetracije nitrata od 0,86 do 1,2 mg NO_3^-/l.

Na području zagrebačkog vodonosnog sustava, potencijalno vodozaštitno područje Črnkovec je područje s najdebljim vodonosnim naslagama pa ga s aspekta količina podzemne vode čini najperspektivnijim područjem za eksploataciju podzemne vode za potrebe vodoopskrbe Grada Zagreba i šire regije. U svrhu određivanja lokacija razvoja vodocrpilišta na području potencijalnog vodozaštitnog područja Črnkovec (Posavec i dr., 2013) izvedeni su istražni radovi koji su obuhvatili istočni dio zagrebačkog vodonosnog sustava. Na istraživanom području provedeno je proširenje sustava kontinuiranog praćenja kakvoće podzemne vode neophodno za pouzdanu ocjenu kakvoće podzemne vode odnosno njene zdravstvene ispravnosti. Sukladno provedenoj analizi, prijedlog daljnje koncepcije razvoja vodoopskrbe na planiranom vodocrpilištu Črnkovec osigurao bi sveukupne crpne količine od 4700 – 4900 l/s.

Budući da razina podzemne vode na području zagrebačkog vodonosnika kontinuirano opada dinamikom od zaključno oko 1 do 2 m svakih 10 godina na postojećim vodocrpilištima Grada Zagreba istražene su mogućnosti eksploatacije podzemne vode, odnosno načinjena je analiza današnjeg i prognoza budućeg stanja (Posavec, 2013). Istraživanja mogućnosti eksploatacije podzemne vode na postojećim vodocrpilištima Grada Zagreba u uvjetima dugotrajnih nepovoljnih (sušnih) hidroloških razdoblja ukazala su da su povoljne mogućnosti na vodocrpilištima na kojima minimalna razina podzemne vode do danas nije postignuta, odnosno razine se nisu spustile do kota gornjih rubova filtra u zdencima tj. na vodocrpilištima Petruševec, Velika Gorica i Žitnjak dok su nepovoljne na vodocrpilištima na kojima je minimalna razina podzemne vode već postignuta odnosno razina podzemne vode je ispod kota gornjih rubova filtra u zdencima tj. na vodocrpilištima Mala Mlaka, Sašnjak i Zapruđe. No, s obzirom na postojeće mogućnosti preraspodjele crpnih količina u uvjetima dugotrajnih sušnih razdoblja generalno se može zaključiti da u današnjem trenutku normalna vodoopskrba Grada Zagreba čak niti u takvim nepovoljnim uvjetima ne bi trebala biti dovedena u pitanje. Ipak treba istaknuti da bi mogućnost ovakve preraspodjele mogla biti dovedena u pitanje u slučaju eventualnog pogoršanja kakvoće podzemne vode na vodocrpilištima Petruševec, Velika Gorica i Žitnjak ili pak eventualnih tehničkih poteškoća u radu zdenaca tih vodocrpilišta. Stoga ključ budućeg razvoja javne vodoopskrbe, kao i ekosustava ovisnih o podzemnoj vodi leži u zaustavljanju ovih negativnih trendova razina podzemne vode.

S obzirom na mogućnosti a koja su na raspolaganju za osiguravanje stabilne vodoopskrbe

Grada Zagreba izdvojena su privremena i trajna rješenja. Kao privremeno rješenje, koje ne rješava problem produbljivanja korita Save i negativnog trenda razina podzemne vode, u današnjem trenutku je razvoj budućeg vodocrpilišta Črnkovec kao i potencijalnog vodocrpilišta Ježdovec kao neophodan za osiguranje stabilnosti vodoopskrbe Grada Zagreba u uvjetima dugotrajnih sušnih razdoblja, te umjetna infiltracija za vrijeme visokih vodostaja Save, kao i mogućnost izgradnje novih crpilišta u južnom dijelu zagrebačkog vodonosnika. Trajno rješenje, rješava problem produbljivanja korita Save i negativnog trenda razina podzemne vode, a ujedno je i rješenje za ekosustave koji ovise o podzemnoj vodi, a uključuje izgradnju brana na rijeci Savi na području zagrebačkog i samoborsko-zaprešićkog vodonosnika koja će trajno zaustaviti eroziju i produbljivanje korita rijeke Save i postojeći negativan trend razina podzemne vode. Kako bi se moglo na vrijeme dati preporuke za optimalizaciju tj. preraspodjelu crpnih količina na vodocrpilištima te tako umanjiti negativne posljedice naglih promjena crpnih količina na vodocrpilištima, kreiran je prognozni model vremena postizanja minimalnih razina podzemne vode. Ovim modelom omogućeno je predviđanje vremena nastupanja minimalnih razina podzemne vode u uvjetima dugotrajnih sušnih razdoblja, a što je neophodno da bi se na vrijeme mogle dati preporuke za optimalizaciju crpljenja na vodocrpilištima. Iz svega navedenoga zaključuje se da su ukupne količine podzemnih voda u zagrebačkom vodonosniku relativno velike, međutim prisutnost negativnog trenda razina podzemnih voda i precrpljivanje vodonosnika zahtijevaju oprez što podrazumijeva kvalitetan monitoring, ali i sustavnu analizu i interpretaciju rezultata monitoringa, čime se osiguravaju aktualne podloge za optimalno upravljanje ovim strateškim resursom Hrvatske.

3. JUŽNI DIO ZAGREBAČKOG VODONOSNIKA KAO POTENCIJALNA EKSPLOATACIJSKA ZALIHA PODZEMNIH VODA

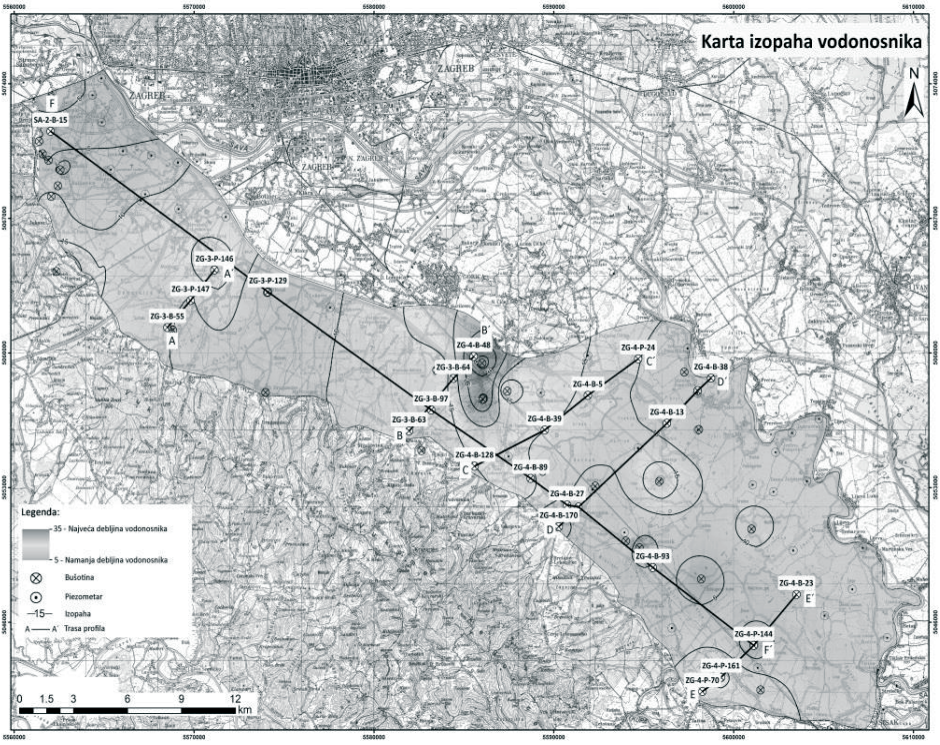
Iz prethodnog poglavlja o zagrebačkom vodononosniku koji sadrži strateške zalihe podzemnih voda može se zaključiti da je „sjeverni dio“ zagrebačkog vodonosnika hidrogeološki izuzetno dobro istražen i definiran. Budući da su rezultati dosadašnjih matematičkih modela u pravilu ukazivali na “značajne dotoke s juga” bili različito objašnjavani, a posebno zbog činjenice da je sjeverni dio zagrebačkog vodonosnika na lijevoj obali Save onečišćen, te da su slične tendencije uočene i na širem području Črnkovca, južni dio zagrebačkog vodonosnika postaje sve više interesantan za vodoopskrbu. Zbog rješavanja problema lokalne vodoopskrbe, na području između Kerestinca na zapadu i Bune na istoku, izvedeno tridesetak bušenih zdenaca i dvadesetak istraživačkih bušotina južno od navedene granice i većina je dokazala postojanje šljunčanih naslaga znatne debljine (i preko 40 m). Radi se o području površine od oko 250 km^2 na kojem sigurno postoji šljunčani vodonosnik koji do sada nije sustavno istražen. a pojedinačni zdenci imaju izdašnost i preko 20 l/s. Stoga su A. Bačani i M. Šparica (2001) postavili “granicu hidrogeološkog sustava” bilom Vukomeričkih gorica, odnosno površinskom razvodnicom Sava-Kupa. To čini hidrogeološki zanimljivom Stupničku terasu koja sadrži pretežito grublje klastične sedimente koji su u kontaktu s naslagama gornje paludinskih slojeva. Paludinski slojevi ovog područja sastoje se od šljunaka, pijesaka i glina te izgrađuju blago nagnute sjeverne padine Vukomeričkih Gorica i pretpostavka je da se nalaze u hidrauličkoj vezi s ravničarskim vodonosnikom. Također je slabije istraženo područje

između Save na sjeveru i Vukomeričkih gorica na jugu jugoistočno od crte Mraclin-Oborova. Relativno mali broj podataka bušenja na tom površinski velikom prostoru ukazao je na dijelove sa značajnim debljinama vodonosnika povoljnog granulometrijskog sastava i hidrogeoloških značajki koji sadrže značajne eksploatacijske zalihe podzemne vode, koje mogu biti vodnogospodarski zanimljive, posebno za navodnjavanje. Zato su se daljnja istraživanja odnosila na južni i jugoistočni dio zagrebačkog vodonosnika tj. područje koje je na sjeveru-sjeveroistoku omeđeno potokom Starča i kanalom Sava Odra do Mraclina, a zatim crtom Mraclin - Oborovo, na istoku rijekom Savom od Oborova do Strelečkog, na jugu crtom Strelečko - Žažina i na zapadu-jugozapadu sjeveroistočnim obroncima Vukomeričkih gorica. Istraživanja su imala za cilj istražiti moguće veze južnog dijela zagrebačkog vodonosnika na područje današnjih vodocrpilišta i moguće utjecaje na količinu i kakvoću podzemne vode u sjevernom dijelu vodonosnika na desnoj obali Save, te istražiti i odrediti mogućnost značjanih novih zahvata podzemne vode (Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 2013). U tu svrhu istraživana je geneza, prostorni raspored i dimenzije vodonosnika, hidrogeološki parametri vodonosnika, dinamika podzemnih voda i veze/interakcije sa sjevernim dijelom vodonosnika, kvaliteta podzemne vode i njezina ugroženost/zaštita, eksploatacijske zalihe podzemne vode, te je naposlijetku načinjen odabir najizglednijih lokaliteta za nova vodocrpilišta.

Južni dio zagrebačkog vodonosnika na dijelu područja između Kerestinca na sjeverozapadu i Mraclina na jugoistoku čine klastični sedimenti Stupničke terase koji bočno prelaze u naslage gornje paludinskih slojeva koje izgrađuju sjeverne padine Vukomeričkih gorica. Vodonosne naslage su, bez obzira na genezu, krupnoklastične tj. šljunkovito-pjeskovite do pjeskovito-šljunkovite s glinovitim i/ili glinovito-prašinastim proslojcima i/ili ulošcima koji nemaju kontinuirano veće prostiranje, te ne utječu bitno na hidrauličke odnose unutar vodonosnika. Debljina vodonosnih naslaga se mijenja idući od zapada prema istoku i od sjevera prema jugu (*Slika 1)*. Tako su u području Stupničkog Obreža, Gornjeg i Donjeg Stupnika, Hrvatskog Leskovaca i Zadvorskog je debljina od 15 do 20 m, u području Obreža povećava se na 20, pa 30 m. Ukupna debljina vodonosnika raste i dalje idući prema jugoistoku i to na 40 do 45 m kod Turopoljske Petrovine, odnosno na 50 do 60 m kod Mraclina (*slika 2, elipsa B*). Vodonosnik je saturiran podzemnom vodom, koja prema kartama hidroizohipsa teče od sjeverozapada prema jugoistoku. Realni smjer tečenja podzemne vode najvjerojatnije se, idući prema Vukomeričkim goricama (*slika 2 elipsa A*), mijenja i odvija se od zapada prema istoku, odnosno prema „glavnom" dijelu vodonosnika, no to karte hidroizohipsa, zbog malog broja piezometara i njihovog smještaja u graničnoj zoni s „glavnim" dijelom vodonosnika ne pokazuju. Tako u tom dijelu postoje podzemni dotoci u „glavni" dio vodonosnika koji su procijenjeni na oko 114×10^6 m/god, što znači da južni dio vodonosnog sustava u tome sudjeluje s oko 23 % u obnavljanju zaliha podzemne vode u „glavnom" dijelu vodonosnika. S obzirom na to, ovo područje treba preventivno štititi.

Jugoistočno od crte Mraclin-Veleševec teren je u gornjem dijelu izgrađen od aluvijalnih naslaga koje leže na, ili su u bočnom kontaktu sa, starijim jezersko-barskim sedimentima. Tamo gdje su ti sedimenti krupnozrnatiji, tj. šljunkovito pjeskoviti, saturirani su podzemnom vodom i s aluvijalnim naslagama čine hidrauličku cjelinu. Riječ je o šljunkovito–pjeskovitom vodonosnom horizontu vrlo sličnih litoloških i hidrogeoloških značajki „glavnom" dijelu zagrebačkog vodonosnika prema kojem nema čvrste litološke

granice već se idući prema jugoistoku postupno smanjuje veličina zrna šljunaka, povećava se udio pijesaka i raste lateralna i vertikalna heterogenost vodonosnih naslaga. Debljina veća od 50 m registrirana je duž desetak kilometara širokog poteza između Mraclina na zapadu i Posavskog Stružeca na istoku (slika 2., elipsa B). Južno od te crte debljina vodonosnika opada tako da kod Buševca iznosi oko 45 m, Peščenice 40 m, Lekenka 30 m, a najmanja je, samo desetak metara, oko 6 do 7 km istočno-sjeveroistočno od Lekenika, odnosno oko 3 km zapadno-jugozapadno od Desnog Željeznog. Južno i jugoistočno od tog područja debljina vodonosnih naslaga ponovno nešto raste, pa kod Grede iznosi oko 35 m, a kod Kaptola između 15 i 20 m. Vodonosnik je saturiran podzemnom vodom, koja je u južnom dijelu Odranskog polja, u uvjetima ekstremno visokih voda, pod tlakom. Na području Odranskog polja, za vrijeme niskih razina podzemna voda teče od jugozapada prema sjeveroistoku, tj. prema Savi. Lokalno, zbog meandriranja Save, u području između Suše (Jezera Posavskog) i Trebarjeva Desnog, tok podzemne vode za niskih vodostaja



Slika 1. Karta izopaha vodonosnika

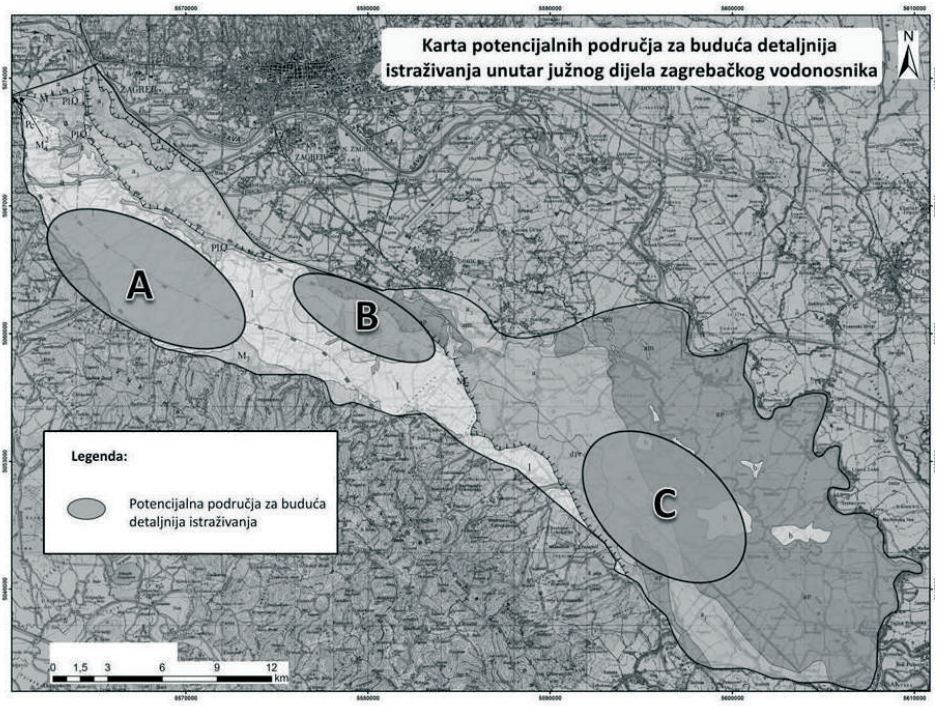
odvija se od sjeverozapada prema jugoistoku, tj. od uzvodnog prema nizvodnom meandru Save. Za visokih voda u području između Dreneka i Stružeca Posavskog podzemna voda teče od sjevera-sjeveroistoka prema jugu-jugozapadu, tj. prema Odri, što znači da u uvjetima visoke razine podzemne vode Sava intenzivno napaja vodonosnik. U ostalom dijelu Odranskog polja visoke razine podzemne vode su ujednačenije nego što je to slučaj s niskim razinama. Osim dotocima iz Save tijekom visokih vodostaja, zalihe podzemne vode se obnavljaju i dotokom iz „glavnog" dijela vodonosnika, dotokom iz područja

Vukomeričkih gorica i neposrednom infiltracijom oborina tako da se obnovljive zalihe podzemne vode u prirodnim uvjetima mogu procijeniti na oko 90×10^6 m^3/god ili s oko 2,9 m^3/s vode. To ukazuje na mogućnost eksploatacije značajnih količina podzemne vode.

4. KVALITETA PODZEMNE VODE JUŽNOG DIJELA ZAGREBAČKOG VODONOSNIKA

O kvaliteti podzemne vode na sjeverozapadnom dijelu istraživanog područja, tj. za područje između Kerestinca i Mraclina (*slika 2., elipsa C)* uopće nema podataka. Niti se na području jugoistočno od crte Mraclin-Veleševec kvaliteta podzemne vode ne prati sustavno. Postoje sporadični podaci stari i više desetljeća za dio vodonosnika u zoni Peščenice, te za područje Žabnog i Strelečkog, koji pokazuju da podzemna voda prirodno sadrži povećane koncentracije mangana, željeza i amonijaka u odnosu na maksimalno dozvoljene koncentracije za pitku vodu, što je posljedica sedimentacijskih uvjeta. Zbog potencijalno loše prirodne kvalitete podzemne vode u slučaju njezine eksploatacije za potrebe vodoopskrbe, treba računati i na mogućnost njezine prerade.

Podzemna voda je relativno dobro zaštićena od utjecaja s površine zbog debljine i karakteristika površinskog pokrivača, relativno slabe naseljenosti i korištenja prostora. Ipak, najveći potencijalni problem je ne postojanje sustava za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda.



Slika 2. Karta potencijalnih područja za buduća detaljija istraživanja unutar južnog dijela zagrebačkog vodonosnika (Dragičević, 2014)

ZAKLJUČAK

Iz svega navedenoga zaključuje se da su ukupne količine podzemnih voda u zagrebačkom vodonosniku relativno velike, međutim prisutnost negativnog trenda razina podzemnih voda i precrpljivanje vodonosnika zahtijevaju oprez, kao i zbog činjenice da je sjeverni dio zagrebačkog vodonosnika na lijevoj obali Save onečišćen, te da su slične tendencije uočene i na širem području Črnkovca, južni dio zagrebačkog vodonosnika postaje sve više interesantan za rješavanje problema vodoopskrbe.

Rezultati istraživanja južnog dijela zagrebačkog vodonosnika bitno su pripomogli razumijevanju geneze vodonosnika, njegove geometrije, kao i prostornog položaja. Na temelju prikupljenih dostupnih podataka o kakvoći podzemne vode, gdje u pojedinim područjima uopće ih nije bilo, na temelju navedenih spoznaja izvojena su područja s kvalitetnijom podzemnom vodom. Brojni egzaktni podaci koji su dobiveni ovim istraživanjima poslužili su kao temelj za odabir najpovoljnijih područja za istraživanje i razvoj novih crpilišta kvalitetne podzemne vode za Zagreb i njegovo šire okruženje.

LITERATURA

[1] Bačani A. i Šparica M. (2001): *Geology of the Zagreb Aquifer System*, International Congress of the Geological Society of Greece, Athena.

[2] Bačani, A. i Posavec, K. (2011): *Implementacija okvirne direktive o vodama EU u dijelu koji se odnosi na kvalitativno stanje voda na zagrebačkom i samoborskom području* ,RGN fakultet, Zagreb.

[3] Bačani, A. i Posavec, K. (2005): *Prijedlog zaštitnih zona vodocrpilišta grada Zagreba*, Zbornik radova: Godina pitke vode, Zagreb

[4] Bačani, A. i Posavec, K. (2009): *Vodoistražni radovi za potrebe implementacije Okvirne direktive o vodama u dijelu koji se odnosi na kvantitativno stanje voda na zagrebačkom i samoborskom području*, RGN fakultet, Zagreb.

[5] Biondić, R., Biondić, B., Meaški, H., Posavec, K. (2011): *Sistematizacija znanja o litološkim odnosima zagrebačkog i samoborskog vodonosnika*, Geotehnički fakultet, Varaždin.

[6] Blašković, I. & Dragičević, I. (1998): *Studija prostornog rasporeda i geometrije sedimentnih tijela i njihov utjecaj na hidrogeološke odnose na području lijeve i desne obale Save od Bregane do Rugvice*. RGN fakultet, Zagreb

[7] Brkić i dr. (2003): *Hidrogeološka interpretacija hidrogeokemijskih mjerenja u aluvijalnom vodonosniku i kakvoće podzemne vode na širem području Zagreba*.,HGI, Zagreb.

[8] *Direktiva o kakvoći vode za piće* (98/83/EC)

[9] Dragičević, I., Mayer,D., Vranjković A., Pavičič I.. (2014): *Hidrogeološka istraživanja južnog dijela zagrebačkog vodonosnika,* RGN fakultet, Zagreb.

[10] Hrvatske vode (2014), *Izvještaj o kemijskom stanju podzemnih voda u Republici Hrvatskoj u 2012. god.,* Hrvatske vode, Zagreb

[11] *Okvirna direktiva o vodama* (2000/60/EC)

[12] Posavec, K. (2013): *Mogućnosti eksploatacije podzemne vode iz zagrebačkoga aluvijalnog vodonosnika na postojećim vodocrpilištima Grada Zagreba - analiza današnjeg i prognoza budućeg stanja*. RGN fakultet, Zagreb.

[13] Posavec, K., Parlov, J., Trutin, M., Vlašić, I:, Vukojević, P., Krsnik, M., Kaurić, T., Tolić, S. (2013): *Istražni radovi u svrhu određivanja lokacija razvoja vodocrpilišta na području potencijalnog vodozaštitnog područja Črnkovec*, RGN fakultet, Zagreb

[14] *Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta* (NN 55/02)

[15] *Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za pi*će (NN, 47/08)

[16] *Uredba o standardu kakvoće* (NN, 89/10 i NN 073/2013)

[17] Vlahović, T., (2014); *Smjernice za daljnje aktivnosti na istraživanju strateških zaliha podzemne vode i pratećih mjera zaštite*, Zagreb

AUTORI

mr.sc. Daria Čupić [a]
prof.dr.sc. Ivan Dragičević [b]
prof.dr.sc. Darko Mayer [b]
dr. sc. Siniša Širac [a]
dr.sc. Alan Vranjković [c]
Ivica Pavičić, mag.ing.geol. [b]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb, www.voda.hr; daria.cupic@voda.hr; sinisa.sirac@voda.hr

[b] Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, p.p. 390, 10000 Zagreb, Hrvatska, www.rgn.hr/hr; ivan.dragicevic@rgn.hr; darko.mayer@rgn.hr; alan.vranjkovic@rgn.hr; ivica.pavicic@rgn.hr;

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.34.

MOGUĆNOST ZAHVAĆANJA PODZEMNIH VODA U SREDIŠNJOJ I SJEVERNOJ ISTRI IZVAN PODRUČJA VELIKIH IZVORA

Ivan Dragičević, Tatjana Vlahović, Eduard Prelogović, Alan Vranjković, Daria Čupić, Siniša Širac, Ivica Pavičić

SAŽETAK: Redoviti manjak vode tijekom sušnih razdoblja u Istri nameće potrebu za pronalaženjem novih količina kvalitetne podzemne vode koja bi se koristila za potrebe vodoopskrbe. Najpovoljnije bi bilo da se te podzemne vode pokušaju pronaći izvan područja velikih i za vodoopskrbu važnih izvora, jer bi svi značajniji vodozahvati u njihovoj blizini bitno utjecali na njihovu prirodnu izdašnost. Glavna pretpostavka na temelju koje je planirano i provedeno istraživanje je da su tokovi podzemne vode kontrolirani regionalnim rasjedima, rasjedima koji graniče velikim strukturama te rasjedima unutar struktura. Cilj istraživanja je određivanje lokaliteta potencijalnih za pronalaženje značajnih količina podzemnih voda. On je postignut kvalitetnom i detaljnom strukturnom interpretacijom na temelju koje je određen strukturni sklop. U radu su prikazana dva reprezentativna područja u kojima se prema strukturnom sklopu mogu očekivati značajnije količine podzemne vode a da se vodoistražnim radovima ne utječe na važnije izvore koji se već koriste za vodoopskrbu.

KLJUČNE RIJEČI: zalihe podzemnih voda, hidrogeologija krša, strukturni sklop, regionalna geologija, Istra

POSSIBILITIES OF FINDING NEW GROUNDWATER RESERVES IN CENTRAL AND NORTHERN ISTRIA OUTSIDE THE AREA OF INFLUENCE ON MAJOR SPRINGS

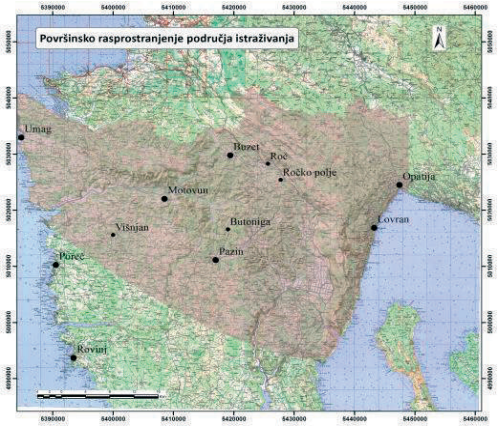
SUMMARY: Regular water deficiencies during dry periods in Istria require finding new volumes of quality groundwater for water supply. The aim of the investigation was to identify the areas and locations of potentially significant groundwater reserves outside the area of influence on the major springs, since every intervention in the area of influence on major springs can change the natural spring discharge. The aim of the research was achieved with quality, detailed structural interpretation which identified certain major regional faults, faults bordering large structures and faults within a structure. Major faults control groundwater flow. It is necessary to solve the structural framework for

a successful identification of areas with hydrogeological potential. This paper presents two representative areas in which, according to the structural solution, large amounts of groundwater can be expected without affecting important resources that are already being used for water supply.

KEY WORDS: Groundwater reserves, karst hydrogeology, structural settings, regional geology, Istria.

1. UVOD

Rad predstavlja sažeti prikaz dijela rezultata istraživanja „Mogućnost zahvaćanja podzemnih voda u središnjoj i sjevernoj Istri izvan područja velikih izvora“ (Dragičević, i dr. 2014) financiran od strane Hrvatskih voda. Istraživanja su obuhvatila granično područje sjeverne Istre sa Slovenijom te središnju Istru ukupne površine oko 2000 km2 (slika 1). Granično područje sjeverne Istre zauzima područje prema karbonatnim masivima odakle se napajaju vodonosnici u nižim hipsometrijskim dijelovima Istre. Zamršeni regionalni strukturni i hidrogeološki odnosi upućuju da bi se dio podzemnih voda mogao zahvatiti u širem graničnom području Istre i sjevernom zaleđu bez značajnijeg utjecaja na izdašnosti velikih izvora koji su hipsometrijski položeni znatno niže, odnosno nizvodno. Ovdje je voda dobre kakvoće i hipsometrijski je dobro položena. Područje središnje Istre, podrazumijeva sva ona područja gdje su karbonatni vodonosnici prekriveni klastičnim nepropusnim sedimentima (flišom). Zbog toga su podzemne vode djelomično zaštićene od utjecaja s površine, a regionalni geološki i hidrogeološki strukturni odnosi upućuju na dijelove potencijalnih hidrogeoloških struktura koje se nalaze na prihvatljivoj dubini. Krajnji cilj istraživanja je pronalaženje novih količina kvalitetne podzemne vode koja bi se koristila za potrebe vodoopskrbe Istre. U ovoj početnoj fazi po prvi put su dobiveni egzaktni podaci koji upućuju na potencijalnost područja središnje Istre i njezinog sjevernog zaleđa u hidrogeološkom smislu. Grube bilance vode u podzemlju ukazuju da se u podzemlju istarskih krških vodonosnika nalaze daleko veće zalihe podzemnih voda od onih koje istječu na izvorima prirodnim putem a danas se koriste za vodoopskrbu.



Slika 1. Površinsko rasprostranjenje područja istraživanja.

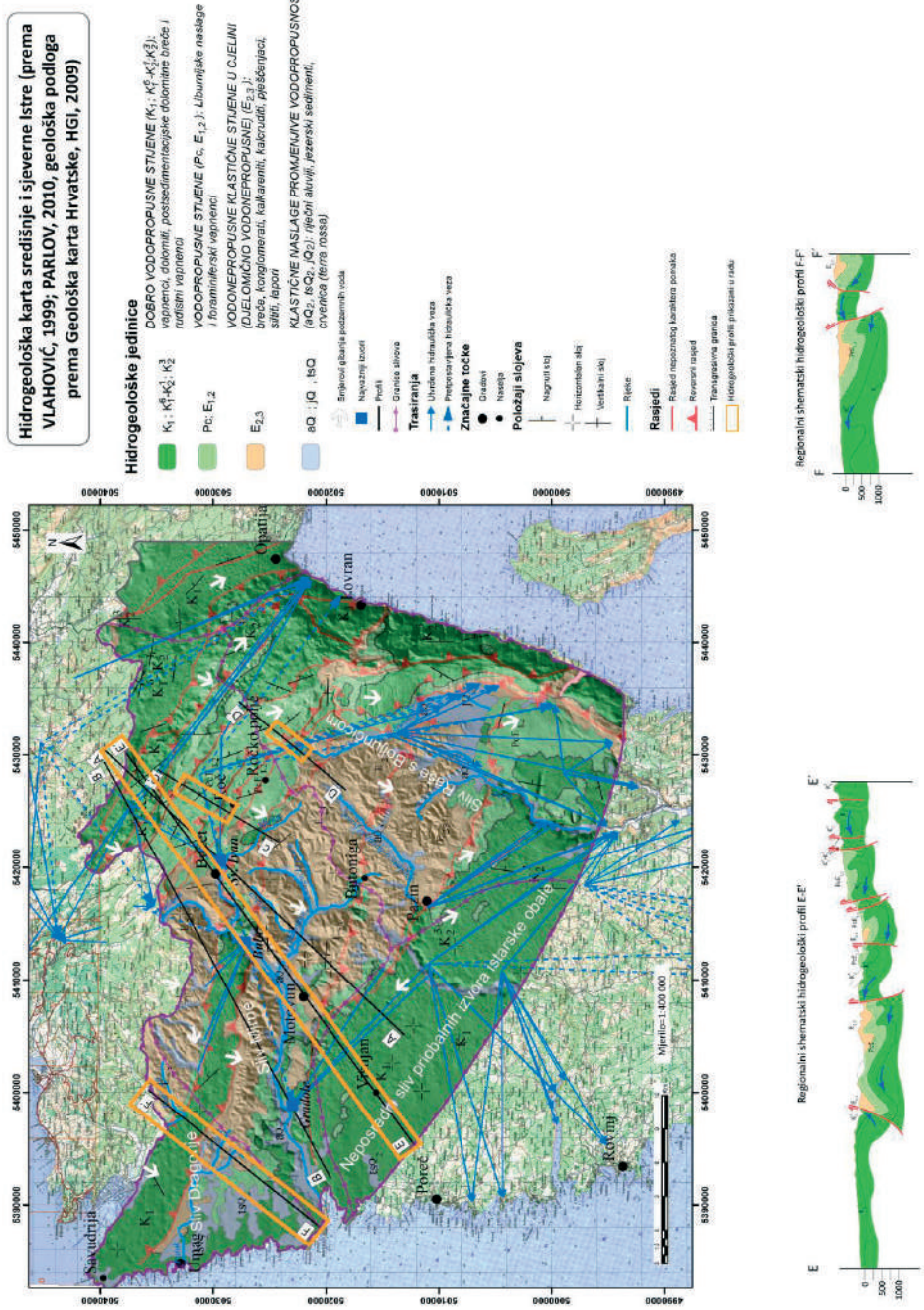
2. HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE

Iz poznavanja geneze vodonosnika možemo sa sigurnosti zaključiti da su karbonatne stijene (vapnenci i dolomiti) nastali na prostranoj Jadranskoj karbonatnoj platformi u okviru dugotrajne plitkomorske karbonatne sedimentacije. Za nas su ovom prigodom značajna dva karbonatna vodonosnika (slika 2):

Prvi vodonosnik, a ujedno i stratigrafski stariji, zajedno čine: vapnenci i dolomiti donje krede, dolomiti i postsedimentacijske breče (gornji alb-donji cenoman) i rudistni vapnenci cenoman-turonske starosti. Svi ovi litostratigrafski članovi imaju kontinuirano horizontalno rasprostranjenje koje je posljedica dugotrajnog taloženja u plitkomorskim taložnim okolišima vrlo prostrane Jadranske karbonatne platforme. Debljina karbonatnog slijeda koji čini karbonatne naslage dobre vodopropusnosti procjenjuje se na oko 1500 metara. Ove su debljine dobivene iz podataka listova osnovne geološke karte mjerila 1:100 000 te na temelju terenskih istraživanja.

Drugi vodonosnik, stratigrafski mlađi, zajedno čine liburnijske naslage i foraminiferski vapnenci paleocenske i donjo-srednjoeocenske starosti. Liburnijske naslage nešto heterogenije po litološkom sastavu (breče, vapnenci, gline, lapori i ugljen) nemaju kontinuirano horizontalno rasprostranjenje a česta je izmjena navedenih litotipova kako horizontalno tako i vertikalno. Generalno gledajući, prevladavaju karbonatni slojevi, pa ova litostratigrafska jedinica zajedno s foraminiferskim vapnencima (miliolidni, alveolinski i numulitni), čini vodopropusni karbonatni kompleks . Slojevi foraminiferskih vapnenaca imaju puno veće horizontalno rasprostranjenje u odnosu na Liburnijske slojeve. Ovakvi odnosi unutar slijeda naslaga od približno 250-300 metara debljine rezultat su vrlo zamršenih paleoabijentalnih uvjeta koji su posljedica laramijskih događanja u gornjoj kredi i starijem paleogenu. Naime, u tom razdoblju geološke povijesti došlo je do stvaranja kopnenih prostora u području današnje Istre pa i mnogo šire. Debljina ovog slijeda pretežito karbonatnih propusnih naslaga procjenjuje se na oko 250-300 metara. Ove su debljine također dobivene iz podataka listova Osnovne geološke karte mjerila 1:100 000 te na temelju terenskih istraživanja. Što se tiče paleoekoloških uvjeta taloženja, oba su vodonosnika primarno nastala u područjima s plitkomorskim vodom visoke energije koja je bila bogata kisikom. Naknadni dijagentski i tektonogenetski procesi nisu značajno utjecali na primarne uvjete. To su bili oksidacijski paleoekološki uvjeti, o tome svjedoče ostaci brojnih rudista koji su indikatori ovakvih uvjeta.

Prema tome u ovim vodonosnicima možemo očekivati vodu visoke kakvoće. Jedino vode koje se dulje zadržavaju u dolomitima mogu biti obogaćene magnezijem. Hidrogeološke značajke opisane su brojnim radovima od kojih se posebno ističe disertacija VLAHOVIĆ, 1999.



Slika 2. Hidrogeološka karta središnje i sjeverne Istre (iz Dragičević i dr., 2014, prema Vlahović, 1999; Parlov, 2010)

3. BILANCA VODE U PODZEMLJU

Odnos ulaznih i izlaznih količina vode u hidrološki/geološki zatvoren sliv izražava se jednadžbom bilance (1):

$$P=E_t+O \qquad (1)$$

pri čemu je:
P - oborina pala na sliv; *Et* - evapotranspiracija; *O* - površinsko otjecanje.

Površinsko otjecanje sastoji se od tri komponente:
a) od vode koja u površinski vodotok dotječe površinski,
b) od vode koja se infiltrirala plitko pod površinu negdje na slivnom području, tekla potpovršinski i konačno izašla na površinu i sudjeluje u ukupnom protoku površinskim vodotokom, te
c) od podzemne vode koja iz zone potpune saturacije izvire na površinu i sudjeluje u površinskom otjecanju površinskim vodotokom.

Za izračunavanje srednje godišnje stvarne evapotranspiracije često se koristi formula (L. Turc-a 1953) (2):

$$E_T = \frac{P}{\sqrt{0{,}9+\frac{P^2}{L^2}}} \qquad (2)$$

gdje je:

P - količina srednjih godišnjih oborina (mm); $L=300+25T+0{,}05T^3$; T - srednja godišnja temperatura zraka (°C).
Količina srednjih godišnjih oborina na istraživanom području iznosi 1300 mm/god, a srednja godišnja temperatura zraka 11,5 °C (najnepovoljnije vrijednosti). Temeljem navedenih podataka, formulom Turc-a dobivena vrijednost godišnje stvarne evapotranspiracije na istraživanom području iznosi 596,3 mm/god. Prema jednadžbi bilance otjecanje na istraživanom području iznosi 703,7 mm/god.
Istraživano područje izgrađeno je od relativno nepropusnih fliških naslaga i propusnih karbonatnih naslaga. Ako pretpostavimo da na nepropusnim naslagama nema infiltracije i sve što padne otječe površinski, a da na karbonatnim naslagama, površine 944,84 km^2, sva oborina koja padne, infiltrira se u podzemlje (nema površinskog otjecanja), količina podzemne vode iz zone potpune saturacije na istraživanom području iznosi: 21,07 m^3/s.
Iako su fliške naslage uzete kao potpuno nepropusne na kojima nema infiltracije već sva oborina koja padne otječe površinski, treba naglasiti da u prirodnim uvjetima dio oborine se ipak procjeđuje u podzemlje, te da je stoga ukupna količina podzemne vode na istraživanom području veća.

4. STRUKTURNI POLOŽAJ VODONOSNIKA

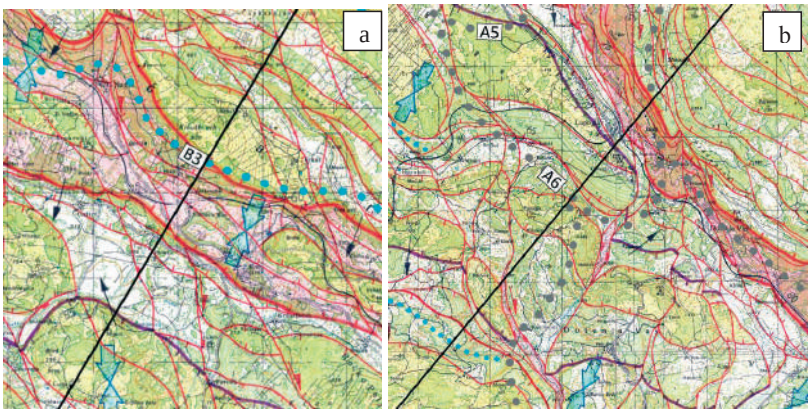
Sasvim je sigurno i opće poznato da je primarni položaj slojeva vodoravan pa je tako bilo i sa taloženjem slojeva u području istraživanja. No dugotrajni tektonski pokreti koji su uvjetovani dinamikom u širem okruženju, kroz dugu geološku povijest stvorili su

zamršene strukturne odnose. Tako se opisani vodonosnici nalaze u različitim strukturnim položajima.

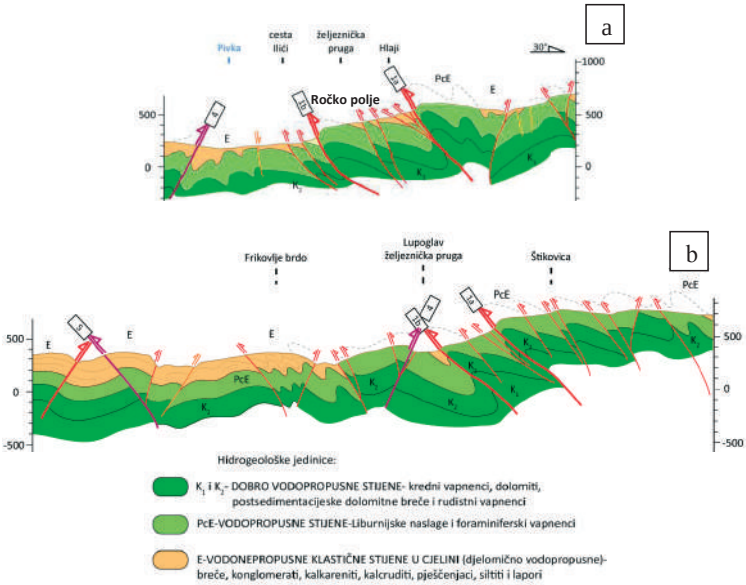
Kako je razumijevanje struktura u kojima se nalaze istraživani vodonosnici, njihove geneze, geometrije, površinskog i potpovršinskog rasprostiranja te odnosa s nepropusnim stijenama temelj za procjenu njihovog hidrogeološkog potencijala, načinjeni su regionalni hidrogeološki profili (slika 2, slika 4) te karta recentnog strukturnog sklopa (slika 3).

Zbog boranja i rasjedanja uz pretežito kompresijske odnose (regionalni kompresijski stres), u području Učke i Ćićarije nastale su ljuskave strukture pri čemu je došlo do ponavljanja vodonosnika u strukturama. Oni su nagnuti pod različitim kutovima, često i do 60°, a debljina im je često povećana uslijed „sažimanja" prostora. Primarni strukturni položaj promijenjen je i na rubovima fliškog bazena. Uzduž rubova (sjevernog i južnog) izdignute strukture „Bujska antiklinala" na potezu Savudrija – Buje - Istarske Toplice – Buzet nalaze se vodonosnici u sekundarnom položaju. Tek južno, odnosno jugozapadno od jugozapadnog ruba fliškog bazena karbonatni je vodonosnik približno horizontalan ili tek blago nagnut.

Za prostorni prikaz položaja i odnosa obuhvaćenih stijena i rasjeda u prostoru, te posebice prisutnih geoloških struktura izabrana su dva isječka karte recentnog strukturnog sklopa koji obuhvaćaju područje Ročkog polja (slika 3a) i Lupoglava (slika 3b) te isječci hidrogeoloških profila koji prolaze područjem Ročkog polja (slika 4a) i Lupoglava (slika 4b) (Dragičević i dr., 2014).



Slika 3. a) Strukturna karta područja Roč koje je svrstano u kategoriju s najvećim potencijalom za pronalaženje velikih zaliha podzemne vode (isječak karte recentnog strukturnog sklopa središnje i sjeverne Istre, DRAGIČEVIĆ i dr. 2014); b) Strukturna karta područja Lupoglav koje je svrstano u kategoriju s najvećim potencijalom za pronalaženje velikih zaliha podzemne vode (isječak karte recentnog strukturnog sklopa središnje i sjeverne Istre, DRAGIČEVIĆ i dr. 2014)

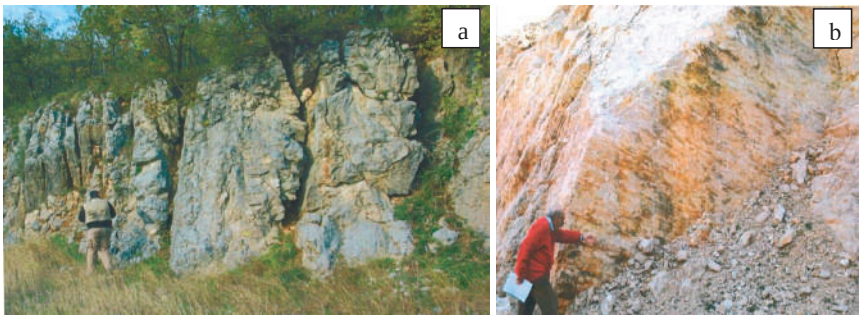


Slika 4. a) Geološki profil Ročkog polja. (isječak s geološkog profila C-C', središnje i sjeverne Istre, iz DRAGIČEVIĆ i dr. 2014); b) Geološki profil uzdignute strukture Lupoglav (isječak geološkog profila D-D' središnje i sjeverne Istre, iz DRAGIČEVIĆ i dr., 2014).

U profilima je osobito uočljivo da su naslage izrazito borane (slika 4 a i b). Ističu se osobito kose bore duž obronaka Ćićarije i u krilima velike uzdignute strukture. Vrlo kose do prebačene bore nalaze se u zoni rasjeda Trst–Učka–otok Susak (1) (slike 3a i 4a), ali i u zonama njegovih ogranaka. Znatna opetovana boranja flišnih naslaga postoje u zonama rasjeda Trst–Učka–otok Susak (1) i Dragonja–Čepić–Buzet –Ročko Polje–Lupoglav (4) (slike 3b i 4b).

Vrlo je važno istaknuti da su, udaljavanjem prema JZ od užeg dodirnog prostora Jadranske mikroploče i regionalne strukturne jedinice Adriatik kojeg čini zona rasjeda Trst–Učka–otok Susak (1), te velika uzdignuta struktura Buje–Buzet–Lupoglav (slika 3b i 4b), naslage borane i rasjednute, ali prevladavaju uspravne bore.

Prikupljeni podaci na površini i prisutni strukturni odnosi omogućili su u profilima prikazati prihvatljive debljine pojedinih izdvojenih kompleksa naslaga. Posebno je važna debljina nepropusnih naslaga fliša. Debljine se najbolje uočavaju duž dionica pojedinih profila koje presijecaju dijelove strukturnog sklopa gdje te naslage prekrivaju površinu reljefa. Debljina flišnih naslaga varira od 120 m (kod sela Zamask unutar lokalne uzdignute strukture Motovun, te oko doline rijeke Botonige) do oko 350 m SI u podinskom krilu rasjeda Trst–Učka–otok Susak. Napominje se da su moguće flišne naslage nešto veće debljine u podinskim krilima najvažnijih rasjeda strukturnog sklopa, jer se ne raspolaže s podacima o veličinama reversnih pomaka u krilima tih rasjeda.



Slika 5. a) Primjer sustava ekstenzijskih pukotina koje su paralelni s kompresijskim stresom (primjer širenja prostora u zonama rasjeda), željeznička postaja Vranja; b) U kamenolomu Vranja nalazi se izdanak rasjeda s osobito izraženim strijama.

Na temelju strukturnih mjerenja interpretirani su slijedeći najveći reversni pomaci u krilima rasjeda (svi rasjedi su prikazani na karti recentnog strukturnog sklopa te na profilima u DRAGIČEVIĆ et al., 2014):

- zona rasjeda Trst–Učka–otok Susak (1) uključujući skokove duž glavnih rasjeda 1a i 5b: SI od Buzeta 800–1000 m, Černice SI od Buzeta oko 900 m, SI od Roča oko 700 m (slika 4a) i kod Lupoglava 800-1000 m;
- rasjed Dragonja–Čepić–Buzet–Ročko Polje–Lupoglav (4) (slike 5b, 3b i 4b): kod Buzeta (Sv. Ivan) oko 500 m i uz dolinu rijeke Pivke do 400 m;
- rasjed Buje–Istarske Toplice–Brnobići–Dolenja Vas (5) (slika 4b) uz dolinu rijeke Mirne, S od sela Krušvari do 400 m.

Na temelju interpretacije strukturnog sklopa, provedene klasifikacije struktura i rasjeda, zatim položaja, odnosa i pomaka pojedinih struktura ili njihovih dijelova, te ocjene postojanja podzemnih voda unutar karbonatnih stijena i moguće cirkulacije u podzemlju duž pojedinih zona rasjeda izdvojeno je 29 potencijalnih područja u kojima se očekuju značajne količine podzemne vode (Dragičević i dr., 2014). Izdvojena područja, s obzirom na strukturni sklop, podijeljena su u tri kategorije.

a) Ročko Polje. Unutar suženog prostora između zone rasjeda Trst–Učka–otok Susak (1) i pružanja velike uzdignute strukture Buje–Buzet–Lupoglav (3) ističu se položaji lokalnih reversnih struktura, te između njih lokalne spuštene strukture kod Ročkog Polja u kojoj vjerojatno postoji širenje prostora.
b) Lupoglav. Osobito je izražena kompresija prostora i znatno uzdizanje dijela velike strukture Buje–Buzet–Lupoglav (3) unutar koje se blizu površine nalaze karbonatne naslage. Izraženi su i nizovi rasjeda sustava SSZ–JJI i unutar zone rasjeda Trst–Učka–otok Susak (1) pojave rasjeda paralelnih orijentaciji kompresijskog stresa.

ZAKLJUČAK

Tektonska evolucija istraživanog područja osobito je važna s hidrogeološkog stajališta jer strukture kontroliraju tečenje i akumuliranje podzemne vode. Interpretacija strukturnog sklopa predstavlja metodu za određivanje potencijalnih područja u kojima bi se mogle

zahvatiti značajne količine podzemne vode izvan područja velikih izvora, važnih za vodoopskrbu. Svaka intervencija u blizini izvora utjecat će na njihovu prirodnu izdašnost te se time ne bi stvarno povećala količina podzemne vode dostupna za vodoopskrbu.
Polazišna je pretpostavka da je tok podzemne vode kontroliran u regionalnom mjerilu, regionalnim rasjedima i rasjedima koji graniče velikim strukturama i njihovim rasjednim zonama koje mogu biti kilometrima široke. Poglavito su važne zone rasjeda duž čijih krila prevladava horizontalna komponenta pomaka krila (slika 5b) i rasjeda koji se pružaju paralelno orijentaciji kompresijskog stresa (slika 5a). Idući prema lokalnom mjerilu tok podzemne vode kontroliraju manji rasjedi i rasjedi unutar struktura. Posebno se ističu prostori veće kompresije. Položaji i pružanja pojedinih velikih ili lokalnih struktura i pomaci njihovih dijelova mogu utjecati na cirkulaciju vode u podzemlju, pogotovo zbog različite rasprostranjenosti i debljina flišnih naslaga.
Na temelju interpretacije strukturnog sklopa, provedene klasifikacije struktura i rasjeda, zatim položaja, odnosa i pomaka pojedinih struktura ili njihovih dijelova, te ocjene postojanja podzemnih voda unutar karbonatnih stijena i moguće cirkulacije u podzemlju duž pojedinih zona rasjeda izdvojeno je 29 potencijalnih područja (klasificirane u tri kategorije) u kojima se očekuju značajne količine podzemne vode (Dragičević i dr., 2014). U ovom radu prikazana su dva reprezentativna područja iz najviše rangirane kategorije:

- Ročko Polje (slika 3a i slika 4a)
- Lupoglav (slika 3b i slika 4b).

Provedeno istraživanje predstavlja jedan novi pristup hidrogeologiji krša te shvaćanju toka podzemne vode. Pristup ističe važnost sedimentologije koja je odgovorna za nastanak vodonosnika i nepropusnih naslaga koje imaju ulogu barijera te posebice strukturne geologije i tektonike koja je inicijalno horizontalno taloženi vodonosnik oblikovala u današnje strukture. Takav pristup omogućio je izdvajanje vrlo potencijalnih područja za zahvaćanje podzemnih voda visoke kakvoće. Kako je istraživanje regionalnog karaktera, izdvojena područja treba detaljnije istražiti u lokalnom mjerilu kako bi se dobili sigurni podaci na temelju kojih se dalje mogu planirati vodoistražni radovi.

LITERATURA

[1] Dragičević, I., Vlahović, T., Prelogović, E., Vranjković, A., Pavičić, I. (2014): *Mogućnost zahvaćanja podzemnih voda u Istri izvan područja velikih izvora (središnja i sjeverna Istra)*. Stručni elaborat. Rudarsko – geološko – naftni fakultet, Zagreb

[2] Parlov, J. (2010): *Identifikacija parametara za modeliranje toka podzemne vode glavnih izvora u porječju Mirne.* Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet. Zagreb.

[3] Pleničar, M., Polšak, A. & Šikić, D. (1969): *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Trst*. Savezni geološki zavod, Beograd, 1969.

[4] Pleničar., M., Polšak, A. & Šikić, D. (1973): *Tumač za list Trst (OGK, 1:100 000)*. Savezni geološki zavod, Beograd, 1973.

[5] Polšak, A. & Šikić, D. (1969): *Osnovna geološka karta, list Rovinj 1:100.000,* L 33-100. Inst. geol. istraž., Zagreb, Sav. Geol. zavod, Beograd.

[6] Polšak, A. & Šikić, D. (1973): *Tumač za list Rovinj (OGK, 1 :100 000)*. Savezni geološki zavod, Beograd.

[7] Šikić, D., Pleničar, M. & Šparica, M. (1972): *Osnovna geološka karta, list Ilirska Bistrica 1:100.000*, Inst. geol. istraž., Zagreb, Geol. zavod, Ljubljana, Sav. Geol. zavod, Beograd.

[8] Šikić, D. & Pleničar, M. (1975): *Tumač za list llirska Bistrica (OGK, 1:100 000)*. Savezni geoloski zavod, Beograd,

[9] Šikić, D., Polšak, A. & Magaš, N. (1969): *Osnovna geološka karta, list Labin 1:100.000*, Inst. geol. istraž., Zagreb, Sav. Geol. zavod, Beograd.

[10] Šikić, D. & Polšak A. (1973): *Tumač za list Labin (OGK, 1: 100 000)*. Savezni geološki zavod, Beograd.

[11] Vlahović, T. (1999): *Utjecaj okoliša na podzemne vode u Istri*. Disertacija. RGN fak., 1-237, Zagreb.

AUTORI

prof.dr.sc. Ivan Dragičević [a]
prof.dr.sc. Tatjana Vlahović [b]
prof.dr.sc. Eduard Prelogović [a]
dr.sc. Alan Vranjković [d]
mr.sc. Daria Čupić [c]
doc.dr.sc. Siniša Širac [c]
mag.ing.geol. Ivica Pavičić [a]

[a] Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, p.p. 390, 10000 Zagreb, Hrvatska, www.rgn.hr/hr; ivan.dragicevic@rgn.hr; ivica.pavicic@rgn.hr

[b] Hrvatski prirodoslovni muzej, Demetrova 1, Zagreb, Hrvatska, http://hpm.web.link2.hr/; tatjana.vlahovic@hpm.hr

[c] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb, www.voda.hr; daria.cupic@voda.hr; sinisa.sirac@voda.hr

[d] NIS a.d., Gazprom Neft, Science and Technology Center, Narodnog fronta 12, 21000 Novi Sad, Serbia; alan.vranjkovic@nis.eu

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.35.

PROJEKT ISTRA-HIDRO, ODRŽIVO UPRAVLJANJE PREKOGRANIČNIM PODZEMNIM VODAMA IZMEĐU TRŠĆANSKOG I KVARNERSKOG ZALJEVA

Mladen Kuhta, Želimir Pekaš, Natalija Matić, Željka Brkić

SAŽETAK: Projekt „Održivo upravljanje prekograničnim podzemnim vodama između Tršćanskog i Kvarnerskog zaljeva“, pod akronimom ISTRA-HIDRO, pokrenut je u okviru Operativnog programa prekogranične suradnje Slovenija–Hrvatska 2007–2013 (OP), koji se sufinancira sredstvima Europske unije preko Instrumenata pretpristupne pomoći (IPA). Granično područje između Hrvatske i Slovenije razmatrano u okviru ovog projekta zahvaća dijelove sjeverne Istre, Kvarnerski zaljev i zapadne dijelove Gorskog kotara, te južne dijelove Primorske i Notranjske regije u Sloveniji. Površina istraživanog područja je 2.492 km^2 i obuhvaća 146 km međudržavne granice. S obzirom na geološku građu to je klasično krško područje u kojem su razvijeni krški vodonosnici iz kojih se pitkom vodom opskrbljuje preko 370 000 stanovnika s obje strane granice. Projekt je usklađen s europskim politikama, a osnovni ciljevi ovog prekograničnog projekta su: zaštita podzemne vode u prekograničnom području, zajedničkom prekograničnom suradnjom premostiti regionalne razvojne nedostatke nastale provedbom zaštite voda unutar državnih granica, doprinijeti podizanju ekološke svijesti lokalnog stanovništva u prekograničnom području te poboljšati kvalitetu života i zdravlja ljudi unapređenjem sustava upravljanja vodama i smanjenjem ekoloških rizika.

KLJUČNE RIJEČI: krš, prekogranični vodonosnici, suradnja, upravljanje, zaštita

PROJECT ISTRA-HIDRO, SUSTAINABLE MANAGEMENT OF TRANSBOUNDARY GROUNDWATER BETWEEN THE GULF OF TRIESTE AND KVARNER BAY

SUMMARY: The project “Sustainable management of transboundary groundwater between the Gulf of Trieste and the Bay of Kvarner”, the acronym ISTRA-HIDRO, was launched within the framework of the Operational Programme of Cross-border Cooperation Slovenia-Croatia 2007-2013 (OP), which is co-financed by the European Union through the Instrument for Pre-Accession Assistance (IPA). The cross-border area between Croatia and Slovenia considered within this project encompasses parts of the northern Istria, Kvarner Bay and the western parts of Gorski Kotar, including the southern parts of the Primorska and Notranjska region of Slovenia. The study area covers 2492 km^2 and

comprises 146 km of the state border line. This is a classic karst landscape where significant groundwater resources are present, within karst aquifers, which ensure water supply for more than 370,000 inhabitants on both sides of the border. The project is compliant with European policies, and the main objectives of this cross-border project are: protection of groundwater in the border regions, a joint cross-border cooperation to overcome regional development disadvantages caused by the implementation of water protection within national borders, contribution to raising the environmental awareness of the local population in the border regions and improvement of the quality of life and human health by improving water management and reducing environmental risks.

KEY WORDS: Karst, transboundary aquifers, cooperation, management, protection

1. UVOD

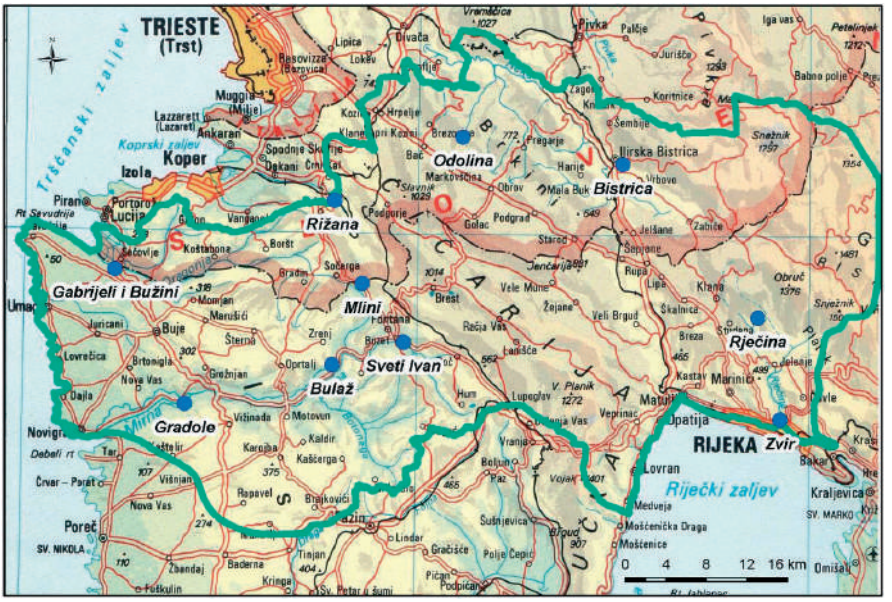
Projekt „Održivo upravljanje prekograničnim podzemnim vodama između Tršćanskog i Kvarnerskog zaljeva“, pod akronimom ISTRA-HIDRO, pokrenut je u okviru Operativnog programa prekogranične suradnje Slovenija–Hrvatska 2007–2013 (OP), koji se sufinancira sredstvima Europske unije preko Instrumenata pretpristupne pomoći (IPA). OP je osmišljen s ciljem rješavanja zajedničkih problema i iskorištenja dijeljenih potencijala u pograničnim područjima. Projekt je započeo 2014. godine, predviđeno trajanje je 15 mjeseci, a realizira se putem partnerstva Geološkog zavoda Slovenije, Nacionalnog laboratorija za zdravlje, okolje in hrano Koper i Hrvatskih voda. Da bi se ostvarili predviđeni ciljevi projekta, Hrvatske vode su angažirale Hrvatski geološki institut iz Zagreba kao vanjskog izvođača za dio predviđenih aktivnosti, a koje se prvenstveno odnose na specijalistička geološka i hidrogeološka istraživanja.

2. POZADINA I PODRUČJE PROJEKTA

Kopnene granice Republike Hrvatske ukupno su duge 2.375 kilometara, a granica s Republikom Slovenijom duga je 668 km. Granično područje između Hrvatske i Slovenije razmatrano u okviru ovog projekta zahvaća dijelove sjeverne Istre, Kvarnerski zaljev i zapadne dijelove Gorskog kotara, te južne dijelove Primorske i Notranjske regije u Sloveniji (slika 1). Površina istraživanog područja je 2.492 km^2 i obuhvaća 146 km međudržavne granice. S obzirom na geološku građu to je klasično krško područje u kojem su razvijeni krški vodonosnici sa značajnim zalihama podzemnih voda. Ovi vodonosnici prihranjuju najznačajnije izvore pitkih voda (Rižana, Dvori, Bistrica, Bužin, Gabrijeli, Bulaž, Sv.Ivan, Gradole, Riječina, Zvir i Martinšćica) iz kojih se pored velikih lučkih gradova Kopra i Rijeke, pitkom vodom opskrbljuje i velik broj gradova i manjih naselja izvan pograničnog područja, odnosno preko 370 000 ljudi s obje strane granice. Budući je riječ o turistički vrlo razvijenoj regiji, tijekom sezone broj ljudi višestruko se poveća što dodatno opterećuje vodoopskrbne sustave, kako u pogledu raspoloživih količina vode tako i s obzirom na njenu kakvoću.

Poznato je da su zbog velike propusnosti krški vodonosnici izrazito osjetljivi na unos onečišćenja s površine terena. Nadalje, podzemne vode u kršu povremeno se kreću velikim brzinama i na velike udaljenosti, pa se onečišćenje u vrlo kratkom roku može pojaviti i na nekoliko desetaka kilometara udaljenim izvorima. Zbog ovakvih karakteristika krških vodonosnika njihove zaštitne zone u pravilu obuhvaćaju velike površine, koje u graničnim

područjima mogu sezati duboko na teritorij susjedne države. Upravo je takva situacija na razmatranom dijelu državne granice između Slovenije i Hrvatske.



Slika 1: Područje istraživanja u okviru projekta ISTRA-HIDRO s najznačajnijim izvorištima s obje strane granice

Osnovni problem jest činjenica da se istraživanja i zaštita podzemnih voda u obje države provode samo do administrativne granice. Premda se područja napajanja vodonosnika pružaju preko granice još uvijek ne postoje usklađene sve stručne podloge na osnovi kojih bi se mogla definirati točna geometrija vodonosnih sustava niti stvarno opterećenje podzemnih voda, što su preduvjeti za definiranje stupnja i mjera zaštite na teritoriju susjedne države. Nadalje, postojeće zakonske regulative i metodologije ne omogućavaju zajedničko uspostavljanje zona sanitarne zaštite na teritoriju susjedne države i potom adekvatno planiranje upravljanja tim prostorom.

Na hrvatskom dijelu razmatranog područja javnom vodoopskrbom upravljaju tri trgovačka društva u vlasništvu lokalne samouprave. To su Istarski vodovod-Buzet, Vodovod i kanalizacija-Rijeka te Komunalac-Opatija. Vode izvorišta Bužin i Gabrijeli, koji su smješteni na području Republike Hrvatske, koriste se za javnu vodoopskrbu susjednih dijelova Slovenije i njima upravlja Rižanski vodovod iz Kopra. S druge strane vršni dijelovi vodoopskrbnog sustava Opatije se u ljetnim špicama potrošnje opskrbljuju vodom iz izvorišta kod Ilirske Bistrice u Sloveniji. Dakle može se konstatirati da na razmatranom području pored rasprostiranja vodonosnih sustava i korištenje podzemnih voda ima prekogranični karakter.

3. GLAVNI I POSEBNI CILJEVI PROJEKTA

Prije desetak godina na području prekograničnih vodonosnika s Republikom Slovenijom između Tršćanskog i Kvarnerskog zaljeva izvedeno je niz istraživačkih aktivnosti vezanih uz rješavanje regionalnih hidrogeoloških odnosa (Biondić, Kapelj i Rubinić, 2004; Prestor i drugi, 2003). Projekt ISTRA-HIDRO osmišljen je kao nastavak tih aktivnosti. Projekt je usklađen s europskim politikama, a opći ciljevi projekta su:

- zaštita podzemne vode u prekograničnom području,
- zajedničkom prekograničnom suradnjom premostiti regionalne razvojne nedostatke, nastale provedbom zaštite voda unutar državnih granica,
- doprinijeti podizanju ekološke svijesti lokalnog stanovništva u prekograničnom području,
- poboljšati kvalitetu života i zdravlja ljudi unaprjeđenjem sustava upravljanja vodama i smanjenjem ekoloških rizika.

Pored općih projektom je predviđeno ostvariti i sljedeće posebne ciljeve:

- izrada zajedničkih stručnih podloga za potrebe zaštite okoliša, korištenja podzemnih voda i prostornog planiranja u regiji,
- zajednička ocjena stanja raspoloživih količina, kakvoće i opterećenja podzemnih voda,
- razvoj zajedničke metodologije za definiranje područja i mjera zaštite podzemnih voda,
- razvoj zajedničkog GIS-a kao podloge za izradu planova upravljanja prekograničnim vodnim područjima za naredno plansko razdoblje 2015-2021 u skladu sa zahtjevima Okvirne direktive o vodama EU,
- jačanje kapaciteta, suradnje i koordinacijskog djelovanja institucija i organizacija u domeni zaštite okoliša, korištenja podzemnih voda i prostornog planiranja u regiji,
- poboljšanje ekološke svijesti lokalnog stanovništva o potrebi zaštite podzemnih voda kao zajedničkom prirodnom bogatstvu i temelju daljnjeg razvoja prekogranične regije,
- smanjenje mogućnosti onečišćenja podzemnih voda zajedničkim planiranjem, upravljanjem i monitoringom podzemnih voda u prekograničnom području.

4. PREGLED PROJEKTNIH AKTIVNOSTI

Dosadašnja istraživanja područja prekograničnih vodonosnika između Slovenije i Hrvatske pokazala su da postoje određena odstupanja u interpretaciji geološke građe na pojedinim dijelovima terena. To je posebno izraženo na istočnom dijelu istražnog prostora, odnosno u rubnom području struktura Ćićarije i Snežnika prema Gorskom kotaru. Zbog navedenog predviđeno je da se na temelju postojećih geoloških karata i drugih dostupnih podataka uključujući i nalaze novijih istraživanja izradi pregledna geološka kartu razmatranog područja u mjerilu 1:100.000 s pratećim profilima. Tako pripremljena karta poslužiti će kao podloga za izradu namjenske hidrogeološke karte šireg područja rasprostiranja prekograničnih vodonosnika. Da bi se prikazali uvjeti i distribucija tokova podzemnih voda u pojedinim hidrogeološkim cjelinama razmatranog područja predviđa se izrada konceptualnih modela napajanja glavnih izvorišta.

Značajan doprinos boljem poznavanju hidrogeoloških odnosa na razmatranom području biti će trasiranje podzemnih tokova s područja Brkina u Sloveniji (Podgrad). Taj se prostor

nalazi u rubnim dijelovima tri slivna područja; izvorišta Rižana u Sloveniji, te slivnog područja izvora u Kvarnerskom zaljevi i sliva rijeke Mirne u Hrvatskoj (izvori Mlini i Sv. Ivan). Izvođenjem regionalnog trasiranja utvrditi će se smjerovi i brzina tečenja podzemnih voda s tog područja i omogućiti bolje definiranje granica između spomenutih slivova.

U sklopu izrade usuglašenih prirodnih osnova razmatranog područja bitnih za formiranje postojećih vodnih resursa, a s ciljem poboljšanja uvjeta njihove zaštite u sklopu projekta bit će izrađena karta prirodne ranjivosti podzemnih voda prema SINTACS metodologiji (Civita i De Maio, 1997). Trenutno prisutno opterećenje analizirati će se na osnovi karte hazarda s evidentiranim svim značajnijim potencijalnim izvorima onečišćenja podzemnih voda.

Količine podzemnih voda i njihove sezonske varijacije, pored standardnim metodama, analizirati će se temeljem regionalne vodne bilance izrađene pomoću modela GROWA razvijenog na institutu Forschungszentrum Jülich iz Njemačke.

U cilju utvrđivanja stanja i trendova kakvoće podzemnih voda s obje strane granice analizirati će se dostupni podaci dosadašnjeg monitoringa ali i podaci prikupljeni u sklopu ovog projekta. Na teritoriju Republike Hrvatske predviđena je uspostava kontinuiranog praćenja hidrodinamičkih parametara (razina, protok), elektrolitičke vodljivosti i temperature podzemne vode na izvorima Bulaž, Sv. Ivan, Gradole, Rječina i Zvir kroz razdoblje realizacije projekta. Pored toga na spomenutim izvorima u tri navrata prikupljaju se uzorci za potreba mikrobioloških, fizikalno-kemijskih i izotopnih analiza (18O, 3H, D). Uzorkovanja se izvode u različitim hidrološkim uvjetima, istovremeno s uzorkovanjem odabranih lokacija na području Slovenije.

Sve izrađene stručne podloge i prikupljeni podaci organizirati će se u geografski informacijski sustav (GIS) obuhvaćenog područja prekograničnih vodonosnika. Tako oformljeni GIS biti će podloga za unapređenje zaštite podzemnih vodnih resursa na razmatranom području. Analizom prirodnih uvjeta, postojećih vodozaštitnih područja i usporedbom pravne legislative u obje zemlje načiniti će se prijedlog zajedničke zaštite, monitoringa i upravljanja prekograničnim vodonosnicima kao i uskladiti granice zajedničkih cjelina podzemnih voda u skladu s Okvirnom direktivom o vodama (ODV).

Značajno mjesto u projektnim aktivnostima je uspostavljanje komunikacije s ciljnim skupinama projekta i lokalnim zajednicama. To se planira ostvariti putem web stranice projekta (http://istra-hidro.eu), održavanjem radionica, javnih predavanja te prezentacijom projekta u medijima i stručnoj literaturi. Rezultati projekta bit će objedinjeni u završnom izvješću i predstavljeni na završnom stručnom skupu.

ZAKLJUČAK

Projekt ISTRA-HIDRO usklađen je s europskim politikama i strategijama (posebno Lisabonska i Goeteburška strategija), smjernicama Okvirne direktive o vodama (ODV), te s nacionalnim i regionalnim politikama. Cijeli je projekt usmjeren na zaštitu prekograničnih podzemnih voda i osiguranje dovoljnih količina kvalitetne pitke vode za buduće naraštaje te pripremu podloga bitnih za izradu planova upravljanja prekograničnim vodnim područjima za naredno plansko razdoblje 2015-2021.

Prekogranična suradnja je nužna jer iz nje proizlazi zajedničko upravljanje prostorom s prekograničnim podzemnim vodama. Do sada je svaka država zaštitne zone izvorišta

javne vodoopskrbe, a u novije vrijeme i definiranje cjelina podzemnih voda provodila samostalno. Međutim, budući da se radi o prekograničnim vodonosnicima i podzemnim vodama koje se napajaju (obnavljaju) na jednoj strani državne granice, a istječu i koriste na drugoj i da, kao posljedica toga, onečišćenje koje bi se dogodilo s jedne strane granice može izravno utjecati na onečišćenje vode za piće s druge strane granice, ciljevi projekta nikako ne mogu učinkovito biti dosegnuti samo na jednostranoj nacionalnoj razini. Realizacijom projekta otvaraju se mogućnosti približavanja integralnog upravljanja vodnim resursima, a pogotovo formiranju zajedničkih planova i usklađivanju zaštitnih mjera u zaštitnim zonama što je u skladu s ODV. Zajedničkim definiranjem cjelina podzemne vode, sukladno strategiji implementacije ODV, moguća je i zajednička evaluacija vodnih resursa i zajednički razvoj okolišnih standarda i aktivnosti za nadzor. Rezultati planiranih aktivnosti dobra su osnova za formiranje zajedničkih planova korištenja i zaštite, razvoja i na kraju, upravljanje na razini prekograničnih prirodnih vodnih sustava.
Vrlo je važno istaknuti da dio neposrednih učinaka ovog projekta poput prijedloga obostrano prihvatljivih pravila za provedbu zaštite prekograničnih vodonosnika ili strukturirani GIS sustav, imaju trajnu vrijednost i bit će izravno iskoristivi na preostalom dijelu granice s Republikom Slovenijom, ali i ostalim državama u okruženju.

LITERATURA

[1] Biondić, R., Kapelj, S. i Rubinić, J., (2004): *Granični vodonosnici između Hrvatske i Slovenije između Kvarnerskog i Tršćanskog zaljeva*, izvješće II. faze istraživanja. Hrvatski geološki institut, Zagreb.

[2] Civita, M. i De Maio, M., (1997): *SINTACS R4 a new parametric system for the assessment and automatic mapping of ground water vulnerability to contamination*. Pitagora Editor, Bologna, 226 p.

[3] Kunkel, R. i Wendland, F., (2002): *The GROWA98 model for water balance analysis in large river basins – the river Elba case study.* Journal of Hydrology, 259, 152-162.

[4] Prestor, J., Urbanc, J., Janža, M., Rikanovič, R., Strojan, M. i Koželj, A., (2003): *Reziskave meinih vodonosnikov med Tržaškim in Kvarnerskim zalivom na območju Republike Slovenije, II faza*. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.

AUTORI

Mladen Kuhta, dipl. ing.a, Želimir Pekaš, dipl. ing. [b]
dr.sc. Natalija Matić b, dr.sc. Željka Brkić [a]

[a] Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, Zagreb, 10000, Hrvatska, mladen.kuhta@hgi-cgs.hr

[b] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, 10000, Hrvatska, zelimir.pekas@voda.hr; natalija.matic@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.36.

Krešimir Maldini, Damir Tomas, Natalija Matić, Simana Milović, Vinod Jena, Sapana Gupta

GEOKEMIJSKE KARAKTERISTIKE ODABRANIH KRŠKIH IZVORA U ZALEĐU BIOGRADA NA MORU

SAŽETAK: Na širem području Parka Prirode Vransko jezero u zaleđu Biograda na moru provode se istraživanja četiri uzlazna krška izvora - Mali Stabanj, Veliki Stabanj, Pećina i Sitbiba (Kneževića vrilo). Sliv ovih izvora smješten je u osjetljivom krškom području, a izvori se koriste za navodnjavanje. Voda s izvora, kao i sediment, uzorkovani su u rujnu 2014. godine. U uzorcima vode su određivani fizikalno-kemijski pokazatelji, mikrobiološki pokazatelji, 25 otopljenih metala, otopljeni anioni i kationi, otopljeni organski ugljik te hranjive tvari. U sedimentu frakcije manje od 63 μm određivana su 25 metala, mineralna ulja te ukupni dušik i fosfor. Prema rezultatima analiza vode istraživanih izvora, vrijednosti mikrobioloških pokazatelja veće od maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK) propisanih Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/2013) dok rezultati analize sedimenta na izvorima Veliki Stabanj i Pećina pokazuju da vrijednosti za neke metale prelaze prag početnog toksičnog efekta..

KLJUČNE RIJEČI: Ravni kotari (Dalmacija), krški izvori, analize uzoraka vode, sediment.

GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SELECTED KARST SPRINGS IN THE HINTERLAND OF BIOGRAD N/M

SUMMARY: The investigations are carried out at four ascending karst springs – Mali Stabanj, Veliki Stabanj, Pećina and Sitbiba (Kneževića vrilo) in the wider area of the Vransko Lake Nature Park in the hinterland of Biograd na Moru. The catchment of these springs lies in a sensitive karst region, while the springs are used for irrigation. The water and sediment from the springs were sampled in September 2014. Physical and chemical indicators, microbiological indicators, 25 dissolved metals, dissolved anions and cations, dissolved organic carbon and nutrients were determined in the water samples. 25 metals, mineral oils, total nitrogen and phosphorus were determined in the sediment fraction below 63 μm. According to the results of analyses of water from the investigated springs, the values of microbiological indicators exceed the maximum allowed concentrations (MAC) laid down by the Ordinance on compliance parameters and methods of analysis of water intended for human consumption (OG 125/2013). The results of analysis of the sediment from Veliki Stabanj and Pećina springs show that the values for some metals exceed the threshold of the initial toxic effect.

KEY WORDS: Ravni kotari (Dalmatia), karst springs, analysis of water, sediments.

1. UVOD

U zaleđu Biograda na moru (Ravni kotari) provode se istraživanja četiri uzlazna krška izvora i to: Mali Stabanj, Veliki Stabanj, Pećina i Sitbiba (Kneževića vrilo). Nalaze se uz sjeverni rub Vranskog polja te se koriste za navodnjavanje obradivih površina i napajanja stoke. Izvori Mali Stabanj i Sitbiba (Kneževića vrilo) su primitivno kaptirani, izvor Veliki Stabanj nije kaptiran, ali postoji sustav cijevi koje služi za zahvaćanje vode, dok na izvoru Pećina postoje tragovi primitivne kaptaže s formiranim kanalom.

Istraživanja se provode s ciljem nastavka ispitivanja kakvoće vode na tipičnom krškom slivnom području (Munda i drugi, 2005; Matić i drugi, 2007; Maldini i drugi, 2014) budući se u zaleđu izvora nalaze onečišćivači, a najznačajniji su javna deponija općine Polača južno od Gornje Jagodnje, vapnara u Zapužanima, kamenolomi na lokaciji Kosmalj i Grbovača, te autocesta Zagreb – Split u sjevernom dijelu slijeva.

Istraživani izvori smješteni su u dijelu svjetski poznatog tipičnog lokaliteta Dinaridskog krša. Slivno područje istraživanih izvora čine karbonatne stijene gornje krede, klastične naslage paleogena te aluvijalne kvartarne naslage. Utvrđene bore (antiklinale i sinklinale) su dinarskog pravca pružanja, sjeverozapad-jugoistok s najvišom nadmorskom visinom od 265 m n.m. Krška polja prekrivena su kvartarnim naslagama do 10-ak metara. Prisutna je izmjena propusnih jako okršenih karbonatnih stijena s flišom. Pojava izvora vezana je za rasjedni kontakt vodopropusnih vapnenaca i vodonepropusnog fliša. Reverzni rasjed smješten je na jugozapadnom dijelu terena uz sjeveroistočni rub Vranskog polja te sjeveroistočno od njega dolazi rasjed paralelan s njim, pružanja sjeverozapad-jugoistok. Dijagonalni i poprečni rasjedi koji presijecaju bore dinarskog pravca pružanja su uvjetovali stvaranje niza pukotinskih sustava duž kojih dolazi do migracije podzemnih voda prema izvorima koji dolaze uz sjeverni rub Vranskog polja. Podzemni sustav Ravnih kotara predstavlja specifičnu hidrogeološku sredinu i rezervoar je pitke vode koji je predmet geokemijskih istraživanja.

Izvor Mali Stabanj smješten je u naselju Kakma u zaleđu Biograda na moru, stalan je i kaptiran jednim zdencem. Izdašnost mu u sušnom razdoblju ne prelazi cca 1 Ls^{-1}, a u kišnom razdoblju sveukupna izdašnost izvorišta ne prelazi 100 Ls^{-1}. Izvor Veliki Stabanj smješten je jugoistočno od izvora Mali Stabanj. Veliki Stabanj je nekaptiran izvor. Buduća da voda izlazi iz jame nije moguće procijeniti izdašnost u sušnom periodu. Izdašnost za jakih oborina prelazi 1.000 Ls^{-1} jer voda ovoga izvora poplavljuje obradive površine. Velike oscilacije u izdašnosti dokaz su njegovoj pripadnosti tipičnim krškim izvorima. Izvor Pećina je krški izvor formiran u špilji, a smješten je sjeverozapadno od izvora Sitbiba (Kneževića vrilo) na nadmorskoj visini od oko 50 m. Izvor je primitivno kaptiran s ostacima cijevi i betonskog kanala. Izdašnost u sušnom periodu iznosi 10-ak Ls^{-1}, a za jakih oborina prelazi nekoliko 100-tina Ls^{-1}. Velike oscilacije u izdašnosti dokaz su pripadnosti njegovog sliva krškom vodonosniku. Izvor Sitbiba (Kneževića vrilo) smješten je jugoistočno od izvora Pećina u naselju Vrana. Primitivno je kaptiran kopanim zdencem s preljevom. Izdašnost je procijenjena u sušnom dijelu godine do 1.0 Ls^{-1} dok u kišnom razdoblju izdašnost dostiže vrijednosti od nekoliko desetaka Ls^{-1} (Munda i drugi, 2005). Oscilacije izdašnosti potvrđuju njihova krška obilježja.

Područje obilježava mediteranska klima s izrazito suhim ljetima i blagim zimama. Prosječna godišnja temperatura iznosi 15^0C. Godišnja srednja vlaga zraka kreće se oko

73%. Dominantna oborina je kiša. Srednja godišnja količina oborina na istraženom području iznosi oko 1.100 mm/m^2. Snijeg je vrlo rijetka pojava, te se zadržava vrlo kratko. Vjetrovitost karakteriziraju bura i jugo, a rijeđe maestral (Monografija Zadarske županije, 2001).

2. MATERIJALI I METODE

Uzorkovanje podzemne vode i sedimenta izvedeno je u rujnu 2014. godine na izvorima: Mali Stabanj, Veliki Stabanj, Pećina i Sitbiba (Kneževića vrilo) radi utvrđivanja kakvoće podzemne vode i sedimenta promatranih krških izvorišta. Lokacije uzorkovanja su odabrane tako da su se nastojali obuhvatiti izvori uz sjeverni rub Vranskog polja kako bi se mogao utvrditi prirodni i/ili antropogeni utjecaj na kakvoću podzemne vode i sedimenta. Analize vode i sedimenta provedene su u Glavnom vodnogospodarskom laboratoriju (GVL) Hrvatskih voda. Elektrolitička vodljivost i pH vrijednost određene su pomoću uređaja Mettler Toledo SevenMulti. Ukupni broj koliformnih bakterija, fekalni koliformi i *Escherichia coli* određeni su metodom membranske filtracije prema normi HRN EN ISO 9308-1:2000, a broj fekalnih streptokoka prema normi HRN EN ISO 7899-2:2000. Broj aerobnih bakterija na 37˚C i 22˚C je određen metodom brojanja kolonija uzgojenih na hranjivom agaru prema normi HRN EN ISO 6222:2000. Otopljeni anioni i kationi određivani su metodom ionske kromatografije na uređaju DIONEX ICS 3000, anioni prema normi HRN EN ISO 10304-1:1998 , a kationi prema normi HRN EN ISO 14911:2001. Otopljeni organski ugljik (DOC) određen je metodom kemiluminiscencije na instrumentu Shimadzu TOC-VCPH prema normi HRN EN 1484:2002. Određivanje ukupnog dušika u vodi izvedeno je metodom kemiluminiscencije prema normi - ISO/TR 11905-2:1997, koristeći instrument Shimadzu TOC-VCPH (TNM-1 Total nitrogen measuring unit), dok je ukupni fosfor određen spektrofotometrijski prema normi HRN ISO 6878:2001, koristeći instrument Perkin Elmer Lambda 25. Određivanje otopljenih metala u vodi izvedeno je korištenjem metode induktivno spregnute plazme sa masenim spektrometrom (ICP-MS, Elan 9000, Perkin Elmer, SAD) sa dodatkom 20 μgL^{-1} Rh, In, Re, Ge i Ce kao internim standardom, prema normi HRN ISO 17294-2:2003. Kontrola kakvoće metode ICP-MS izvršena je analizom atestiranog referentnog materijala TM-RAIN04 Kanadskog nacionalnog istraživačkog vijeća. Analiza metala svih reprezentativnih uzoraka sedimenta izvora izvedene su na frakciji < 63 μm korištenjem ICP-MS metode prethodnim digeriranjem u mikrovalnoj pećnici Multivawe 3000 Anton Paar sa 7,5 ml suprapur HNO_3 i 2,5 ml puriss HCL, pola sata na 1000 W (Matić i drugi, 2013). Mineralna ulja u sedimentu određivana su spektrofotometrijski na instrumentu Perkin Elmer Lambda 25, modificiranom metodom SM 5520 (APHA, 1998.) pomoću heksana i aluminij oksida, uz prethodnu trostruku ekstrakciju sa diklormetanom. Ukupni dušik i ukupni fosfor u sedimentu određivani su spektrofotometrijskom metodom na instrument Perkin Elmer Lambda 25 uz prethodnu digestiju sa reagensom za digeriranje (H_2SO_4, K_2SO4, SeO_2) i vodikovim peroksidom.

3. REZULTATI I RASPRAVA

Mjerene vrijednosti fizikalno-kemijskih pokazatelja (pH, elektrolitička vodljivost i TDS) u uzorcima vode iz rujna 2014. uspoređene su s maksimalno dozvoljenim koncentracijama (MDK) propisanih Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (dalje u tekstu Pravilnik) te su prikazane u Tablici 1.

Tablica 1. Vrijednosti fizikalno-kemijskih pokazatelja izmjerenih u podzemnoj vodi izvora

Parametri	MDK	izvor Mali Stabanj	izvor Veliki Stabanj	izvor Pećina	izvor Sitbiba (Kneževića vrilo)
Elektrolitička vodljivost (μScm^{-1})	2500	922	741	659	655
Ukupna otopljena tvar (mgL^{-1})	-	618	497	442	439
pH vrijednost	6,5-9,5	7.1	7.1	7.1	7.2
Mutnoća (NTU)	4	0.99	1.19	1.29	2.29
Alkalitet ($mgCaCO_3L^{-1}$)	-	332	376	349	338
Ukupna tvrdoća ($mgCaCO_3L^{-1}$)	-	385	392	353	358
HCO_3 (mgL^{-1})	-	469	478	431	436

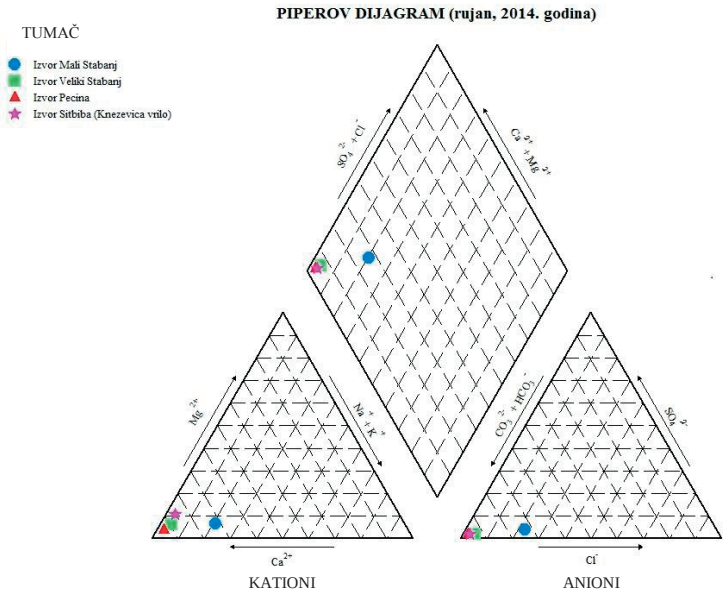
Fizikalno-kemijski pokazatelji (pH, elektrolitička vodljivost, ukupna otopljena tvar, mutnoća, alkalitet, ukupna tvrdoća i HCO3) zadovoljavaju vrijednosti propisane Pravilnikom. Najviša izmjerena vrijednost ukupne otopljene tvari je na izvoru Mali Stabanj i iznosi 618 mgL^{-1}. Prema podacima izmjerene elektrolitičke vodljivosti utvrđeno je da izvori Mali Stabanj i Veliki Stabanj imaju nešto povišene vrijednosti u odnosu na ostale izvore s time da izvor Mali Stabanj ima najvišu izmjerenu elektrolitičku vodljivost od 922 μScm^{-1}. Najviša vrijednost mutnoće izmjerena je na izvoru Sitbiba (Kneževića vrilo) i iznosi 2.29 NTU dok je na izvoru Mali Stabanj izmjerena najniža vrijednost od 0.99 NTU. Vrijednosti ukupne tvrdoće kreću se od 353 $mgCaCO_3L^{-1}$ za izvor Pećina do 392 $mgCaCO_3L^{-1}$ za izvor Veliki Stabanj, a vrijednosti HCO_3 od 431 mgL^{-1} za izvor Pećina do 478 mgL^{-1} za izvor Veliki Stabanj.

Mjerene vrijednosti koncentracija otopljenih iona u uzorcima vode iz rujna 2014. uspoređene su s MDK-a vrijednostima propisanih Pravilnikom te su prikazane u Tablici 2.

Tablica 2. Koncentracije otopljenih aniona i kationa u podzemnoj vodi

Anioni i kationi (mgL^{-1})	MDK	izvor Mali Stabanj	izvor Veliki Stabanj	izvor Pećina	izvor Sitbiba (Kneževića vrilo)
Fluoridi	1.5	0.028	0.033	0.036	0.052
Kloridi	250	88.7	14.3	5.71	6.80
Sulfati	250	19.6	8.30	6.40	7.90
Natrij	200	46.0	7.82	4.21	5.08
Kalij	12	2.59	0.51	0.74	1.41
Kalcij	n.p.	141	147	136	127
Magnezij	n.p.	7.8	5.9	3.2	9.7

Koncentracije otopljenih aniona i kationa u podzemnoj vodi svih razmatranih izvora višestruko su manje od maksimalno dozvoljenih koncentracija propisanim Pravilnikom.



Slika 1. Piperov dijagram

Prema Piperovom dijagramu (Slika 1) podzemna voda svih izvora je Ca-HCO_3 tipa. Dobivene vrijednosti koncentracija kalcija i magnezija u uzorcima podzemne vode svih izvora ukazuju na slivna područja koja izgrađuju uglavnom vapnenci. Izvor Mali Stabanj u hidrogeokemijskom pogledu malo odstupa od ostalih izvora (povišene koncentracije klorida, sulfata, natrija i kalija) što se može objasniti utjecajem mora.
Mjerene vrijednosti mikrobioloških pokazatelja u uzorcima vode iz rujna 2014. uspoređene su s MDK-a vrijednostima propisanih Pravilnikom te su prikazane u Tablici 3.

Tablica 3. Mikrobiološki pokazatelji u podzemnoj vodi

Mikrobiološki pokazatelji	**MDK**	**izvor Mali Stabanj**	**izvor Veliki Stabanj**	**izvor Pećina**	**izvor Sitbiba (Kneževića vrilo)**
Ukupni koliformi (UK/100mL)	0	612	56	480	539
Fekalni koliformi (FK/100mL)	0	541	32	190	210
E. Coli (BK/1mL)	0	92	2	88	111
Fekalni streptokoki (FS/100mL)	0	61	3	60	108
Ukupni broj bakterija 37°C (BK/1mL)	20	1500	62	580	851
Ukupni broj bakterija 22°C (BK/1mL)	100	1709	78	989	652

Mikrobiološki pokazatelji u podzemnoj vodi svih razmatranih izvora višestruko su veći od maksimalno dozvoljenih koncentracija propisanim Pravilnikom.

Mjerene vrijednosti koncentracija hranjivih tvari i otopljenog organskog ugljika u uzorcima vode iz rujna 2014. uspoređene su s MDK-a vrijednostima propisanih Pravilnikom te su prikazane u Tablici 4.

Tablica 4. Koncentracije hranjivih tvari i otopljenog organskog ugljika u podzemnoj vodi

Hranjive tvari i DOC	MDK	izvor Mali Stabanj	izvor Veliki Stabanj	izvor Pećina	izvor Sitbiba (Kneževića vrilo)
Amonij ($mgNL^{-1}$)	0.2	0.023	0.017	0.056	0.026
Nitriti ($mgNO_2L^{-1}$)	0.5	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Nitrati ($mgNO_3L^{-1}$)	50	9,72	3,27	2,70	4,20
Ukupni dušik ($mgNL^{-1}$)	n.p.	2.24	0.750	0.620	1.0
Ortofosfati ($mgPL^{-1}$)	0.30	0.007	<0.005	<0.005	<0.005
Ukupni fosfor ($mgPL^{-1}$)	n.p.	0.018	0.012	0.014	0.024
DOC (mgL^{-1})	n.p.	0.600	0.570	0.790	0.960

Tablica 5. Koncentracije otopljenih metala u tragovima u podzemnoj vodi

Metal (μgL^{-1})	MDK	izvor Mali Stabanj	izvor Veliki Stabanj	izvor Pećina	izvor Sitbiba (Kneževića vrilo)
Al	**200**	309	335	1.05	289
B	**1000**	48.5	46.4	7.23	34.7
Ba	**700**	11.6	10.7	10.3	18.7
Be	**n.p.**	0.012	0.010	<0.010	<0.010
Bi	**n.p.**	0.042	0.038	<0.010	0.025
Cd	**5**	0.025	0.028	0.010	0.026
Co	**n.p.**	0.281	0.273	0.248	0.264
Cr	**50**	4.74	5.97	2.53	5.85
Cu	**2000**	1.64	0.561	0.369	1.06
Fe	**200**	21.3	19.7	4.77	29.2
Li	**n.p.**	0.65	0.379	0.222	0.381
Mo	**70**	5.50	6.71	2.30	0.596
Mn	**50**	1.0	0.654	0.247	0.736
Ni	**20**	12.7	16.7	6.54	9.35
Pb	**10**	0.496	0.567	0.156	0.408
Rb	**n.p.**	0.877	0.503	0.321	1.11
Sb	**5**	0.044	0.200	0.035	0.316
Se	**10**	1.51	0.530	0.381	0.689
Sn	**n.p.**	0.116	0.084	<0.020	0.164
Sr	**n.p.**	103	86.4	76.6	83.5
Te	**n.p.**	<0.015	0.035	<0.015	<0.015
Tl	**n.p.**	0.026	0.034	0.008	0.007
U	**30**	0.551	0.642	0.498	0.526
V	**5**	1.11	0.889	0.684	0.372
Zn	**3000**	3.71	4.55	3.165	8.27

Koncentracije hranjivih tvari i otopljenog organskog ugljika svih razmatranih izvora višestruko su manje od maksimalno dozvoljenih koncentracija propisanim Pravilnikom. Mjerene vrijednosti koncentracija 25 otopljenih metala u uzorcima vode iz rujna 2014. godine dobivene metodom ICP-MS uspoređene su s MDK-a vrijednostima propisanih prema Pravilniku te su mjerene vrijednosti koncentracija prikazane u Tablici 5.
Najviše vrijednosti koncentracija otopljenih metala (μgL^{-1}) su: olovo 0.567 (izvor Veliki Stabanj), kadmij 0.028 (izvor Veliki Stabanj), krom 5.97 (izvor Veliki Stabanj), bakar 1.64 (izvor Mali Stabanj) i cink 8.27 (izvor Sitbiba (Kneževića vrilo)). Koncentracije elemenata u tragovima u podzemnoj vodi svih razmatranih izvora višestruko su manje od maksimalno dozvoljenih koncentracija propisanim Pravilnikom, osim koncentracije aluminija koje su povišene za izvore Mali Stabanj, Veliki Stabanj i Sitbiba. Koncentracije aluminija prirodnog su porijekla, odnosno odraz su geološkog sastava stijena, a ne antropogenog utjecaja.
Vrijednosti koncentracija metala u sedimentima prikazane su u Tablici 6., a koncentracije ukupnog dušika, ukupnog fosfora, ukupnih ulja i masti u sedimentu u Tablici 7. Budući da u Hrvatskoj ne postoji zakonska regulativa prema kojoj bi se usporedile dobivene i preporučene vrijednosti, one su uspoređene sa različitim kriterijima o kakvoći sedimenta koji su u upotrebi u svijetu (Burton, 2002). Sediment iz izvora Veliki Stabanj pokazuje minimalni toksični efekt za krom (163 $mgkg^{-1}$) dok sediment iz izvora Pećina pokazuje minimalni toksični efekt za Cu (228 $mgkg^{-1}$), krom (153 $mgkg^{-1}$) i olovo (101 $mgkg^{-1}$). Visoke vrijednosti aluminija u sedimentima, posebno na izvoru Veliki stabanj, u skladu su sa povišenim koncentracijama aluminija u vodi promatranih izvora što također upućuje na prirodno porijeklo.

Tablica 6. Koncentracije metala u sedimentima

Metal ($mgkg^{-1}$)	**izvor Mali Stabanj**	**izvor Veliki Stabanj**	**izvor Pećina**
Al	2754	22642	4393
B	6.26	10.9	7.21
Ba	25.0	56.0	105
Be	0.278	1.10	5.01
Bi	6.20	2.57	1.42
Cd	0.185	0.307	0.236
Co	1.63	4.0	9.02
Cr	27.7	163	153
Cu	25.8	18.0	228
Fe	1054	2620	2874
Li	4.21	15.0	7.17
Mo	0.682	1.21	5.05
Mn	128	206	489
Ni	11.2	22.1	32.7
Pb	40.0	15.3	101
Rb	6.26	27.5	8.55
Sb	0.651	0.401	0.557
Se	<0.01	<0.01	<0.01
Sn	3.76	3.64	109
Sr	190	63.0	57.5
Te	<0.01	<0.01	<0.01

Tl	0.078	0.494	0.150
U	0.534	0.852	0.544
V	173	265	183
Zn	7.43	24.8	195

Tablica 7. Koncentracije ukupnog dušika, ukupnog fosfora i mineralnih ulja u sedimentu

Parametar ($mgkg^{-1}$)	**izvor Mali Stabanj**	**izvor Veliki Stabanj**	**izvor Pećina**
Ukupni dušik	862	2172	750
Ukupni fosfor	433	259	149
Mineralna ulja	47.7	190	51.4

Najviša izmjerena vrijednost ukupnog dušika i mineralnih ulja je na izvoru Veliki Stabanj, te ukupnog fosfora na izvoru Mali Stabanj što je najvjerojatniji utjecaj poljoprivrednih aktivnosti.

ZAKLJUČAK

Istraživani krški izvori nalaze se uz sjeverni rub Vranskog polja, a to su: Veliki Stabanj, Mali Stabanj, Pećina, Sitbiba (Kneževića vrilo). Izvori se koriste za navodnjavanje obradivih površina i napajanja stoke. Prema rezultatima analiza vode istraživanih izvora, vrijednosti mikrobioloških pokazatelja veće su od maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK) propisanih Pravilnikom dok analiza sedimenta istraživanih izvora ne pokazuje značajniji toksični efekt. Rezultati analiza pokazuju da su povišene koncentracije aluminija u vodi i sedimentu istraživanih izvora, posebno izvora Veliki Stabanj, prirodnog porijekla. Podzemna voda svih izvora je Ca-HCO_3 tipa. Dobivene vrijednosti koncentracija kalcija i magnezija u uzorcima podzemne vode svih izvora ukazuju na slivna područja koja izgrađuju uglavnom vapnenci.

Potencijalni onečišćivači kao što su tzv. "točkasti" onečišćivači, javna deponija općine Polača, vapnara u Zapužanima, kamenolomi na lokaciji Kosmalj i Grbovača, autocesta Zagreb – Split, te intenzivna poljoprivreda još uvijek nisu ugrozili kakvoću vode i sedimenata na navedenim izvorištima.

LITERATURA

[1] APHA (1998): *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th edition, American Public Health Association, Washington, D.C.

[2] Burton, G.A. (2002): *Sediment quality criteria in use around the world,* Limnology (2002) 3:65–75.

[3] Maldini, K., Tomas, D, Matić, N., Majić, D., Milović, S., Tot, I., Jena, V. i Vujević, M. (2014): *Analize vode krških izvora u zaleđu Biograda na moru,* XVIII Znanstveno-stručni skup Voda i javna vodoopskrba, Starigrad na Hvaru.

[4] Matić, N., Trutin, M. i Munda, B. (2007): *Hidrogeološka istraživanja sliva izvorišta*

Kakma, južna Hrvatska. 15 međunarodna škola klasičnog krša "Upravljanje prekograničnim krškim vodonosnicima", Marie Curie (SMART-KARST projekt, MSCF-CT-2005-029674), Postojna, Slovenija.

[5] Matić, N., Miklavčić, I., Maldini, K., Tomas, D., Cuculić, V., Cardellini, C., Frančišković-Bilinski, S.: *Geochemical and isotopic characteristics of karstic springs in coastal mountains (Southern Croatia)*. // Journal of geochemical exploration. 132 (2013) ; 90-110

[6] Monografija (2001): *Monografija Zadarske županije.* Zadar.

[7] Munda, B., Trutin, M., Matić, N. i Kotaran Munda, M. (2005): *Izrada elaborata zona sanitarne zaštite izvorišta Kakma – I faza.* Arhiva Geoaqua, Zagreb.

[8] *Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju, „Narodne novine" br. 125/2013*

[9] WHO World Health Organization (2011): *Guidelines for drinking-water quality - 4th ed.*

AUTORI

Krešimir Maldini, dipl.ing.kem. [a]
Damir Tomas dipl.ing.preh.teh. [a]
dr.sc. Natalija Matić [a]
Simana Milović dipl.ing.bioteh. [a]
dr.sc. Vinod Jena [b]
dr.sc. Sapana Gupta [b]

[a] Hrvatske Vode, Glavni vodnogospodarski laboratorij (GVL) i EU sektor, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, Hrvatska, kmaldini@voda.hr; dtomas@voda.hr; nmatic@voda.hr; smilovic@voda.hr

[b] Govt College Sarona Kanker 494335 CG India i Seth Phoolchand Agrawal College Rajim CG India, jenavinod@gmail.com; sapana.gupta02@gmail.com

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.37.

ISTRAŽIVANJE GENEZE I PALEORAZINA VRANSKOG JEZERA NA CRESU

Nikolina Ilijanić, Daria Čupić, Slobodan Miko, Saša Mesić, Ozren Hasan, Siniša Širac, Koraljka Bakrač, Valentina Hajek Tadesse

SAŽETAK: Jezerski sedimenti su jedni od najboljih medija za arhiviranje paleookolišnih informacija. Paleolimnologija koristi multidisciplinarni pristup istraživanja slijeda jezerskih sedimenata, kako bi se utvrdile okolišne karakteristike kroz prošlost. U ovom radu prikazani su rezultati paleolimnoloških istraživanja Vranskog jezera na Cresu, na temelju čega su se rekonstruirale paleorazine jezera. Provedene su detaljne analize 4 jezgri iz različitih dijelova Vranskog jezera na Cresu, koje su uključivale analize boje i magnetskog susceptibliteta, granulometrijske, mineraloške i geokemijske analize, te palinološke analize, analize ostrakoda i dijatomeja na odabranim jezgrama sedimenata. Na temelju sedimenata iz središnjeg dijela Vranskog jezera, rekonstruirani su paleookolišni uvjeti kroz kasni pleistocen i holocen (posljednjih 15 000 godina), dok su za rekonstrukciju paleorazina u posljednjih 5 000 godina korištene jezgre sedimenata iz plićeg sjevernog dijela jezera.

KLJUČNE RIJEČI: Paleorazina, Paleolimnologija, Paleookolišne karakteristike, Mineraloški i geokemijski markeri, Paleontološki indikatori

INVESTIGATION OF THE GENESIS AND PALEO-LEVELS OF LAKE VRANA ON CRES ISLAND

SUMMARY: Lake sediments are one of the best media for archiving paleoenvironmental information. Paleolimnology applies a multidisciplinary approach to investigations of lake sediment sequences in order to determine paleoenvironmental characteristics through history. This paper presents the results of paleolimnological investigations of Lake Vrana on Cres Island, based on which the lake's paleo-levels were reconstructed. Detailed analyses of four cores from different parts of Lake Vrana were carried out, including analyses of colour and magnetic susceptibility, granulometric, mineralogical and geochemical analyses as well as palynological analyses and diatom and ostracod analyses on selected sediment cores. Based on sediments from the central part of Lake Vrana, paleoenvironmental conditions through Late Pleistocene and Holocene (past 15,000 years) were reconstructed, whereas sediment cores from the shallower northern part of the lake were used for reconstruction of the paleo-levels.

KEY WORDS: Paleo-level, Paleolimnology, Paleoenvironmental characteristics, Mineralogical and geochemical markers, Paleontological indicators

1. UVOD

Rekonstrukcije paleorazina jezera koriste multidisciplinarne metode istraživanja opisane kao paleolimnologija. Paleolimnologija je znanstvena disciplina koja proučava uvjete i procese koji su se dogodili u jezerskim bazenima u prošlosti i interpretira povijest tih sustava. Paleolimnologija koristi fizičke, kemijske i biološke parametre u jezerskim sedimentima, kako bi se utvrdile paleookolišne karakteristike. Takvo multidisciplinarno istraživanje jezera, može dati odgovore na mnoga pitanja, primjerice: „Je li bilo i kakve su promjene u jezeru? U kojem obujmu su te promjene utjecale na jezero? Što je uzrokovalo promjene?“. Jezerski sedimenti sadrže zapis okolišnih uvjeta, uključujući mineraloške i geokemijske markere te paleontološke indikatore, kao što su pelud, ostrakodi i dijatomeje.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

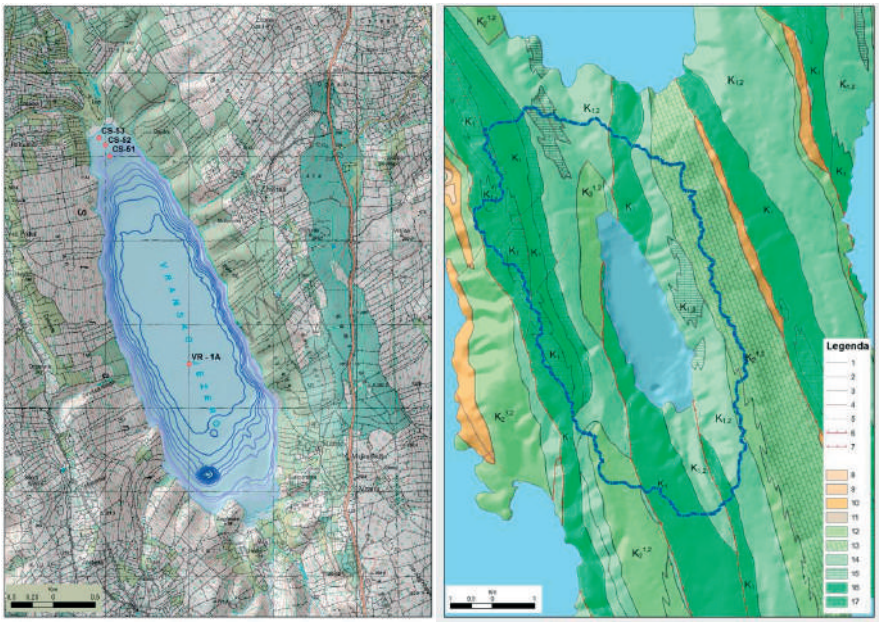
Vransko jezero je jedinstveni hidrološki i hidrogeološki fenomen krša, a istovremeno i neprocjenjiv vodni resurs. Zauzima središnji dio otoka Cresa i golem je rezervoar kvalitetne pitke vode od oko 220 milijuna m^3 zapremine. Koristi se za vodoopskrbu otoka Cresa i Lošinja i jedini je izvor pitke vode za potrebe tih otoka.

Jezero je kriptodepresija, maksimalne dubine 61,3 m.n.m. Dno jezera je većim dijelom ravno, oko -40 m n.m, što znači da je prosječna dubina vode oko 50 m (slika 1). Srednja razina jezera za razdoblje od 1929. do 1993. godine iznosi 13.13 m.n.m. U razdoblju od 1984. do 1990. godine godišnje crpljene količine iznosile su preko 2 milijuna m^3 vode, a 1991. godine količina se smanjila na 1 663 milijuna m^3 što prosječno iznosi 52 l/s. Jezerska voda je izuzetne kakvoće i osim kloriranja ne vrši se nikakvo drugo pročišćavanje. Do sada je najveća zabilježena tendencija opadanja razine jezera u razdoblju od 1985. do 1991. kada se razina jezera spustila na 9.11 m.n.m., a nastala situacija potaknula je opsežna hidrološka, hidrogeološka, geokemijska i biološka istraživanja jezerskog prostora.

Klimatske značajke otoka Cresa uvjetovane su njegovim položajem u Jadranskom moru, te njegovim pružanjem i reljefom. Kvarnerski zaljev uvukao se kao klin duboko u susjedno kopno između grebena Učke, goranskih brda i velebitskog masiva, a njegov položaj na dodiru sjevernog Jadrana i susjednog visokog kopnenog zaleđa odražava se u križanju mediteranskih i kontinentalnih klimatskih utjecaja (Šegota, 1975). Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 14,3 °C, dok srednja godišnja količina padalina varira između 1000 i 1250 mm. Najviše oborina padne u listopadu i studenom, a najmanje u kolovozu. Posebno važan klimatski čimbenik je vjetar. Na razmatranom području nekoliko je važnih vjetrova, jugoistočni vjetar – jugo - donosi oborinske oblake i kišu, dok sjever -sjeveroistočni hladan i suh vjetar – bura - „razbija“ oblake i donosi vedro vrijeme. Bura je izrazito jak vjetar te na izloženim padinama uzrokuje smanjenje vegetacije, a na padinama koje su najizloženije najjačim udarima s Velebita i potpuni nedostatak vegetacije i raslinja. Vjetar je važan čimbenik u prijenosu peluda na veće udaljenosti.

Geološku građu otoka Cresa karakteriziraju okršene karbonatne stijene, uglavnom kredne starosti (Magaš 1968, 1973; slika 1). Od krednih naslaga prisutni su donjokredni vapnenci, dolomiti i gornjokredni vapnenci, a tercijar je zastupljen paleogenskim foraminiferskim

vapnencima i flišom. U neposrednom slivu Vranskog jezera prevladavaju dolomiti nad vapnencima.



Slika 1. Područje istraživanja, s označenim lokacijama analiziranih jezgri sedimenata (lijevo), te geološka karta slivnog područja Vranskog jezera (prema Magaš 1968, 1973; desno). Površinski sliv određen je pomoću ArcGIS-a (ESRI, 1999-2009) i označen je tamno plavom linijom. Legenda: 1) Geološka granica; 2) Pretpostavljena geološka granica; 3) Erozijsko-diskordantna granica; 4) Rasjed; 5) Pretpostavljeni rasjed; 6) Reversni rasjed; 7) Pretpostavljeni reversni rasjed; 8) $E_{2,3}$ Fliš; 9) E_2 Prijelazne naslage; 10) $E_{1,2}$ Foraminiferski vapnenci; 11) Pc, E Liburnijske naslage; 12) $K_2^{1,2}$ Vapnenci; 13) $K_2^{1,2}$ Uslojeni do pločasti vapnenci; 14) $K_{1,2}$ Dolomiti; 15) $K_{1,2}$ Leće vapnenca u dolomitu; 16) K_1 Vapnenci i dolomiti; 17) K_1 Pločasti vapnenci i dolomiti.

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Smanjene razine jezera uzrokovane su ljetnim isparavanjem i, vjerojatno, infiltracijom u krš (procjeđivanjem vode). Razine podzemnih voda istraživali su znanstvenici Hrvatskog geološkog instituta i zaključili su da podzemne vode prate promjenu razine vode jezera s vrlo malim gradijentom prema jezeru u vrijeme obilnijih padalina, a tijekom sušnih razdoblja podzemne vode i razina vode jezera su ujednačeni. Pretpostavlja se da je istjecanje iz jezera u vezi s podmorskim krškim izvorima (vrulje), primjerice u uvali Valun, Cres i u Lubenicama (Bonacci, 1993). Bonacci (1993) smatra da voda potječe samo od lokalnog sliva, pri čemu je vodna bilanca izravno proporcionalna s oborinama u regiji. Biondić i drugi (1998) pretpostavljaju da većina podzemne vode potječe iz oborine i lokalnih drenaža, iako bi "jedan manji dio mogao potjecati iz krškog podzemlja". Kapelj (1997) je istraživala porijeklo jezerske vode, hidrogeokemijski facijes jezera i njegov odnosa s morem, užim

slivom i širim regionalnim prostorom. Rezultati upućuju na veći doprinos obnavljanju jezerske vode oborinama, te manji doprinos iz krškog podzemlja. Otvorenost sustava prema drugim sredinama, moru ili dubokom okršenom podzemlju, nije dokazana, jer bi u suprotnom, uz ustanovljenu evaporaciju, jezero davno zaslanilo. Jezero se prema tome nalazi u hidrauličkoj ravnoteži s morem i dubokim krškim podzemljem, a njihov utjecaj je zbog toga teško razlikovati.

Kako je Vransko jezero izvor pitke vode velikog i gospodarski snažnog područja koje tijekom turističke sezone višestruko premašuje normalne uvjete (brojem stanovnika, ali i korištenjem vode), postoji velika potreba za istraživanjem mogućih izvora zagađenja i pravaca kretanja zagađivala. Pojačano crpljenje vode u relativno kratkom ljetnom razdoblju mijenja dinamiku dotoka voda u jezero, a time i moguća zagađenja, uz mogućnost stvaranja novih kritičnih puteva zagađivanja. Kako se sve ove promjene u sustavu bilježe u jezerskom sedimentu, tijekom 2001. god. započela su detaljna istraživanja sedimenata na Vranskom jezeru, koja uključuju morfogenezu, geokemiju sedimenata, funkcioniranje jezerskog sustava, procjenu opterećenja (u smislu potencijalnih izvora i pravaca kretanja zagađivala) i zaštitu jezera. Rezultati istraživanja dobra su podloga za daljnje upravljanje, korištenje i zaštitu Vranskog jezera, koje ima veliku važnost u širem otočnom području.

Recentni antropogeni utjecaji istraživani su u sklopu geokemijskih istraživanja sliva Vranskog jezera (Biondić i drugi, 1998; Mesić, 1999) i otoka Cresa (Miko i drugi, 2003). Oni daju pregled raspodjele glavnih elemenata i elemenata u tragovima u površinskim sedimentima Vranskog jezera i tlima na otoku Cresu. Antropogeni utjecaj tijekom mlađeg holocena u jezgrama Vranskog jezera do dubine od oko 90 cm i geokemijski zapis okolnih tala u slivnom području istraživali su Mesić (2004) i Mesić i drugi (2005).

Rekonstrukcije razine jezera vršili su Mesić i drugi (2007), na temelju granulometrijskih, geokemijskih i palinoloških analiza u aluvijalnim lepezama na južnoj strani jezera (+12 m nadmorske visine), te se s obzirom na razinu jezera mogu razlikovati četiri sukcesivna razdoblja:

- razdoblje od 7 700-6 700 cal BP (kalendarske godine prije sadašnjosti), kada se taloženje odvija u relativno plitkim uvjetima s dubinom vode od 2-3 m i ujednačenom sedimentacijom siliciklastičnog materijala;
- razdoblje od 6 500-4 400 cal BP ukazuje na veću dubinu vode, s razvijenom anoksičnim uvjetima (dubina vode je veća od 5 m);
- razdoblje od 4 200-3 000 cal BP ukazuje na oplićavanje (dubina vode je manja od 1 m);
- razdoblje od 2 000 cal BP do početka 20. st. ukazuje na povećanje vode (dubina vode je veća od 3 m).

U proteklih 10 godina obavljena istraživanja sedimenata Vranskog jezera i njegovog sliva nisu bila dovoljno detaljna, u smislu vremenske i prostorne rezolucije u svrhu: utvrđivanja kolebanja razine jezera, utvrđivanja najnižih razina jezera tijekom holocena te utvrđivanja klimatskih i paleohidroloških uvjeta koji su doveli do snižavanja razina jezera, ali i brzine oporavka jezerskog sustava.

4. METODE

Dosadašnjim istraživanjima te razvijanjem tehnike uzorkovanja neporemećenih jezgri sedimenta pomoću klipnog korera s platforme, zatim razvijanjem odgovarajućih metoda analize (spektralna analiza boje, magnetometrijskih, granulometrijskih, mineraloških, geokemijskih i palinoloških analiza), omogućena su istraživanja klimatskih promjena na prostoru krša kroz paleolimnološka istraživanja. Paleolimnološka istraživanja u hrvatskom kršu omogućuju istraživanje jezera, utjecaj promjene klime te utjecaj antropogenih aktivnosti na vodne bilance.

Osnovni principi paleolimnološkog pristupa, koji je korišten u istraživanju Vranskog jezera, sastoji se od:

A. Uzimanja uzoraka - udarnim bušenjem pomoću klipnog korera uzima se neporemećeni slijed sedimenata koji se kasnije segmentira u uzorke debljine od 0,25 do 1 cm.

B. Datiranje sedimenata - sedimenti se datiraju pomoću radiogenih izotopa (^{210}Pb, ^{137}Cs, ^{14}C, U serijom, K/Ar i Ar/Ar datiranje) ili drugim metodama datiranja (luminiscencija, elektro spin rezonancija ESR, laminirani sedimenti - varve)

C. Analiza indikatora - obradom segmenata sedimenata izoliraju se indikatori koji bi bili predmet istraživanja (razina jezera, eutrofikacija). Indikatori ili okolišni „proksiji" određuju se nizom analitičkih tehnika (mineraloških, kemijskih, paleontoloških i dr.)

D. Interpretacija okolišnih uvjeta - promjene u jezerskom okoliša interpretiraju se na temelju utvrđenih promjena indikatora. Često se koriste statističke metode kalibracije indikatora na temelju današnjih uvjeta u jezerima.

E. Ocjena stanja okoliša - podaci paleolimnoloških istraživanja pokazuju koji jezerski sustavi reagiraju na razne utjecaje te tako omogućuju predviđanje mogućih stanja u budućnosti.

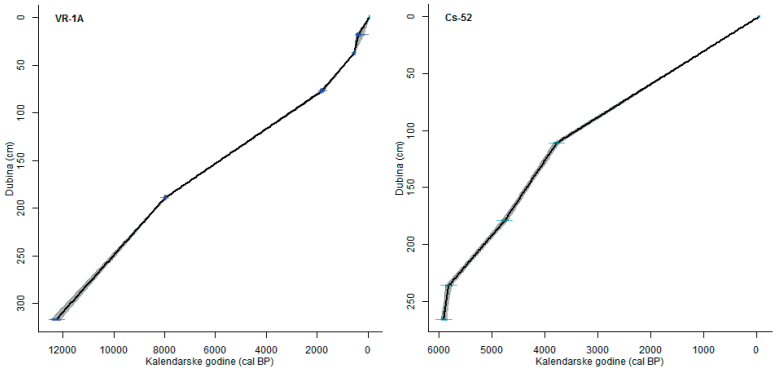
Ukupno su uzorkovane 4 jezgre sedimenata, jedna u središnjem dijelu jezera (VR-1A), s dubine vode od 53 m, te 3 u sjevernom dijelu Vranskog jezera (CS-51, CS-52 i CS-53, s dubina vode od 12, 18 i 19 m). Jezgra sedimenata CS-51 uključivala je 282 cm sedimenta, CS-52 281 cm sedimenta, CS-53 255 cm sedimenta, te VR-1A ukupno 440 cm sedimenta. Obrada jezgri sedimenata, uzorkovanje u centimetarskom intervalu, usitnjavanje uzoraka i sve analize osim geokemijskih analiza i datiranje sedimenta, učinjeno je u Hrvatskom geološkom institutu. U tablici 1 sažeti su indikatori koji su korišteni za karakterizaciju sedimenata u istraživanju Vranskog jezera (fizički, kemijski i biološki indikatori na temelju analize boje, magnetometrijskih, granulometrijskih, mineraloških, geokemijskih i palinoloških analiza, analiza ostrakoda i dijatomeja i datiranja sedimenata).

Tablica 1. Paleolimnološki indikatori koji su korišteni u istraživanju Vranskog jezera na Cresu

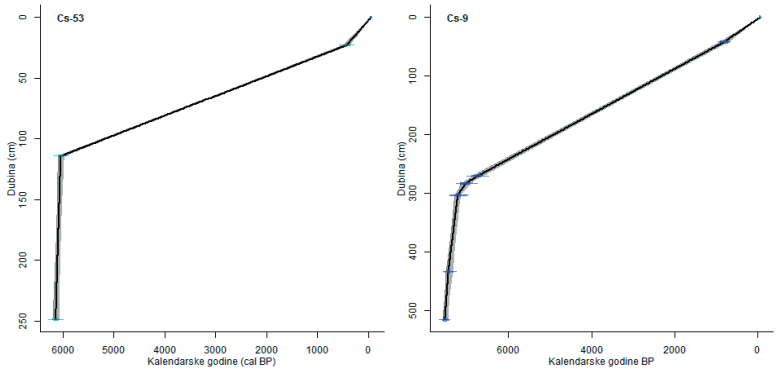
Fizički indikatori	**Svojstvo**
Brzina sedimentacije	Erozija u slivu
Granulometrijski sastav	Klimatske promjene, porijeklo sedimenata, procesi taloženja
Boja sedimenta	Relativne količine organske tvari, karbonata, erozija
Magnetski susceptibilitet, litološki sastav, mineralni sastav	Klimatske promjene, porijeklo sedimenata, procesi taloženja, produktivnost jezera, erozija
Kemijski indikatori	**Svojstvo**
Fosfor	eutrofikacija
Teški metali	Onečišćenje, erozija
Željezo i mangan	Oksidacijsko-reduktivni uvjeti
Odnos sumpora i ugljika	Oksidacijsko-reduktivni uvjeti, trofičnost
Organski ugljik i dušik i njihov odnos	Produktivnost jezera, porijeklo sedimenta i organske tvari
Kalcijev karbonat (kalcit, aragonit)	Klimatski uvjeti, produktivnost jezera
Radioaktivni izotopi	Određivanje starosti (^{210}Pb, ^{137} Cs, ^{14}C)
Biološki indikatori	**Svojstvo**
Dijatomeje	Dubina vode, salinitet, bioraznolikost, pH, produktivnost jezera
Ostrakodi	Salinitet, temperatura, dubina, ionski sastav vode
Polen i spore	Vegetacija, klima, kronološki markeri
Makrofosili biljaka	Lokalna vegetacija, odnos litoralne i pelagičke zone

5. REZULTATI

Na temelju datiranja sedimenata Vranskog jezera, napravljen je model dubina/starost i pretpostavljene su brzine sedimentacije za jezgre sedimenata iz središnjeg dubokog dijela jezera (VR-1A) te sjeveroistočnog plićeg dijela jezera (CS-52 i CS-53) (slike 2 i 3). Prikazan je i model dubina/starost za jezgru CS-9, koja je analizirana prijašnjim istraživanjem, koja se nalazi na jugoistočnom dijelu jezera, uz sam rub jezera (slika 3).
Uočava se veća brzina sedimentacije u gornjem dijelu jezgre iz središnjeg dijela jezera (VR-1A), od 0-17 cm iznosi 0,04 cm/god, a od 18-36 još je veća i iznosi čak 0,12 cm/god. Nakon toga brzina sedimentacije je manja i od 37-76 cm iznosi 0,03 cm/god. Najsporija sedimentacija zabilježena je od 77-188 cm, s brzinama od 0,02 cm/god. U donjem dijelu jezgre od 189-316 cm (na 317 cm je zadnje analizirani datum) brzina sedimentacije je ponovno malo veća i iznosi 0,03 cm/god. U jezgrama sedimenata iz sjeverozapadnog plićeg dijela jezera (CS-52 i 53), te iz jugoistočnog dijela jezera, uz rub jezera (CS-9), vidljiva je niža brzina sedimentacije u gornjem dijelu jezgre u odnosu na donji dio jezgre, tj. od oko 1. metra jezgri CS-52 i 53, te 3. metra jezgre CS-9, brzina sedimentacije se naglo povećava. U CS-52 jezgri od 110. cm iznosi 0,07 cm/god, te se povećava do kraja jezgre na 0,32 cm/god. U jezgri CS-53, koja je najbliža obali na SZ dijelu, brzina sedimentacije od 115. cm do kraja jezgre iznosi 1,35 cm/god, dok u jezgri CS-9 iz JI dijela jezera od 303. cm iznosi 0,71 cm/god.

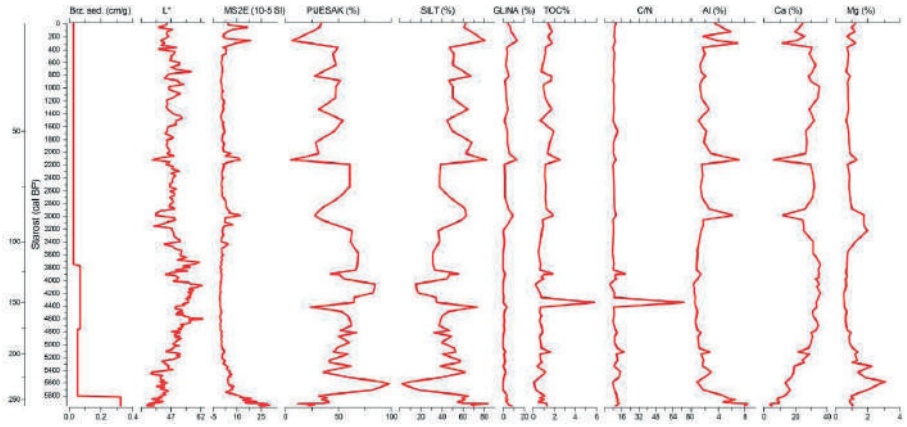


Slika 2. Model dubina/starost Vranskog jezera iz središnjeg dijela jezera (jezgre VJ-1A) i iz sjeveroistočnog dijela jezera (CS-52).

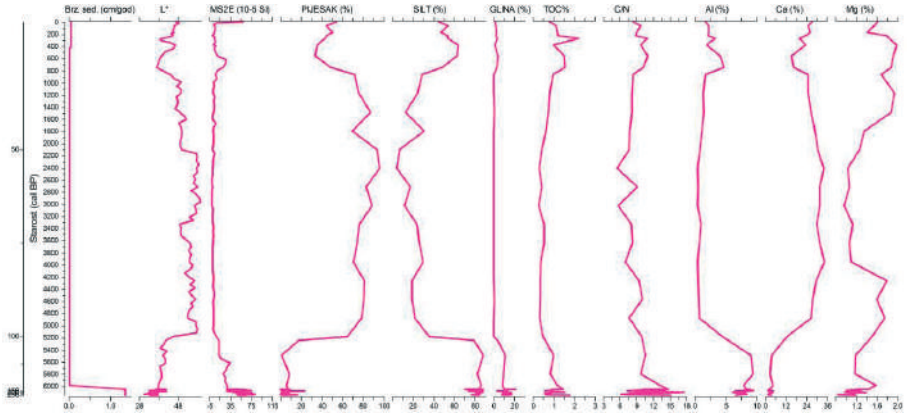


Slika 3. Modeli dubina/starost jezgri CS-53 (sjeverozapadna obala) i Cs-9 (jugoistočna obala) koje se nalaze naj obali Vranskog jezera odnosno uz sam njegov rub.

Ovakva povećana brzina sedimentacije u donjem dijelu jezgri iz plićih dijelova jezera ukazuje na veću eroziju i donos materijala iz slivnog područja i taloženje siliciklastičnog materijala. To je vidljivo i prema analizi boje u jezgrama sedimenata CS-52 i 53 (slike 40 i 5), gdje parametar L*, koji ukazuje na svjetlinu sedimenta, u donjim dijelovima jezgre ima niže vrijednosti (tamniji sediment od 200-280 cm u CS-52 i 100-255 cm u CS-53), u odnosu na gornji dio jezgre gdje je sediment svjetliji (više vrijednosti L*). Magnetski susceptibilitet (MS), te geokemijske i mineraloške analize također ukazuju na veći donos siliciklastičnog materijala u dubljim dijelovima tih plićih jezgri, te karbonatnu sedimentaciju u gornjim dijelovima jezgre, kad je razina jezera postala viša i prevladavala je karbonatna sedimentacija. Siliciklastičan materijal ima viši magnetski susceptibilitet i viši udio elemenata Al, Fe i ostalih litogenih elemenata te minerala kvarca, dok je karbonatni sediment karakteriziran niskim magnetskim susceptibilitetom (oko 0 ili 1 x 10^{-5} SI) i višim udjelom Ca, te dominantnim mineralom kalcitom.

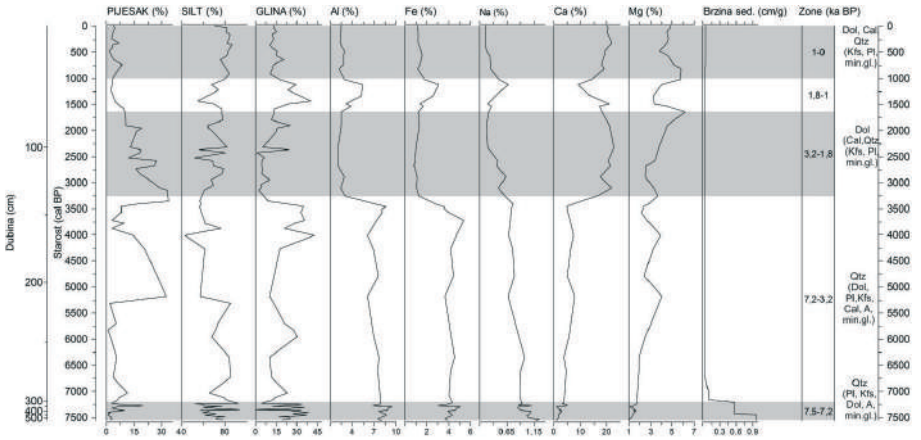


Slika 4. Promjene odabranih parametara kroz jezgru CS-52 u vremenskoj skali.



Slika 5. Promjene odabranih parametara kroz jezgru CS-53 u vremenskoj skali.

U donjem dijelu jezgre CS-9 (u intervalu od 545-136 cm), što odgovara periodu od 7500-3200 cal BP, povišen je udio siliciklastičnog materijala; dominira kvarc, koji se smanjuje u gornjem dijelu jezgre od 136-0 cm (3200-0 cal BP), kada se povećava udio kalcita (slika 6). Prema tome, prije 3200 godina područje na kojem se nalazi jezgra Cs-9 (12 m n.m.) je bilo poplavljeno, te je razina jezera dosegla približno današnju razinu. Povišen udio Al uočava se u periodu od 1800-1000 cal BP, što upućuje na sniženje razine jezera.



Slika 6. Izdvojene zone u jezgri Cs-9 prema kemijskim karakteristikama, u vremenskoj skali, s prikazanim dubinama, brzinom sedimentacije i mineralnim sastavom (Qtz-kvarc, Cal-kalcit, Dol-dolomit, Pl-plagioklas, Kfs-K feldspat, A-amfibol, minerali glina).

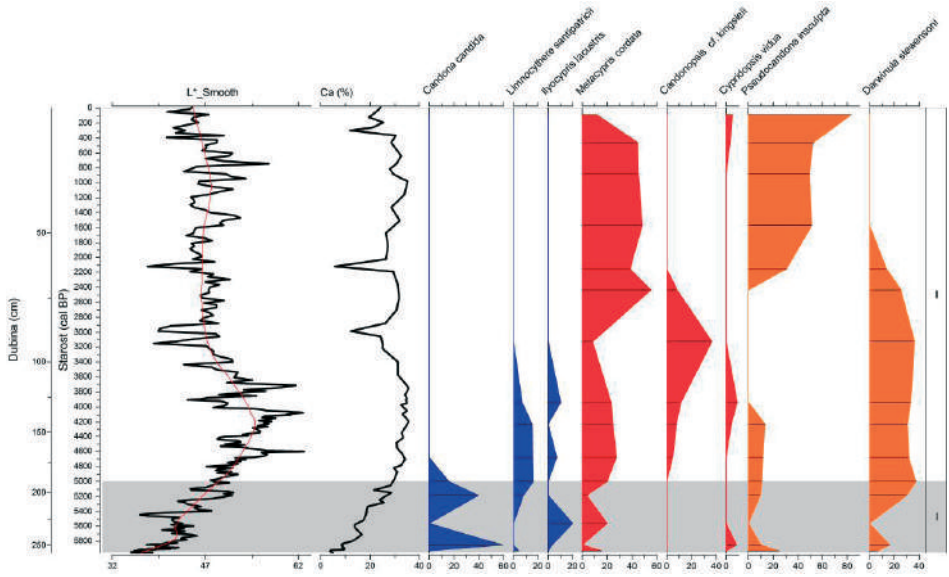
Palinološkom analizom uzoraka iz jezgri CS 52 i CS 53 možemo pratiti razvoj vegetacije na području današnjeg Vranskog jezera na Cresu od listopadne šume u umjereno toploj vlažnoj klimi do mediteranske vegetacije u sredozemnoj klimi. Promjena je uočena u jezgri CS 52 između uzoraka s dubine 133-134cm i 182-183cm, a u jezgri CS 53 između uzoraka s dubine 70-71cm i 106-107cm što odgovara prijelazu srednjeg u mlađi holocen uz suhlju klimu. Na temelju painomorfi približno su određene paleorazine Vranskog jezera. U jezgri CS 52 možemo pratiti prijelaz od priobalnog, plitkog (<5 m dubine) disoksičnog slatkovodnog okoliša preko oksičnog okoliša visoke dinamike ponovo u priobalni, plitki (<5 m dubine) disoksični slatkovodni okoliš uz male izmjene u dubini (i vrlo plitkog, tj. <3 m dubine) tijekom vremena. Slično je i u jezgri CS 53 koja je locirana nešto dalje od obale, gdje je dulje vrijeme priobalni, plitki (<5 m dubine) disoksični slatkovodni, eutrofni okoliš. Uočava se kratkotrajna promjena na prijelazu u mlađi holocen kad okoliš postaje disoksični - anoksični, stratificiran nakon čega se može partiti prijelaz u priobalni, plitki (<5 m dubine) disoksični okoliš uz male izmjene u dubini (i vrlo plitki, tj. <3 m dubine) tijekom vremena.

Slatkovodne ostrakodne vrste koje su određene u holocenskim naslagama tri jezgre Vranskog jezera na Cresu (CS-51, 52 i 53) poznate su i iz recentnih slatkovodnih okoliša. Grupiranjem determiniranih vrsta prema životnim navikama i okolišu u kojima žive slatkovodnu ostrakodnu faunu Vranskog jezera na Cresu moguće je podijeliti u tri skupine. Prvu skupinu predvodi vrsta *Candona candida*, koja preferira niže temperature vode (Viehberg, 2006). U jezeru je česta u litoralu, ali može se naći i u dubljim dijelovima jezera. U analiziranim uzorcima jezgara Vranskog Jezera nađen je veliki broj adultnih jedinki, što predstavlja dodatni dokaz za stabilniji okoliš na dubinama jezgre u kojima je *C. candida* nađena. Još dvije vrste *Limnocythere santipatricii* i *Ilyocypris lacustris* ukazuju na hladniju životnu sredinu, odnosno dublje i stabilnije vodene okoliše. Vrsta *Limnocythere santipatricii* koja živi u hladnijoj vodi i ograničena je za oligotrofne okoliše, živi od litorala do profundala i jedna je od vrsta koja se koristi kod praćenja

evolucije-trofičnosti jezera. Vrsta *Ilyocypris lacustris* je jezerska forma koja naseljava dublje dijelove jezera. U drugu skupinu pripada vrsta *Metacypris cordata,* koja je među najbrojnijim vrstama u analiziranim uzorcima. Ona je topla, stenotermalna ljetna forma, poznata iz plitkih, biljem obraslih slatkovodnih okoliša. Ujedno je indikator „starenja jezera"- okopnjavanja. Ova vrsta izbjegava staništa koja su u blizini podvodnih izvora. U jezeru njen životni prostor veže se za litoralnu vegetaciju, do 10 m dubine, a iznimno i do 20 m (Meisch, 2000). Poznato je da se zajedno s vrstom *M. cordata* često nalazi i vrsta *Candonopsis kingsleii*. To je vrsta koja živi u litoralnoj zoni jezera, a preferira barski sediment. Vrste koje se nadopunjavaju drugu skupinu ostrakoda su*: Herpetocypris chevreuxi, Limnocythere stationis* (litoralna vrsta do 1,5 m dubine), *Cyclocypris* cf. o*vum, Cypridopsis vidua* (aktivni plivač koji živi u jezerskoj vegetaciji) i *Potamocypris* sp.. To su taksoni širokog ekološkog raspona čija pojava upućuje na spuštanje nivoa vode u jezeru. U treću skupinu izdvajaju se vrste *Pseudocandona insculpta, Darwinula stevensoni* i *Cypria exculpta.* To su vrste koje svoj životni prostor nalaze između prethodne dvije izdvojene grupe. Za vrstu *Pseudocandona insculpta* poznato je da živi u jezeru, plićim rijekama i bazenčićima na pjeskovitim i muljevitoj podlozi kod Cl^- koncentracija od 19,4-74.0 mg/l (Meisch, 2000). Vrsta *Darwinula stevensoni* živi u potocima, ribnjacima, podzemnim vodama i jezeru. U jezeru je najbrojnija do 6 m dubine (maksimum na 2 m), ali može se naći sve do 12 m. *Cypria exculpta* je isključivo slatkovodna vrsta koja živi do dubine od 12 m, često u jezerima bez vegetacije. Osim ostrakodne faune bogati nalaz oogonija i talusa *Chara* dopunjuje sliku paleookoliša Vranskog jezera u holocenu. *Chare* pripadaju zelenim algama, koje vole muljevita i pješčana dna slatkih voda. Druga važna skupina koja se nalazi u uzorcima izdvojenih zona, a koja ukazuju na oplićavanje jezera je *Difflugia* sp. Brojnije pojavljivanje ovih termofilnih organizama direktno je povezano s oplićavanjem, okolišima bogatim vegetacijom i niskim pH vrijednostima. U novije vrijeme rod *Difflugia* sve više se koristi kod praćenja eutropifikacije jezera.

Analizom ostrakodnih zajednica te nalazom pjedinih vrsta u uzorcima u jezgrama CS 51,CS 52 i CS53 odvojene su glavne zone s pripadajućim podzonama. Glavne zone su u jezgri CS 51 i CS 52 odvojene zbog nalaza (zona I), odnosno zadnje pojave (zona II) vrste *Candona candida,* dok se u jezgri CS 53 koja se razlikuje od prve dvije odvajaju prema kriteriju jasne promjene u sastavu ostrakodnih zajednica. Općenito prva zona predstavlja relativno dublje i hladnije okoliše, unutar kojih dolazi do varijacija u ostrakodnim zajednicama i popratnoj flori i fauni. Druga zona u kojoj dominira vrsta *Metacypris cordata* definirana je oplićavanjem, padom nivoa jezerske vode i toplijom vodom u odnosu na prvu zonu. U ovoj zoni postoje varijacije koje rezultiraju izdvajanjem podzona u kojima se prati podizanje / špuštanje nivoa jezerske vode te promjene temperature vode.

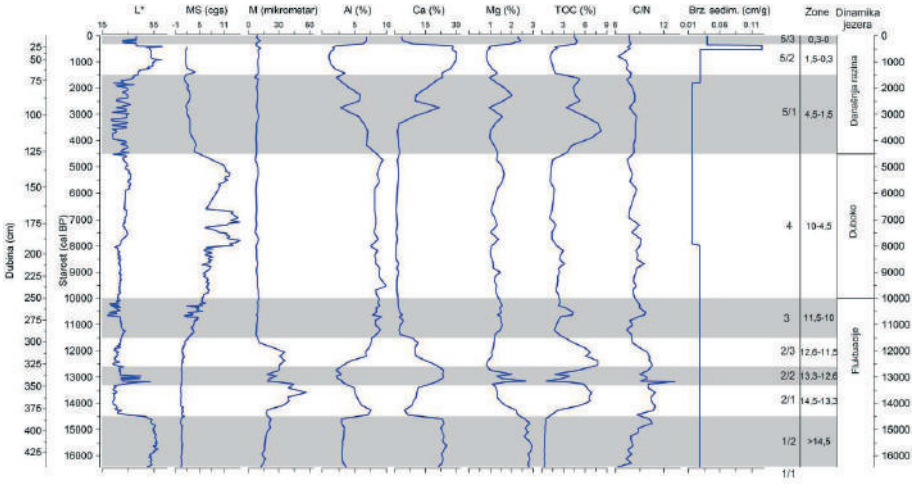
Jezgra CS-51 zahvaća posljednih 2 000 godina i kroz cijelo to razdoblje nisu uočeni tragovi prekida sedimetacije, te se može smatrati da razina jezera nikad nije bila niža od 2 m nm. Uočava sniženje vrijednosti L* i povećanja udjela silta i gline te organskog ugljika nakon 1 300 godine prije sadašnjosti (BP). U ostalim jezgrama ova pojava se ne zapaža, ali na temelju analize ostrakodne faune iz jezgre CS-51 utvrđeno nestanak ljušturica vrste *Candona candida* ukazuje na sniženje razine jezera u razdoblju između 1 300 i 600 godina prije sadašnjosti.



Slika 7. Ostrakodne vrste jezgre CS-52 Vranskog jezera na Cresu, izdvojene bojom prema karakteristikama okoliša u kojima žive, u usporedbi s parametrom boje L i Ca, koji su indikatori promjena razina jezera. Prva zona predstavlja relativno dublje i hladnije okoliše, a u drugoj zoni dominira vrsta Metacypris cordata, koja je definirana oplićavanjem, padom nivoa jezerske vode i toplijom vodom u odnosu na prvu zonu.*

Na temelju dobivenih rezultata sedimentološke, mineraloške i geokemijske analize, izdvojeno je 5 zona u jezgri sedimenata iz dubokog dijela jezera (VR-1A), prema kojoj je rekonstruiran paleookoliš Vranskog jezera u posljednjih 15 000 godina (slika 8). U sedimentima starijim od >14,5 ka cal BP (od 440-385 cm) prisutan je kalcit i dolomit i prevladava udio silta. Period od 14,5 do 11,5 (385. do 295. cm) karakteriziran je višim udjelom siliciklastičnog materijala u sedimentnima, sadrže kvarc, plagioklas, smektit, klorit, illit, uređen i neuređen kaolinit, te ima više pjeskovite frakcije nego u prethodnom periodu. Unutar ovog perioda se od 13,3 do 12,6 ka cal BP taložio sediment sličan onome starijem od 14,5 ka cal BP, koji sadrži više dolomita i kalcita te silta. Moguće je da je to pretaloženi sediment iz tog perioda, uočava se i viši C/N što ukazuje na donos organske tvari iz sliva. To sve upućuje na to da se na ovom dijelu jezgre nalazi hijatus u taloženju sedimenata. Sedimenti od 14,5-13,3 ka cal BP sadrže viši udio Na, čije bi porijeklo moglo biti iz andezita u području Senjskih vrata, koji je vjetrom mogao biti donesen u jezero. Mineralni sastav ovog siliciklastičnog sedimenta od 14,5 do 11,5 ka cal BP ukazuje na sličnost na lesni materijal u donjem dijelu profila Cs-P. Od 285. cm u jezeru se taložio holocenski sediment. U periodu od 11,5 do 10 ka cal BP (285-250 cm) pojavljuje se malo viši udio Ca nego u periodu od 10 do 4,5 ka cal BP. Cijeli ovaj period od 11,5 do 4,5 ka cal BP karakteriziran je dominantnim taloženjem siliciklastičnog materijala, u kojem prevladava siltna frakcija i viši udio glinovite frakcije u odnosu na prethodni period. Utvrđeni su sljedeći minerali glina: klorit, hidroksil-interstratificirani

vermikulit (ili sek.klorit), illit, uređen i neuređen kaolinit. Takav sastav minerala glina sličan je crvenicama u slivnom području (iz jezgre Cs-5, Valun) i sedimentima iz jezgre Cs-9. Visok magnetski susceptibilitet (MS) od 8 do 7,5 i 7,2 do 6,6 ka BP upućuje na eroziju i donos siliciklastičnog materijala koji sadrži viši udio magnetičnih minerala. U ovom je periodu općenito magnetski susceptibilitet puno viši nego u ostalim dijelovima jezgre, a spomenuti periodi u kojima je MS puno viši podudaraju se s periodima pojačane brzine sedimentacije u jezgrama uz jezero. U jezgri Cs-5 velika je brzina sedimentacije od 8,2 do 7,1 ka BP, a u jezgri Cs-9 od 7,5 do 7,2 ka BP, što su upravo intervali viših vrijednosti MS-a u jezerskom sedimentu. U Jadranskom moru su u periodu od oko 7 700 i između 7 500 i 7 000 cal BP utvrđeni maksimumi ljetnih padalina što se očituje u povišenom donosu materijala (Combourieu Nebout i drugi, 2013). Od 4,5 ka cal BP (126. cm) započelo je taloženje karbonata u jezeru. Schmidt i drugi (2000) su pretpostavili da se duboko jezero formiralo prije 9,6 ka cal BP i da su se od tada taložili karbonati, ali koji su otopljeni na dnu jezera zbog hladne vode koja sadrži CO_2. Analizom sedimenata uz rub jezera (jezgre Cs-5 i 9), utvrđeno je da se današnja razina jezera (između +9 i +12 m n.m.) nije mogla uspostaviti prije 3,2 ka cal BP, kada je utvrđeno taloženje karbonata u jezgri Cs-9 koja se nalazi na 12 m n.m. U jezgri Cs-5 koja se nalazi na 15 m n.m. nije utvrđen kalcit, što znači da razina jezera nikad nije bila viša od +15 m n.m. U periodu od 1,5-0,3 ka cal BP (70-15 cm) potpuno dominira kalcit, uz manje kvarca i dolomita i TOC-a. U prvih 15 cm, što odgovara posljednjih 300 godina, dominiraju kvarc i dolomit, uz plagioklas i K-feldspat te minerale glina, te je povišen TOC, što ukazuje na povećanu eroziju siliciklastičnog materijala koji sadrži dolomit.



Slika 8. Odabrani parametri za rekonstrukciju paleookolišnih uvjeta u Vranskom jezeru na Cresu (VR-1A), s utvrđenim zonama.

ZAKLJUČAK

Ustanovljeni trendovi promjena u istraživanom jezeru na istočno jadranskoj obali podudaraju se s trendom za središnju Europu, za područja koja se nalaze iznad 40° sjeverne geografske širine: vlažniji uvjeti u ranom holocenu do oko 9 000 cal BP, suši uvjeti od 9 000 do 4 5000 cal BP, te vlažni uvjeti i povećanje količine padalina od 4 500 cal BP (Magny i drugi, 2013). U jezgrama Vranskog jezera na Cresu vlažniji period od 11,7 ka cal BP očituje se u povećanoj eroziji i donosu materijala iz sliva, s taloženjem siliciklastičnog materijala u jezerima. Početak holocena karakteriziran je taloženjem siliciklastičnog materijala, ali koje se nastavlja i u srednji holocen, do 4,5 ka cal BP, te se tek tada smanjuje udio siliciklastične komponente i započinje taloženje karbonata. Uočen je povišen magnetski susceptibilitet u periodu oko 8 do 7,5 ka cal BP i 7,2 do 6,6 ka cal BP, koji ukazuje na donos erodiranog materijala iz sliva, što je u širem jadranskom području definirano kao maksimum ljetnih padalina i očituje se povišenim donosom materijala (Combourieu Nebout i drugi, 2013). U Vranskom jezeru na Cresu uočava se povećan donos materijala iz sliva u razdoblju 8-7,5 ka cal BP i 7,2-6,6 ka cal BP, s povišenim magnetskim susceptibilitetom. Ti se intervali podudaraju s periodima koje su Combourieu-Nebout i drugi (2013) definirali kao maksimumi ljetnih oborina u Jadranskom moru (7 700 i između 7 500 i 7 000 cal BP) i povišenim donosom materijala u Jadransko more. Palinološkim analizama je utvrđeno uspostavljanje mediteranske vegetacije šume hrasta crnike i degradacijskih stadija crnikove šume (makija) u Vranskom jezeru na Cresu između 8 i 7 ka cal BP (Schmidt i drugi, 2000).Sljedeća klimatska i paleookolišna promjena dogodila se prije oko 4 500 godina, uslijedio je vlažni period i povećana erozija u slivu.

Analize sedimenata, datiranja i morfologija dna jezera ukazuje da su se sadašnje razine jezera dosegnute prije 6000 godina, a da u starijem dijelu holocena bile su 8 do 10 m niže. Na temelju izmjerenih indikatora (fizikalnih, kemijskih i paleotoloških) iz analiziranih i datiranih jezgri načinjena je rekonstrukcija fluktuacije razine jezera od prije 6 000 godina do danas u intervalima od 30 godina aproksimiranih pomoću L* indikatora koji je mjeren svaki centimetar. Visoke vrijednosti L*>50 ukazuju na razdoblje sa karbonatnom sedimentacijom za vrijeme viših razina jezera dok niže vrijednosti ukazuju na manje karbonatične sedimente taložene u manje oksičnim uvjetima uz prisustvo vegetacije (analize peludi i palinofacijesa) i akumulaciju organske tvari. Dobiveni rezultati su slični onima koje su dobili Rudzka i drugi (2012) za spilju Modrič, gdje su utvdili datiranjem siga i analizom izotopnog sastava siga da u vrijeme kasnog Rimskog razdoblja i srednjevjekovnog optimuma je prevladavala suha klima, a za vrijeme malog lednog doba vlažnija klima. U razdoblju od prije 4 500 do 3 000 godine čini se da su razine Vranskog jezera duže vrijeme zadržavale oko visokih 15 m nm. Na temelju analize jezgre CS-9 i male brzine sedimentacije u posljednih 900 godina (nataloženo je samo 40 cm sedimenta) može se zaključiti da su duža razdoblja sa razinama iznad 14 m nm kratko trajala.

Usporedbom svih analiziranih jezgri i koncentracija Ca vidljivo je da su razine jezera iznad 8 m nm (jezgre CS-52 i 53) uspostavljene prije 5 300 godina, a razine iznad 11 mnm (jezgra CS-9) prije 4 600 godina. Zanimljivo da uspostavljena razlika od 12 m se u većoj ili manjoj mjeri zadržala tijekom posljednjih 6 000 godina. Svakako ova konstatacija će biti predmet daljnjih istraživanja podizanja morske razine u kvarnerskom zaljevu.

LITERATURA

[1] Biondić, B., Kapelj, S. & Kuhta, M. (1998*): Hidrogeološka istraživanja Vranskog jezera na otoku Cresu s prijedlogom zona sanitarne zaštite*, Fond stručne dokumentacije, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, br. 11/98., str. 68.

[2] Bonacci, O. (1993): *The Vrana Lake Hidrology* (Island of Cres-Croatia), Journal of the American Water Resources Association, 29/3, 407-417.

[3] Combourieu Nebout, N., Peyron, O., Bout-Roumazeilles, V., Goring, S., Dormoy, I., Joannin, S., Sadori, L., Siani, G., Magny, M. (2013): *Holocene vegetation and climate changes in central Mediterranean inferred from a high-resolution marine pollen record (Adriatic Sea)*. Climate of the Past 9, 2023-2042.

[4] Ilijanić, N., (2014): *Minerali glina u jezerskim sedimentima istočno jadranske obale kao pokazatelji promjena okoliša tijekom kasnog pleistocena i holocena*, Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 382 str.

[5] Kapelj, S. (1997): *Hidrogeokemijske značajke Vranskog jezera na otoku Cresu*, Disertacija, Rudarsko geološko-naftni fakultet, Zagreb, str. 96.

[6] Magaš, N. (1965): *O depresiji Vranskog jezera na otoku Cresu i geološkim odnosima njegovog užeg područja*, Geološki vjesnik 18/2, 255-261.

[7] Magaš, N. (1968): *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Cres L33-113*, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1965); Savezni geološki zavod, Beograd.

[8] Magaš, N. (1973): *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Cres L33-113*, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1965); Savezni geološki zavod, Beograd, str. 42.

[9] Magaš**,** N., Marinčić, S., Benček, Đ. (1979): *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000*, *Tumač za list Ploče K33-35*, Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1972); Savezni geološki zavod, Beograd, str. 52.

[10] Meisch, C. (2000): *Freshwater Ostracoda Of Western And Central Europe.* Spektrum Akademisher Verlag. 1-515.

[11] Mesić, S. (1999): *Raspodjela odabranih elemenata u tragovima u recentnom sedimentu Vranskog jezera na Cresu*, Magistarski rad, PMF, Sveučilište u Zagrebu, str. 84.

[12] Mesić, S. (2004): *Antropogeni utjecaj na geokemijski sastav holocenskih sedimenata Vranskog jezera na Cresu*, Doktorska disertacija, PMF, Sveučilište u Zagrebu, str. 186.

[13] Mesić, S., Miko, S., Prohić, E., Singer, D. (2005): *Nastanak i budućnost Vranskog jezera na Cresu – morfogeneza, geokemija sedimenata, funkcioniranje, opterećenje i zaštita sustava*, PMF Geološki odsjek, Znanstvena studija, Zagreb, str. 264.

[14] Mesić, S., Miko, S., Hasan, O., Bakrač, K., Koch, G., Šparica Miko, M. (2007): *Nastanak i budućnost Vranskog jezera na otoku Cresu – Utjecaj promjene klime i upotrebe zemljišta tijekom holocena na razine Vranskog jezera*, Hrvatski geološki institut, Znanstvena studija br. 29/1, Zagreb, str. 135.

[15] Miko, S., Mesić, S., Prohić, E. i Peh, Z. (2003): *Trace element distribution in surface sediments of Lake Vrana and topsoil of Cres island, Croatia,* Natura Croatica 12/2, 93-111.

[16] Miko, S., Mesić, S., Šparica Miko, M., Hasan, O. (2008): *A record of anthropogenic Pb deposition in a Mediterranean karst catchment (Lake Vrana, Cres Island, Croatia)*, Mineralogical Magazine, 72/1, 455-460.

[17] Rudzka D., Mcdermott F., Surić M., (2012): *A late Holocene climate record in stalagmites from Modrič Cave (Croatia).* Journal of Quaternary Science, Volume 27, Issue 6, pages 585–596.

[18] Schmidt, R., Müller, J., Drscher-Schneider, R., KrisaI, R., Szeroczynska, K., Barić A. (2000): *Changes in lake level and trophy at Lake Vrana, a large karstic lake on the Island of Cres (Croatia)*, Journal of Limnology, 59(2), 113-130.

[19] Schmidt, R., Pugliese, N., Müller, J., Szeroczynska, K., Bogner, D., Melis, R., Kamenik, C., Barič, A., Danielopol, D.L. (2001): *Paleoclimate, vegetation and coastal lake development, from Upper Pleniglacial until Early Holocene, in the northern Adriatic Valun Bay (Isle of Cres, Croatia)*, II Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, 14(1), 61-78.

[20] Šegota, T. (1975): *Klima, Sjeverno Hrvatsko Primorje.* Geografija SR Hrvatske, 5, Zagreb.

[21] Viehberg, F. A. (2006): *Freshwater Ostracod Assemblages And Their Relationship To Environmental Variables In Waters From Northeast Germany*. Hydrobiologia, 571, 213-234

AUTORI

dr.sc. Nikolina Ilijanić [b]
mr.sc. Daria Čupić [a]
dr.sc. Slobodan Miko [b]
dr.sc. Saša Mesić [b]
mr.sc. Ozren Hasan [b]
dr.sc. Siniša Širac [a]
dr.sc. Koraljka Bakrač [b]
dr.sc. Valentina Hajek Tadesse [b]

[a] Hrvatske vode, Ulica Grada Vukovara 220, Zagreb 10000, www.voda.hr; dcupic@voda.hr; Sinisa.Sirac@voda.hr;

[b] Hrvatski geološki institut, Sachsova 2 Zagreb 10000, http://www.hgi-cgs.hr; nikolina.ilijanic@hgi-cgs.hr; slobodan.miko@hgi-cgs.hr.; sasa.mesic@hgi-cgs.hr; ozren.hasan@hgi-cgs.hr; koraljka.bakrac@hgi-cgs.hr; tadesse@hgi-cgs.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.38.

PALEOLIMNOLOŠKA ISTRAŽIVANJA BAĆINSKIH JEZERA-JEZERO CRNIŠEVO

Nikolina Ilijanić, Slobodan Miko, Ozren Hasan, Daria Čupić, Saša Mesić, Siniša Širac, Tamara Marković, Martina Šparica Miko, Alena Vlašić

SAŽETAK: Baćinska jezera su jedinstveni hidrogeološki fenomen krša, a istovremeno neprocjenjiv vodni resurs. Zapis događaja u slijevu jezera nalazi se u sedimentima koji se kontinurano talože te sadrže materijale koji u jezero ulaze putem površinskih voda, podzemih voda, atmosferskim taloženjem (mokrim i suhim putem) te koji se formiraju u jezeru (organska tvar i ljušture biogenog podrijetla). Geoznanstveno istraživanje Baćinskih jezera kao jedinstvenog prirodnog hidrogeološko-geomorfološkog fenomena u području hrvatskog krškog prioabalnog pojasa, a u svrhu njegovog očuvanja.

Geoznanstveno istraživanje Baćinskih jezera kao jedinstvenog prirodnog hidrogeološko-geomorfološkog fenomena u području hrvatskog krškog priobalnog pojasa, a u svrhu njegovog očuvanja provedeno je istraživanje neposrednog orografskog slijeva Baćinskih jezera te je načinjena analiza sedimenata jezera. Neposredni orografski sliv Baćinskih jezera je područje sa kojeg se slijevaju oborinske vode u jezera na temelju prirodnog pokrivača (makija, kamenjar, šuma) i upotrebe zemljišta (naselja, ceste, poljoprivredne površine, odlagališta otpada, turističko rekreacijski sadržaji.). Sediment se smatra dobrim indikatorom antropogenih utjecaja na jezerske, riječne, priobalne i estuarijske okoliše, zbog njegovog potencijalnog utjecaja na biološke zajednice i njihovog svojstva da akumuliraju tvari i služe kao zapis različitih utjecaja u slivovima kroz vrijeme. Stoga čine važnu komponentu u sveukupnoj procijeni kemijskog statusa jezerskih sustava.

Antropogeni utjecaj na jezero Crniševo je tijekom posljednjih 40 je izražen kroz pojavu laminirane sedimentacije i izražene anoksije tijekom ljetnih mjeseci.

KLJUČNE RIJEČI: Paleolimnologija, Paleookolišne karakteristike, Anoksija, Laminirani sedimenti, Paleontološki indikatori

PALEOLIMNOLOGICAL INVESTIGATIONS OF THE BAĆINA LAKES – CRNIŠEVO LAKE

SUMMARY: The Baćina Lakes are a unique hydrogeological karst phenomenon and simultaneously an invaluable water resource. The events that took place in the lake basin are recorded in the continuously depositing sediments that contain materials that enter

the lake through surface waters, groundwater and atmospheric deposition (in wet and dry forms) and form in the lake (organic matter and shells of biogenic origin). A geo-scientific investigation of the Baćina Lakes as a unique natural hydro-geological and geomorphological phenomenon in the Croatian coastal karst belt was carried out for the purpose of their preservation.

The investigation of the orographic basin of the Baćina Lakes, i.e. the area from which stormwater drains into the lake, on the basis of the natural land cover (*macchia*, rocky ground, forest) and land use (settlements, roads, agricultural areas, waste disposal sites, tourist and recreation facilities), was carried out and the lake sediments were analyzed. The sediment is considered a good indicator of human impacts on the lake, river, coastal and estuary environments due to its potential impact on biological communities and its tendency to accumulate substances and serve as a historical record of different impacts in the basin. Sediments, therefore, represent an important component in the overall assessment of the chemical status of lake systems.

Anthropogenic impacts on the Crniševo Laker in the past 40 years are evident in the appearance of laminated sedimentation and pronounced anoxia in summer months.

KEY WORD: Paleolimnology, Paleoenvironmental characteristics, Anoxia, Laminated sediments, Paleontological indicators

1. UVOD

Rekostrukcije paleorazina jezera koriste metode istraživanja koje obuhvaća multidisciplinarne metode opisane kao paleolimnologija. Paleolimnologija je znanstvena disciplina koja proučava uvjete i procese koji su se dogodili u jezerskim bazenima u prošlosti i interpretira povijest tih sistema, a pri tome koristi fizičke, kemijske i biološke parametre u jezerskim sedimentima, kako bi se utvrdile paleookolišne karakteristike. Takvo multidisciplinarno istraživanje jezera, može dati odgovore na mnoga pitanja, kao što su: da li je bilo i kakve su promjene u jezeru? U kojem obujmu su te promjene utjecale na jezero? Što je uzrokovalo promjene? Jezerski sedimenti sadrže zapis okolišnih uvjeta, uključujući mineraloške i geokemijske markere, paleontološke indikatore, kao što su pelud, ostrakodi i dijatomeje. Jezerski sedimenti su jedni od najboljih medija za arhiviranje paleookolišnih informacija. U ovom radu prikazni su rezultati paleolimnoloških istraživanja Baćinskih jezera sa fokusom na najdublje jezero Crniševo.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA / ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Baćinska jezera su skup jezera kod mjesta Baćina, sjeverno od grada Ploče u južnoj Dalmaciji. Sastoje se od šest međusobno povezanih (Oćuša, Crniševo, Podgora, Sladinac, Šipak i Plitko jezero) i jednog odvojenog jezera (Vrbnik), ukupne površine 1,4 km^2 (slika 1). Jezera su kriptodepresije. Nepravilnih su i različitih oblika te predstavljaju zanimljivu pojavu u kršu (slika 1). Najveće je jezero Oćuša (Voćuša) površine oko 0,55 km^2 i dužine preko 1,2 km i dubine 19,6 m. Jezero Sladinac ima maksimalnu dubinu od 16,4 m, Podgora 10,1 m, dok je Plitko jezero (Podkušinac) duboko do 5,5 m. Najdublje jezero je Crniševo, s najvećom dubinom od 39 m (depresija konusnog oblika promjera 15tak

metara, ponor), koje je smješteno najzapadnije i drugo je po veličini s površinom od 0,43 km^2 i dužinom od 1,1 km. Crniševo pripada dubokim krškim jezerima, slatkovodno je do slabo brakično, zaslanjuje se podvodnim slanim izvorom Mindel. Po produktivnosti pripada mezotrofnom tipu jezera, a po termalnoj stratifikaciji, ono je polimikitično jezero. U nedavnoj prošlosti dvije intervencije su bitno promijenile ekosutav Baćinskih jezera. Povezivanje Baćinska jezera sa morem preko tunela 1912 godine koji se nalazi u jezeru Sladinac (dug oko 120 m, ulazi u kanal koji je spojen s morem), ova intervencija snizila je razinu Baćinskih jezera za najviše 12 m (slika 2). Drugi tunel koje spaja Baćinska jezera (Podgoru) s Vrgoračkim poljem dug oko 2 km i izgrađen je 1938. Taj sustav tunela napravljen je radi odvodnje viška vode iz Vrgoračkog polja (JI dio) i kako bi se spriječile poplave i dreniralo Vrgoračko polje.



Slika1. Baćinska jezera i položaj tunela koji ih spajaju s morem i Vrgoračkim poljem



Slika 2. Obala Baćinskih jezera danas i prije 1869 na austrougarskoj vojnoj karti. Na temelju morfološke analize obale, karta prije 1869 pokazuje razinu jezera između +8 i +10 m iznad morske razine

Baćinska jezera formirala krajem pleistocena, zajedno s depresijom Vrgoračkog polja (Ivičić i Pavičić, 1996). Vrgoračko polje je tipično krško polje, dinarskog smjera pružanja, dužine 15 km i širine između 0,8 i 3 km. Površine je oko 30 km^2. Nadmorska visina polja je od 24 do 26 m, a nagnuto je prema jugoistoku i okruženo brdima koja se izdižu do visine od preko 700 m (masiv Rilić s južne strane, 918 m). Vrgoračko polje prekriveno je kvartarnim naslagama. To su jezerski sedimenti (naslage jezerske krede) čije je taloženje počelo u pleistocenu, a trajalo je kroz cijeli holocen. Područje polja najvećim dijelom pripada porječju rijeke Neretve. Delta Neretve, koja se nalazi južno od grada Ploča, smatra se da je nastala u doba usporavanja porasta morske razine, otprilike između 8 000 i 6 000 godina.

Klima ovog područja tipična je mediteranska: ljeta su topla i suha, zime su blage i kišovite. Prema Köppenovoj klasifikaciji pripada sredozemnoj klimi tipa Csa . Prosječna temperatura zraka je 15,4°C, a količina padalina 1297 mm. Karakteristični su vjetrovi koji pušu na ovom području, bura, jugo i maestral i utječu na eolski transport materijala i peluda.

U priobalju jezera Oćuša nalaze se 3 stalna i 2 povremena izvora. U Plitko jezero ulazi voda iz izvora Klokun. Izvor Klokun smješten je cca 220 m istočno od Baćinskih jezera na nadmorskoj visini od oko 1,5 m. Izvor je kaptiran za vodoopskrbu Ploča. Hidrogeološki odnosi u zaleđu Baćinskih jezera i izvora Klokun vrlo su složeni. Najdublje recentno okršavanje se zbilo krajem pleistocena kada su se formirale depresije i Vrgoračko polje i Baćinska jezera (Ivičić i Buljan, 2002). Uz zapadnu obalu Crniševa, nalazi se izvor Mindel, koji zaslanjuje jezero. Hidrokemijski parametri pokazuju da se Jezero Crnišivo bitno razlikuje od ostalih jezera što je posljedica utjecaja mora (Tablica 1).

Tablica 1. Odabrani kemijski parmetri u stupcu vode Baćinskih jezera (uzorkovanja tijekom kolovoza) koje pokazuju izraziti utjecaj mora na jezero Crniševo i anoksiju na dubinama većim od 15m

	EC µS/cm	TDS mg/l	O_2 mg/l	Ca^{2+} mg/l	Mg^{2+} mg/l	Na^+ mg/l	K^+ mg/l	HCO_3^- mg/l	Cl^- mg/l	SO_4^{2-} mg/l
Crniševo-1m (10-10)	2530	1697	7,2	83,8	46,9	272	23,9	256	554	82,2
Crniševo-5m (10-10)	2519	1687	7,3	83,9	50,8	254	30,9	260	549	71,3
Crniševo-10m (10-10)	2523	1689	7,4	81,8	48,2	240	25,5	260	513	102
Crniševo-15m (10-10)	3057	2048	3,1	84,7	52,9	284	25,7	268	560	94,4
Crniševo-20m (10-10)	3313	2221	0,5	89	49,4	384	27,7	278	754	108
Crniševo-25m (10-10)	11160	7816	0,07	94,4	53,6	1178	34,4	290	1973	96,4
Očuša-1m (10-10)	482	310	8,6	53,8	6,2	9,6	1,1	148	18,7	44,6
Očuša-10m (10-10)	462	301	8,5	43,2	5,4	8,9	1,1	138	17,3	42,6
Podgora-1m (10-10)	404	271	8,5	52,4	3,4	4,8	0,9	146	5,6	40,6
Podgora-5m (10-10)	403	270	8,5	50,8	3,4	4,3	0,9	140	5,6	40,1
Plitko1 (10-10)	432	289	7,5	56	3,2	4,8	0,8	150	5,9	38,6
Plitko2 (10-10)	434	291	7,1	56	4	4,5	0,9	150	5,6	49,3
Sladinac-1m (10-10)	592	354	8,5	56,4	7,6	12,6	1,2	150	24,6	59
Sladinac-10m (10-10)	524	351	7,9	56,4	7	12,9	1,2	150	23,4	58,8

3. METODE ISTRAŽIVANJA

Terenska istraživanja u jezerima i slivnim područjima prilagođena su vrsti sedimenata koji se uzorkuje. Jezgre sedimenata u jezerima uzorkovane su pomoću istraživačke platforme HGI-a „Q2“, na koju je postavljen klipni korer *(Piston Corer „Niederreiter“,*

UWITEC). Cijev ima promjer 60 mm. Ujedno je uzeto niz kratkih jezgara do 50 cm pomoću gravitacijskog korera koji se slobodnim padom zabija u nekonsolidirane sedimente. Klipni korer je duga (3 m), teška cijev, koja je preko sajli i vitla povezana s tronožnim tornjem, koji se nalazi na aluminijskoj pontonskoj platformi (3x4 m). Ovaj tip klipnog korera *(Livingstone)* omogućuje vađenje dugačkih jezgri sedimenata, koji ostaje neporemećen. Ukupno je izbušeno 7 jezgara dužih od 3m (piston korer) te 22 jezgre dužine do 50 (gravitacijski korer). U jezeru Crniševo, izbušeno 850 cm sedimenata, te gravitacijske jezgre iz istog jezera u kojem su utvrđeni laminirani sedimenti (*varve, slika 3*) koji se sastoje od lamina bogatih organskom tvari (jesen zima) i kalcijevog karbonata (ljeto) ova pojava taloženja kalcijevog karbonata pojavljuje se krajem kolovoza kod niskih razina jezera.



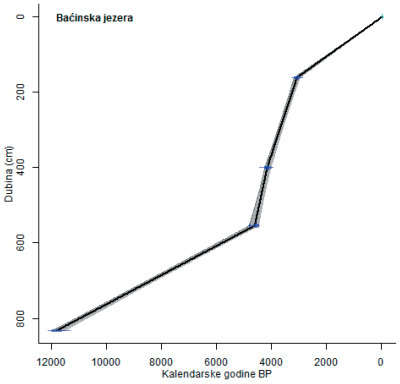
Slika 3. Laminirani sedimenti (varve) koje gdje jedana tamna (zima) i jedna svijetla (ljeto) lamina predstavljaju taloženje u jednoj godini, ovo je jedinstveni fenomen izražen samo u jezeru Crniševo, a lamine u gravitacijskom koreru, lamine pripremljene za analizu nakon liofilizacije i tretiranjem sa epoksi smolom radi izrade mikroskopskih preparata. Laminirani sedimenti odgovaraju starosti od cca 40 godina.

Paleolimnološka istraživanja provedena na 840 cm dugačkoj jezgri iz jezera Crniševo omogućila je praćenje paleookolišnih uvjeta od kasnog pleistocena do danas. Uzorkovanje jezgre sedimenata rezolucijom od 1 cm, te precizno datiranje pomoću AMS ^{14}C pruža uvid u procese taloženja, izvor materijala, uvjeta u jezerskoj vodi i produktivnosti jezera, na temelju provedenih mineraloških, geokemijskih, granulometrijskih, palinoloških analiza te analiza magnetskog susceptibiliteta i spektralne analize boje.

4. PALEOLIMNOLOŠKA REKONSTRUKCIJA BAĆINSKIH JEZERA - JEZERO CRNIŠEVO

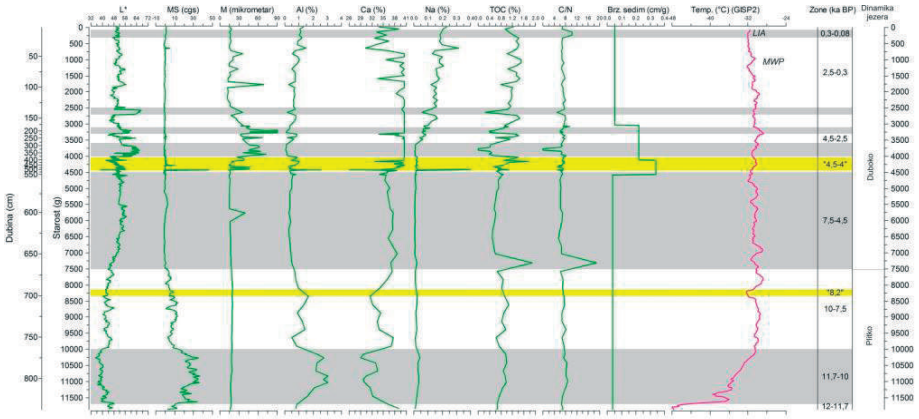
Na temelju dobivenih rezultata datiranja učinjen je model dubina/starost (slika 4), te su izračunate brzine sedimentacije kroz jezgru. U gornjem dijelu jezgre do 160 cm brzina sedimentacije je mala i iznosi 0,05 cm/god. Nakon toga postaje puno veća i do 399 cm

iznosi 0,22 cm/god, a od 400 do 553 cm iznosi 0,34 cm/god. Do kraja jezgre odnosno 832 cm (na 833 cm je posljednje datirani uzorak) brzina sedimentacije je manja i iznosi 0,04 cm/god.



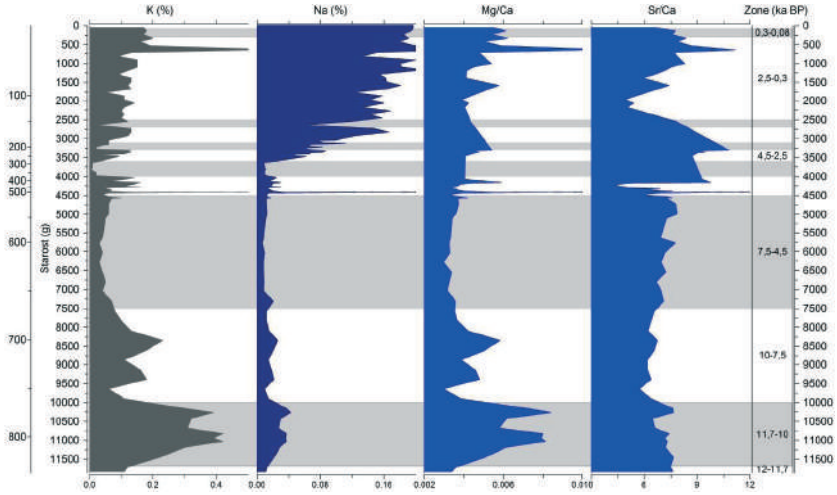
Slika 4. Model dubina/starost jezgre BAJ-7, starost je izražena u cal BP (kalendarskim godinama BP) ovisno o dubini jezgre. Korišten je program CLAM koji koristi Intcal13 kalibracijske krivulje, upotrijebljen je model linearne interpolacije

Prema dobivenim rezultatima svih analiza, izdvojeno je nekoliko zona u vremenskom intervalu od oko 12 000 godina, koliko se nalazi u 840 cm jezgre BAJ-7 (slika 5). Uočava se donji dio, od 843-830 cm (12-11,7 ka BP), u kojem je udio karbonata viši, a niži magnetski susceptibilitet. Potom od 830-764 cm (11,7-10 ka BP) je vrlo visok udio silicklastične komponente i magnetski susceptibilitet, postepeno se smanjuju u zoni od 764-668 cm (10-7,5 ka BP). Kalcit je vrlo visok u zoni od 668-530 cm (7,5-4,5 ka BP). Nakon toga od 530-134 cm (4,5-2,5 ka BP) došlo je naglih promjena u jezeru, povećanja pjeskovitog materijala u odnosu na silt koji je prevladavao do ovog intervala, te dolazi do izmjene siliciklastične i karbonatne sedimentacije, mijenja se udio TOC (ukupni organski ugljik) te je taj period podijeljen na ukupno 6 podzona. Od 134-20 cm (2,5-0,03 ka BP) uspostavljaju se ponovno relativno stabilni uvjeti s povremenih visokim donosom pijeska u jezero, gline, te lagano povišenog siliciklastičnog materijala. Izdvojena su još 2 vršna perioda od 20-8 cm (300-80 BP) i 8-0 cm (80-0 BP), te je u periodu od 300-80 ka BP povišen udio C/N (Omjer C/N predstavlja omjer između organskog ugljika i ukupnog dušika), u kojem dominira terestička organska tvar (omjer je >10). Duž cijelu jezgru prevladava C/N <10, što znači organska tvar iz fitoplanktona, osim uzorka na 660 cm, gdje iznosi >15.



Slika 5. Odabrane analize pomoću kojih su se rekonstruirali paleookolišni uvjeti Baćinskom jezeru Crniševo (BAJ-7). Također je prikazana varijacija temperature prema grenlandskoj ledenoj jezgri GISP2 (Alley, 2000). Sivo su osjenčane izdvojene zone u jezgri BAJ-7, dok su žutom bojom označeni karakteristični klimatski događaji kroz holocen. Prikazana je i pretpostavljena dinamika Baćinskih jezera od kasnog pleistocena do danas.

Za utvrđivanje utjecaja morske vode na sedimente, uspoređeni su K, Na, te omjeri Mg/Ca i Sr/Ca (slika 6). Povišenje Na mlađim i plićim sedimentima (3,6-0 ka BP; 285-0 cm) ne podudara se s K i omjerima Mg/Ca i Sr/Ca, te je ono rezultat naknadnog utjecaja morske vode na sedimente kroz podzemlje. Određivanjem klorida u sedimentima to je potvrđeno, s vrlo visokim udjelima klorida u gornjem dijelu jezgre do dubine oko 2 m.



Slika 6. Elementi K i Na, te omjeri Mg/Ca i Sr/Ca, koji su indikatori morskog utjecaja na sedimente u jezgri BAJ-7.

Recentna anoksija na dnu jezera Crniševo (laminirani sedimenti) i niske koncentracije kisika (Tablica 1) je posljedica povećanja primarne produkcije kojom se stvara višak organske tvari koja pada na dno jezera te se sav kisik troši za razgradnju organske tvari. Koncentracije dušika razlikuju se u jezerskim biljkama u odnosu na terestičke, te se te razlike prikazuju u odnosu C/N. Visok C/N pokazuju biljke s niskim koncentracijama N (terestičke biljke koje sadrže celulozu), dok je fitoplankton ima visoke koncentracije dušika. Udio C/N je stoga indikator razvoja primarne produktivnosti (organske tvari iz jezera) ako su vrijednosti <10, a ako su vrijednosti >20 prevladava terestička organska materija odnosno akumulacija u neproduktivnom, oligotrofnom jezeru. U oligotrofnim jezerima, sedimenti imaju visoki udio C/N i nizak udio organskog ugljika. Taj udio iznosi 5,6 za sedimente eutrofnih voda u kojima dominira fitoplankton (alge).

ZAKLJUČAK

U jezgri sedimenata iz jezera Crniševo, definirano je nekoliko zona kroz koje je jezero prošlo u 840 cm analizirane jezgre. Na 833 cm jezgre utvrđen je datum od 11 700 cal BP. Sedimenti u jezgri BAJ-7 cijelim dijelom predstavljaju jezerski sediment.

Donji dio sa najstarijim sedimentom, od 843-830 cm (12-11,7 ka BP), u kojem je udio karbonata viši, a niži magnetski susceptibilitet, ukazuje na dublje jezero. Potom od 830-764 cm (11,7-10 ka BP) je vrlo visok udio silicklastične komponente, ima više kvarca i muskovit/illita, viši je i magnetski susceptibilitet, što govori o povećanoj eroziji materijala iz sliva. Erozija se postepeno smanjuje 764-668 cm (10-7,5 ka BP), postepeno se snižava magnetski susceptibilitet i litogeni elementi. Od 668-530 cm (7,5-4,5 ka BP) dominira karbonatna sedimentacija, prisutan je samo kalcit, magnetski susceptibilitet je vrlo nizak. Nakon toga od 530-134 cm (4,5-2,5 ka BP) došlo je naglih promjena u jezeru, povećanja pjeskovitog materijala u odnosu na silt koji je prevladavao do ovog intervala, te dolazi do izmjene siliciklastične i karbonatne sedimentacije (izmjenjuju se intervali s kalcitom i kvarcom te samo kalcitom), mijenja se udio TOC (ukupni organski ugljik)te je taj period podijeljen na ukupno 6 podzona. Od 134-20 cm (2,5-0,03 ka BP) uspostavljaju se ponovno relativno stabilni uvjeti s povremenih visokim donosom pijeska u jezero, gline, te lagano povišenog siliciklastičnog materijala, uslijed deforestacije i ljudskog utjecaja. Period od 20-8 cm (300-80 BP) povišen je udio C/N i donos materijala iz sliva, koji bi mogao odgovarati malom ledenom dobu (Ilijanić, 2014).

Recentna anoksija na dnu jezera Crniševo dovela je do pojave laminiranih sedimenta u godišnjim ciklusima kao posljedice povećanja primarne produkcije kojom se stvara višak organske tvari koja pada na dno jezera te se sav kisik troši za razgradnju organske tvari. Pojava laminiranih sedimenata vezana može se povezati sa početkom intenzivne poljoprivrede u Vrgoračkom polju kada dolazi do masovne upotrebe umjetnih gnojiva nakon oko 1970 i njihovog unosa kroz tunel iz Vrgoračkog polja u Baćinska jezera.

LITERATURA

[1] Ivičić, D. & Buljan, R. (2002): *Studija o utjecaju na okoliš odvodnje viška vode iz Vrgoračkog polja*, Fond stručne dokumentacije, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, br. 34/02, str. 25.

[2] Ivičić, D. & Pavičić, A. (1996): *Hidrogeološki istražni radovi za prijedlog zona*

sanitarne zaštite za izvore Klokun i Modro Oko, Fond stručne dokumentacije, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, br. 62/96, str. 54.

[3] Ilijanić, N.,(2014): *Minerali glina u jezerskim sedimentima istočno jadranske obale kao pokazatelji promjena okoliša tijekom kasnog pleistocena i holoce*na. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 382 str.

AUTORI

dr.sc. Nikolina Ilijanić [b]
dr.sc. Slobodan Miko [b]
mr.sc. Ozren Hasan [b]
mr.sc. Daria Čupić [a]
dr.sc. Saša Mesić [b]
dr.sc. Siniša Širac [a]
dr.sc.Tamara Marković [b]
mr.sc. Martina Šparica Miko [b]
mr. sc. Alena Vlašić [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica Grada Vukovara 220, Zagreb 10000, www.voda.hr; dcupic@voda.hr; Sinisa.Sirac@voda.hr; avlasic@voda.hr

[b] Hrvatski geološki institut, Sachsova 2 Zagreb 10000, http://www.hgi-cgs.hr; nikolina.ilijanic@hgi-cgs.hr; slobodan.miko@hgi-cgs.hr.; ozren.hasan@hgi-cgs.hr; sasa.mesic@hgi-cgs.hr ; tamara.markovic@hgi-cgs.hr; martina.sparica@hgi-cgs.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.39.

IZVJEŠTAVANJE PREMA ZAHTJEVIMA OKVIRNE DIREKTIVE O MORSKOJ STRATEGIJI I VEZA S DRUGIM OKVIRNIM POLITIKAMA

Melita Došen, Anica Brlek Juren, Vlado Dadić, Damir Ivanković, Romana Roje, Biserka Mladinić, Snježana Dominković Alavanja, Margareta Godrijan

SAŽETAK: Okvirna direktiva o morskoj strategiji (ODMS) zakonodavni je okvir Europske unije prema kojemu su države članice obvezne za morske vode pod svojim suverenitetom i jurisdikcijom poduzeti mjere za postizanje i/ili održavanje dobrog stanja okoliša do 2020. godine. U prvoj fazi provedbe direktive države su napravile analizu svojstava i značajki svojih morskih voda kao i opterećenja i utjecaja na njih, uključujući gospodarsko-socijalnu analizu korištenja i troška propadanja morskog okoliša, određeni su skup značajki dobrog stanja okoliša i skup ciljeva u zaštiti okoliša i s njima povezanih pokazatelja. Svi ovi elementi su bili temelj za izradu programa praćenja stanja. Do kraja 2015. godine države moraju izraditi program mjera koje je potrebno poduzeti radi postizanja i/ili održavanja dobrog stanja okoliša. U izradu programa mjera, osim definiranja novih, treba uključiti sve značajne mjere definirane u okviru provedbe drugih EU direktiva te međunarodnih sporazuma.

U radu se daje prikaz dosadašnjih aktivnosti u izvještavanju Europske Komisije prema zahtjevima ODMS, uključujući povezanost zahtjeva ODMS s drugim direktivama i politikama.

KLJUČNE RIJEČI: Okvirna direktiva o morskoj strategiji, izvještavanje, politike i direktive Europske unije, morski okoliš

REPORTING REQUIREMENTS ACCORDING TO THE MARINE STRATEGY FRAMEWORK DIRECTIVE AND LINKAGE WITH OTHER FRAMEWORK POLICIES

SUMMARY: The Marine Strategy Framework Directive (MSFD) is the legal framework of the European Union according to which the member states responsible for marine waters under their sovereignty and jurisdiction must take measures to achieve and/or maintain good environmental status by 2020. In the first phase of the MSFD implementation, the member states conducted the analysis of features and characteristics of their

marine waters and the analysis of predominant pressures and impacts on them, including socio-economic analysis of the use of marine waters and cost of degradation of the marine environment. They also determined a set of GES characteristics of and the set of environmental protection objectives and associated indicators. All these elements formed the basis for development of a status monitoring program. By the end of 2015, the member states have to develop a programme of measures which need to be taken in order to achieve and/or maintain GES. The programme of measures, in addition to identification of new measures, should also take into account all relevant measures required for implementation of other EU directives and international agreements.

The paper gives an overview of activities to date related to the fulfilment of reporting requirements under the MSF to the European Commission, including the linkage of the MSFD requirements with the requirements of other directives and policies.

KEY WORDS: Marine Strategy Framework Directive, reporting, EU directives and policies, marine environment

1. UVOD

Prema Direktivi 2008/56/EZ Europskog parlamenta i Vijeća kojom se uspostavlja okvir Zajednice u području politike morskog okoliša (Okvirna direktiva o morskoj strategiji, ODMS), države članice trebaju za morske vode pod svojim suverenitetom i jurisdikcijom usvojiti morske strategije koje se temelje na tzv. „ekosustavnom pristupu“ u upravljanju ljudskim aktivnostima i regionalnoj suradnji s ciljem postizanja dobrog stanja morskog okoliša najkasnije do 2020. godine. Razvoj i provedba morske strategije treba težiti zaštiti i očuvanju morskih ekosustava, obuhvatiti zaštićena područja te ljudske djelatnosti i njihov utjecaj na morski okoliš radi sprječavanja i smanjivanja unosa opterećenja kako bi se postigla održivost dobrog stanja okoliša. Strategije se revidiraju svakih 6 godina, a provode u fazama prema propisanom planu djelovanja o čemu se izvještava Europska komisija (EK).

Odredbe ODMS u nacionalno zakonodavstvo prenesene su 2011. godine kroz Uredbu o uspostavi okvira za djelovanje Republike Hrvatske u zaštiti morskog okoliša. Objedinjavanjem zahtjeva ODMS i odredbi Protokola Barcelonske konvencije o integriranom upravljanju obalnim područjem, navedena nacionalna uredba je 2014. godine zamijenjena novom Uredbom o izradi i provedbi dokumenata Strategije upravljanja morskim okolišem i obalnim područjem (NN 112/14).

2. ZAHTJEVI I ELEMENTI OKVIRNE DIREKTIVE O MORSKOJ STRATEGIJI

ODMS primjenjuje se na morske vode koje su definirane kao vode, morsko dno i podzemlje na morskoj strani od osnovne crte od koje se mjeri širina teritorijalnih voda sve do najdaljeg dosega područja na kojem država članica ima i/ili ostvaruje prava nadležnosti u skladu s Konvencijom Unclos te na priobalne vode kako su definirane Okvirnom direktivom o vodama, ODV (2000/60/EZ), njihovo dno i podzemlje, u mjeri u kojoj posebni aspekti ekološkoga stanja morskog okoliša već nisu obuhvaćeni tom direktivom ili drugim zakonodavstvom Zajednice. ODMS, uz ODV, čini važan zakonodavni okvir u

upravljanju, zaštiti i očuvanju kakvoće vodnih resursa, budući da obje imaju zajednički cilj postizanja dobrog stanja voda na koje se odnose, a koje se i djelomično preklapaju. Prema ODMS dobro stanje okoliša definira se kao stanje okoliša morskih voda u kojem su očuvani ekološki raznoliki i dinamični oceani i mora koji su čisti, zdravi i produktivni u svojim prirodnim uvjetima, a njihovo korištenje je na održivoj razini, čime se čuva potencijal za korištenje i aktivnosti sadašnjih i budućih generacija. Dobro stanje okoliša određuje se prema 11 kvalitativnih deskriptora, koji predstavljaju opisni prikaz dobrog stanja okoliša, i s njima povezanih kriterija i metodoloških standarda definiranih Odlukom Komisije 2010/477/EU o kriterijima i metodološkim standardima o dobrom stanju morskog okoliša.

Tablica 1. 11 Kvalitativnih deskriptora za utvrđivanje dobrog stanja okoliša prema Prilogu I ODMS

D1. Bioraznolikost je održana. Kvaliteta i rasprostranjenost staništa te rasprostranjenost i abundancija (brojnost) vrsta u skladu su s prevladavajućim fiziografskim, geografskim i klimatskim uvjetima
D2. Strane vrste unesene ljudskim aktivnostima na takvim su razinama da ne štete ekosustavima
D3. Populacije svih riba, rakova i mekušaca koji se iskorištavaju uključujući i u komercijalne svrhe su unutar sigurnih bioloških granica, a raspodjela populacije prema dobi i veličini pokazuje da je stok zdrav
D4. Svi elementi morskih hranidbenih mreža, s brzom stopom reprodukcije koji mogu davati brze odgovore na promjene u ekosustavu i biti korisni kao indikatori ranog upozoravanja, u mjeri u kojoj su poznati, javljaju se u uobičajenoj brojnosti i raznolikosti te su na razinama koje mogu osigurati dugoročnu abundanciju (brojnost) vrsta i očuvanje njihove pune sposobnosti razmnožavanja
D5. Eutrofikacija koju uzrokuje čovjek smanjena je na najmanju mjeru, posebno njezini štetni učinci, kao što su gubitak bioraznolikosti, propadanje ekosustava, štetno cvjetanje alga, kao i pomanjkanje kisika u pridnenim slojevima
D6. Cjelovitost morskoga dna na razini je koja osigurava da su struktura i funkcije ekosustava zaštićene, a posebno da bentoski ekosustavi nisu pogođeni štetnim učincima
D7. Trajno mijenjanje hidrografskih i oceanoloških uvjeta ne šteti morskim ekosustavima
D8. Koncentracije onečišćujućih tvari na razinama su koje ne uzrokuju onečišćenje
D9. Onečišćujuće tvari u ribi i drugim morskim organizmima koji se koriste za ljudsku prehranu ne prelaze razine utvrđene odgovarajućim propisima Europske unije ili drugim odgovarajućim utvrđenim standardima
D10. Svojstva i količine morskog otpada ne štete morskom okolišu i okolišu obalnog područja
D11. Unos energije, uključujući podvodnu buku, svjetlost i toplinu je na razinama koje ne štete morskom okolišu

Izrada i usklađivanje morskih strategija provode se kroz regionalnu suradnju država pojedinih morskih regija ili podregija definiranih ODMS, a Republika Hrvatska to ostvaruje u okviru morske podregije Jadransko more, koja je dio regije Sredozemno more. Podjela morskih regija i podregija temelji se na hidrološkim, oceanografskim i

biogeografskim značajkama. ODMS je državama članicama dana mogućnost da unutar definiranih morskih regija i podregija odrede dodatne pod-podjele, odnosno područja za izradu procjene stanja prema pojedinim temama ovisno o njihovim specifičnostima te za potrebe izvještavanja. Budući da daje samo opći okvir geografskih područja, u usporedbi s geografskim podjelama prema ODV i Direktivom o staništima, ODMS omogućuje znatniju fleksibilnost u procjenama stanja pojedinih tematskih cjelina i izvještavanju (European Commission, 2012).

U prvoj fazi provedbe ODMS države članice izradile su za morske regije i podregije pod svojim suverenitetom i jurisdikcijom tzv. početnu procjenu stanja morskih voda uzimajući u obzir sve raspoložive podatke i ocjene. Početna procjena uključuje analizu svojstava i značajki morskih voda kao i opterećenja i utjecaja na njih, uključujući gospodarsko-socijalnu analizu korištenja i troška propadanja morskog okoliša. Početna procjena stanja temelj je za provedbu ostalih zahtjeva ODMS što uključuje određivanje skupa značajki dobrog stanja okoliša, skupa ciljeva, izradu i primjenu sustava praćenja i promatranja te programa mjera. Za utvrđivanje skupa značajki dobrog stanja okoliša (DSO) uzimaju se u obzir propisani elementi, a osobito fizikalno-kemijska svojstva, stanišni tipovi, biološka svojstva te hidromorfologija, kao i opterećenja i utjecaji ljudskih djelatnosti. Na temelju početne procjene stanja i utvrđenog DSO, države članice određuju ciljeve u zaštiti okoliša i s njima povezane pokazatelje, koji trebaju pokazati napredak u postizanju DSO. Ciljevi u zaštiti okoliša podrazumijevaju kvalitativno i kvantitativno očitovanje o željenom stanju različitih komponenti morskih voda, uključujući opterećenja i utjecaje na njih. Ciljevi i s njima povezani pokazatelji trebali bi specificirati granične (najviše dozvoljene vrijednosti) između prihvatljivog i neprihvatljivog stanja, odnosno trebali bi omogućiti praćenje napretka prema postizanju željenog DSO.

Vezano uz definirane značajke DSO te ciljeve i pokazatelje u slijedećoj fazi provedbe direktive, kao podršku praćenju napretka u postizanju dobrog stanja okoliša i učinkovitosti mjera, države uspostavljaju i provode programe praćenja stanja (monitoring programi) koji trebaju biti usklađeni na razini regija/podregija. Programe mjera za postizanje ili održavanje DSO, s ciljem rješavanja utjecaja ljudskih aktivnosti na morski okoliš, države trebaju utvrditi do 2015. te ih početi primjenjivati najkasnije do 2016. Prema direktivi države su dužne u roku od tri godine od objave programa mjera, odnosno njegove revizije, podnositi EK kratak privremeni izvještaj u kojem se opisuje napredak u provedbi toga programa. Države moraju odrediti i iznimke, tj. slučajeve u kojima se skup ciljeva i/ili dobro stanje okoliša ne mogu ostvariti mjerama koje se poduzimaju ili se ne mogu ostvariti u odgovarajućem roku zbog djelovanja ili nedjelovanja za koje država nije odgovorna (prirodnih uzroka, više sile, mijenjanja i/ili preinake fizikalnih svojstava morskih voda uzrokovanih mjerama poduzetim u cilju višeg javnog interesa koji je prevladao nad negativnim utjecajem na okoliš, uključujući svaki prekogranični utjecaj te prirodnih uvjeta koji ne dopuštaju pravodobno poboljšanje stanja morskih voda).

3. OBAVEZE IZVJEŠTAVANJA I VEZA S DRUGIM OKVIRNIM POLITIKAMA

Pristupanjem u punopravno članstvo EU Republika Hrvatska ima obavezu izvještavati EK o provedbi i ispunjenju obaveza i zahtjeva preuzetih iz direktiva. Izvještavanje uključuje dostavu pisanih izvješća propisanih direktivama, dostavu podataka u posebnim izvještajnim obrascima i/ili informatičkim alatima uključujući i prostorne podatke, kroz

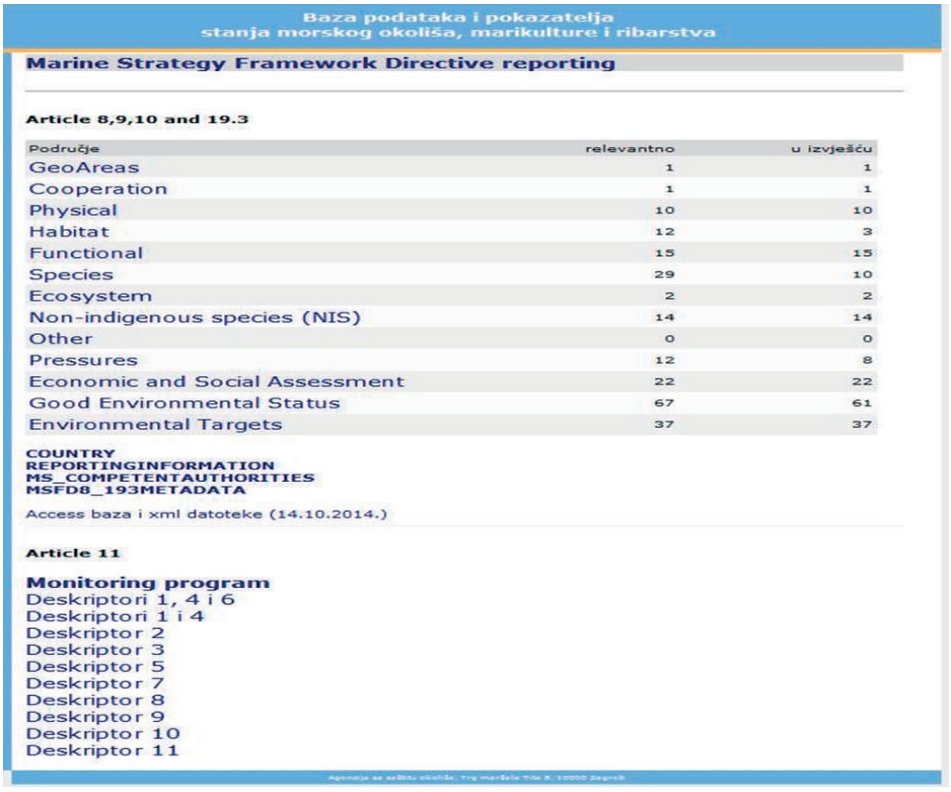
europski informacijski sustav voda (Water Information System for Europe, WISE). Zahtjevi EU direktiva stavili su pred države članice brojne obaveze. S ciljem povezivanja i harmonizacije provedbe obaveza i zahtjeva direktiva države članice i EK uspostavile su neslužbene programe za usklađivanje, tzv. zajedničke provedbene strategije (Common Implementation Strategy, CIS). U okviru radnih skupina i grupa ovih zajedničkih strategija, među ostalim, dogovaraju se način, opseg i format izvještavanja o ispunjenju zahtjeva direktiva.

Prema Uredbi o izradi i provedbi dokumenata Strategije upravljanja morskim okolišem i obalnim područjem, izrada i provedba strategije u dijelu koji se odnosi na morski okoliš, a kojom su preuzete odredbe ODMS, uključuje provedbu pripremnih postupaka i izradu dokumenata kao stručnih podloga i elemenata za akcijske programe. Elementi morske strategije u dijelu pripreme uključuju izradu početne procjene stanja okoliša morskih voda, utvrđivanje značajki dobrog stanja okoliša i skupa ciljeva u zaštiti okoliša, dok u dijelu akcijskih programa obuhvaćaju izradu i provedbu sustava praćenja i promatranja te program mjera. Uredbom su preuzeti rokovi propisani ODMS kao i obveze izvještavanja. Izvješća i podaci za Hrvatsku dostavljeni su Europskoj komisiji po pristupanju tijekom 2013., odnosno u 2014.godini prema obavezama i rokovima navedenim u tablici 2.

Tablica 2. Popis obaveza izvještavanja prema ODMS (preuzeto s „Reporting Obligation Database", 13.03.2015.) sa statusom za Hrvatsku

Obaveza izvještavanja	1. rok	Učestalost izvještavanja	Dostavljena izvješća RH
ODMS izvještavanje o nadležnim tijelima morskih regija ili podregija	1.6.2012.	Jednokratno/ po promjeni	u obliku izvještajnih obrazaca
ODMS izvještavanje o Početnoj procjeni (čl.8.), Dobrom stanju okoliša (čl 9.), Skupu ciljeva (čl. 10.) te vezani podaci o geografskim područjima, regionalnoj suradnji i metapodacima	15.10.2012.	72 mjeseca	u obliku izvještajnih obrazaca i dokumenti: - *Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša hrvatskog dijela Jadrana;* - *Skup značajki dobrog stanja okoliša za morske vode pod suverenitetom RH i Skup ciljeva u zaštiti morskog okoliša i s njima povezanih pokazatelja*
ODMS Monitoring program (čl. 11.)	15.10.2014.	72 mjeseca	u obliku izvještajnih obrazaca, prostorni podaci i dokument: *-Akcijski program Strategije upravljanja morskim okolišem i obalnim područjem: Sustav praćenja i promatranja za stalu procjenu stanja Jadranskog mora*
ODMS Program mjera uključujući određivanje zaštićenih morskih područja	31.12.2015.	72 mjeseca	
ODMS napredak u implementaciji programa mjera	31.12.2018.	72 mjeseca	

Izradu pripremnih dokumenata i akcijskih programa morske strategije koordiniralo je nadležno Ministarstvo zaštite okoliša i prirode. Izvješća su u predefiniranim obrascima za izvještavanje EK uključujući prostorne podatke, napravljena u suradnji Agencije za zaštitu okoliša sa stručnjacima Referentnog centra za more (Institut za oceanografiju i ribarstvo iz Splita) i Ekonomskog instituta. Za pripremu i izradu izvješća u izvještajnim obrascima i alatima u autoriziranom dijelu Baze podataka i pokazatelja stanja morskog okoliša, ribarstva i marikulture (http://baltazar.izor.hr/azopub/bindex) razvijena je tzv. MSFD baza za izvještavanje po člancima ODMS, a prema izvještajnim obrascima i alatima koje je potvrdila EK. Navedena baza omogućava istovremeni rad i unos podatka više korisnika, pregled i kontrolu izrađenih izvješća te generiranje izvješća u odgovarajućim formatima namijenjenih za učitavanje na Centralni repozitorij podataka (CDR) radi izvještavanja Europske komisije.


Baza podataka i pokazatelja
stanja morskog okoliša, marikulture i ribarstva

Marine Strategy Framework Directive reporting

Article 8,9,10 and 19.3

Područje	relevantno	u izvješću
GeoAreas	1	1
Cooperation	1	1
Physical	10	10
Habitat	12	3
Functional	15	15
Species	29	10
Ecosystem	2	2
Non-indigenous species (NIS)	14	14
Other	0	0
Pressures	12	8
Economic and Social Assessment	22	22
Good Environmental Status	67	61
Environmental Targets	37	37

COUNTRY
REPORTINGINFORMATION
MS_COMPETENTAUTHORITIES
MSFD8_193METADATA

Access baza i xml datoteke (14.10.2014.)

Article 11

Monitoring program
Deskriptori 1, 4 i 6
Deskriptori 1 i 4
Deskriptor 2
Deskriptor 3
Deskriptor 5
Deskriptor 7
Deskriptor 8
Deskriptor 9
Deskriptor 10
Deskriptor 11

Slika 1. MSFD tablice za izvještavanje EK u okviru Baze podataka i pokazatelja stanja morskog okoliša, marikulture i ribarstva

Osim obaveze dostave izvješća navedenih u tablici 2., države trebaju EK i Europskoj agenciji za okoliš (EEA), za potrebe obavljanja njihovih zadataka prema direktivi, dati pravo pristupa i uporabe podataka i informacija iz početnih procjena stanja i programa praćenja. U okviru rada relevantnih radnih grupa i podgrupa CIS ODMS razvija se dugoročna strategija kojom će se definirati opseg i format podataka kao i način pristupa

podacima, za što je na razini država potrebno osigurati međuinstitucionalne dogovore i tehničke preduvjete.

Sljedeća važna aktivnost u provedbi ODMS do kraja 2015.g. je određivanja programa mjera. Prema zahtjevu ODMS, a na temelju koncepta potvrđenom u okviru CIS, u izradu programa mjera treba uključiti postojeće mjere značajne za ODMS, a definirane kroz provedbu drugih direktiva, politika i međunarodnih sporazuma. Popis EU propisa značajnih za ODMS nalazi se u Tablici 3.

Tablica 3. Indikativna lista EU zakonodavstva značajnog za postizanje dobrog stanja okoliša prema ODMS (MSCG, 2014)

Kvalitativni deskriptor	Popis EU propisa
D1 Bioraznolikost	Direktiva o staništima (92/42/EEC), Direktiva o pticama (2009/147/EC)
D2 Strane vrste	Uredba 708/2007 o korištenju stranih i lokalno neprisutnih vrsta u akvakulturi, Uredba (EU) 1143/2014 o sprječavanju i upravljanju unošenja i širenja invazivnih stranih vrsta
D3 Komercijalno važne ribe, rakovi i školjkaši	Uredba (EU) 1380/2013 o zajedničkoj ribarstvenoj politici
D4 Hranidbene mreže	Kao D1
D5 Eutrofikacija	Okvirna direktiva o vodama (2000/60/EC), Direktiva o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEC), Nitratna direktiva (91/676/EEC), Direktiva o nacionalnim gornjim granicama emisije za određene onečišćujuće tvari (2001/81/EC)
D6 Cjelovitost morskog dna	Okvirna direktiva o vodama (2000/60/EC), Direktiva o staništima (92/42/EEC), Direktiva o pticama (2009/147/EC), Direktiva o procjeni učinaka određenih planova i programa na okoliš (2001/42/EC), Direktiva o procjeni utjecaja na okoliš (85/337/EEC), Direktiva o obnovljivim izvorima energije (85/337/EEC)
D7 Trajno mijenjanje hidrografskih i oceanografskih uvjeta	Okvirna direktiva o vodama (2000/60/EC), Direktiva o procjeni učinaka određenih planova i programa na okoliš (2001/42/EC), Direktiva o procjeni utjecaja na okoliš (85/337/EEC)
D8 Koncentracije onečišćujućih tvari	Okvirna direktiva o vodama (2000/60/EC), Direktiva o standardima kakvoće okoliša (2008/105/EC) izmjenjena i dopunjena Direktivom (2013/39/EU), Direktiva o industrijskim emisijama (2010/75/EU), Uredba o registraciji, evaluaciji, autorizaciji i ograničavanju kemikalija (REACH) (1907/2006) i Uredba o biocidnim proizvodima (528/2012), Direktiva o onečišćenju s brodova i uvođenju sankcija, uključujući i kaznene sankcije za kažnjiva djela onečišćenja (2009/123/EC), Direktiva u vezi sa sadržajem sumpora u brodskim gorivima (2012/33), Direktiva o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva (2014/94/EU)
D9 Onečišćujuće tvari u morskim organizmima namijenjene za prehranu ljudi	Uredba 188/2006, Uredba 2073/2005, Uredba 178/2002, Uredba 852/2004, Uredba 854/2004, Uredba 853/2004
D10 Morski otpad	Direktiva o otpadu (2008/9/EC), Direktiva o lučkim uređajima za prihvat brodskog otpada i ostataka tereta (2000/59/EC), Direktiva o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEC), Direktiva o onečišćenju s brodova i uvođenju sankcija, uključujući i kaznene sankcije, za kažnjiva djela onečišćenja (2009/123/EC), Direktiva o kakvoći vode za kupanje (2006/7/EC)
D 11 Unos energije (podvodna buka)	Direktiva o procjeni učinaka određenih planova i programa na okoliš (2001/42/EC), Direktiva o procjeni utjecaja na okoliš (85/337/EEC)

U okviru usklađivanja rada skupina i radnih grupa CIS ODV i ODMS, usuglašeno je načelo povezivanja izrade programa mjera ODMS s programom mjera ODV. U tom smislu pokrenute su aktivnosti povezivanja i usklađivanja procesa izvještavanja po obje direktive kroz informacije o programima mjera i procedurama njihovog donošenja. Budući da najveći utjecaj na stanje morskog okoliša imaju upravo izvori onečišćenja s kopna, kod izrade programa mjera treba uzeti u obzir odgovarajuće tzv. ključne tipove mjera (Key Types of Measures, KTM) definirane kroz provedbu ODV. Kako postojeće mjere nisu specifične za potrebe ODMS potrebno je odrediti i dodatne, nove mjere za izvore onečišćenja s mora, odnosno onečišćenje iz zraka. Pri određivanju mjera ključno je uvažavanje načela održivog razvoja, osobito uzimajući u obzir socio-ekonomske učinke predloženih mjera. Nove mjere moraju biti isplative i tehnički izvedive, odnosno prije njihovog donošenja potrebno je provesti studiju izvodljivosti te analizu troškova i koristi. Jedini tip mjera koji se izričito navodi u ODMS su mjere prostorne zaštite zaštićenih morskih područja (Marine Protected Areas, MPA), koje trebaju doprinijeti usklađenim i reprezentativnim mrežama zaštićenih morskih područja te uključivati aktivnosti koje mogu imati sinergistički utjecaj na očuvanje i zaštitu bioraznolikosti u moru. U Europi se postojeće mreže zaštićenih morskih područja sastoje od posebnih područja zaštite prema Natura 2000 mreži određenih prema zahtjevima Direktive o staništima (Special Areas of Conservation, SAC) i Direktive o pticama (Special Prorection Areas, SPA) te MPA područja određenih na temelju međunarodnih i regionalnih ugovora, odnosno nacionalnih propisa. U okviru mjera prostorne zaštite moguće je unaprjeđenje postojećih i/ili određivanje novih mjera koje će pridonijeti reprezentativnosti MPA mreža. Podatke o svim zaštićenim područjima proglašenim na temelju Zakona o zaštiti prirode Hrvatska godišnje dostavlja u EEA Bazu podataka o zaštićenim područjima (Common Database on Designated Areas, CDDA) koja predstavlja izvor podataka za Svjetsku bazu zaštićenih područja (World Database on Protected Areas, WDPA).

Dodatno, u okviru morskog prostornog planiranja, kao dijela programa mjera, države trebaju uzeti u obzir međudjelovanje mora i kopna. Osim navedenih, na razini pojedinih kvalitativnih deskriptora te utjecaja i pritisaka navedenih u ODMS pri određivanju programa mjera potrebno je uzeti u obzir propise drugih sektora: ribarstva (Zajednička ribarstvena politika), pomorstva (IMO), ali i kemikalija (REACH, sredstva za zaštitu bilja).

ZAKLJUČAK

Do kraja 2014.g, nešto više od šest godina nakon stupanja na snagu Okvirne direktive o morskoj strategiji, provedene su aktivnosti iz direktive koje su osnova za izradu programa mjera kojima se treba osigurati postizanje i/ili održavanje dobrog stanja morskog okoliša do 2020. godine. U okviru provedbi zajedničkih implementacijskih strategija, na razini najviših političkih skupina usmjerenih na osiguravanje cjelokupne provedbe ODMS i ODV („Marine i Water directors“) usuglašeno je načelo povezivanja aktivnosti i smanjivanja administrativnog tereta u najvećoj mogućoj mjeri kroz učinkovito usklađivanje izvještavanja prema zahtjevima ovih direktiva. Očekuje se da će se mjerama značajnim za ODMS, u okviru ključnih tipova mjera prema ODV o kojima će se izvjestiti u ožujku 2016., osigurati odgovarajući doprinos postizanju dobrog stanja okoliša prema ODMS za izvore, odnosno onečišćenje s kopna koje se direktno ili vodotocima unosi

u morski okoliš. Nadležna tijela država trebaju osigurati sve potrebne aktivnosti na povezivanju i koordiniranju procesa provedbe ODMS i ODV koji se odnose na programe mjera, uključujući usklađenost sadržaja i metodologija, razmjenu iskustava, planiranje provedbe, postupke savjetovanja s javnosti itd. Kroz nastavak suradnje i koordinirane provedbe EU legislative na području voda i mora te bioraznolikosti nastavit će se aktivnostima određivanja tematskih područja za moguću daljnju koordinaciju te dogovor oko aktivnosti koje treba poduzeti u cilju poboljšanja učinkovitosti provedbe direktiva.

LITERATURA

[1] Direktiva 2008/56/EZ Europskog parlamenta i Vijeća kojom se uspostavlja okvir Zajednice u području politike morskog okoliša (SL L 164 25.6.2008.)

[2] Direktiva Vijeća 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore (SL L 206, 22. 7. 1992.), kako je zadnje izmijenjena i dopunjena Direktivom Vijeća 2013/17/EU od 13. svibnja 2013. o prilagodbi određenih direktiva u području okoliša zbog pristupanja Republike Hrvatske (SL L 158, 10. 6. 2013.)

[3] Direktiva 2009/147/EZ o zaštiti divljih ptica (SL L 20, 26. 1. 2010.)

[4] European Commission, (2012): *Guidance for 2012 reporting under the Marine Strategy Framework Directive, using the MSFD database tool. Version 1.0*. DG Environment, Brussels. pp164.http://icm.eionet.europa.eu/schemas/dir200856ec/resources (26.04.2013.)

[5] European Commission, (2014): *Reporting on monitoring programes for MSFD Article 11*. DG Environment, Brussels. pp49 http://icm.eionet.europa.eu/announcements/ann1400064579 (10.06.2014.)

[6] Marine Strategy Coordination Group (MSCG), (2014): *Programmes of measures under MSFD Recommendations for establishment / implementation and related reporting. Version 13*. Marine Strategy Coordination Group (MSCG), Brussels https://circabc.europa.eu/faces/jsp/extension/wai/navigation/container.jsp?FormPrincipal:_idcl=FormPrincipal:_id3&FormPrincipal_SUBMIT=1&id=7f374769-5aca-4ec2-b485-deb11e6924b2&javax.faces.ViewState=rO0ABXVyABNbTGphdmEubGFuZy5PYmplY3Q7kM5YnxBzKWwCAAB4cAAAAAN0AAIxMnB0ACsvanNwL2V4dGVuc2lvbi93YWkvbmF2aWdhdGlvbi9jb250YWluZXIuanNw (19.11.2014.)

[7] Milieu Ltd., (2014): *Reporting and assessment of the MSFD Programmes of Measures.Version 4*. Millieu Ltd, Brussels https://circabc.europa.eu/faces/jsp/extension/wai/navigation/container.jsp?FormPrincipal:_idcl=FormPrincipal:_id3&FormPrincipal_SUBMIT=1&id=1f39e6be-4fea-4a4d-a68f-83d7b82db4f3&javax.faces.ViewState=rO0ABXVyABNbTGphdmEubGFuZy5PYmplY3Q7kM5YnxBzKWwCAAB4cAAAAAN0AAE1cHQAKy9qc3AvZXh0ZW5zaW9uL3dhaS9uYXZpZ2F0aW9uL2NvbnRhaW5lci5qc3A= (19.11.2014.)

[8] Odluka Komisije 2010/477/EU o kriterijima i metodološkim standardima o dobrom stanju morskog okoliša (SL L 232 2. 9. 2010.)

[9] Uredba o uspostavi okvira za djelovanje Republike Hrvatske u zaštiti morskog okoliša („Narodne novine“ broj 136/11)

[10] Uredba o izradi i provedbi dokumenata Strategije upravljanja morskim okolišem i obalnim područjem („Narodne novine“ broj 112/14)

AUTORI

Melita Došen, univ.spec.oecoing. [a]
mr.sc. Anica Brlek Juren [a]
prof.dr.sc. Vlado Dadić [b]
mr.sc. Damir Ivanković [b]
mr.sc. Romana Roje [b]
Biserka Mladinić [a]
Snježana Dominković Alavanja [a]
Margareta Godrijan, dipl.ing. [a]

[a] Agencija za zaštitu okoliša, Trg maršala Tita 8, 10000 Zagreb, Hrvatska, melita.dosen@azo.hr; anica.juren@azo.hr; biserka.mladinic@azo.hr; snjezana.dominkovic-alavanja@azo.hr; margareta.godrijan@azo.hr

[b] Institut za oceanografiju i ribarstvo, Šetalište Ivana Meštrovića 63, 21000 Split, Hrvatska, dadic@izor.hr; ivankovic@izor.hr;

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.40.

TEMPERATURA, SALINITET I KISIK JADRANSKOG MORA U ERI KLIMATSKIH PROMJENA

Branka Grbec, Grozdan Kušpilić

SAŽETAK: Jadran je poluzatvoreno more koje je zbog svog položaja duboko uvučenog u europsko kopno vrlo osjetljivo na atmosferski stres te na nagle i postupne promjene klime. U sjevernom Jadranu, zbog njegovih kontinentalnih osobina, utjecaj klimatskih promjena, a posebno ekstremnih situacija jače je izražen nego u srednjem, odnosno južnom Jadranu, gdje je taj utjecaj donekle umanjen i usporen. No, činjenica je kako se zadnjih desetljeća uočavaju znatne promjene temperature zraka i oborine kao posljedica promjena atmosferske cirkulacije nad sjevernom hemisferom što se povezuje s klimatskim promjenama globalnog karaktera. Efekti tih promjena uočljivi su u cijelom vodenom stupcu Jadranskog mora, posebno na promjenama temperature, saliniteta i kisika srednje-dubokih slojeva Jadrana. Analizirajući višegodišnje promjene temperature zraka i oborine, temperature mora i saliniteta dubljih slojeva te uspoređujući ih s procesima na hemisferskoj skali, uočen je kontinuirani porast prizemne temperature zraka i nelinearni trend oborine od kasnih 80-ih godina prošlog stoljeća. Uz temperaturu mora i salinitet, sadržaj otopljenog kisika dobar je pokazatelj starosti vodenih masa pa time i atmosferom uvjetovanog prozračivanja Jadrana. U promatranom razdoblju uočeno je više ekstremnih meteoroloških situacija, od kojih je ona zabilježena zimi 1987. godine bila odgovorna za promjenu režima termohaline cirkulacije Jadrana.

KLJUČNE RIJEČI: Jadransko more, klimatske promjene, klimatski skokovi, termohalini uvjeti, kisik, Eastern Mediterranean Transient (EMT)

TEMPERATURE, SALINITY AND OXYGEN OF THE ADRIATIC SEA IN THE PERIOD OF CLIMATE CHANGE

SUMMARY: The Adriatic Sea is a marginal sea which is very sensitive to atmospheric stress and both sudden and gradual climate changes due to its position deep inside the European mainland. The influence of the climate change, in particular extreme weather, is more pronounced in the continental, northern part of the Adriatic as opposed to its central and southern parts, where the change lessens and is reduced to a certain extent. However, it is a fact that significant changes in air temperatures and precipitation have been observed in the past decades as a consequence of changes in atmospheric circulation over the northern hemisphere related to global climate change. The impacts of this

change are evident in the entire water column of the Adriatic Sea, especially with regard to changes in temperature, salinity and oxygen in the central section of the Adriatic deep layers. Through analysis of multi-year changes in air temperature and precipitation, sea temperature and salinity of deeper layers and their comparison with hemispheric-scale processes, a continuous increase of near-surface air temperature and non-linear precipitation trend was observed since the late 1980s. Along with sea temperature and salinity, dissolved oxygen concentration is a good indicator of the age of water masses and thus also of aeration of the Adriatic related to the atmosphere. In the observed period, several extreme meteorological situations were noted, of which the one recorded in winter 1987 caused changes in the regime of the Adriatic Sea thermohaline circulation.

KEY WORDS: Adriatic Sea, climate change, climate shifts, thermohaline conditions, oxygen, Eastern Mediterranean Transient (EMT)

1. UVOD

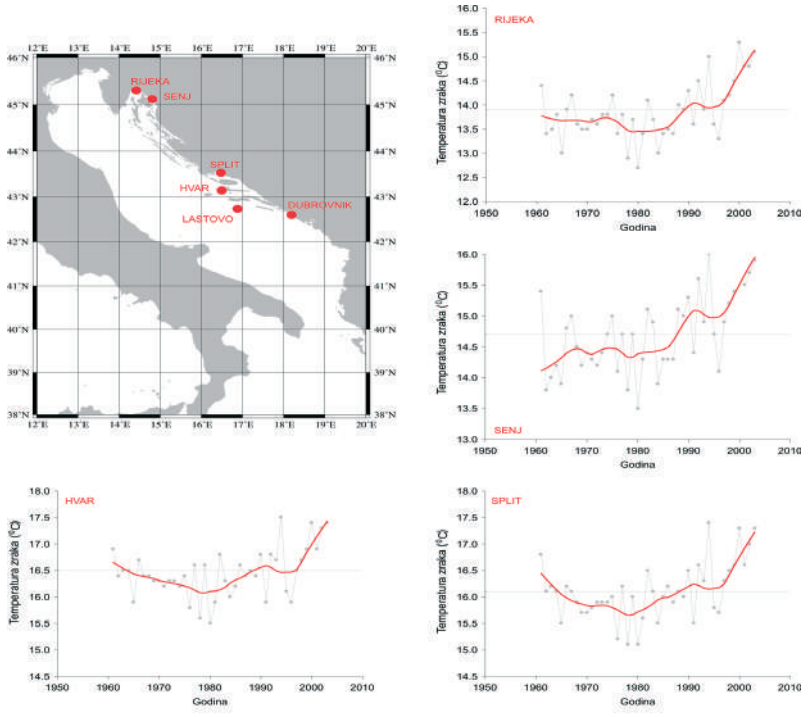
Jadran je, zbog svog položaja, more s izraženom sezonskom i višegodišnjom varijabilnošću. Geografski je smješten u području gdje su sezonske i mezoskalne promjenjivosti glavnih atmosferskih parametara, kao što su solarno zračenje, vjetar, temperatura i oborina, važni čimbenici promjenjivosti temperature, saliniteta i kisika. Jadran je specifičan bazen. U njegovom sjevernom dijelu u zimama intenzivnog ohlađivanja i učestalih epizoda bure formira se sjevernojadranska voda koja je odgovorna za opću cirkulaciju Jadrana. Za vrijeme ekstremnih vremenskih situacija, npr. za vrijeme jakih epizoda bure gubitak topline s površine mora je izrazit. Ovaj proces u graničnom sloju uzrokuje dvije, za termohalinu cirkulaciju (THC) vrlo bitne stvari: 1) hlađenje površinskog sloja mora jer se procesom isparavanja gubi toplina; 2) postupni porast saliniteta površinskog sloja mora jer procesom isparavanja površinski sloj mora gubi vlagu. Ovo su preduvjeti stvaranja guste vode, čije je formiranje u Jadranu povezano s njegovom mezoskalnom dinamikom na vremenskim skalama od sinoptičke, sezonske, dekadne i klimatske. U ovisnosti o zimskim uvjetima nad Jadranom njegova termohalina cirkulacija može biti dvojaka: u godinama kada su zime toplije izmjena vode sa Sredozemljem je slabija (ne-ingresione godine), dok je u razdobljima hladnih zima izmjena intenzivnija, čime se povećava temperatura i salinitet intermedijalnih voda srednjeg Jadrana (ingresione godine). Promjene u polju tlaka zraka nad Sjevernim Atlantikom, Europom i Mediteranom određuju mezoskalnu aktivnost te utječu na količinu srednje-duboke (intermedijalne) vode koja je u godinama intenzivnog ulaska prisutna u intermedijalnog sloju istočne obale Jadrana. Na klimatskoj vremenskoj skali, uočene globalne promjene klime odražavaju se na klimu Jadrana uzrokujući kontinuirani porast temperature zraka i mora, značajnu dekadnu promjenjivost oborine i saliniteta te promjenu njegove termohaline cirkulacije. Duž cijele obale Jadrana od početka 80-ih godina prošlog stoljeća primjetan je kontinuirani porast prizemne temperature zraka. Rezultati procjene buduće promjene klime Hrvatske dobiveni na osnovu regionalnog klimatskog modela RegCM analizirani su za sve sezone iz dva 30-godišnja razdoblja: 1961-1990, koje predstavlja sadašnju klimu, te 2041-2070, koje predstavlja projekciju buduće klime prema A2 scenariju IPCC-ja (Branković i drugi, 2009). Prema ovom modelu predviđa se u svim sezonama povećanje temperature zraka. U hladnijem dijelu godine zagrijavanje će biti nešto veće u sjevernoj Hrvatskoj, dok će u toplijem razdoblju zagrijavanje biti veće u primorskom dijelu Hrvatske. I u oborinskom

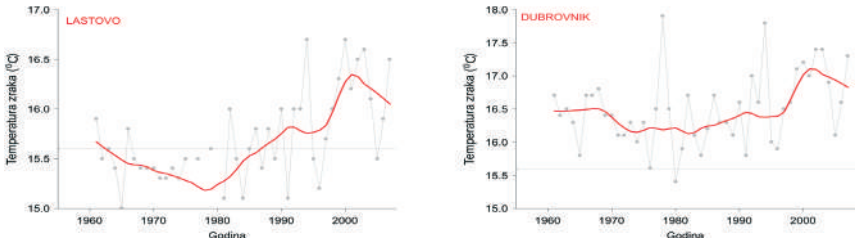
režimu primjećuje se znatna promjenjivost. Duž hrvatskog dijela Jadrana izražena je znatna međugodišnja varijabilnost sa zajedničkim negativnim trendom. Smanjenje ukupne količine oborine prema rezultatima grupe za klimatska istraživanja DHMZ-a očekuje se u većem dijelu godine, prvenstveno u primorskom dijelu Hrvatske i neposrednom zaleđu. Važno je spomenuti kako globalne promjene klime, bilo kontinuirane i/ili nagle djeluju na promjene temperature i saliniteta čitavog vodenog stupca te uz promjenu cirkulacije mijenjaju strukturu i dinamiku ekosustava. Svrha je ovoga rada pokazati na koji način se promjene u atmosferi sjeverne hemisfere odražavaju na termohaline osobine i cirkulaciju u Jadranu u vrijeme naglih i rastućih promjena klime.

2. VIŠEGODIŠNJA PROMJENJIVOST

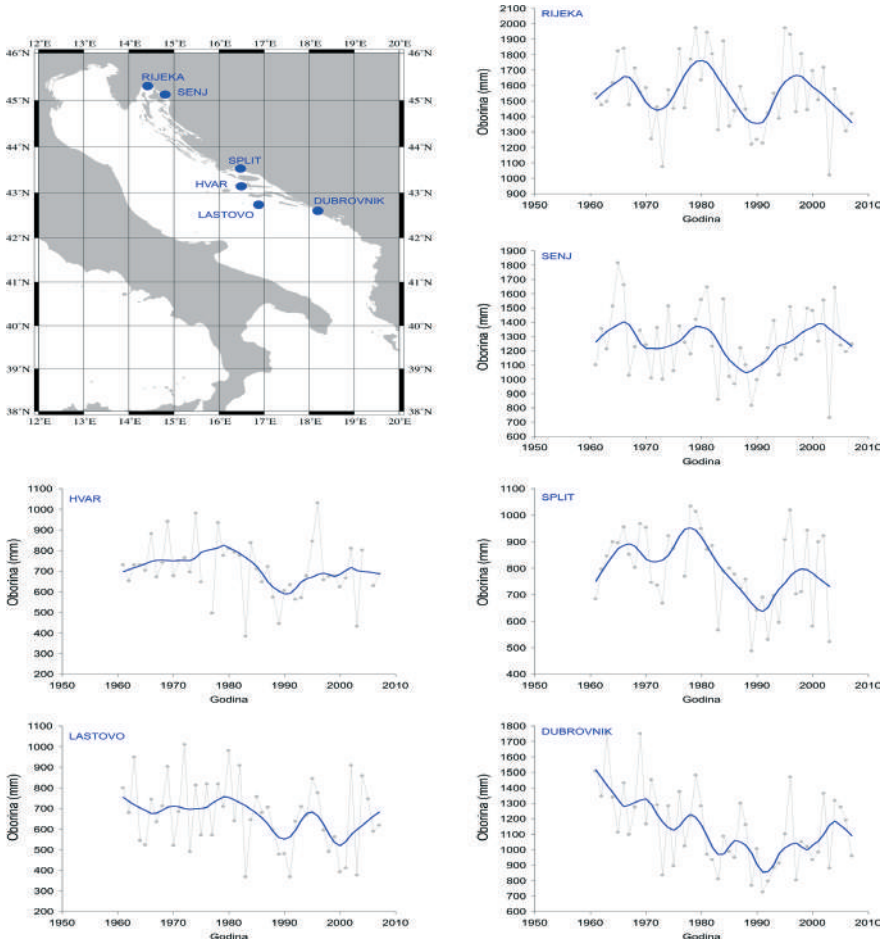
2.1. Hemisferske atmosferske promjene i klima Jadrana

Hemisferska razdioba tlaka zraka dobar je pokazatelj klimatskih promjena. Te se razdiobe definiranju razlikom tlaka zraka između dvaju geografskih područja i predstavljaju atmosferske oscilacije čije se jačine izražavaju indeksima. Sjevernoatlantska oscilacija (eng. North Atlantic Oscillation; NAO) je značajna mjera klimatske varijabilnosti na sjevernoj hemisferi. NAO se definira kao kolebanje atmosferskog tlaka na području Islanda i Azora. Zimski indeks te oscilacije značajno regulira zimske uvjete u Sredozemnom moru i Jadranu Xoplaki i drugi., 2003), a ima i značajan utjecaj na promjene ekosustava Jadrana (Grbec i drugi, 2009). Pokazano je da su višegodišnje promjene temperature zraka i oborine (slika 1) nad Jadranom kontrolirane atmosferskim procesima na sjevernoj hemisferi (Bice i drugi, 2011).





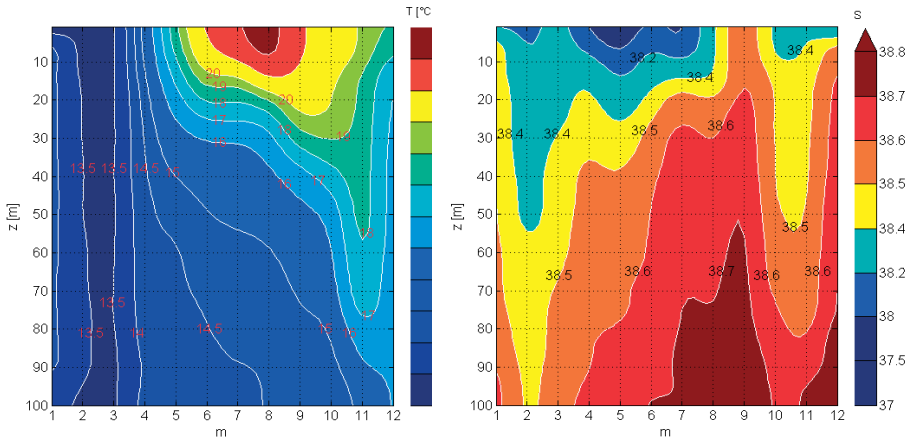
Slika 1. Višegodišnje promjene temperature zraka duž istočne obale Jadrana (prema: Grbec, 2006).



Slika 2. Višegodišnje promjene oborine duž istočne obale Jadrana (Prema: Grbec, 2006)

2.2. Višegodišnje promjene temperature, saliniteta i kisika

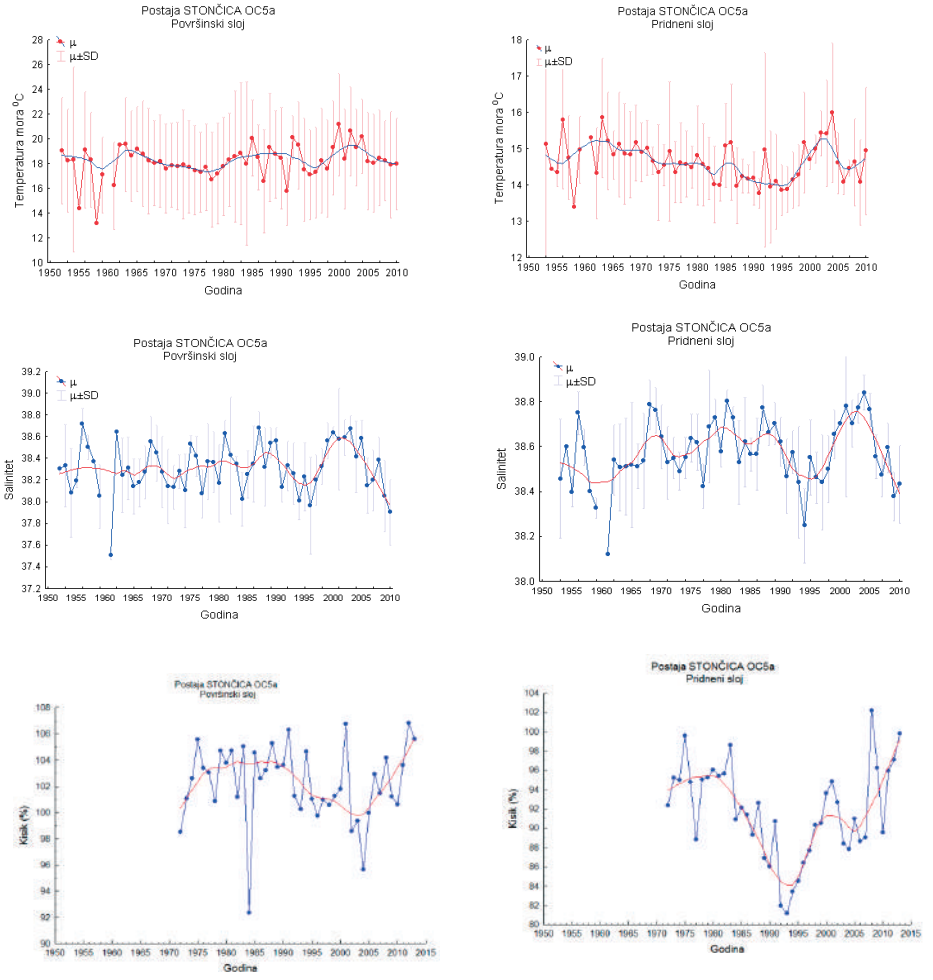
Termohaline se osobine u moru mijenjaju kombiniranim djelovanjem izmjene topline i soli horizontalnim i vertikalnim procesima, i povezane su s djelovanjem fizikalnih procesa na regionalnoj skali Jadrana i prostornoj skali većoj od Jadrana. Promjene tih svojstvima mora ukazuju na djelovanje klimatskih promjena i skokova koje mijenjanjem preduvjeta za stvaranje NAdDW, LIW te drugih vodenih masa značajnih za Jadran mijenjaju cirkulaciju u moru, i lokalne termohaline osobine. Izražena termohalina promjenjivost Jadrana rezultat je ne samo sezonski procesa na granici s atmosferom već je uvjetovana i izmjenom vode sa Sredozemljem. Srednji sezonski profili temperature i saliniteta u toplom i hladnom dijelu godine na profilu Split-Gargano jasno ističu tu razliku. Zimi je temperaturno homogen vodeni stupac prisutan na cijelom profilu (slika 3), u polju saliniteta uz obalu je prisutna voda nižeg saliniteta koji raste udaljavanjem od obale te povećanjem dubine. Ljeti je vodeni stupac stratificiran, jasno se odvaja površinski od intermedijalnog i pridnenog. Zbog navedenog promjene na klimatskoj skali potrebno je promatrati odvojeno za površinski i pridneni sloj.



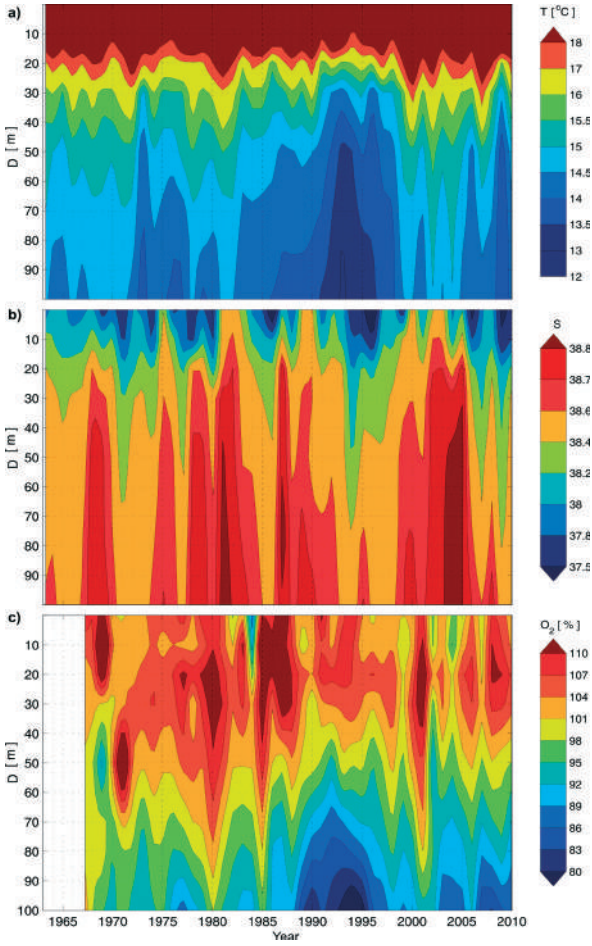
Slika 3. Srednji godišnji hod temperature i saliniteta. Postaja Stončica Otok Vis, razdoblje 1998.-2010.

Zadnjih je desetljeća uočena izrazita promjenjivost srednjih godišnjih vrijednosti temperature i saliniteta otvorenih voda srednjeg Jadrana kao posljedica promjene sistema vjetrova nad Sredozemljem i sjevernom hemisferom (Matić i drugi, 2011). Trend promjenjivosti (slika 4.) nije linearan već su za Jadran karakteristične nelinearne oscilacije, atmosferski uzrokovane, koje mogu trajati nekoliko godina, pa čak i desetljeća. U razdoblju od 1961. do 2010. u Jadranu je uočeno nekoliko signifikantno različitih klimatskih stanja: razdoblje do 1987. godine, razdoblje (1987.-1998.) te razdoblje nakon 1998. godine. Prelazak ili skok iz jednog klimatskog stanja u drugo uvjetovan je ekstremnim vremenskim situacijama. Razdoblje 1987. – 1998. ističe se kao razdoblje značajno snižene temperature mora, saliniteta i kisika kao posljedica modificirane cirkulacije u Sredozemlju koja je spriječila ulazak toplije i slanije Levantinske vode u Jadran. To je posebno uočljivo u slojevima ispod termokline u uvjetima stratificiranosti

vodenog stupca. Temperatura, salinitet i kisik ovoga sloja tijekom 1987.-1998. osciliraju oko niže srednje vrijednosti. Važno je istaći kako povezanost s atmosferom i klimatskim promjenama/skokovima možemo pratiti na promjenama topline i sadržaja soli u površinskom sloju zimi u sjevernom Jadranu te u dubljim slojevima na Palagruškom pragu tijekom toplog dijela godine (Grbec i drugi, 2009). Združeni efekti hladnih zima i stvaranje modificirane termohaline cirkulacije Jadrana pod utjecajem EMT (Eastern Mediterranean Transient; Klein i drugi, 1990) koja je spriječila ulazak toplije i slanije vode u Jadransko more razlogom su znatnog pada temperature mora u razdoblju 1987.-1998. Godine 1998. započinje u Jadranu novi režim. Temperatura i salinitet u tom razdoblju signifikantno su veći u cijelom vodenom stupcu u odnosu na prethodno razdoblje (slika 5).



Slika 4. Višegodišnje promjene temperature mora, saliniteta i kisika površinskog i pridnenog sloja (postaja Stončica)



Slika 5. Višegodišnja promjenjivost temperature mora, saliniteta i kisika u području srednjeg Jadrana.

ZAKLJUČAK

U vrijeme sve izrazitije promjene klime ekosustav Jadranskog mora pod značajnim je utjecajem atmosferskih promjena koje se događaju na sjevernoj hemisferi te na regionalnoj skali Jadrana. U svrhu objašnjenja međuovisnosti ekosustava Jadrana i atmosferskih procesa na različitim prostornim skalama (od hemisferske do regionalne) analizirana je višegodišnja (1961.-2010.) promjenjivost sustava atmosfera-more. Unutar promatranog vremenskog razdoblja najznačajnija promjena dogodila se između 1987. i 1998. u intermedijalnom sloju srednjeg Jadrana i bila je obilježena padom temperature mora i saliniteta te kisika kao posljedica slabijeg ventiliranja Jadrana. Izdvojena su signifikantno različita stanja Jadrana prije i poslije kasnih osamdesetih godina prošlog stoljeća. Uzrok ovim različitim stanjima dijelom se može povezati sa modificiranom termohalinom

cirkulacijom Jadrana koja je pod utjecajem EMT-a sprječavala ulazak toplije i slanije vode u Jadransko more, uzrokujući na taj način uočene promjene u na profilu Split-Gargano. Ovi rezultati dokazuju povezanost između skokova u moru na području srednjeg Jadrana i klime na sjevernoj hemisferi putem promjena u regionalnim vremenskim uvjetima te ističu važnost utjecaja klimatskih promjena i skokova na regionalnoj skali Jadrana.

LITERATURA

[1] Bice, D. Alessandro Montanari, A. Vučetić, V. and Vučetić, M. (2011): *The influence of regional and global climatic oscillations on Croatian climate. Int. J. Climatol*. DOI: 10.1002/joc.2372.

[2] Branković, Čedo; Srnec, Lidija and Patarčić Mira (2010): *An assessment of global and regional climate change based on the EH5OM climate mode ensemble. Climate change*, 98, 172; 21-49.

[3] Grbec, B. (2006.): *Osobine klime Jadrana*. Izvješće s prve znanstveno-stručne radionice - Oceanografska istraživanja Jadrana u sklopi projekta Program praćenja stanja Jadranskog mora; urednici Grbec, B i Marasović, I. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split,

[4] Grbec, B.; Morović, M.; Kušpilić, G.; Matijević, S.; Matić, F.; Beg Paklar, G.; Ninčević, Ž. (2009): *The relationship between the atmospheric variability and productivity in the Adriatic Sea area*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 89, 8; 1549-1558.

[5] Klein B., Roether W., Manca B.B., Bregant D., Beitzel V., Kovačević V. and Luchetta A. (1990): *The large deep water transient in the Eastern Mediterranean*. Deep-Sea Research 46, 371-414.

[6] Matić, F., Grbec, B. & Morović, M. (2011).: *Indications of Climate Regime shifts in the Middle Adriatic Sea*. Acta Adriat. 52(2): 235-246.

[7] Xoplaki E., Gonzales-Rouco J.F., Luterbacher R. J. & H. Wanner, H. (2003). *Mediterranean summer air temperature variability and its connection to the large-scale atmospheric circulation and SSTs*. Clim. Dynam. 20(7-8): 723-739.

AUTORI

prof.dr.sc. Branka Grbec [a]

doc. dr.sc. Grozdan Kušpilić [a]

[a] Institut za oceanografiju i ribarstvo, Šetalište I. Meštrovića 63, Split, 21000 Split, Hrvatska grbec@izor.hr; kuspe@izor.hr

R 1.41.

OTOPLJENI ORGANSKI UGLJIK U JADRANU: DUGOROČNA ISPITIVANJA - MOGUĆI POKAZATELJ GLOBALNIH PROMJENA

Vjeročka Vojvodić, Jelena Dautović, Božena Ćosović, Nataša Tepić, Irena Ciglenečki-Jušić

SAŽETAK: Otopljeni organski ugljik (DOC) u moru dinamična je komponenta globalnog ciklusa ugljika, jedan je od najvećih bio-aktivnih spremnika ugljika na Zemlji po zastupljenosti sličan atmosferskom CO2, sudjeluje u svim biogeokemijskim procesima i važan je parametar kakvoće mora. Danas se dinamika DOC ispituje u kontekstu zatopljenja te je prepoznata kao mogući barometar globalnih promjena.

U području sjevernog Jadrana izloženog brojnim prirodnim i antropogenim utjecajima tijekom 26 godina ispitivanja opažena su snažna vremenska i prostorna kolebanja koncentracija DOC koja ukazuju na: 1) obilježja eutrofikacije s najvišim zabilježenim prosječnim vrijednostima u 1998. i 2002. (1,72 mg C/L i 1,64 mg C/L); 2) obilježja oligotrofikacije s najnižim vrijednostima u 2006. (1,06 mg C/L); 3) novi ciklus akumulacije DOC tijekom ljeta i jeseni u razdoblju od 2010.-2012. (1,34 mg C/L-1,62 mg C/L) uz neuobičajeno niske koncentracije tijekom zime i proljeća.

Novija istraživanja DOC (2012.-2013.) priobalnih i prijelaznih voda jadranskog vodnog područja (Limski kanal, Bakarski zaljev, Šibenski akvatorij, Bračko-splitski kanal te Pašmansko-zadarski kanal) ukazuju na dobru kakvoću mora ali i na neke specifičnosti, poput povišenih prosječnih koncentracija u proljetnim i ljetnim mjesecima u Limskom i Šibenskom kanalu (1,69 mg C/L i 1,93 mg C/L) zbog globalnih i/ili antropogenih utjecaja kojima se u budućnosti treba posvetiti odgovarajuća pažnja.

KLJUČNE RIJEČI: DOC, sjeverni Jadran, dugoročne promjene, globalne promjene

DISSOLVED ORGANIC CARBON IN THE ADRIATIC: LONG-TERM INVESTIGATIONS - POTENTIAL INDICATOR OF GLOBAL CHANGES

SUMMARY: Dissolved organic carbon (DOC) in seawater is a dinamic component of the global carbon cycle, one of the largest bioactive reservoirs of carbon on Earth, represented equally as the atmospheric CO2, it is included in all biogeochemical processes and is an important parameter of the seawater quality assessments. Nowadays, DOC dinamics

is investigated in the context of warming and is recognized as a possible barometer of global changes.

The northern Adriatic, exposed to many natural and anthropogenic influences during 26 years of investigation, was characterized as an area with strong temporal and spatial changes of average DOC concentrations which indicate on: 1) eutrophication periods with maximal DOC values in 1998 and 2002 (1,72 mg C/L i 1,64 mg C/L); 2) oligotrofication periods with minimal values in 2006 (1,06 mg C/L); 3) new cycle of DOC accumulation during summers and autumns in the period from 2010. to 2012. (1,34 mg C/L-1,62 mg C/L) with unusually low DOC concentrations during winters and springs.

Recent DOC investigations (2012-2013) of the Adriatic coastal waters (Lim Channel, Bakar Bay, Šibenik Channel, Brač-Split Channel, Pašman-Zadar Channel) point to good seawater quality but also to some specificities such as elevated average concentrations in spring and summer months in Lim Channel and Šibenik Channel (1,69 mg C/L i 1,93 mg C/L), most probably due to global or anthropogenic influences that need to be monitored more closely in the future.

KEY WORDS: DOC, North Adriatic, long-term changes, global changes

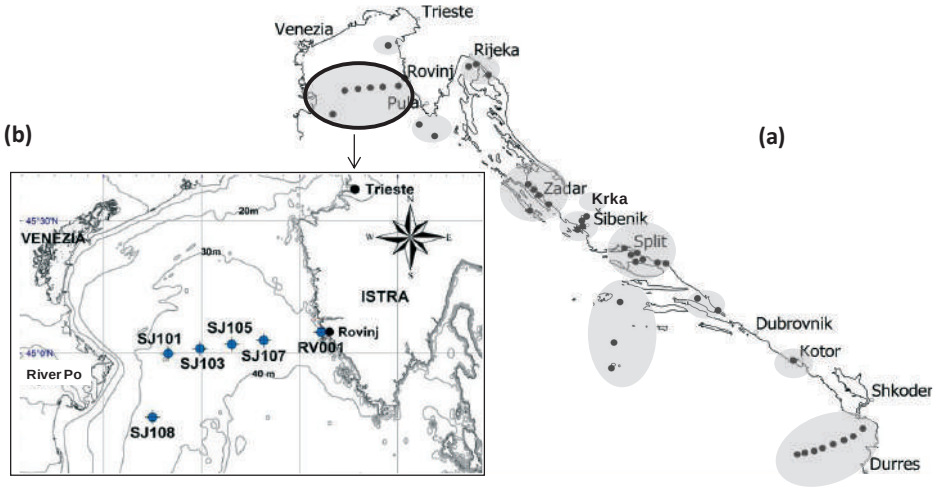
1. UVOD

Otopljeni organski ugljik (DOC) koji čini oko 90% ukupne organske tvari u moru predstavlja jedan je od najvećih bio-aktivnih spremnika ugljika na Zemlji (~700 Pg C), približno jednak količini u atmosferi u obliku CO_2, ima važnu ulogu u globalnom ciklusu ugljika, promjeni klime kao i globalnom živom svijetu. U more dospijeva iz različitih izvora, uključujući izlučevine biljaka i životinja, bakterijsku razgradnju, autolizu mrtvih organizama, unos rijekama, otpadnim vodama i iz atmosfere te čini skup različitih molekula koje reagiraju međusobno, s tragovima metala te sa živim organizmima i neživim dispergiranim česticama u širokom prostornom i vremenskom kontinuumu. Udio partikularne organske tvari (POC) u ukupno prisutnoj organskoj tvari (TOC=DOC+POC) u prosjeku je oko 10 %, a sastoji se od živog i neživog organskog materijala.

S razvojem visokoosjetljivih tehnika mjerenja, u novije vrijeme ispitivanja DOC su se premjestila s izuzetno opsežnih metodoloških na kritično važno određivanje prostornih i vremenskih raspodjela organskog ugljika u moru koja se mogu primijeniti za ispitivanja temeljnih regulatornih mehanizama. Tako je u novije vrijeme, zbog važne uloge DOC u biogeokemijskim procesima u moru, glavni cilj razvijanje modela koji će moći unaprijed predvidjeti kako biogeokemijski ciklusi u moru te ekosustavi mora odgovaraju na kompleksne utjecaje kao što su klimatske promjene na dugoj vremenskoj skali, promjene fizikalnih dinamika, kemiju ugljikovog ciklusa, unosi hranjivih tvari itd. Prihvaćeno je da su za određivanje mehanizama putem kojih život u moru utječe na biogeokemijske cikluse najbolja ona istraživanja/promatranja koja pokrivaju slične vremenske skale, od nekoliko godina do nekoliko desetljeća, a kritični parametri, uz fizička mjerenja (salinitet, temperatura, pH…) su i DOC i POC, pCO2 na površini oceana, hranjive tvari, kisik, klorofil a, DIC (otopljeni anorganski ugljik), ukupni alkalinitet,13C unutar DIC i drugi (Hansell i Carlson, 2015).

Prva istraživanja DOC u Jadranu duboko usječenom zaljevu Sredozemnog mora, pod snažnim utjecajem europskog kontinenta i jadranskih rijeka kao izvora slatkih voda i

hranjivih soli, s varijabilnom i složenom cirkulacijom i režimom vjetra te izraženim sezonskim i međugodišnjim hidrološkim varijabilnostima, započela su krajem 80-tih (ušće rijeke Krke) (Slika 1a) te se sustavno ispituje u području sjevernog Jadrana od kraja 1989. do danas (Slika 1b) (Vojvodić i Ćosović, 1996; Giani i drugi, 2005; Vojvodić i drugi, 2015.,-u pripremi). DOC se ispituje i u drugim dijelovima Jadrana (u Podvelebitskom kanalu, oko kaveza za uzgoj riba u Zadarskom području, Šibenskom kanalu, Rogozničkom jezeru (Ćosović i drugi, 2000; Ciglenečki i drugi, 2005), Mljetskim jezerima, Bokokotorskom zaljevu (Dautović i drugi, 2012), Albanskim priobalnim vodama (Plavšić i drugi, 2012). Novija su istraživanja DOC (2012.-2013.) provedena u okviru Nadzornog i operativnog monitoringa priobalnih i prijelaznih voda jadranskog vodnog područja uključivala Limski kanal, Bakarski zaljev, Šibenski akvatorij, Bračko-splitski kanal te Pašmansko-zadarski kanal (Slika 1a).



Slika 1. (a) Područje ispitivanja DOC u Jadranu 1989.-2014.; (b) Postaje na transektu Rovinj – ušće rijeke Po u sjevernom Jadranu

U ovom radu prikazani su rezultati dugogodišnjih ispitivanja prostorne i vremenske raspodjele koncentracija DOC u razdoblju od 1989.-2014. u području relativno zatvorenog i plitkog morskog bazena sjevernog Jadrana. Sjeverni Jadran je zbog izrazitih sezonskih i dugoročnih kolebanja oceanografskih i bioloških uvjeta, uglavnom zbog utjecaja eutrofne slatke vode rijeke Po, sezonskih i godišnjih varijacija uzrokovanih meteorološkim faktorima, kao i advekcija oligotrofne morske vode iz središnjeg dijela Jadrana duž istočne obale i vrlo varijabilne i složene cirkulacije, idealan model za praćenje biogeokemijskih procesa i globalnih promjena (Vojvodić i Ćosović, 1996; Giani i drugi, 2005).

Kroz povijest postoji niz zapisa o pojavama prekomjernog cvjetanja mora uz stvaranje velikih sluzavih nakupina/agregata u sjevernom Jadranu. Krajem osamdesetih godina prošlog stoljeća te su pojave s eutrofnim karakteristikama mora bile posebno učestale i s različitim intenzitetom obilježile su 1988., 1989., 1991., 1997. godinu (Ciglenečki i drugi 2000; 2003) te razdoblje od 2000. do 2004. U kasnijem razdoblju (2005.-2014.) nastupile su značajne promjene u smislu oligotrofikacije ekosustava mora bez pojava prekomjernog

cvjetanja mora što se direktno odrazilo na razine DOC (Mozetič i drugi, 2010.).
U radu će se također dati kratki pregled novijih istraživanja DOC tijekom 2012. i 2013. u okviru Nadzornog i operativnog monitoringa priobalnih i prijelaznih voda jadranskog vodnog područja koja su uključila Limski kanal, Bakarski zaljev, Šibenski akvatorij, Bračko-splitski kanal te Pašmansko-zadarski kanal.

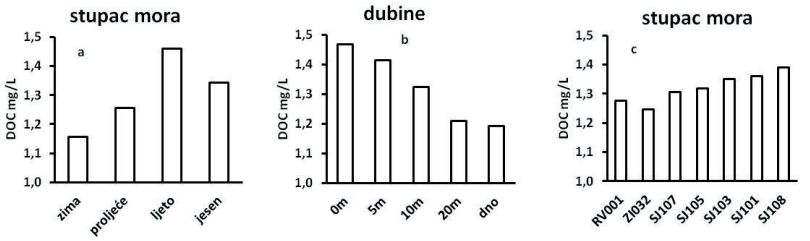
2. METODOLOGIJA

DOC koncentracije analizirane su uz primjenu vrlo osjetljive metode visokotemperaturne katalitičke oksidacije (HTCO) s platinom na siliki kao katalizatorom te nedisperznim infracrvenim detektorom za CO2 na TOC-VCPH (Shimadzu) instrumentu (Dautović i drugi, 2012). Prosječna koncentacija slijepe probe instrumenta i MQ vode iznosi 0,03 mg C/L, a reproducibilnost mjerenja je u prosjeku 1,6%. Metoda određivanja DOC je precizna, testirana i redovito interkalibrirana.
U području sjevernog Jadrana uzorci su skupljani na sedam postaja (RV001, ZI032, SJ107, SJ105, SJ103, SJ101 i SJ108) na 5-6 dubina: 0m, 5m, 10m, 20m, 30m i dno (Slika 1b). Tijekom 1994. te u periodu od 1998. do 2014. uzorci su skupljani uz mjesečnu dinamiku, dok su u ranijem razdoblju, od 1989. najčešće skupljani sezonski i na manjem broju dubina.

3. REZULTATI

3.1. Uobičajena sezonska i prostorna kolebanja DOC u sjevernom Jadranu

Raspodjela prosječnih koncentracija DOC u stupcu morske vode na postajama profila Rovinj-ušće rijeke Po prikazana za razdoblje od 1998. do 2011. karakteristična je i pokazuje izražena sezonska kolebanja s najnižim vrijednostima u zimskim mjesecima te porastom u proljetnom razdoblju i maksimalnim vrijednostima u ljetnim i jesenskim mjesecima (Slika 2a). Kolebanja sadržaja DOC u vertikalnom stupcu mora najizraženija su u gornjem, a posebno u površinskom sloju mora s izraženim trendom opadanja prema dnu (Slika 2b). Horizontalni gradijent, odnosno smanjivanje koncentracija DOC od zapadnog dijela profila pod utjecajem eutrofne vode rijeke Po prema istočnom dijelu profila također je najizraženiji u gornjem sloju mora, dok u dubljim slojevima gradijenti koncentracija slabe. Prosječne vrijednosti DOC u stupcu mora na postajama izloženijim utjecaju rijeke Po (SJ108) 8% su veće od vrijednosti na istočnim postajama (SJ 107) (Slika 2c).



Slika 2. Kolebanja prosječnih koncentracija DOC u razdoblju od 1998.-2011.: a) u različitim sezonama, b) po dubinama, c) na postajama profila Po

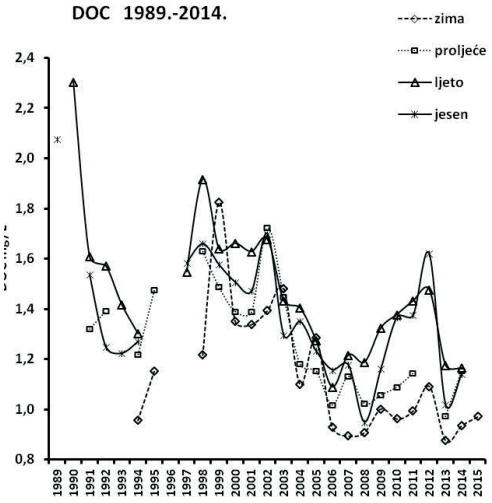
Međutim, intenzitet sezonskih i prostornih kolebanja sadržaja DOC značajno se razlikuje između pojedinih godina (Tablica 1). Tako su povećane razine DOC u površinskom sloju mora povezane s eutrofnim pojavama prekomjernog cvjetanja mora uz stvaranje sluzavih agregata, kao na primjer tijekom 2000., 2002. i 2004. kad su učestalosti pojavljivanja koncentracija DOC >1,4 mg C/L zabilježene u 57% - 97% uzoraka. S druge strane, u godinama bez tih pojava u 60%-79% uzoraka sadržaj DOC kretao se u rasponu vrijednosti od 0,8 mg C/L do 1,4 mg C/L, ukazujući na značajne promjene u smislu oligotrofikacije ekosustava sjevernog Jadrana.

Tablica 1. Učestalost pojavljivanja (%) koncentracija DOC (mg C/L) u površinskom sloju mora na području profila Po u razdobljima intenzivnog cvjetanja mora s pojavama agregata (2000., 20002. i 2004.) i bez pojava agregata (2005.-2007.)

raspon konc. DOC	EUTROFNI UVJETI			OLIGOTROFNI UVJETI		
	%	%	%	%	%	%
mg/L	2000	2002	2004	2005	2006	2007
0,2-0,8						6,2
0,8-1,4	28,9	3,4	43,0	60,0	79,2	67,3
1,4-2	51,1	59,3	57,0	38,6	18,9	26,5
>2	20,0	37,3		1,4	1,9	

3.2. Dugoročna kolebanja organske tvari u sjevernom Jadranu

Prosječna koncentracija DOC u dugom nizu godina (1989.-2014.) u cijelom području sjevernog Jadrana (>8 500 uzoraka) iznosi 1,35 ± 0,42 mg C/L. Analiza kolebanja prosječnih koncentracija DOC pokazala je da su njihove promjene tijekom pojedinih godina i sezona značajno razlikuju. (Slika 3) (Vojvodić i drugi, 2015.,u pripremi).



Slika 3. Prosječne koncentracije DOC na postajama profila Po u različitim sezonama u razdoblju 1989.-2014.

Već su prve analize DOC u sjevernom Jadranu u jesen 1989. i ljeto 1990. ukazale na stanje visoke akumulacije DOC s najvećim prosječnim vrijednostima od 2,3 mg C/L i 2,08 mg C/L. Međutim, u razdoblju od 7 godina, od 1989. do 1995., usprkos pojave sluzavih nakupina 1989. i 1991., zabilježen je trend značajnog opadanja prosječnih vrijednosti DOC (1,22 mg C/L-1,48 mg C/L) (Slika 3). U sljedećem razdoblju od 6 godina, od 1997. do 2002. započeo je novi ciklus akumulacije DOC s najvećim zabilježenim prosječnim vrijednostima tijekom 1998. (1,92 mg C/L) i 2002. (1,72 mg C/L), dok je u narednim godinama zabilježen trend opadanja s najnižim prosječnim vrijednostima u 2006. (0,93 mg C/L-1,16 mg C/L). Usprkos vidljivog trenda opadanja sadržaja DOC poslije 1998., štetne pojave prekomjernog cvjetanja mora uz nastajanje voluminoznih sluzavih nakupina događale su se sve do 2004. godine (1997., 2000.-2004.). U razdoblju od 2010.-2012. zabilježen je ponovo trend porasta koncentracija DOC, ali s drugačijom dinamikom u odnosu na prethodna razdoblja: porast uočen tijekom ljeta i jeseni pratile su neuobičajeno niske koncentracije DOC tijekom zime, a dijelom i proljeća (Slika 3).

Razlike između najviših i najnižih prosječnih vrijednosti DOC između 1998. i 2006. bile su do 50%. Reducirani sadržaj DOC poslije 2004., vjerojatno je odigrao značajnu ulogu u izostanku pojave prekomjernog cvjetanja mora doprinoseći tako poboljšanju ekosustava sjevernog Jadrana (proces oligotrofikacije).

Istovremeno, u zadnjem desetljeću u sjevernom Jadranu dogodile su se i druge promjene koje podupiru zaključke o mogućem procesu oligotrofikacije kao što su smanjenje protoka rijeke Po i promjene režima saliniteta, značajna redukcija unosa hranjivih soli, smanjenje sadžaja Chl a i fitoplanktonske biomase, pomak prema manjim klasama planktonskih specija, također i unutar mikroplanktonske zajednice, promjena cirkulacije u Jadranu (Mozetič i drugi, 2010; Gačić i drugi, 2010.; Djakovac i drugi, 2012).

Analiza učestalosti pojavljivanja raspona koncentracija DOC u dva karakteristična odabrana razdoblja od 7 i 6 godina (1998.-2004. sa zabilježenim pojavama prekomjernog cvjetanja mora i sluzavih agregata te 2005.-2014. bez te pojave) ukazuje da se koncentracija DOC veća od 1,4 mg C/L može uzeti kao „geokemijski tracer“ akumulacije otopljenog organskog ugljika koja uz druge povoljne uvjete, kao na primjer temperatura, stratifikacija, strujanja, dotok hranjivih soli i drugo može dovesti do pojave eutrofikacije i opadanja kakvoće mora u sjevernom Jadranu. Niže vrijednosti DOC od 1,4 mg C/L u dužem periodu mogu se uzeti kao mjera oligotrofnih uvjeta u moru.

Za usporedbu, rezultati novijih istraživanja DOC (2012.-2013.) u okviru Nadzornog i operativnog monitoringa priobalnih i prijelaznih voda jadranskog vodnog područja (Limski kanal, Bakarski zaljev, Šibenski akvatorij, Bračko-splitski kanal te Pašmansko-zadarski kanal) ukazuju na dobru kakvoću mora, ali i na neke specifičnosti dinamike DOC poput povišenih prosječnih koncentracija s eutrofnim obilježjima u proljetnim i ljetnim mjesecima u Limskom i Šibenskom kanalu (1,79 mg C/L i 1,93 mg C/L), najvjerojatnije zbog globalnih i/ili antropogenih utjecaja kojima se u budućnosti treba posvetiti odgovarajuća pažnja.

ZAKLJUČAK

Dugoročna ispitivanja sadržaja i raspodjele DOC u sjevernom Jadranu pokazuju snažne vremenske i prostorne oscilacije koje ukazuju na: 1) obilježja eutrofikacije s odabranom graničnom prosječnom vrijednosti DOC >1,4 mg C/L u (1998.-2004); 2) obilježja

oligotrofikacije s prosječnim vrijednostima DOC <1,4 mg C/L (2005.-2009.); 3) novi ciklus akumulacije DOC tijekom ljeta i jeseni u razdoblju 2010.-2012. s eutrofnim obilježjima, ali uz neuobičajeno niske koncentracije DOC tijekom zime i proljeća. Novija ispitivanja prijelaznih i priobalnih voda u Limskom kanalu, Bakarskom zaljevu, Šibenskom akvatoriju, Bračko-splitskom kanalu te Pašmansko-zadarskom kanalu pokazuju dobru kakvoću mora ali i na neke specifičnosti dinamike DOC poput povišenih koncentracija s eutrofnim obilježjima u proljetnim i ljetnim mjesecima posebno u Limskom i Šibenskom kanalu najvjerojatnije zbog globalnih i/ili antropogenih utjecaja kojima se u budućnosti treba posvetiti odgovarajuća pažnja.

Prikazani rezultati u ovom radu dio su bogate baze podataka koja postoji o DOC mjerenjima na području Jadrana u Laboratoriju za fizičku kemiju vodenih sustava Instituta Ruđer Bošković. S obzirom na opće prihvaćene potrebe definiranja globalnih promjena u kojima DOC u moru ima važnu ulogu, zatim na trenutne i buduće zahtjeve EU te provedbe okvirnih direktiva, postojeći podaci te dosadašnje znanje i iskustvo trebalo bi uzeti u obzir pri kreiranju i provedbi znanstveno-istraživačkih ali i drugih monitoring programa. Također, za istraživanje globalnih promjena danas postoji snažni stimulans za međusobno interdisciplinarno približavanje struka: kemije mora, organske geokemije, analitičke kemije, mikrobiologije, molekularne biologije, modelarstva i druge.

ZAHVALA

Prikazani rezultati prikupljeni su provedbom nekoliko projekata: 1) projekti financirani od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa, RH, Projekt Jadran (1998.-2011.) i MZOŠ projekt „Priroda organske tvari i interakcija s mikrokonstituentima i površinama u okolišu“ (2007-2013.); 2) MAT projekt „Mucilages in the Adriatic and Tyrrhenian seas“ (1998-2002), financiran od strane talijanskog Ministarstva okoliša i hrvatsko-američke suradnje; 3) projekt „Sustavno ispitivanje kakvoće prijelaznih i priobalnih voda u 2012-2013.“ u suradnji s Institutom za oceanolografiju i ribarstvo u Splitu; 4) projekt 1205 „Sulphur and Carbon dynamics in the marine and fresh water environment“ (SPHERE, 2014-2018) financiran od Hrvatske zaklade za znanost. Autori se zahvaljuju tehničkom suradniku Laboratorija za fizičku kemiju vodenih sustava Zdeslavu Zovku na doprinosu te članovima posada istraživačkih brodova Vila Velebita i Bios II na tehničkoj pomoći pri uzorkovanju tijekom terenskih istraživanja.

LITERATURA

[1] Ciglenečki, I, Ćosović, B, Vojvodić, V, Plavšić, M, Furić, K, Minacci, A, Baldi, F, (2000): The role of reduced sulfur species in the coalescence of polysaccharides in the Adriatic Sea, Marine Chemistry, 71, 233-249.

[2] Ciglenečki, I, Plavšić, M, Vojvodić, V, Ćosović, B, Pepi, M, Baldi, F, (2003): Co-polysaccharide transformation by sulfide in diatom culture and natural mucilage, Mar. Ecol. Prog. Ser., 263, 17-27.

[3] Ciglenečki, I, Carić, M., Kršinić, F, Viličić, D, Ćosović, B, (2005): The extinction by sulfide-turnover and recovery of a naturally eutrophic, meromictic seawater lake, Journal of Marine Systems, 56, 29-44.

[4] Ćosović, B, Ciglenečki, I, Viličić, D, Ahel, M, (2000): Distribution and seasonal variability of organic matter in a small eutrophicated salt lake, Estuarine Coastal and Shelf Science, 51, 705–715.

[5] Dautović, J, Strmečki, S, Pestorić, B, Vojvodić, V, Plavšić, M, Krivokapić, S, Ćosović, B, (2012): Organic matter in the karstic enclosed bay (Boka Kotorska Bay, south Adriatic Sea). Influence of freshwater input, Fresenius Environmental Bulletin, 21 (4a), 995-1006.

[6] Djakovac, T, Degobbis, D, Supić, N, Precali, R, (2012): Marked reduction of eutrophication pressure in the northeastern Adriatic in the period 2000-2009, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 115, 25-32.

[7] Gačić, M, Eusebi Borzelli, GL, Civitarese, G, Cardin, V, Yari, S, (2010): Can internal processes sustain reversals of the ocean upper circulation? The Ionian Sea example, Geophisical Research Letters, 37, L09608, doi:10.1029/2010GL043216, 2010

[8] Giani, M, Savelli, F, Berto, D, Zangrando, V, Ćosović, B, Vojvodić, V, (2005): Temporal dynamic of dissolved and particulate organic carbon in the northern Adriatic Sea in relation to the mucilage events, Science of the Total Environment, 353, 126-138.

[9] Hansell, DA and Carlson, CA (eds), (2015): Biogeochemistry of marine dissolved organic matter – second edition, Academic Press Elsevier, 693

[10] Mozetič, P, Solidoro, C, Cossarini, G, Socal, G, Precali, R, France, J, Bianchi, F, De Vittor, C, Smodlaka, N, Umani, SF, (2010): Recent trends towards oligotrophication of the northern Adriatic: evidence form chlorophyll a time series, Estuaries and Coasts, 33, 362-375.

[11] Plavšić, M, Strmečki, S, Dautović, J, Vojvodić, V, Olujić, G, Ćosović, B, (2012): Characterization and distribution of organic matter using specific physisco-chemical methods: A case study of the southeast Adriatic continental and shelf slope (Albania), Continental Shelf Research, 39-40, 41-48.

[12] Vojvodić, V, and Ćosović, B, (1996): Fractination of surface active substances on the XAD-8 resin: Adriatic Sea samples and phytoplankton culture media, Marine Chemistry, 54(1-2), 119-133.

[13] Vojvodić V, Dautović, J, Tepić, N,Ćosović,B, Ciglenečki, I, (2015). Long term changes of DOC in the norh Adriatic Sea, u pripremi.

AUTORI

dr.sc. Vjeročka Vojvodić [a]
Jelena Dautović, dipl.ing. [a]
dr.sc. Božena Ćosović [a]
mr.sc. Nataša Tepić [b]
dr.sc. Irena Ciglenečki-Jušić [a]

[a] Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Zagreb 10000, Bijenička 54, Hrvatska; vojvodic@irb.hr; jdautov@irb.hr; cosovic@irb.hr; irena@irb.hr

[b] Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje obrazovanja, Petračićeva 4, 10000 Zagreb, Hrvatska; ntepic@ncvvo.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.42.

ODGOVOR FITOPLANKTONSKE ZAJEDNICE NA ANTROPOGENI UTJECAJ U PRIOBALNOM MORU

Živana Ninčević-Gladan, Mia Bužančić, Grozdan Kušpilić, Branka Grbec, Slavica Matijević, Sanda Skejić, Ivona Marasović, Mira Morović, Dagmar Šurmanović

SAŽETAK: Fitoplanktonska zajednica je zbog svog brzog odgovora na promjene u okolišu pouzdan pokazatelj stanja okoliša i jedan je od bioloških elemenata koje za procjenu kvalitete vode propisuje Okvirna direktiva o vodama (ODV). Kako bi se testirao odgovor fitoplanktonske zajednice na antropogene pritiske s kopna, multivarijatne statističke metode korištene su za analizu koncentracije klorofila *a*, brojnosti i sastava fitoplanktonske zajednice u odnosu na antropogeni utjecaj i ekološke varijable kao što su temperatura, slanost i hranjive soli. Analizom su obuhvaćene postaje različitog stupnja opterećenja, a preliminarna procjena antropogenog utjecaja na istraživanim postajama je određena preko LUSI indeksa (**L**and **U**se **S**implified **I**ndeks). Multivarijatna analiza je pokazala da su koncentracije hranjivih soli nitrata i silikata pouzdan pokazatelj utjecaja slatke vode, dok su biomasa i brojnost fitoplanktonske zajednice pouzdan pokazatelj antropogenog utjecaja. Odgovor bioraznolikosti fitoplanktonske zajednice nije bio linearan, a najveća bioraznolikost zabilježena je u srednje eutrofnim odnosno mezotrofnim područjima. Kanonička analiza korespondencije identificirala je sljedeće vrste kao indikatore porasta eutrofikacije: *Skeletonema costatum*, *Scrippsiella trochoidea*, *Guinardia flaccida*, *Leptocylindrus* spp., *Prorocentrum* spp., *Proboscia alata*, *Eutreptiella* spp. i *Pseudonitzschia* spp.

KLJUČNE RIJEČI: Procjena kvalitete vode, Klorofil *a*, Fitoplankton, Bioraznolikost, ODV

RESPONSE OF PHYTOPLANKTON COMMUNITY TO THE ANTHROPOGENIC PRESSURE GRADIENT IN THE COASTAL WATERS OF THE EASTERN ADRIATIC SEA

SUMMARY: Phytoplankton communities are one of the biological elements used for assessment of water quality according to the Water Framework Directive (WFD). Due to their rapid response to changes in the environment, they are a reliable indicator of environmental status. In order to test the response of phytoplankton to anthropogenic pressure, multivariate statistical methods were used for analysis of chlorophyll *a* con-

centration, phytoplankton abundance and composition in relation to the anthropogenic pressure gradient and environmental variables such as temperature, salinity and nutrients. Investigated sites encompassed a wide throphic range according to a preliminary assessment of anthropogenic pressure, quantified through the LUSI index. Statistical analyses indicated nitrate and silicate concentrations as reliable indicators of freshwater influence, and phytoplankton single metrics such as concentrations of chlorophyll *a* and abundances as indicators of anthropogenic pressure. Boundary values for different water quality classes for coastal waters under indirect freshwater influence (Type II) are obtained according to gradient between concentration of chlorophyll a and pressure index (LUSI), which empirically fit to exponential equation. The response of phytoplankton diversity was not linear, as the highest diversity was observed in the area with intermediate disturbance level. The CCA analysis identified *Skeletonema costatum*, *Scrippsiella trochoidea*, *Guinardia flaccida*, *Leptocylindrus* spp., *Prorocentrum* spp., *Proboscia alata*, *Eutreptiella* spp. and *Pseudonitzschia* spp. as local eutrophication indicators, whose abundances increased with nutrients loads.

KEY WORDS: Water quality assessment, Chlorophyll *a*, Phytoplankton, Diversity, WFD

1. UVOD

Eutrofikacije je kao jedna od najduže istraživanih i najvećih prijetnji u obalnim zonama diljem svijeta dobro dokumentirana u znanstvenoj literaturi (Marasović i drugi, 2005;. Smith i drugi, 2006;. Garmendia i drugi, 2012; Sebilo i drugi, 2013.). Unutar Europske zajednice, eutrofikacija morskog ekosustava je prepoznata kao problem koji treba nadzirati. Europskim direktivama (Okvirna direktiva o vodama, ODV i Okvirna direktiva o morskoj strategiji, ODMS) je uspostavljen okvir za zaštitu prijelaznih, priobalnih i podzemnih voda. Do sada se trofička procjenu stanja u Jadranu uglavnom temeljila na koncentraciji klorofila *a* (Weinbauer, 1993; Zavatarelli, 2000) i izračunavanju Trix indeks (Penna, 2004; Mozetič, 2008).

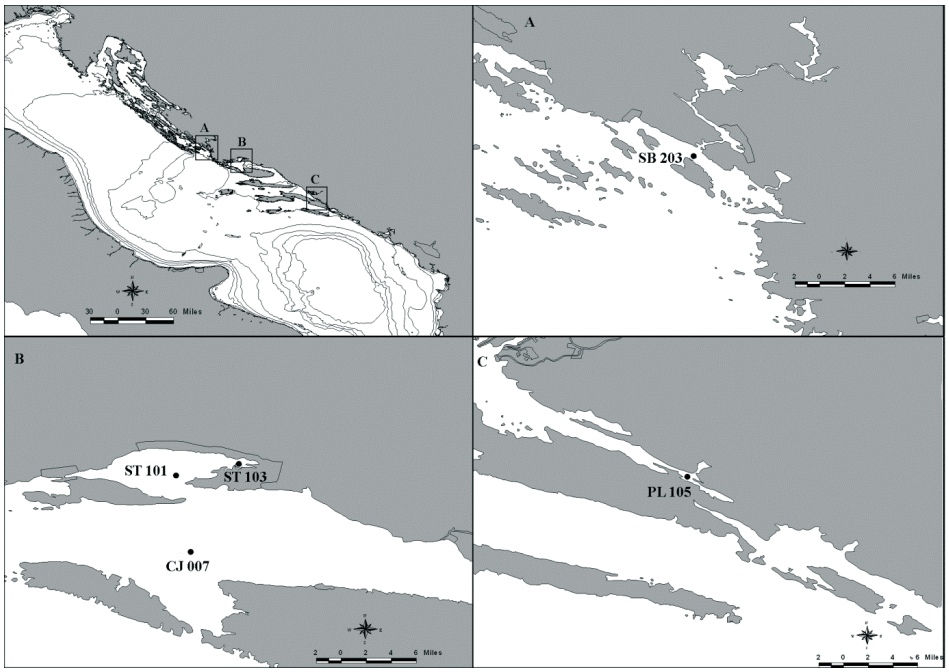
Gore navedene procjene rađene su bez jasnih kriterija kojima se odvajaju različiti tipova voda i ne razlikuju prirodnu od antropogene eutrofikacije. Provedba europskih direktiva zahtijeva razvoj ekološki temeljenih klasifikacijskih sustava za antropogeno inducirane pritiske u svim tipovima vodnih tijela.

Fitoplankton je zbog svoje važne uloge u primarnoj proizvodnji, procesima morskog ekosustava kao i zbog brzog odgovora na promjene u okolišu jedan ok ključnih bioloških elemenata koje za procjenu kvalitete vode propisuje ODV. Prema Direktivi, biološki element fitoplankton se opisuje preko biomase, brojnosti i sastava zajednice i učestalosti cvatnji. Navedeni se pokazatelji također koriste i za procjenu dobrog stanja okoliša prema ODMS u četiri od jedanaest kvalitativnih deskriptora: Bioraznolikost (D1), Nonautohtone vrste (D2), morskom hranidbenom lancu (D4) i eutrofikacija (D5).

Cilj ovog istraživanja je (1) pridonijeti provedbi europskih direktiva u hrvatskim vodama, (2) ispitati odgovor predloženih pokazatelja fitoplanktona na poremećaje u okolišu, (3) odabrati pokazatelje koji daju jasan odgovor na antropogeni pritisak, (4) opisati procjenu kvalitete vode na osnovu fitoplanktona u hrvatskim vodama.

2. MATERIJAL I METODE

Postaje obuhvaćene ovim istraživanjem smještene su u zaljevima s različitim hidrodinamičkim obilježjima i različitim intenzitetom antropogenih pritisaka (Slika 1).



Slika 1. Područje istraživanja s postajama na kojima je obavljeno uzorkovanje

2.1. Fizikalni, kemijski i biološki parametri

Uzorkovanje svih analiziranih fizikalnih, kemijskih i bioloških parametara je obavljeno istodobno u okviru nacionalnog programa praćenja "Jadran" u razdoblju od 2001. - 2007. Uzorkovanje je provedeno na mjesečnoj bazi, s najmanje sedam uzorkovanja godišnje s tim da su uzorkovanjem obuhvaćena sva godišnja doba.

Temperatura i salinitet su mjereni CTD sondom IDRONAUT 316 u razdoblju od 2001-2004 i CTD sondom Seabird-25 do kraja istraživanja. Koncentracije otopljenih hranjivih soli nitrata, nitrita, amonijevih soli, ortofosfata i silikata su određene kolorimetrijski pomoću AutoAnalyzer-3 prema Grasshoff (1976).

Parametri fitoplanktonske zajednice su određeni mjerenjem koncentracije klorofila a i brojnosti i sastava zajednice. Koncentracija klorofila *a* je određena fluorometrijski iz 90% acetonskih ekstrakata prema Strickland i Parsons (1972). Brojnost i sastav fitoplanktonske zajednice su određeni metodom sedimentacije prema Utermöhl (1958).

2.2. Antropogeni pritisak

Budući da se kvaliteta vode procjenjuje u odnosu na antropogene pritiske, napravljena je preliminarna procjena poznatih pritisaka koji bi mogli utjecati na kvalitetu vode. Postojeći

su pritisci preliminarno procijenjeni korištenjem Corine Land Cover informacijskog sustava 2000-2006 i izračunavanjem LUSI indeksa (Land uses simplified index). Procjena antropogenog pritiska u obalnom pojasu izračunavanjem LUSI indeksa pomoću javno dostupnih podataka opisana je u izvješću UNEP / MAP-a, 2011. Nešto izmijenjeni sustav bodovanja je prikazan u tablici 1. Analizirana su područja u radijusu 5 km od postaje kako bi se omogućila procjena za postaje koje su udaljenije od obale.

Tablica 1. Nešto izmijenjeni sistem bodovanja LUSI indeksa (Land uses simplified index) prema Flo i drugi, 2011. Indeks kvantificira potencijalne pritiske prema postotku kopna koji se koristi za pojedine antropogene aktivnosti.

Naseljena mjesta i gradovi	Poljoprivredne površine	Industrija	Luka	Bodovi
< 3%	<10%	<10%		0
3 - 33%	10 a 40%	>10%	1-10%	1
33 - 66 %	>40%	>30%	>10%	2
>66%		>60%		3

2.3. Statistička obrada podataka

Kako bi se omogućile usporedbe između postaja i olakšalo tumačenje rezultata, analizirane su samo vrijednosti površinskog sloja. Na taj su način izbjegnute razlike između postaja proizašle iz različitog broja mjerenja zbog različite dubine postaje.
Jednosmjerna analiza varijance (ANOVA) je korištena za određivanje razlike između postaja u odnosu na koncentraciju analiziranih hranjivih soli različitim hranjivim tvarima. U cilju utvrđivanja podrijetla uočenih razlika provedena je „post-hoc“ analiza određivanja najmanje značajne razlike (the least significant difference, LSD). Analiza glavnih komponenti (PCA) korištena je za određivanje slične varijabilnosti između bioloških i okolišnih podataka i podataka o antropogenim pritiscima. Veza između brojnosti pojedinih vrsta fitoplanktona i okolišnih parametara određena je pomoću analize kanoničke korespondencije (CCA).

3. REZULTATI

3.1. Antropogeni pritisak

Preliminarna procjena potencijalnih pritiska je pokazala široki raspon antropogenih pritisaka na istraživanim postajama. Najveća vrijednost LUSI indeksa 5 zabilježena je na postaji ST 103, slijede postaja ST 101 s LUSI indeksom 3, postaja SB 203 s LUSI indeksom 2, postaja PL 105 s LUSI indeksom 1 i postaja CJ 007 s LUSI indeksom 0. Fizikalno kemijski parametri i antropogeni pritisci prikazani su u tablici 2.

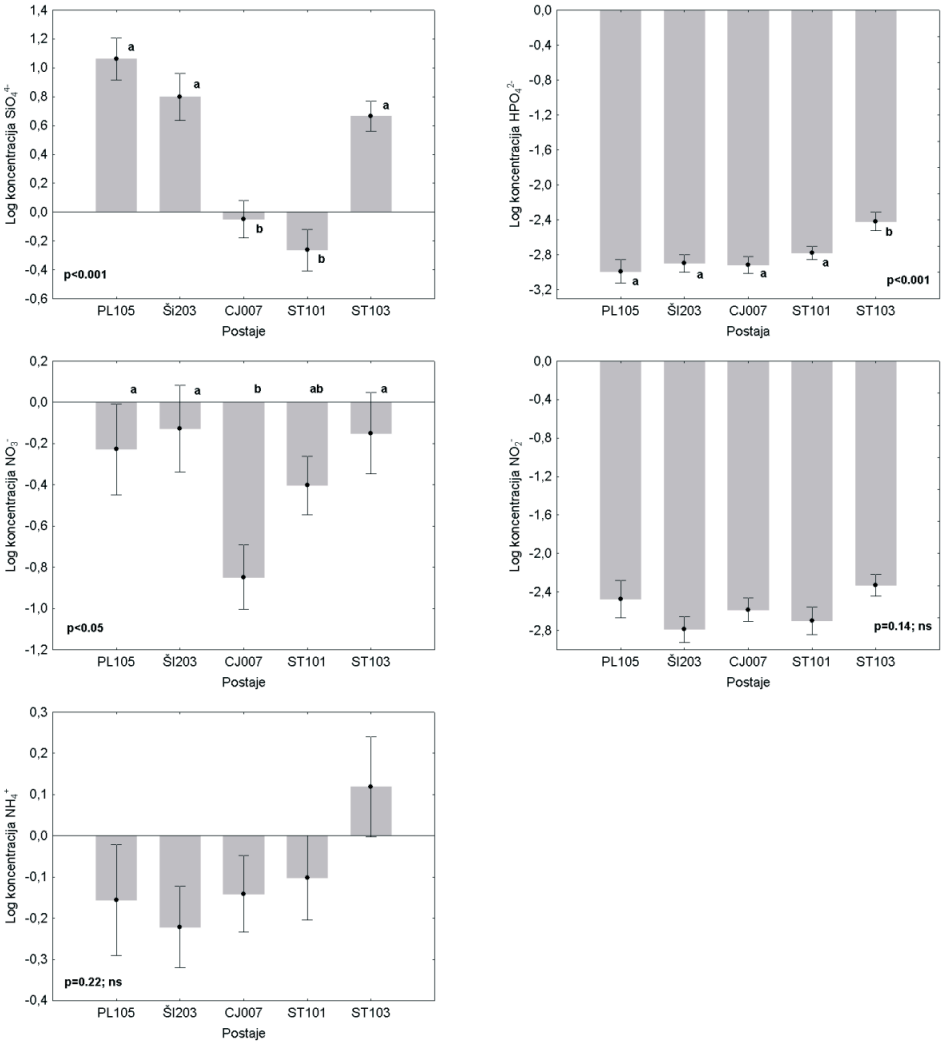
Tablica 2. Dubina (m) istraživanih postaja, raspon temperature (°C), saliniteta, zasićenje kisikom (%), hranjive soli (mmol m^{-3}) i secchi (m) u stupcu vode na istraživanim postajima u razdoblju od 2001.-2007., i vrste antropogenih pritisaka (%) uključujući urbanizaciju, industriju, poljoprivredu i luke u radijusu 5 km od postaje prema Corine Land Cover, 2006 informacijskom sustavu

Naseljena mjesta i gradovi	Poljoprivredne površine	Industrija	Luka	Bodovi
< 3%	<10%	<10%		0
3 - 33%	10 a 40%	>10%	1-10%	1
33 - 66 %	>40%	>30%	>10%	2
>66%		>60%		3

Iako je najniža vrijednost LUSI indeksa izračunata za postaju CJ007, postaja PL105 je izabrana kao referentna postaja, zbog jačeg utjecaja slatke vode, blizine kopna i vrlo slabog antropogenog utjecaja što ovu postaju čini tipičnim predstavnikom voda čije ekološko stanje želimo procijeniti. Najniža vrijednost LUSI indeksa na postaji CJ 007 je posljedica najveće udaljenosti postaje od kopna. Postaja CJ007 je pod utjecajem otpadnih komunalnih voda s okolnog kopna i otoka. Analiza varijance (ANOVA) je pokazala statistički značajnu razliku između postaja s obzirom na sastav i koncentraciju hranjivih soli (Slika 2). Koncentracije NO_3^- i SiO_4^{4-} bile su znatno veće na postajama pod jačim utjecajem slatke vode (ŠI 203, PL105 i ST 103). Najveća koncentracija fosfata na postaji ST 103 posljedica su najjačeg urbanog utjecaja.

3.2. Analiza glavnih komponenti (PCA)

Analiza glavnih komponenti čimbenika okoliša, antropogenog pritiska i parametara fitoplanktonske zajednice izdvojila je četiri značajna faktora koji objašnjavaju 69% varijance. Faktor jedan objašnjava 26% varijance, a definiraju ga salinitet i koncentracija nitrata i silikata. Faktor 2 objašnjava 20% varijance, a definiran je prozirnošću, LUSI indeksom, koncentracijom klorofila *a* i brojnošću zajednice. Faktor 3 objašnjava 13% varijance, a definiran je koncentracijom amonijevih soli i fosfata. Faktor 4 objašnjava 10% varijance, a definira ga temperatura. Analiza je pokazala da koncentracija klorofila *a*, brojnost zajednice i prozirnost imaju sličnu varijabilnost s LUSI indeksom ukazujući da su ove varijable dobar pokazatelj antropogenog pritiska.



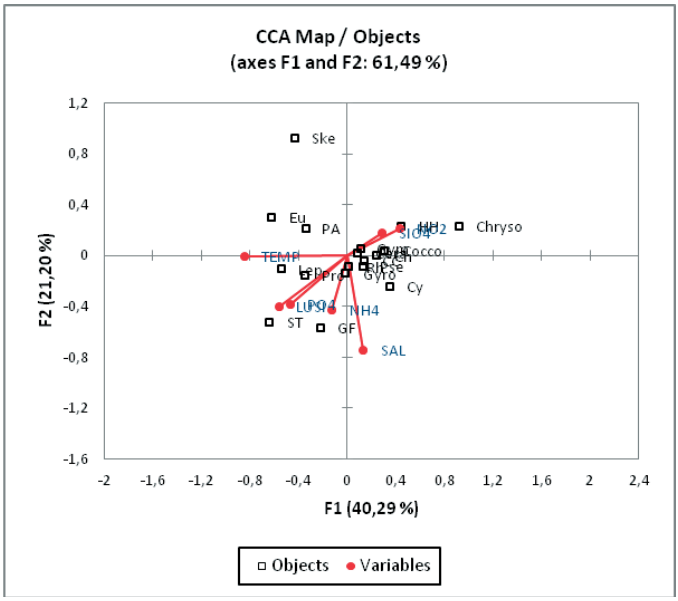
Slika 2. Razlika između postaja s obzirom na koncentraciju mjerenih hranjivih soli, određena jednosmjernom analizom varijance (ANOVA). Rezultati post-hoc analize u slučaju statistički značajnih razlika između postaja su označeni malim tiskanim slovima (a,b) uz kolonu. Postaje između kojih razlika u koncentraciji određenih soli nije značajna označene su istim slovom. Postaje koje se značajno razlikuju označene su različitim slovima. Postaje koje se ne razlikuju značajno ni od jednih ni drugih označene su s oba slova (ab)

3.3. Koncentracija klorofila *a*

Analiza varijance (ANOVA) je pokazala značajnu razliku u koncentraciji klorofola *a* između postaja s različitim intenzitetom antropogenih pritisaka. Koncentracija klorofila a izračunata kao 90 percentile na svakoj postaji prikazana je u grafu raspršenja s procjenom rizika izraženom preko LUSI indeksa. Budući da je postaja PL 105 izabrana kao referentna postaja zbog svojih fizikalnih i kemijskih obilježja kao i zbog slabog antropogenog utjecaja, vrijednosti koncentracije klorofila a (90 percentile) zabilježene na toj postaji uzete su kao referentna vrijednost. Referentna vrijednost za klorofil *a* je 0,95 mg m^{-3} (90 percentile). Granične vrijednosti za različite klase ekološke kakvoće vode izračunate su iz dobivene eksponencijalne jednadžbe y= 0.642*exp (0.3542*x) (y= 90 percentile klorofila *a*; x = LUSI indeks) ($p<0.001$). Granična vrijednost za vrlo dobro/dobro je 2,5 mg m^{-3}; dobro/umjereno je 4 mg m^{-3} i umjereno/loše 5,5 mg m^{-3}.Omjer ekološke kakvoće (EQR) je omjer između zabilježene i referentne vrijednosti s numeričkom vrijednosti 0-1. EQR vrijednosti dobivene ovim istraživanjem su 0,61 za graničnu vrijednost vrlo dobro/dobro, 0,36 za graničnu vrijednost dobro/umjereno i 0,21 za graničnu vrijednost umjereno loše.

3.4. Sastav fitoplanktonske zajednice

Veza između brojnosti zajednice i Menhinick-ovog indeksa raznolikosti je pokazala nisku raznolikost za vrijeme velike brojnosti zajednice dok su visoki i niski indeksi raznolikosti zabilježeni za vrijeme male brojnosti zajednice. Analiza varijance (ANOVA) i *post-hock* analiza vrijednosti Menhinick indeksa dobivenih na istraživanim postajama je pokazala značajnu razliku ($p <0,05$) među postajama i odvojila postaje ŠI203 i CJ007 s većom raznolikošću od postaja PL105, ST101 i ST103 s nižom raznolikošću. Referentna postaja PL105 se značajno razlikuju samo od postaje ŠI203 koju karakterizira najviši zabilježeni indeks raznolikosti i srednje jaki antropogeni pritisak određen kao LUSI 2. Dobiveni rezultati podupiru hipotezu koja predviđa veliki broj vrsta u područjima koji su pod srednje jakim pritiscima (Sommer et al, 1993) Rezultati kanoničke analize korespondencije (CCA) su pokazali da je brojnost određenih taksa određene okolišnim uvjetima (Slika 3). Prema našim rezultatima povećana brojnost vrsta *Skeletonema marinoii*, *Scrippsiella trochoidea*, *Guinardia flaccida*, *Leptocylindrus* spp., *Prorocentrum* spp., *Proboscia alata*, *Eutreptiella* spp. i *Pseudonitzschia* spp. su pokazatelji porasta koncentracije hranjivih soli i procesa eutrofikacije u obalnim vodama pod indirektnim utjecajem slatkih voda u istočnom dijelu Jadranskog mora.



Slika 3. CCA analiza varijabli okoliša i taksa fitoplanktona. Kratice naziva taksa fitoplanktona: ***Cera*** *-Cerataulina spp.,* ***Ch*** *- Chaetoceros spp.,* ***Cy*** *- Cyclotella spp.,* ***GF*** *- Guinardia flacida,* ***HH*** *- Hemiaulus hauckii,* ***Lep*** *- Leptocylindrus spp.,* ***CC*** *- Cylindrotheca closterium,* ***Pse*** *- Pseudonitzschia spp.,* ***PA*** *- Proboscia alata,* ***Rh*** *- Rhizosolenia spp.,* ***Ske*** *- Skeletonema marinoii.,* ***Gym*** *- Gymnodinium spp.,* ***Gyro*** *- Gyrodinium spp.,* ***Pro*** *- Prorocentrum spp.,* ***ST*** *- Scripsiella trochoidea,* ***Chryso*** *- Chrysophyceae spp.,* ***Cocco*** *- Coccolithophoridae spp.,* ***Eu*** *- Eutreptiella spp.*

ZAKLJUČAK

Rezultati ovog ekološkog istraživanja pokazuju da koncentracija klorofila *a* i brojnost indikator vrsta daju jasan odgovor na antropogeni pritisak. Zbog nejasnog odgovora na porast nutrijenata u morskom ekosustavu, biološka raznolikost fitoplanktonske zajednice nije pouzdan pokazatelj antropogenog utjecaja. Potrebna je dalja analiza za određivanje graničnih vrijednosti brojnosti indikator vrsta za različite klase ekološke kakvoće vode.

LITERATURA

[1] Marasović, I., Ninčević-Gladan, Ž., Kušpilić, G., Marinović, S., Marinov, S., 2005. *Long-term changes of basic biological and chemical parameters at two stations in the middle Adriatic*. J. Sea Res. 54, 3-14.

[2] Garmendia, M., Borja, A., Franco, J., Revilla, M. 2012. *Phytoplankton composition indicators for the assessment of eutrophication in marine waters: present state and challenges within the European directives*. Mar. Pollut. Bull. http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.10.005.

[3] Mozetič, P., Malačić, V., Turk, V., 2008. *A case study of sewage discharge in the*

shallow coastal area of the Northern Adriatic Sea (Gulf of Trieste) Mar. Ecol.-Evol. Persp. 29, 483-494.

[4] Grasshoff, K., 1976. *Methods of seawater analysis*. Weinheim: Verlag Chem. 307.

[5] Penna, N., Capellacci, S., Ricci, F., 2004. *The influence of the Po River discharge on phytoplankton bloom dynamics along the coastline of Pesaro (Italy) in the Adriatic Sea*. Mar. Pollut. Bull. 48, 321–326.

[6] Sebilo, M., Mayer, B., Nicolardot, B., Pinay, G., Mariotti, A., 2013. *Long-term fate of nitrate fertilizer in agricultural soils*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 110, 18185-18189. doi: 10.1073/pnas.1305372110.

[7] Smith, V.H., Samantha, B.J., Howarth, W.R., 2006. *Eutrophication of freshwater and marine ecosystems.* Limnol. Oceanogr. 51, 351-800.

[8] Sommer, U., Padisak, J., Reynolds, C.S., Juhász-Nagy, P. 1993. *Hutchinson's heritage: diversity-disturbance relationship in phytoplankton.* Hydrobiol. 249: 1-7.

[9] Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. J. Fish. Res. Board Can. 167, 1–310.

[10] UNEP/MAP, 2011. Review of the methods, criteria and limit values for the assessment of Eutrophication (Biological Quality Element "Phytoplankton") as developed in the framework of the Intercalibration Exercise of the MED GIG (Mediterranean Eco-region) Water Framework Directive 2000/60 EC, 41 pp.

[11] Üthermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. Mitt. Int. Verein. theor. angew. Limnol. 9, 1–38.

[12] WFD CIS Guidance Document No.5 2004. Transitional and Coastal Waters-Typology. Reference condition and classification systems. European Commission.

[13] Weinbauer, M.G., Fuks, D., Peduzzi, P., 1993. *Distribution of Viruses and Dissolved DNA along a Coastal Trophic Gradient in the Northern Adriatic Sea*. Appl. Environ. Microbiol. 4074-4082.

[14] Zavatarelli, M., Baretta, J.W., Baretta-Bekker, J.G., Pinardi, N., 2000. *The dynamics of the Adriatic Sea ecosystem*. An idealized model study. Deep-Sea Res. 47, 937-970.

AUTORI

dr.sc. Živana Ninčević-Gladan [a]
dr.sc. Mia Bužančić [a]
dr.sc. Grozdan Kušpilić [a]
dr.sc. Branka Grbec [a]
dr.sc. Slavica Matijević [a]
dr.sc. Sanda Skejić [a]
dr.sc. Ivona Marasović [a]
dr.sc. Mira Morović [a]
mr.sc. Dagmar Šurmanović [b]

[a] Institut za oceanografiju i ribarstvo, Šetalište Ivana Meštrovića 63, Split, nincevic@izor.hr

[b] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, dagmar.surmanovic@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.43.

INTEGRALNO UPRAVLJANJE PLAŽAMA U HRVATSKOJ

Kristina Pikelj, Suzana Ilić

SAŽETAK: Integralni pristup upravljanju plažama u sklopu integralnog upravljanja obalnim prostorom je radi snažnog antropogenog pritiska na obale postao imperativ. Hrvatski ekonomski sustav se uvelike oslanja na turizam, prvenstveno u obalnom prostoru, pa je integralni pristup upravljanju plažama postao nužan. Postojeći projekti praćenja stanja i promjena kakvoće okoliša u obalnom prostoru Hrvatske su pokazatelj pozitivnih pomaka prema upravljanju obalama, no kod svih je prepoznat nedostatak osnovnih informacija o geomorfološkim, geološkim karakteristikama i dinamici plaža kao temelju za održivo upravljanje.

Projekt RAGBICOM ima za cilj produbiti razumijevanje o otpornosti prirodnih i umjetnih šljunčanih plaža tijekom olujnih nevremena. Projekt ima za cilj razviti metodu praćenja koja se temelji na brzoj i relativno jeftinoj tehnici. Dobiveni rezultati upotrijebit će se za predlaganje metodologije programa praćenja, te dati smjernice za buduće upravljanje plažama.

KLJUČNE RIJEČI: šljunčane plaže, umjetne plaže, RAGBICOM projekt

INTEGRATED BEACH MANAGEMENT IN CROATIA

SUMMARY: Integrated beach management within the integrated coastal management has become imperative, since the coastal areas have been subjected to the strong anthropogenic pressure. Tourism has a major role in the Croatian economy, with tourism activities being primarily concentrated on the Adriatic coast, resulting in a need for coastal protection and sustainable management. Several coastal management related initiatives have been set-up along the Croatian coast demonstrating a positive shift towards more integrated coastal zone management. However, there is still a lack of basic information on geology, geomorphology and beach dynamics.

The general aim of the RAGBICOM project is to improve an understanding of natural and artificial gravel beaches and their resilience under storm conditions. In particular, this project aims to develop a monitoring methodology based on fast and low cost technique. Obtained results will be used to develop guidelines for strategic beach monitoring.

KEY WORDS: gravel beach, artificial beach, RAGBICOM project

1. UVOD

Upravljanje plažama je dio integralnog upravljanja obalnim prostorom koje za cilj ima sprečavanje smanjenja usluga (eng. *ecosystem services*) obalnog ekosustava. Obalni ekosustav (eng. *coastal ecosystem*) je radi jedinstvene kombinacije niza usluga tisućljećima centar ljudskih aktivnosti. Prema MA (2005) obalni ekosustav se danas procjenjuje najugroženijim ekosustavom na Zemlji sa snažnim rastućim trendovima promjene staništa, ugroženosti uslijed promjena klimatskih prilika, porasta broja invazivnih vrsta, prekomjernog iskorištavanja prostora i snažnog onečišćenja.

Obalni ekosustav se podudara s prostorom obalne zone (eng. *coastal zone/coastal area*), koja u praksi obuhvaća usko prijelazno područje između kopna i mora. To područje može biti široko od nekoliko stotina metara do nekoliko kilometara, odnosno može se protezati od u kopno najuvučenijih priobalnih slivova, pa sve do nacionalne granice u moru određene prema međunarodnom pravu mora. Definicija obalne zone u konačnici ovisi o specifičnom nizu problema kao i o prirodnim čimbenicima koji su karakteristični za pojedini sektor obale (Hildebrand i Norrena, 1992). S obzirom na dugotrajni i rastući antropogeni pritisak u obalnom prostoru i njegovu konstantnu degradaciju, integrirano upravljanje obalnim prostorom (eng. *integrated coastal zone management*) je postalo imperativ. Upravljanje obalnim prostorom može se smatrati jedinstvenim programom koji mora moći sačuvati prirodne resurse i upravljati njihovim razvojem, pri čemu istovremeno mora ujediniti potrebe svih relevantnih sektora društva i ekonomije.

Plaže su prirodna infrastruktura u obalnoj zoni i jedan od direktno ugroženih dijelova obalnog ekosustava, a imaju rekreacijsku ulogu, ulogu zaštite obalnih prostora od erozije i ulogu jedinstvenih staništa. Za razliku od upravljanja obalnim prostorom koji prostorno i vremenski ima ima širi pristup, upravljanje plažama se fokusira na lokalni, čak i individualni pristup svakoj plaži. Razlog tome je jedinstveni geografski i ekološki položaj koju svaka od plaža zauzima u obalnom prostoru. U skladu s ulogama plaže, upravljanje plažama (eng. *beach management*) se može definirati kao nastojanje da se praćenjem, jednostavnim intervencijama popravljanja i gradnje zadrže ili poboljšaju rekreacijski resursi plaže, u skladu s mehanizmima obrane obale i očuvanja okoliša, estetskim zahtjevima i u danim ekonomskim prilikama (Bird, 1996: Rogers i drugi 2010).

Cilj ovog rada je ukratko dati kratki prikaz stanja upravljanja plažama u Hrvatskoj i prikaz aktivnosti koje se provode u sklopu projekta RAGBICOM (eng. *Resilience of Artificial Gravel Beach and Implications for Coastal Management*; hrv. Otpornost umjetnih šljunčanih plaža i implikacije za upravljanje obalama).

2. DA LI U HRVATSKOJ POSTOJI TEMELJ ZA INTEGRALNO UPRAVLJANJE PLAŽAMA?

Plaža (žalo) je nakupina nevezanog sedimenta, šljunka, pijeska i/ili mulja, koja se proteže od kopnenog ruba plaže (prirodnih ili umjetnih; pr. obalnih dina/klifova ili šetnica i obalnih zidova) do dubine mora na kojoj je značajno smanjeno kretanje sedimenta (Williams i Micallef, 2009). Hrvatska obala je generalno stjenovita i strma, građena uglavnom u okršenim karbonatnim stijenama i time karakteristična po mnoštvu različitih potopljenih krških reljefnih oblika. Plaže nastale u karbonatnim stijenama su uglavnom male, šljunčane, uske i vrlo raspršene duž obale, najčešće kao džepne plaže (eng. *pocket*

beach). Manji dio obale koji je izgrađen u fliškim naslagama sklonijima mehaničkom trošenju (stjenski kompleks u kojem se izmjenjuju breče, pješčenjaci, prahovnjaci, muljnjaci i lapori) karakterističan je po duljim pješčanim i/ili šljunčanim plažama (Pikelj i Juračić, 2013). Ukupan broj i ukupna duljina plaža u duljini hrvatske obale još uvijek nisu poznati, no na temelju omjera duljine obale u flišu i u karbonatnim stijenama pretpostavlja se da ne prelazi 5% (u obzir uzete samo prirodne plaže; Pikelj i Juračić, 2013). Sličan podatak donosi i Nacionalno izvješće RH o biološkoj raznolikosti: 5,4% (MK, 2009). Plaže su dio obalne infrastukture koji značajno obogaćuje ponudu svake države orijentirane na turizam. U tom smislu gore procijenjena vrlo mala ukupna duljina plaža u Hrvatskoj naglašava njihovu vrijednost u turističkoj valorizaciji. S obzirom da je riječ o delikatnim okolišima sve više izloženima antropogenim pritiscima, potreba za zaštitom i upravljanjem plažama u Hrvatskoj je postala krajnje nužna.

Odluke oko upravljanja plažama se u Hrvatskoj provode na razini županija, no lokalni, odnosno individualni pristup upravljanju plažama na razini županija još uvijek nije prepoznat. Jednako tako ne postoji niti sveobuhvatni plan s detaljnim smjernicama oko upravljanja plažama na državnoj razini.

Prepoznajući potrebu za praćenjem stanja i promjena u morskom okolišu Republike Hrvatske, Agencija za zaštitu okoliša (Zagreb) je u suradnji s Referalnim centrom za more Instituta za oceanografiju i ribarstvo (Split) i drugim operativnim i nadležnim insitucijama započela 2006. godine opsežan projekt primjene web aplikacije za unos, upravljanje i korištenje podataka o pokazateljima stanja morskog okoliša (Internetski izvor 1). Sličan projekt, ali konkretnije vezan za plaže i kupališta je praćenje kakvoće mora na preko 900 lokacija duž hrvatske obale. Projekt se provodi od 2009. godine na inicijativu Ministarstva zaštite okoliša i prirode, a također u suradnji Agencije za zaštitu okoliša (Zagreb) i Instituta za oceanografiju i ribarstvo (Split) (Internetski izvor 2). Projekt je nadograđen 2011. godine kada su u mrežnu aplikaciju između ostalog dodane informacije o svakoj plaži, pod nazivom „Profil“. Te informacije uključuju podatke potrebne za registraciju i klasifikaciju kupališnih područja prema BARE (eng. *Bathing area registration and evaluation system*) klasifikaciji. Upravo ta klasifikacija temelj je trećeg značajnog projekta COAST u sklopu Programa UNDP-a, kod kojeg su plaže kategorizirane ovisno o tome imaju li veću vrijednost kao prirodno obalno stanište ili rekreativni resurs (Marković i drugi, 2010). U analizi tih vrijednosti prepoznat je konstantan nedostatak osnovnih informacija o geomorfološkim, geološkim karakteristikama i dinamici plaža kao osnovi za razvoj staništa i rekreacijskog potencijala.

2.1. Geološki i geomorfološki aspekt

Okvir za integralno održivo i sustavno upravljanje plažama uključuje prije svega definiranje obalnih ćelija. Obalna ćelija (eng. *littoral cell*) je odjeljak obalnog prostora koji obuhvaća potpuni sedimentacijski ciklus, od izvora sedimenta, putova transporta do mjesta taloženja. Granice ćelije ocrtavaju geografski konkretna područja u kojima je budžet sedimenta u balansu, što daje mogućnost kvantitativne analize erozije ili akumulacije sedimenta. U slučaju Hrvatske određivanje obalnih ćelija se odnosi na određivanje veličine priobalnih slivova i budžeta sedimenta u njima. Budžet sedimenta se odnosi na procjenu količine donesenog i odnesenog sedimenta u promatranom području. Dobiveni bi rezultat u danom vremenskom periodu u promatranom području trebao

dati neto količinu izgubljenog ili nakupljenog sedimenta, te brzinu erozije, odnosno akumulacije. Za sustavno upravljanje plažama dalje slijedi izrada baze podataka o broju, veličini, položaju i prirodnim geološkim i geomorfološkim karakteristikama plaža, te sustavno i kontinuirano praćenje indikatora promjena na svakoj od njih. Ono uključuje prvenstveno praćenje promjena uzdužnih i poprečnih profila plaža, volumena sedimenta, energije i smjera valova, struja i morskih mijena u različitim vremenskim prilikama. Praćenje dodatnih indikatora promjena u svrhu određivanja promjena vezanih uz sediment plaže (pr. promjene kakvoće/zamućenosti mora, stanja pridnenih biocenoza itd.) moguće je naknadno nadograditi.

2.2. Ključni elementi upravljanja plažama

Kvantitativne promjene kod indikatora imaju višestruku ulogu, jer za početak definiraju "dobra" i "loša" stanja plaža, te pokazuju opseg promjena. Individualan pristup plaži se u ovoj fazi očituje upravo kroz kvantificiranje uočenih promjena: ne mora jednaki opseg promjena kod pojedinog indikatora jednako utjecati na sve plaže. Uočene promjene direktno ukazuju na mjere koje je potrebno poduzeti za očuvanje dobrog stanja plaža. Te mjere bi trebale biti sveobuhvatne, primjenjive i financijski provedive. Promjene kod indikatora na taj način pomažu u stvaranju temelja za izradu planova upravljanja. Planovi se najčešće oblikuju pozivajući se na prvobitno (prirodno?) stanje, pa su razmjeri i utjecaj uočenih promjena od velike važnosti.

U procesu planiranja važno je uključiti sve relevantne grupe, od istraživača, preko korisnika plaža, do lokalne zajednice i upravljačkih tijela na lokalnoj i regionalnoj razini, koje bi koordinirale s nacionalnom institucijom (ministarstva, agencije). Njihov je zadatak postaviti daljnje smjernice upravljanja, anticipirajući društvene i do neke mjere prirodne promjene te osigurati održivo upravljanje. Tijekom i nakon poduzetih mjera vrlo je bitno nastaviti pratiti indikatore promjena na plažama. Na temelju novo sakupljenih podataka moguće je dobiti sliku o tome kakve utjecaje na promatrani obalni prostor imaju poduzete mjere u sklopu upravljanja. U tom segmentu bitno je omogućiti i osigurati rad istrazivačkih skupina. Rezultati dobivenih u nastavku praćenja promjena mogu se upotrijebiti za eventualnu korekciju planova upravljanja, ukoliko prvobitno zadani ciljevi nisu postignuti.

3. PROJEKT RAGBICOM – CILJEVI I PROVEDBA

Projekt RAGBICOM je započeo u jesen 2014. godine, nakon što je odabran za financiranje u sklopu međunarodnog projekta stipendiranja i mobilnosti za iskusne istraživače Vlade Republike Hrvatske (New International Fellowship Mobility Programme for Experienced Researchers in Croatia - NEWFELPRO). NEWFELPRO projekt provodi Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske, a sufinancira se u sklopu programa Marie Curie FP7-PEOPLE-2011-COFUND. Projekt se izvodi u suradnji sa Sveučilištem u Lancasteru, kao odlaznom partner institucijom i Prirodoslovno-matematičkim fakultetom kao povratničkom partner institucijom.

Generalni cilj projekta jest procijeniti otpornost umjetnih šljunčanih plaža u odnosu na prirodne pri istim vremenskim i hidrodinamičkim uvjetima. Šljunčane plaže su u proteklih nekoliko godina prepoznate kao važan održivi element u obrani obalnog prostora, a na

hrvatskoj obali one su češće od onih pješčanih. U nastojanju da se poveća turistička ponuda što se tiče broja i veličine plaža, sve je češća praksa proširivanje postojećih ili gradnja novih umjetnih, najčešće šljunčanih plaža. Mnoge od njih radi gubitka sedimenta tijekom oluja moraju biti redovito prihranjene, dok se prirodne plaže u istim uvjetima donekle uspiju oporaviti.

Novija istraživanja suradnika Sveučilišta u Lancasteru u Centru za okoliš (eng. *Lancaster Environment Centre*) pokazala su dobre rezultate u primjeni SfM (eng. *Structure-ftom-Motion*) fotogrametrije upotrebom digitalnog fotoaparata za 3D rekonstrukciju različitih okoliša, te u procjeni njihovih morfoloških promjena (James i Robson, 2012; James i drugi, 2013). Ista metodologija bit će primijenjena u procjeni morfoloških promjena šljunčanih plaža tijekom kraćih vremenskih perioda. Odabranu metodologiju odlikuje mogućnost prikupljanja velike količine fotografija za kratko vrijeme. To ju čini brzom i jeftinom, te time i prikladnom kada je u pitanju praćenje promjena na više lokacija tijekom istih vremenskih uvjeta. Izrada 3D modela na temelju 3D oblaka točaka je također relativno brza i jednostavna primjenom odgovarajućih računalnih programa.

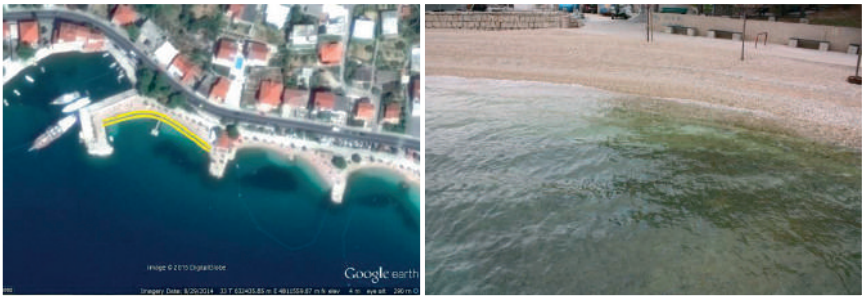
Istraživanja se planiraju provesti kroz četiri radna paketa (WP). Prvi paket (WP1) je gotov, a odnosi se na optimizaciju SfM fotogrametrije na području Cleveleysa na sjeverozapadu Engleske (UK) na istočnoj obali Irskog mora. Obala je u ovom području zaštićena obalnim zidom u duljini od preko 15 km, ispred kojeg se nalaze izdužene pješčane plaže kojima je rubni gornji dio prekrivenim šljunkom. Odabrano područje (Sl. 1) dugo je oko 250 m i nalazi se na dijelu plaže na kojem je zabilježena erozija u razdoblju 1999.-2005. (Ruiz de Alegria i drugi, 2008).



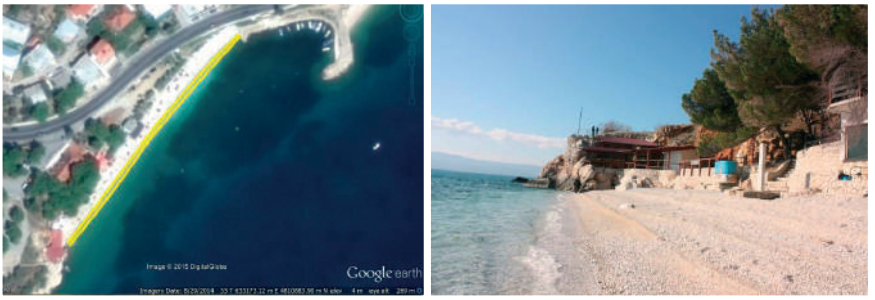
Slika 1: Pješčana plaža sa zonom šljunka u gornjem dijelu plaže, Cleveleys, UK:. Lijevo: pogled iz zraka; žuta linija označava duljinu istraženog dijela (izvor: GoogleEarth; 16.03.2015.): Desno: pogled sa sjeverne sekcije istraživanog područja.

Također završen WP2 obuhvatio je analogna istraživanja u području Dugog Rata u Splitsko-dalmatinskoj županiji u Hrvatskoj (Sl. 2 i 3), u dijelu obale gdje su fliške naslage u kontaktu s morem u duljini od preko 100 km (Pikelj i Juračić, 2013). Odabrano područje obuhvatilo je po jednu prirodnu (d~100 m) i jednu umjetnu (d~70 m) plažu na kojima je pored sedimentoloških i mjerenja valova provedeno i praćenje morfoloških promjena primjenom SfM fotogrametrije. Prikupljanje fotografija napravljeno je na dvodnevnoj bazi, odnosno prije i poslije jačih olujnih nevremena, a ukupno u trajanju od jednog mjeseca. Treći paket WP3 je u tijeku, a obuhvaća analizu podataka, koja bi trebala dati prve procjene otpornosti umjetne šljunčane plaže u odnosu na prirodnu, na temelju

promjena volumena sedimenta na plaži i morfoloških promjena (orijentacija, nagib, profili itd.). U sklopu WP4 cilj je predložiti temeljnu metodologiju za daljnji program praćenja ovdje istraženih, te drugih plaža. Dobiveni rezultati provedenog istraživanja koristit će se za predlaganje smjernica za integralno upravljanje plažama.



Slika 2: Umjetna šljunčana plaža u Dugom Ratu, RH. Lijevo: pogled iz zraka; žuta linija označava duljinu istraženog dijela (izvor: GoogleEarth; 16.03.2015.). Desno: pogled na dio plaže s mola.



Slika 3: Prirodna šljunčana plaža u Dugom Ratu – lokacija Glavica, RH. Lijevo: pogled iz zraka; žuta linija označava duljinu istraženog dijela (izvor: GoogleEarth; 16.03.2015.). Desno: pogled s plaže.

Kako bi se osigurala primjena rezultata, neizostavan dio projekta je diseminacija rezultata. Rezultati projekta bit će predstavljeni različitim interesnim skupinama putem predavanja i seminara u obje države, jer je glavni cilj ovakve diseminacije njihova praktična primjena. Praktičnoj primjeni prethodi edukacija, pa je tematika obalnih procesa kroz radionice predstavljena djeci osnovnoškolske dobi u lokalnoj školi u Dugom Ratu. Studentima u Hrvatskoj su već ponuđene teme za uzradu diplomskih radova, dok će studenti iz Lancastera imati prilike istu temu obrađivati kroz Erasmus program. Znanstveni članci i sudjelovanja na kongresima obavezan su dio diseminacije rezultata projekta.

ZAKLJUČAK

Postojeći projekti praćenja stanja i promjena na plažama u Hrvatskoj se radi nedostatka osnovnih informacija o geološkim, geomorfološkim i podacima o dinamici plaža ne mogu u potpunosti nazvati integralnim. Projekt RAGBICOM ima za cilj produbiti znanje

o morfološkim promjenama na umjetnim i prirodnim šljunčanim plažama, te time dati smjernice za njihovo buduće upravljanje. Značajno u provedbi ovog projekta je i primjena brze te relativno jeftine metode, što je čini idealnom za praćenje morfoloških promjena na većem broju lokaliteta u kratko vrijeme.

LITERATURA

[1] Ruiz de Alegria, A., Gunawardena, Y., Ilić, S. (2008): *Analysis of beach profiles – Fylde coast, Wyre Borough Frontage*, Lancaster University report for the Wyre Borough Council, 80

[2] Bird, E. C. F. (1996): *Beach Management*, John Wiley and Sons, Chichester, 281

[3] Rogers, J., Hamer, B., Brampton, A., Challinor, S., Glennerster, M., Brenton, P., Bradbury, A. (2010): *Beach management manual (second edition),* CIRIA, London, 914

[4] Hildebrand, L.P., Norrena, E.J. (1992): *Approaches and progress toward effective integrated coastal zone management*, Marine Pollution Bulletin 24 (1-4), 94-97.

[5] Internetski izvor 1: http://baltazar.izor.hr/azopub/bindex (16 ožujka 2015.).

[6] Internetski izvor 2: http://baltazar.izor.hr/plazepub/kakvoca (16 ožujka 2015.).

[7] James, M.R., Robson, S. (2012): *Straightforward reconstruction of 3D surface and topography with a camera: Accuracy and geociences application*, Journal of Geophysical Research, 117, F03017.

[8] James, M.R., Ilić, S., Ružić, I. (2013): *Measuring 3D coastal change with a digital camera*, Proceedings of the 7th International Conference on Coastal Dynamics 2013, 893-904.

[9] Marković, M., Micallef, A., Povh, D i Williams, A.T. (2010): *Smjernice i prioritetne akcije za održivo upravljanje plažama*. United Nations Development Programm,. Split.

[10] Millennium Ecosystem Assessment (MA), (2005): *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.* Island Press, Washington (DC).

[11] MK (2009): *Četvrto nacionalno izvješće Republike Hrvatske o biološkoj raznolikosti*. Republika Hrvatska, Ministarstvo kulture.

[12] Pikelj, K., Juračić, M. (2013): *Eastern Adriatic Coast (EAC): Geomorphology and Coastal Vulnerability of a Karstic Coast*. Journal of Coastal Research 29 (4), 944-957.

[13] Williams, A.T., Micallef, A. (2009): *Beach management. Principles and practice*. Earthscan, London, 445.

AUTORI

dr.sc. Kristina Pikelj [a]

dr.sc. Suzana Ilić [a]

[a] Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, Ujedinjeno Kraljevstvo, k.pikelj@lancaster.ac.uk; s.ilic@lancaster.ac.uk

R 1.44.

ODREĐIVANJE PODRUČJA PRIJELAZNIH I PRIOBALNIH VODA POGODNIH ZA ŽIVOT I RAST ŠKOLJKAŠA

Dagmar Šurmanović, Valerija Musić

SAŽETAK: Pravni temelj za određivanje područja od posebne zaštite voda je članak 48. Zakona o vodama u kojemu stoji da se određuju zaštićena područja – područja posebne zaštite voda, gdje je radi zaštite voda i vodnog okoliša potrebno provesti dodatne mjere zaštite. U područja posebne zaštite voda ubrajaju se i područja pogodna za zaštitu gospodarski značajnih vodenih organizama, uključivo i područja voda pogodna za život i rast školjkaša.

Prema članku 53. Zakona o vodama potrebno je provesti monitoring s ciljem određivanja područja voda pogodnih za život i rast školjkaša, prema kriterijima određenima u članku 54. Uredbe o standardu kakvoće voda. Svrha i cilj propisa je zaštita školjkaša od različitih štetnih utjecaja koje može prouzročiti ispuštanje onečišćujućih tvari u more, te poduzimanje mjera kojima će se osigurati zadovoljenje minimalnih standarda kakvoće takvih voda.

U Hrvatskoj je, prema Odluci o određivanju voda pogodnih za život i rast školjkaša, do sada utvrđeno 18 područja prijelaznih i priobalnih voda pogodnih za život i rast školjkaša. Prema članku 60. Uredbe o standardu kakvoće voda, a na temelju rezultata monitoringa, moguće je, uz već određena područja voda pogodnih za život i rast školjkaša, dodatno odrediti nova područja.

U ovom radu bit će opisane aktivnosti koje je potrebno provesti s ciljem dobivanja podloga na temelju kojih će se odrediti nova područja voda pogodna za život školjkaša. Opisat će se način kako aktivnosti započinju, tko ih provodi, koje pokazatelje kakvoće voda je potrebno pratiti te koji standardi kakvoće voda trebaju biti zadovoljeni da bi rezultati provedenog monitoringa bili zadovoljavajući.

KLJUČNE RIJEČI: Zakon o vodama, Uredba o standardu kakvoće voda, područja posebne zaštite voda, prijelazne i priobalne vode

DESIGNATION OF TRANSITIONAL AND COASTAL WATER AREAS CAPABLE OF SUPPORTING SHELLFISH LIFE AND GROWTH

SUMMARY: The legal basis for designation of areas of special water protection is Article 48 of the Water Act, which states that protected areas – areas of special water protection

are designated where it is necessary to implement additional protective measures for the purpose of protection of water and the aquatic environment. Areas of special water protection also comprise of areas suitable for protection of commercially significant aquatic organisms, including water areas suitable for shellfish life and growth.

Pursuant to Article 53 of the Water Act, it is necessary to carry out monitoring in order to designate water areas capable of supporting shellfish life and growth in compliance with criteria set in Article 54 of the Regulation on water quality standard. The purpose and goal of these regulations is protection of shellfish from different harmful impacts which may be caused by discharges of pollutants into the sea as well as undertaking of measures which will ensure compliance with minimum water quality standards for these waters.

In Croatia, 18 areas of transitional and coastal waters capable of supporting shellfish life and growth have been designated to date in accordance with the Decision on designating waters that support shellfish life and growth. Pursuant to Article 60 of the Regulation on water quality standard, and based on monitoring results, it is possible to designate additional new areas suitable for shellfish life and growth.

This paper will describe activities which have to be carried out for the purpose of obtaining baseline information for designation of new water areas capable of supporting shellfish life, including the manner in which these activities start, who is performing them, which water quality indicators need to be monitored and which water quality standards must be fulfilled in order to achieve satisfactory monitoring results.

KEY WORDS: Water Act, Regulation on water quality standard, areas of special water protection, transitional and coastal waters

1. UVOD

Već u sedamdesetim godinama prošlog stoljeća zemlje članice Europske unije započele su aktivnosti na osiguravanju zajedničkih kriterija za kakvoću voda te određivanju područja voda na koja se ti kriteriji odnose. Direktiva vijeća o kakvoći koju trebaju zadovoljiti vode za školjkaše (79/923/EEC), pripada prvom "valu" legislative u području voda koju su zemlje članice EU usvojile tijekom 1970-tih i 1980-tih godina, s ciljem zaštite školjkaša od različitih štetnih utjecaja koji mogu nastati uslijed ispuštanja onečišćujućih tvari u more. Tijekom predpristupnog procesa Republike Hrvatske Europskoj uniji, Hrvatska je imala obvezu preuzimanja cjelokupne europske legislative te su dijelovi i te direktive, ali s amandmanima iz 2006. godine transponirani u Zakon o vodama već 2009. godine, a u Uredbu o standardu kakvoće voda 2010. godine.

Članak 48. Zakona o vodama (NN 153/09, 63/11, 130/11 i 56/13) propisuje obvezu određivanja zaštićenih područja – područja od posebne zaštite voda, u kojima je radi zaštite voda i vodnog okoliša potrebno provesti dodatne mjere zaštite. U područja od posebne zaštite voda ubrajaju se:

- područja pogodna za zaštitu gospodarski značajnih vodenih organizama, uključivo i područja voda pogodna za život slatkovodnih riba te **područja voda pogodna za život i rast školjkaša**;
- sve vode namijenjene ljudskoj potrošnji koje osiguravaju u prosjeku više od 10 m^3 vode na dan ili opskrbljuje više od 50 ljudi i sva vodna tijela rezervirana za te namjene u

budućnosti;
- područja podložna eutrofikaciji i područja ranjiva na nitrate, područja loše izmjene voda priobalnim vodama, osjetljivost kojih se ocjenjuje u odnosu na ispuštanje komunalnih otpadnih voda;
- područja za kupanje i rekreaciju sukladno ovom Zakonu i propisima o zaštiti okoliša;
- područja namijenjena zaštiti staništa ili vrsta gdje je održavanje ili poboljšanje stanja voda bitan element njihove zaštite sukladno Zakonu i/ili propisima o zaštiti prirode.

Prema članku 53. Zakona o vodama potrebno je provesti monitoring s ciljem određivanja područja voda pogodnih za život i rast školjkaša, prema kriterijima određenim u članku 54. Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 89/10, 73/13). Svrha i cilj ovih odredbi je zaštita školjkaša od različitih štetnih utjecaja koje može prouzročiti ispuštanje onečišćujućih tvari u more, te poduzimanje mjera kojima će se osigurati zadovoljenje minimalnih standarda kakvoće takvih voda.

2. MONITORING STANJA VODA U PODRUČJIMA OD POSEBNE ZAŠTITE VODA

2.1. Područja voda pogodna za život i rast školjkaša u Republici Hrvatskoj

U Hrvatskoj je, prema Odluci o određivanju voda pogodnih za život i rast školjkaša (NN 78/11), koju je donijelo ministarstvo nadležno za vodno gospodarstvo, do sada određeno 18 područja prijelaznih i priobalnih voda pogodnih za život i rast školjkaša. To su sljedeća područja (Tablica 1.):

Tablica 1. Popis područja pogodnih za život i rast školjkaša prema Odluci o određivanju voda pogodnih za život i rast školjkaša (NN 78/11)

PODRUČJA VODA POGODNA ZA ŽIVOT I RAST ŠKOLJKAŠA			
1.	Savudrijska vala	10.	Novigradsko more
2.	Vabriga	11.	Pirovački zaljev
3.	Limski zaljev	12.	Ušće rijeke Krke
4.	Raški zaljev	13.	Marinski zaljev
5.	Uvala Budava	14.	Malostonski zaljev
6.	Medulinski zaljev	15.	Uvala Sobra na Mljetu
7.	Uvala Dinjiška	16.	Zapadna obala Istre
8.	Uvala Stara Povljana	17.	Kanal Sv. Ante u Šibeniku
9.	Modrič – Seline (Rovanjska)	18.	Kaštelanski zaljev



Slika 1. Kartografski prikaz voda pogodnih za život i rast školjkaša na području Republike Hrvatske prema Odluci o određivanju voda pogodnih za život i rast školjkaša (NN 78/11)



Slika 2. Uzgajalište školjkaša u uvali Budava

U navedenim područjima voda, kao npr. uzgajalište školjkaša u uvali Budava (Slika 2.) određene su mjerne postaje na kojima je proveden monitoring kakvoće voda za školjkaše, po jedna u svakom području, tijekom 2007. i 2008. godine u okviru prvog u nizu projekata Hrvatskih voda kojima se provodi monitoring za određivanje područja voda pogodnih za život i rast školjkaša u prijelaznim i priobalnim vodama Jadranskog mora (Ninčević Gladan i drugi, 2008). Jednogodišnji monitoring kakvoće voda bio je proveden prema kriterijima EU direktive o kakvoći koju trebaju zadovoljiti vode za školjkaše, jer u to vrijeme navedeni propis još nije bio transponiran u nacionalnu legislativu. U međuvremenu su bili doneseni svi potrebni propisi kojima se regulira navedena problematika, Zakon o vodama i Uredba o standardu kakvoće voda te se moglo rezultate provedenog monitoringa, koji su pokazali da su navedena područja pogodna za život i rast školjkaša, koristiti kao podlogu za donošenje propisa u 2011. godini kojim su, navedena područja službeno proglašena pogodnim za život i rast školjkaša.

2.2. Monitoring na preliminarno određenim područjima voda pogodnima za život i rast školjkaša

U razdoblju od 2012. do 2014. godine, na zahtjev nadležnog ministarstva Hrvatske vode osigurale su provedbu monitoringa na 17 preliminarno određenih područja voda pogodnih za život i rast školjkaša (Tablica 2.), a tijekom 12 mjeseci praćeni su pokazatelji navedeni u Tablici 3.

Tablica 2. Popis preliminarnih područja voda pogodnih za život i rast školjkaša

REDNI BROJ PODRUČJA	MJERNA POSTAJA	PRELIMINARNA PODRUČJA VODA POGODNA ZA ŽIVOT I RAST ŠKOLJKAŠA		GODINA PROVEDBE MONITORINGA
1.	UMA 1	UVALA MASLINOVA Jugozapadna strana otoka Brača		2012./2013.
2.	VL 1	UVALA VELA LUKA		
3.	VB 1	UVALA VELI BOK, CRES		
4.	KAL 1	UVALA KALDONTA, CRES		
5.	MAU 1	MAUNSKI KANAL		
6.	VK 1	VELEBITSKI KANAL		
7.	MAZ 1	MARINSKI ZALJEV		
	OBALNI DIO ISTRE			
8.	ZOI 4	I područje	Od granice s R. Slovenijom do Antanela	
9.	ZOI 5	II područje	Od Antanela do pličine Fujuga	
10.	ZOI 6	III područje	Od pličine Fujaga do rta Proština	
11.	ZOI 7	IV područje	Od rta Proština do rta Kamenjak	
12.	IOI 1	V područje	Od rta Kamenjak do rta Sočaja	
13.	IOI 2	VI područje	Od rta Sočaja do granice Istarske županije	
14.	UI1	UVALA VELA IVANČICA		2013./2014.
	UI2			
15.	UP1	UVALA PEČCI		
	UP2			
16.	UMČ1	MALA ČRNIKA		
	UMČ2			
17.	UVČ1	VELA ČRNIKA		
	UVČ2			

Tablica 3. Popis pokazatelja, granične vrijednosti i učestalost uzorkovanja i mjerenja

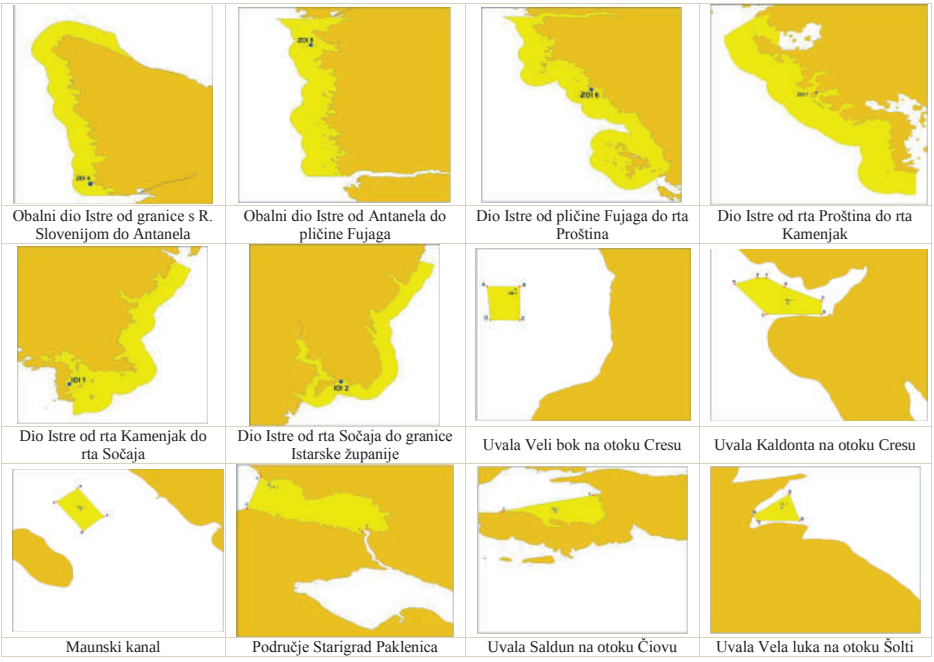
POKAZATELJ	PREPORUKE	OBVEZA	MINIMALNA UČESTALOST UZORKOVANJA I MJERENJA
pH		7-9	Svaka tri mjeseca
Temperatura °C	Ispust koji djeluje na vode za uzgoj školjkaša ne smije dovesti do povišenja temperature vode za više od 2°C u odnosu na temperaturu voda na koje ispust ne djeluje.		Svaka tri mjeseca
Boja (nakon filtracije) mg Pt/l		Ispust koji djeluje na vode za uzgoj školjkaša ne smije dovesti do toga da boja vode nakon filtracije odstupi za više od 10mg Pt/l od boje voda na koje ispust ne djeluje.	Svaka tri mjeseca
Suspendirane tvari mg/l		Ispust koji djeluje na vode za uzgoj školjkaša ne smije dovesti do toga da sadržaj suspendiranih krutina u vodi bude veći od 30% u odnosu na sadržaj voda na koje ispust ne djeluje.	Svaka tri mjeseca
Salinitet ‰	12-38‰	≤40‰ Ispust koji djeluje na vode za uzgoj školjkaša ne smije dovesti do toga da njihov salinitet za više od 10‰ premaši salinitet voda na koje ispust ne djeluje.	Svakog mjeseca
Otopljeni kisik (zasićenje %)	≥ 80 %	≥ 70 % (prosječna vrijednost) Pokaže li pojedinačno mjerenje vrijednost nižu od 70%, mjerenja će se ponoviti. Pojedinačno mjerenje ne smije ukazati na vrijednost nižu od 60%, osim ako ne postoje štetne posljedice za razvoj kolonija školjkaša.	Svakog mjeseca s najmanje jednim uzorkom reprezentativnim za uvjete niske razine kisika na dan uzorkovanja. Međutim, u slučaju sumnji na velike dnevne varijacije, u jednom se danu moraju uzeti najmanje dva uzorka.
Naftni ugljikovodici		Ugljikovodici ne smiju biti prisutni u vodama za uzgoj školjkaša u takvim količinama u kojima bi: – stvorili vidljiv sloj na površini vode i/ili talog na školjkašima – štetno djelovali na školjkaše.	Svaka tri mjeseca
Organohalogene tvari	Koncentracija svake tvari u mesu školjkaša mora biti toliko ograničena da doprinosi visokoj kakvoći školjkaških proizvoda.	Koncentracija svake tvari u vodi za uzgoj školjkaša ili u mesu školjkaša ne smije dosegnuti ili premašiti razinu koja ima štetne učinke na školjkaše i njihove ličinke.	Svakih pola godine
Metali srebro (Ag), arsen (As,) kadmij (Cd), krom (Cr), bakar (Cu), živa (Hg),nikal (Ni), olovo (Pb), cink (Zn) mg/l	Koncentracija svake tvari u mesu školjkaša mora biti ograničena tako da doprinosi visokoj kakvoći školjkaških proizvoda.	Koncentracija svake tvari u vodi za uzgoj školjkaša ili u mesu školjkaša ne smije premašiti razinu koja ima štetne učinke na školjkaše i ličinke. U obzir se moraju uzeti sinergijski učinci ovih metala.	Svakih pola godine
Fekalni koliformi /100ml	≤ 300 u mesu školjkaša i međuljušturnoj tekućini		Svaka tri mjeseca
Escherichia coli /100g	≤ 230 u mesu školjkaša i međuljušturnoj tekućini		Svaka tri mjeseca
Tvari koje djeluju na okus školjkaša		Koncentracija niža od one koja uzrokuje pogoršanje okusa školjkaša.	
Saksitocin			Svakog mjeseca

Napomena: Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 89/10, NN 73/13), članak 54, za određivanje kakvoće voda pogodnih za život i rast školjkaša, prate se pokazatelji navedeni u Prilogu 9. Uredbe o standardu kakvoće voda (Prilog 9. Uredbe).

Područja voda se ocjenjuju kao pogodna za život i rast školjkaša ako godišnji rezultati ispitivanja zadovoljavaju kriterije iz članka 58. Uredbe o standardu kakvoće voda, čime se stvaraju preduvjeti za dodatno određivanje novih područja voda pogodnih za život i rast školjkaša (članak 59. Uredbe o standardu kakvoće voda), odnosno da:

1. 100% rezultata ispitivanja pokazatelja organohalogenih tvari i metala zadovoljavaju propisane vrijednosti iz stupca Obaveze, te su sukladni odgovarajućim komentarima,
2. 95% rezultata ispitivanja pokazatelja saliniteta i otopljenog kisika zadovoljavaju propisane vrijednosti iz stupca Obaveze, te su sukladni odgovarajućim komentarima,
3. 75% rezultata ispitivanja ostalih pokazatelja iz Priloga 9. ove Uredbe zadovoljavaju propisane vrijednosti iz stupca Obaveze, odnosno Preporuke u slučaju kada nisu određene vrijednosti u stupcu Obaveze, te su sukladni odgovarajućim komentarima.

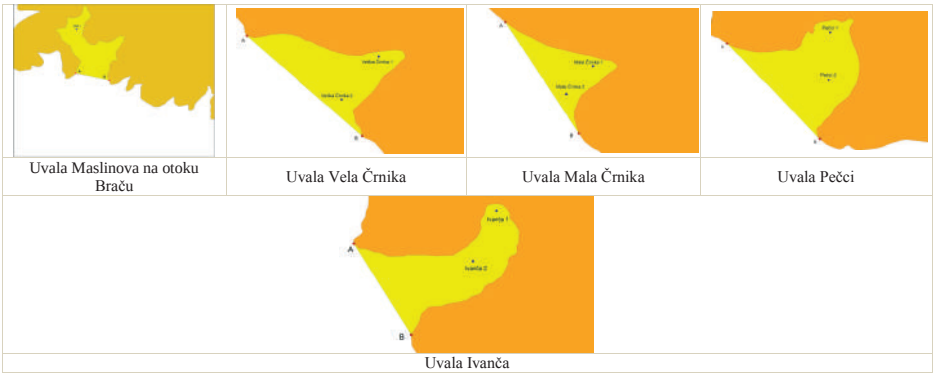
Na slici 3. prikazana su područja voda na kojima je provedeni monitoring pokazao da zadovoljavaju standarde kakvoće potrebne za život i rast školjkaša. Slika 4. prikazuje jedno od tih područja na kojemu, u vrijeme istraživanja, nije bilo uzgajalište školjkaša, zbog čega je izvoditelj monitoringa trebao postaviti pergolare sa školjkašima kako bi se monitoring mogao obaviti.



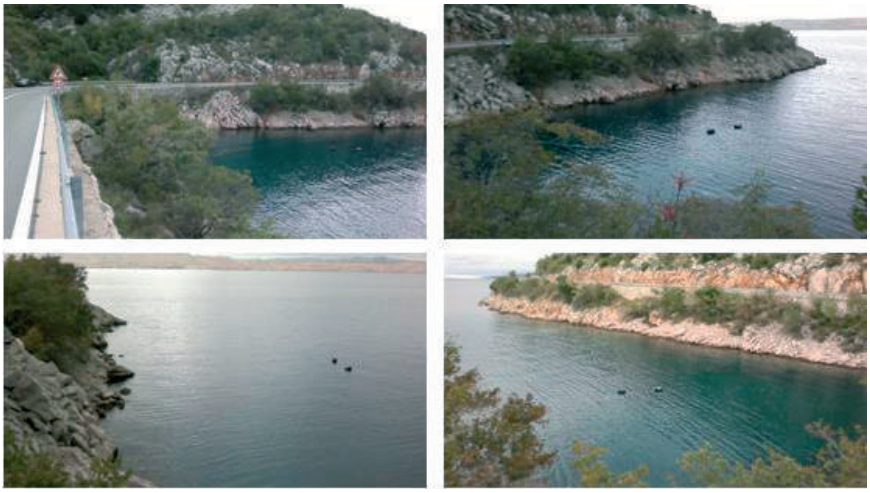
Obalni dio Istre od granice s R. Slovenijom do Antanela | Obalni dio Istre od Antanela do pličine Fujaga | Dio Istre od pličine Fujaga do rta Proština | Dio Istre od rta Proština do rta Kamenjak

Dio Istre od rta Kamenjak do rta Sočaja | Dio Istre od rta Sočaja do granice Istarske županije | Uvala Veli bok na otoku Cresu | Uvala Kaldonta na otoku Cresu

Maunski kanal | Područje Starigrad Paklenica | Uvala Saldun na otoku Čiovu | Uvala Vela luka na otoku Šolti



Slika 3. Preliminarna područja voda pogodna za život i rast školjkaša i mjerne postaje na kojima je obavljen monitoring tijekom 2012. – 2014. godine (Ninčević Gladan i drugi, 2013, 2014)



Slika 4. Uvala Mala Črnika

Tijekom 2014. godine na traženje Ministarstva poljoprivrede u plan monitoringa su uključena nova područja na poziciji Košara u Zadarskoj županiji i Škoj u općini Slivno u Dubrovačko-neretvanskoj županiji. Rezultati jednogodišnjeg monitoringa se očekuju u drugoj polovici 2015. godine koji će pokazati hoće li i ova područja zadovoljiti navedene kriterije te biti uvrštena na popis područja voda pogodnih za život i rast školjkaša.

U slučajevima promjene stanja voda i provođenju mjera zaštite, na područjima voda koje su određene pogodnima za život i rast školjkaša potrebno je provoditi operativni monitoring na način propisan Uredbom o standardu kakvoće voda. Promjena stanja može nastupiti uslijed novih antropogenih aktivnosti u tijelu prijelazne ili priobalne vode, a može se utvrditi temeljem rezultata nadzornog monitoringa, ali i praćenja kakvoće mora i školjkaša na proizvodnim područjima i područjima za ponovno polaganje živih školjkaša, za koji je nadležna Uprava za veterinarstvo Ministarstva poljoprivrede RH.

2.3. Monitoring na preliminarnim područjima voda pogodnim za život i rast školjkaša u nadležnosti Uprave za veterinarstvo Ministarstva poljoprivrede RH

Osim provedbe monitoringa kakvoće voda za školjkaše prema zahtjevima Zakona o vodama i Uredbe o standardu kakvoće voda za koji su nadležne Hrvatske vode, na područjima voda pogodnima za život i rast školjkaša provodi se svake godine Plan praćenja kakvoće mora i školjkaša na proizvodnim područjima i područjima za ponovno polaganje živih školjkaša, koji se objavljuje u Narodnim novinama, a temelji se na Pravilniku o službenim kontrolama hrane životinjskog podrijetla (NN 99/07, 28/10, 94/11, 51/12). Za navedeni monitoring nadležna je Uprava za veterinarstvo Ministarstva poljoprivrede RH. U skladu s odredbama Priloga II. poglavlja II. dijela B. točke 1. i 2. Pravilnika o službenim kontrolama hrane životinjskog podrijetla, svrha provedbe Plana praćenja kakvoće mora i školjkaša na proizvodnim područjima i područjima za ponovno polaganje živih školjkaša je:

- provjera mikrobiološke kakvoće živih školjkaša na proizvodnim područjima i područjima za ponovno polaganje;
- provjera moguće prisutnosti toksičnog planktona i potencijalno toksičnog planktona u vodama na proizvodnim područjima i područjima za ponovno polaganje te biotoksina u živim školjkašima;
- provjera moguće prisutnosti kemijskih onečišćujućih tvari u živim školjkašima;
- izbjegavanje zlouporaba u odnosu na podrijetlo živih školjkaša;
- obavljanje preliminarnih analiza novih proizvodnih područja.

Plan praćenja kakvoće mora i školjkaša na proizvodnim područjima i područjima za ponovno polaganje živih školjkaša se provodi svake godine na područjima određenima Odlukom o određivanju voda pogodnih za život i rast školjkaša kao područjima pogodnim za život i rast školjkaša, kao i na preliminarnim proizvodnim područjima i područjima za ponovno polaganje živih školjkaša, a pokazatelje i učestalost ispitivanja prikazuje Tablica 4.

Tablica 4. Pokazatelji i učestalost ispitivanja u morskoj vodi i mesu školjkaša

a) morska voda	**učestalost**
fitoplanktonski sastav	od 1. 12. – 31. 3. svaka dva tjedna, od 1. 4. – 30. 11. tjedno
b) meso školjkaša	
Benzo(a)piren	polugodišnje (III, IX mjesec)
metali (As, Cd, Hg, Pb)	polugodišnje (III, IX mjesec)
E. Coli	mjesečno (svakog prvog ponedjeljka u mjesecu)
Biotoksini (PSP, DSP, ASP)	tjedno

ZAKLJUČAK

1) Odlukom o određivanju voda pogodnih za život i rast školjkaša 18 područja prijelaznih i priobalnih voda Jadranskog vodnog područja proglašeno je pogodnima za život i rast školjkaša, temeljem provedenog jednogodišnjeg monitoringa pokazatelja propisanih Uredbom o standardu kakvoće voda.
2) Nakon donošenja Odluke o određivanju voda pogodnih za život i rast školjkaša monitoring je proveden na 17 preliminarnih područja voda, a na tri je monitoring u tijeku.
3) Daljnje određivanje novih područja voda pogodnih za život i rast školjkaša ovisit će o dinamici zaprimanja zahtjeva za određivanjem. Prijedloge novih područja izrađuju Hrvatske vode i upućuju ministarstvu nadležnom za vodno gospodarstvo na daljnje postupanje.
4) U slučajevima promjene stanja voda i provođenju mjera zaštite, na područjima voda koje su određene pogodnima za život i rast školjkaša provodit će se operativni monitoring na način propisan Uredbom o standardu kakvoće voda.
5) Uprava za veterinarstvo Ministarstva poljoprivrede RH nadležna je za praćenja kakvoće mora i školjkaša na proizvodnim područjima i područjima za ponovno polaganje živih školjkaše koji se provodi svake godine na područjima određenim Odlukom o određivanju voda pogodnih za život i rast školjkaša kao područjima pogodnim za život i rast školjkaša, kao i na preliminarnim proizvodnim područjima i područjima za ponovno polaganje živih školjkaša.

LITERATURA

[1] *Direktiva vijeća o kakvoći koju trebaju zadovoljiti vode za školjkaše* (Council Directive on the Quality Required of Shellfish Waters (79/923/EEC, 91/692/EEC, 2006/113/EC)).

[2] Ninčević Gladan, Ž., Krstulović, N., Ujević, I., Dadić, V., Morović, M., Milun, V., Skejić, S., Arapov, J., Jozić, S., Nazlić, N., Sekovski, I. (2008): *Određivanje prijelaznih i priobalnih voda za školjkaše prema Direktivi 2006/113/EC*, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.

[3] Ninčević Gladan, Ž., Krstulović, N., Ujević, I., Dadić, V., Morović, M., Milun, V., Lušić, J., Jozić, S., Nazlić, N., Garber, R. (2013): *Određivanje područja voda pogodnih za život i rast školjkaša u prijelaznim i priobalnim vodama Jadranskog mora*, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.

[4] Ninčević Gladan, Ž., Krstulović, N., Ujević, I., Dadić, V., Morović, M., Milun, V., Lušić, J., Jozić, S., Nazlić, N., Garber, R. (2014): *Određivanje područja voda pogodnih za život i rast školjkaša u prijelaznim i priobalnim vodama Jadranskog mora*, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.

[5] *Odluka o određivanju voda pogodnih za život i rast školjkaša* (NN 78/11).

[6] *Pravilniku o službenim kontrolama hrane životinjskog podrijetla* (NN 99/07, 28/10, 94/11, 51/12).

[7] *Uredba o standardu kakvoće voda* (NN 89/10, 73/13).

[8] *Zakon o vodama* (NN 153/09, 63/11, 130/11 i 56/13).

AUTORI

mr.sc. Dagmar Šurmanović [a]
mr.sc. Valerija Musić [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, Hrvatska,
dagmar.surmanovic@voda.hr; valerija.music@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.45.

MONITORING FIZIKALNIH, KEMIJSKIH I BIOLOŠKIH POKAZATELJA ZA ODREĐIVANJE PODRUČJA VODA POGODNIH ZA ŽIVOT I RAST ŠKOLJKAŠA U VODAMA JADRANSKOG MORA

Ivana Ujević, Živana Ninčević Gladan, Nada Krstulović, Vlado Dadić, Mira Morović, Vesna Milun, Jelena Lušić, Slaven Jozić, Nikša Nazlić, Roman Garber, Valerija Musić, Dagmar Šurmanović

SAŽETAK: Direktiva 2006/113/EZ o potrebnoj kakvoći vode za školjkaše odnosi se na kakvoću voda za uzgoj školjkaša i primjenjuje se na priobalne i prijelazne vode koje je država odredila kao vode kojima je potrebna zaštita ili poboljšanje kako bi se omogućio život i rast školjkaša i time pridonijelo visokoj kakvoći jestivih školjkaških proizvoda. Školjkaši su zbog načina ishrane veoma osjetljivi na onečišćenje vode jer prilikom filtriranja zadržavaju i akumuliraju sve mikroorganizme, organske čestice, teške metale i razna druga zagađivala. Monitoring voda za školjkaše je neophodan zbog pravovremenog sprječavanja zagađenja samih školjkaša kao i zbog zaustavljanja prijenosa onečišćujućih tvari kroz hranidbeni lanac. Određivanje voda namijenjenih za uzgoj školjkaša napravljeno je u skladu sa Direktivom 2006/113/EZ koja propisuje niz fizikalnih, kemijskih i bioloških pokazatelja koji moraju biti zadovoljeni bilo da udovoljavaju obveznim standardima ili visokim standardima tzv. «guideline» koji predstavljaju smjernice za daljnje određivanje voda pogodnih za uzgoj školjkaša. Direktivom je određena i minimalna učestalost uzorkovanja kao i metode koje se moraju koristiti za analizu određenih pokazatelja. Određene su vrijednosti sljedećih pokazatelja za morsku vodu: pH, temperatura, obojenje, količina suspendiranih čestica, salinitet, otopljeni kisik, naftni ugljikovodici, a za školjkaše maseni udjeli organohalogenih tvari, metala (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb i Zn) i saksitoksina te koncentracija bakterije Escherichia coli.

KLJUČNE RIJEČI: morska voda, školjkaši, fizikalni, kemijski, biološki pokazatelji

MONITORING OF PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL INDICATORS FOR DESIGNATION OF WATER BODIES IN THE ADRIATIC SEA SUITABLE FOR SHELLFISH LIFE AND GROWTH

SUMMARY: The Directive 2006/113 / EC on the quality required of shellfish waters concerns the quality of shellfish waters and applies to those coastal and transitional waters

designated by the state as needing protection or improvement in order to support shellfish life and growth and thus to contribute to the high quality of edible shellfish products. Due to their feeding manner, shellfish are very sensitive to water pollution, since they retain and accumulate all microorganisms, organic particles, heavy metals and various other pollutants during filtration. Monitoring of shellfish waters is essential for timely prevention of pollution of shellfish themselves as well as for blocking the transfer of pollutants through the food chain. The determination of shellfish water is done in accordance with the Directive 2006/113/EC, which establishes physical, chemical and biological indicators which must be fulfilled whether to comply with mandatory standards or high standards of the guidelines which represent instructions for further designation of waters suitable for shellfish farming. The Directive has also set the minimum sampling frequency as well as the methods which have to be used in the analysis of individual indicators. For marine water, the values of the following indicators are determined: pH, temperature, colour, quantity of suspended particles, salinity, dissolved oxygen, petroleum hydrocarbons, whereas the determined indicator values for shellfish are for mass fractions of organohalogenated substances, metals (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb and Zn), saxitoxin and Escherichia coli concentrations.

KEY WORDS: sea water, shellfish, physical, chemical, biological parameters

1. UVOD

Procjena rizika je postupak kojim se utvrđuje razina opasnosti ili štetnosti, a u slučaju hrane i toksičnosti opasnih tvari i drugih komponenti koje se mogu naći u hrani i utjecati nepovoljno na zdravlje potrošača. Procjena rizika prvenstveno je vezana za identifikaciju kemijskih spojeva ili patogenih mikroorganizama, i za određivanje njihove količine, a koje bi mogle imati nepovoljan učinak na ljudsko zdravlje. Za prehrambenu industriju i javnost uvijek postoji potreba da se smanji ili eliminira rizik od opasnih i potencijalno opasnih tvari u hrani. Današnja prehrambena tehnologija i znanstvena dostignuća doprinose smanjenju rizika. Dakle, od iznimne važnosti je da gdje, kada i kako god je moguće se provode kontrole hrane.

Vrlo važan aspekt u kontroli hrane je razvijanje percepcije rizika od strane potrošača, tj. potrebno je kontinuirano potrošače informirati s postojanjem rizika vezano s različitim opasnostima u hrani. Percepcija rizika nije nužno povezana sa stvarnim rizikom, jer u praksi ljudi se više boje opasnosti u hrani od nekih drugih opasnosti. U svakom slučaju percepcija rizika utječe na ponašanje javnosti, a to ima utjecaj na prehrambenu industriju. Kao posljedica povećanja svjetske potrošnje hrane iz mora u posljednjih nekoliko godina, morski školjkaši postali su komercijalno vrlo važne vrste, s godišnjom stopom rasta proizvodnje od oko 8% (Glamuzina, 2009). Školjkaši se uzgajaju u svim europskim pomorskim državama, a Španjolska i Francuska su najveći europski proizvođači, s proizvodnjom koja iznosi 270.000 i 200.000 tona godišnje (Guéguena i drugi, 2011).

Uzgoj školjkaša u Hrvatskoj temelji se isključivo na dvije vrste školjkaša, dagnji i kamenica. Najvažnije područje uzgoja temeljeno na višestoljetnoj tradiciji je Malostonski zaljev (poluotok Pelješac), na krajnjem jugu hrvatske obale. Unatoč visokom potencijalu za razvoj akvakulture i dugoj tradiciji školjkarstva, proizvodnja u Hrvatskoj je u 2011. bila tek 1610 tona dagnji i drugih školjkaša, a to je čak za 48% manje nego što je bila u

prethodnoj godini (Državni zavod za statistiku, 2012). Razvoju ovog sektora doprinijelo bi širenje na tržišta EU članica.

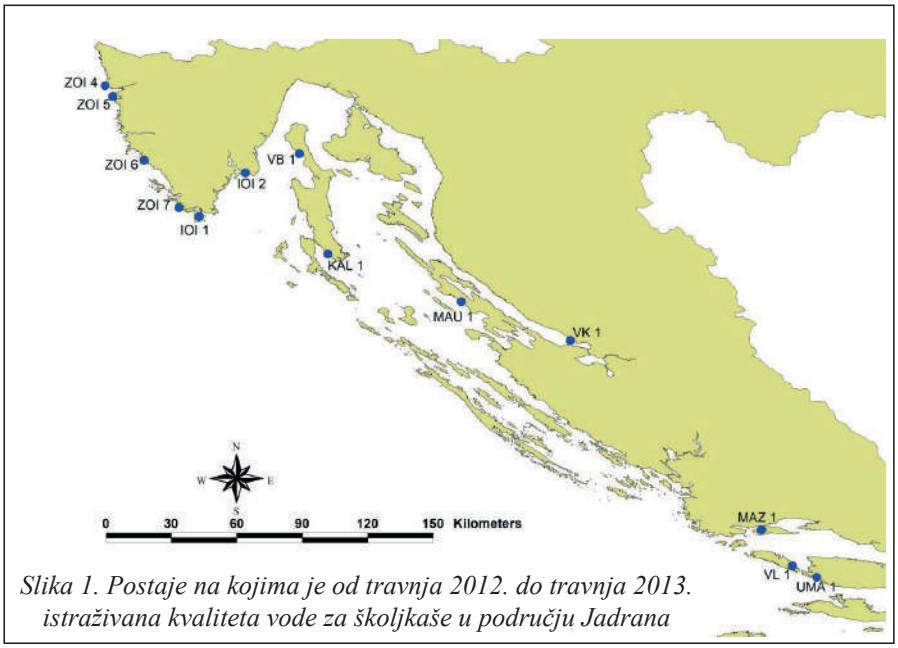
Akumulacija kemijskih kontaminanata, poput toksičnih metala (živa, kadmij i olovo) i postojanih organskih onečišćujućih tvari (POPs) u školjkašima namijenjenim za prehranu, je stalna opasnost za ljude, kao potrošače na vrhu hranidbenog lanca (Hillwalker i drugi, 2006). U skladu sa zakonodavstvom EU-a, praćenje zdravstvene ispravnosti školjkaša iz prirodnih ili uzgojnih populacija izlovljenih duž hrvatske obale, provodi se kako bi se ustanovilo je li koncentracija onečišćujućih tvari unutar granica sigurnih za potrošače.

Općenito prihvatljiv pristup za praćenje i otkrivanje razine onečišćenja u okolišu je kemijska analiza cijelog mekog tkiva školjkaša (Joksimović i drugi, 2011). Dagnje i kamenice ispunjavaju uvjete koncepta o bioindikatorskim vrstama pa se koriste i kao indikatori onečišćenja (Kljaković-Gašpić i drugi, 2010).

2. MATERIJAL I METODE

Određivanje područja za uzgoj školjkaša temelji se na zahtjevima Direktive 2006/113/EZ Europskog Parlamenta i Vijeća od 12. prosinca 2006. o potrebnoj kakvoći vode za uzgoj školjkaša (EZ, 2006). Pokazatelji koji se primjenjuju na vode za školjkaše navedeni u Dodatku I su: pH, temperatura, obojenje, suspendirane čestice, slanost, otopljeni kisik, naftni ugljikovodici u vodi i organohalogene tvari, metali (Ag, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb i Zn), fekalni koliformi, tvari koje djeluju na okus školjkaša i saksitoksin u jestivom tkivu školjkaša. U Dodatku I su navedeni obvezni standardi i smjernice tzv. «guidelines», kao i referentne metode analiza za navedene pokazatelje.

Uzorci školjkaša i morske vode za ispitivanje uzimani su na 13 postaja od travnja 2012. do travnja 2013. godine (Slika 1).



Slika 1. Postaje na kojima je od travnja 2012. do travnja 2013. istraživana kvaliteta vode za školjkaše u području Jadrana

Na području Istre analize su obavljene na 6 postaja duž zapadne i istočne obale poluotoka (ZOI4, ZOI5, ZOI6, ZOI7, IOI1 i IOI2 – područja izlova). Na otoku Cresu uzorkovanja su obavljena u uvali Veli bok (VB1) i uvali Kaldonta (KAL1) – područja uzgoja. Nadalje, uzorkovanje je obavljeno u Maunskom kanalu (MAU1) – područje uzgoja i Velebitskom kanalu (VK1) – područje izlova, u uvali na otoku Čiovu (MAZ1) – područje izlova, u uvali Vela Luka (VL1) – područje uzgoja, na otoku Šolti i u uvali Maslinova (UMA1) na otoku Braču – područja uzgoja, (Slika 1).

3. REZULTATI I RASPRAVA

Temperatura morske vode na čitavom području bila je u rasponu od 8,0 do 28,0 0C. Najniže temperature zabilježene su u područjima s najvećim dotokom slatke vode kao što je Velebitski kanal (VK1), (Slika1). Na takvim je područjima izražena i obrnuta termoklina u hladnijem dijelu godine. Budući da istraživane postaje karakterizira mala dubina, temperaturne stratifikacije u ljetnom razdoblju nema ili je prisutna kroz kraće vremensko razdoblje, zabilježena je u lipnju, srpnju i kolovozu na postajama ZOI4, MAU1, VK1, MAZ1, VL1.

pH vrijednosti morske vode na čitavom istraživanom području bile su u rasponu od 7,9 do 8,5 što je u skladu sa smjernicama koje propisuje Direktiva (EZ, 2006).

Boja mora na istraživanim postajama, izuzevši plitkih postaja istočne i zapadne Istre, imala ujednačene vrijednosti između V i VI.

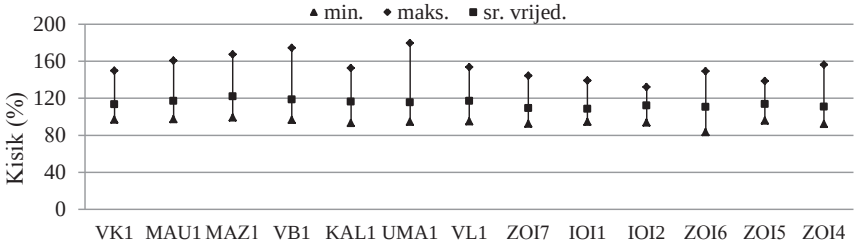
Masena koncentracija suspendirane tvari bila je u granicama uobičajenim za obalne vode. Ekstremno visoka vrijednost izmjerena je jedino na postaji IOI1 u veljači 2013., vjerojatno zbog intenzivnijeg miješanja uslijed jake bure.

Salinitet morske vode na čitavom području bio je u rasponu od 12,8 do 39,4 što odgovara zahtjevima Direktive (EZ, 2006).

Vidljiv sloj naftnih ugljikovodika nije zabilježen na niti jednoj postaji.

Analize mekih tkiva uzorkovanih školjkaša pokazale su vrlo niske masene udjele istraživanih kloriranih ugljikovodika (heksaklorbenzen, lindan, heptaklor, aldrin, dieldrin, endrin, p,p,-DDE, p,p,-DDD, p,p,-DDT, polikloriranibifenili – (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180), na svim istraživanim područjima te ispunjavaju zahtjev Direktive (EZ, 2006).

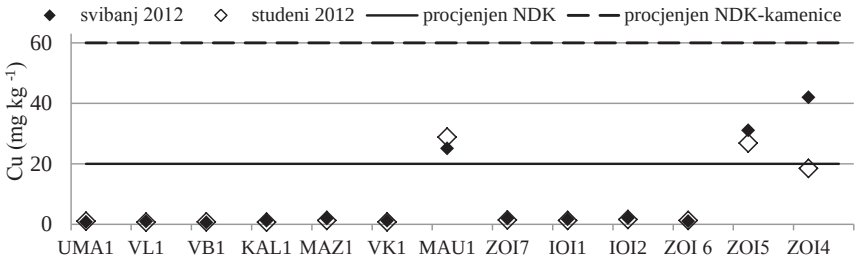
Zasićenost morske vode kisikom na svim je postajama u skladu sa zahtjevima Direktive (EZ, 2006). Svi uzorci morske vode prikupljeni tijekom 12 mjeseci na proizvodnim područjima, udovoljavaju smjernicama (≥80 %) za zasićenost kisika (Slika 2).



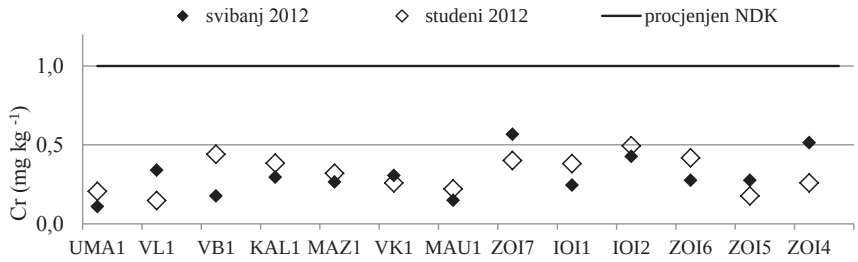
Slika 2. Zasićenje morske vode kisikom na istraživanim postajama, od travnja 2012. do travnja 2013., minimum, maksimum i srednja vrijednost

Rezultati mjerenja ispitivanih metala u svim uzorcima, zadovoljavaju standarde za Cd i Pb navedene u Pravilniku (NN, 2012), dok su za ostale metale (Cu, Cr, Ni, Zn, Hg, As i Ag) u vrijednostima koje ne djeluju štetno na razvoj školjkaša i doprinose nutritivnoj kakvoći njihovih proizvoda (Slike 3 – 11).

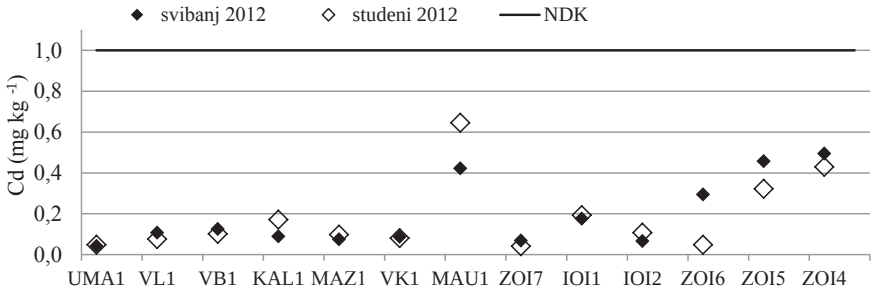
Maseni udjeli Cu i Zn određeni u kamenicama na proizvodnim područjima zapadne obale Istre (ZOI4 i ZOI5) i Maunskog kanala (MAU1) su viši 15-30 puta od srednje vrijednosti masenih udjela Cu i Zn izmjerenih u ostalim vrstama školjkaša (Slika 3 i 8). Kamenice prirodnim procesima akumuliraju neke metale kao Cu i Zn, 10 – 100 puta više od drugih školjkaša, tako da viši maseni udjeli Cu i Zn u kamenicama nisu pokazatelji štetnog utjecaja Cu i Zn na razvoj školjkaša.



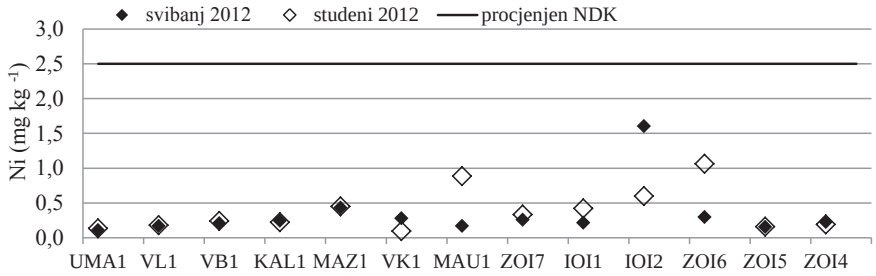
Slika 3. Maseni udjeli bakra (po mokroj masi) u mekom tkivu školjkaša na odabranim postajama, procijenjen NDK – procijenjena najveća dopuštena količina bakra za sve vrste školjkaša, osim za kamenice, je 20 mg kg^{-1}, procijenjen NDK za kamenice je 60 mg kg^{-1}



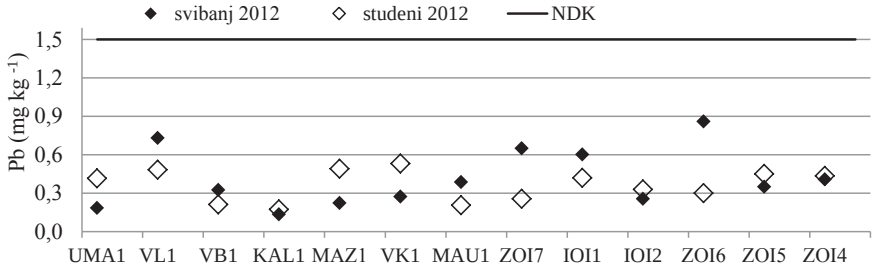
Slika 4. Maseni udjeli kroma (po mokroj masi) u mekom tkivu školjkaša na odabranim postajama, procijenjen NDK - procijenjena najveća dopuštena količina kroma je 1,0 mg kg^{-1}



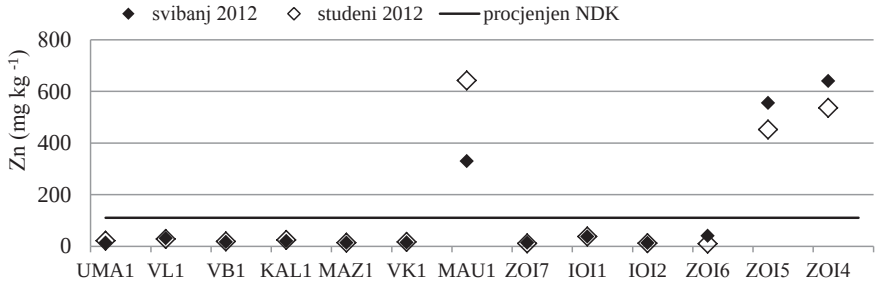
Slika 5. Maseni udjeli kadmija (po mokroj masi) u mekom tkivu školjkaša na odabranim postajama, NDK – najveća dopuštena količina kadmija je 1,0 mg kg^{-1} (NN, 2012)



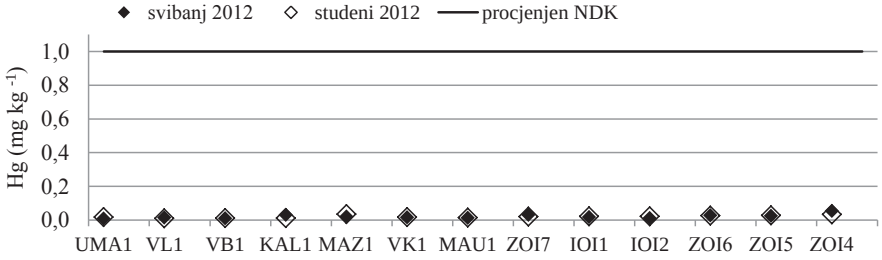
Slika 6. Maseni udjeli nikla (po mokroj masi) u mekom tkivu školjkaša na odabranim postajama, procijenjen NDK – procijenjena najveća dopuštena količina nikla je 2,5 mg kg^{-1}



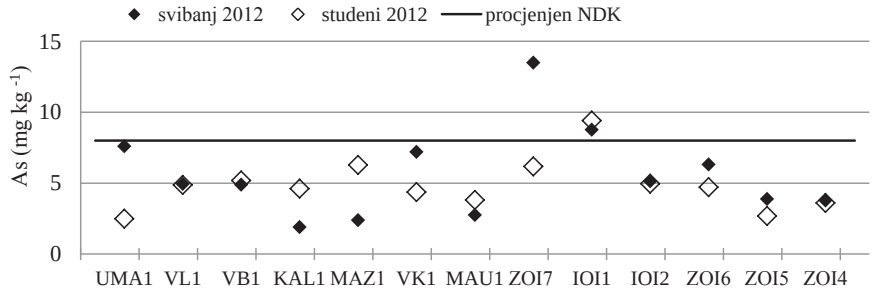
Slika 7. Maseni udjeli olova (po mokroj masi) u mekom tkivu školjkaša na odabranim postajama, NDK – najveća dopuštena količina olova je 1,5 mg kg^{-1} (NN, 2012) 2,5 mg kg^{-1}



Slika 8. Maseni udjeli cinka (po mokroj masi) u mekom tkivu školjkaša na odabranim postajama, procijenjen NDK – procijenjena najveća dopuštena količina cinka je 110 mg kg^{-1}

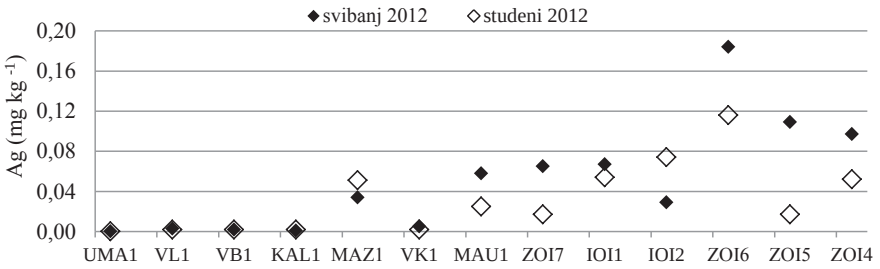


Slika 9. Maseni udjeli žive (po mokroj masi) u mekom tkivu školjkaša na odabranim postajama, procijenjen NDK – procijenjena najveća dopuštena količina žive je 1,0 mg kg^{-1}



Slika 10. Maseni udjeli arsena (po mokroj masi) u mekom tkivu školjkaša na odabranim postaja ma, procijenjen NDK – procijenjena najveća dopuštena količina arsena je 8 mg kg^{-1}

Maseni udijeli As u školjkašima iz proizvodnog područja zapadne obala Istre (ZOI7) i istočne obale Istre (IOI1), (Slika 10) veći su od 8 mg kg^{-1}. Glavni izvor As u prehrani ljudi su ribe i školjkaši u kojima je >90% As u obliku arsenobetain. Organski spojevi arsena su znatno manje toksični od anorganskih, a neki kao navedeni arsenobetain, koji se nakuplja u mekom tkivu školjkaša, gotovo je netoksičan. Visoki maseni udjeli As izmjereni su i u školjkašima iz škotskih voda, u rasponu od 0,81 do 28,4 mg kg^{-1} mokre mase tkiva (Brown i Balls, 1997).



Slika 11. Maseni udjeli srebra (po mokroj masi) u mekom tkivu školjkaša na odabranim postajama.

Maseni udjeli Ag bili su vrlo niski, od < 0,0001– 0,184 mg $^{-1}$ (Slika 11). U pravilnicima nije definirana najviša dozvoljena količina Ag, stoga su rezultati mjerenja u ovom izvješću uspoređeni s podacima ustanovljenim tijekom praćenja i nadzora onečišćivača u vodenom okolišu Engleske i Wales (Jones i Franklin, 1997). Rezultati mjerenja bili su u širem rasponu (< 0,001 – 2,4 mg $^{-1}$) od mjerenja u odabranim proizvodnim područjima Jadrana (< 0,0001– 0,184 mg kg-1). Stoga, maseni udjeli Ag zadovoljavaju zahtjeve za kakvoću vode za školjkaše

Mjesečna ispitivanja koncentracije E. coli u dagnjama koja su provedena u razdoblju od travnja 2012. do travnja 2013. ukazuju na povremena onečišćenja u proizvodnim područjima zapadne i istočne obale Istre, na postaji VB1 u uvali Veli bok na Cresu, na postaji VK1 u Velebitskom kanalu i postaji MAZ1 Marinskog zaljeva. Međutim, treba napomenuti da ni u jednom proizvodnom području tijekom istraživanja nisu utvrđene koncentracije E. coli koje odgovaraju mikrobiološkom razredu C, te je zdravstvena kakvoća živih školjkaša i kod navedenih povremenih povećanja odgovarala propisanim vrijednostima za stavljanje na tržište za prehranu ljudi nakon pročišćavanja u centru za pročišćavanje ili ponovnog polaganja sukladno odredbama Pravilnika o službenim kontrolama hrane životinjskog podrijetla (NN, 2009).

Skupina PSP biotoksina nije ustanovljena u uzorcima školjkaša s istraživanih postaja. Rezultati ispitivanja PSP skupine biotoksina zadovoljavaju zahtjev naveden u Pravilniku o higijeni hrane životinjskog podrijetla (NN, 2009).

ZAKLJUČAK

Analiza rezultata ispitivanih parametara: pH, temperatura, obojenje, suspendirane čestice, slanost, otopljeni kisik, naftni ugljikovodici u vodi i organohalogene tvari, metali (Ag, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb i Zn), fekalni koliformi, tvari koje djeluju na okus školjkaša

i saksitoksin u jestivom tkivu školjkaša, sa 13 postaja duž Jadrana, pokazala je da svi ispitivani parametri udovoljavaju zahtjevima Direktive (EZ, 2006) o potrebnoj kakvoći vode za život i rast školjkaša.

LITERATURA

[1] Brown, F.M.J., Balls, P.W. (1997): *Trace metals in fishand shellfish from Scottish Waters*. Scottish Fisheries Research Report. No 60.

[2] Državni zavod za statistiku (2012): *Morsko ribarstvo, priopćenje*, Zagreb, 21.06. 2012., br. 1.4.1.

[3] EZ (2006) Direktiva 2006/113/EZ Europskog Parlamenta i Vijeća od 12. prosinca 2006. O potrebnoj kakvoći vode za uzgoj školjkaša.

[4] Glamuzina, I. (2009): *Integralni planovi razvoja školjkarstva. Područja Malostonskog zaljeva, ušća rijeke Krke i akvatorija sjeverozapadnog dijela Zadarske županije*.

[5] URL http:// www.undp.hr/upload/file/227/113903/.../256_07_2_S_.pdf

[6] Guéguen, M., Amiard, J. C., Arnich, N., Badot, P. M., Claisse, D., Guérin, T., Vernoux, J. P. (2011): *Shellfish and Residual Chemical Contaminanats: Hazards, Monitoring, and Health Risk assessment Along French Coasts*. Reviews of Environmental Contamination & Toxicology, 213, 55-111.

[7] Hillwalker, W. E., Jepson, P. C., Anderson, K. A. (2006): *Selenium accumulation patterns in lotic and lentic aquatic systems*. Science of the Total Environment, 366, 367-379.

[8] Joksimović, D., Tomić, I., Stanković, A. R., Jović, M., Stanković, S. (2011): *Trace metal concentrations in Mediterranean blue mussel and surface sediments and evaluation of the mussels quality and possible risks of high human consumption*. Food Chemistry, 127 (2), 632-637.

[9] Jones, J., Franklin, J. (1997): *Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in aquatic environment and activities regulating the disposal of waste at sea 1997*. Sci. Ser., Aquatic Environment Monitoring Report, CEFFAS, Lowestoft, 52, 92 pp.

[10] Kljaković-Gašpić, Z., Herceg-Romanić, S., Kožul, D., Veža, J. (2010): *Biomonitoring of organochlorine compounds and trace metals along the Eastern Adriatic coast (Croatia) using Mytilus galloprovincialis. Marine pollution bulletin*, 60 (10), 1879-1889.

[11] NN (2009): *Pravilnik o službenim kontrolama hrane životinjskog podrijetla, Narodne novine 99.*

[12] NN (2009) *Pravilnik o higijeni hrane životinjskog podrijetla. Narodne novine 99.*

[13] NN (2012) P*ravilnik o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani. Narodne novine 146.*

AUTORI

dr.sc. Ivana Ujević [a]
dr.sc. Živana Ninčević Gladan [a]
dr.sc. Nada Krstulović [a]
dr.sc. Vlado Dadić [a]
dr.sc. Mira Morović [a]
dr.sc. Vesna Milun [a]
Jelena Lušić, dipl.ing [a]
dr.sc. Slaven Jozić [a]
Nikša Nazlić, dipl.ing. [a]
Roman Garber, dipl.ing. [a]
mr.sc.Valerija Musić [b]
mr.sc. Dagmar Šurmanović [b]

[a] Institut za oceanografiju i ribarstvo, Šetalište Ivana Meštrovića 63, 21000 Split, ujevic@izor.hr; nincevic@izor.hr; krstulovic@izor.hr; dadic@izor.hr; morovic@izor.hr; milun@izor.hr; lusic@izor.hr; sjozic@izor.hr; nazlic@izor.hr; garber@izor.hr;

[b] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10000, Zagreb, Valerija.Music@voda.hr; Dagmar.Surmanovic@izor.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.46.

TEMPORAL CHANGES OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF KAŠTELA BAY

Grozdan Kušpilić, Jelena Lušić, Vesna Milun, Jelena Mandić, Živana Ninčević Gladan, Nada Krstulović, Mladen Šolić, Marija Marijanović Rajčić, Dagmar Šurmanović, Daniel González-Fernández, Georg Hanke, Giulio Mariani, Simona Tavazzi, Gert Suurkuusk, Jacek Tronczynsky

SUMMARY: Kaštela Bay, with an area of 61 km^2, is the largest Bay in the central part of Croatian coastal waters. Due to eutrophication phenomena and elevated mercury concentrations in sediments and organisms, caused by intense industrialization and urbanization, this Bay took on a status of a "hot spot" area during the eighties of the 20th century. With the construction of sewage systems for the surrounding cities and shutdowns of several industrial plants, during the period from 1990 to 2009, the pressures on the Kaštela Bay marine ecosystem have been reduced considerably, especially in its eastern part. Results of scientific research and monitoring programmes undertaken during the last few decades indicate that considerable positive changes have been established in the water column, while levels of certain contaminants in sediment and biota still show an increasing trend.

KEY WORDS: Kaštela bay, chemical and biological properties, priority substances

PRIVREMENE PROMJENE KEMIJSKIH I BIOLOŠKIH SVOJSTAVA KAŠTELANSKOG ZALJEVA

SAŽETAK: Kaštelanski zaljev, s površinom od 61 km^2, najveći je zaljev u središnjim obalnim vodama Hrvatske. Uslijed pojave eutrofikacije i povišenih koncentracija žive u sedimentima i organizmima uzrokovane intenzivnom industrijalizacijom i urbanizacijom, ovaj je zaljev tijekom 80.-tih godina prošlog stoljeća dobio status "vruće točke". Izgradnjom sustava odvodnje za okolne gradove i zatvaranjem nekoliko industrijskih pogona u razdoblju između 1990 i 2009, pritisci na morski ekosustav Kaštelanskog zaljeva su se značajno smanjili, naročito u njegovom istočnom dijelu. Rezultati znanstvenog istraživanja i programa monitoringa provedeni u nekoliko proteklih desetljeća ukazuju da su se dogodile velike pozitivne promjene u vodenom stupcu, dok razine nekih kontaminanata u sedimentu i bioti još uvijek pokazuju rastući trend.

KLJUČNE RIJEČI: Kaštelanski zaljev, kemijska i biološka svojstva, prioritetne tvari

1. INTRODUCTION

Measurements of physical, chemical and biological properties of marine environment of the Kaštela Bay area have been carried out for several decades. Basic physicochemical parameters (temperature, salinity, oxygen saturation, nutrient concentrations, phytoplankton biomass, heterotrophic bacteria and primary production) have been continuously investigated on a monthly basis at sampling stations W1 and W5 (Figure 1), as well as at a station located in the Brač Channel, W10. Monitoring of seawater, sediment and biota contaminant levels in the Kaštela Bay has been less frequent compared to monitoring of basic physicochemical parameters. However, the obtained data allows for assessment of the ecological and chemical status of the water bodies in the Bay area, according to the Water Framework Directive 2000/60/EC (European Parliament and European Council, 2000). Moreover, the obtained data are essential for the detection of major issues caused by previous and present inputs of contaminants into the Bay area.

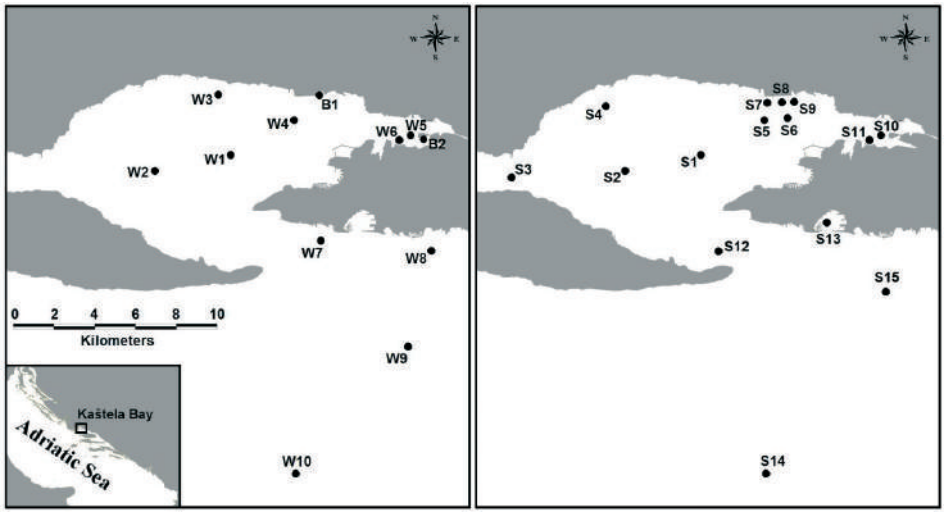


Figure 1. Water column (W), biota (B) and sediment (S) sampling stations in the Kaštela Bay and Brač Channel areas

2. RESULTS

2.1. Changes in nutrient concentrations, oxygen saturation, phytoplankton biomass and heterotrophic bacteria in the Kaštela Bay water column during the 1995-2014 period

Results of monitoring of basic chemical and biological parameters in the water column are shown in Figure 2.

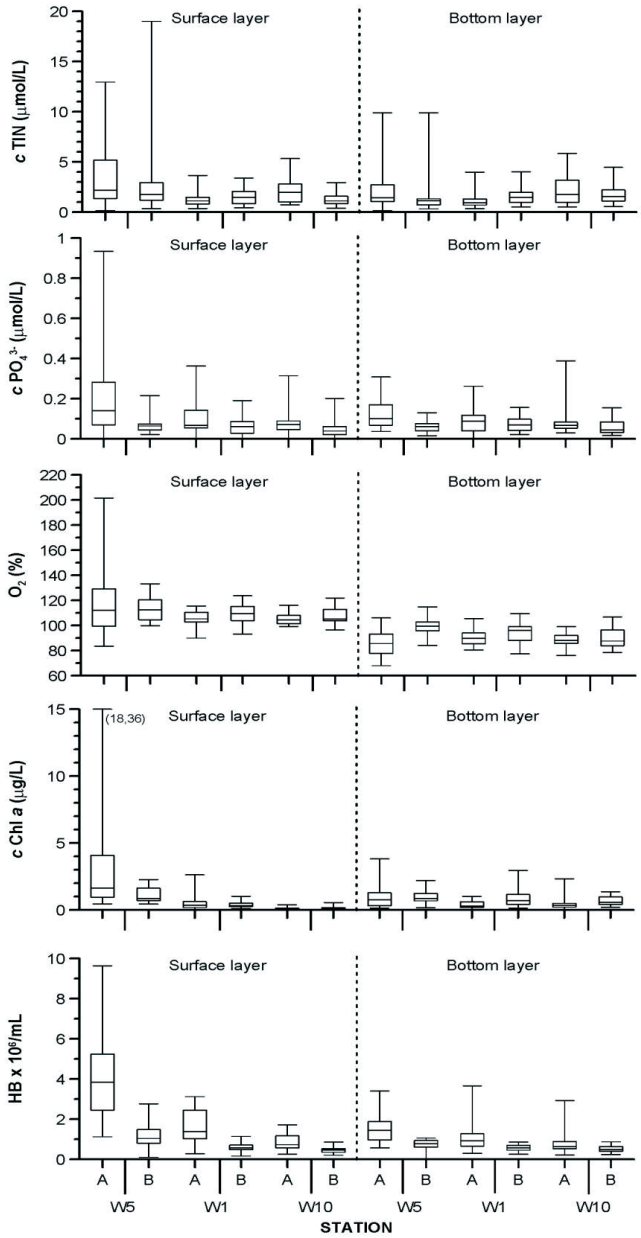


Figure 2. Total ranges (vertical lines), medians (horizontal lines within the rectangles) and interquartile ranges (rectangles) of total inorganic nitrogen concentrations (TIN), orthophosphate concentrations (PO43-), oxygen saturation (O2), chlorophyll a concentration (Chl a) and the number of heterotrophic bacteria (HB), established during the warmer part of the year (July, August, September) in the 1995-2004 period (A), and the 2005-2014 period (B), at stations W5, W1 and W10

The results clearly indicate a considerable decrease in nutrient concentrations, phytoplankton biomass (expressed as Chlorophyll a concentration) and number of heterotrophic bacteria, as well as disappearance of oxygen supersaturation events at the station W5 after the construction of a sewage system in 2004. Similar changes are also visible at the station W1, located in the central part of the Kaštela Bay, however, the changes at this station are less pronounced indicating a weaker affect of waste-water inputs.

2.2. Contaminant levels in seawater, sediment and biota in the Kaštela Bay area

Measurements of seawater contaminant levels in the Kaštela Bay were carried out in 2010, 2013, and in 2014. In the scope of a national surveillance monitoring according to the Water Framework Directive 2000/60/EC conducted in 2010 (Kušpilić et al., 2011) at two sites in the Bay (W5 and W3) concentrations of 33 priority substances and 8 additional contaminants were investigated. A good chemical status was established according to the Environmental Quality Standards Directive 2008/105/EC (European Parliament and European Council, 2000a). These investigations were continued in 2014 and are still in progress.

In the Framework of the EU FP7 Project „PERSEUS" (www. perseus-fp7.eu) the EC Joint Research Centre in Ispra and the Institute of Oceanography and Fisheries in Split organized a joint research cruise in the areas of Kaštela Bay and Brač Channel in 2013. Water sampling was conducted at 3 stations in the Kaštela Bay and 8 stations located in Brač Channel. The screening was carried out in total for 88 Priority Pollutants, under the Water Framework Directive 2000/60/EC, as well as River Basin Specific pollutants, according to the Descriptor 8 of the Marine Strategy Framework Directive 2008/56/EC (European Parliament and European Council, 2000b). This includes PCBs, OCPs, PAHs, phosphate flame retardants and polar compounds such as corrosion inhibitors; pharmaceuticals, perfluoroalkyl substances; and one sweetener. The analyses included extraction of polar + non-polar pollutants on HLB-L disks; determination of PCB, PAH, OCP, and flame retardant levels by GC-HRMS, GC-MS; as well as measurements of polar substance levels by LC-MS/MS.

For the majority of the analyzed compounds, the obtained results point to an increasing concentration gradient from the Brač Channel towards the Kaštela Bay area, as shown in Figure 3 depicting organochlorine pesticide and pharmaceutical concentrations. All of the established concentrations were found to be below Environmental Quality Standards (Annual Average – "AA" and Maximum Allowable Concentrations – "MAC") listed in the Priority Substances Directive 2013/39/EU (European Parliament and European Council, 2013), except for the levels pertaining to the sum of heptachlor + heptachlorepoxide compounds which, at the investigated sites, lay in a range between the "AA" and the "MAC" values.

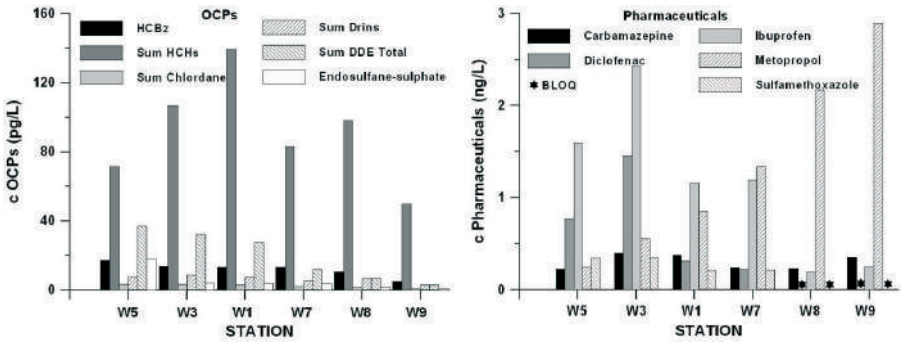


Figure 3. Concentrations of Hexachlorobenzene (HCBz), sum of Hexachlorocyclohexane isomers (Sum HCHs), sum of Chlordane, sum of Aldrin,, Dieldrin, Endrin and Isodrin (Sum Drins), Endosulfane-sulphate, Carbamazepine (anti-onvulsant), Diclofenac and Ibuprofen (nonsteroidal anti-inflammatory drugs), Metopropol (β1 receptor blocker) and Sulfamethoxazole (Antibiotic) established in the surface layer at three stations (W6, W3, W1) in the Kaštela Bay and three stations (W7, W8, W9) in the Brač Channel during 2013

Continuous surveys of organic contaminant levels in the sediments of the Kaštela Bay were carried out from 2006 to 2011. Investigations included organochlorine pesticides, p,p'-DDE, p,p'-DDD and p,p'-DDT, as well as seven environmental PCB congeners (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 and 180). The results indicate that during the greater part of the investigation period concentrations of DDTs were higher (4-49%) at the furthermost eastern part of the Kaštela Bay (station S10) in comparison to station S8. However, this observation changed in 2011 (Figure 4a and 4b), due to negative trend observed at station S10 as well as positive trend observed at station S8. Furthermore, PCB concentrations were significantly higher (50-62%) at station S10 compared to station S8 during the entire monitoring period. Moreover, at both stations a visible trend of increasing concentrations in the sediment was established.

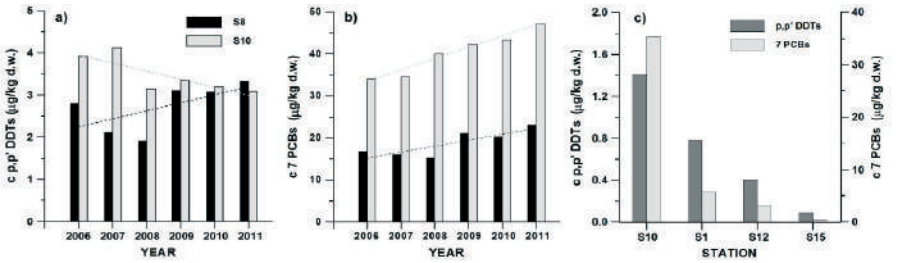


Figure 4. Temporal changes of concentrations of p,p'DDTs (sum of p,p'DDE + p,p' DDD + p,p'DDT) and 7 PCBs (sum of PCB congener No. 28, 52, 101, 118, 138, 153 and 180) in surface sediment (0-2 cm) of Kaštela Bay (S8, S10) and spatial distribution of concentrations of p,p'DDTs and 7 PCBs in sediment samples (0-30 cm) from the Kaštela Bay and Brač Channel (S10, S1, S12, S15) during 2013

Additional studies of these compounds have been carried out during 2013 at three stations in the Kaštela Bay (S10, S1, S12) and one station (S15) in the Brač Channel (Figure 4c), and the results indicate a strongly expressed concentration gradient towards the eastern part the Bay.

In addition to the study of p,p' DDTs and 7 PCBs levels in sediments from Kaštela Bay and Brač Channel, levels of PAH compounds as well as their origin were investigated. Levels of pyrogenic PAH compounds, i.e., sum of parent PAH compounds that typically originate from combustion processes: sum of fluoranthene, benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(a)pyrene, benzo(e)pyrene, Indeno (1,2,3-cd) pyrene, Dibenzo-Anthracene, Benzo(ghi)perylene, Benzo(b+j)fluoranthene and Benzo(k)fluoranthene), methyl PAH (all methyl-substituted PAH expressed as sum of methyl-substituted naphthalenes, fluorenes, Phenanthrenes, Pyrenes, Chrysenes and Benzo-fluoranthenes) and other PAH (PAH compounds substituted with alkyl groups other than methyl, sulphur and nitrogen containing PAH compounds) were investigated (Figure 5).

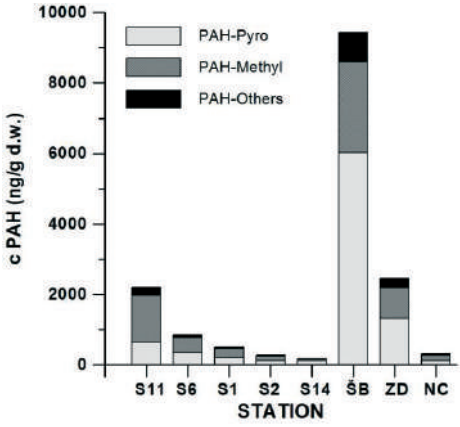


Figure 5. Concentrations of PAH compounds in sediments, according to their origin, established at four stations in Kaštela Bay (S1, S2, S6 and S11), one station in Brač Channel (S14), one station in Šibenik Bay (ŠB), Zadar coastal area (ZD) and Neretva Channel (NC) during February 2013

The highest concentrations of total PAHs in Kaštela Bay were observed at S11 station (2205,8 ng/g) located in the vicinity of the Port of Split industrial zone. Methyl-substituted PAH concentrations (1318,09 ng/g) measured at this station were significantly higher compared to the levels of pyrogenic PAHs (647,5 ng/g). This suggests that marine transport is the main source of PAH pollution at this station. At other stations in the Kaštela Bay (S1, S6, S29) methyl-PAH concentrations were also the highest among the PAH compounds, however, the principal source of PAH pollution at these stations can not be attributed to marine transport. The lowest concentrations of total PAHs were measured at S14 station (180,74 ng/g) in the Brač Channel where elevated levels of pyrogenic PAHs (112,28 ng/g) were observed. Comparison of the Kaštela Bay to other areas in the Adriatic coastal zone indicates that total PAH levels measured in the Kaštela Bay are comparable to the levels observed in the Zadar area (2449,5 ng/g). Levels in the area of Kaštela Bay were significantly lower compared to the area of Šibenik Bay (20423,7 ng/g),

whereas compared to the levels found in the Neretva Channel (311,51 ng/g) the values were considerably higher. While the origin of PAHs in the Kaštela Bay and the Neretva Channel is mainly petrogenic, the sources of PAHs in the areas Šibenik Bay (12 898,8 ng/g) and the town of Zadar (1310,3) are predominantly pyrogenic.

Continuous monitoring of trace metal levels in sediments from Kaštela Bay hasn't been conducted, therefore, no long-term data pertaining to the sediment trace metal levels in the area of Kaštela Bay is available. However, due to the historical mercury pollution problem in the Kaštela Bay area, total mercury sediment levels have been monitored over several decades at 5 sites located in the Bay area (Figure 6).

Concentrations of total mercury in surface sediment samples during 2013 lay within the range of 0,057 – 2,305 mg per kg of dry weight. The highest values were observed in sediment samples collected in close vicinity to the former chlor-alkali plant (Stations S7, S8 and S9), whereas the lowest values were observed in sediment samples collected at the Bay entrance (S12) and the samples collected at the reference area located outside the Bay (S14).

A look at long-term monitoring data regarding mercury contamination in this specific area reveals that the levels of mercury in surface sediments have decreased significantly during the last decade. Levels pertaining to the sampling station at the Bay entrance decreased by approximately 40%, while the average levels of mercury measured in sediment collected at other sampling sites have dropped by approximately 65% compared to the levels measured in 1994.

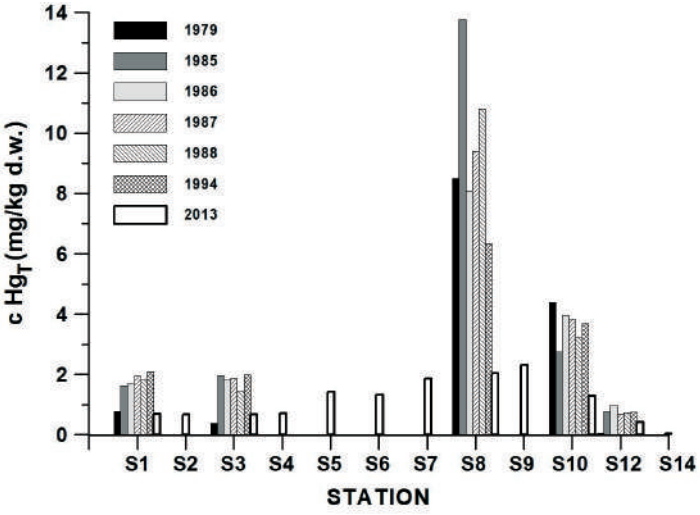


Figure 6. Total mercury concentrations in surficial sediment samples (0-2 cm depth) of Kaštela Bay established since 1979

Furthermore, compared to the results of a recent investigation of sediment trace metal levels at various sites along the Croatian coastal area, mercury values in sediments from Kaštela Bay are significantly higher than the values observed in sediments from other investigated coastal areas. Moreover, a comparison of the obtained results to the levels of mercury in sediments from the Mediterranean coastal areas (UNEP/MAP/MEDPOL, 2011) indicates that the average values of total mercury in sediment from Kaštela Bay (Stations S1-S12) are approximately 40% higher compared to the average concentrations measured in the Mediterranean coastal areas.

Levels of several trace metals (Cd, Cr, Cu, Pb, HgT and Zn) as well as certain organic pollutants (DDTs and PCBs) were monitored in shellfish, Mytilus galloprovincialis, at two sites, B1 and B2 (Figure 1), located in the Kaštela Bay during the 2002-2011 period. The observed average concentrations of Cd and HgT in shellfish at station B1 were higher compared to the average levels of these metals found at station B1, whereas the average levels of other investigated metals were lower at station B1. Results indicate an increase in trace metal levels investigated in shellfish sampled at the station located in the furthermost eastern part of the Bay, B2, whereas a decreasing trend in DDT and PCB levels was established at this site.

At the station B1, located in the vicinity of the former chlor-alkali plant, a decreasing trend in concentrations of Cd and HgT was observed, whereas the levels of Cr, Cu, Pb and Zn established in 2011 were higher compared to the levels observed in previous years. Concentrations of DDTs established in shellfish at station B1 showed a downward trend, whereas an upward trend in PCB levels was established.

CONCLUSIONS

Sewage system „Eko-Kaštelanski zaljev" construction in 2004 resulted in a considerable decrease of nutrient and pollutant inputs to Kaštela Bay which lead to immediate decrease in nutrient concentrations, phytoplankton biomass and number of heterotrophic bacteria in the Bay. Unlike ecological parameters, a decrease in contaminant levels in sediments and biota in eastern part of the Bay was observed only for certain compounds, whereas upward trends have been established for the majority of investigated contaminant levels. Therefore, this part of the Bay is still considered as the most affected area in the Split coastal waters.

REFERENCES

[1] European Parliament and European Council, (2000): *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*, Official Journal of the European Communities, L. 327/1, Luxembourg.

[2] European Parliament and European Council, (2008a): *Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council*, Official Journal of the European Communities, L. 348/84, Luxembourg.

[3] European Parliament and European Council, (2008b): *Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive),* Official Journal of the European Communities, L. 164/19, Luxembourg.

[4] European Parliament and European Council, (2013): *Directive 2013/30/UC of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy,* Official Journal of the European Communities, L. 226/1, Luxembourg.

[5] Kušpilić, G., Precali, R., Grbec, B., Morović, M., Ninčević-Gladan, Ž., Nikolić, V., Despalatović, M., Travizi, A., Iveša, Lj., Matić Skoko, S., Dulčić, J., Bogner, D., Dadić, V., (2011): *Karakterizacija područja i izrada prijedloga programa i provedba monitoring stanja voda u prijelaznim i priobalnim vodama prema zahtjevima Okvirne direktive o vodama EU (2000/60/EC). Dio drugi: Rezultati monitoring kemijskog i ekološkog stanja u vodnim tijelima prijelaznih i priobalnih voda uz procjenu njihovog hidromorfološkog stanja,* Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split.

[6] UNEP/MAP/MED POL (2011): *Hazardous substances in the Mediterranean: a spatial and temporal assessment.* United Nations Environment Programme, Mediterranean Action Plan, Athens, Greece, 106 pp.

AUTHORS

dr.sc. Grozdan Kušpilić [a]
Jelena Lušić, dipl.ing. [a]
dr.sc. Vesna Milun [a]
Jelena Mandić, dipl.ing. [a]
dr.sc. Živana Ninčević Gladan [a]
prof.dr.sc. Nada Krstulović [a]
prof.dr.sc. Mladen Šolić [a]
mr.sc. Marija Marijanović Rajčić [b]
mr.sc. Dagmar Šurmanović [b]
dr.sc. Daniel González-Fernández [c]
dr.sc. Georg Hanke [c]
dr.sc. Giulio Mariani [c]
dr.sc. Simona Tavazzi [c]
dr.sc. Gert Suurkuusk [c]
dr.sc. Jacek Tronczynsky [d]

[a] Institute of Oceanography and Fisheries, Šet. I. Meštrovića 63, 21000 Split, Croatia, kuspe@izor.hr; lusic@izor.hr; milun@izor.hr; mandic@izor.hr; nincevic@izor.hr; krstulovic@izor.hr; solic@izor.hr;

[b] Croatian Waters, Ulica grada Vukovara 220, 0000 Zagreb, Zagreb Marija.MarijanovicRajcic@voda.hr; Dagmar.Surmanovic@voda.hr

[c] Water Resources Unit, Institute for Environment and Sustainability, European Commission Joint Research Centre, Via Enrico Fermi 2749, 21027 Ispra, Italy, daniel.gonzalez@jrc.ec.europa.eu; georg.hanke@jrc.ec.europa.eu; giulio.mariani@jrc.ec.europa.eu; simona.tavazzi@jrc.ec.europa.eu; gert.suurkuusk@jrc.ec.europa.eu

[d] l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), L'unité de recherche 'Biogéochimie et écotoxicologie', Laboratoire 'Biogéochimie des Contaminants Organiques', Rue de l'Ile d'Yeu BP 21105, 44311 Nantes Cedex 03, France; Jacek.Tronczynski@ifremer.fr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 1.47.

NUMERIČKA ANALIZA UTJECAJA ULAZA NA IZMJENU MORA U MARINAMA JADRANA

Goran Lončar, Hrvoje Mostečak, Tea Polak

SAŽETAK: Numeričkim 3D modelom analiziran je utjecaj pozicije i veličine ulaza na izmjenu mora između akvatorija marine i otvorenog mora u sjevernom i južnom Jadranu. Zaštitni lukobrani marine u modelskim analizama tretirani su kao vertikalne nepropusne stijene. U provedenim analizama varirana je i hipotetska tlocrtna konfiguracija marine (pozicija ulaza i širina ulaza u marinu, odnosi duljine i širine marine). Strujanje mora u modelskoj domeni generirano je primjenom nestacionarnih rubnih uvjeta u vidu vremenske serije morskih razi temeljem sedam osnovnih konstituenata plimnog signala. Vjetrovno forsiranje nije uzeto u obzir.

Rezultati provedenog istraživanja pokazuju da ulaz u akvatorij marine izveden na dijelu lukobrana koji je pozicioniran okomito na smjer dužobalnog strujanja (bočni ulaz) smanjuje koncentraciju traserske otopine u prostoru marine prosječno za 42%. Pri istim analiziranim uvjetima s ulazom u marinu pozicioniranim u smjeru dužobalnog strujanja (frontalni ulaz) smanjenje iznosi prosječno 34%. Najveći doprinos izmjeni mora između akvatorija marine i otvorenog mora postiže se pri uvjetima geometrijskog odnosa duljine i širine marine 1:1 (L/D=1).

KLJUČNE RIJEČI: numerička analiza, izmjena mora, marina, lukobran

NUMERICAL ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF ENTRANCE ON THE SEAWATER EXCHANGE IN ADRIATIC MARINAS

SUMMARY: The impact of the position and size of the entrance on the exchange between the seawater in the marina and the open sea in the northern and southern Adriatic was analysed by a 3D numerical model. The breakwaters were treated as vertical impervious barriers in the model analyses, and the hypothetical layout configuration of the marina (position inputs and width of the entrance to the marina, proportion of the length and width of the marina) was varied as well. The sea currents in the model domain were generated by using non-stationary boundary conditions in the form of time series of the sea levels based on seven constituents of the tidal signal. The wind-driven forcing was not taken into consideration.

The results of the study show that the entrance to the marine constructed on the part of the breakwater which is positioned perpendicular to the direction of the flow along the

coastline (side entrance) reduces the concentration of the tracer solution in the marina by an average of 42%. Simultaneously, the analysed conditions with the entrance to the marina positioned in the direction of the flow along the coastline (frontal entrance) show a reduction of 34% on average. The largest contribution to the exchange of the sea between the waters of the marina and the open sea is achieved in the conditions of the geometric relationship of the length and width of the marina of 1: 1 (L/D=1).
KEY WORDS: numerical analysis, sea exchange, marina, breakwater

1. UVOD

Primarna uloga marina, lučica i luka je zaštita plovila od nepoželjnog djelovanja mora uzrokovanog valovanjem. Funkcionalnost marine/lučice/luke u širem kontekstu ostvaruje se izvedbom pomorskih gradnji (zaštitne građevine) s kojima se smanjuje intenzitet valovanja u štićenom akvatoriju (USEPAS, 1993). Bez obzira na način izvedbe zaštitne građevine (pontoni, djelomično uronjeni valobran, lukobran, valolom itd.) željeno smanjenje intenziteta valovanja postiže se pregrađivanjem mora u profilu konačne duljine i dubine. Takvim zahvatom smanjuje se intenzitet strujanja u zahvaćenom akvatoriju te dolazi do narušavanja prirodnih uvjeta okoliša (USACE, 2002). Kako bi se izbjegle ili umanjile nepoželjne posljedice građevnih zahvata na matičnu morsku biocenozu u sklopu „novijih“ projekata predviđa se primjerice izvedba lukobrana u formi konstrukcije na pilotima s djelomično uronjenim ekranima do odgovarajuće dubine (Goda, 2000; Carević i drugi, 2011). Takva rješenja principijelno su prihvatljiva u uvjetima blage valne klime te velikih dubina na kojima je potrebno izvesti lukobrane. S druge strane, u Hrvatskoj je najveći broj marina, lučica i luka štićen nasipnim ili gravitacijskim lukobranima koji kontinuirano po cijeloj dubini prekidaju komunikaciju vanjskog mora s morem lučkog bazena.

U ovom radu prikazani su rezultati provedenih numeričkih 3D simulacija cirkulacije mora i pronosa traserske otopine s ciljem kvantifikacije doprinosa pozicije ulaza u marinu te odnosa geometrija ulaza i marine u izmjeni „starog“ mora iz akvatorija marine s „vanjskim“ morem.

U provedenim numeričkim 3D modelima početno je postavljena bezdimenzionalna koncentracija traserske (nereaktivne) otopine za cijelo područje štićenog lučkog bazena, te vrijednost koncentracije 0 za preostali dio modelske prostorne domene. Uslijed izmjene mora dolazi do razrjeđenja početnih koncentracija kroz mehanizam konvektivne disperzije, odnosno do pada srednjih vrijednosti koncentracija traserske otopine na području lučkog bazena. Usvajanjem ovakve metodologije omogućava se i detekcija područja s duljim vremenom zadržavanja, „mrtve zone“ (područja povećane koncentracije trasera). Provedbom numeričkih simulacija dobivene su vremenske serije srednjih koncentracija traserske otopine u štićenim akvatorijima. U provedenim numeričkim simulacijama korišten je samo utjecaj denivelacije morske površine, odnosno utjecaj plimotvorne sile, a ostali uzročnici morskih struja nisu uzeti u razmatranje jer je analizirana „najnepovoljnija“ situacija u pogledu izmjene mora između akvatorija marine i otvorenog mora.

Raspon plimnih oscilacija kreće se od oko 30 cm u južnom Jadranu do oko 120 cm u Tršćanskom zaljevu, dok srednje dnevne amplitude iznose 22 cm u Dubrovniku, 23 cm u Splitu, 25 cm u Zadru, 30 cm u Bakru te 47 cm u Rovinju (Mala Internet škola

oceanografije, 2015; Janeković i Kuzmić, 2005), stoga su za numeričke simulacije odabrani gradovi Dubrovnik i Umag zbog bitno različitih raspona morskih mijena.

2. NUMERIČKI MODEL

2.1. Uspostava numeričkog modela

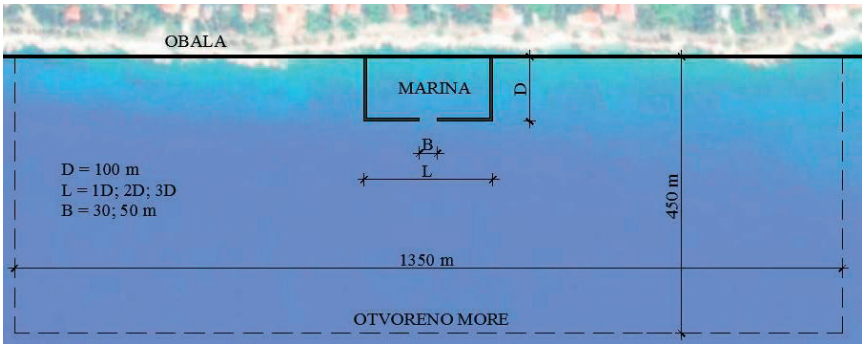
Korištenim numeričkim modelom MIKE 3 (DHI, 2001) simulirano je trodimenzionalno strujanje Newton-ove tekućine kroz uspostavljen sustav jednadžbi količine gibanja i jednadžbe kontinuiteta za masu. Korištena matematička formulacija jednadžbe kontinuiteta i jednadžbi količine gibanja temelji se na Reynoldsovom osrednjavanju Navier-Stokes jednadžbi. Analizirana tekućina u modelu je pretpostavljena kao nestlačiva uz usvajanje pretpostavke o hidrostatskoj raspodjeli tlakova u vertikali stupca vode. Pri analizi konvektivno-disperzivnog procesa pronosa koeficijenti disperzije podijeljeni su na horizontalne i vertikalnu komponentu, te su proporcionalni kinematskom koeficijentu turbulentne viskoznosti. U sklopu provedbe modelskih simulacija primijenjen je standardni k-ε model turbulencije. Numerički model je baziran na metodi konačnih diferencija.

2.2. Prostorne domene

Za prostornu diskretizaciju korišten je prostorni korak $\Delta x=\Delta y=10$ m u horizontalnom i $\Delta z=1$ m u vertikalnom smjeru.

Ukupno je provedeno 24 numeričkih eksperimenata kojima su simulirane hipotetski smještene marine na području sjevernog Jadrana (pozicija Umag) te južnog Jadrana (pozicija Dubrovnik). Pri tome su varirana sljedeća obilježja (slika 1):

- dvije širine ulaza u luku *B* (30 i 50 m);
- dvije pozicije ulaza u luku (u smjeru i okomito na smjer dužobalnog strujanja);
- tri omjera duljine *L* i širine *D* luke (L/D=1; 2; 3).



Slika 1. Shematski prikaz marine s elementima koji su varirani u pojedinim eksperimentima

Tablica 1. Prikaz provedenih eksperimenata prema simuliranim obilježjima marina

Ulaz u luku: u smjeru dužobalnog strujanja Širina ulaza u luku: 30 m Omjer duljine *L* i širine *D*: 1, 2, 3	L/D=1	L/D=2	L/D=3
Ulaz u luku: u smjeru dužobalnog strujanja Širina ulaza u luku: 50 m Omjer duljine *L* i širine *D*: 1, 2, 3	L/D=1	L/D=2	L/D=3
Ulaz u luku: okomito na smjer dužobalnog strujanja Širina ulaza u luku: 30 m Omjer duljine *L* i širine *D*: 1, 2, 3	L/D=1	L/D=2	L/D=3
Ulaz u luku: okomito na smjer dužobalnog strujanja Širina ulaza u luku: 50 m Omjer duljine *L* i širine *D*: 1, 2, 3	L/D=1	L/D=2	L/D=3

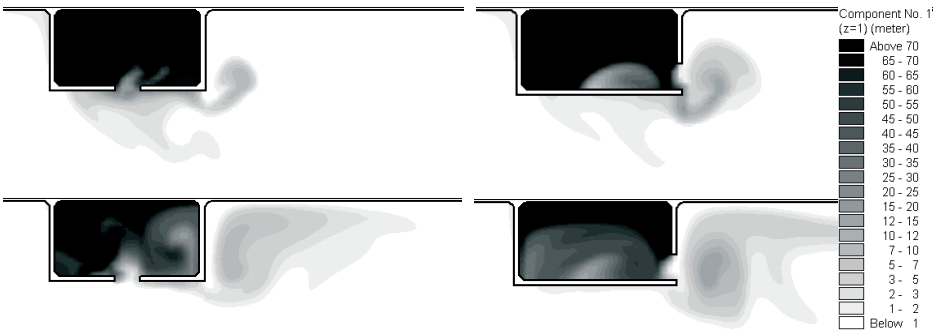
2.3. Početni i rubni uvjeti

Generiranje strujanja ostvareno je vremenskom serijom denivelacije morske površine uzduž transekata otvorenih granica. Koristila se satna dinamika morskih razi temeljem sedam osnovnih konstituenata plimnog signala (Janeković i sur., 2003; Janeković i Kuzmić, 2005; Janeković i Sikirić-Dutour, 2007). Vremenski period simulacije morskih razi je od 1.8.2014. do 6.8.2014.

2.4. Rezultati numeričkog modela

Na slikama 2. i 3. prikazana su polja vertikalno osrednjenih koncentracija traserske otopine za dvije analizirane varijante marine kod koje je omjer duljine i širine L/D=2, a ulaz u akvatorij marine širine 50m smješten je na frontalnom te na desnom bočnom lukobranu. Početna koncentracija traserske otopine u štićenom akvatoriju marine iznosila je 100 (bezdimenzionalna vrijednost koncentracije traserske otopine)

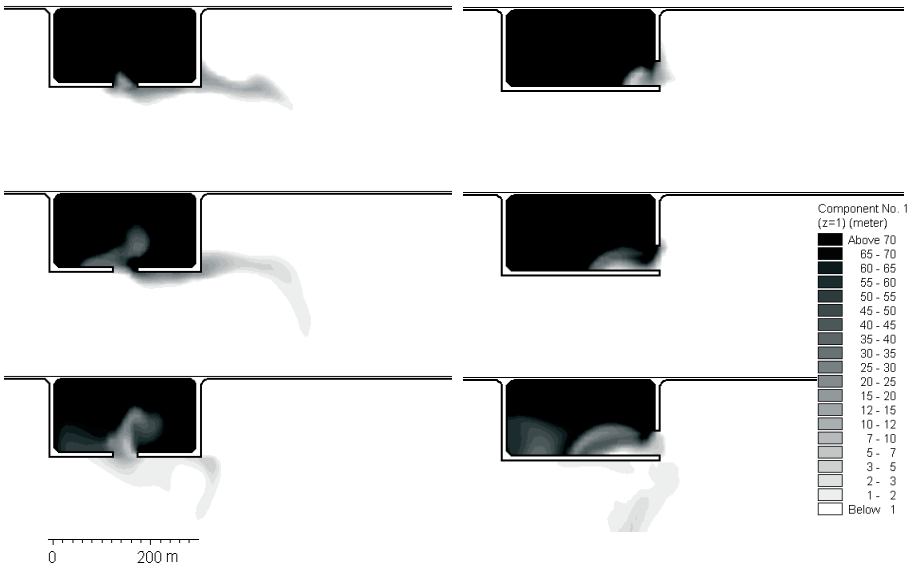
U radu su simulirane situacije koje se odnose na vremenske pomake od 24, 48, 72, 96, i 120 sati u odnosu na početni trenutak. Na slici 2. prikazane su simulirane situacije s vremenskim pomakom od 24, 72 i 120 sati.



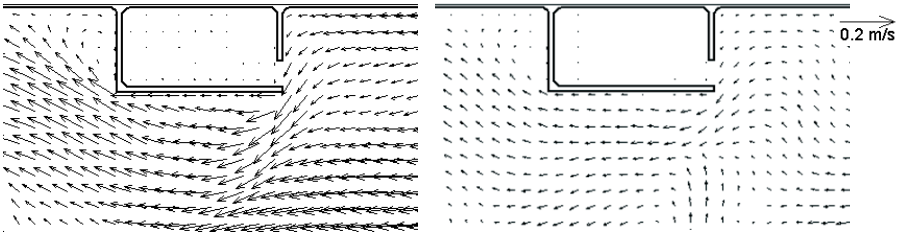


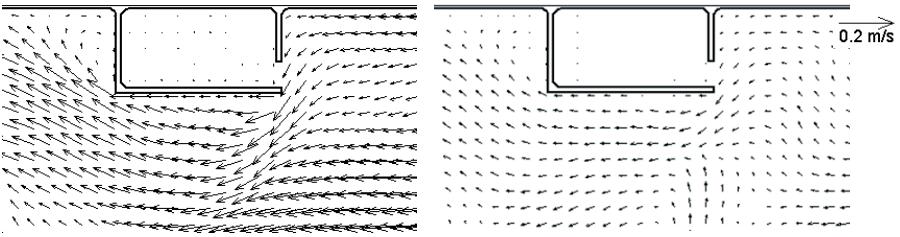
Slika 2. Polja vertikalno osrednjenih koncentracija traserske otopine marine sjevernog Jadrana (lijevo: varijanta marine s frontalnim ulazom, desno: varijanta marine s bočnim ulazom; gore: 24., sredina: 72. i dolje 120. sat od početne situacije)

Slika 4. daje grafički prikaz usporedbe polja strujanja u dva vremenska trenutka za varijantu marine s bočnim ulazom. Prikazana polja odnose se na strujanja u smjeru istok-zapad, te zapad-istok. Intezitet strujanja između sjevernog i južnog Jadrana je vidljivo različit za oba prikazana polja strujanja (u smjeru istok-zapad i zapad-istok) što je rezultat izraženijih plimnih oscilacija između sjevernog i južnog Jadrana.

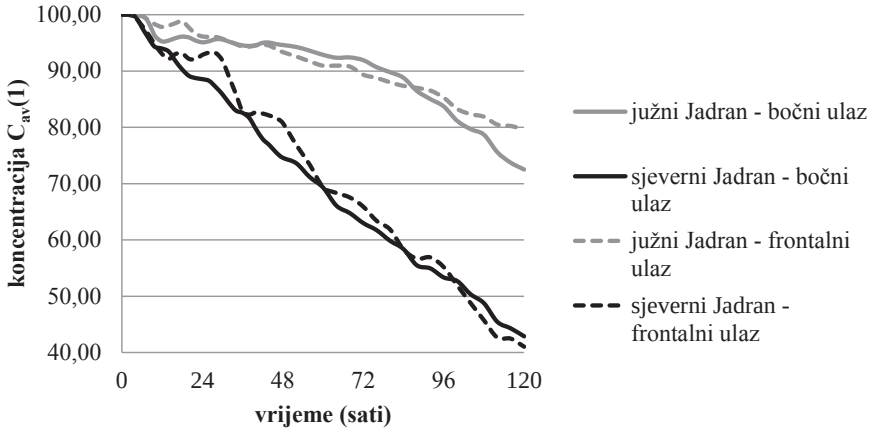


Slika 3. Polja vertikalno osrednjenih koncentracija traserske otopine marine južnog Jadrana (lijevo: varijanta marine s frontalnim ulazom, desno: varijanta marine s bočnim ulazom; gore: 24., sredina: 72. i dolje 120. sat od početne situacije)





Slika 4. Polja strujanja u dva vremenska trenutka za marinu sjevernog i južnog Jadrana (lijevo: marina sjevernog Jadrana, desno: marina južnog Jadrana; gore: strujanje u smjeru istok-zapad, dolje: strujanje u smjeru zapad-istok)



Slika 5. Vremenske serije srednjih koncentracija traserske otopine za štićeni akvatorij marine

Na slici 5. grafički su prikazane usporedbe vrijednosti vertikalno osrednjnih koncentracija traserske otopine za analiziranu varijantu marine s odnosom duljine i šire marine L/D=2. Na apscisnoj osi nalazi se period simulacije od pet dana (120 sati), a na ordinatnoj srednje vrijednosti koncentracije traserske otopine (Cav) za cijelo područje štićenog akvatorija marine.

Prikazane su vrijednosti pada osrednjenih koncentracija za slučaj marine s bočnim i frontalnim ulazom. Može se uočiti da je na sjevernom Jadranu zbog izraženijih plimnih oscilacija proces razrjeđenja inicijalne koncentracije vidljivo brži. Nakon 120 sati prosječna vrijednost koncentracije na sjevernom Jadranu iznosi 42,9 za bočnu poziciju ulaza, te 41,0 za frontalni ulaz u marinu. Na južnom Jadranu vrijednosti koncentracija nakon 120 sati su znatno više te za bočnu poziciju ulaza u marinu iznose 72,5, a za frontalnu 79,7.

Rezultati provedenih numeričkih 3D simulacija u tablici 2. prikazuju vrijednosti koncentracije traserske otopine, za sve varirane pozicije i veličine ulaza u akvatorij marine, nakon 120 sati u odnosu na početni trenutak kada je koncentracija iznosila 100.

Tablica 2: Usporedba koncentracija traserske otopine nakon 120 sati za sve analizirane varijante marina

VARIJANTA MARINE	marina sjevernog Jadrana		marina južnog Jadrana	
	frontalni ulaz u marinu	bočni ulaz u marinu	frontalni ulaz u marinu	bočni ulaz u marinu
L/D=1, B=30 m	57,3	33,8	83,4	62,4
L/D=1, B=50 m	19,8	16,7	62,7	42,2
L/D=2, B=30 m	75,1	60,0	89,2	85,9
L/D=2, B=50 m	41,0	42,9	79,7	72,5
L/D=3, B=30 m	75,8	66,5	79,1	77,5
L/D=3, B=50 m	54,0	61,4	76,0	74,5

ZAKLJUČAK

Provedenim numeričkim 3D simulacijama analiziranih geometrijskih veličina i pozicija ulaza u akvatorij marine zaštićene nepropusnim vertikalnim lukobranima, dobivena je serija rezultata kojima se kvantificira doprinos veličine i pozicije marine na izmjenu mora između akvatorija marine i otvorenog mora. Rezultati analiza pokazuju da najveći doprinos izmjeni mora u marini i vanjskog, otvorenog mora doprinosi geometrijski odnos duljine i širine marine 1:1. Analizom rezultata prema poziciji ulaza u marinu zaključuje se da je najpovoljniji položaj na izmjenu unutarnjeg i otvorenog mora ulaz smješten na bočnom lukobranu, odnosno ulaz u marinu postavljen okomito na smjer dužobalnog strujanja. Kod navedenog položaja smanjenje koncentracije traserske otopine 120 sati nakon početnog trenutka iznosi prosječno 53% za marinu sjevernog Jadrana, te 30% za marinu južnog Jadrana.

Analize upućuju na najnepovoljniju situaciju na izmjenu mora u situaciju marine marine odnosa duljine i širine 3:1 kod koje se koncentracija otopine nakon 120 sati smanjila za 29%, pri čemu je zbog utjecaja plimnog signala situacija povoljnija na sjevernom Jadranu (smanjenje koncentracije od 36%) od situacije na južnom Jadranu (smanjenje koncentracije za 23%).

Rezultati provedenih simulacija mogu poslužiti kao smjernice za buduća istraživanja koja bi u narednim analizama uključivala doprinos utjecaja vjetra na vrijeme razrjeđenja inicijalne koncentracije traserske otopine u akvatoriju marine, a također i utjecaj propusta izvedenih u tijelu lukobrana.

LITERATURA

[1] Carević, D., Ocvirk, E., Pršić, M. (2011): *Reduction of Wave Load on the Perforated Seawall Defended by the Submerged Breakwater*, Current Events in Hydraulic Engineering (Sawicki, Jerzy M.; Zima, Piotr), Elsevier, New York, 32-41.

[2] DHI, Water & Environment (2001): *Estuarine and Coastal Hydraulics and Oceanography*, DHI, Hørsholm, Danska.

[3] Goda, Y., (2000): *Random seas and design of maritime structures*, Advanced Series on Ocean Engineering (World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.), World Scientific, Singapore, vol. 15, 356–361.

[4] Janeković, I., Bobanović, J., Kuzmić, M. (2003): *The Adriatic Sea M2 and K1 tides by 3D model and data assimilation*, Geophysical Research Abstracts, 9, 203-217.

[5] Janeković, I., Kuzmić, M. (2005): *Numerical simulation of the Adriatic Sea principal tidal constituents*, Annales Geophysicae, 23, 3207–3218.

[6] Janeković, I., Sikirić-Dutour. M. (2007): *Improving tidal open boundary conditions for the Adriatic Sea numerical model*, Geophysical Research Abstracts, 9, 203-217.

[7] Mala Internet škola oceanografije, *Plimne oscilacije u Jadranu,* http://skola.gfz.hr/ (11.02.2015.)

[8] US Army Corps of Engineers (2002): *Coastal Engineering Manual (CEM)*, EM 1110-2-1100, Vicksburg.

[9] US Environmental Protection Agency Staff (1993): *Environmental Engineering for Small Boat Basins*, Engineering Manual, EMP 10-2-1206, New York.

AUTORI

prof.dr.sc. Goran Lončar [a]
Hrvoje Mostečak, dipl.ing.građ. [a]
Tea Polak, mag.ing.aedif. [a]

[a] Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Fra Andrije Kačića-Miošića 26, Zagreb, 10000, Hrvatska, goran.loncar@grad.hr

TEMA 2.

SUSTAVI UREĐENJA I KORIŠTENJA VODA I ZEMLJIŠTA - STANJE I RAZVOJNI PROJEKTI

Recenzenti:

Marijan Babić, Sanja Barbalić, Danko Biondić, Danko Holjević, Marko Josipović, Neven Kuspilić, Josip Marušić, Zoran Nakić, Nevenka Ožanić, Mladen Petričec, Davor Romić, Josip Rupčić, Lidija Tadić, Ranko Žugaj

R 2.01.

UPRAVLJANJE RIZICIMA OD POPLAVA U HRVATSKOJ

Marijan Babić, Darko Barbalić, Danko Biondić, Danko Holjević

SAŽETAK: S obzirom na klimatske promjene i pojavu sve češćih i sve intenzivnijih poplavnih događaja, uključujući katastrofalnu poplavu u svibnju 2014. godine, koji ugrožavaju sigurnost i zdravlje stanovništva, gospodarstvo, te kulturnu i ekološku baštinu Republike Hrvatske, potrebno je intenzivirati provedbu ključnih građevinskih i negrađevinskih mjera upravljanja rizicima od poplava, uz osiguranje dodatnih financijskih sredstva iz međunarodnih izvora, uključujući fondove EU i međunarodne zajmove.

U radu je prikazan status provedbe Direktive 2007/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju rizicima od poplava, koja će rezultirati donošenjem prvog Plana upravljanja rizicima od poplava (PURP) do kraja 2015. godine. U radu su nadalje navedene mjere upravljanja rizicima od poplava predviđene postojećim strateškim, zakonskim, programskim i planskim dokumentima Republike Hrvatske i Hrvatskih voda, te je prikazan okvir za provedbu ključnih mjera upravljanja rizicima od poplava (koje će biti predviđene u PURP-u) uz sufinanciranje iz strukturnih fondova Europske unije (EU) u programskom razdoblju 2014. - 2020.

Navedene su aktivnosti i planovi Hrvatskih voda za unapređenje sustava obrane od poplava u Republici Hrvatskoj, kao i za ishođenje maksimalno mogućeg sufinanciranja projekata zaštite od poplava putem fondova Europske unije. Očekuje se da će se kroz učinkovitu pripremu i provedbu tih projekata postići značajno smanjenje rizika od poplava kako za sigurnost i zdravlje stanovništva, tako i za gospodarstvo, te kulturnu i ekološku baštinu Republike Hrvatske.

KLJUČNE RIJEČI: Direktiva o poplavama, Plan upravljanja rizicima od poplava, Mjere upravljanja rizicima od poplava, EU strukturni fondovi

FLOOD RISK MANAGEMENT IN THE REPUBLIC OF CROATIA

SUMMARY: Considering the climate change and occurrence of increasingly frequent and intense flood events, including the catastrophic flood in May 2014, which are endangering the safety and health of the population, economy and cultural and natural heritage of the Republic of Croatia, the implementation of key structural and nonstructural flood risk management measures should be maximally intensified and additional financing secured from international sources, including EU funds and international loans.

The paper presents the status of implementation of the Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks, which will results in adoption of the first Flood risk management plan (FRMP) by the end of 2015. The paper further lists the mentioned flood risk management measures foreseen in existing strategic, legal, programme and planning documents of the Republic of Croatia and Hrvatske vode as the framework for implementation of key measures for flood risk management (which will be foreseen in the FRMP), with cofinancing from structural funds of the European Union in the programme period 2014 - 2020.

The activities and plans of Hrvatske vode are aimed at the improvement of the flood protection system in the Republic of Croatia and for obtaining maximum financing of flood protection projects from the EU funds. It is expected that a significant reduction of flood risks for safety and health of the population, economy and cultural and natural heritage of the Republic of Croatia will be achieved through high quality, efficient preparation and implementation of these projects.

KEY WORDS: Floods directive, food risk management plan, Flood risk management measures, EU structural funds

1. UVOD

S obzirom na klimatske promjene i pojavu sve češćih i sve intenzivnijih poplavnih događaja, uključujući katastrofalnu poplavu u svibnju 2014. godine, koji ugrožavaju sigurnost i zdravlje stanovništva, gospodarstvo, te kulturnu i ekološku baštinu Republike Hrvatske, potrebno je maksimalno intenzivirati provedbu ključnih građevinskih i negrađevinskih mjera upravljanja rizicima od poplava, uz osiguranje dodatnih financijskih sredstva iz međunarodnih izvora, uključujući fondove EU i međunarodne zajmove.

Temelj za planiranje i provedbu mjera upravljanja rizicima od poplava je Direktiva 2007/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju rizicima od poplava (u nastavku „Direktiva o poplavama“), koja će rezultirati donošenjem prvog Plana upravljanja rizicima od poplava (PURP) do kraja 2015. godine. Sukladno Direktivi o poplavama, PURP će se nadalje novelirati u šestogodišnjim ciklusima.

PURP će, između ostalog, sadržavati ciljeve upravljanja rizicima od poplava i prioritizirane mjere upravljanja rizicima od poplava u svrhu ostvarenja tih ciljeva. Većina mjera za upravljanje rizicima od poplava koje će biti predviđene u PURP-u su već predviđene postojećim zakonskim, strateškim, programskim i planskim dokumentima Republike Hrvatske i Hrvatskih voda i provode se u skladu s financijskim mogućnostima. Hrvatske vode, kao javno poduzeće odgovorno za upravljanje vodama u Republici Hrvatskoj, provode sve mjere za upravljanje rizicima od štetnog djelovanja voda predviđene Zakonom o vodama (NN 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14), Državnim planom obrane od poplava (NN 84/10) i provedbenim i logističkim planovima vezanim za taj plan, a sve u skladu sa svojim obvezama, odgovornostima i financijskim mogućnostima (namjenska sredstva prikupljena iz vodnog doprinosa i naknade za uređenje voda).

Osnovni strateški dokument vodnoga gospodarstva je Strategija upravljanja vodama (NN 91/08), a osnovni programski dokument za provedbu preventivnih mjera za upravljanje rizicima od štetnog djelovanja voda (kapitalnih investicija u izgradnju i rekonstrukciju sustava za zaštitu od poplava) je Višegodišnji program gradnje regulacijskih i zaštitnih

vodnih građevina i građevina za melioracije 2013. - 2017. (u nastavku „Višegodišnji program“), koji su Hrvatske vode izradile 2013. godine. Ovim programom, koji je trenutno u proceduri Strateške procjene utjecaja na okoliš koju provodi Ministarstvo poljoprivrede, predviđene su investicije od preko 4,5 milijarde kuna za preko 350 projekata zaštite od štetnog djelovanja voda za 10-godišnje razdoblje provedbe u dvije faze 2013. - 2017. i 2018. - 2022.

Svjesne činjenice da je s obzirom na klimatske promjene i pojavu sve češćih i sve intenzivnijih poplavnih događaja potrebno maksimalno intenzivirati provedbu mjera upravljanja rizicima od poplava, Hrvatske vode su intenzivirale aktivnosti na izgradnji i rekonstrukciji sustava za zaštitu od poplava oslanjajući se na izvorna sredstva (vodni doprinos), tako da su investicije u ove sustave u 2014. godini iznosile oko 240 milijuna kuna, koliko je predviđeno i za 2015. godinu u Planu upravljanja vodama, a što je dvostruko više u odnosu na 2012. i 2013. godinu, kada su te investicije iznosile oko 120 milijuna kuna godišnje.

Međutim, niti na sadašnjoj razini ova sredstva nisu dovoljna za provedbu projekata zaštite od štetnog djelovanja voda dinamikom predviđenom Strategijom upravljanja vodama i Višegodišnjim programom.

Operativnim programom „Konkurentnost i kohezija 2014. - 2020.“ (OPKK), koji su prihvatile Vlada Republike Hrvatske i Europska komisija u prosincu 2014. godine, predviđena je financijska podrška iz strukturnih fondova EU za provedbu mjera za adaptaciju na klimatske promjene i mjera za unapređenje upravljanja rizicima, uključujući upravljanje rizicima od poplava. U kombinaciji s drugim izvorima financiranja, sredstva iz strukturnih fondova EU će omogućiti intenzivniju provedbu ključnih mjera upravljanja rizicima od poplava, čime će se postići brže i učinkovitije ispunjenje ciljeva upravljanja rizicima od poplava.

Odgovarajuća priprema i provedba mjera za upravljanje rizicima od poplava predviđenih u PURP-u će doprinijeti održivom integriranom upravljanju vodama i poplavama prema smjernicama EU i najboljoj međunarodnoj praksi.

2. PROVEDBA DIREKTIVE O POPLAVAMA

Republika Hrvatska, odnosno Hrvatske vode ulaze u ključnu fazu provedbe Direktive o poplavama, čija svrha je uspostavljanje okvira za procjenu i upravljanje poplavnim rizicima s ciljem smanjivanja štetnih posljedica poplava u EU za sigurnost i zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost.

Direktiva o poplavama se provodi u tri koraka:

- izrada prethodne procjene rizika od poplava,
- izrada karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava,
- izrada plana upravljanja rizicima od poplava (PURP).

Sukladno Direktivi o poplavama i Zakonu o vodama, Hrvatske vode su u prvom koraku 2013. godine izradile i objavile Prethodnu procjenu rizika od poplava, u kojoj su, između ostalog, identificirana područja sa potencijalno značajnim rizicima od poplava. Hrvatske vode su u drugom koraku 2014. godine izradile i objavile karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava, koje obuhvaćaju sva područja sa potencijalno značajnim rizicima od poplava identificirana kroz Prethodnu procjenu rizika od poplava. Prethodna procjena

rizika od poplava, karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava su objavljeni na mrežnoj stranici Hrvatskih voda (www.korp.voda.hr). U tijeku je provedba trećeg koraka, odnosno izrada PURP-a, koji sukladno Direktivi o poplavama treba biti dovršen do 22. prosinca 2015. godine. Prema Zakonu o vodama, PURP će biti sastavni dio Plana upravljanja vodnim područjima (PUVP).
PURP će sadržavati:

- ciljeve za upravljanje rizicima od poplava,
- mjere za ostvarenje tih ciljeva, uključujući preventivne mjere,
- zaštitu, pripravnost, prognozu poplava, i
- sustave za obavještavanje i upozoravanje.

Nadalje, sukladno Direktivi o poplavama:

- Ciljevi za upravljanje rizicima od poplava trebaju biti fokusirani na smanjivanju mogućih štetnih posljedica poplava za zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost, te, ako se to smatra prikladnim, i s fokusom na negrađevinske mjere i/ili na smanjivanje vjerojatnosti poplavljivanja.
- Planovi upravljanja poplavnim rizicima moraju uzeti u obzir relevantne aspekte poput troškova i koristi, prostornog obuhvata poplava i puteva otjecanja poplavnih voda i područja koja imaju mogućnost zadržati poplavne vode, poput prirodnih poplavnih područja, ciljeva zaštite okoliša propisanih člankom 4. Direktive 2000/60/EZ (Okvirne direktive o vodama), gospodarenja tlom i vodama, prostornog planiranja, korištenja zemljišta, očuvanja prirode, plovidbe i lučke infrastrukture.•
- Planovi upravljanja poplavnim rizicima moraju obuhvatiti sve aspekte upravljanja poplavnim rizicima, s fokusom na prevenciju, zaštitu, pripravnost, uključujući prognoze poplava i sustave ranog upozoravanja, te uzimajući u obzir značajke određenog riječnog sliva ili podsliva. Planovi upravljanja poplavnim rizicima mogu uključivati i promoviranje održivih praksi korištenja zemljišta, bolje zadržavanje vode, kao i kontrolirano plavljenje određenih područja u slučaju poplave.

Prema Zakonu o vodama, upravljanje rizicima od štetnog djelovanja voda obuhvaća sljedeće mjere, koje će u dijelu koji se odnosi na upravljanje rizicima od poplava također biti predviđene PURP-om:

- izrada prethodne procjene rizika od poplava,
- izrada i provedba planova upravljanja rizicima od poplava i Državnoga plana obrane od poplava, te provedbenih i logističkih planova uz taj plan,
- uređenje voda, koje uključuje:
- gradnju regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina,
- gradnju građevina za osnovnu melioracijsku odvodnju,
- radove održavanja voda,
- provedba redovite i izvanredne obrane od poplava,
- provedba obrane od leda na vodotocima,
- zaštita od erozija i bujica,
- osnovna melioracijsku odvodnju,
- provedba ograničenja prava vlasnika i drugih posjednika zemljišta.

Mjere upravljanja rizicima od poplava uključuju mjere obrane od poplava, koje se prema Državnom planu obrane od poplava mogu podijeliti kako slijedi:

- mjere planiranja, studijskih poslova i praćenja vodnog režima,
- mjere uređenja voda,
- preventivne pripremne radnje,
- neposredne mjere redovite i izvanredne obrane od poplava,
- radnje nakon prestanka redovite obrane od poplava.

Mjere upravljanja rizicima od poplava se također mogu podijeliti na građevinske i negrađevinske mjere. Građevinske mjere obuhvaćaju prvenstveno mjere izgradnje i održavanja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina. Provedba investicijskih aktivnosti u sektoru zaštite od štetnog djelovanja voda (izgradnja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina) se planira provoditi u skladu s Višegodišnjim programom izgradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije 2013. - 2017., a redovne aktivnosti održavanja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina u skladu s Godišnjim programima održavanja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina. Negrađevinske mjere obuhvaćaju prvenstveno mjere planiranja, studijskih poslova i praćenja vodnog režima, preventivne pripremne radnje, te dio neposrednih mjera redovite i izvanredne obrane od poplava i radnji nakon prestanka redovite obrane od poplava.
Za potrebe PURP-a provodi se sistematizacija i prioritizacija mjera predviđenih postojećim zakonskim, strateškim, programskim i planskim dokumentima Republike Hrvatske i Hrvatskih voda, uz uvažavanje smjernica Direktive o poplavama i najbolje međunarodne prakse. Konačna verzija PURP-a će se utvrditi nakon provedenih konzultacija s dionicima i javnosti.

3. SUFINANCIRANJE PROVEDBE MJERA UPRAVLJANJA RIZICIMA OD POPLAVA IZ EU FONDOVA

Premda je većina mjera upravljanja rizicima od poplava koje će biti predviđene u PURP-u već predviđena postojećim zakonskim, strateškim, programskim i planskim dokumentima Republike Hrvatske i Hrvatskih voda, njihova provedba se u budućnosti treba unaprijediti i ubrzati. U tu svrhu predviđena je financijska podrška iz EU strukturnih fondova (konkretno iz Europskog fonda za regionalni razvoj) kroz Operativni programom „Konkurentnost i kohezija 2014. - 2020." (OPKK), i to kroz sljedeću prioritetnu os/ investicijski prioritet/specifični cilj:

- prioritetna os 5: *Klimatske promjene i upravljanje rizicima*,
- investicijski prioritet 5b: *Poticanje ulaganja za rješavanje specifičnih rizika, osiguravanje otpornosti na katastrofe i razvoj sustava upravljanja u slučaju katastrofa*,
- specifični cilj 5b1: *Poboljšanje nacionalnih sustava upravljanja u kriznim situacijama*.

Hrvatske vode su sa intenzivnom pripremom projekata zaštite od poplava, koji će se sufinancirati iz strukturnih fondova EU, započele znatno prije izrade i usvajanja OPKK, uz dodatno ubrzanje započetih aktivnosti nakon što su dobile informaciju da će zaštita od poplava biti podržana u budućem OPKK. U svibnju 2013. godine u Hrvatskim vodama je osnovana Jedinica za provedbu projekata zaštite od štetnog djelovanja voda koji se

financiraju putem zajmova CEB-a i sredstava EU fonda, a već koncem 2013. godine raspisani su i prvi natječaji za izradu studijske dokumentacije (studija izvodljivosti) za pripremu EU projekata zaštite od poplava na šest prioritetnih slivova širom Republike Hrvatske (slivovi Kupe, Krapine, Bednje, Karašice - Vučice, Rječine i Donje Neretve). Ove studije (ukupne vrijednosti od oko 12 milijuna kn) su ugovorene u srpnju 2014. godine s rokom završetka u listopadu 2015. godine.
Kako je prikazano u sljedećoj tablici, prema Višegodišnjem programu unutar ovih šest slivova nalaze se 74 projekta ukupne procijenjene vrijednosti od 975 milijuna kuna, odnosno 130 milijuna eura. Kroz ove studije će se definirati i verificirati optimalni sustavi zaštite od poplava na predmetnim slivovima prema standardima i smjernicama EU. Nastavno će se za odabrane projekte pripremiti aplikacije za sufinaciranje iz fondova EU te započeti njihova provedba , uključujući završetak prethodnih radnji - kompletiranje projektne dokumentacije s ishođenjem potrebnih dozvola, rješavanje imovinsko-pravnih postupaka, provedbu natječajnih postupaka i u konačnici izgradnju objekata i sustava zaštite od poplava predviđenih tim projektima.

Tablica 1. Prema Višegodišnjem programu u šest slivova nalazi se 74 projekta ukupne procijenjene vrijednosti od 975 milijuna kuna, odnosno 130 milijuna eura

Studije slivova sa studijama izvedivosti		**Prema Višegodišnjem programu**		
Sliv	VGO	Broj projekata	Vrijednost (mil. kn)	Vrijednost (mil. eur)
Kupa	Srednja i donja Sava - ZG	17	238	32
Krapina	Gornja Sava - ZG	9	156	21
Bednja	Mura i Gornja Drava - VŽ	25	104	14
Karašica - Vučica	Dunav i Donja Drava - OS	9	197	26
Rječina	Sjeverni Jadran - RI	2	111	15
Donja Neretva	Južni Jadran - ST	12	169	22
		74	975	130

Tijekom 2014. godine Hrvatske vode su putem Ministarstva poljoprivrede aktivno sudjelovale u formuliranju OPKK u aspektu prioritetne osi 5, a nakon usvajanja OPKK u prosincu 2014. godine formalno su definirane prihvatljive aktivnosti, indikatori uspješnosti provedbe te financijski i administrativni aspekti programa. Za tematski cilj 5 je u OPKK osigurano oko 245 milijuna eura, od čega se očekuje minimalna alokacija od 150 milijuna eura za zaštitu od poplava.
Kao primjeri aktivnosti koje će se financirati da bi se postigli specifični ciljevi u području upravljanja rizicima od poplava, u OPKK se navode:

- Mjere planiranja:
  - Poboljšanje sustava za predviđanje poplava i sustava ranog upozorenja i uzbunjivanja, uključujući poboljšanje sustava za prikupljanje i analizu hidroloških podataka;
  - Poboljšanje sustava za matematičko modeliranje simuliranja opasnosti od poplava, uključujući prikupljanje potrebnih podataka i pripremu preciznijih karata opasnosti od poplava, uključujući simulacije proboja sustava za obranu od poplava;

  - Poboljšanje sustava za planiranje i upravljanje rizicima od poplava, uključujući prikupljanje detaljnih podataka o receptorima rizika i pripremu preciznijih karata rizika od poplava, te izradu planova i programa za provedbu mjera za upravljanje rizicima od poplava kojima su prioriteti određeni prema gospodarskim čimbenicima.
- Preventivne i pripremne mjere:
  - Poboljšanje sustava za praćenje infrastrukture za obranu od poplava, uključujući analizu sigurnosti i stabilnosti, te primjenu tehničkog sustava praćenja;
  - Poboljšanje sustava za praćenje i analizu događaja u vezi s poplavama u stvarnom vremenu putem satelitskih snimaka i matematičkog modeliranja za potrebe operativne obrane od poplava;
  - Poboljšanje Glavnih i regionalnih centara za obranu od poplava (COP), uključujući poboljšanje sustava za upravljanje informacijama i komunikacijama, poboljšanje tehničkih kapaciteta i opreme za operativnu obranu od poplava, poboljšanje sjedišta COP-a i povećanje kapaciteta ljudskih resursa;
  - Poboljšanje sustava integriranog upravljanja vodama i upravljanja rizicima od poplava;
  - Intervencije u miniranim područjima koja su već bila pogođena poplavama ili bi mogla biti pogođena poplavama u budućnosti (tj. pregled i razminiranje takvih područja).
- Mjere za prirodno zadržavanje vode:
  - Provedba mjera koje pridonose poboljšanju prirodnog upravljanja rizicima od poplava korištenjem zelene infrastrukture (primjerice renaturacija/obnova rijeka i poplavnih ravnica). Te mjere odredit će se kao prioriteti u slučajevima u kojima je njihovo provođenje tehnički i ekonomski izvedivo.
- Mjere za preventivno upravljanje rizicima od poplava (infrastrukturne mjere):
  - Izgradnja i obnova vodotoka i objekata za zaštitu od vode, uključujući nasipe, brane, ustave, crpne stanice i drugu infrastrukturu za obranu od poplava. Te će se strukturne mjere provoditi tamo gdje se rizik od poplave ne može dostatno smanjiti nestrukturnim mjerama i/ili mjerama za prirodno zadržavanje vode.

Naposljetku, aktivnosti osposobljavanja i podizanja svijesti kao i aktivnosti pripreme projekata trebaju se razmatrati kao horizontalne aktivnosti koje se mogu primijeniti kako na razvoj sustava za upravljanje rizikom od nepogoda tako i na rješavanje specifičnih rizika.

Uzimajući u obzir navedeno, paralelno sa izradom PURP-a, Hrvatske vode su u fazi intenzivne pripreme projekata za provedbu mjera za upravljenje rizicima od poplava uz sufinanciranje iz EU strukturnih fondova. U identifikaciji i pripremi projekata nužno je osigurati njihovu usklađenost sa PURP-om, Planom upravljanja vodnim područjima, Operativnim programom „Konkurentnost i kohezija 2014-2020“, te svim relevantnim EU direktivama i smjernicama. Također je potrebno dokazati optimalnost projekata u odnosu na druga moguća varijantna rješenja i njihovu društveno - ekonomsku opravdanost temeljem analize troškova i društveno - ekonomskih koristi (izbjegnutih šteta i drugih koristi).

U tu svrhu Hrvatske vode pripremaju odgovarajuću studijsku i projektnu dokumentaciju, uključujući studije izvodljivosti za ključne građevinske i negrađevinske mjere upravljanja

rizicima od poplava. Temeljem ove dokumentacije, a nakon donošenja prvog PURP-a, biti će moguće započeti sa provedbom projekata provedbe mjera za upravljanje rizicima od poplava uz sufinanciranje iz EU strukturnih fondova.

Pripremaju se projekti koji se mogu podijeliti u tri osnovne grupe:

1. Projekti kojima će se provesti ključne negrađevinske mjere planiranja, te preventivne i pripremne mjere navedene u OPKK. Ovdje se ističu prikupljanje kvalitetnijih podloga (primjerice topografske podloge snimljene LIDAR-om ili drugom odgovarajućom tehnologijom), izrada matematičkih modela i sustava za predviđanje i analize poplavnih događaja, unapređenje sustava za prikupljanje i obradu hidroloških i drugih podataka, te unapređenje sustava za praćenje infrastrukture za obranu od poplava. Zbog urgentnosti potrebe za unapređenjem sustava za predviđanje poplava, izrada sustava za predviđanje poplava za slivove Save i Kupe do Siska je u suradnji Hrvatskih voda i Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) započeta 2014. godine.
2. Projekti kojima će se povećati sigurnost postojeće infrastrukture za obranu od poplava, konkretno projekti kojima će se kroz provedbu mjera dogradnje drenažnih sustava, balastnih bermi i pristupnih puteva povećati sigurnost postojećih nasipa u uvjetima pojave razina velikih voda koje prelaze razine na koje su sustavi projektirani i izvedeni. Ove mjere će se prioritetno pripremati za savske nasipe na području donje Save, gdje su iskustva iz katastrofalne poplave 2014. godine pokazala osjetljivost postojećih sustava na ekstremne poplavne događaje, kakvi se pod utjecajem klimatskih promjena mogu očekivati i u budućnosti.
3. Projekti kojima će se na razini riječnih podslivova provesti optimalne građevinske mjere za preventivno upravljanje rizicima od poplava (u kombinaciji s mjerama za prirodno zadržavanje vode i negrađevinskim mjerama). Kao što je već spomenuto, u tijeku je izrada studija kojima će se definirati programi mjera za slivove Kupe, Krapine, Bednje, Karašice - Vučice, Rječine i Donje Neretve, uz studije izvodljivosti za projekte sufinancirane iz strukturnih fondova EU kojima će se provesti prioritetne mjere koje su provedive u programskom razdoblju OPKK.

Uz buduće projekte sufinancirane iz strukturnih fondova EU, Hrvatske vode provode i provoditi će dodatne projekte provedbe mjera za upravljanje rizicima od poplava koristeći sve ostale raspoložive izvore financiranja. Time se nastoji postići što brže i što učinkovitije ispunjenje osnovnih ciljeva upravljanja rizicima od poplava, a to je smanjivanje mogućih štetnih posljedica poplava za sigurnost i zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost. Ostali izvori financiranja uključuju izvorne prihode Hrvatskih voda, zajam Razvojne banke vijeća Europe (CEB) za Projekt zaštite od poplava (odobren od strane Vlade RH i Upravnog odbora CEB-a 2014. godine), programe prekogranične suradnje (koji su sufinancirani sredstvima EU), kao i sve druge raspoložive domaće i međunarodne izvore financiranja.

ZAKLJUČAK

S obzirom na navedeno, evidentno je da Hrvatske vode ulažu maksimalne napore za unapređenje sustava obrane od poplava u Republici Hrvatskoj, kao i da kvalitetnom i učinkovitom pripremom projekata zaštite od poplava osiguraju ishođenje maksimalno

mogućeg sufinanciranja putem fondova Europske unije. Očekuje se da će se provedbom tih projekata postići značajno smanjenje rizika od poplava kako za sigurnost i zdravlje stanovništva, tako i za gospodarstvo, te kulturnu i ekološku baštinu Republike Hrvatske.

LITERATURA

[1] Direktiva 2007/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju rizicima od poplava

[2] *Državni plan obrane od poplava* (NN 84/10)

[3] Operativni program „Konkurentnost i kohezija 2014. - 2020."

[4] *Strategija upravljanja vodama* (NN 91/08)

[5] Višegodišnji program izgradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije 2013. - 2017.

[6] Zakon o vodama (NN 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14)

AUTORI

dr. sc. Marijan Babić, dipl.ing.građ. [a]
dr. sc. Darko Barbalić, dipl.ing.građ. [a]
dr. sc. Danko Biondić, dipl.ing.građ. [a]
dr. sc. Danko Holjević, dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, marijan.babic@voda.hr; darko.barbalic@voda.hr; danko.biondic@voda.hr; danko.holjevic@voda.hr

R 2.02.

REGISTAR POPLAVNIH DOGAĐAJA

Luka Vukmanić, Tomislav Majerović

SAŽETAK: U radu se opisuje potreba za sustavnim prikupljanjem i uspostavom Registra poplavnih događaja kao baze podataka o zabilježenim poplavnim događajima. Podaci su prikupljeni iz raznih izvora uključujući i satelitske slike, a predstavljaju značajan izvor informacija i uz razne druge podatke služe kao podloga za cjelovitim upravljanjem vodama. Uz prikaz koje sve informacije sadrži pojedini podatak Registra, a na kraju su prikazani i razni načini upotrebe Registra kako za unutarnje potrebe Hrvatskih voda tako i za obaveze prema Europskoj komisiji.

KLJUČNE RIJEČI: Direktiva o poplavama, Izvješćivanje, Poplave, Hrvatske vode, Prikupljanje podataka

REGISTER OF FLOOD EVENTS

SUMMARY: This paper describes the need for systematic data collection and establishment of the Register of flood events as a database on recorded flood events. Data have been gathered from different sources, including satellite mapping, and represent a significant source of information which, together with various other data, serve as a basis for integrated water management. In addition to giving an overview of all information contained in individual registry data, this paper further presents different uses of the Register both for internal use by Hrvatske vode and for obligations towards the European Commission.

KEY WORDS: Floods directive, Reporting, flood, Hrvatske vode, Data collection

1. UVOD

Poplave su rijetke prirodne pojave koje potencijalno mogu imati katastrofalne posljedice. Kao jedne od najopasnijih prirodnih nepogoda mogu uzrokovati gubitke ljudskih života, velike materijalne i/ili ekološke štete, uništenje kulturnih dobara te druge posljedice.
Njihovu pojavu nije moguće spriječiti u potpunosti, no rizici od poplava mogu se smanjiti na prihvatljivu razinu raznim građevinskim mjerama te poduzimanjem raznovrsnih negrađevinskih mjera i aktivnosti.
Zbog raznolikosti područja, Republika Hrvatska ranjiva je prema poplavama. Prvenstveno se to odnosi na prostrana brdsko-planinska područja koja imaju visoke kišne intenzitete, zatim na prostrane doline nizinskih vodotoka u kojima se nalaze veliki gradovi i vrijedna

zemljišta te dijelom na nepotpuno i nedovoljno izgrađene sustave obrane od poplava. Obalna područja su uglavnom izložena rizicima od olujnih uspora. Prema prethodnoj procjeni 15% kopnenog teritorija je pod značajnim rizikom od poplava, od čega je veći dio zaštićen različitim stupnjem sigurnosti.
Najčešće prirodne poplave u Hrvatskoj su:

- Riječne poplave nastale od obilnih kiša i/ili naglog topljenja snijega
- Bujične poplave na manjim vodotocima koje su nastale nakon kratkotrajnih kiša visokih intenziteta
- Poplave na krškim poljima kao posljedice premalih kapaciteta prirodnih ponora
- Poplave unutarnjih voda u nizinskim područjima
- Poplave uzrokovane djelovanjem mora
- Poplave nastale pojavom leda

Osim prirodnih poplava moguće je i umjetno plavljenje koje se javlja nakon pucanja odnosno rušenja brana i nasipa, aktivacijom klizišta, neprimjerenih gradnji i slično.

2. POTREBA IZRADE REGISTRA

Podaci o prošlim poplavnim događajima predstavljaju značajan izvor informacija i uz razne druge podloge služe kao osnova za cjelovito upravljanje vodama te su kao takvi bitni za izradu strategija, planova, za izvršenje obaveza prema Europskoj komisiji, kao pomoć nacionalnim agencijama i pri obradama zahtjeva za pristup informacijama.
Hrvatske vode imaju dugogodišnju tradiciju prikupljanja podataka o poplavnim događajima no prije uspostave Registra podaci se uglavnom nisu prikupljali u digitalnom obliku, nisu se arhivirali na istoj lokaciji, niti su postojali standardizirani obrasci za prikupljanje informacija te su stoga zabilježeni događaji različite preciznosti i s različitim informacijama o pojedinom događaju. Isto tako nisu postojale niti suvremene tehnologije prikupljanja podataka kao što su satelitske snimke ili bilježenje rubnih točaka poplava GPS uređajima. Može se reći da se prikupljanje podataka o zabilježenim poplavnim događajima nije provodilo na sistematiziran način opisan u ovom radu, a koji odgovara trenutnim potrebama i zahtjevima. Kao neposredan povod izrade Registra mogu se smatrati obaveze iz Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima (European Parliament, Council of the European Union, 2007), prije svega Prethodna analiza rizika od poplava koja prema članku 4. Direktive između ostalog zahtjeva:

a) opis poplava koje su se dogodile u prošlosti i koje su imale velike štetne učinke na zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost i za koje je vjerojatnost budućih događaja i dalje relevantna, uključujući prostor koji su poplave obuhvaćale te procjenu štetnih učinaka koje su prouzročile
b) opis većih poplava u prošlosti, kada je moguće predvidjeti da bi slični događaji u budućnosti mogli imati velike štetne posljedice

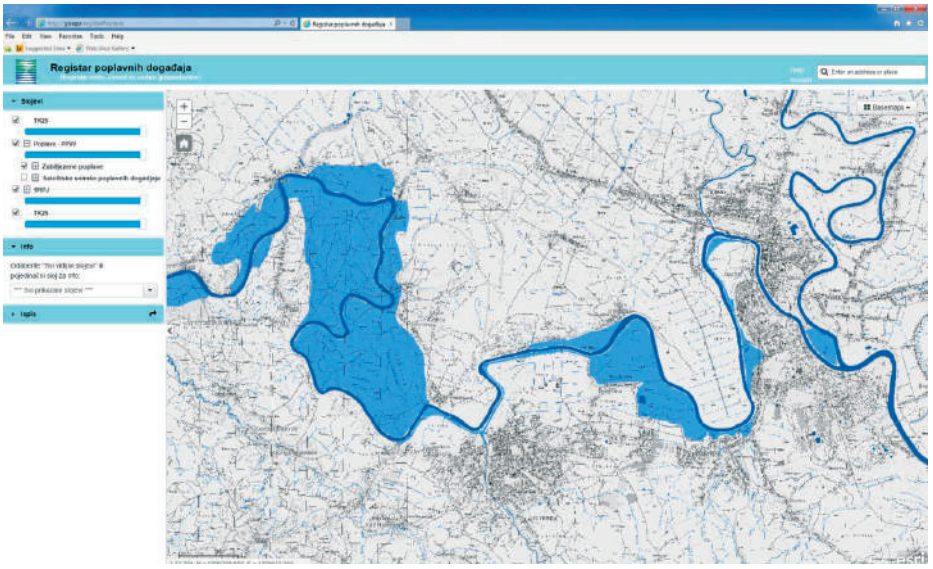
3. PRIKUPLJANJE PODATAKA

Sigurno, najvredniji dio svakog registra čine podaci, tako se i ovaj Registar sastoji od podataka o prošlim poplavnim događajima koji se mogu svrstati u tri skupine:

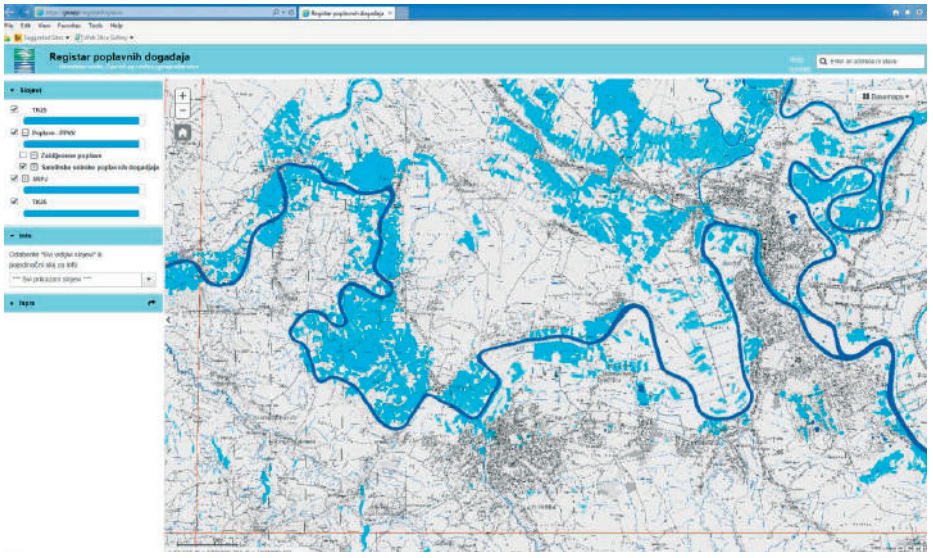
- Poplavni događaji kojima su uzrok kopnene vode i prikazani su poligonima. Takvi

podaci su dostupni za poplave od 1964. godine pa sve do aktualnih podataka i do sada broje 349 slučaja

- Poplavni događaji uzrokovani morem kod kojih je najraniji podatak za 1667. godinu no pouzdaniji podaci počinju od 1935. godine. Takvih poplava zasad je zabilježeno 65
- Treću skupinu čine podaci o poplavnim događajima koji su zabilježeni satelitskim snimkama i kojih desetak nalazi u bazi podataka



Slika 1. Prikaz poplavnih događaja prikupljenih na terenu



Slika 2. Prikaz poplavnih događaja snimljenih satelitom

Hrvatske vode u suradnji sa Državnom upravom za zaštitu i spašavanje mogu koristiti uslugu satelitskog snimanja poplavnih događaja koju su koristile za snimanje i prošlogodišnje poplave u Legradu, Karlovcu i na Sisačkom području te druge poplave počevši od 2010. godine kao što je prikazano na slici 2. U tehnološko-tehničkom smislu informacije se iz avionskih i satelitskih podataka transformiraju u geo informacije, te se kroz postupak brzog kartiranja (Rapid Mapping Service) koriste za prikaz prirodnih ili industrijskih katastrofa u cijelom svijetu.

Podatke o poplavnim događajima uzrokovanih kopnenim vodama, kako se vidi na slici 1., sakupili su na terenu i obradili djelatnici Vodnogospodarskih odjela Hrvatskih voda prvenstveno za potrebe Prethodne analize rizika od poplava, dok su informacije o poplavama mora preuzete iz studije (Leder i drugi, 2013) i dio su provjerenih podataka kojima raspolaže Hrvatski hidrografski institut.

Za prikupljanje prostornih informacija o poplavnim događajima namijenjeni su obrasci PD1, PD2, PD3, PD4 i PD5 koji su dostupni u privitku 4. Glavnog provedbenog plana obrane od poplava (Hrvatske vode, 2014), a uvedeni su kako bi se standardiziralo prikupljanje podataka o poplavnim događajima.

Kako bi ubrzalo i pojednostavilo prikupljanje podataka o poplavama na terenu i njihova digitalizacija, Sektor informacijske i komunikacijske tehnologije Hrvatskih voda razvio je aplikaciju kojom je omogućeno prikupljanje podataka putem GPS uređaja kakvog imaju noviji mobilni telefoni.

4. SADRŽAJ REGISTRA POPLAVNIH DOGAĐAJA

Prikupljeni podaci o zabilježenim poplavama za svaki poplavni događaj sadrže veliki broj informacija kao što su:

- datum početka i trajanje pojedine poplave
- izvor, mehanizam i karakteristike poplavnog događaja
- površinu poplavljenog područja kao i podatak o najvišoj dosegnutoj razini
- okvirni povratni period događaja
- posljedice po stanovništvo, ekonomske aktivnosti, okoliš i kulturnu baštinu.

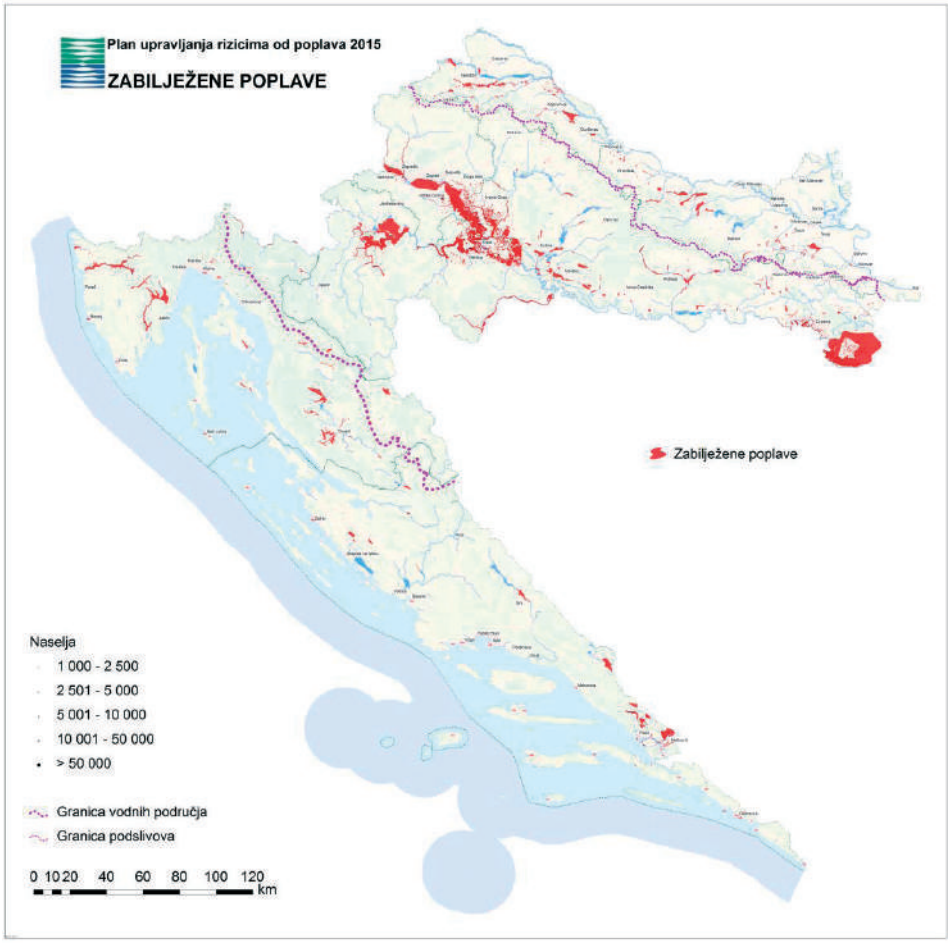
Uz prethodno navedene informacije Registar sadrži i ostale informacije potrebne za izvješćivanje europske komisije od kojih su neke prikazan na sljedećoj tablici.

Tablica 1. Primjer informacija u bazi podataka poplavnih događaja

Flood Event Code	Date of Comme	Duration of Flood	Source of Flood	Mechanism of Flood	Characteristics	Area	Maximu	Recurren	Human H	Enviro	Cultural	Economic
SB_2010_040	20100601	10	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	0,992034	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B40
SB_2010_041	20100601	10	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	0,466018	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B40
SB_2010_042	20100602	10	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	12,672613	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B40
SB_2010_043	20100602	10	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	0,22002	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B40
SB_2010_044	20100622	- 9999	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	0,043589	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B41
SB_2010_045	20100601	10	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	0,536298	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B41
SB_2010_046	20100602	10	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	1,2983	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B41
SB_2010_047	20100601	10	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	0,278843	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B41
SB_2010_048	20100622	- 9999	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	0,649989	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B41
SB_2010_049	20100602	3	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	2,187776	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B40
SB_2010_050	20100602	10	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	1,095658	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B40
SB_2010_051	20100601	2	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	2,272453	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B40
SB_2010_052	20100602	10	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	0,519605	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B40
SB_2010_053	20100602	10	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	0,209574	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B40
SB_2010_054	20100602	2	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	0,496512	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B41
SB_2010_055	20100515	5	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	0,017309	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B41
SB_2010_056	20100622	10	Kiša, snijeg	Prekoračenje kapaciteta sustava obrane od poplava	Nema podataka	0,278567	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B41
SF_002	-9999	- 9999	Nema podataka	Nema podataka	Nema podataka	2,428666	<Null>	-9999	B14	B25	B34	B46

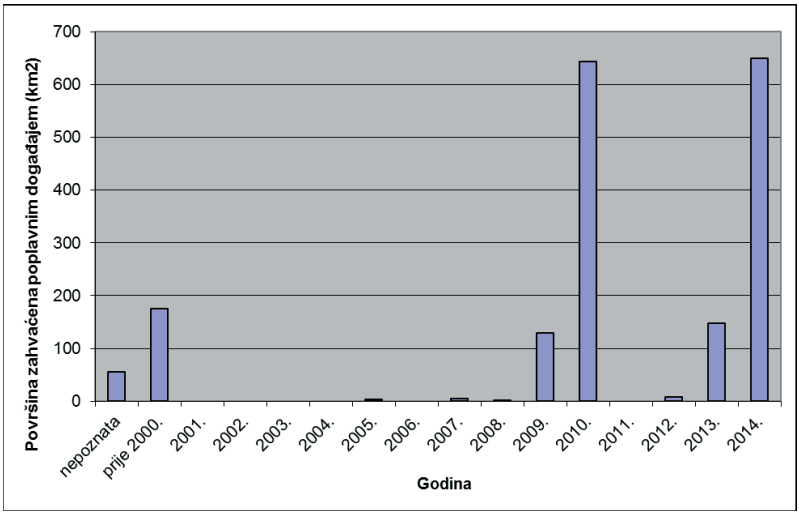
5. KORIŠTENJE PODATAKA

Informacije iz Registra poplavnih događaja za potrebe Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima prvotno su se koristile u Preliminarnoj analizi poplavnih rizika kao početnoj fazi izrade Plana upravljanja poplavnim rizicima. Podaci su se kasnije koristili i u sljedećoj fazi Plana kod izrade karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava i to kao jedan od ulaznih podataka za hidrauličko modeliranje raznih poplavnih scenarija. Trenutno se podaci koriste za zadnju fazu izrade Plana upravljanja poplavnim rizicima kao i izrade Plana upravljanja vodnim područjima za čije potrebe je izrađena i karta zabilježenih poplavnih događaja prikazana na slici 3.



Slika 3. Prikaz svih zabilježenih poplavnih događaja u Registru

Podaci su se osim za potrebe izrade planova koristili i za potrebe izvješćivanja o ispunjenim obavezama koje je Republika Hrvatska preuzela i prije pristupanja Europskoj uniji. Tako su podaci korišteni kod izvještaja o izvršenoj Prethodnoj analizi rizika od poplava koja je u siječnju 2014. godine dostavljena Europskoj komisiji (European Enviroment Information and Observation Network, 2009).



Slika 4. Primjer uspješno izvještenih podataka Europskoj komisiji

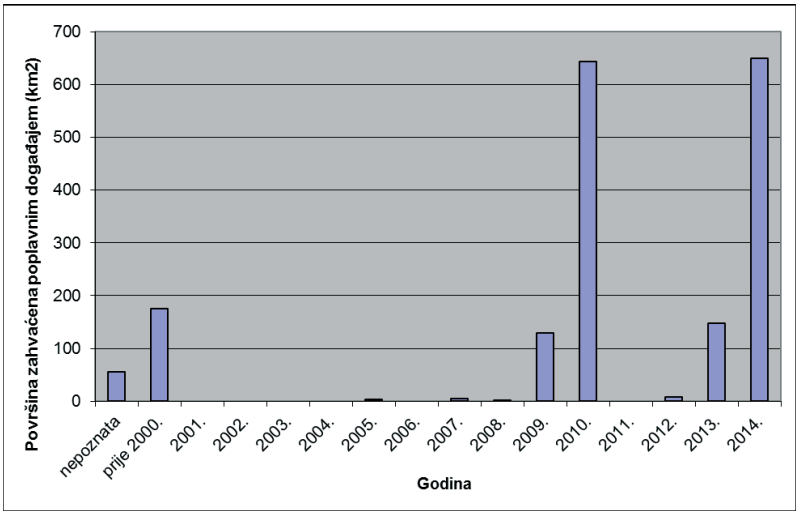
Također početkom ove godine uspješno je predan izvještaj o izradi karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava pri čijoj su se izradi, kao što je prije navedeno, koristili podaci iz Registra kao ulazni podaci. Potvrda o predanom izvještaju prikazana je na slici 4.

Podaci iz baze podataka o poplavnim događajima koriste se kao dio europske baze podataka o utjecajima poplava (European Enviroment Agency, 2015).

Svake godine Agencija za zaštitu okoliša izdaje publikaciju Okoliš na dlanu (Agencija za zaštitu okoliša, 2015) koja donosi presjek stanja okoliša u Republici Hrvatskoj. Za izdanje 2015. godine iz sektora voda prikazat će se broj i prostorni raspored poplavnih događaja iz 2014., na temelju podataka o poplavama dobivenim iz Registra poplavnih događaja.

Za interne potrebe Hrvatskih voda napravljen je i Web GIS registar koji uz mogućnost prikaza prostornih podataka, omogućava i tablični pregled zabilježenih poplava, s pripadajućim informacijama kao i ukupne godišnje poplavljene površine za područje Hrvatske za podatke koji se nalaze u Registru kao što je prikazano na slici 5.

Sa web registra omogućeno je i preuzimanje prostornih podataka o zabilježenim povijesnim poplavama u formatima prilagođenim za Registar.



Slika 5. Prikaz poplavljenih površina u Hrvatskoj po godinama

ZAKLJUČAK

Izrada Registra poplavnih događaja omogućila je bolju organiziranost i sustavnije pripremanje podataka za potrebe izvješćivanja, dok se rad sa Registrom pokazao korisnim kao osnova u izradi planova kao i u svakodnevnoj upotrebi podataka tog tipa.

Jedan od sljedećih koraka proširivanja baze podataka trebao bi biti izrada kataloga metapodataka Registra čime bi već postojeći, a i budući podaci dobili novu dimenziju informacije koja bi omogućila lakše pretraživanje i obradu podataka.

Sadržaj Registra prilagođavati će se zahtjevima i potrebama korisnika baze podataka, kako za izvješćivanje ili planske dokumente tako i za razne svakodnevne potrebe korisnika. Postoje razne aktivnosti kojima bi se baza podataka poboljšala i bolje prilagodila potrebama korisnika i te će aktivnosti biti nastavljene sukladno mogućnostima s ciljem što efikasnije nadopune i boljeg razvoja Registra.

LITERATURA

[1] Agencija za zaštitu okoliša, (2015): *Okoliš na dlanu*, Zagreb.

[2] European Enviroment Agency, (2015): *European floods impact database 2015*, http://forum.eionet.europa.eu/nrc-eionet-freshwater/library/country-review-european-floods-impact-database-2015, (01.04.2015.).

[3] European Enviroment Information and Observation Network, (2009): *Central Data Repository*, http://cdr.eionet.europa.eu/hr/eu/, (01.04.2015.).

[4] European Parliament, Council of the European Union (2007): *Direktiva o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima*, Europski parlament i Vijeće europske unije, Strasbourg.

[5] Hrvatske vode, (2014): *Glavni provedbeni plan obrane od poplava,* Zagreb.

[6] Leder, N., Domijan, N., Mihanović, H., Mlinar, M., Čupić, S., Lakoš, M., Filipović, V., Orlić, M., Pasarić, M., Međugorac, I., (2013): *Poplave mora na priobalnim područjima,* Hrvatski hidrografski institut, Split.

AUTORI

Luka Vukmanić, mag. ing. aedif. [a]

Tomislav Majerović, mag. ing. aedif. [b]

[a] Hrvatske vode, Sektor razvitka, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb
luka.vukmanic@voda.hr

[b] Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, tomislav.majerovic@voda.hr

R 2.03.

TWINNING PROJEKT "IZRADA KARATA OPASNOSTI OD POPLAVA I KARATA RIZIKA OD POPLAVA"

Alan Cibilić, Darko Barbalić

SAŽETAK: U travnju 2014. godine završen je EU IPA 2010. Twinning projekt "Izrada karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava" (u daljnjem tekstu: Twinning projekt). Svrha ovog Twinning projekta bila je ispunjavanje dijela zahtjeva Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima EU 2007/60/EC (u daljnjem tekstu: Direktive o poplavama) kroz izradu karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava u Republici Hrvatskoj.

Hrvatske institucije, korisnici projekta bili su Ministarstvo poljoprivrede i Hrvatske vode. Projekt je provodio konzorcij iz triju država članica EU: Nizozemske (Državna služba za upravljanje tlom i vodama, u ulozi vodećeg partnera u konzorciju), Austrije (Agencija za zaštitu okoliša) i Francuske (Međunarodni ured za vode).

U projekt su bili uključeni i Predstavništvo Europske komisije u Republici Hrvatskoj te Središnja agencija za financiranje i ugovaranje programa i projekata Europske unije (SAFU).

Proračun projekta iznosio je 1.100.000 € od čega se 95% financiralo iz IPA sredstava, a 5% se odnosilo na nacionalno sufinanciranje iz Državnog proračuna.

Twinning projekt se odnosio na implementaciju druge faze Direktive o poplavama, izradu karata opasnosti od poplava i rizika od poplava za dva odabrana pilot područja, deltu rijeke Neretve i rijeku Kupu kod Karlovca.

KLJUČNE RIJEČI: Direktiva, Twinning projekt, poplave, karte rizika od poplava, karte opasnosti od poplava

TWINNING PROJECT "DEVELOPMENT OF FLOOD HAZARD MAPS AND FLOOD RISK MAPS"

SUMMARY: The EU IPA 2010 Twinning Project "Development of Flood Hazard Maps and Flood Risk Maps" was finished in April 2014. Its purpose was to fulfil the requirements of the EU Floods Directive through preparation of flood hazard maps and flood risk maps in the Republic of Croatia.

The Croatian Ministry of Agriculture and Hrvatske vode were the project beneficiaries.

The partner institutions in the Project came from three EU Member States: the Netherlands (Dutch Government Service for Land and Water Management as the lead partner in the consortium), Austria (Austrian Environment Agency) and France (International Office for Water).

The Delegation of the European Commission in Croatia and the Central Financing and Contracting Agency (CFCA) were also participating in the implementation of the Project. The project budget was € 1,100,000, of which 95% was financed from the EU Funds (Instrument for Pre-Accession Assistance - IPA) and 5% was co-financed by the State Budget of the Republic of Croatia.

The Twinning Project focused on the implementation of Phase II of the EU Directive related to the assessment and management of flood risks for the two selected pilot areas, the Neretva River delta and the Kupa River near Karlovac.

KEY WORDS: Directive, Twinning Project, floods, flood risk maps, flood hazard maps

1. UVOD

Direktiva o poplavama stupila je na snagu u studenome 2007. godine. Svrha te direktive je uspostaviti nacionalni i međunarodni okvir za procjenu i upravljanje rizicima od poplava da bi se smanjile negativne posljedice poplava u Europskoj uniji na ljudsko zdravlje, gospodarsku djelatnost, okoliš i kulturnu baštinu. Direktiva o poplavama nudi javnosti, privatnom sektoru i administrativnim tijelima transparentne informacije o mogućim rizicima od poplava, mjerama koje se predviđaju za smanjenje ili upravljanje tim rizicima te kada i tko će te mjere provoditi. Odgovornost je pojedinih država članica da ostvare te ciljeve i mjere.

Direktiva o poplavama obvezuje na izradu:

- Preliminarne procjene rizika s identifikacijom područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava.
- Karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava za područja identificirana kao ona s potencijalno značajnim rizicima, koje javnosti i tijelima lokalne i središnje vlasti daju informacije o vrstama i opsegu rizika.
- Plana upravljanja rizicima od poplava na razini vodnog područja ili jedinice upravljanja vodama.

Koraci u primjeni Direktive o poplavama prikazani su na slici 1.



Slika 1. Primjena Direktive o poplavama

U skladu sa Zakonom o vodama (Narodne novine 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14) (u daljnjem tekstu: Zakona o vodama), Hrvatske vode imaju obvezu provesti preliminarnu procjenu rizika od poplava, izraditi karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava te izraditi Plan upravljanja rizicima od poplava. Europska komisija i Republika Hrvatska pokrenule su Twinning projekt koji je imao za cilj doprinijeti provedbi EU Direktive o

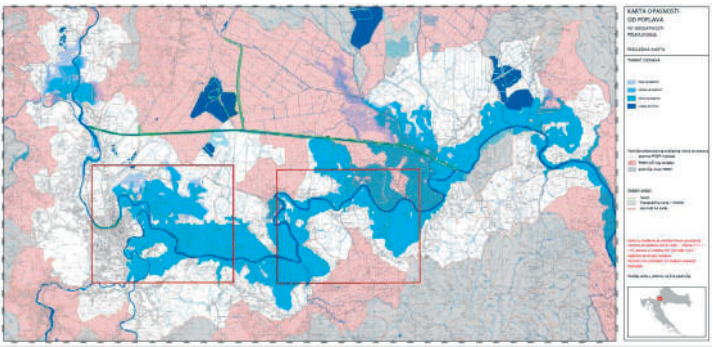
poplavama i relevantnog nacionalnog zakonodavstva, Zakona o vodama, putem izrade karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava za odabrana pilot područja.
Opći cilj Twinning projekta je pružanje pomoći zemlji korisnici kroz jačanje kapaciteta za provedbu EU pravne stečevine vezano uz razvoj ljudskih potencijala, modernizaciju i reorganizaciju javne uprave, kao i usklađivanje nacionalnog zakonodavtsva s pravnom stečevinom Europske unije.
Hrvatske institucije korisnici projekta bili su Ministarstvo poljoprivrede i Hrvatske vode. Projekt je provodio konzorcij iz triju država članica EU: Nizozemske (Državna služba za upravljanje zemljom i vodama u ulozi vodećeg partnera u konzorciju), Austrije (Agencija za zaštitu okoliša) i Francuske (Međunarodni ured za vode).
U projekt su bili uključeni i Predstavništvo Europske komisije u Hrvatskoj te Središnja agencija za financiranje i ugovaranje programa i projekata Europske unije (SAFU).
Proračun projekta iznosio je 1.100.000 € od čega se 95% financiralo iz IPA sredstava, a 5% se odnosilo na nacionalno sufinanciranje, sredstva su osigurana iz Državnog proračuna.
Provedba Twinning projekta je započela krajem siječnja 2013. godine, dolaskom Dugoročnog savjetnika za Twininng (RTA), mr.sc. Maria Ceruttia iz Nizozemske. Svečanost otvaranja održana je u Informacijskom centru Europske unije u Zagrebu 17.4.2013.
Twinning projekt se odnosio na implementaciju druge faze Direktive o poplavama, izradu karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava za dva odabrana pilot područja, deltu rijeke Neretve i rijeku Kupu kod Karlovca te je uvelike pomogao hrvatskim stručnjacima u pripremi karata opasnosti od poplava i rizika od poplava za područja identificirana Preliminarnom procjenom rizika od poplava kao područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava tijekom I faze provedbe Direktive o poplavama.
Tijekom provedbe projekta uspostavljeni su stručni timovi koji su radili na izradi karata za odabrana pilot područja i oni su nakon završetka Twinning projekta nastavili raditi na izradi karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava za preostala područja Republike Hrvatske, identificirana kao područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava. Iskustva stečena tijekom provedbe ovog međunarodnog projekta bila su vrlo korisna u daljnjoj provedbi Direktive o poplavama.

2. OPIS PROJEKTA

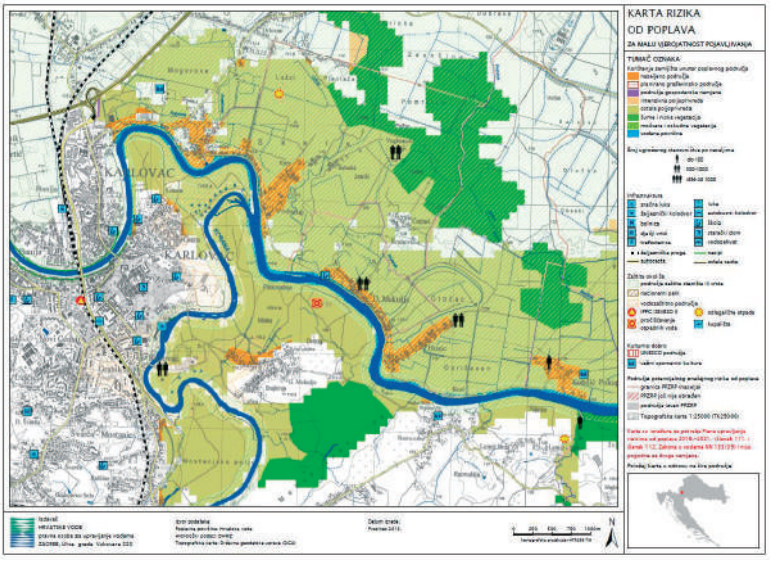
Tijekom provedbe Twinning projekta uspješno je provedena 21 misija za ukupno 28 planiranih projektnih aktivnosti i 3 dodatne aktivnosti, uključujući sudjelovanje ukupno 37 stručnjaka iz sve tri zemlje članice konzorcija, Nizozemske, Austrije i Francuske, s ukupno 535 radnih dana.
Uz predstavnike Ministarstva poljoprivrede i Hrvatskih voda iz Direkcije i svih 6 vodnogospodarskih odjela, u provedbi projekta sudjelovalo je i oko 130 predstavnika drugih hrvatskih institucija i dionika, koji su svojim aktivnim sudjelovanjem u radu na zajedničkim sastancima, radionicama i konferencijama, u značajnoj mjeri pridonijeli uspješnosti projekta.
Glavni postignuti rezultati provedbom predmetnog projekta su slijedeći:

- Izrađeni su plan i metodologija rada za izradu karata opasnosti i karata rizika od poplava za odabrana pilot područja.
- Izrađeni su i testirani matematički hidraulički modeli na temelju prikupljenih podataka, te pripremljeni setovi podataka za odabrana pilot područja.

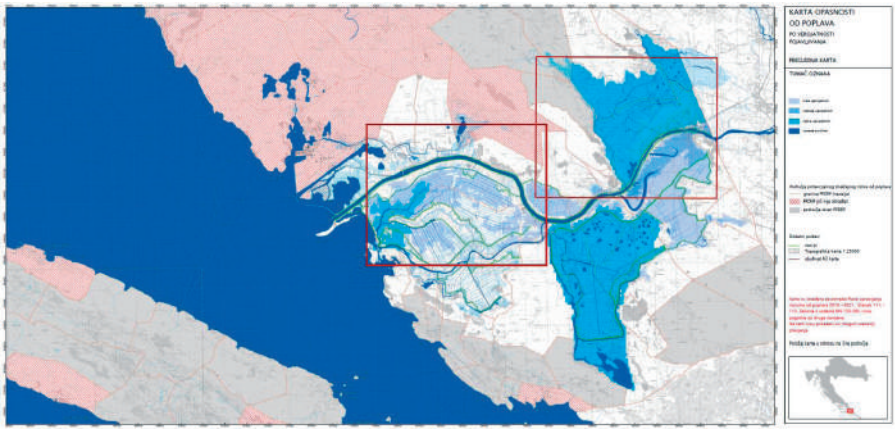
- Izrađene su karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava za tri poplavna scenarija na pilot područjima (primjeri karata dani su na slikama 2, 3, 4 i 5).
- Ojačani su kapaciteti institucija korisnica projekta, Ministarstva poljoprivrede i Hrvatskih voda kako bi se unaprijedio nastavak provedbe Direktive o poplavama.
- Izrađeno je šest vodiča na temu upravljanja rizicima od poplava.



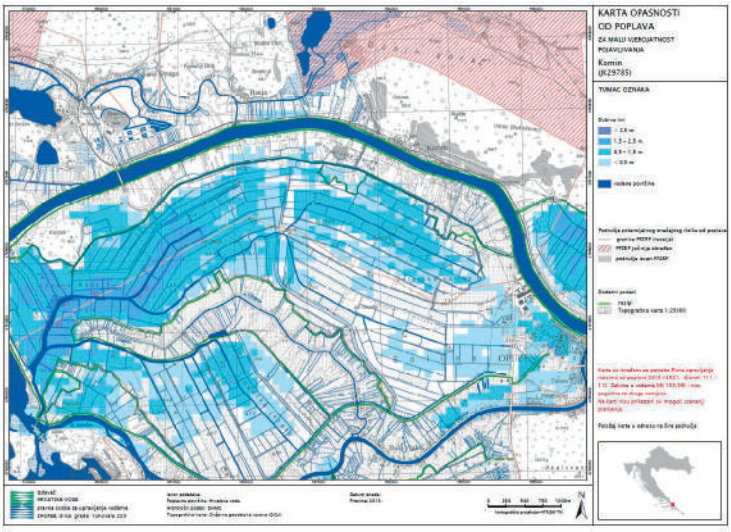
Slika 2. Pregledna karta opasnosti od poplava po vjerojatnosti pojavljivanja - Kupa kod Karlovca



Slika 3. Karta rizika od poplava za malu vjerojatnost pojavljivanja - Kupa kod Karlovca



Slika 4. Pregledna karta opasnosti od poplava po vjerojatnosti pojavljivanja - delta Neretve



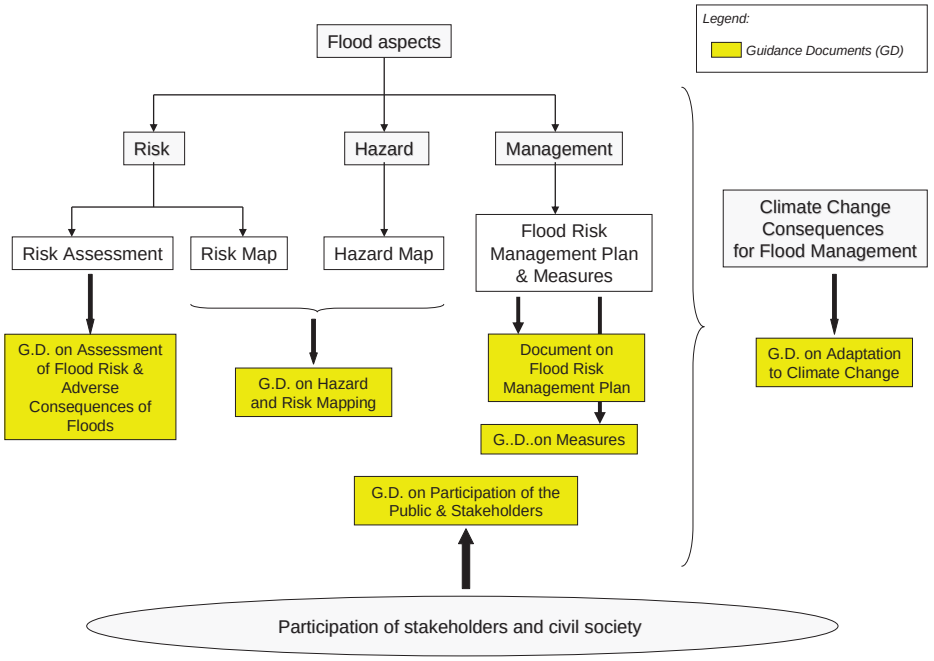
Slika 5. Karta opasnosti od poplava za malu vjerojatnost pojavljivanja - dio delte Neretve

Treba istaknuti da je kao jedan od rezultata, na prijedlog radnog tima Twinning projekta, izrađen i „Prototip Plana upravljanja rizicima od poplava za pilot područje Delta Neretve“ kako bi se između ostaloga na manjem prostoru sagledao opseg aktivnosti koje je potrebno provesti u procesu pripreme Plana upravljanja rizicima od poplava.
U okviru projekta izrađeno je šest vodiča. Vodiči se bave pitanjima koja se tiču različitih koraka i zahtjeva za provedbu Direktive o poplavama i koristili su se kao pomoć u radu na izradi karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava za druge dijelove Hrvatske kao i za pripremu Plana upravljanja rizicima od poplava.

Izrađeni su slijedeći vodiči:

1. Smjernice u vezi s tehničkim aspektima izrade karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava.
2. Smjernice u vezi s procjenom rizika od poplava i štetnim posljedicama poplava.
3. Smjernice u vezi s objedinjenom procjenom postojećih i planiranih građevinskih mjera za obranu od poplava.
4. Smjernice u vezi s metodologijom za procjenu potencijalnih učinaka klimatskih promjena na rizike od poplava.
5. Smjernice u vezi sa sudjelovanjem javnosti i dionika u upravljanju rizicima od poplava.
6. Smjernice u vezi sa izradom planova upravljanja rizicima od poplava.

Smjernice se bave pitanjima raznih radnji i zahtjeva vezanih za provedbu Direktive o poplavama. Vodiči pripremljeni tijekom Twinning projekta slijede logiku ilustriranu na slici 6.



Slika 6. Izrađeni vodiči u logičkoj strukturi

Svečanost zatvaranja Twinning projekta održana je 9.4.2014. u poslovnoj zgradi Hrvatskih voda.

Treba na kraju istaknuti da su isti stručni timovi sastavljeni od djelatnika Hrvatskih voda, koji su radili na izradi karata za odabrana pilot područja, nakon završetka Twinning projekta izradili sve preostale karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava za ostala područja Republike Hrvatske, identificirana kao područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava prema Direktivi o poplavama.

ZAKLJUČAK

Twinning projekt "Izrada karata opasnosti od poplava i rizika od poplava" usredotočio se na implementaciju druge faze Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima (EU 2007/60/EC), te je uvelike pomogao hrvatskim stručnjacima u pripremi karata opasnosti od poplava i rizika od poplava i to ne samo za dva odabrana pilot područja, deltu rijeke Neretve i rijeku Kupu kod Karlovca, nego i za ostatak državnog teritorija definiranog kao područje s potencijalno značajnim rizicima od poplava.

Hrvatske institucije korisnici projekta bili su Ministarstvo poljoprivrede i Hrvatske vode. U projektu su sudjelovale institucije iz triju država članica: Nizozemske (Državna služba za upravljanje zemljom i vodama u ulozi vodećeg partnera u konzorciju), Austrije (Agencija za zaštitu okoliša) i Francuske (Međunarodni ured za vode).

LITERATURA

[1] http://www.voda.hr/hr/twinning-projekt

[2] Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks (OJ L 288, 6.11.2007)

[3] *Guidance document hazard and risk mapping*, Twinning No: HR/2010/IB/EN/01

[4] *Guidance document on the assessment of flood risks and adverse consequences of floods*, Twinning No: HR/2010/IB/EN/01

[5] *Guidance document on measures for flood protection*, Twinning No: HR/2010/IB/EN/01

[6] *Guidance document on the adaptation to climate change*, Twinning No: HR/2010/IB/EN/01

[7] *Guidance document public and stakeholder participation*, Twinning No: HR/2010/IB/EN/01

[8] *Guidance document on the preparation of the Flood Risk Management Plans*, Twinning No: HR/2010/IB/EN/01

[9] (2013.) *Prethodna procjena rizika od poplava*, Hrvatske vode

AUTORI

Alan Cibilić, dipl.ing.građ. [a]

dr.sc. Darko Barbalić, dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, Hrvatska, acibilic@voda.hr; dbarbalic@voda.hr

R 2.04.

PRETHODNA PROCJENA RIZIKA OD POPLAVA

Darko Barbalić, Danko Biondić, Sanja Barbalić

SAŽETAK: U radu se opisuje Prethodna procjena rizika od poplava u Republici Hrvatskoj i metodologija njezine izrade. Prethodna procjena rizika od poplava je izrađena i objavljena 2013. godine na temelju odredbi Zakona o vodama, u kojeg je transponirana EU Direktiva o procjeni i upravljanju rizicima od poplava. Njezina izrada početni je korak u pripremi Plana upravljanja rizicima od poplava, te predstavlja neku vrstu „filtera" koji omogućuje da se nastavak planskih aktivnosti usmjeri samo na one dijelove državnog kopnenog teritorija na kojima su ustanovljeni potencijalno značajni rizici od poplava. Procjenom su obuhvaćeni rizici od riječnih poplava, bujičnih poplava, poplava obalnih područja uslijed visokih razina mora i umjetnih poplava uslijed rušenja visokih brana. Potencijalno značajni rizici od poplava ustanovljeni su na ukupno 29.772 km^2 državnog kopnenog teritorija, od čega je oko 64 % na vodnom području rijeke Dunav, a oko 36 % na jadranskom vodnom području.

KLJUČNE RIJEČI: Direktiva o procjeni i upravljanju rizicima od poplava, Prethodna procjena rizika od poplava, Plan upravljanja rizicima od poplava

PRELIMINARY FLOOD RISK ASSESSMENT

SUMMARY: The paper describes the preliminary flood risk assessment in the Republic of Croatia carried out and published in accordance with the Water Act, which integrates the transposition of the Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks (Floods Directive) as well as the methodologies applied to its performance. Preliminary flood risk assessment is the initial step in the preparation of the Flood Risk Management Plan and represents a "filter" which enables the continuation of planning activities focused only on those parts of the territory where potential significant flood risks have been determined. The assessment includes risks from river floods, flash floods, floods from the sea in coastal areas and artificial floods caused by breaches of large dams. Potential significant flood risks were determined for a total of 29,772 km^2 of the national mainland territory, of which about 64 % in the Danube River Basin District and about 36 % in the Adriatic River Basin District.

KEY WORDS: Preliminary risk assessment, Flood Risk Management Plan

1. UVOD

Paralelno s procesom pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji razvijao se i zajednički europski pristup upravljanju rizicima od poplava koji je rezultirao donošenjem Direktive 2007/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o procjeni i upravljanju rizicima od poplava (u nastavku „Direktiva o poplavama“) 2007. godine. Provedba Direktive o poplavama predviđa sustavni pristup analizi poplavnih rizika s jasno definiranim koracima koji se odvijaju u šestogodišnjim planskim ciklusima. Prvi šestogodišnji ciklus njezine provedbe je u tijeku i rezultirati će izrađenim planovima upravljanja poplavnim rizicima za svih 28 država članica do kraja 2015. godine. Hrvatsko vodno gospodarstvo provodi Direktivu o poplavama istovremeno s ostalim državama članicama, za razliku od provedbe drugih ranije donešenih europskih direktiva za koje su određena prijelazna razdoblja.

Prije početka tehničke provedbe Direktive o poplavama provedena su dva početna koraka. Prvi korak bio je transpozicija Direktive o poplavama u Zakon o vodama. Većina potrebnih regulatornih elemenata za uvođenje koncepta upravljanja poplavnim rizicima u vodnom gospodarstvu uključena je u odjeljak VII. Zakona o vodama pod naslovom „Zaštita od poplava”. U drugom koraku, Ministarstvo poljoprivrede i Hrvatske vode određeni su kao nadležna tijela za provedbu Direktive o poplavama u Hrvatskoj, a vodna područja definirana su kao jedinice za upravljanje rizicima od poplava. Zakonom je propisana i preporuka Direktive o poplavama da Planovi upravljanja rizicima od poplava budu sastavni dio Planova upravljanja vodnim područjima. Prva tehnička planska aktivnost koja je uslijedila bila je izrada i objava Prethodne procjene rizika od poplava, čiji je sadržaj prikazan u ovom radu. Dokument je dovršen u siječnju 2013. godine i objavljen je na mrežnoj stranici Hrvatskih voda (www.korp.voda.hr).

2. ULOGA I SADRŽAJ PRETHODNE PROCJENE RIZIKA OD POPLAVA

Šestogodišnji planski ciklusi upravljanja poplavnim rizicima započinju izradom Prethodne procjene rizika od poplava. Prethodna procjena rizika od poplava ima obilježja stručne procjene i temelji se na dostupnim podacima, pri čemu nisu predviđeni značajniji napori u prikupljanju podataka ili razradi složene tehničke dokumentacije. Sukladno Direktivi o poplavama, najmanje što procjena mora uključivati su:

- karte vodnog područja u odgovarajućem mjerilu koje uključuju granice riječnih slivova, podslivova i, ondje gdje postoje, priobalnih područja, s prikazom topografije i korištenja zemljišta,
- opis poplava do kojih je došlo u prošlosti i koje su imale značajne štetne učinke na zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost i za koje je vjerojatnost sličnih budućih događaja i dalje relevantna, uključujući njihov opseg i puteve otjecanja poplavnih voda i procjenu štetnih učinaka koje su prouzročile,
- opis značajnih poplava u prošlosti, kada se mogu predvidjeti značajne štetne posljedice sličnih budućih događaja,

te može uključivati još i:

- procjenu mogućih štetnih posljedica budućih poplava za zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost, uzimajući u obzir što je više moguće pitanja kao što su topografija, položaj vodotoka i njihove općenite hidrološke i geomorfološke

značajke, uključujući poplavna područja kao prirodna retencijska područja, djelotvornost postojeće infrastrukture za obranu od poplava koju je izgradio čovjek, smještaj naseljenih područja, područja gospodarske aktivnosti i dugoročni razvoj događaja, uključujući učinke klimatskih promjena na pojavu poplava.

Prethodnom procjenom rizika od poplava određuju se područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava, odnosno područja koja će biti obuhvaćena Planom upravljanja rizicima od poplava. Prethodna procjena rizika od poplava ujedno je i zadnji dio planskog ciklusa u kojem se analizira cjelokupni državni kopneni teritorij, te predstavlja neku vrstu „filtera" koji omogućuje da se nastavak planskih aktivnosti usmjeri samo na dijelove teritorija na kojima su ustanovljeni potencijalno značajni rizici od poplava. Na preostalim dijelovima teritorija nije predviđeno planiranje bitnijih aktivnosti na smanjenju rizika od poplava, sve do sljedećeg šestogodišnjeg planskog ciklusa.

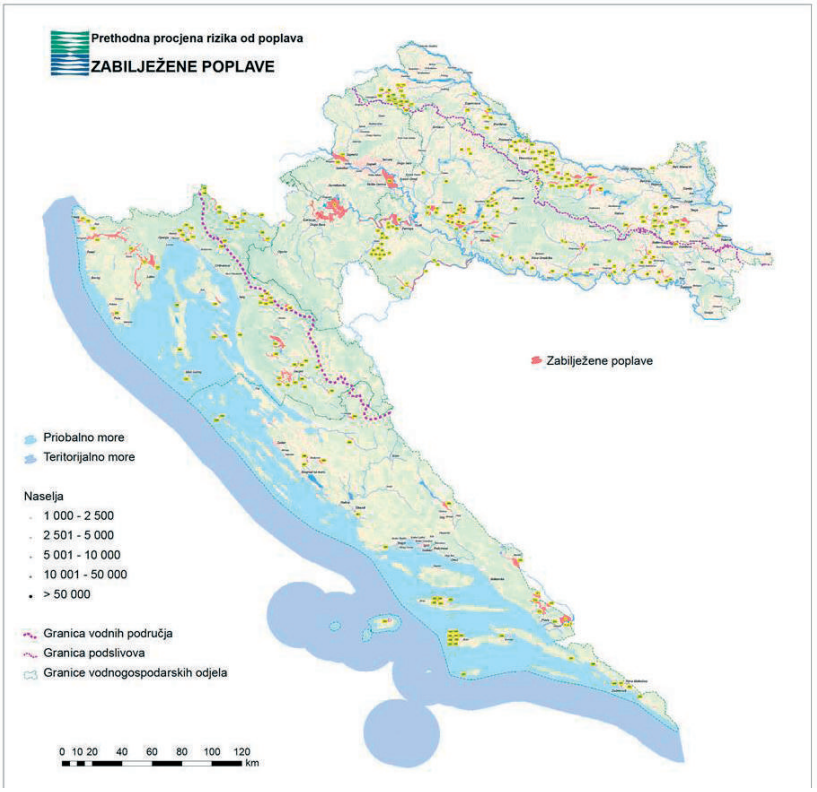
3. METODOLOGIJA I AKTIVNOSTI NA IZRADI PRETHODNE PROCJENE RIZIKA OD POPLAVA

Obavezni sadržaj Prethodne procjene rizika od poplava ukazuje na potrebu za provedbom dviju grupa aktivnosti. Prva grupa provedenih aktivnosti uglavnom se odnosila na prikupljanje i sistematizaciju lako dostupnih topografskih i drugih podloga, kako bi se zadovoljili eksplicitni zahtjevi Direktive o poplavama (primjerice podaci o zabilježenim poplavama), ali i prikupili podaci koji će se koristiti pri daljnjoj analizi. Naročito bitnim se pokazala uspostava Registra poplavnih događaja, za što je neposredni povod bio sistematizacija podataka i informacija o poplavama koje su se dogodile u prošlosti, što je zahtjev Prethodne procjene rizika od poplava, ali se pokazalo da su prikupljeni i sistematizirani podaci dragocjeni i za druge potrebe. U Registru poplavnih događaja (Vukmanić i drugi, 2013.) su inicijalno pohranjeni podaci i informacije o više od 250 zabilježenih poplavnih događaja, a njegovo održavanje i dopunjavanje postalo je stalna aktivnost unutar Hrvatskih voda (Slika 1.). Kako bi se omogućilo lakše prikupljanje podataka razvijena je i odgovarajuća aplikacija za „pametne" mobilne telefone, a u suradnji sa Državnom upravom za zaštitu i spašavanje, u Registar poplavnih događaja se pohranjuju i dostupne satelitske slike poplavnih događaja.

Druga grupa provedenih aktivnosti predstavlja suštinu Prethodne procjene rizika od poplava, a obuhvaćala je analizu koja je rezultirala određivanjem područja državnog teritorija s potencijalno značajnim rizicima od poplava koja će kasnije biti obuhvaćena daljnjim planskim aktivnostima.

Metodologija je definirana tako da prati stručna načela procjene rizika od poplava, imajući u vidu zahtjeve Direktive o poplavama, ograničenu raspoloživost potrebnih podataka, te relativno kratke rokove izrade i vrlo veliki prostorni obuhvat analize (čitav državni kopneni teritorij). Prethodni rizik ocijenjen je kao odnos prethodne ugroženosti od poplava (indikatora vjerojatnosti događaja) i osjetljivosti na poplave (indikatora neželjenih posljedica događaja).

Pri procjeni prethodne ugroženosti od poplava korišteni su svi dostupni podaci i informacije o poplavama, bez obzira na genezu poplava, odnosno uzroke i mehanizme koji su doveli do poplavnih događaja. Osim riječnih poplava, u provedenoj analizi su obrađene bujične poplave na područjima podložnim eroziji, te poplave mora i poplave



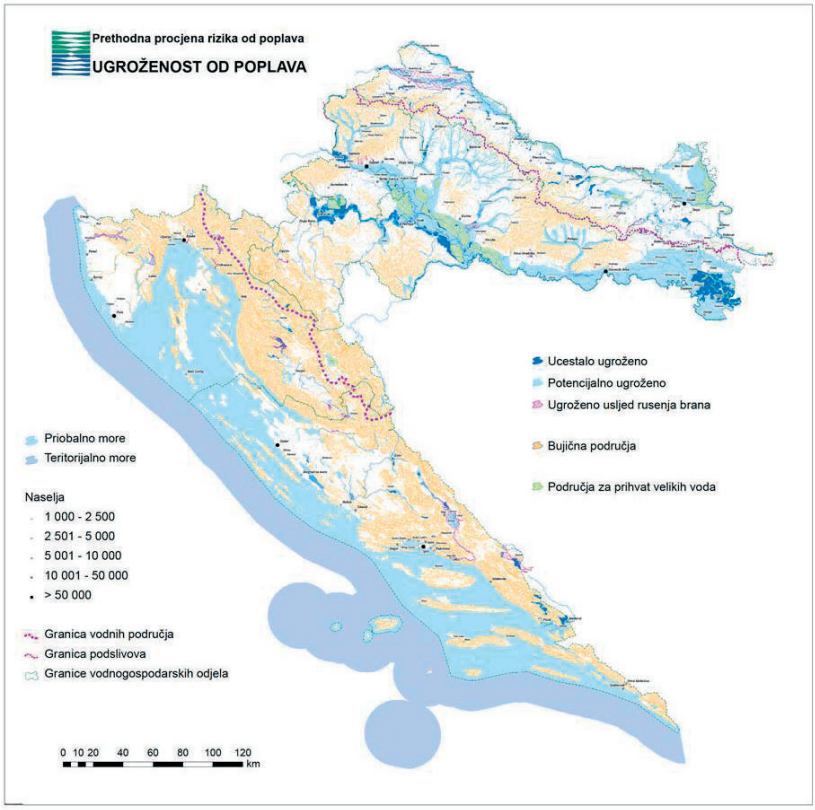
Slika 1. Zabilježene poplave pohranjene u Registru poplavnih događaja

koje mogu nastati rušenjem brana. Time je osiguran uravnotežen i jedinstven pristup ocjeni ugroženosti od poplava, bez obzira na mehanizme njihovog nastanka i načine rješavanja problema plavljenja.

Procjenom su obuhvaćeni sljedeći izvori ugroženosti (Slika 2.):

- riječne poplave,
  - uslijed izlijevanja iz korita,
  - uslijed premašenja postojećeg stupnja zaštite,
  - uslijed gubitka funkcionalnosti infrastrukture za obranu od poplava,
- bujične poplave,
- poplave obalnih područja uzrokovane visokim razinama mora,
- poplave uslijed rušenja visokih brana.

Za procjenu prethodne ugroženosti od poplava od izuzetne je važnosti bio niz znanstvenih i stručnih studija koje se sustavno izrađuju, a koje u okviru ovog rada nije moguće nabrojati zbog njihovog velikog broja.



Slika 2. Ugroženost od poplava

Osjetljivost područja na poplave (Slika 3.) određena je na osnovi podataka o korištenju zemljišta i podijeljena je u sljedeće kategorije:

- područja velike osjetljivosti u koja su uključena: cjelovita i nepovezana gradska područja, industrijske i komercijalne jedinice, te odlagališta otpada;
- područja umjerene osjetljivosti u koja su uključena: cestovna i željeznička mreža s pripadajućim zemljištem, lučke površine, zračne luke, lokacije eksploatacije mineralnih sirovina, gradilišta i slično;
- područja male osjetljivosti koja obuhvaćaju: komplekse kultiviranih parcela, pretežno poljodjelska zemljišta s većim područjima prirodne vegetacije, stalno navodnjavano zemljište, vinograde, voćnjake, maslinike, sportsko rekreacijske površine, nenavodnajvano obradivo zemljište, te zelene gradske površine.

U sklopu ove procjene, osjetljivost na poplave ostalih područja nije uzeta u obzir.



Slika 3. Osjetljivost na poplave

Kako bi se olakšalo prikupljanje i analiza raspoloživih podataka i informacija, te kasnije sudjelovanje javnosti i dionika u postupku donošenja Plana upravljanja rizicima od poplava, za polaznu prostornu jedinicu za analizu rizika odabrana je najmanja administrativna jedinica - naselje. Usklađivanjem sa zahtjevima Direktive o poplavama (podjela na jedinice upravljanja rizicima od poplava - vodna područja), te potrebom za ostvarenjem pouzdanije analize (primjerice odvajanje otoka koji pripadaju jednom naselju u niz zasebnih elemenata), konačni broj prostornih elemenata na kojima je provedena analiza bio je 8.743.

Prethodni stupanj rizika bio je definiran imajući u vidu krajnji cilj - određivanje područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava za koja će se izrađivati detaljnija planska dokumentacija. Rizici su klasificirani u 4 osnovne klase: veliki rizik, umjereni rizik, mali rizik, te zanemariv rizik od poplava.

Na osnovi procjene mehanizma poplavljivanja, odlučeno je da se područja velikog rizika od poplava, podijele u dvije podkategorije:

- Vrlo veliki rizik od poplava - područja koja nemaju zaštitne sustave;
- Veliki rizik od poplava - ostala područja visokog rizika od poplava.

Osnovni kriteriji za procjenu sistematizirani su u tablici 1.

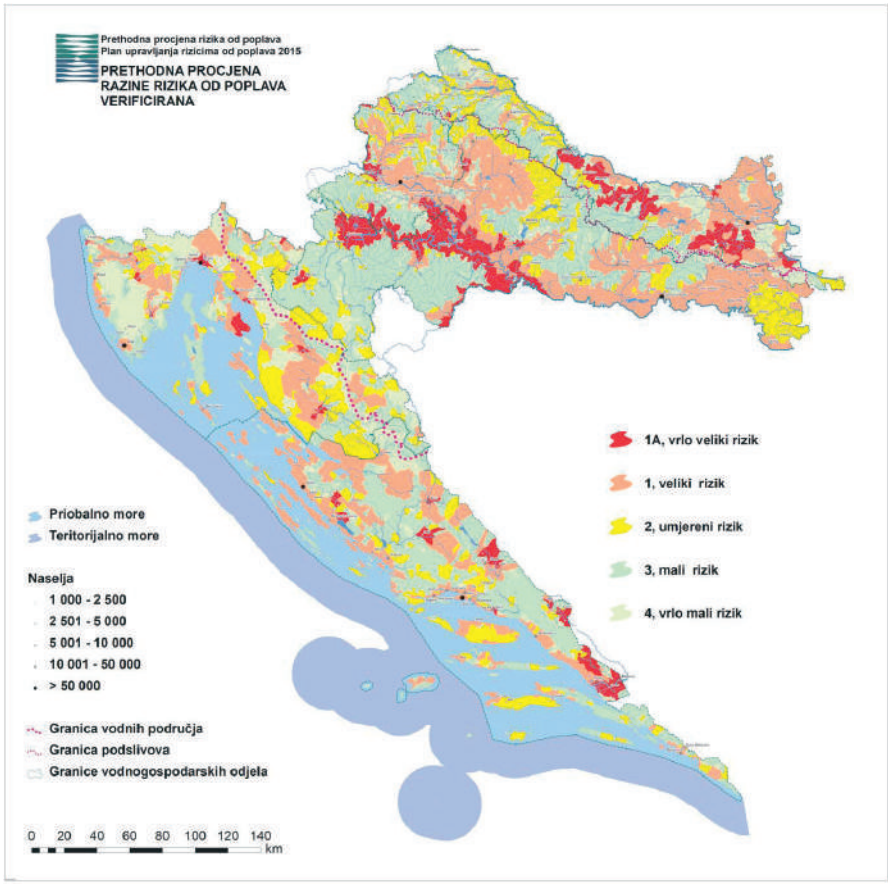
Tablica 1. Osnovni kriteriji za procjenu prethodnih rizika od poplava

PRETHODNI STUPANJ RIZIKA	UGROŽENOST POPLAVAMA	OSJETLJIVOST NA POPLAVE
vrlo veliki	riječne poplave - bez sustava zaštite od poplava	bez obzira na osjetljivost
veliki	riječne poplave uslijed premašenja ili popuštanja sustava obrane od poplava	bez obzira na osjetljivost
	poplave mora	jako osjetljivi receptori
umjereni	poplave mora	srednje i malo osjetljivi receptori
	bujične poplave	jako i srednje osjetljivi receptori
mali	bujične poplave	mala osjetljivost receptora
	rušenje velikih brana	bez obzira na osjetljivost receptora
	povijesne poplave	bez obzira na osjetljivost receptora
	područja podložna eroziji	bez obzira na osjetljivost receptora
vrlo mali	nije identificirano postojanje značajnijeg rizika, odnono procijenjeno je da ne postoji osjetljivost na poplave.	

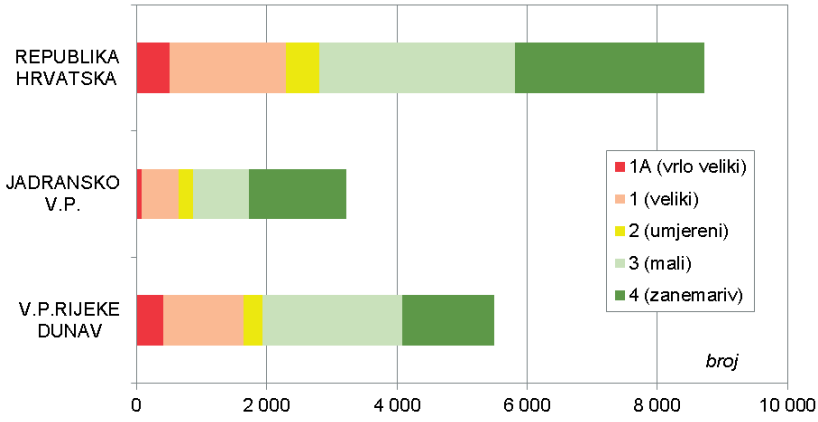
Kao područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava, određena su ona područja na kojima je prethodni stupanj rizika od poplava procijenjen kao velik ili umjeren. Imajući u vidu da su zbog mogućih nepouzdanosti ulaznih podataka, pri određivanju takvih područja moguće greške, nakon završene analize provedena je verifikacija dobivenih rezultata ekspertnim procjenama zasnovanim na dugogodišnjim praktičnim iskustvima u obrani od poplava u nadležnim službama vodnogospodarskih odjela Hrvatskih voda.

4. REZULTATI PRETHODNE PROCJENE RIZIKA OD POPLAVA

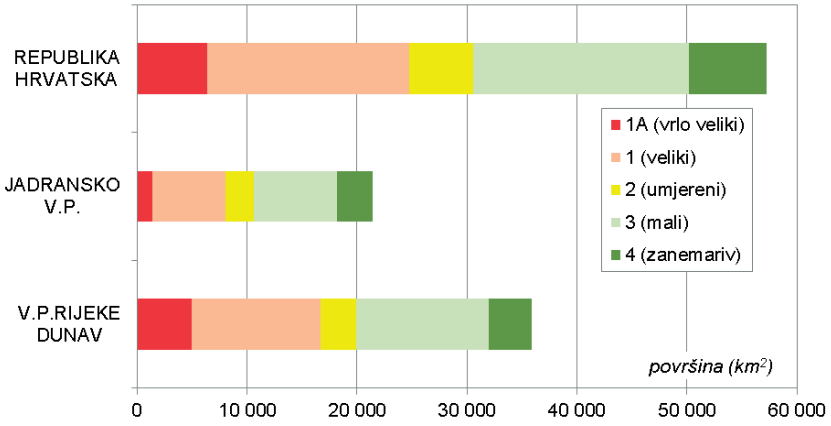
Rezultati provedene Prethodne procjene rizika od poplava sadržani su u istoimenom dokumentu (Hrvatske vode, 2013.) objavljenom na mrežnim stranicama Hrvatskih voda. Uz dokument je objavljeno i 13 pratećih kartografskih prikaza u visokoj rezoluciji. Rezultati procjene, uključujući i prostorne informacije, dostavljeni su u odgovarajućim formatima Europskoj komisiji koja ih je uvrstila u bazu podataka Europske agencije za okoliš. Isto tako, rezultati su uključeni u odgovarajuće dokumente Međunarodne komisije za zaštitu rijeke Dunav (ICPDR), te Međunarodne komisije za sliv rijeke Save (ISRBC). Kartografski prikaz prethodne procjene rizika od poplava rizika dan je na slici 4., a na slikama 5. i 6. prikazani su rezultati klasifikacije u odnosu na broj i površinu analiziranih elemenata.



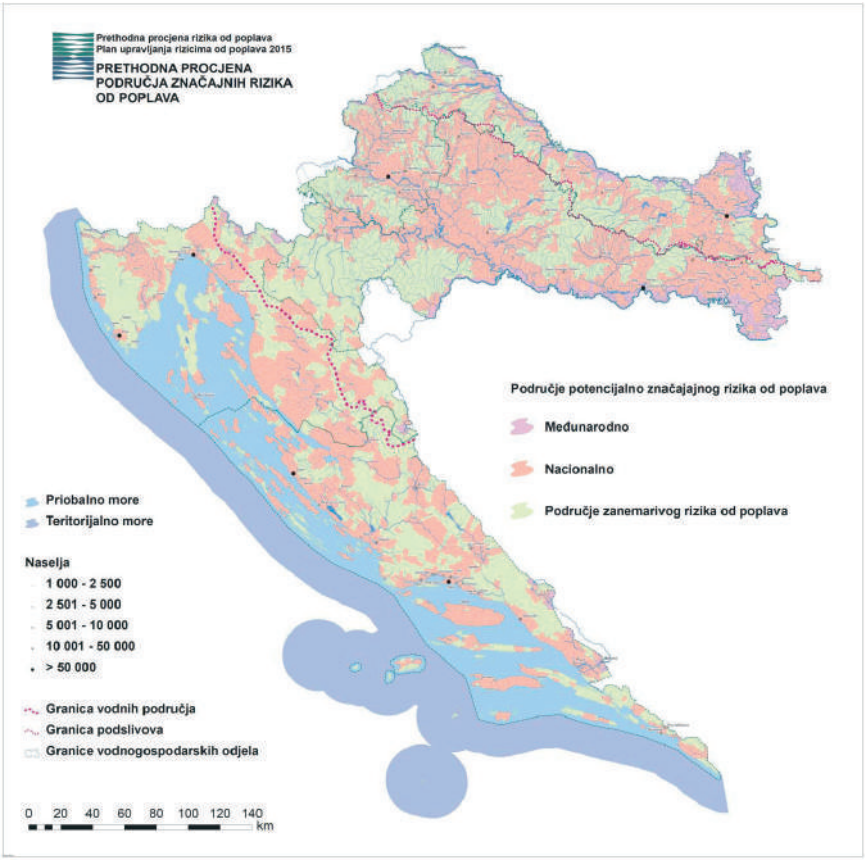
Slika 4. Prethodna procjena rizika od poplava



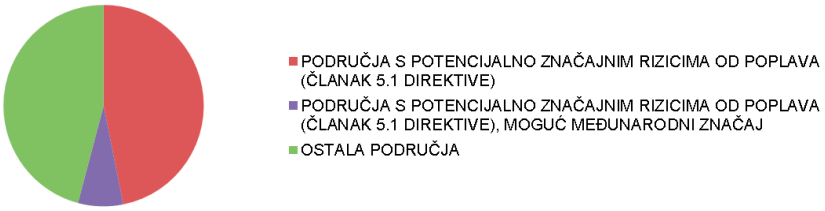
Slika 5. Udio pojedinih klasa rizika u odnosu na broj analiziranih elemenata



Slika 6. Udio pojedinih klasa rizika u odnosu na površinu analiziranih elemenata



Slika 7. prikazuje prostorni raspored područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava (prema članku 5.1 Direktive), a slika 8. njihov površinski udio.



Slika 8. Površinski udio područja sa potencijalno značajnim rizicima od poplava

Nakon provedene verifikacije dobivenih rezultata, 86% od ukupno 8.743 analizirana prostorna elementa, zadržalo je istu klasu prethodno procijenjenog rizika od poplava. Stupanj rizika povećan je za 6% područja, i to u prosjeku za 1.3 klase. Manjim stupnjem rizika ocijenjeno je 8% područja, i to također u prosjeku za 1.3 klase. Radi toga su nakon verifikacije dobivenih rezultata, dodatna 333 (4%) prostorna elementa proglašena područjima s potencijalno značajnim rizicima od poplava, dok je 167 (2%) prostornih elemenata izgubilo taj status. U konačnici je 2.976 prostornih elemenata proglašeno područjima s potencijalno značajnim rizicima od poplava, odnosno ukupno 29.772 km^2 državnog kopnenog teritorija, od čega je oko 64 % na vodnom području rijeke Dunav, a oko 36 % na jadranskom vodnom području.

ZAKLJUČAK

Prethodna procjena rizika od poplava kojom su identificirana područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava u Republici Hrvatskoj uspješno je provedena, stavljena je na uvid javnosti (http://korp.voda.hr), a njeni su rezultati dostavljeni Europskoj komisiji, Međunarodnoj komisiji za zaštitu rijeke Dunav (ICPDR) i Međunarodnoj komisiji za sliv rijeke Save (ISRBC). Time je Republika Hrvatska ispunila svoju važnu obavezu u okviru zajedničkog europskog upravljanja poplavnim rizicima.

Korišteni metodološki pristup je rezultirao velikim brojem područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava (vjerojatno najveći broj u EU, pri čemu treba imati u vidu da su kriteriji i metode određivanja ovih područja različiti od zemlje do zemlje), što se nije pokazalo značajnijim opterećenjem u daljnjem radu, jer su za njihovu analizu i manipulaciju korištene prostorne baze podataka. S druge strane, na ovaj način je održana povezanost s administrativnim ustrojem Republike Hrvatske, a relativno gust „raster" se pokazao pogodnim i za ostale aktivnosti, kao što je primjerice izrada izvješća prema EU koja se tiču karata rizika od poplava (gdje je jedinica izvješćivanja također područje s potencijalno značajnim rizikom od poplava).

Odluka da se provede i procjena preliminarnih rizika od poplavljivanja uslijed gubitka funkcionalnosti postojeće infrastrukture za obranu od poplava (pucanje nasipa) se u konačnici pokazala ispravnom, jer su poplave iz svibnja 2014. godine pokazale da su rizici tog tipa vjerojatno veći nego što je bila njihova percepcija do tada.

Rezultati verifikacije su pokazali da primijenjena metodologija izrade Prethodne procjene rizika od poplava vrlo pouzdano odražava stručnu percepciju o rizicima od poplava stečenu dugogodišnjim iskustvima nadležnih službi Hrvatskih voda. Kvaliteti izrađene Prethodne procjene rizika od poplava uvelike je doprinijela i opsežna studijska i projektna dokumentacija iz arhive Hrvatskih voda, s čijom se izradom započelo davno

prije donošenja Direktive o poplavama.
Stečena iskustva na provedbi Direktive o poplavama ukazuju da komunikacija na europskoj razini praktično predstavlja razmjenu baza podataka, uključujući i one prostorne, dok su klasični „papirnati" dokumenti samo prateća informacija. Time se ističe velika važnost sistematizacije potrebnih podataka i informacija u novim formatima, te osposobljavanja djelatnika za rad s novim informatičkim tehnologijama.

LITERATURA

[1] *Zakon o vodama* („Narodne novine", br. 153/09, 63/11, 130/11 i 56/13).

[2] Direktiva 2007/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o procjeni i upravljanju rizicima od poplava

[3] Hrvatske vode (2013): *Prethodna procjena rizika od poplava*, http://korp.voda.hr/pdf/Prethodna%20procjena%20rizika%20od%20poplava/PRETHODNA%20PROCJENA%20RIZIKA%20OD%20POPLAVA%20-%20TEKST.pdf, 27. ožujka 2015.

[4] Vukmanić, L., Rosandić, T., Barbalić, D. (2013.): *WEB GIS registar poplavnih događaja*, Hrvatska vodoprivreda, broj 204, godište XXI., Zagreb

AUTORI

dr.sc. Darko Barbalić, dipl.ing.građ. [a]
dr.sc. Danko Biondić, dipl.ing.građ. [b]
mr.sc. Sanja Barbalić, dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, Ulica grada Vukovara 220, darkob@voda.hr; sanja.barbalic@voda.hr

[b] Hrvatske vode, Sektor razvitka, Ulica grada Vukovara 220, danko.biondic@voda.hr

R 2.05.

KARTE OPASNOSTI OD POPLAVA I KARTE RIZIKA OD POPLAVA

Darko Barbalić, Danko Biondić, Tomislav Majerović, Luka Vukmanić

SAŽETAK: U radu su prikazane aktivnosti na izradi karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava u Hrvatskoj prema zahtjevima EU Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima, a dobiveni osnovni rezultati sistematizirani su po vodnim područjima. Izrađene karte su osnovna podloga za pripremu Plana upravljanja rizicima od poplava kojim će se definirati najznačajnije aktivnosti i mjere za upravljanje rizicima od poplava u Hrvatskoj, a koje će se provoditi u slijedećem šestogodišnjem planskom ciklusu. Karte ukazuju na moguće obuhvate, dubine i štetne posljedice za tri specifična poplavna scenarija - poplave velike vjerojatnosti pojavljivanja, poplave srednje vjerojatnosti pojavljivanja i poplave male vjerojatnosti pojavljivanja, a izrađene su u mjerilu 1 : 25.000 za ona područja koja su u Prethodnoj procjeni rizika od poplava određena kao područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava. Analize su provedene na ukupno oko 30.000 km^2, što je više od polovice državnog kopnenog teritorija.

KLJUČNE RIJEČI: Direktiva o procjeni i upravljanju rizicima od poplava, Karte opasnosti od poplava, Karte rizika od poplava, Plan upravljanja rizicima od poplava

FLOOD HAZARD MAPS AND FLOOD RISK MAPS

SUMMARY: The paper presents activities carried out to develop flood hazard maps and flood risk maps in the Republic of Croatia in compliance with the requirements of the EU Directive on the assessment and management of flood risks. The obtained results are grouped according to the river basin districts. These maps are the basis for preparation of the Flood Risk Management Plan which will define the most important activities and measures for reduction of flood risks in the Republic of Croatia to be carried out in the following 6-year planning cycle. The maps indicate potential extent, depths and adverse consequences for three specific flood scenarios - floods with a high probability, floods with a medium probability and floods with a low probability in scale 1 : 25,000 for those areas which were identified as areas of potential significant flood risk in the Preliminary flood risk assessment. Analyses were conducted on a total of approximately 30,000 km^2, which represents over one half of the national land territory.

KEY WORDS: Directive on the assessment and management of flood risks, Flood hazard maps, Flood risk maps, The Flood Risk Management Plan

1. UVOD

Paralelno s procesom pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji, razvijao se i zajednički europski pristup upravljanju rizicima od poplava koji je rezultirao donošenjem Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima (u daljnjem tekstu Direktiva o poplavama) 2007. godine. Prvi ciklus njezine provedbe od 6 godina još traje i treba rezultirati izradom Planova upravljanja poplavnim rizicima za sve države članice do kraja 2015. godine. Prije početka tehničke provedbe Direktive o poplavama provedena su dva početna koraka i to transpozicija Direktive o poplavama u Zakon o vodama (NN 153/09, 63/11, 130/11,56/13 i 14/14), te definiranje nadležnih tijela za provedbu Direktive o poplavama u Hrvatskoj i jedinica za upravljanje rizicima od poplava. Zakonom je također propisana i preporuka Direktive o poplavama da Planovi upravljanja rizicima od poplava budu sastavni dio Planova upravljanja vodnim područjima. Prva tehnička planska aktivnost koja je uslijedila, bila je izrada i objava Prethodne procjene rizika od poplava. Dokument je dovršen u siječnju 2013. godine i objavljen je na mrežnoj stranici Hrvatskih voda (www.korp.voda.hr). Sljedeći, tehnički i stručno vjerojatno najzahtjevniji korak u provođenju Direktive o poplavama predstavlja izrada karata opasnosti od poplava, te karata rizika od poplava prikazana u ovom radu. Ove karte predstavljaju osnovnu podlogu za izradu Plana upravljanja rizicima od poplava koji definira mjere za upravljanje rizicima od poplava na području Hrvatske u sljedećem šestogodišnjem ciklusu.

2. POLAZIŠTA

Sadržaj i osnovne karakteristike karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava za potrebe izrade planova upravljanja rizicima od poplava propisani su nizom dokumenata, ali je državama članicama EU dozvoljena određena sloboda kako bi se omogućilo prilagođavanje njihovim nacionalnim posebnostima i mogućnostima.

Prostorni obuhvat izrade karata definiran je Prethodnom procjenom rizika od poplava (Hrvatske vode, 2013), odnosno, karte trebaju biti izrađene za sva područja definirana kao područja potencijalno značajnih rizika od poplava. što je u ovom ciklusu izrade plana značilo 29 772 km^2 državnog kopnenog teritorija, od čega je oko 64 % na vodnom području rijeke Dunav, a oko 36 % na jadranskom vodnom području. Istim dokumentom je za svako područje potencijalno značajnog rizika od poplava određen jedan ili više uzroka plavljenja koji je potrebno kartirati i to:

- plavljenje uzrokovano izlijevanjem rijeka iz korita (uključujući i bujice),
- plavljenje uzrokovano gubitkom funkcionalnosti nasipa,
- plavljenje uzrokovano visokim razinama mora,
- plavljenje uzrokovano rušenjem visokih brana.

Prema zahtjevima Direktive o poplavama, predviđena je izrada karata opasnosti za tri scenarija i to:

- poplave male vjerojatnosti ili scenariji ekstremnih događaja,
- poplave srednje vjerojatnosti (PR $\geq$ 100 godina),
- poplave velike vjerojatnosti, prema potrebi.

Za svaki scenarij zahtjeva se prikazivanje sljedećih elemenata:

- obuhvat poplave,

- dubina vode ili vodostaj, prema prigodi,
- prema prigodi, brzina toka ili relevantni protok vode.

Karte rizika od poplava moraju prikazati moguće štetne posljedice povezane sa navedenim scenarijima i biti iskazane u odnosu na:

- okvirni broj potencijalno pogođenog stanovništva,
- vrstu gospodarske aktivnosti na potencijalno pogođenom području,
- instalacije navedene u Dodatku I Direktive Vijeća 96/61/EZ od 24. rujna 1996. o integriranoj prevenciji i kontroli onečišćenja koje bi mogle prouzročiti iznenadno onečišćenje u slučaju poplava, te potencijalno pogođena zaštićena područja utvrđena u Dodatku IV(1)(i), (iii) i (v) Direktive 2000/60/EZ,
- ostale informacije koje država članica smatra korisnima, poput navođenja područja na kojima se mogu javiti poplave s visokim udjelom transportiranih sedimenata i otpadaka i informacije o ostalim značajnim izvorima onečišćenja.

Treba naglasiti da karte rizika od poplava odstupaju od uobičajene definicije rizika (kombinacije vjerojatnosti i posljedica poplavnog događaja) i u stvarnosti prikazuju receptore rizika od poplava koji se plave pri definiranim scenarijima. Ovu činjenicu treba promatrati u svjetlu zahtjeva da karte trebaju biti dostupne i lako razumljive javnosti, pa time ne smiju biti opterećene teško razumljivim informacijama. Time je i „stvarna", stručno zasnovana analiza rizika te njihovo eventualno kartiranje ostavljeno za Planove upravljanja rizicima od poplava.

3. METODOLOŠKI I ORGANIZACIJSKI ASPEKTI

Tradicija upravljanja poplavama u Hrvatskoj je veoma duga, s velikim brojem svijetlih primjera koji su u velikoj mjeri kompatibilni s novim europskim načelima. Radi toga je jasno da značajan dio aktivnosti na provedbi Direktive o poplavama i konkretno izradi karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava može biti proveden reinterpretacijom postojećih rješenja i saznanja u novom svjetlu. Tako je još prije stupanja Direktive o poplavama na snagu, tijekom njenog usaglašavanja, započeto sa izradom niza studija koje mogu poslužiti kao podloga za razne aspekte upravljanja poplavnim rizicima. Jednako tako pokrenut je i niz aktivnosti koje su unaprijedile saznanja na onim područjima koja tradicionalno nisu bila u žarištu aktivnosti vodnog gospodarstva, kao što su primjerice poplave uzrokovane morem.

Veliki doprinos ukupnom sagledavanju čitavog procesa izrade karata dao je Twinning projekt „Razvoj karata opasnosti od poplava i rizika od poplava u Hrvatskoj" (Cerutti i drugi, 2013.) koji je omogućio ne samo razmjenu tehničkih znanja sa stranim ekspertima, nego i stvorio platformu koja je poslužila za razmatranje i donošenje odluka o nizu pitanja koja s tehničke strane izgledaju manje bitna, ali u velikoj mjeri utječu na realizaciju samog projekta kao što su primjerice usvajanje jedinstvenih tehnologija i podatkovnih formata za izradu karata, usklađivanje s europskim zahtjevima za izvješćivanje, izrada predložaka za karte, način predočenja karata javnosti, usaglašavanje zajedničkog pristupa različitim poplavnim fenomenima širom Hrvatske i slično.

Nakon završetka Twinning projekta, formiran je projektni tim koji je uz svesrdnu pomoć svih ustrojbenih jedinica Hrvatskih voda proveo projekt.

Kartiranje opasnosti od poplava je provedeno korištenjem sljedećih pristupa:

- prostornom interpretacijom rezultata postojećih hidrauličkih modela,
- hidrauličkim modeliranjem (prema dobrim praksama usvojenim u sklopu Twinning projekta, uključujući i kartiranje poplava uzrokovanih morem),
- preliminarnim kartiranjem korištenjem pojednostavljenih matematičkih modela na područjima gdje ne postoje pouzdani podaci (primjerice. bujice),
- prilagodbom postojećih karata opasnosti od poplava (uključujući poplave uslijed mogućih rušenja visokih brana).

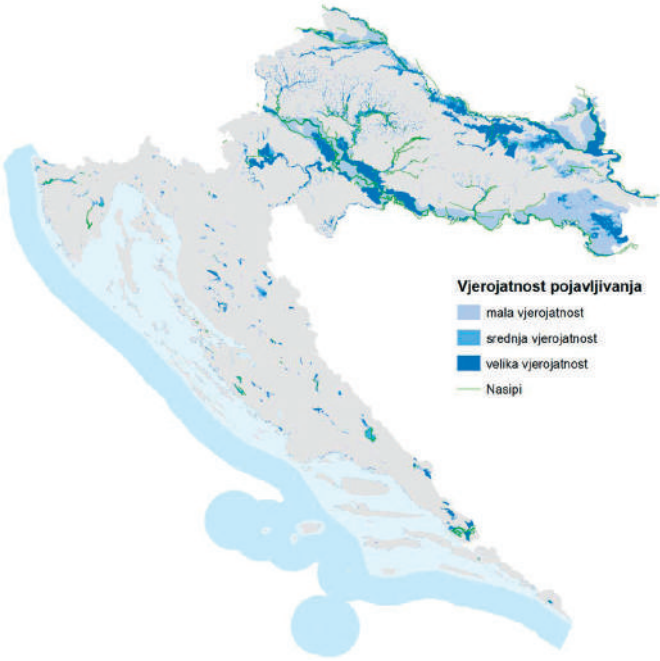
U prvom su koraku sva područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava podijeljena u tri grupe s obzirom na dostupnost potrebnih podloga, potrebne pripremne aktivnosti za početak kartiranja i slično. Na taj način je izbjegnuto stvaranje uskih grla i zastoja tijekom čitavog projekta, jer su pojedine aktivnosti obavljane neovisno za svaku grupu.
U sljedećem koraku je svaka grupa podijeljena na cjeline „homogene" sa stanovišta kartiranja (isti izvori plavljenja, ista metodologija kartiranja i slično). Nakon završenog kartiranja i verifikacije, rezultati su spremani u centralnu prostornu bazu podataka, i nadopunjeni su potrebnim atributima.
Obzirom na veliki broj članova projektnog tima, njegovu dislociranost na 5 lokacija (Varaždin, Osijek, Zagreb, Rijeka i Split), te vrlo stroge rokove za završetak, posebna pažnja je poklonjena praćenju projekta, te je za te potrebe formiran i interni WEB-GIS preglednik na kojem su svi zainteresirani mogli na dnevnoj bazi pratiti realizaciju projekta.
Paralelno s izradom karata opasnosti od poplava, provođene su aktivnosti na prikupljanju i procjeni prikladnosti podataka za izradu karata rizika od poplava. Pri tome treba voditi računa da se radi o podacima velikog broja institucija koji moraju biti dostupni i homogeni za područje cjelokupne Hrvatske. Nakon opsežne analize, za prikaz su odabrani sljedeći sadržaji:

- Broj potencijalno ugroženih stanovnika po naseljima, grupirani u tri klase (manje od 100, 101 - 1.000 i više od 1.000 stanovnika),
- Lokacije na kojima se vjerojatno nalazi ranjiviji dio populacije, (bolnice, škole, predškolske ustanove, domovi za starije osobe),
- Gospodarske aktivnosti i korištenje zemljišta unutar poplavnog područja (naseljena područja, područja gospodarske namjene, sportski i rekreacijski sadržaji, intenzivna poljoprivreda, ostala poljoprivreda, šume i niska vegetacija, močvare i oskudna vegetacija, vodene površine),
- Infrastrukturne građevine (vodozahvati, zračne luke, željeznički i autobusni kolodvori, trafostanice, željezničke pruge, nasipi, autoceste, ostale ceste),
- Grupe zaštićenih područja preuzete iz registra zaštićenih područja sukladno zahtjevima Direktive,
- Mogući značajniji zagađivači kao što su velika industrijska i druga postrojenja, odlagališta otpada i uređaji za pročišćavanje otpadnih voda, te
- Kulturna baština (uvrštena u UNESCO registar)

Karte rizika od poplava su, na osnovu podataka o opasnostima od poplava i prikupljenim receptorima rizika proizvedene centralizirano kao i izrada izvješća za potrebe Europske komisije sukladnog odgovarajućim vodičima (EC,013).

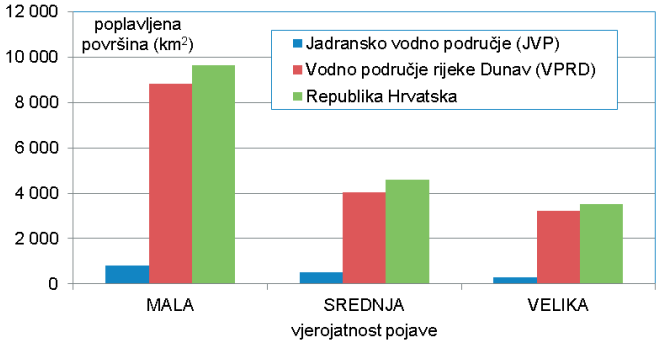
4. REZULTATI

Aktivnosti na izradi karata završene su sredinom prosinca 2014. godine, nakon čega je usljedila priprema izvješća za Europsku komisiju i uspostavljanje WEB-GIS sustava koji omogućava pristup javnosti na mrežnoj stranici Hrvatskih voda (www.korp.voda.hr). Pregledna karta opasnosti od poplava, za sva tri scenarija, prikazana je na slici 1.

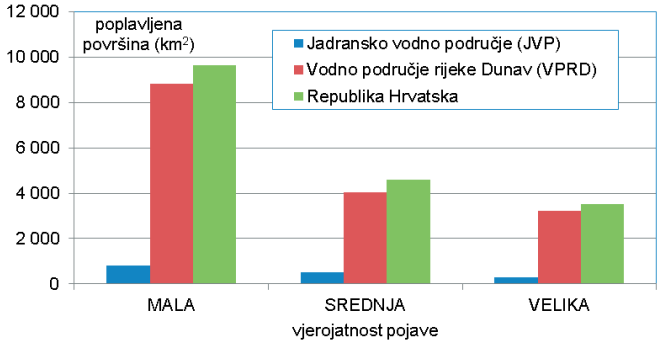


Slika 1. Pregledna karta opasnosti od poplava

Očigledno je da prema sva tri scenarija, znatno veći opseg po apsolutnoj površini, ali i udjelu u ukupnoj površini vodnog područja imaju poplave na vodnom području rijeke Dunav (slike 2. i 3.).

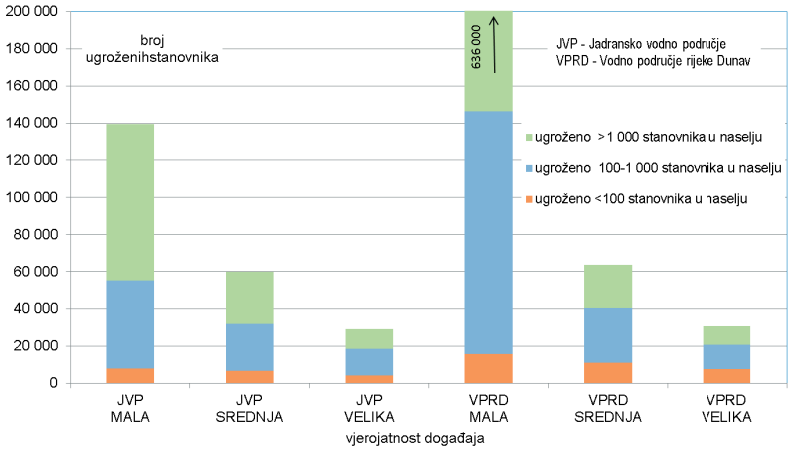


Slika 2. Obuhvat poplavljenih površina



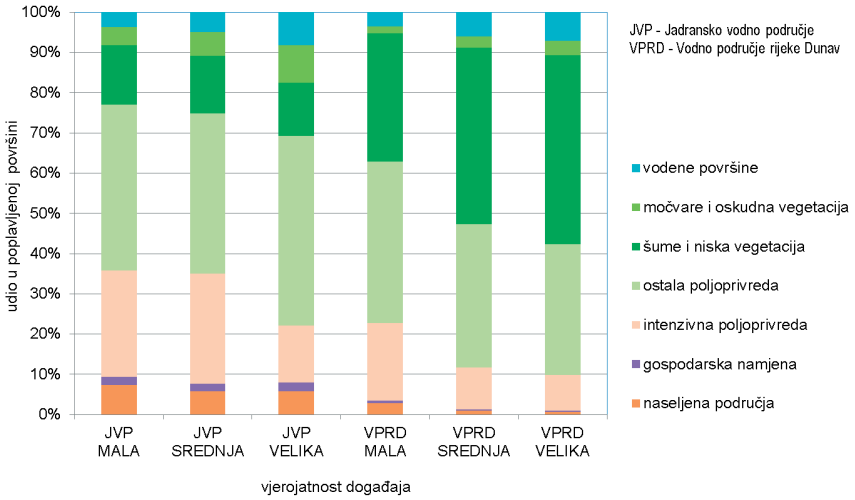
Slika 3. Udio poplavnih površina u ukupnoj kopnenoj površini

Broj ugroženih stanovnika je vrlo ujednačen na jadranskom vodnom području (JVP) i vodnom području rijeke Dunav (VPRD) za scenarij velike i srednje vjerojatnosti (slika 4.). Situacija se bitno mjenja za scenarij male vjerojatnosti koji u sebi sadrži i posljedice gubitka funkcionalnosti sustava za obranu od poplava (uključujući i plavljenje grada Zagreba).

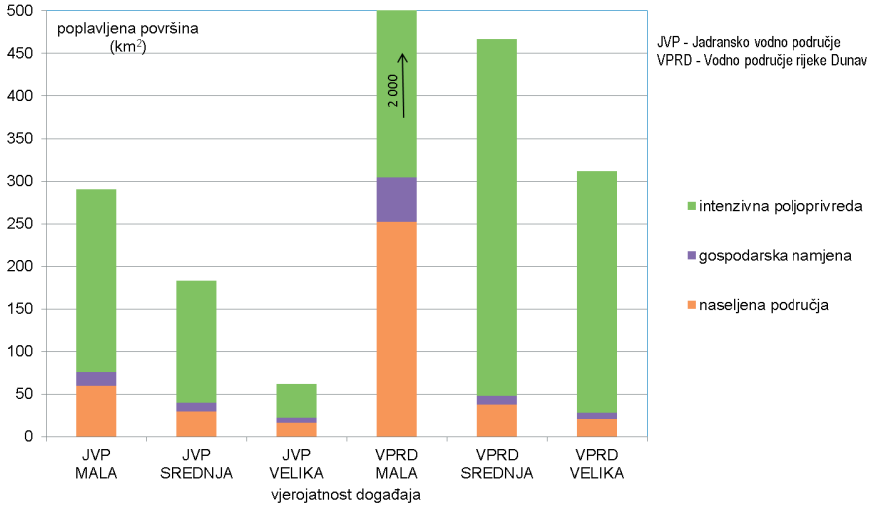


Slika 4. Ugroženo stanovništvo

Ukoliko se promatra korištenje zemljišta na poplavljenim područjima, iz slike 5 je vidljivo da na jadranskom vodnom području veći udio u poplavljenim područjima imaju vrednije klase korištenja zemljišta (slika 5).



Slika 5. Korištenje zemljišta na poplavljenim područjima

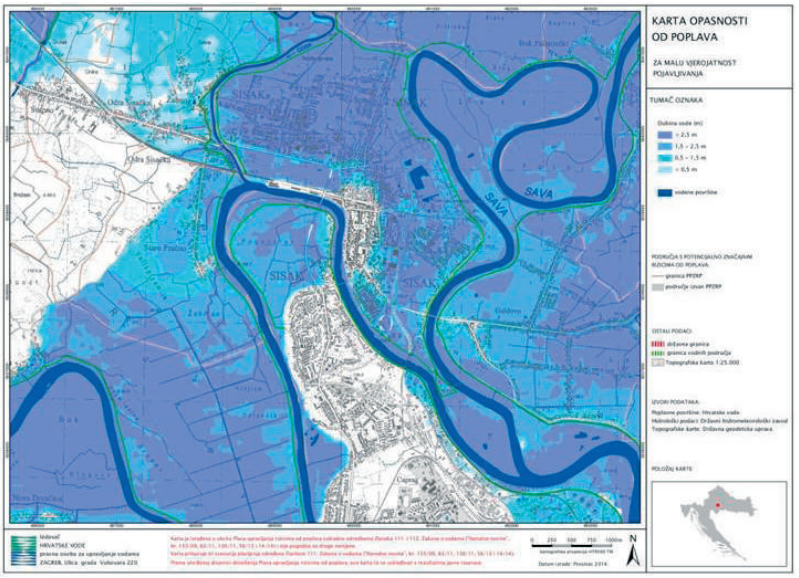


Slika 6.Vrijedne klase korištenja zemljišta na poplavljenim područjima

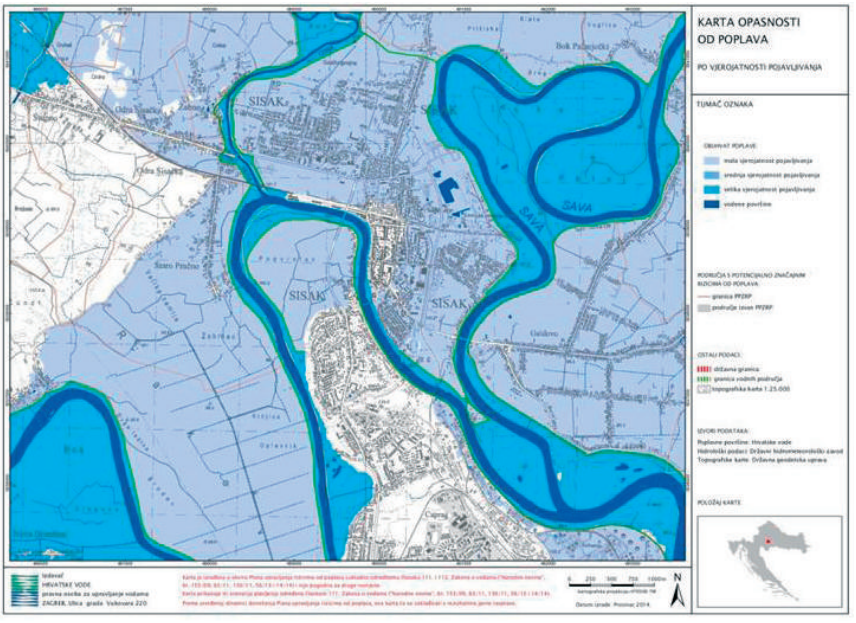
Svakako, konačni zaključci o poplavnim rizicima zahtjevaju dodatne analize u okviru planova upravljanja rizicima od poplava.

Kao najpraktičnije rješenje kojim se omogućuje dostupnost karata javnosti, odabran je WEB-GIS portal s mogućnošću ispisa karata u „pdf" formatu. Osim karata dubina vode za tri scenarija (slika 7.), pripremljena je i četvrta kompozitna karta koja prikazuje opseg poplava sva tri scenarija (slika 8.). Karte rizika od poplava su pripremljene odvojeno za svaki scenarij (slika 9.). Radi lakšeg razumijevanja, odlučeno je da se na kartama ne prikazuju posebno poplave uzrokovane različitim izvorima plavljenja, a kako bi se

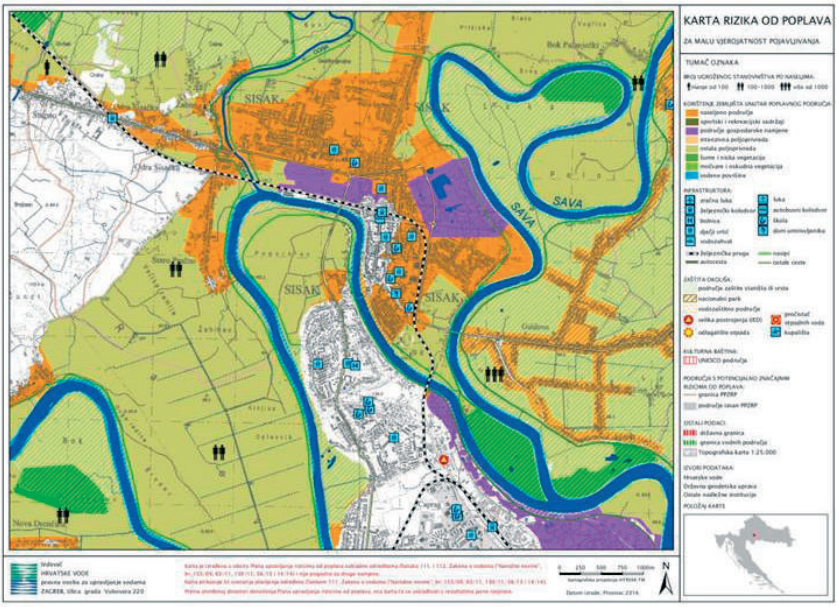
olakšala orjentacija i pružile informacije bitne za evakuaciju i zbrinjavanje stanovništva, na kartama su prikazani i točkasti (primjerice škole, bolnice, kolodvori) i linijski (ceste i željezničke pruge) sadržaji koji nisu u poplavnom području.



Slika 7. Karta opasnosti od poplava za malu vjerojatnost pojavljivanja, područje Siska



Slika 8. Karta opasnosti od poplava, po vjerojatnosti pojavljivanja, područje Siska



Slika 9. Karta rizika od poplava za malu vjerojatnost pojavljivanja, područje Siska

ZAKLJUČAK

Izrada karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava je uspješno završena i time su stečeni potrebni preduvjeti za nastavak rada na pripremi Plana upravljanja rizicima od poplava u ovom planskom ciklusu. Kartiranje površinski relativno velikog dijela Hrvatske, omogućilo je vrlo uravnoteženo i sustavno sagledavanje rizika na području čitave države, što je svakako velika dodatna kvaliteta za upravljanje rizicima od poplava. Ipak, treba voditi računa da karte rizika od poplava ne sadrže informacije o procjeni rizika od poplava, te tu aktivnost treba provesti u okviru izrade samoga plana.

Izrada ovdje prikazanih karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava, nije jednokratni završeni projekt, nego njihova izrada, dorada, dopuna i korigiranje treba radi cikličkog planiranja predstavljati stalnu aktivnost. Radi toga je potrebno uspostaviti okvir i sustav za njihovo stalno unapređenje. S obzirom na mogućnost korištenja sredstava iz EU fondova za provedbu negrađevinskih mjera upravljanja rizicima od poplava, bilo bi uputno iskoristiti ta sredstava za prikupljanje kvalitetnijih podataka (prvenstveno topografskih i batimetrijskih ali i onih potrebnih za pouzdaniju procjenu rizika) i izradu noveliranih karata. S obzirom na propisanu dinamiku izrade Plana upravljanja rizicima od poplava, za sljedeći ciklus, karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava treba novelirati do 22. prosinca 2019.

Dostupnost karata i obaveza informiranja javnosti, naglašava potrebu sagledavanja karata, ne samo kao inženjerskog proizvoda za inženjere, nego i kao sredstva komunikacije vodnog gospodarstva sa zainteresiranom javnošću, što može znatno utjecati na ukupni dojam. Također javnost treba upoznati sa stvarnom namjenom i ograničenjima karata, kako se one ne bi koristile i tumačile na neprikladan način.

Izrada izvješća o kartama opasnosti od poplava i kartama rizika od poplava pokazala je da se komunikacija na europskoj razini praktično provodi razmjenom baza podataka, uključujući i one prostorne, dok su klasični „papirnati" dokumenti samo prateća informacija. Time se ističe velika važnost sistematizacije potrebnih podataka i informacija u novim formatima, te osposobljavanja djelatnika za rad s novim informatičkim tehnologijama.

ZAHVALA

Ovaj pothvat proveo je projektni tim u sastavu Darko Barbalić, Ivica Bojčić, Martina Dubravac, Sanja Filipan, Ladislav Grđan, Sanja Ivica, Elvis Kešetović, Krešimir Ložnjak, Marijana Oršolić, Goran Petrović, Andrija Rubinić, Silvija Sitar, Davorka Stepinac, Tomislav Šlehta, Mirjana Švonja, Vesna Tusić i Luka Vukmanić, uz svesrdnu pomoć ostalih djelatnika Hrvatskih voda.

LITERATURA

[1] Cerutti M., Cibilić A., Biondić D., Barbalić S., Barbalić D. (2013): *Twinning projekt „Razvoj karata opasnosti od poplava i rizika od poplava u Hrvatskoj",* Dani gospodarenja vodama 2013.

[2] Direktiva 2007/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o procjeni i upravljanju rizicima od poplava.

[3] EC (2013), Guidance for Reporting under the Floods Directive (2007/60/EC), Office for Official Publications of the European Communities, 2013.

[4] Hrvatske vode (2013), *Prethodna procjena rizika od poplava*, http://korp.voda.hr/pdf/Prethodna%20procjena%20rizika%20od%20poplava/PRETHODNA%20PROCJENA%20RIZIKA%20OD%20POPLAVA%20-%20TEKST.pdf, 27. ožujka 2015.

[5] *Zakon o vodama* („Narodne novine", br. 153/09, 63/11, 130/11,56/13 i 14/14).

AUTORI

dr.sc. Darko Barbalić, dipl.ing.građ. [a]
dr.sc. Danko Biondić, dipl.ing.građ. [b]
Tomislav Majerović, mag.ing.aedif. [a]
Luka Vukmanić, mag.ing.aedif. [b]

[a] Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, Ulica grada Vukovara 220, darkob@voda.hr

[b] Hrvatske vode, Sektor razvitka, Ulica grada Vukovara 220, danko.biondic@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.06.

IZRAČUN VJEROJATNOSTI POJAVE POPLAVNOG DOGAĐAJA I NJEGOVOG UTJECAJA NA POPLAVNI RIZIK

Neven Kuspilić, Gordon Gilja, Eva Ocvirk

SAŽETAK: Poplave predstavljaju prirodni fenomen koji nije moguće spriječiti bez obzira na uzrok njihove pojave. Povećana izloženost društva poplavama ima uzroke u demografskim i ekonomskim trendovima kao što je urbanizacija poplavnih područja. Produbljivanje razumijevanja o prirodnim nepogodama podrazumijeva provođenje istraživanja i plana upravljanja rizicima. Za tu svrhu potrebno je poznavati prirodu opasnosti od poplave i s njom povezan rizik. Ovaj rad prikazuje pregled četiri pristupa hidrološkom proračunu protoka prema povratnim razdobljima. Dan je kritički osvrt na izračun rizika tradicionalnim pristupom te je uspoređen s tri predložene metode procjene ukupnog rizika za cijeli period uporabe građevine. Cilj rada je kvantificirati razliku u riziku korištenjem različitih metoda izračuna vjerojatnosti pojave poplave.

KLJUČNE RIJEČI: Rizik od poplava, vjerojatnost pojave poplave, metodologija i štete od poplava

CALCULATION OF FLOOD EVENT EXCEEDANCE AND ITS IMPACT ON FLOOD RISK

SUMMARY: Irrelevant of their origin, floods are a natural phenomenon that cannot be prevented. Demographic and socio-economic trends are playing a role in increasing society's exposure to flood-related damage, through factors such as urbanization of areas vulnerable to flooding. In order to understand natural disasters better, it is necessary to carry out research activities and implement a risk management plan. For these purposes, the nature of the flood hazard and the related flood risk for a specific site has to be determined. This paper reviews four commonly applied approaches to hydrological calculation of the discharge according to return periods. A critical review of the traditional approach to calculation of risk, which is then compared with three proposed approaches to total risk assessment for the entire utilization period of the of a structure. The aim of this paper is to quantify the difference in risk by application of different calculation methods for flood event exceedance.

KEY WORDS: Flood risk, flood event exceedance, methodology, flood damage

1. UVOD

Potencijalne klimatske promjene predstavljaju najveći okolišni, socijalni i ekonomski pritisak na društvo u cjelini. One općenito podrazumijevaju promjene u varijabilnosti te povećanje količine prosječnih oborina što povećava vjerojatnost pojave prirodnih nepogoda, u prvom redu poplava. Poplave predstavljaju prirodni fenomen koji nije moguće spriječiti bez obzira na neposredni uzrok njihove pojave. Naime, neovisno koliko siguran sustav obrane od poplava izgradili uvijek će postojati, iako mala, vjerojatnost njene pojave (Meyer i drugi, 2013). Povećana izloženost društva poplavama ima uzroke u demografskim i ekonomskim trendovima kao što je urbanizacija poplavnih područja. Posljednjih godina došlo je do pojave ekstremnih poplava u više europskih regija, uz primjetan trend značajnog povećanja štete. Dvije poplave s daleko najvećom štetom u povijesti dogodile su se 2002. g. i 2012. g. (Gremli i drugi, 2014). U periodu od 2000. g. do 2012. g. prosječna godišnja šteta u Europskoj uniji iznosila je 4.5 milijarde EUR. Procjenjuje se da će do 2050. g. trend klimatskih promjena, urbanizacije i porasta stanovništva dovesti do prosječnih godišnjih šteta od 23 milijarde EUR. Prirodna pojava postaje elementarna nepogoda u trenutku kad nepovoljno utječe na infrastrukturu i ljudske aktivnosti. Stoga je za provedbu upravljanja rizicima neophodno istraživanjem produbiti poznavanje prirodnih pojava, njihov utjecaj i vjerojatnost pojave.

1.1. Definicija rizika

Direktiva 2007/60/EZ (Europski parlament i Vijeće, 2007) Europskoga parlamenta i vijeća o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima definira poplavu kao privremenu pokrivenost vodom zemljišta koje obično nije prekriveno vodom. Rizik i opasnost nisu istoznačnice, no njihova distinkcija ovisi o području unutar kojeg se promatraju. Ingles smatra opasnost precizno određenim nenamjernim (nepredviđenim) događajem, dok rizik definira kao namjeran (predviđen) događaj. Opasnost je urođeno svojstvo koje postaje rizik samo ako postoji konačna vjerojatnost nastanka opasnosti, tj. štete zbog izloženosti i karakteristika receptora. Dakle, osnovni koncept opasnosti je izloženost ljudi i ukoliko oni nisu izloženi poplava se ne smatra opasnošću (Beer i Ziolkowski, 1995; Genovese, 2006).

Krenimo od definicije rizika. Američko udruženje analitičara rizika (US Society of Risk Analysts) definiralo je 13 mogućih definicija rizika čije je zajednička karakteristika da uključuju jedan ili više od triju osnovnih elemenata rizika: (1) vremenski okvir u kojem se rizik promatra; (2) vjerojatnost pojave jednog ili više događaja i (3) mjeru kojom se izražavaju posljedice takvih događaja. Općenita definicija rizika u hidrološkom smislu iz Direktive definira poplavni rizik kao umnožak vjerojatnosti pojave, njene učestalosti i štete koju ta pojava uzrokuje. To znači da je poplavni rizik ekonomska kategorija, odnosno da je jedinica mjere novčana. Ono što Direktivom nije određeno je metodologija kojom se računa poplavni rizik. Time je dana sloboda svakoj članici da odabere svoj način izračuna. Inženjeri stoga imaju zadaću da temeljem teorijskih postavki i osnovne definicije nađu način kvantifikacije poplavnog rizika u svrhu korištenja kao podloge za donošenje odluka u politici smanjenja potencijalnih šteta od poplava. Stoga se rizik matematički najčešće računa kao umnožak opasnosti, izloženosti i osjetljivosti (Beer i Ziolkowski, 1995):

$$R(L) = \int_{-\infty}^{\infty} L(h) \cdot p(h) \cdot dh \ \text{[kn]}; \quad (1)$$

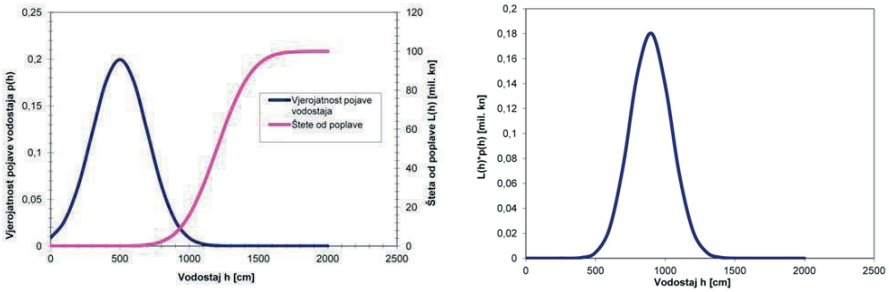
gdje su: *R(L)* = poplavni rizik [kn]; *L(h)* = šteta povezana s određenim poplavnim događajem uzrokovanim vodostajem *h* [kn]; *p(h)* = vjerojatnost ($0 \leq p(h) \leq 1$) pojave vodostaja *h* [/].

1.2. Cilj rada

Cilj ovog rada je utvrditi raspon rizika od poplava kada se izračun provodi različitim pristupima na temelju jedinstvenog skupa ulaznih podataka. Problem je relativno jednostavno riješiti kada su poznate zakonitosti pojave poplavnih vodnih valova i kada se procjenjuju materijalne mjerljive štete. Procjena štete je zahtjevan postupak jer je potrebno uzeti u obzir sve čimbenike na terenu, od utjecaja trajanja poplave na štetu do identifikacije oštećenja i vrijednosti svakog pojedinog elementa izloženog poplavi. Dodatni izvor nepouzdanosti je primjena indirektne metode za izračun štete, tj. preko funkcijske zavisnosti o vodostaju. U ovom radu razmatrana su moguća odstupanja od uobičajenog postupka u obliku definiranja distribucije podataka o protoku, zatim promatranje poplavnih situacija (ovisno o njihovom trajanju) i konačno direktni izračun štete u vijeku uporabe građevine bez svođenja vjerojatnosti na godišnju razinu. Težište istraživanja je na analizi utjecaja ulaznih hidroloških podataka na izračun zakonitosti pojave poplavnih vodnih valova, odnosno vjerojatnost pojave poplavnog događaja na poplavni rizik kao ekonomsku kategoriju.

2. IZRAČUN POPLAVNOG RIZIKA

Za područje potencijalno ugroženo od poplava moguće je izraditi krivulju vjerojatnosti pojave vodostaja (poplavnog događaja) te iskazati procijenjenu štetu s obzirom na vodostaj koji bi izazvao poplavu. Metode koje povezuju vodostaj i štetu uključuju razne kombinacije s protokom i vjerojatnosti pojave koje zajedno tvore matricu šteta i vjerojatnosti. Najčešće korišteni pristup je iskazati štetu kao funkciju vodostaja a vjerojatnost pojave kao funkciju protoka te na taj način iskazati štetu određene vjerojatnosti pojave preko konsumpcijske krivulje (CEIWR-HEC, 1989). Ako se načini analiza tih krivulja za neki hipotetski slučaj moguće je prepoznati da kada poraste vodostaj iznad određene vrijednosti nastaje šteta od poplave. Porastom vodostaja raste i veličina štete od poplave, međutim kada vodostaj premaši neku gornju granicu , vjerojatnost pojave takvog događaja postaje vrlo mala, gotovo zanemariva. Otuda se može zaključiti da je područje vodostaja interesantno za analizu rizika ograničeno, bez obzira što je potencijalna šteta od poplava kod većih vodostaja vrlo velika. Ako napravimo krivulju umnoška vjerojatnosti pojave vodostaja i štete od poplave (slika 1b) dobivamo distribuciju poplavnog rizika. Površina ispod te krivulje predstavlja ukupni poplavni rizik za neko područje. Vidljivo je da je veličina šteta od poplava obrnuto proporcionalna s vjerojatnosti pojave te poplave.



Slika 1. (a) Vjerojatnost pojave vodostaja i procjena štete od poplave ovisno o vodostaju; (b) Poplavni rizik

Jedan od najčešćih postupaka koji se koristi u izračunu poplavnog rizika je vezan uz poistovjećivanje tzv. srednje godišnje štete (očekivane godišnje štete) s rizikom. Iako je točan raspored pojave poplava u nekom periodu nepoznanica, moguće je procijeniti varijaciju rizika od poplave na godišnjoj razini korištenjem raspona poplava s pridruženom vjerojatnosti njenog premašenja u nekoj godini (CEIWR-HEC, 1989). Godišnja vjerojatnost premašenja poplave je inverzna vrijednost povratnog perioda. Najčešći poplavni događaji koji se uzimaju u razmatranje za procjenu godišnje štete od poplave su 10-godišnjeg, 50-godišnjeg, 100-godišnjeg, 200-godišnjeg, 500-godišnjeg i 1000-godišnjeg PP (FEMA, 2014). Pri tome se poplavni događaji različitih povratnih razdoblja najčešće definiraju na temelju učestalosti godišnjih ekstrema. Očekivana godišnja šteta od poplave tada predstavlja integraciju svih rizika prikazanih kumulativnom krivuljom frekvencije rizika:

$$EAD = \int_0^1 R(L) \cdot dL \ \text{[kn]}; \tag{2}$$

gdje su: *EAD* = očekivana godišnja šteta od poplave [kn], *R(L)* = poplavni rizik [kn]. Ukoliko se ovom metodom želi izračunati rizik za cijeli period uporabe građevine, računa se tako da se pomnoži procijenjena godišnja šteta od poplave s promatranim periodom. U obzir se može uzeti i diskontna stopa koja iznosi između 6 % i 9 %.

2.1. Kritika tradicionalnog pristupa

Tradicionalni postupak je jednostavan i brz u primjeni, međutim postavlja se pitanje da li je on stvarno reprezentativan za analize rizika. Problem se javlja kada je potrebno odrediti krivulju vjerojatnosti pojave vodostaja (protoka), što podrazumijeva da se krivulja vjerojatnosti određuje temeljem analize godišnjih ekstrema. Kao događaji koji se analiziraju u određivanju teorijske krivulje raspodjele koriste se povijesni podaci o maksimalnim vrijednostima zabilježenih protoka - jedan podatak za jednu godinu. Standardan postupak u mnogim hidrološkim analizama u konačnici rezultira pojmom povratnog perioda kao inverzne vrijednosti vjerojatnosti premašenja protoka $P(Q)=1/PP$. Pri tome se ne razmatra činjenica da građevine imaju svoj projektni vijek. Uključivanjem te činjenice može se odrediti vjerojatnost premašenja vodostaja definiranog povratnim periodom *PP* [god], jednom u životnom vijeku konstrukcije *LT* [god]. Izvodi se iz

vjerojatnosti premašenja slučajne varijable ekstrema *R* kao: $R=1-(1-1/PP)^{LT}$ (tablica 1).

Tablica 1. Vjerojatnost pojave događaja projektnog povratnog perioda jednom u vremenu projektnog vijeka uporabe građevine

Projektni povratni period [god]	Projektni vijek uporabe građevine [god]						
	2	10	50	100	200	500	1000
2	0.750	0.999	1	1	1	1	1
10	0.190	0.651	0.995	1	1	1	1
50	0.040	0.183	0.636	0.867	0.982	0.999	0.999
100	0.020	0.096	0.395	0.634	0.866	0.993	0.999
200	0.010	0.049	0.222	0.394	0.633	0.918	0.993
500	0.004	0.020	0.095	0.181	0.330	0.632	0.865
1000	0.002	0.010	0.049	0.095	0.181	0.394	0.632

Treba primijetiti da je rizik da se pojavi (ili premaši) neki vodni val 100-godišnjeg PP jednom u 100 godina R = 0.63 (ili 63 %). I bez obzira na navedenu činjenicu o smanjenoj vjerojatnosti pojave u odnosu na projektni vijek uporabe građevine, ovakav princip uporabe analize vjerojatnosti godišnjih ekstrema kao inženjerske podloge za dimenzioniranje sustava za obranu od poplava apsolutno je prihvatljiv. Upitna je njegova primjena kod analize rizika iz razloga što ne prati fenomen procesa pojave velikovodnih događaja koji se javljaju više puta godišnje. Na jednom jednostavnom primjeru može se pokazati neispravnost takovog razmišljanja. Ako se uzme u obzir poplava povratnog perioda 2 godine, vjerojatnost njenog premašenja je 0.5. To znači da je za očekivati da 50 % velikovodnih događaja premašuju vodostaj koji odgovara 2 godišnjem povratnom periodu. Intuitivno je jasno da to jednostavno ne odgovara stvarnosti i da je takova procjena značajno pretjerana. Otuda proizlazi ideja da se u analize treba uzeti u obzir događaje koje smatramo velikovodnim kroz broj pojavljivanja i njihovo trajanje, na što uvelike utječu karakteristike sliva i oborina.

Osim navedenih nedostataka tradicionalnog pristupa na rezultate znatno utječe i kvaliteta ulaznih podataka. Mreža vodomjernih stanica omogućava ograničen skup podataka koji služi za prognoze poplavnih događaja velikog PP. Često skup podataka ne seže daleko u prošlost ili postoje rupe u nizu podataka. Uzevši u obzir način posredno određivanje protoka i činjenicu da izračun vjerojatnosti poplave nije egzaktna znanost nameće se zaključak da rezultati mogu znatno varirati u ovisnosti o ulaznim podacima. Stoga pri ovakvim izračunima dolazi do zaključivanja na temelju proturječnih podataka i dolazi do pojave 100-godišnjih voda u relativno kratkom periodu (FEMA, 2014). Kao nepisano pravilo preporuča se ne predviđati poplave povratnog perioda duplo duljeg od dostupnog niza podataka (IACWD, 1982).

USACE u analizu poplavnih događaja uvodi i mjeru nepouzdanosti u vidu intervala pouzdanosti oko krivulje funkcije protoka i PP. Nepouzdanost uvode primjenom Monte Carlo simulacijske metode na skupu sličnih podataka koji rezultiraju jednim podatkom, npr. 100-godišnjim protokom te analiziraju distribuciju takvog skupa oko medijana. Ono što se također može ocijeniti je da tradicionalni pristup daje kao rezultat veće vrijednosti rizika od teorijski ispravnijih postupaka, dakle na strani je sigurnosti (NRC, 1995; Goldman 1997).

2.2. Metodologija

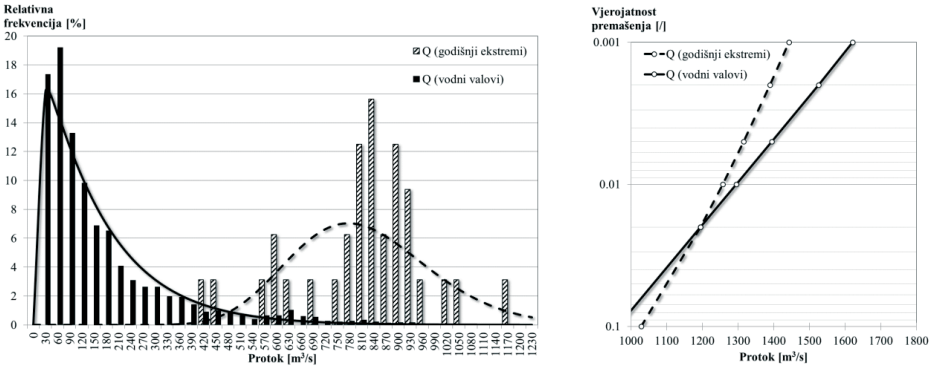
U ovom radu analiziran je rizik od poplave za period uporabe građevine u sustavu pasivne zaštite od poplava, tj. 100 godina. Opasnost od poplava je izračunata za povratni period od 10, 50, 100, 200 i 1000 godina. Ulazni podaci za analizu su dnevni podaci o protoku s VP Brodarci na rijeci Kupi u periodu od 1982. g. do 2013. g. Uzevši u obzir da je cilj ovog rada usporedba metoda i da ne postoje podaci o potencijalnim štetama od poplave za potrebe izračuna rizika korištena je generička krivulja štete u ovisnosti o protoku, a izražena je kao postotak totalne štete. Iz istog razloga je iz analize izostavljena i diskontna stopa. Analiza je provedena pomoću 4 metode koje su opisane u nastavku:

1. **Metoda izračuna godišnje štete na temelju povratnih perioda definiranih iz niza godišnjih ekstrema (MGE):** Ova metoda prati konvencionalni pristup izračuna očekivane godišnje štete. Izračun protoka poplavnih događaja određenog povratnog perioda radi se iz funkcije distribucije godišnjih ekstrema. Potrebno je naglasiti da je ovdje broj događaja jednak broju godina. Referentna vjerojatnost premašenja određenog protoka jednaka je inverznoj vrijednosti povratnog perioda. Očekivana godišnja šteta predstavlja integral ispod krivulje rizika diskretizirane prema povratnim periodima. Ukupni rizik za razdoblje uporabe građevine dobiva se množenjem očekivane godišnje štete i predviđenog vijeka uporabe građevine.
2. **Metoda direktnog izračuna štete u vijeku uporabe građevine (MTG):** U ovoj metodi se, za razliku od uobičajene metode kod koje se poplavni rizik svodi na godišnju štetu, promatra vjerojatnost pojave poplavnog događaja u projektnom vijeku uporabe građevine (prema tablici 1). Tijek izračuna po svemu prati prethodnu metodu.
3. **Metoda izračuna štete na temelju niza vodnih valova (MVV):** Ova metoda se temelji na pretpostavci da se dinamika protoka unutar godine odvija kao niz vodnih valova istog trajanja. Podaci koji sačinjavaju distribuciju sastoje se od vršnog protoka svakog vodnog vala. Trajanje vodnog vala usvojeno je kao petodnevno razdoblje na temelju analize nivograma. To znači da se kroz period analize broj događaja definira kao kvocijent vremena i prosječne duljine trajanja vodnog vala. Na temelju ove distribucije računaju se protoci određenog povratnog perioda koji se koriste za procjenu rizika. Ostali tijek izračuna po svemu prati metodu direktnog izračuna štete u vijeku uporabe građevine.
4. **Metoda izračuna šteta na temelju definiranja poplavnih situacija (MPS):** Ideja metode je da se u razdoblju raspoloživih podataka definira veličina protoka pri kojem dolazi do inicijalne pojave štete te se promatraju samo protoci veći od praga. U obzir se uzima i međusobna nezavisnost podataka te trajanje koje utječe na razmjere štete. Na taj način zapravo se analiziraju poplavne situacije, ali i definira potrebni ulazni podatak za korištenje u prethodno prikazanoj metodi u cilju dobivanja podataka samo za događaje koji su uzrokovali štetu. Broj događaja jednak je broju vodnih valova preko zadanog praga. Najveći izazov u primjeni ove metode je procijeniti nezavisnost podataka (IACWD, 1982).

3. REZULTATI

Iz osnovnog skupa podataka izdvojena su dva podskupa potrebna za analizu u skladu s četiri analizirane metode: skup maksimalnih godišnjih protoka i skup maksimalnih protoka vodnih valova. Na svaki od skupova prilagođena je odgovarajuća funkcija

distribucije gustoće vjerojatnosti, a najpogodnijom pokazala se Gamma distribucija. U nastavku su prikazana oba skupa podataka histogramom učestalosti s prilagođenim funkcijama distribucije vjerojatnosti.



Slika 2. (a) Histogram učestalosti s prilagođenim funkcijama distribucije gustoće vjerojatnosti; (b) Kumulativna distribucija vjerojatnosti

Iz grafike je vidljivo da funkcija distribucije bolje opisuje skup podataka o trajanju vodnog vala od skupa godišnjih ekstrema. Protoci vodnih valova pravilno su raspoređeni, najbrojniji su vodni valovi malih protoka a najrjeđi oni s najvećim protokom. Većina godišnjih maksimuma je grupirana u rasponu od 730 do 960 m^3/s, sa svega tri opažena veća protoka i uz 7 manjih protoka. Ovakvu učestalost je teško opisati teorijskom distribucijom jer je učestalost podataka oko srednje vrijednosti prevelika, a mali protoci razvlače funkciju distribucije na lijevo. U tablici 2 su prikazani rezultati protoka izračunatih iz obje distribucije za karakteristične povratne periode, pri tome su vjerojatnosti premašenja računate prema izrazu gdje je N broj promatranih godina, n ukupni broj opaženih događaja u promatranom periodu od N godina, a P(Q) vjerojatnost premašenja promatranog protoka Q. Dakle, ovisno o metodi (odnosno korištenom skupu podataka) razlikuje se vjerojatnost premašenja protoka istog povratnog perioda.

Tablica 2. Protoci karakterističnih povratnih perioda prema dva podskupa podataka

Projektni povratni period [god]	Niz godišnjih ekstrema		Niz vodnih valova	
	Vjerojatnost premašenja godišnjeg ekstrema [/]	Protok [m^3/s]	Vjerojatnost premašenja vodnog vala [/]	Protok [m^3/s]
5	0.2	941	27.40×10^{-4}	863
10	0.1	1028	13.70×10^{-4}	963
50	0.02	1194	2.74×10^{-4}	1195
100	0.01	1257	1.37×10^{-4}	1295
200	0.005	1316	0.68×10^{-4}	1394
500	0.002	1390	0.27×10^{-4}	1526
1000	0.001	1443	0.14×10^{-4}	1621

Vidljivo je da postoji mala razlika u izračunu protoka prema povratnim periodima između dviju funkcija koja se za uobičajenu primjenu može zanemariti, ali u proračunu rizika uzimajući u obzir vjerojatnost premašenja razlika u metodama je znatna (tablica 3).

Tablica 3. Izračunata šteta i ukupan rizik za analizirane metode

Rizik [%]	Metoda				
	Metoda očekivane godišnje štete	Metoda direktnog izračuna štete u vijeku uporabe građ.	Metoda niza vodnih valova prema vjerojatnosti pojave	Metoda niza vodnih valova prema PP	Metoda poplavnih situacija
Rizik na godišnjoj razini	2.22	2.11	0.03	2.27	0.76
Ukupan rizik u vijeku uporabe građ	222	45	3	57	76

Promatrajući rizik na razini jedne godine pokazuju se da nema značajnije razlike (< 5 %) među metodama, izuzev metode niza vodnih valova promatrane prema vjerojatnosti premašenja iz tablice 2. Metoda poplavnih situacija daje najmanje vrijednosti jer unutar promatranog razdoblja nisu uočene značajnije poplave. Kada se integracijom prema vjerojatnosti izračuna ukupan rizik za cijelo razdoblje uporabe građevine, u ovom slučaju 100 godina za nasip, vide se velike razlike u izračunatim vrijednostima. Najveći rizik daje tradicionalna metoda godišnjih ekstrema, 222 % ukupne vrijednosti ugrožene imovine. Rizik izračunat metodom direktnog izračuna štete u vijeku uporabe građevine iznosi 45 %, tj. 20 % u odnosu na tradicionalnu metodu što je očekivana vrijednost u skladu s tablicom 1. Metodologija izračuna je ista za metodu direktnog izračuna štete u vijeku uporabe građevine i metodu niza vodnih valova te daju i slične rezultate. Razlika među njima je 27 %, a posljedica je razlike u izračunatim protocima za povratne periode. Metoda poplavnih situacija daje nešto veću vrijednost ali još uvijek ispod 35% u odnosu na tradicionalnu metodu. Razlika u riziku primarno je posljedica razlike u šteti koju proizvode poplavni događaji relativno velike vjerojatnosti pojave, tj. protoci 50-godišnjeg i 100-godišnjeg PP. Iako su protoci slični za obje distribucije, razlika je u promatranju vjerojatnosti pojave tih događaja. Prema tradicionalnoj metodi u 100-godišnjem periodu očekuje se pojava dva protoka 50-godišnjeg PP i jednog 100-godišnjeg PP nasuprot stvarnoj vjerojatnosti pojave tih događaja koja iznosi 87 % i 63 %.

ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je nadogradnja tradicionalnog pristupa procjene rizika od poplava, nastala iz potrebe za statistički korektnijim opisom vjerojatnosti pojave poplavnih događaja. Identificirane su manjkavosti tradicionalnog pristupa i kvantificiran njihov doprinos na izračun ukupnog rizika za period uporabe građevine, tj. sustava za zaštitu od poplava. Prikazani pristup određivanju protoka povratnog perioda iz funkcije distribucije gustoće vršnih protoka vodnih valova pokazao se kao kvalitetna alternativa tradicionalnom pristupu, tj. pokazalo se da znatno bolje opisuje rizik od poplava na stvarnom primjeru. Saznanja iz ovog rada potrebno je verificirati na većem broju riječnih dionica. Vjerojatnost pojave štete mijenja se s godinama uslijed klimatskih promjena i

promjena na slivu te je rezultate proračuna potrebno periodički verificirati i po potrebi obnavljati.

LITERATURA

[1] Beer, T., Ziolkowski, F., (1995): *Environmental risk assessment: An Australian perspective*, Australian Academy of Science, Darwin, 125

[2] CEIWR-HEC, (1989): *Expected Annual Flood Damage Computation, Institute for Water Resources* - Hydrologic Engineering Center, Davis, 188

[3] National Research Council (NRC), (1995): *Flood Risk Management and the American River Basin: An Evaluation*, National Academy of Sciences, Washington, 256

[4] Europski parlament i Vijeće, (2007): *Direktiva 2007/60/EZ Europskoga parlamenta i vijeća od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima*, OJ L288/27

[5] FEMA, (2014): *Flood Risk Assessments*, Federal Emergency Management Agency.

[6] Genovese, E., (2006): *A methodological approach to land use-based flood damage assessment in urban areas: Prague case study*, Institute for Environment and Sustainability, Land Management and Natural Hazard Unit, Luxembourg, 39

[7] Goldman, D., (1997): *Estimating Expected Annual Damage for Levee Retrofits*, Journal of Water Resources Planning and Management, 123(2): 89-94.

[8] Gremli, R., Keller, B., Sepp, T., Szönyi, M., (2014): *European floods: using lessons learned to reduce risks*, Zurich Insurance Company Ltd, Zurich, 10

[9] Meyer, V. et al., (2013): *Assessing the costs of natural hazards – state of the art and knowledge gaps*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 13: 1351–1373.

[10] U.S. Interagency Advisory Committee on Water Data (IACWD), (1982): *Guidelines for determining flood flow frequency*, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 194

AUTORI

prof. dr. sc. Neven Kuspilić, dipl. ing. građ. [a]

dr. sc. Gordon Gilja, dipl. ing. građ. [a]

doc. dr. sc. Eva Ocvirk, dipl. ing. građ., dipl. ing. mat. [a]

[a] Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Fra Andrije Kačića-Miošića 26, Zagreb, 10000, Republika Hrvatska, kuspa@grad.hr; ggilja@grad.hr; ocvirk@grad.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.07.

NACER: MODEL PROCJENE POPLAVNIH ŠTETA

Andrej Vidmar, Katarina Zabret, Urška Hozjan, Anica Gole, Andrej Kryžanowski, Mitja Brilly

SAŽETAK: Poznavanje potencijalne poplavne štete vrlo je važno pri odlučivanju o mjerama zaštite od poplava. Za procjenu štete od poplava postoji veliki broj različitih metodologija koje su uglavnom prikladne samo za područja i potrebe sa specifičnim karakteristikama. Zato je za potrebe procjene potencijalnih šteta u Hrvatskoj razvijena metodologija koja temelji na CORINE land cover bazi podataka, rezultatima istraživanja i podacima raspoloživim u Hrvatskoj.

Metodologija sadrži sedam tipova: korištenje zemljišta: naseljena područja, industrijske ili poslovne površine, infrastrukturne površine, poljoprivredne površine, površine trajnih nasada, zelene površine i druge površine. Za svaki tip je izabrana krivulja šteta – dubina vode i vrijednosti na jedinicu površine. Svi podaci su međusobno povezani u modelu. Model NACER (*Naselja & Corine Entitetski Rezultat*) radi u programu MapWindow i daje procjenu direktne štete od poplava na makro-mezo razini.

S modelom NACER provjerena je veličina štete od poplava za naselje Gunja. Najveći udio štete je, bez obzira na dubinu vode, utvrđen na naseljenim površinama.

KLJUČNE RIJEČI: Poplava, Procjena poplavnih šteta, Potencijalna direktna poplavna šteta, Tržišna vrijednost, CORINE, GIS

NACER: MODEL FOR FLOOD DAMAGE ASSESSMENT

SUMMARY: Knowing the potential flood damage is very important factor when making decisions on flood protection measures. For flood damage assessment various models have already been developed but mostly they are suitable for the defined area due to its specific properties. For the purposes of potential flood damage assessment in Croatia we have developed our own methodology based on CORINE land cover data, census results and goods value.

Methodology has been divided on seven types: urban areas, industrial and commercial areas, infrastructure, agriculture areas, permanent plantations, green areas and other areas. For each of those types we have defined a depth-damage curve, its equations and a market value of the goods. All the data are connected in a model. The model NACER (Settlements & Corine Entity Result - *Naselja & Corine Entitetski Rezultat*) operates in programme MapWindow and gives an estimate of the direct flood damage on the macro-

meso level.
The flood damage assessment was performed with the NACER model for the whole settlement Gunja. The highest percent of the damage was caused in the urban areas regardless to the water depth.

KEY WORDS: Flood, Flood damage assessment, Potential direct flood damage, Market value, CORINE, GIS

1. UVOD

Učinkovita zaštita protiv poplava zahtijeva dobro razumijevanje i poznavanje šteta uzrokovanih poplavama. Postoje razni pristupi za procjenu poplavnih šteta. Procjena poplavnih šteta se može izraditi nakon događaja na osnovu induciranih posljedica ili u odnosu na očekivane buduće događaje koji se ocjenjuju sa simulacijom (Meyer i drugi, 2013). Cilj procjene štete nakon događaja je prije svega informirati vlasti i stanovništvo o posljedicama te osigurati potrebna sredstva za naknadu štete i obnovu. Prognoza štete za buduće pojave služi kao temelj pri odlučivanju o mjerama za zaštitu od poplava.
Za procjenu budućih poplavnih šteta postoje različiti modeli. Njihova struktura i ulazni i izlazni podaci ovise od dostupnosti podataka i od namjena samog modela (Jongman i drugi, 2012). Veliki je broj modela za procjenu poplavnih šteta koji su razvijeni za različita zemljopisna područja, različite sektore i za procjenu različitih vrsta poplavnih šteta. Najčešće korišteni modeli su FLEMO, Anuflood, HAZUS-MH i Multi - Coloured Manual (Kreibich i drugi, 2010; Merz i drugi, 2010; Jongman i drugi, 2012). Skoro svi modeli koji se trenutno koriste kao glavni parametar za određivanje poplavne štete, koriste dubinu vode na poplavljenom području (Kelman i Spence, 2004; Messner i drugi, 2007; Merz i drugi, 2010; Jongman i drugi, 2012), a ostali parametri kao što su brzina vodenog toka, trajanje poplave, koncentracija sedimenata, slanost, vrijeme (sezona, dan u tjednu, doba dana), temperatura vode, vrsta zgrade i građevinski materijal (Kelman i Spence, 2004; Förster i drugi, 2008; Merz i drugi, 2010; Bremond i drugi, 2013; Flood Risk Management, 2013), se koriste vrlo rijetko.
Analize procijene štete od poplava pripremaju se za različite prostorne raspone koji se ovisno o veličini mogu podijeliti u tri kategorije: makro, mezo i mikro razina (Merz i drugi, 2010). Jasne granice između različitih prostornih raspona nisu točno definirane, a bez obzira na to Messner i drugi (2007) napravili su preporuke za korištenje modela u različitim prostornim rasponima. Poplavne štete se mogu, neovisno od izabrane razine modela, podijeliti u pet klasa: direktna šteta, šteta zbog poremećaja u gospodarstvu, indirektna šteta, nematerijalna šteta i troškovi smanjenja rizika (Meyer i drugi, 2013). Direktna šteta je vidljivija i najčešće procijenjena posljedica poplava. To je stvarno, fizičko oštećenje građevina, opreme, potrošnog materijala i infrastrukture pri poplavi.
Svaka metodologija je razvijena i prilagođena određenom području i raspoloživim podacima, zbog toga su potrebne prilagodbe za procjenu šteta pri poplavama za druga područja kako bi se metodologije mogle koristiti u različitim situacijama. Naš zadatak je bio razviti takav model za procjenu štete u poplavi koji je namijenjen za izračunavanje direktne štete na makro-mezo razini, prilagođen raspoloživim podacima u Hrvatskoj s upotrebom funkcije dubina vode - šteta.

2. METODOLOGIJA

Metodologija za ocjenu poplavnih šteta razvijena je za direktne štete na makro-mezo nivou. Preuzeta su agregirana područja CORINE baze podataka udružena na temelju korištenja zemljišta razdružena prema pripadajućim naseljima. Na taj se način određuju poplavne štete za područje naselja za koja se raspolaže sa statističkim podacima. Metodologija se bazira na modelu koji je izrađen na temelju stvarnih tržnih vrijednosti dobara uz korištenje krivulja štete-dubina vode preporučenim u međunarodnoj literaturi. Presjekom dvaju prostornih slojeva, naselja Zavoda za statistiku i CORINE pokrova zemljišta, utvrđen je položaj i sastav agregiranih podataka. Postupkom preklapanja (overlay) dobiveni su svi razredi pokrova zemljišta na području naselja ili općina. Uz pretpostavku da su podaci homogeno raspoređeni u pojedinim kategorijama pokrova zemljišta dobivene vrijednosti za pojedine razrede CORINE množenjem svakog udjela razreda CORINE (CORINE Land Cover - Coordination of Information on the Environment) s kvantitativnim deskriptivnim podatkom (npr. cijena usjeva, broj stanova), naselja ili općina. Drugim riječima, podatci o područjima naselja ili općina su pomoću CORINE prostorno fragmentirali i doveli do geo-lokacijske točnosti rezolucije CORINE. Za proračun štete je upotrebljen program MapWindow. Nadalje, detaljnija procjena izračuna poplavnih šteta je modelirana u tabličnom obliku odgovarajućih aplikacija, kao što su MS Excel ili LibreOffice tablice.

Poplavne štete su određene za sedam različitih tipova koji su određeni u odnosu na opću namjenu (tablica 1). Ovi tipovi su naseljena područja, industrijske ili poslovne površine, infrastrukturne površine, poljoprivredne površine, površine trajnih nasada, zelene površine i druge površine. Svaka vrsta je povezana s odgovarajućim CORINE razredom. Za svaki tip je utvrđen izvor štete i krivulju štete te formula za izračun poplavnih šteta. Formule su analitički izrazi upotrebljenih krivulja funkcija šteta – dubina vode iz različitih međunarodnih studija.

2.1. Izvor podataka

Područja za procjenu šteta od poplava određena su na osnovu baze podataka CORINE, kao najdetaljnije baze podataka o korištenju zemljišta u Republici Hrvatskoj. Baza CORINE je napravljena za države Evropske Unije na osnovu jednakih pravila i definicija. Posebnost u Hrvatskoj je raspršeno seosko stanovništvo, tako da je samo 84% stanovnika i njihovih prebivališta zahvaćeno površinama baze CORINE predviđenim za naselja. U pojedinim naseljima Zavoda za statistiku nema CORINE površina za naselja. Korištenjem Google earth slika, CORINE baze i granica naselja stanovništvo je pridruženo odgovarajućoj CORINE kategoriji, tablica 2.

Na taj način su raspoređene vrednosti pojedinih podataka Zavoda za statistiku prema CORINE pojedinim kategorijama, kao osnova za procjenu štete.

Za procjenu poplavnih šteta na naseljenim područjima korišteni su podaci o broju stanovnika i kućanstava te prosječnoj površini kuće, preuzete iz rezultata popisa stanovništva u 2011. godini, objavljeni na web stranici Državnog zavoda za statistiku. Šteta na vozilima je procijenjena zavisno od broja popisanih vozila (Transport i komunikacije u 2012. godini) i od cijene vozila, procijenjene korištenjem web stranice Njuskalo.hr. Za ocjenu poplavne štete na gospodarskim objektima upotrebljeni su podaci o dugotrajnoj imovini

tvrtki iz Privrednog vjesnika, Godina LXI, Broj 3839. Podaci za područja poljoprivrede (poljoprivredna domaćinstva, mehanizacija i vozila, stočarstvo, voćarstvo, uzgoj povrća) preuzeti su iz popisa poljoprivrede iz 2003. U obzir su uzete najčešće uzgajane vrste žitarica, voća, vinograde, maslinike i životinje na poljoprivrednim gazdinstvima (Tržišni informacijski sustav). Šteta na infrastrukturi, zelenim i drugim površinama ocijenjena je kao trošak čišćenja površine nakon poplave. Ovi podaci su obično prostorno agregirani na razinu naselja ili općine i kao takvi su manje prikladni za precizno određivanje položaja u prostoru. Za cijelo područje Republike Hrvatske postoje podaci o granicama naselja i općina u vektorskom formatu. Dakle, statistički tabelarni podaci prikupljeni za općine i naselje prostorno su referencirani na razinu naselja ili općina.

Baza CORINE nije prvenstveno namijenjena ocjeni šteta od poplava kao ni podaci prikupljeni u Zavodu za Statistiku RH. Prije svega nedostaju podaci o linijskoj kritičnoj infrastrukturi: prometnice, naftovodi, plinovodi, snabdijevanje električnom energijom i podaci o osjetljivim postrojenjima kod kojih poplava može prouzrokovati ekološku katastrofu.

Tablica 1. Definirani tipovi opće namjene površina

Tip	Opis korištenja površine	Odgovarajući CORINE razredi
1	Naseljena područja	111 Cjelovita gradska područja 112 Nepovezana gradska područja 242 Složeni uzorak uzgojnih parcela 243 Pretežno poljoprivredno zemljište, sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova
2	Industrijske ili poslovne površine	121 Industrijske ili komercijalne jedinice 123 Lučke površine 124 Zračne luke 131 Mjesta eksploatacije mineralnih sirovina 132 Odlagališta otpada 133 Gradilišta
3	Infrastrukturne površine	122 Cestovna i željeznička mreža i pripadajuće zemljište 141 Zelene gradske površine 142 Sportski rekreacijske površine
4	Poljoprivredne površine	211 Nenavodnjavane oranice 212 Navodnjavane oranice 241 Jednogodišnji usjevi u zajednici s višegodišnjim
5	Površine trajnih nasada	221 Vinogradi 222 Voćnjaci 223 Maslinici
6	Zelene površine	231 Pašnjaci 311 Bjelogorična šuma 312 Crnogorična šuma 313 Miješana šuma 321 Prirodni travnjaci 322 Močvare i vrištine 323 Makija i garig 324 Prijelazna šumska područja
7	Druge površine	331 Plaže, dine i pijesci 332 Gole stijene 333 Područja s oskudnim biljnim pokrovom 334 Opožarena područja 411 Kopnene močvare 421 Slane močvare 422 Solane 423 Područja plimnog utjecaja 511 Vodotoci 512 Vodna tijela 521 Obalne lagune 523 More

Tablica 2: Raspodjela stanovništva RH po pojedinim CORINE kategorijama

Koda	Broj površina	Naziv klase CORIN	Broj stanovnika	% ukupnog broja
112	1984	Nepovezana gradska područja	3,537,590	83.31
242	4230	Složeni uzorak uzgojnih parcela	558,540	13.15
243	1644	Pretežno poljoprivredno zemljište, sa značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova	92,970	2.19
111	7	Cjelovita gradska područja	32,851	0.77
324	245	Prijelazna šumska područja	7,716	0.18
231	135	Pašnjaci	5,650	0.13
133	9	Gradilišta	2,717	0.06
142	6	Sportski rekreacijske površine	356	0.01
		Ukupno	**4,238,390**	**99.8**

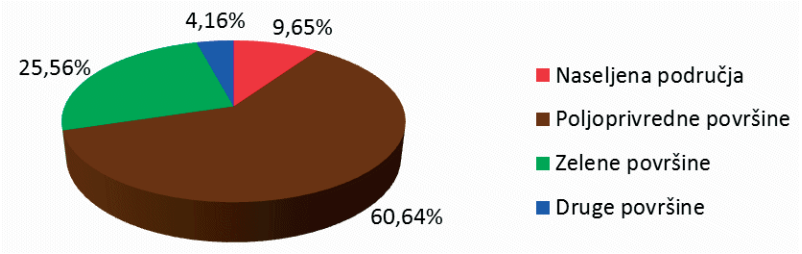
3. REZULTATI

Sa modelom NACER može se izračunati štete od poplava na izbranom području ili naselju. Šteta od poplava izračunana je za naselje Gunja, poplavljeno svibnja 2014. U obzir su uzete dvije različite dubine poplavne vode: 0,5 m i 1,2 m. Na području ovog sela nalaze se četiri različite klase korištenja zemljišta, od kojih su najveći dio poljoprivredne površine, a slijede zelene površine (šume i pašnjaci), naseljena područja i rijeka (slika 1, slika 2).

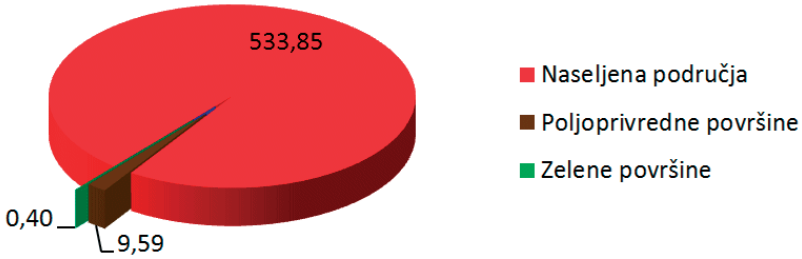


Slika 1. Izbor naselja Gunja na karti u programu NACER

Gunja ima 3.732 stanovnika koji žive u 711 kućanstava i 609 poljoprivrednih kućanstava. Stanovnici imaju ukupno 958 osobnih vozila, 72 teških teretnih vozila i 129 traktora.
U slučaju dubine poplavne vode 0,5 m ukupan iznos štete u poplavama na području Gunje iznosi 543,83 milijuna kuna, od kojih je 98,16 % štete uzrokovane na naseljenim područjima, gotovo dva posto na poljoprivrednim površinama i manje od 0,05 % na zelenim površinama (slika 3).

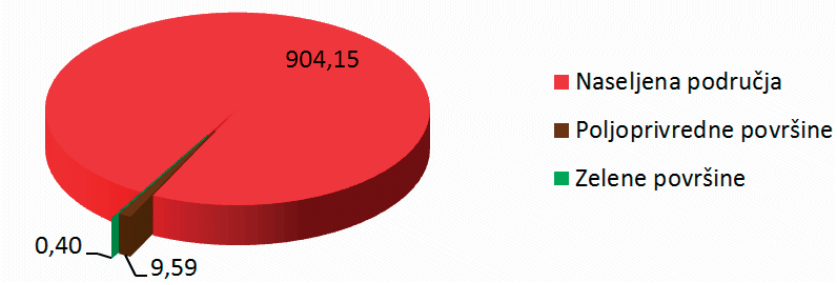


Slika 2. Udjel različitih CORINE razreda u odabranom području sela Gunja



Slika 3. Šteta za različite razrede CORINE korištenja zemljišta na području Gunje pri dubini poplavne vode 0,5 m (10^6 kn)

Ukupna poplavna šteta pri dubini vode 1,2 na ovom području iznosi 914,128 milijuna kuna. Također, najveći dio štete nastao je na naseljenim područjima (98,91 %), slijede poljoprivredne površine sa 1 % štete i zelene površine s manje od 0,05 % štete (slika 4).



Slika 4. Šteta za različite razrede CORINE na području Gunje na dubini poplavne vode 1,2 m (10^6 kn)

Šteta od poplava s dubinom vode 1,2 metra bi bila za 370,3 milijuna kuna veća od štete pri dubini vode 0,5 m, uglavnom zbog velikih razlika u šteti na naseljenim površinama. U obzir je uzeta sva šteta na konstrukciji i opremi stambenih zgrada, poljoprivrednih domaćinstava i drugih objekata, šteta na osobnim vozilima, teretnim vozilima, traktorima i mehanizaciji i uginule stoke (govedo, svinje, ovce i perad) (tablica 3).

Tablica 3. Šteta na podtipovima u naseljenim područjima

Opis podtipa	**Šteta (dubina vode 0,5 m) [10^6 kn]**	**Šteta (dubina vode 1,2 m) [10^6 kn]**
Konstrukcija stambene zgrade	136,039	288,085
Oprema stambene zgrade	77,669	120,021
Čišćenje površine	0,149	0,149
Osobna vozila	13,731	41,194
Teška teretna vozila	0,600	3,240
Konstrukcija poljoprivredna	233,046	390,728
Oprema poljoprivredna	66,527	102,803
Vozila (traktor)	1,075	5,805
Mehanizacija	1,400	4,200
Govedo	0	4,310
Svinje	2,937	2,937
Ovce (janje)	0,402	0,402
Perad	0,271	0,271
Sveukupno	**533,846**	**904,146**

Šteta od poplava u području Gunje je grubo procijenjena na 50 milijuna EUR ili 350 10^6 kn (RIMETEO Portal). Cjelokupna šteta na području Rajevog sela, Gunje i Račinovca iznosi 1.709 10^6 kn (Hrvatske vode, 2014). Na osnovu prikazanih vrijednosti možemo zaključiti da su ocjene štete računate pomoću modela NACER realne.

ZAKLJUČAK

Postoji veliki broj modela i metodologija za proračun poplavnih šteta razvijenih sa strane državnih institucija, osiguravajućih društava i privatnih instituta za različite sektore, geografska područja, klimatske uvjete i vrste poplava. Svaka metodologija je razvijena i prilagođena određenom području, situaciji i raspoloživim podacima, te su potrebne prilagodbe za procjenu šteta u poplavama za druga područja kako bi se metodologije mogle koristiti u različitim situacijama. Model koji je razvijen za procjenu štete u poplavama u Hrvatskoj i metodologija na kojoj se temelji, prilagođeni su situaciji raspoloživih podataka u Republici Hrvatskoj. Između modela NACER i drugih metodologija povukli smo neke paralele i prikazali sličnosti, ali treba napomenuti da rezultati dobiveni s modelima razvijenim u drugim državama ne možemo postići točnost kao s modelom razvijenim i prilagođenim specifičnoj situaciji.

Model procjene štete od poplava izrađen je za makro-mezo razine. Model se temelji na podacima o korištenju tla CORINE i podacima Republičkog statističkog zavoda. Pripremljenoj podlozi se mogu dodati i drugi podaci, prikupljeni neposredno na terenu, tako da se uz manje prilagodbe i nadogradnju mogu koristiti za procjenu šteta na mikro razini. Za sve podatke unesene u modelu i sve upotrebljene jednadžbe predložene su poznate reference, a model je otvoren za nadogradnju i prilagodbe.

LITERATURA

[1] Državni zavod za statistiku: http://www.dzs.hr/, (24.3.2014).

[2] Brémond, P., Grelot, F., Agenais, A.L., (2013): *Review Article: Economic evaluation of flood damage to agriculture – review and analysis of existing methods*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 13, 2493–2512.

[3] Flood risk management, (2013): *IWR Report 2013-R-05*. http://www.corpsnedmanuals.us/docs/2013-R-05.pdf, (5.9.2014).

[4] Förster, S., Kuhlmann, B., Lindenschmidt, K.E., Bronstert, A., (2008): *Assessing flood risk for a rural detention area,* Natural Hazards and Earth System Sciences, 8, 311–322.

[5] Hrvatske vode, 2014 neobjavljena interna dokumentacija.

[6] Jongman, B., Kreibich, H., Apel, H., Barredo, J.I., Bates, P.D., Feyen, L., Gericke, A., Neal, J., Aerts, J.C.J.H., Ward, P.J., (2012): *Comparative flood damage model assessment: towards a European approach*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 12, 3733–3752.

[7] Kelman, I., Spence, R., (2004): *An overview of flood actions on buildings,* Engineering Geology, 73, 297–309.

[8] Kreibich, H., Seifert, I., Merz, B., Thieken, A., (2010): *Development of FLEMOcs – a new model for the estimation of flood losses in the commercial sector*, Hydrological Sciences Journal, 55, 1302-1314.

[9] Merz, B., Kreibich, H., Schwarze, R., Thieken, A., (2010): *Assessment of economic flood damage*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 10, 1697– 1724.

[10] Messner, F., Penning-Rowsell, E., Green, C., Meyer, V., Tunstall, S., van der Veen, A., (2007): *Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods*, FLOODsite- Report T09-06-01, 176 pp.

[11] Meyer, V., Becker, N., Markantonis, V., Schwarze, R., et al. (2013): *Assessing the costs of natural hazards – state of the art and knowledge gaps*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 13, 1351-1373.

[12] Njuškalo: http://www.njuskalo.hr/auti, (16.9.2014).

[13] Privredni vjesnik, Godina LXI, Broj 3839: http://www.400naj.com/, (14.11.2014).

[14] RIMETEO Portal 2014 (http://rijeka.meteoadriatic.net/wordpress/)

[15] Transport i komunikacije u 2012. godini, (2014): *Priopćenja, Transport i komunikacije*, DZS.

[16] Tržišni informacijski sustav: http://www.tisup.mps.hr/onama_osn.aspx, (16.9.2014).

AUTORI

Andrej Vidmar, M.Sc. [a]
Katarina Zabret [a]
Urška Hozjan, M.Sc. [b],
Anica Gole [b]
Andrej Kryžanowski, Ph.D. [a]
Mitja Brilly, Ph.D. [a]

[a] Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija, mitja.brilly@fgg.uni-lj.si

[b] SL CONSULT d.o.o., Dunajska cesta 122, 1000 Ljubljana, Slovenija, urska.hozjan@sl-consult.si

R 2.08.

PROCJENA POTENCIJALNIH FINANCIJSKIH POPLAVNIH ŠTETA NA PODRUČJU REPUBLIKE HRVATSKE KORIŠTENJEM METODE NACER

Tomislav Majerović, Luka Vukmanić

SAŽETAK: U radu se prikazuju metodologija i prvi rezultati financijske procjene potencijalnih poplavnih šteta na području Republike Hrvatske. Štete su računate pomoću NACER modela koji je izradila slovenska tvrtka „Sl consult“ za potrebe Hrvatskih voda. Izračun je napravljen na području Republike Hrvatske za tri područja, Jadransko vodno područje, područje podsliva rijeke Save i područje podsliva rijeka Drave i Dunav za tri scenarija vjerojatnosti pojave poplava.

KLJUČNE RIJEČI: Direktiva o poplavama, Poplavne štete, Poplavni rizici, Financijska procjena potencijalnih poplavnih šteta, Poplavni scenarij, Vodno područje, Podsliv

FINANCIAL ASSESSMENT OF POTENTIAL FLOOD DAMAGE ON THE CROATIAN TERRITORY USING THE NACER METHOD

SUMMARY: The paper describes the methodology and first result of the financial assessment of potential flood damage on the Croatian territory. The damage was calculated using the NACER model which was developed by “Sl consult” from Slovenia for Hrvatske vode. The calculation on Croatian territory was made for three areas: the Adriatic River Basin District, Sava Sub-basin and Drava and Danube Sub-basin for three scenarios of the probability of flood occurrence.

KEYWORDS: Flood Directive, Flood damage, Flood risks, Financial assessment of potential flood damage, Flood scenario, River basin district, Sub-basin

1. UVOD

Svrha Direktive 2007/60/EZ europskog parlamenta i Vijeća od 23. Listopada 2007. o procjeni i upravljanju rizicima od poplava (u nastavku „Direktiva o poplavama“) jest uspostaviti okvir za procjenu i upravljanje rizicima od poplava s ciljem smanjivanja štetnih posljedica poplava za zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost. Direktiva se primjenjuje na kopnene i priobalne vode na cijelom teritoriju Europske unije. Za potrebe ove Direktive, termin “poplava” znači privremenu pokrivenost vodom zemljišta koje obično nije prekriveno vodom. Termin “poplavni rizik” označava

kombinaciju vjerojatnosti pojave poplavnog događaja i mogućih štetnih posljedica za zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost vezano uz poplavni događaj. Kako bi se mogao procijeniti rizik potrebno je izračunati potencijalne poplavne štete za poplavne događaje određenih vjerojatnosti pojave. U ovom radu prikazana je financijska procjena potencijalnih poplavnih šteta na području Republike Hrvatske izračunata korištenjem NACER metodologije (Sl Consult, 2014.).

Direktiva o poplavama u potpunosti je prenijeta u hrvatsko vodno zakonodavstvo, odnosno u Zakon o vodama (Narodne novine, br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14). Oko 40 uredbi i pravilnika zakonodavstva, koje predviđa ovaj Zakon, osigurava njegovu provedbu.

Države članice su obvezne procijeniti i utvrditi rizike od poplave u riječnim slivovima i pridruženim obalnim područjima, izraditi karte opasnosti od poplava i rizika od poplava za imovinu i ljude na tim područjima i poduzeti odgovarajuće i koordinirane mjere za uklanjanje rizika od poplava. Važna je koordinacija s Okvirnom direktivom o vodama (2000/60/EZ) i jačanje prava javnosti na pristup informacijama o procjeni poplavnih rizika te pravo javnosti na aktivno sudjelovanje u procesu planiranja.

Prema Direktivi o poplavama države članice u prvom ciklusu moraju završiti preliminarnu procjenu poplavnih rizika u riječnim slivovima i pridruženim obalnim područjima do kraja 2011. Za ta područja države članice moraju izraditi i karte rizika od poplava do kraja 2013. godine, te planove upravljanja poplavnim rizicima (do kraja 2015. godine).

Države članice moraju koordinirati svoje prakse upravljanja rizicima u međunarodnim vodnim područjima i u interesu solidarnosti ne smiju poduzimati mjere koje povećavaju poplavne rizike u susjednim zemljama. Također, mora se osigurati razmjena relevantnih informacija između nadležnih tijela.

2. MODEL ZA IZRAČUN ŠTETA - NACER

Jedan od najvažnijih parametara za ocjenu rizika od poplava su i financijske štete. Iz tog razloga Hrvatske vode su pokrenule aktivnosti na definiranju nacionalne metodologije za procjenu potencijalnih financijskih poplavnih šteta. Rezultat navedenog projekta je NACER metodologija (Sl Consult, 2014.).

Za praktično korištenje formirana je baza prostornih podataka na osnovu koje se korištenjem GIS alata mogu izračunati potencijalne poplavne štete.

Metodologija NACER koristi podatke koje je moguće obnavljati aktualnim podacima. Podaci su prikupljani u nekoliko kategorija i to: stambeni objekti, poljoprivreda, gospodarstvo, infrastruktura i kulturna dobra. Podaci o namjeni i načinu korištenja zemljišta preuzeti su iz digitalne baze zemljišnog pokrova CORINE 2006 (AZO, 2006). Veliki problem predstavlja kategorija stambenih objekata budući da Republika Hrvatska (RH) nema organizirani registar s procijenjenim vrijednostima nekretnina i zemljišta. Najveći dio podataka preuzet je od Državnog zavoda za statistiku. Kao i većina drugih metoda, metodologija NACER se sastoji od analize podataka o prostornom obuhvatu, dubinama vode, trajanju poplave iz karata opasnosti od poplava, te primjene krivulja štete za izračun šteta u funkciji dubine vode i dr.

Presjekom podataka o granicama naselja i općina na području RH, prikupljenih u vektorskom obliku, i podataka o pokrovu zemljišta – CORINE, također u vektorskom formatu, dobiven je precizniji položaj agregiranih opisnih podataka.

Poplavne štete grupirane su u 7 tipova, koji su određeni u odnosu na opću namjenu. Svaka vrsta je povezana s odgovarajućim CORINE razredom (tablica 1).

Tablica 1. Definirani tipovi opće namjene površina

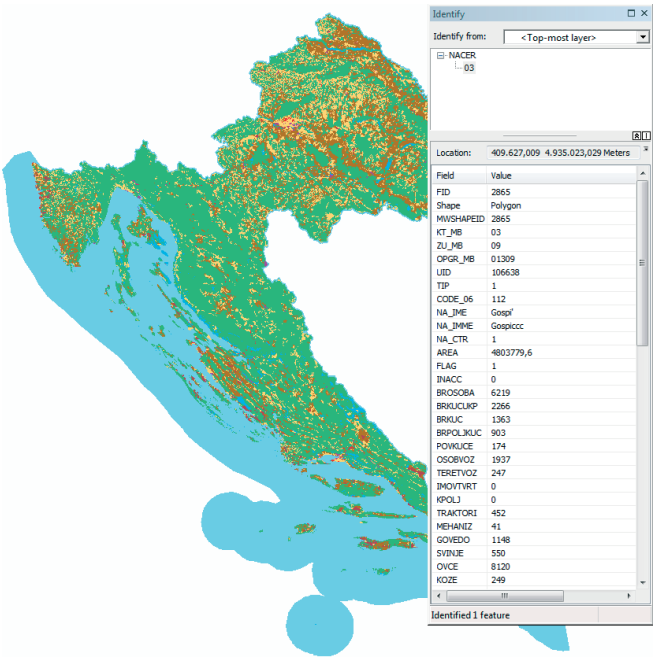
Tip	Opis korištenja površine
1	Naseljena područja
2	Industrijske ili poslovne površine
3	Infrastrukturne površine
4	Poljoprivredne površine
5	Površine trajnih nasada
6	Zelene površine
7	Druge površine

Prilikom izračuna modela sve se navedene ulazne vrijednosti mogu mijenjati, a posljedično tome se mijenjaju rezultati izračuna. Na rezultat izračuna može se utjecati faktorom „F“ u jednadžbama čija se vrijednost mijenja ovisno o vremenu evakuacije, godišnjem dobu i trajanju poplave, a prikazana je u Tablica 2.

Tablica 2. Primjeri vrijednosti faktora F

Slučaj	F
VRIJEME ZA EVAKUACIJU	
Šteta na naseljenim i industrijskim područjima u slučaju upozorenja dva dana prije poplave	0,65
Šteta na naseljenim i industrijskim područjima u slučaju upozorenja jedan dan prije poplave	0,7
Šteta na naseljenim i industrijskim područjima u slučaju upozorenja za šest sati prije poplave	0,9
GODIŠNJA DOBA	
Šteta na poljoprivrednim površinama u zimi	0
Šteta na poljoprivrednim površinama u ljetnim mjesecima	1
TRAJANJE POPLAVE	
Šteta na naseljenim i industrijskim područjima u slučaju poplave koja traje manje od 12 sati	1
Šteta na naseljenim i industrijskim područjima u slučaju poplave koja traje više od 12 sati	1,2

Parametri koji utječu na poplavnu štetu su dubina vode, vrsta ugroženog objekta, brzina vodenog toka, trajanje poplave, koncentracija sedimenata, onečišćenje poplavne vode, učinkovitost upozorenja od poplava i brzina i kvaliteta reakcije za pomoć (Merz i drugi, 2010). NACER metodologija kao glavni parametar koristi dubinu vode.



Slika 1. NACER i kvantitativni opisni podaci u tablici

3. PROVEDENA ANALIZA

Procjena potencijalnih poplavnih šteta na području Republike Hrvatske računata je na temelju karata opasnosti od poplava koje su izrađene za ona područja koja su u Prethodnoj procjeni rizika od poplava određena kao područja sa potencijalno značajnim rizicima od poplava. Analize su provedene na ukupno oko 30 tisuća km^2, što čini više od polovice državnog kopnenog teritorija.

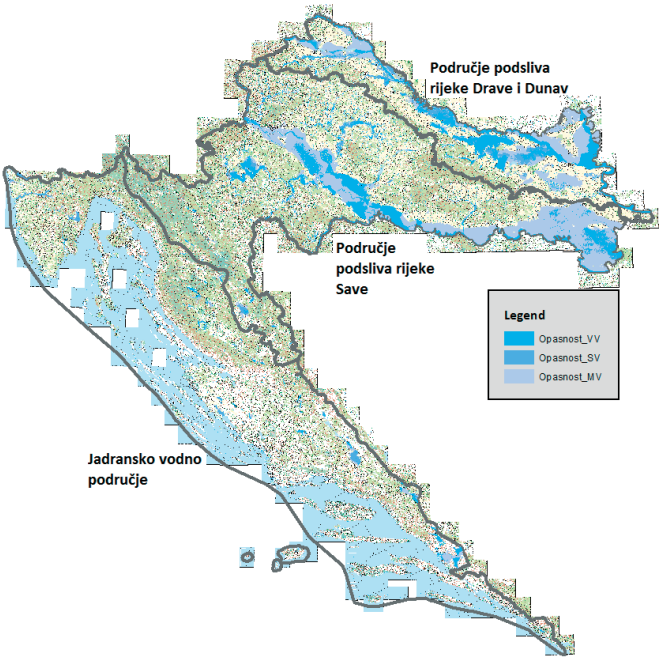
Napravljena je procjena za tri poplavna scenarija predviđena Direktivom o poplavama:

- poplave velike vjerojatnosti pojavljivanja
- poplave srednje vjerojatnosti pojavljivanja (povratno razdoblje 100 godina)
- poplave male vjerojatnosti pojavljivanja (uključujući poplave uslijed mogućih rušenja nasipa na većim vodotocima te rušenja visokih brana – umjetne poplave).

Procjena je agregirana na tri područja:

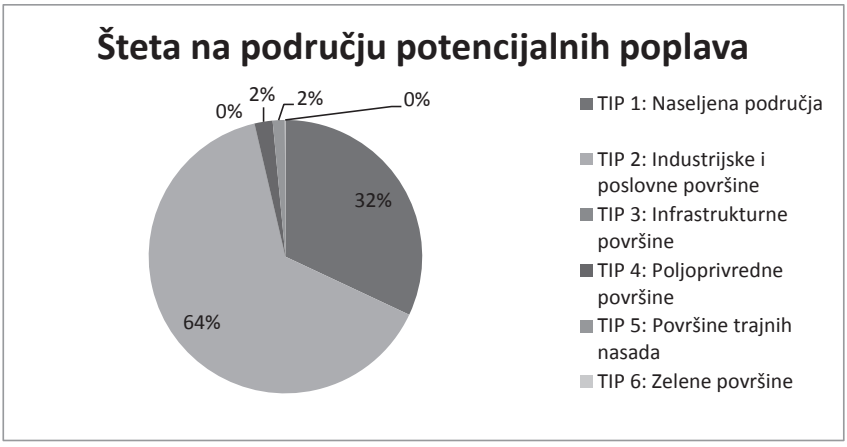
- Jadransko vodno područje
- područje podsliva rijeke Save
- područje podsliva rijeke Drave i Dunav.

Karte opasnosti od poplava sadrže četiri klase dubina (<0,5 m; 0,5-1,5 m; 1,5-2,5 m; >2,5 m). Kako se za procjenu šteta kao ulazni parametar koristi dubina vode, računate su štete za sve četiri klase koje su na kraju dale ukupnu štetu za određeni poplavni scenarij.

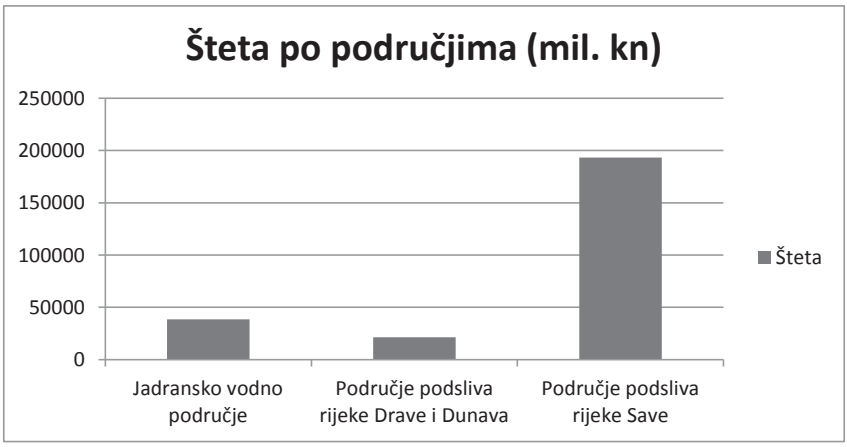


Slika 2. Podjela na vodna područja i podslivove sa prikazom potencijalno poplavljenih područja za veliku, srednju i malu vjerojatnost pojavljivanja

4. REZULTATI

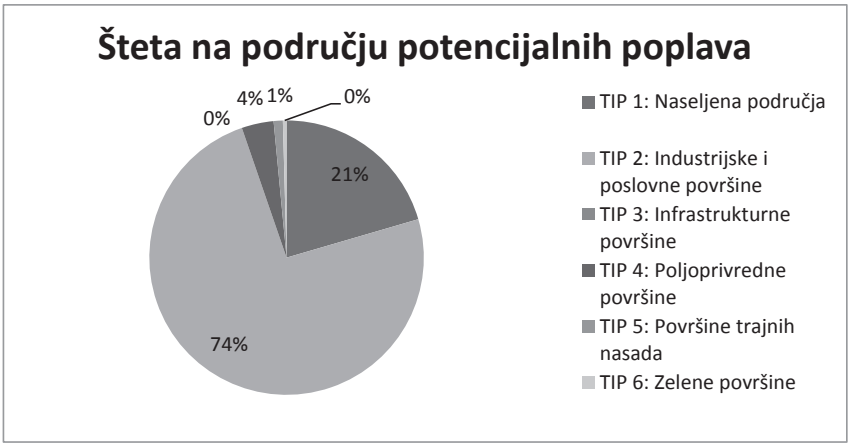


Slika 3. Šteta na području potencijalnih poplava - mala vjerojatnost pojavljivanja

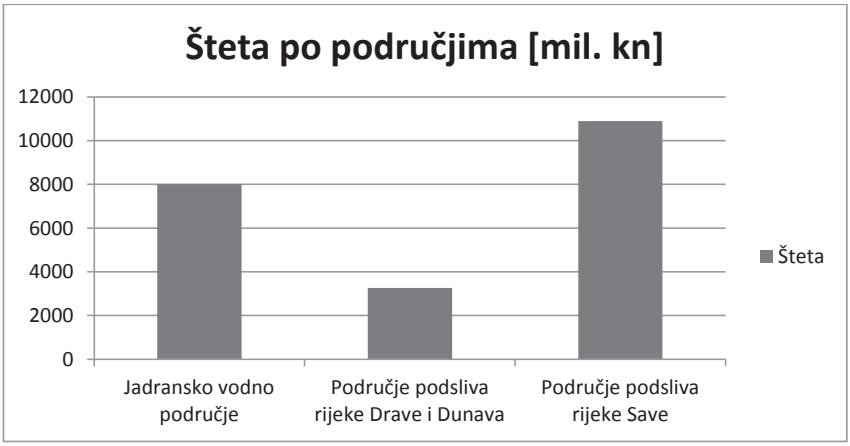


Slika 4. Šteta po područjima (mil. kn) - mala vjerojatnost pojavljivanja

Za poplavni scenarij male vjerojatnosti (koji uključuje poplave uslijed mogućih rušenja nasipa na većim vodotocima te rušenja visokih brana – umjetne poplave) štete su najveće, proporcionalno području koje je prekriveno vodom, a za malu vjerojatnost ono je najveće. Skoro 2/3 ukupne štete pridruženo je industrijskim i poslovnim površinama dok je nešto manje od 1/3 štete pridruženo naseljenim područjima. Iako je poplavna površina za malu vjerojatnost plavljenja na području podsliva rijeka Drave i Dunav znatno veća od one na Jadranskom vodnom području, šteta je na Jadranskom vodnom području veća od one na podslivu rijeka Drave i Dunav, najviše zbog velikog broja industrija smještenih u neposrednoj blizini mora i ušća rijeka u more. Na području podsliva rijeke Save šteta je najveća budući da su poplavnim scenarijem male vjerojatnosti ugroženi gradovi poput Zagreba, Siska, Slavonskog Broda i Županje.

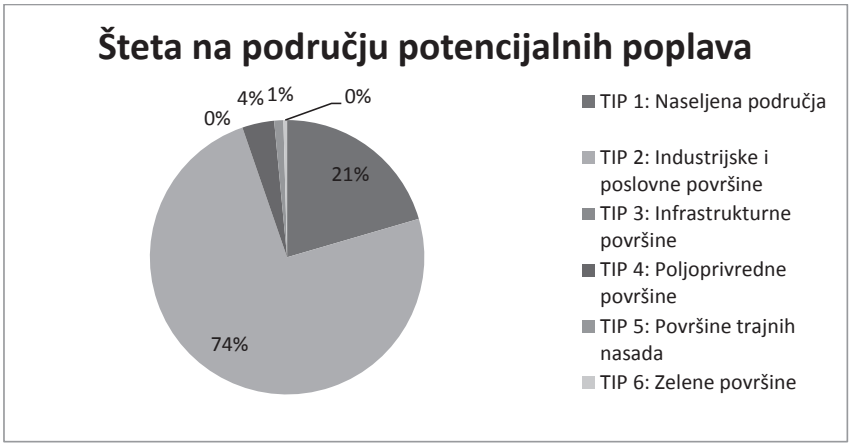


Slika 5. Šteta na području potencijalnih poplava - srednja vjerojatnost pojavljivanja

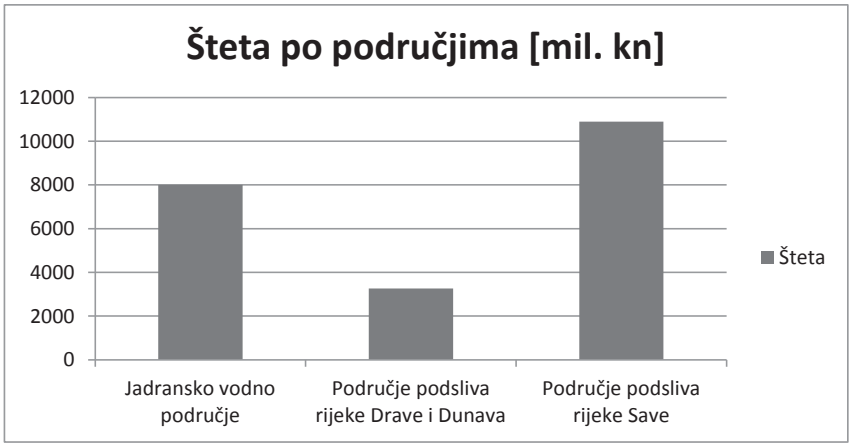


Slika 6. Šteta po područjima (mil. kn) - srednja vjerojatnost pojavljivanja

Poplave srednje vjerojatnosti pojavljivanja (povratno razdoblje 100 godina) najvećim dijelom ugrožavaju industrijske i poslovne površine, 69% ukupne štete pripada upravo tom tipu područja. Četvrtina ukupne štete je na naseljenim područjima. Kako je na Dunavskom slivu relativno dobra obrana od poplava nasipima i drugim hidrotehničkim građevinama može se primijetiti da je razmjerno tome i šteta manja u odnosu na Jadranski sliv gdje je obrana od bujičnih vodotoka i plavljenja od mora otežana.

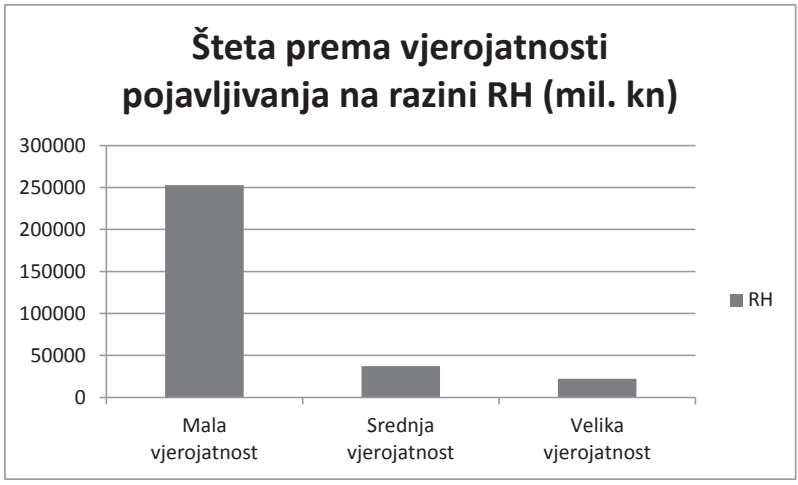


Slika 7. Šteta na području potencijalnih poplava - velika vjerojatnost pojavljivanja



Slika 8. Šteta po područjima (mil. kn) - velika vjerojatnost pojavljivanja

Poplave velike vjerojatnosti pojavljivanja potencijalno mogu prouzročiti štetu od oko 20 milijardi kuna na području Republike Hrvatske od čega je skoro 15 milijardi šteta na industriji i poslovnim površinama, 3,8 milijardi na naseljenim područjima, a svega oko 750 milijuna kuna štete je na poljoprivrednim površinama.
Iz slike 9 može se vidjeti da je potencijalna šteta nastala uslijed poplavnog događaja male vjerojatnosti pojavljivanja znatno veća od potencijalne štete nastale uslijed srednje i male vjerojatnosti pojavljivanja. Potencijalna šteta nastala uslijed poplavnog događaja male vjerojatnosti pojavljivanja je 10 puta veća od potencijalne štete nastale uslijed poplavnog događaja velike vjerojatnosti.



Slika 9. Šteta prema vjerojatnosti pojavljivanja na razini Republike Hrvatske (mil. kn)

ZAKLJUČAK

NACER metodologija temeljena je na stvarnim i tržišnim vrijednostima koje su povezane s krivuljama štete preporučenim iz strane literature. Budući da točnost rezultata direktno ovisi o kvaliteti i raspoloživosti podataka, a koje je u Hrvatskoj teško dobiti ili isti nisu uopće dostupni, ove rezultate moramo uzeti sa rezervom. Proračunate štete procijenjene su kao visoke, čemu su najviše pridonijele visoke štete na industrijskim i naseljenim područjima, koja svakako treba dodatno prilagoditi stvarnoj situaciji.

Ovom metodom napravljen je veliki korak naprijed u procjeni šteta, ali svakako u daljnjem razvoju treba voditi računa o sljedećem: CORINE baza podataka, uslijed definirane metodologije, ne obuhvaća manja naselja u ruralnim poplavnim područjima. Posljedično površine naseljenih područja ne odgovaraju stvarnim površinama.

Također, šteta na infrastrukturi zbog nedostatka podataka promatrana je samo kao čišćenje poplavljenih površina uz pretpostavku da je trošak čišćenja vanjske površine jednak 0,05 kn/m2. Štete na zelenim površinama također su zanemarivo male budući da su promatrane samo kao čišćenje poplavljenih makadamskih i šumskih cesta.

Indirektne štete izuzetno je teško procijeniti pa stoga nisu računate, a najčešće se određuju kao postotak ukupne direktne poplavne štete.

Ova je analiza rađena na razini države, za tri područja, Jadransko vodno područje, područje podsliva rijeke Save i područje podsliva rijeka Drave i Dunav, pa rezultati nisu odgovarajuće rezolucije da bi se mogli iskoristiti za razradu programa mjera u okviru izrade Plana upravljanja poplavnim rizicima (PURP). Za potrebe izrade PURP-a potrebno je ponoviti analizu s većim stupnjem prostorne razlučivosti, na primjer po područjima potencijalnog značajnog rizika od poplava (PPZRP), *čime bi se omogućila prioritizacija mjera upravljanja rizicima od poplava na temelju procijenjenih poplavnih šteta.*

LITERATURA

[1] AZO, Agencija za zaštitu okoliša. http://www.azo.hr/, 2014.

[2] Direktiva 2007/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju rizicima od poplava

[3] Direktiva 2006/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2000. o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike (Okvirna direktiva o vodama)

[4] Hrvatske vode, Prethodna procjena rizika od poplava, 2013.

[5] Hrvatske vode, Karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava, http://korp.voda.hr/, 2014.

[6] Merz, B. Hochwasserrisiken - Möglichkeiten und Grenzen der Risikoabschätzung (Flood risks - Limits and possibilities of risk assessment). E. Schweizerbart science publishers, Stuttgart, Germany, 2006.

[7] „Sl Consult“ - Ekonomski aspekti procjene potencijalnih poplavnih šteta, 2014.

[8] Zakon o vodama (“Narodne novine”, br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14)

AUTORI

Tomislav Majerović, mag.ing.aedif. [a]
Luka Vukmanić, mag.ing.aedif. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, Hrvatska, tomislav.majerovic@voda.hr; luka.vukmanic@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.09.

ŠTETE OD POPLAVA NA SLIVU KARAŠICA - VUČICA

**Zdenko Tadić, Diana Šustić, Branimir Barač,
Antonija Barišić-Lasović, Tomislav Kržak, Igor Tadić**

SAŽETAK: Sve učestalija poplavljivanja naselja, poljoprivrednih površina, infrastrukture, zaštićenih objekata i dr. nanose velike gospodarske štete i ugrožavaju ljudske živote. Slivno područje Karašica – Vučica u zadnjih 15 godina bilježi povećanje poplavnih događaja. U radu su proračunati hidrogrami velikih voda za različita povratna razdoblja temeljeni na podacima o oborinama i fizičko-geografskim karakteristikama slivnih površina koje se karakteriziraju kao nedovoljno izučeni slivovi. Za proračune hidrograma korišten je numerički model HEC-HMS 4.0. (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System). Nakon proračunatih hidrograma, na osnovu dobivenih dotoka sa slivnih površina proračunati su vodni nivoi u vodotocima i izvan njih. Proračun tečenja u prirodnim koritima modeliran je kao nestacionaran proces i za njega je korišten numerički model HEC-RAS 4.1. (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System). Preklapanjem rezultata matematičkog modela tečenja s modelom terena dobivene su poplavne površine, dubine i brzine tečenja za postojeće stanje za različita povratna razdoblja. Na temelju izračunatih poplavnih površina za različita povratna razdoblja procijenjene su direktne štete koristeći model NACER, izrađen u sklopu projekta „Ekonomski aspekti procjene poplavnih šteta“(SL CONSULT d.o.o Ljubljana, 2014. god). Analize su provedene u sklopu izrade studijske dokumentacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu Karašice - Vučice za sufinanciranje iz strukturnih fondova Europske unije. U nastavku izrade studijske dokumentacije, hidrološko-hidraulički modeli i izračuni šteta provesti će se za scenarije sa mjerama upravljanja rizicima od poplava u svrhu dokazivanja njihove društveno-ekonomske opravdanosti

KLJUČNE RIJEČI: Karašica, Vučica, Sliv, Poplava, Izračun šteta, Modeli

FLOOD DAMAGE IN THE KARAŠICA – VUČICA RIVER BASIN

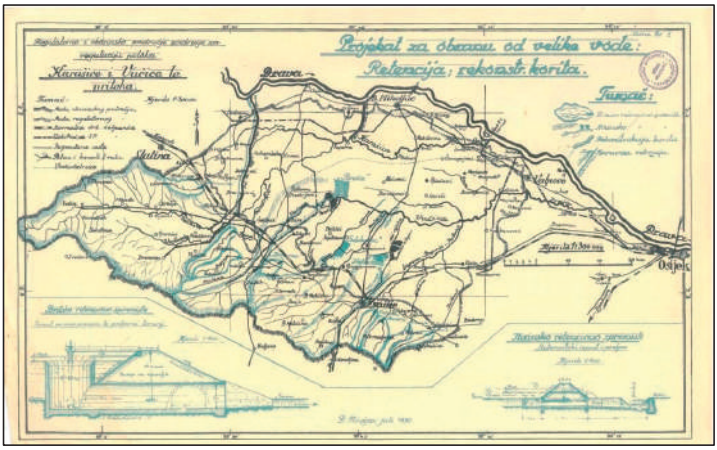
SUMMARY: Increasingly frequent flooding of settlements, agricultural areas, infrastructure, protected facilities, etc. causes great economic damage and threatens human lives. The Karašica – Vučica river basin is recording an increase in flood events in the last 15 years. The paper presents the calculated flood hydrographs for different return periods based on precipitation data and physical-geographical characteristics of the basin area, which is still insufficiently studied. The numerical model used for calculations is HEC

HMS 4.0. (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System). Based on the obtained inflows from the catchment areas, the calculations of water levels inside and outside of the watercourses were carried out. The flow calculation in natural water streams was modeled as an unsteady process, for which the numerical model HEC RAS 4.1. (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System developed within the US Army Corps of Engineenrs – Hydrologic Engineering Center) was used. By overlapping the mathematical model results with the terrain model results, the flood area, water depths and velocities for the present status for various return periods were generated. Based on the calculated flood areas for different return periods, the direct flood damage was estimated by using the model NACER, which was created in the scope of the project Economic aspects of flood damage assessment (SL CONSULT d.o.o Ljubljana, 2014).

KEY WORDS: Karašica, Vučica, River basin, Flood, Damage, Models

1. UVOD

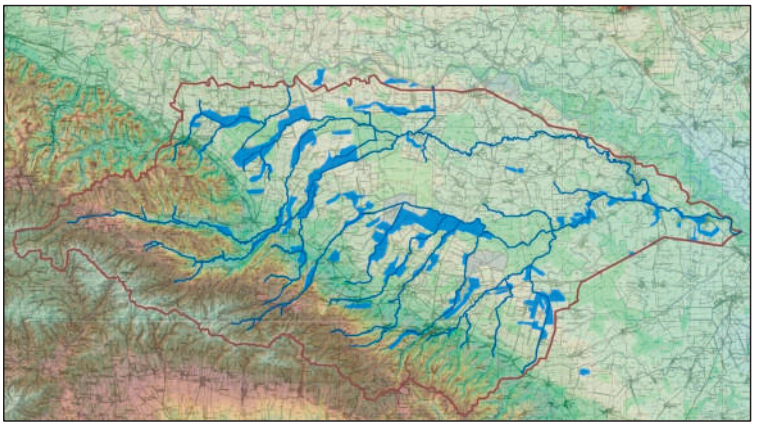
Povijest hrvatskog vodnog gospodarstva započinje na slivu Karašice i Vučice i to upravo izgradnjom sustava za obranu od poplava. Od 1896. godine na slivu su napravljene regulacije glavnih vodotoka sliva Karašice i Vučice, izgradnja nasipa, izgradnja oteretnog kanala Karašica-Drava kojim se nisu postigli zadovoljavajući efekti zbog loše položene trase kanala, te je prokopan i oteretni kanal Vojlovica-Voćinska-Drava, dužine 20 km kojim su prihvaćene brdske vode s obronaka Papuka i odvedene u rijeku Dravu. Oteretnim kanalima omogućena je odvodnja oko 50 % maksimalnog dotoka sliva rijeke Karašice, i samo 10 % maksimalnog dotoka sliva rijeke Vučice.



Slika 1. Nacrt iz „Projekta obrane od velikih voda" na slivu Karašica-Vučica iz 1930. god.

Nakon 1945. godine vodnogospodarska djelatnost se proširuje na izgradnju sustava podzemne odvodnje. Najintenzivniji razvoj hidromelioracijskog sustava podzemne odvodnje odvija se u razdoblju od 1982-1988. godine. Intenzivni razvoj sustava površinske odvodnje prati i razvoj, izgradnja i rekonstrukcija pripadajućih hidrotehničkih

građevina. U tom razdoblju pokreću se i prvi znanstveno - istraživački projekti koji se bave učinkovitošću hidromelioracijskih sustava, hidrološke i pedološke studije. U tom razdoblju izvedena je samo jedna akumulacija, Lapovac II, s ciljem obrane od poplava grada Našica. Nakon Domovinskog rata nema značajnijih zahvata na hidromelioracijskom sustavu sliva Karašice i Vučice. Tehničko održavanje je smanjeno na minimum čije se posljedice osjećaju na funkcioniranju obrane od poplava. Značajniji radovi u tom razdoblju su: rekonstrukcija čvora Gat i početak izgradnje akumulacije Javorica 2003. godine čija je osnovna funkcija obrana od poplava grada Slatine, kao i započete aktivnosti na uređenju donjeg toka rijeke Vučice (stac. 0+000 – 32+000).
Danas, stanje uređenosti vodotoka i izgrađenost sustava za obranu od poplava za vodno područje sliva Karašice i Vučice, različito je na pojedinim područjima, a razlika postoji i kod vodotoka. Zadnjih 15 godina dolazi do učestalijeg poplavljivanja i prikaz zabilježenih poplava nalazi se na slici 2.



Slika 2. Zabilježene poplavne površine na slivu

Obzirom na neprihvatljivu razinu rizika od poplava na predmetnom slivu u postojećem stanju, potrebno je provesti mjere upravljanja rizicima od poplava kojima će se ti rizici smanjiti. U tu svrhu pokrenuta je izrada studijske dokumentacije koja uključuje izradu studije izvodljivosti za optimalne mjere. Analize opisane u ovom članku su provedene u sklopu izrade studijske dokumentacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu Karašice-Vučice za sufinanciranje iz strukturnih fondova Europske unije.

2. OPIS SLIVA

Sliv Karašice – Vučice, površine 2115,2 km^2, obuhvaća područje između sjevernih obronaka planina Papuka i Krndije na jugu i rijeke Drave na sjeveru. Teritorijalno sliv se prostire na Osječko-baranjsku županiju (1163,4 km^2 ili 55 %), Virovitičko - podravsku županiju (930,6 km^2 ili 44 %) i Požeško – slavonsku županiju (21,2 km^2 ili 1 %). Prema zadnjem popisu stanovništva iz 2011. godine na slivnom području živi 127600 stanovnika. Prema reljefu, sliv se može podijeliti na nizinski dio sliva, do apsolutne kote 125 mn.m i brdski dio sliva iznad kote 125. mn.m. Prosječni pad terena nizinskog dijela sliva je vrlo mali i iznosi manje od 0,1‰. Ugroženost od poplava nizinskog dijela sliva je velika i to

pogotovo na dijelu koji pripada slivu Vučice zbog doprinosa gornjeg toka rijeke Vučice i desnih pritoka koji prikupljaju vodu s brdskog dijela sliva.
Krajobrazna i ekološka vrijednost cijelog sliva Karašice - Vučice, a posebno njegovog najnizvodnijeg dijela uz rijeku Dravu, ogromna je. Iako su na slivu u posljednjih 150 godina izvršeni brojni zahvati, čime je promijenjeno njegovo prirodno stanje, on je i dalje ostao krajobrazno i ekološki vrijedan prostor.
Nizinsko područje sliva Karašice - Vučice prvenstveno je zbog poljoprivrede ali i urbanizacijom, pretrpjelo značajne promjene ali u njemu nije došlo do devastacije prostora. Rascjepkana i mala poljoprivredna domaćinstva u ekološkom smislu su odigrala pozitivnu ulogu jer su omogućila održanje brojnih malih staništa (živica, šumaraka, neobrađenih površina, nezapunjenih depresija, starih rukavaca itd.). Kako ta odvojena staništa nisu međusobno udaljena, životinjske vrste mogu među njima komunicirati što je dobro za podršku biološke raznolikosti.

3. HIDROLOŠKA ANALIZA SLIVA

Hidrološka analiza sliva Karašica – Vučica započinje analizom raspoloživih nizova podataka na vodomjernim postajama u slivu. Ispitana je homogenost nizova i napravljena analiza vjerojatnosti pojave maksimalnih protoka različitih povratnih razdoblja. Analize vjerojatnosti maksimalnih godišnjih protoka provedene su koristeći empirijske i teorijske funkcije raspodjele vjerojatnosti. Empirijska raspodjela napravljena je prema izrazu: $F(X \geq x_m) = m / N$, gdje je m - redni broj člana niza u opadanju, a N - ukupan broj članova. Za odabir najbolje prilagodbe s empirijskom raspodjelom analizirane su sljedeće teorijske funkcije vjerojatnosti: Gauss, Galton, Pearson 3, log-Pearson 3 i Gumbel. Testiranje slaganja empirijske i navedenih teorijskih funkcija raspodjele provedeno je pomoću Smirnov-Kolmogorov i χ^2 statističkog testa. Analizirane su postaje u slivu s najmanje dvadeset godišnjim nizom opažanja (Beničanci, Kapelna, Krajna, Vojlovica, Mikleuš) i postaje na Dravi Donji Miholjac i Belišće.

3.1. Hidrološki model sliva

Uspostavljanje odnosa oborina – otjecanje osnovno je za svaku hidrološku analizu. Na slivu Karašica - Vučica ne raspolaže se s dovoljnim brojem vodomjernih postaja, odnosno mjerenja tako da je hidrološka analiza napravljena pomoću hidrološkog modela na temelju oborina i fizičkih karakteristika sliva, a kalibracija modela je izvršena pomoću mjerenih podataka.
Za analizu je korišten matematički model HEC-HMS 4.0. (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System) koji je jedan od nekoliko široko primjenljivih, javno dostupnih, programa u svijetu namijenjenih modeliranju odnosa oborina - otjecanje.

3.2. Hidrološki matematički model HEC-HMS 4.0.

HEC-HMS je računalni program koji simulira proces oborina-otjecanje na zadanom riječnom slivu. U programu se definiraju slijedeći parametri:

- model sliva (eng. *Basin model*),
- model oborine (eng. *Meteorological model*)
- vremenski opseg simulacije (eng. *Control specifications*).

Model sliva predstavlja fizičke karakteristike sliva, odnosno mrežu povezanih hidroloških elemenata sa pripadnim karakteristikama. **Meteorološki model** definira oborinu koja pada na podslivove (odnosno sliv). **Kontrolnom specifikacijom** definira se početak simulacije (datum i vrijeme), kraj simulacije (datum i vrijeme), te vremenski interval između 2 proračunska koraka.

3.3. Ulazni podaci u hidrološki model

Fizičke karakteristike slivova - Slivno područje Karašice – Vučice podijeljeno je na manje podslivove. Za svaki podsliv određene su fizičke karakteristike i to:

F - površina sliva u km^2
U - udaljenost težišta u km
O - opseg sliva u km
$\mathbf{A_{sr}}$ - srednja visina sliva
$\mathbf{A_{min}}$ - visina sliva u izlaznom čvoru
$\Delta\mathbf{A} = A_{sr} - A_{min}$
K - koeficijent koncentriranosti sliva

$$K=\frac{2F}{OU}$$

L - duljina fiktivnog pravokutnika u km

$$L=\sqrt{\frac{F(2-K)}{K}}$$

S - srednji pad sliva u m/m

$$S=\frac{2\Delta A}{L}$$

Za svaku slivnu površinu proračunato je vrijeme koncentracije sliva, odnosno vrijeme zakašnjenja sliva. Prema SCS metodi proračun vremena koncentracije za svaku slivnu površinu proračunat je pomoću izraza:

$$T_c=K*0.01362*L_s^{0.8}*\left(\frac{1000}{CN}-9\right)^{0.7} S^{-0.5}$$

Gdje je:

L_s – hidraulička dužina toka u metrima,
S – srednji pad sliva u m/m
K – koeficijent dobiven kalibracijom hidrološkog modela

Odnos između vremena koncentracije sliva i vremena zakašnjenja je: $T_L = 0.6\ T_C$
Slivna površina Karašice-Vučice podijeljena je na 169 podslivova.
Definiranje broja krivulje otjecanja – CN - Brojem krivulje CN definira se infiltracijski

kapacitet slivne površine, odnosno definira se efektivno otjecanje (P_e) u odnosu na kumulativnu oborinu (P).

$$P_e = 25{,}4 \frac{(0{,}03937 \cdot P - \frac{200}{CN} + 2)^2}{0{,}03937 \cdot P + \frac{800}{CN} - 8}$$

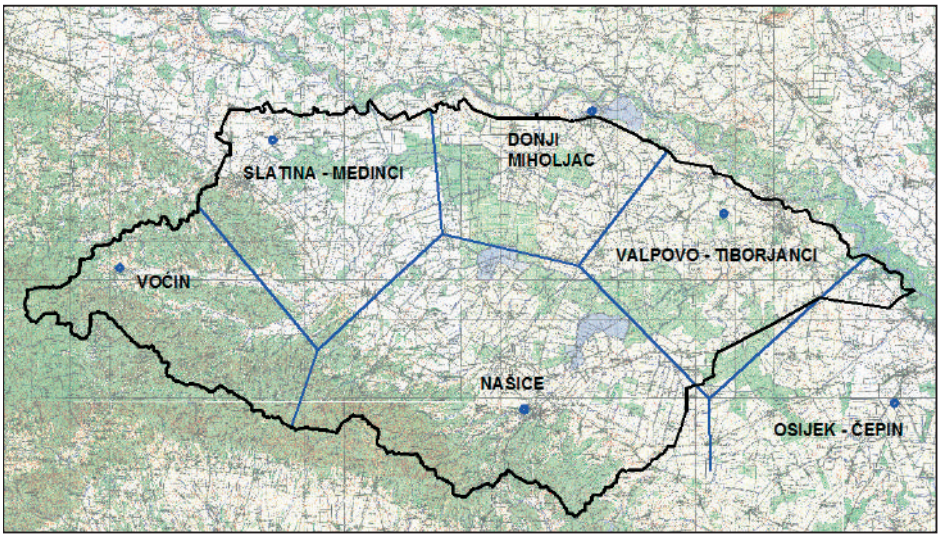
gdje je:

P - kumulativna oborina u mm

CN - broj krivulje otjecanja koji karakterizira sliv preko vrste vegetacionog pokrova, tipa tla, tipa obrade tla i stanja prethodne vlažnosti tla

Parametar CN kao ključni element za definiranje proizašao je iz pedološke analize sveukupnog područja kao i temeljem uvida u vrstu vegetacionog pokrova i načina korištenja zemljišta odnosno načina njegove obrade. Klasifikacija tala rađena je pomoću pedološke karte RH, vegetacijski pokrov prema CORINE LAND COVER 2006, a način obrade definiran je obilaskom terena.

Oborina - Geografske i topografske karakteristike sliva Karašice i Vučice imaju značajan utjecaj na količinu i raspored oborina. Količina oborina opada od jugozapada prema sjeveroistoku. Za potrebe izrade studijske dokumentacije analizirane su oborine petminutnog trajanja glavne klimatološke postaje Osijek i dnevne oborine kišomjernih postaja Donji Miholjac, Valpovo, Našice, Voćin i Slatina. Podjela sliva prema Thiessenovoj metodi prikazana je na slici 3.



Slika 3. Thiessenova metoda podjele sliva prema kišomjernim stanicama

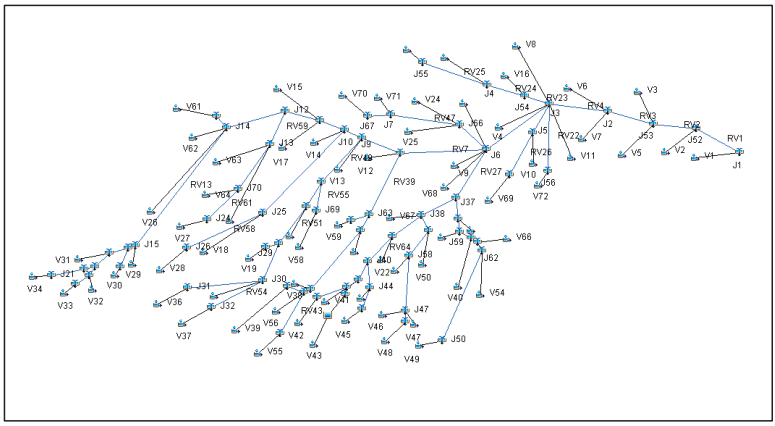
Prema 40-godišnjem prosjeku godišnje oborine za navedene kišomjerne postaje su sljedeće:

- Voćin	985 mm,	- Slatina	837 mm
- Našice	785 mm,	- Donji Miholjac	712 mm
- Valpovo	689mm,	- Osijek	688 mm

Za potrebe izrade studijske dokumentacije za slivno područje Karašice i Vučice korištena je analiza 24-satnih maksimuma pluviografa meteorološke postaje Osijek u razdoblju od 1959. – 2010 koju je izradio Državni hidrometeorološki zavod. Za ostale postaje podaci su dobiveni korekcijom vrijednosti postaje Osijek za faktor dobiven usporedbom prosječnih godišnjih vrijednosti. Faktor korekcije za pojedine stanice je:

Valpovo	- 1
Donji Miholjac	- 1.035
Našice	- 1.141
Slatina	- 1.217
Voćin	- 1.432

Osim trajanja oborina i ukupne količine oborina potrebno je bilo definirati i raspodjelu oborina u vremenu. Ulazni podatak u hidrološki model je 24-satna projektna balansirana oborina meteorološke postaje Osijek za različite povratne periode. Za ostale postaje ta oborina je korigirana prema već navedenom faktoru korekcije. Ovako dobivene oborine korištene su kao ulazni podatak za izračun vodnih valova različitih povratnih perioda.
Sliv Karašice i Vučice ima ukupnu slivnu površinu od 2115 km^2. Radi veličine sliva napravljen je proračun redukcije kiše na slivu i faktor redukcije iznosi: **ARF=0,91.**
Formiranje modela - Na temelju ulaznih podataka formiran je hidrološki model. Zbog veličine područja hidrološki model je rađen u dva dijela, model Vučice i model Karašice.



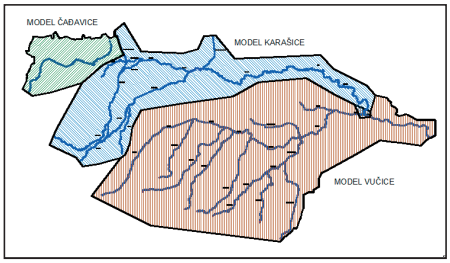
Slika 4. Prikaz modela slivnog područja Vučice – HEC-HMS

Hidrološkim modelom napravljen je proračun za povratne periode 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500 i 1000 godina. Dobiveni vodni valovi ulazni su podatak za hidraulički model.

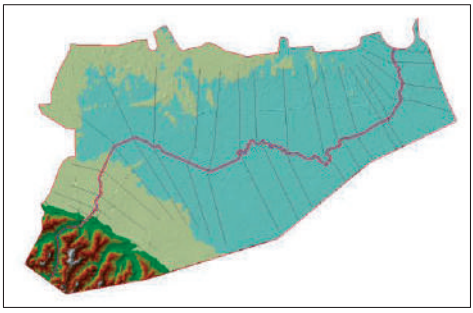
4. HIDRAULIČKI MODEL POSTOJEĆEG STANJA

Na temelju digitalnog modela terena, prikupljenih podataka o vodotocima i objektima na njima, proračunatom dotoku sa sliva napravljen je jednodimenzionalni matematički model tečenja za postojeće stanje.

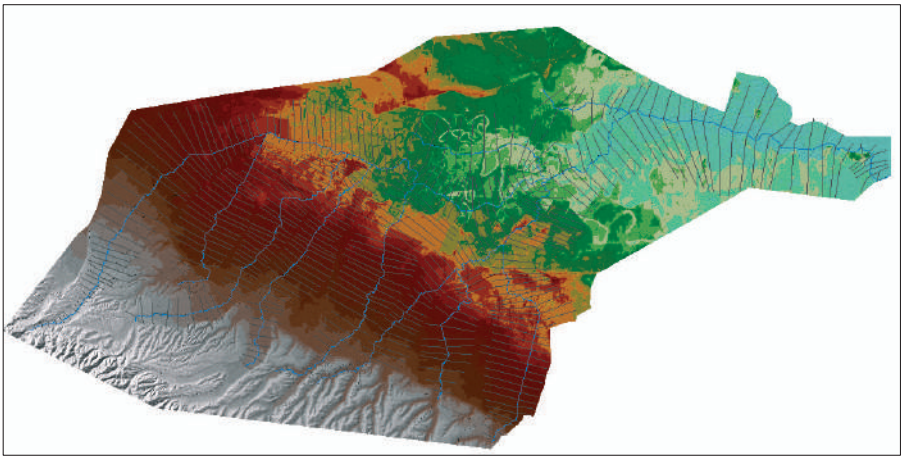
Jednodimenzionalni model izrađen je programom HEC – RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System – Version 4.1.0.) koji je namijenjen za proračun jednodimenzionalnog, nestacionarnog tečenja u neprizmatičnim koritima. Zbog veličine predmetnog sliva sam model je podijeljen na tri cjeline odnosno, sliv Čađavice, sliv Vučice i sliv Karašice.



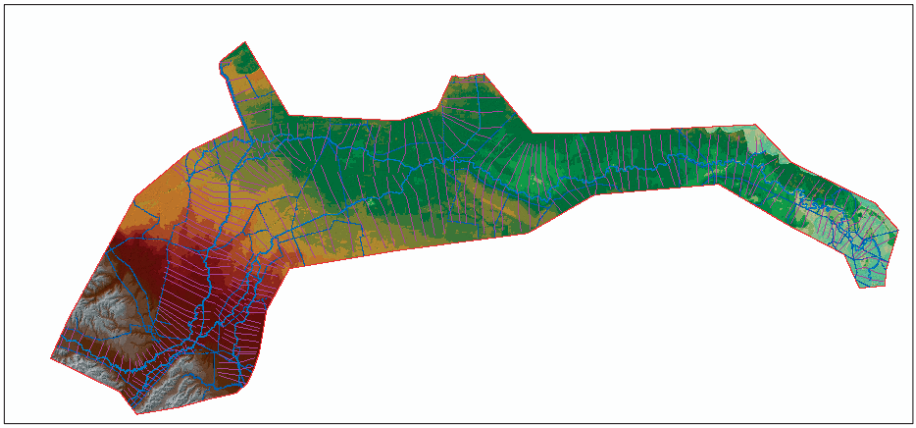
Slika 5. Podjela modela



Slika 6. Područje hidrauličkog modela sliva Čađavice



Slika 7. Područje hidrauličkog modela sliva Vučice



Slika 8. Područje hidrauličkog modela sliva Karašice

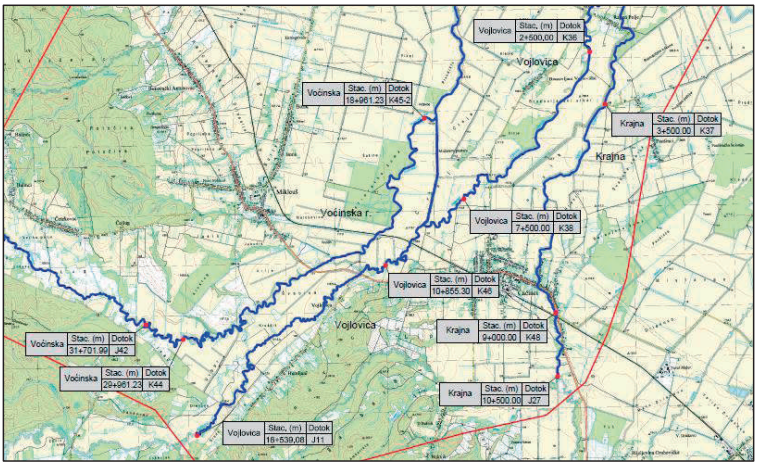
Modelirani su vodotoci ukupne duljine 421 km.

Tablica 1. Ukupne duljine modeliranih vodotoka

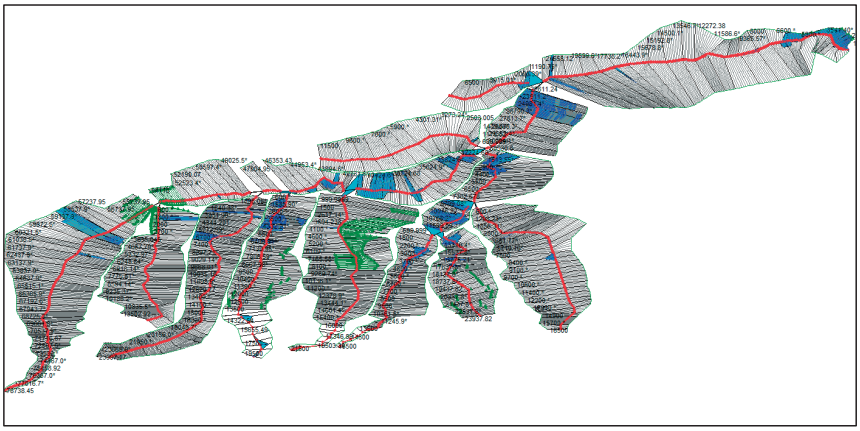
VODOTOK	DULJINA (km)	VODOTOK	DULJINA (km)
Čađavica	12,854.0	Vučica	79,200.0
Karašica	64,851.0	Strug	7,225.0
Viljevski knl.	6,479.0	Stara Vučica	11,673.0
Gatski knl.	1,618.0	Breznica	25,155.0
Voćinska r. do Drave	37,697.0	Dubovik	16,921.0
Klokočevac	14,301.0	Lapovac	15,569.0
Krajina	10,573.0	Našička r.	21,827.0
Vojlovica	18,539.0	Bukvik	19,669.0
Vojlovica-Voćinka knl.	2,235.0	Iskrica	24,310.0
Branjinska	6,528.0	Marijanac	14,317.0
Donja Branjinska	3,336.0		
Donja Voćinska	5,522.0		
UKUPNO	**420,399.0**	**km**	

Koristeći prikupljene prostorne podatke, izrađen je digitalni model terena i pomoću programskog paketa HEC – GeoRAS, kreirane su datoteke formata prilagođenog HEC – RAS programskom paketu. Nakon učitavanja RAS – GIS datoteke u HEC – RAS program dobivene su potrebne geometrijske komponente hidrauličkog modela: osi vodotoka s pridruženim vrijednostima apsolutnih koordinata u prostoru, geometriju poprečnih profila, razmake poprečnih profila i dr.

Nakon definirane geometrije iz hidrološke analize preuzeti su dotoci sa podslivova za svako povratno razdoblje. Na ušću Vučice i odušnih kanala, rubni uvjet je vodostaj rijeke Drave.

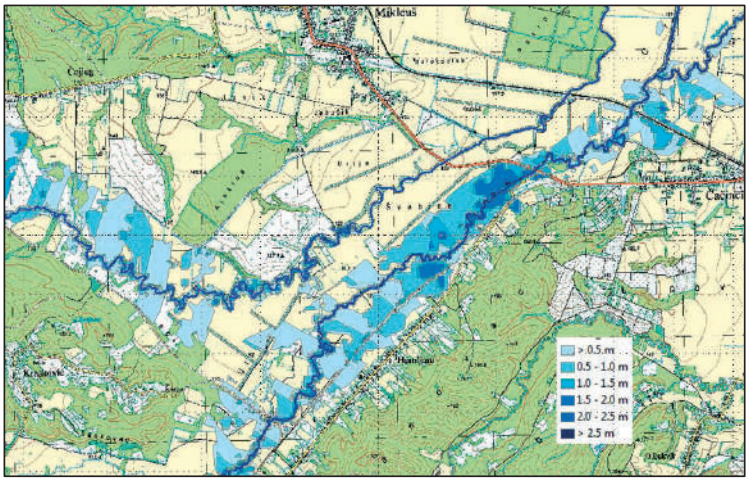


Slika 9. Primjer rasporeda dotoka u određenim stacionažama vodotoka, odnosno veza hidrološkog i hidrauličkog modela

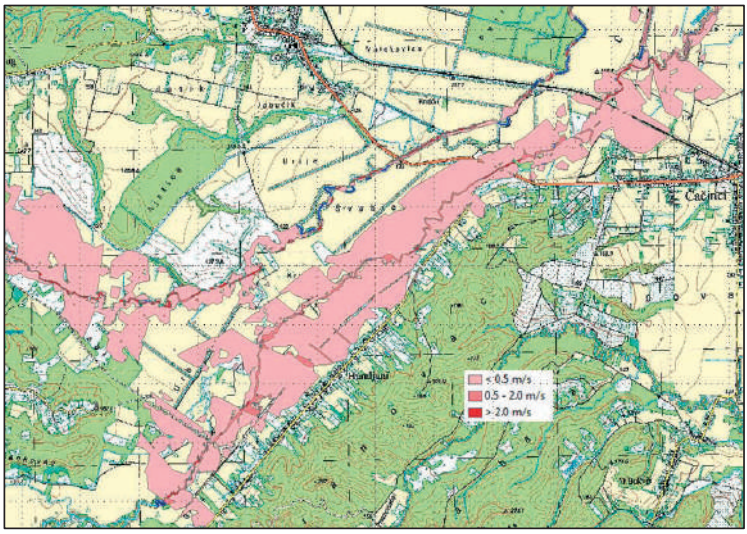


Slika 10. Hidraulički model sliva Vučice

Programom HEC-RAS 4.1 proračunate su vodne razine i brzine tečenja na vodotocima slivova Karašice, Vučice i Čađavice. Preklapanjem s modelom terena dobivene su poplavne površine, dubine i brzine tečenja za postojeće stanje.



Slika 11. Poplavne površine - dubine



Slika 12. Poplavne površine - brzine

5. PROCJENA ŠTETA UZROKOVANIH POPLAVNIM DOGAĐAJIMA RAZLIČITIH POVRATNIH RAZDOBLJA

Na temelju izračunatih poplavnih nivoa za različita povratna razdoblja procijenjene su direktne štete koristeći model NACER, izrađen u sklopu projekta „Ekonomski aspekti procjene poplavnih šteta“(SL CONSULT d.o.o Ljubljana, 2014. god).

Analize procijenjene štete od poplava pripremaju se za različite prostorne raspone, koji se ovisno o veličini mogu podijeliti u tri kategorije: makro, mezo i mikro razina (Merz i sur., 2010). Za slivno područje Karašica – Vučica korištena je analiza procjene štete na mezo razini.

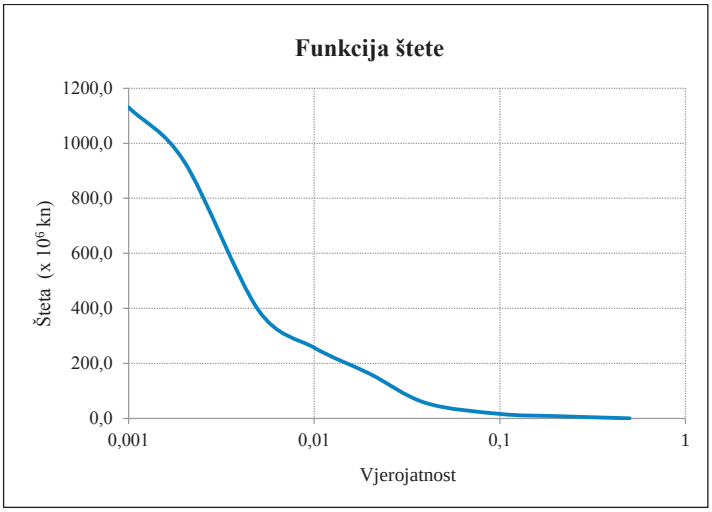
Analiza na mezo razini koristi se pri donošenju odluka i pri provedbi Direktive 2007-60-EZ o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima.
Za korištenje metoda na ovoj razini moraju se zadovoljiti sljedeći uvjeti:

- granični okvir (metodologija na mezo razini koristi se uglavnom za regije),
- svrha analize (procjene štete su na toj razini točnije i koriste se za opravdanje financiranja projekata zaštite od poplava, za planiranje evakuacije i prostorno planiranje),
- dostupnost podataka (potrebni srednji podaci po jedinici površine),
- postojeći podaci (ovisno o tome koje informacije su na raspolaganju, odabire se odgovarajući pristup).

Metodologija za procjenu poplavnih šteta razvijena u modelu NACER temelji se na naseljima, kao graničnom okviru. Podaci korišteni u modelu su: baza podataka CORINE za korištenje zemljišta, popis stanovništva iz 2011. god za broj stanovnika i kućanstava, podaci Državnog zavoda za statistiku za područja poljoprivrede i infrastrukture itd. Poplavne linije za svako povratno razdoblje klasificirane su po dubini sa razlikom od 0.5 metara.
Obzirom da su poplave na slivu Karašica – Vučica u nizinskom području, a i prema iskustvu iz prošlih poplava, trajanje poplavnog događaja je dulje od 24 sata, te je izračun šteta uvećan koeficijentom 1.2.

Tablica 2. Izračunate štete

	ŠTETE x 10^6 kn			
vjerojatnost	**ČAĐAVICA**	**KARAŠICA**	**VUČICA**	**UKUPNO**
0.001	31.424	302.585	796.835	1130.844
0.002	24.812	290.803	616.672	932.287
0.005	13.819	83.844	296.646	394.309
0.01	5.712	58.836	192.778	257.326
0.02	4.596	28.332	129.000	161.928
0.04	1.337	27.312	27.580	56.228
0.1	0.379	8.724	7.540	16.643
0.2	0.000	4.452	4.254	8.706
0.5	0.000	0.000	0.660	0.660



Slika 13. Funkcija štete

U tablici 2 prikazan je izračun šteta po povratnim razdobljima za slivove posebno i za ukupno slivno područje, a na slici 13 prikazana je funkcija štete ovisno o vjerojatnosti pojave. Prosječna godišnja šteta dobiva se integriranjem površine ispod funkcije i za slivno područje Karašice – Vučice iznosi 14.918 x 10^6 kn.

ZAKLJUČAK

Hidrološkom i hidrauličkom analizom sliva Karašice – Vučice pomoću matematičkih modela HEC-HMS i HEC-RAS iz poznatih oborina, slivnih površina, pedološke karte, vegetacijskog pokrova, topografskih podloga (DMR, DOF), obilaska područja, te sadašnjeg stanja urbanizacije, odnosno postojećih objekata i infrastrukture, dobivene su proračunate poplavne linije za različita povratna razdoblja.

Takva analiza prvi je korak u vodnogospodarskom planiranju. Na temelju nje potrebno je definirati mjerne točake u slivu za bolje i detaljnije praćenje odnosa oborina – otjecanje, kojima se prema potrebi može nadograditi postojeći model. Osim toga detektiranje poplavnih površina kao i šteta koje bi nastale poplavljivanjem upućuju na lokacije objekata za zaštitu od poplava, smanjenje šteta i zapravo smanjenje ugroženosti stanovništva tog područja.

U nastavku izrade studijske dokumentacije, hidrološko-hidraulički modeli i izračuni šteta provesti će se za scenarije sa mjerama upravljanja rizicima od poplava u svrhu dokazivanja njihove društveno-ekonomske opravdanosti. Rezultat provedenih analiza su društveno-ekonomski opravdani projekti zaštite od poplava koji mogu biti nominirati za sufinanciranje iz strukturnih fondova Europske unije.

LITERATURA

[1] Chow W.T(1986): Open–Channel Hydraulics, McGraw-Hill, Singapore,

[2] Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Technical Reference Manual, US Army Corps of Engeneering

[3] HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual, US Army Corps of Engeneering

[4] SL CONSULT (2014) Ekonomski aspekti procjene poplavnih šteta, Ljubljana

[5] Srebrenović, D. (1986): Primijenjena hidrologija, Tehnička knjiga, Zagreb

AUTORI

Zdenko Tadić, dipl.ing.građ. [a]
Diana Šustić, dipl.ing.građ. [a]
Branimir Barač, mag.ing.aedif. [a]
Mr.sc. Antonija Barišić-Lasović, dipl.ing. [a]
Tomislav Kržak, mag.ing.aedif. [a]
Igor Tadić, mag.ing.aedif. [a]

[a] Hidroing, d.o.o. Osijek, Tadije Smičiklasa 1, 31000 Osijek, R. Hrvatska, diana.sustic@hidroing-os.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.10.

IZRADA KARATA OPASNOSTI I IZRAČUN ŠTETA NA SLIVU RIJEKE BEDNJE

Marin Paladin, Renata Vidaković Šutić, Boris Vrcelj, Vedrana Ričković

SAŽETAK: U ovom radu prikazana je analiza sliva rijeke Bednje kao područja s potencijalno značajnim poplavnim rizikom. Analiza je provedena u sklopu izrade studijske dokumentacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu Bednje za sufinanciranje iz fondova Europske unije. Ciljevi studije su definiranje elemenata planova upravljanja rizicima od poplava na slivu Bednje te izrada studije izvodljivosti za pojedine projekte sadržane u optimalnom sustavu mjera upravljanja rizicima od poplava u svrhu ishođenja sufinanciranja iz EU fondova. U prvoj fazi provedena je detaljna analiza postojećeg stanja, uključujući hidrološko-hidrauličke analize i modeliranja te izradu karata opasnosti od poplava opisane u ovom radu.

Prethodnim aktivnostima obuhvaćeni su pregled podloga, analiza postojeće studijske i projektne dokumentacije te obilazak terena.

Analize su započele izradom hidroloških i meteoroloških podloga na temelju raspoloživih podatka službene mreže hidroloških i meteoroloških stanica DHMZ-a. Simulacija procesa oborina-otjecanje provedena je na hidrološkom modelu sliva (HEC-HMS) koristeći hidrološke i meteorološke podloge te topografske, hidrografske i pedološke značajke podslivova na koje je sliv rijeke Bednje u tu svrhu podijeljen. Hidrološki model je kalibriran i verificiran na temelju izmjerenih vodnih valova na hidrološkim stanicama. Uspoređeni su sintetski vodni valovi dobiveni statističkom obradom izmjerenih podataka s hidroloških stanica i teoretski valovi dobiveni hidrološkim modelom za odgovarajuće povratne periode.

Nastavno je izrađen hidraulički, nestacionarni 2D numerički model sliva (MIKE 21) koji koristi dostupne prostorne podatke te sintetske vodne valove sa svakog podsliva koji su rezultat hidrološkog modela. Hidraulički model je također kalibriran i verificiran na temelju snimljenih vodnih valova i zabilježenih poplavnih događaja. Rezultat hidrauličkog modela su karte opasnosti od poplava, odnosno karte dubina i brzina vode na čitavom slivu za određene povratne periode. Na temelju karata dubina, računaju se potencijalne štete pomoću usvojene metodologije, odnosno alata (NACER) za izračun šteta na poplavljenim područjima.

Iznesen je osvrt na kvalitetu i dostupnost podloga za uspostavljene modele, kao i osvrt na vrijednosti izračunate potencijalne štete na poplavljenom području.

KLJUČNE RIJEČI: Sliv rijeke Bednje, Hidrološki model, 2D hidraulički model, Karte opasnosti od poplava, Potencijalne štete od poplava

DEVELOPMENT OF FLOOD HAZARD MAPS AND CALCULATION OF DAMAGES IN THE BEDNJA RIVER BASIN

SUMMARY: This paper presents an analysis of the Bednja river basin as a potentially significant flood risk area. The analysis was conducted in the scope of producing the documentation for the preparation of flood protection projects in the Bednja river basin for co-financing from EU funds. The objectives of the study are defining elements of the plans of flood risk management in the Bednja river basin and feasibility study for individual projects contained in an optimal system of measures of flood risk management for the purpose of obtaining co-financing from EU funds. The first phase contains detailed analysis of the current situation, including hydrological and hydraulic analyzes and modeling, together with the development of the flood hazard maps described in this paper.

The preceding activities included are view of the baseline materials, an analysis of the existing study and project documents and a field trip.

The analyses started with the development of hydrological and meteorological maps based on available data from the official network of hydrological and meteorological stations of the State Meteorological and Hydrological Service. The simulation of the rainfall-runoff process was carried out on the basin's hydrological model (HEC-HMS) by utilization of hydrological and meteorological maps and topographic, hydrographical and pedological characteristics of the subbasins into which the Bednja river basin was divided for this purpose. The hydrological model was calibrated and verified according to the water waves measured at the hydrological stations. The synthetic water waves obtained by statistical processing of the data measured at the hydrological stations were compared with the theoretical water waves obtained through hydrological modelling for relevant return periods.

Additionally, a hydraulic, non-stationary 2D numerical model (MIKE 21) of the basin was developed. This model uses available spatial data and synthetic water waves from each subbasin resulting from the hydrological model. The hydraulic model was also calibrated and verified based on the observed water waves and recorded flood events. The results of the hydraulic model were flood hazard maps, i.e. maps of water depths and velocities in the entire basin for relevant return periods. Potential damages were calculated on the basis of the depth maps with adopted methodology, i.e. and tools (NACER) for calculation of damage in flooded areas.

The paper includes a review of quality and availability of baseline information for the established models and a review of values of the calculated potential damage in the flooded area.

KEY WORDS: Bednja river basin, hydrological model, 2D hydrological model, flood hazard maps, potential flood damage

1. UVOD

Pripremne analize za izradu Strategije upravljanja vodama (NN 91/08) su pokazale da je oko 15% kopnenog teritorija RH potencijalno ugroženo od poplava. Veći dio tog teritorija je zaštićen, ali s različitim razinama zaštite i sigurnosti.

Zakon o vodama (NN 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14) definira zaštitu od štetnog djelovanja voda i upravljanje rizicima. Prvi korak u upravljanju rizicima od poplava je izrada prethodne procjene rizika od poplava čiji je rezultat identifikacija područja s potencijalno značajnim poplavnim rizicima. Za ta područja potrebno je izraditi karte opasnosti od poplava, karte rizika od poplava i planove upravljanja rizicima od poplava. Neka od tih područja se nalaze u inundaciji rijeke Bednje i analizirat će se na razini sliva Bednje, a u nizinskom dijelu sliva Bednje u obzir će se uzeti i utjecaj rijeka Drave i Plitvice.

U cilju smanjenja rizika od poplava na ugroženim područjima, kao što je sliv Bednje, potrebno je planirati i provoditi mjere upravljanja rizicima od poplava, uključujući preventivne mjere izgradnje, dogradnje ili rekonstrukcije sustava za zaštitu od poplava. U svrhu ishođenja sufinanciranja iz EU fondova za mjere upravljanja rizicima od poplava na slivu Bednje, Hrvatske vode su pokrenule aktivnosti na izradi studijske dokumentacije za pripremu EU projekata zaštite od poplava na ovom slivu. Ciljevi studije su definiranje elemenata planova upravljanja rizicima od poplava na slivu Bednje te izrada studije izvodljivosti za pojedine projekte sadržane u optimalnom sustavu mjera upravljanja rizicima od poplava u svrhu ishođenja sufinanciranja iz EU fondova. U prvoj fazi provedena je detaljna analiza postojećeg stanja, uključujući hidrološko-hidrauličke analize i modeliranja te izradu karata opasnosti od poplava opisane u ovom radu.

2. HIDROLOŠKI MODEL

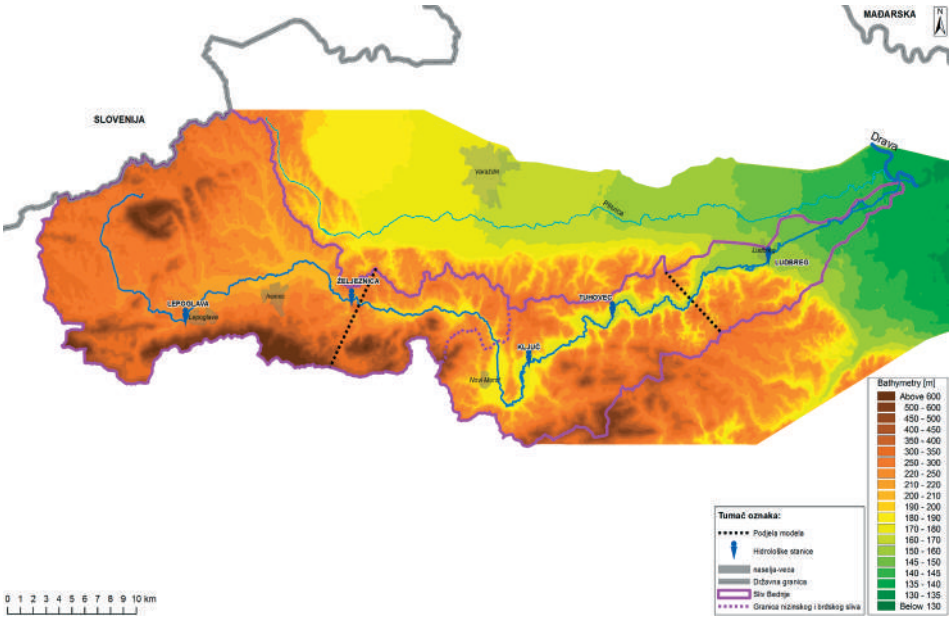
Na predmetnom području sliva Bednje, kao mjerodavne hidrološke stanice (h.s.) analizirane su hidrološke stanice Lepoglava, Željeznica, Ključ, Tuhovec i Ludbreg na Bednji (Slika 1).

Nizovi protoka su određeni za pojedinu hidrološku stanicu na temelju vodostaja koji su izravno mjerena hidrološka veličina i krivulja protoka koje su definirane na temelju mjerenja protoka. Ovako izračunati protoci, kao i mjereni vodostaji, te definirane krivulje protoka nalaze se u Bazi hidroloških podataka (HIS-2000) DHMZ-a.

Proračun maksimalnih godišnjih protoka različitih povratnih perioda rijeka Bednje proveden je primjenom standardnih teorijskih funkcija raspodjele za pet hidroloških stanica: Lepoglava, Željeznica, Ključ, Tuhovec i Ludbreg.

Analizom hidrograma (srednji dnevni podaci o protoku) zabilježenih vodnih valova, utvrđeno je da vodni valovi na rijeci Bednji u prosjeku traju 4 dana (h.s. Lepoglava) i 5 dana (h.s. Željeznica, Ključ, Tuhovec i Ludbreg), stoga su analizirani maksimalni godišnji volumeni vodnih valova (konstantne trajnosti 4, odnosno 5 dana). Sukladno trajanju vodnih valova vrijeme podizanja vodnog vala na hidrološkoj stanici Lepoglava je 24 sata, dok je na ostalim hidrološkim stanicama oko 30 sati.

Za konstrukciju kompletnog sintetskog hidrograma direktnog otjecanja koristi se Goodrichev izraz, za čiju su se konstrukciju kao osnovni elementi koriste maksimalni protok Qmax, vrijeme podizanja tp i vremenska baza hidrograma tB.



Slika 1. Hidrološke stanice, digitalni model reljefa i podjela sliva Bednje za hidraulički model

Na dijelu toka Bednje uzvodno od h.s. Lepoglava, kao i na pritocima Bednje ne postoje sustavna mjerenja i opažanja hidroloških veličina.

Za hidrološki model važan je odabir mjerodavne meteorološke stanice (m.s.) na kojoj se mjere oborine.

Iako su meteorološke stanice Varaždin i Krapina opremljene ombrografima i raspolažu podacima o kratkotrajnim oborinama, obje se nažalost nalaze izvan orografskog sliva Bednje. Za brdski dio sliva Bednje, kao mjerodavna, odabrana je m.s. Klenovnik zbog svog smještaja, nadmorske visine i raspoloživosti podataka. Za nizinski dio sliva Bednje odabrana je m.s. Novi Marof. Odabrane stanice raspolažu dnevnim podacima o padalinama.

Za potrebe procjene hidrološkog doprinosa nemjerenih slivova pritoka Bednje u uvjetima velikih voda, izrađen je konceptualni hidrološki model otjecanja korištenjem programa HEC-HMS 4.0 (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System).

Hidrološki model sliva Bednje izrađen je u dva dijela: model uzvodnog dijela sliva obuhvaća sliv do kontrolnog profila h.s. Ključ, a nizvodni dio modela obuhvaća sliv nizvodno od kontrolnog profila h.s. Ključ do ušća u Dravu.

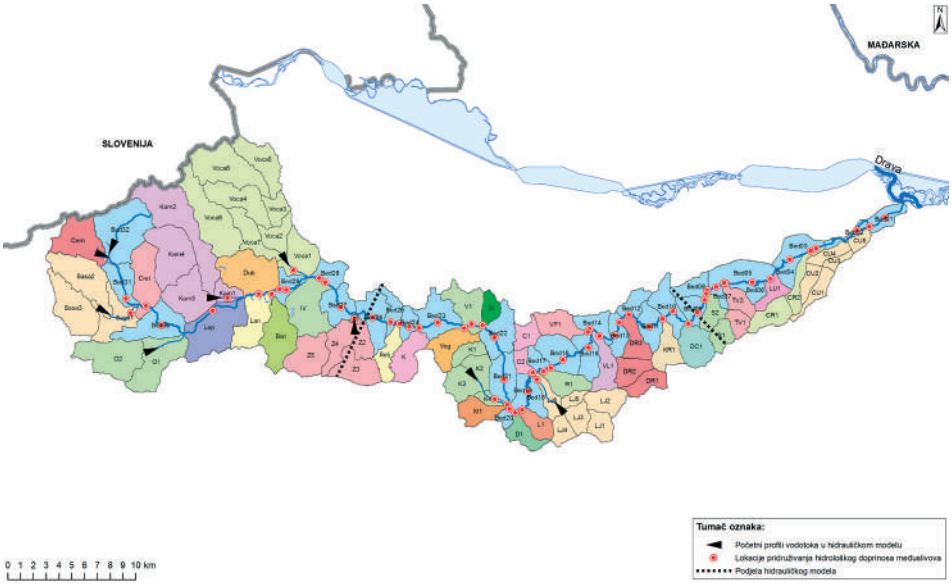
Sliv Bednje je podijeljen na ukupno 101 podsliv i svakom od njih su određene potrebne karakteristike (Slika 2). Karakteristike podslivova koje se unose u hidrološki model su: površina [km2], duljina sliva [m], prosječan pad sliva [m/m], usvojeni broj krivulje(CN) za tip tla na slivu, vrijeme koncentracije sliva [min] i vrijeme zakašnjenja sliva [min].

Provedene su simulacije na hidrološkom modelu za prethodno izrađenu topološku shemu sliva Bednje koristeći kao ulazni podatak hijetogram kišne epizode, a kao kontrolni podatak (za usporedbu) zabilježene hidrograme na lokacijama h.s. Lepoglava, h.s Željeznica, h.s

Ključ i h.s Ludbreg. Hidrološka stanica Tuhovec je isključena iz modela zbog određenih nekonzinstentnosti njenih podataka u odnosu na podatke s ostalih hidroloških stanica.
Kalibracija i verifikacija modela provedena je na zabilježenim vodnim valovima koji po svojim karakteristikama (vršnom protoku i volumenu) pripadaju 2 i 5-godišnjem povratnom periodu.
Na temelju mjerodavnih oborina, odnosno hijetograma različitih povratnih perioda, modelom su izračunati hidrogrami na lokacijama hidroloških stanica. Uspoređeni su sa sintetičkim hidrogramima istih povratnih perioda dobivenim statističkim obradama izmjerenih podataka. Usporedbe pokazuju dobro slaganje.

3. HIDRAULIČKI MODEL

Za hidrauličku analizu i modeliranje tečenja na slivu Bednje odabran je dvodimenzionalni numerički model MIKE 21 (DHI).
Hidrauličkim modelom obuhvaćeno je gotovo čitavo korito Bednje, počevši uzvodno od jezera Trakošćan pa sve do ušća u Dravu. U nizvodnom dijelu modela je uključen i dio korita Drave te dio korita Plitvice. Što se tiče pritoka rijeke Bednje, prepoznato je nekoliko njih koji imaju značajne pripadajuće slivne površine i koji u Bednju unose znatne količine vode pri obilnijim kišama.
Kao pouzdan pokazatelj o značajnosti pritoka može poslužiti analiza površina podslivova provedena u izradi hidrološkog modela (Slika 2).



Slika 2. Hidrološko-hidraulička shema modela

Da bi se dobila realističnija slika strujanja kod ušća pritoka u Bednju, pritoci koji imaju značajniju slivnu površinu sastavljenu od većih pojedinačnih i više podslivova te sa sobom nose veće količine vode, modeliraju se sa svojim koritima. Kod ovakvih situacija ističe se prednost 2D modela pred 1D modelom jer se u jednoj ravnini javljaju vektori brzina u različitim smjerovima i vektori brzina koji nisu okomiti na poprečni presjek vodotoka. Doprinosi ostalih podslivova su implementirani u vodnu bilancu Bednje na način da su direktno priključeni u korito Bednje kao izvori koji figuriraju u jednadžbi kontinuiteta. Za modeliranje predmetnog područja korišten je puni 2D model. Osim već spomenute prednosti kod modeliranja ušća pritoka u glavne vodotoke, značajnu prednost 2D model ima i kod modeliranja velikih voda u nizinskim područjima gdje je teško predvidjeti poplavno područje i smjer tečenja vode. Također ima izrazitu prednost u slučaju prelijevanja velikih voda preko hidrotehničkih i drugih nasipa (cestovnih ili željezničkih) gdje se javlja komponenta tečenja okomito na dominantni smjer tečenja i teško predvidivi smjer. Nedostatak 2D modela u odnosu na 1D model je trajanje vremena proračuna.

U svrhu optimiziranja vremena proračuna pristupilo se analizi reljefa šireg slivnog područja da bi se odredili profili podobni za podjelu područja na više manjih modelskih cjelina. Izrađen je digitalni model reljefa (DMR) šireg slivnog područja Bednje na kojem su definirani profili koji su pogodni za podjelu modeliranog područja na manje cjeline (Slika 1). Naznačeni profili su izabrani iz razloga što smanjuju ukupno modelirano područje na tri približno jednako zahtjevna dijela, a dobro su pozicionirani iz hidrauličkog aspekta. Na odabranim profilima tok Bednje je kanjonski i sva voda bilo kojeg računatog povratnog perioda će proći kroz te profile. Tako odabrani profili su povoljna mjesta za podjelu modela, gdje kontrolni profil na nizvodnom rubu uzvodnog modela postaje uzvodni rubni uvjet nizvodnog modela.

Najnizvodniji dio modeliranog područja je pretežito nizinski dio sliva te je na tom dijelu predviđeno modeliranje starog korita Drave kao i rijeke Plitvice koja na tom nizinskom dijelu teče usporedno s Bednjom na udaljenosti od 3-4 km te je svakako moguće tečenje poplavnih voda Bednje u sliv Plitvice i obratno, pogotovo kod voda većeg povratnog perioda. Što se tiče prvog i drugog uzvodnog dijela sliva Bednje, vode Bednje i Plitvice su reljefno potpuno odvojene te nema nikakve mogućnosti miješanja utjecaja tih dvaju slivova. Razinu vode na najnizvodnijim profilima Bednje i Plitvice diktira vodostaj Drave. Statistička obrada protoka Drave na h.s. Donja Dubrava je dala vrijednosti maksimalnih protoka za odgovarajuće povratne periode. Usvojeno je da na dovodni kanal HE Dubrava otpada maksimalno mogući protok, koliki je kapacitet strojarnice. Usvojene vrijednosti protoka kroz staro korito Drave kroz branu akumulacije HE Dubrava su vrijednosti iz statističke obrade h.s. Donja Dubrava umanjene za kapacitet strojarnice HE Dubrava. Protok kroz staro korito Drave je konstantan tijekom čitavog modeliranog perioda.

Staro korito Drave nizvodno od brane akumulacije Dubrava je modelirano s protokom istog povratnog perioda kao i Bednja i Plitvica. Iako je koeficijent linearne korelacije maksimalnih godišnjih protoka Bednje (h.s. Ludbreg) i Drave (h.s. Donja Dubrava) vrlo nizak (r= 0.17), usvojena pretpostavka istodobnosti pojave statističkih poplavnih valova je na strani sigurnosti i predstavlja svojevrsnu anvelopu poplavnih događaja za određeni povratni period.

Prostorna diskretizacija je izvedena mrežom diskretizacijskih elemenata. Po detaljnosti

diskretizacijske mreže, odnosno veličini diskretizacijskih elemenata, modelirano područje može se podijeliti na dvije kategorije. U prvu kategoriju gušće prostorne diskretizacije spadaju većinom korita vodotoka i ostali primarno linijski elementi kao što su hidrotehnički, cestovni i željeznički nasipi. Gušću prostornu diskretizaciju mogu imati i druga područja po želji. Drugu kategoriju s rjeđom prostornom diskretizacijom, odnosno većim prostornim elementima čine sva ostala potencijalno plavljena područja.
Za izradu studije je na raspolaganju digitalni model reljefa prostorne rezolucije 30x30 m u gusto naseljenim područjima te 100x100 m u rjeđe naseljenim ili nenaseljenim područjima. Od podataka o vodotocima su na raspolaganju 74 izmjerena poprečna profila korita Bednje na udaljenosti prosječno od jednog kilometra, od ušća u Dravu do Ivanca. Ostatak korita Bednje od 74. km do izvora (oko 106. kilometra) nije pokriven snimljenim poprečnim profilima. Poprečni profili korita Bednje su snimani krajem 90-ih godina prošlog stoljeća i početkom 2000-ih.
Korita vodotoka se modeliraju kao trapezna korita (pojednostavljenje geometrije korita) s time da donja stranica trapeza ne mora biti horizontalna.Upravo koncept da se korita modeliraju kao trapezna u najvećoj mjeri definira veličinu diskretizacijskog elementa korita. Da bi se korito definiralo kao trapezno, u svakom poprečnom presjeku potrebna su tri diskretizacijska elementa, dva za obale i jedan za korito. To znači da za korito širine 30 m, u principu dijeli na tri dijela svaki od oko 10 m širine. Budući da je smjer tečenja uzdužno po koritu, kriteriji numeričke stabilnosti i modelarska praksa dozvoljavaju da u tom smjeru elementi budu dulji za oko 30% od njihove širine.
Vremenski korak simulacije se zadaje sukladno veličini prostornog elementa i trajanju događaja koji se modelira. Potrebno je napomenuti da je zadani vremenski korak gornja granica raspona vrijednosti i da se on koristi sve dok je kriterij numeričke stabilnosti Courant-Friedrichs-Lewy (CFL) uvjet zadovoljen, odnosno da je CFL broj manji od zadanog, odnosno propisanog. Ako za zadani vremenski korak, ovisno o odnosu veličine prostornog diskretizacijskog elementa i brzine vode, dolazi do zadane vrijednosti CFL broja, vremenski korak se smanjuje do njegove zadane donje granice i time posljedično povećava vrijeme trajanja proračuna. Kad se hidrodinamički uvjeti tečenja vrate u povoljnije stanje za numerički model, odnosno kad se brzina vode smanji, dolazi do ponovnog vraćanja na prvobitno zadani vremenski korak simulacije. Dakle, vremenski korak simulacije je varijabilan u zadanim granicama i najviše ovisi o rubnim uvjetima i prostornoj domeni modela, odnosno njenoj diskretizacijskoj mreži.
Kalibracija hidrauličkog modela je provedena po dionicama između profila susjednih hidroloških stanica gdje postoje izmjereni satni podaci o vodostaju. Preko protočnih funkcija u ovisnosti o vodostaju koje izrađuje Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) su dobivene protočne krivulje i satne vrijednosti protoka (satni hidrogrami) na profilima hidroloških stanica. Dionice modela koje nemaju oba rubna uvjeta definirana mjerenjima na hidrološkim stanicama nisu obuhvaćene kalibracijom, nego su im pridružene vrijednosti modelskih hrapavosti sa susjednih kalibriranih domena. Područje neposrednog sliva rijeke Drave, od profila brane HE Dubrava preko ušća rijeka Plitvice i Bednje te još nizvodno od ušća Bednje oko dva kilometra, također je uključeno u model, odnosno njegovu treću, najnizvodniju domenu. Prostorna raspodjela Manningovog koeficijenta hrapavosti na tom području za staro korito Drave, te pripadajuću inundaciju je preuzeta iz prethodno izrađene studije (GFZ i Hidroing, 2014.). Kalibracija modela je dala

vrijednosti Manningovog koeficijenta hrapavosti u koritu i pretpostavljenu vrijednost u inundacijama. Verifikacija modela je dala potvrdu pretpostavljenih vrijednosti modelske hrapavosti sa zadovoljavajućom točnošću.
Verifikacija modela se provela na poplavni događaj iz ožujka 2013. tijekom kojega je poplavna linija snimljena iz zrakoplova i digitalizirana preko ortofoto snimaka.

4. KARTE OPASNOSTI OD POPLAVA

Karte opasnosti od poplava su direktan rezultat hidrauličkog modela u vidu polja, odnosno prostornog rasporeda vrijednosti dubina i brzina. Maksimalne dubine i brzine su prikazane u odgovarajućim rasponima vrijednosti koji su predstavljeni različitim bojama te su položena na topografsku podlogu. Tako dobiveni prikaz služi za daljnji izračun štete i rizika po usvojenoj metodologiji. Na slici 3a prikazana je karta dubina za područje čitavog sliva Bednje. Na slici 3b izdvojeno je manje područje (Ludbreg) za zorniji prikaz. Karta dubina je djelomično transparentna jer se na taj način može bolje analizirati vrsta i broj plavljenih objekata i način korištenja plavljenih područja.



Slika 3a. Karta dubina na slivu Bednje za 100 godišnji povratni period



Slika 3b. Karta dubina na području Ludbrega za 100 godišnji povratni period

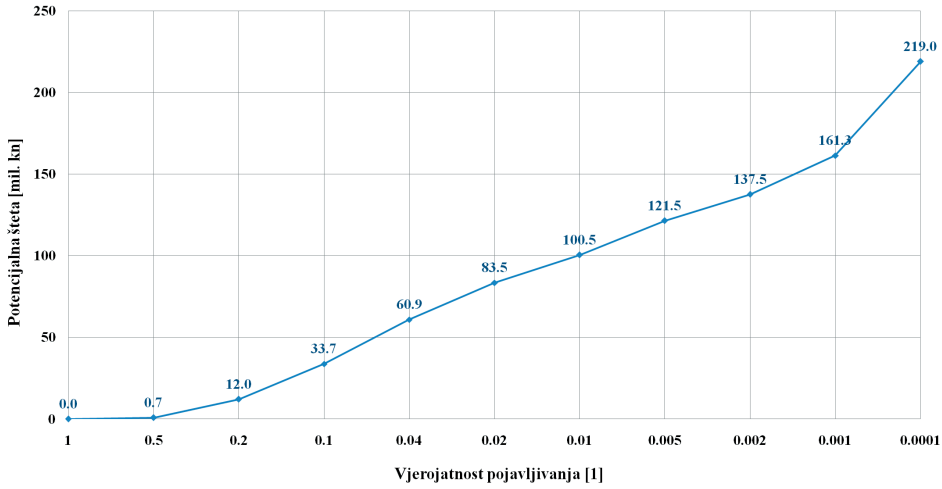
5. IZRAČUN ŠTETA

Izračun šteta od poplava je nužan za analize koristi i troškova mjera za upravljanje rizicima od poplava. Izračun šteta za konkretan poplavni događaj se može izraditi izravno na temelju podataka nakon poplavnog događaja ili se može izraditi na temelju simulacije, procjenjujući potencijalne štete na modelski poplavljenom području.

Procjena štete nakon poplave se provodi prvenstveno u cilju osiguranja potrebnih sredstava za naknadu štete i obnovu. Izračun potencijalnih šteta za projektne povratne periode se provodi prvenstveno u fazi planiranja za odabir i dokaz opravdanosti optimalnih mjera zaštite od poplava.

Poplavne štete se mogu podijeliti na direktne i indirektne. Za procjenu potencijalnih šteta postoje i koriste se različiti modeli. Uporaba i odabir pojedinog modela ovisi o traženim izlaznim podacima i dostupnim ulaznim podacima. Također ovisi i o razini detaljnosti izračuna šteta, od kojih se generalno razlikuju makro (nacionalna-internacionalna), mezo (regionalna) i mikro (lokalna) razina. Ovdje korišteni alat (NACER) izračunava samo direktne potencijalne štete i prilagođen je mezo razini izračuna potencijalnih šteta (Sl Consult, 2014). Svi parametri za izračun šteta koje ovaj alat koristi su usvojeni osim veličine i oblika poligona naselja koji su korigirani na temelju topografske karte mjerila 1:25000.

Izrađena je krivulja potencijalnih šteta za poplavljeno područje (Slika 4) koja na apscisi ima vrijednosti vjerojatnosti pojavljivanja poplavnog događaja u toku jedne godine, a na ordinati odgovarajuću potencijalnu štetu u milijunima kuna izračunatu alatom NACER.



Slika 4. Krivulja potencijalnih šteta

Na temelju prikazane krivulje štete može se integriranjem površine ispod krivulje izračunati prosječna potencijalna godišnja šteta za modelirano područje. Ona u ovom modelskom području iznosi 10.9 mil. kn.

ZAKLJUČAK

U radu je prikazana metodologija izrade hidrološke i hidrauličke analize postojećeg stanja sliva koji je prethodno naznačen kao područje s potencijalno značajnim rizikom od poplava. Rezultati hidrološkog i 2D hidrauličkog modela nakon kalibracije daju zadovoljavajuće rezultate za ovu razinu obrade (razina sliva) koji su potom i verificirani. Izrada ove studije je ukazala na manjkavost obima i kvalitete nekih podloga za uspostavu modela. Posebno se ističu potrebe za: kontinuiranim mjerenjem meteoroloških podataka (ombrograf) na ključnim mjestima, većom gustoćom prostornih podataka u digitalnom modelu terena kao i u koritu vodotoka, uspostavom mjerenja hidroloških veličina na većim pritocima i povremenom novelacijom podloga. Proveden je i izračun potencijalnih šteta koje bi nastale od poplavnih događaja analiziranih povratnih perioda (vjerojatnosti pojavljivanja) u postojećem stanju sliva. Korišteni alat za izračun potencijalnih šteta je prilagođen mezo (regionalnoj) razini i ima velike mogućnosti primjene, ali su potrebne određene prilagodbe nekih parametara ovisno o području koje se analizira da bi se dobile realnije vrijednosti potencijalnih šteta.

U nastavku izrade studijske dokumentacije analizirat će se potencijalne mjere (projekti) upravljanja rizicima od poplava. Hidrološko-hidrauličkim modelima odrediti će se karte opasnosti za scenarije s mjerama, a metodologijom za izračun potencijalnih šteta odrediti će se prosječne godišnje štete za scenarije sa mjerama. Razlika između prosječnih godišnjih šteta u scenariju bez mjera i sa mjerama predstavlja prosječnu godišnju korist od implementacije mjera, na temelju čega će se kroz analizu koristi i troškova odrediti ekonomska opravdanost pojedinih mjera.

LITERATURA

[1] Bonacci, O. (1994.): *Oborine: glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus. Geing*, Split, 341 str.

[2] Cindrić, K.; Nimac, I.; Gajić-Čapka, M.; Robinić, J. (2014.): *Vremenske promjene kratkotrajnih jakih oborina u razdoblju 1955.-2010. za Split i Varaždin.* Hrvatske vode, 89, 239-250.

[3] Gajić-Čapka, M. (2013.): *Dnevne i višednevne oborine u srednjem i donjem toku rijeke Drave - klimatske karakteristike i promjene*. Hrvatske vode, 86, 285-294.

[4] Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Hidroing d.o.o. (2014.): *Studija protočnosti starog korita rijeke Drave uz HE Dubrava*

[5] Hećimović, I. (2010.): *Geološka karta Republike Hrvatske u mjerilu 1: 300 000.* Kartografija i geoinformacije, 9(14), 126-131.

[6] Hidroing d.o.o. (2007.): *Idejno rješenje uređenja brdskog dijela sliva Bednje sa hidrološko-hidrauličkom analizom.*

[7] Hidroing d.o.o. (2014.): *Studija uređenja sliva Bednje s hidrološko-hidrauličkom analizom za dionicu Bednje od ušća do mosta u naselju Presečno.*

[8] Hidroprojekt Zagreb (1968.): *Regulacija rijeke Bednje* - Glavni projekt.

[9] Hrvatski geološki institut (2009.):*Ocjena stanja i rizika cjelina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske.*

[10] MIKE by DHI (2011.): *MIKE 21 & MIKE 3 Flow model FM, Hydrodynamic and Transport Module, Scientific Documentation*.

[11] Ministarstvo poljoprivrede RH (2013.): *Plan upravljanja vodnim područjima - Dodatak I*. Analiza značajki Vodnog područja rijeke Dunav.

[12] Sl Consult (2014.): *Ekonomski aspekti procjene potencijalnih poplavnih šteta* - Konačno izvješće.

[13] Varaždinska županija (2014.): *Izvješće o stanju okoliša Varaždinske županije za razdoblje od 2010. do 2013.*

[14] VRO "Drava-Dunav" Osijek, OOUR "Vodogradnja" Varaždin (1989.): I*dejno rješenje vodnog sistema slivova Bednje i Plitvice*.

[15] VRO "Drava-Dunav" Osijek, OOUR Vodoprivreda Osijek, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd (1986.): *Vodoprivredna osnova za vodno područje Drave i Dunava u SR Hrvatskoj, Knjiga 1 Karakteristike raspoloživih vodnih resursa, Svezak 1.4 Hidrogeologija područja i režim podzemnih voda*.

AUTORI

Marin Paladin, dipl.ing.građ. [a]
Renata Vidaković Šutić, dipl.ing.građ. [a]
Boris Vrcelj, dipl.ing.geol. [a]
Vedrana Ričković, dipl.ing.građ. [a]

[a] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. Zagreb, marin.paladin@ie-zagreb.hr; renata.sutic@ie-zagreb.hr; boris.vrcelj@ie-zagreb.hr; vedrana.rickovic@ie-zagreb.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.11.

KARTE OPASNOSTI OD POPLAVA NA SLIVU RIJEKE KRAPINE

Damir Bekić, Vlatko Kadić, Vedran Ivezić, Igor Kerin

SAŽETAK: Problematika poplava na slivu rijeke Krapine obrađivana je u nekoliko prethodnih elaborata s različitim pristupima hidrološkim i hidrauličkim analizama velikih voda. Preliminarna procjena rizika od poplava je identificirala relativno velika područja na slivu Krapine s potencijalno značajnim poplavnim rizicima. U ovom radu se prikazuju proračuni velikih voda te metodologija izrade karata opasnosti od poplava na slivu Krapine a koji su osnova za izradu karata rizika od poplava i plana upravljanja poplavnim rizicima. Velike vode sliva analizirane su kombinacijom statističke obrade vodomjerenja na hidrološkim stanicama i hidrološko-hidrauličkih proračuna. Pregledom izrađenih karata opasnosti u EU članicama pokazuje se da nema jedinstvene metodologije izrade karata, a ponekad se prikazuju i dodatni parametri opasnosti. Zaključuje se da dominantni utjecaj na pouzdanost karata opasnosti imaju manjak i nepouzdanost ulaznih podataka i mjerenja, dok je odabir složenosti hidrološko-hidrauličkog proračuna manje značajan.

KLJUČNE RIJEČI: rizici od poplava, karte opasnosti, sliv rijeke Krapine, model otjecanja, hidraulički model

FLOOD HAZARD MAPS FOR THE KRAPINA RIVER BASIN

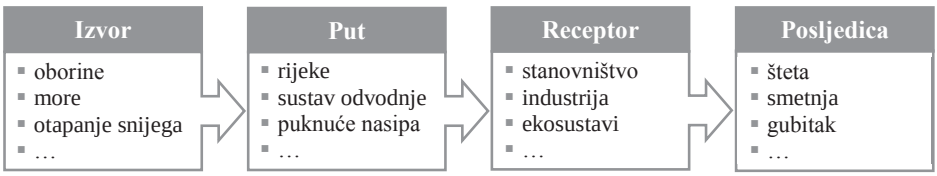
SUMMARY: Flood issues in the Krapina river basin were treated in several previous studies which used different approaches to hydrological and hydraulic analyses of floods. The preliminary flood risk assessment identified relatively large areas in the Krapina River basin as areas of potential significant flood risk. This paper presents calculations of floods and methodology for the development of flood hazard maps in the Krapina River basin which are the basis for development of flood risk maps and flood risk management plans. Flooding in the basin was analysed with combined statistical analyses of flow measurements at gauging stations and hydrologic and hydraulic calculations. The review of flood hazard maps developed by the EU Member States shows that there is no uniform methodology for the map production, with occasional inclusion of additional flood hazard parameters. It is concluded that the dominant influence on the reliability of flood hazard maps are deficient and unreliable input data and measurements, whereas the selection of the complexity of hydrologic and hydraulic calculation is of less significance.

KEY WORDS: flood risks, flood hazard maps, Krapina river basin, rainfall-runoff model, hydraulic model

1. UVOD

Direktiva 2007/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o procjeni i upravljanju rizicima od poplava (u nastavku „Direktiva o poplavama“) je temeljni dokument u području upravljanja rizicima od poplava za sve države članice Europske unije (EU). Ključni cilj direktive je uspostava okvira za procjenu i upravljanje poplavnim rizicima s ciljem smanjivanja štetnih posljedica poplava za zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost. Izrada plana upravljanja poplavnim rizicima provodi se kroz niz povezanih koraka. Na temelju preliminarne procjene poplavnih rizika identificiraju se područja s potencijalnom značajnim rizicima od poplava. Za ta područja se nadalje izrađuju karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava, te se tada nakon razmatranja niza mogućih mjera uspostavljaju planovi upravljanja poplavnim rizicima koji su usklađeni na razini vodnog područja. Republika Hrvatska je u Zakonu o vodama (Narodne novine, br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14) i nizom podzakonskih akata definirala pravni okvir za izradu i provedbu plana upravljanja rizicima od poplava.

Opasnost od poplava predstavlja vjerojatnog poplavnog događaja u određenom periodu i na određenom prostoru (Varnes, 1984). Rizik od poplava se definira kao kombinacija vjerojatnosti poplavnog događaja i njegovih potencijalnih štetnih posljedica (Direktiva o poplavama). Procjena poplavnog rizika na nekom području je najčešće kroz pristup „izvor-put-receptor“ (slika 1). Procjena započinje uočavanjem svih izvora poplave, nastavlja se analizom svih putova do receptora, kao što su stanovništvo, industrija itd., a koji su izloženi neželjenim posljedicama. Vjerojatnost poplavnog događaja odnosno opasnost od poplava je sadržana u prva dva koraka ovog pristupa, a rizika od poplava sadrži dodatne informacije o receptorima i posljedicama.



Slika 1. Pristup „izvor-put-receptor“

Budući da se vjerojatnost poplavnog događaja na nekom području prikazuje putem karata opasnosti od poplava, jasna je poveznica da pouzdanost karata opasnosti onda utječe na pouzdanost procjene poplavnih rizika i potencijalnih štetnih posljedica, a u konačnici i na odabir i definiranje mjera za ublažavanje štetnih posljedica. Razumijevanje vjerojatnosti poplave na nekom području je osnovni element u definiranju rizika od poplave.

Ovaj rad prikazuje metodologiju izrade karata opasnosti od poplava na slivu Krapine za područja s potencijalno značajnim poplavnim rizicima. Cilj rada je prikazati tehničke elemente i elemente modeliranja pri izradi karata opasnosti od poplava iz vodotoka s naglaskom na potrebne podloge, na pristup „izvor-put-receptor“ za procjenu poplavnog rizika te na izvore nepouzdanosti pri izradi karata a temeljem rezultata proračuna velikih

voda na slivu rijeke Krapine. Izrada karata rizika također je vezana uz ovu tematiku, no elementi izrade karata rizika se ne obrađuju u ovom radu. Rad je nastao u sklopu izrade studijske dokumentacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu Krapine za sufinanciranje iz strukturnih fondova Europske unije.

2. UKRATKO O IZRADI KARATA OPASNOSTI U ČLANICAMA EU

2.1. Uzroci i mehanizmi poplava

Kod procjene rizika od poplava sagledavaju se svi mogući uzroci i mehanizmi poplave na promatranom području. Na kopnenom području moguće su poplave iz vodnih tokova, poplave od površinskog dotoka s višeg terena, poplave od podzemnih voda te poplave iz odvodnih sustava, a na obalnom području poplave su moguće uslijed visoke razine mora, morskih oluja i valova. Također poplave su moguće uslijed otkazivanja vodoprivrednih nasipa ili građevina i objekata za akumulaciju i evakuaciju vode (proboj brane, zatajenje opreme, i sl.).

Poplave se uglavnom događaju uslijed meteoroloških prilika koje je teško predvidjeti zbog kaotične prirode atmosferske dinamike, pa se vjerojatnost poplava najčešće određuje analizom povijesnih podataka. Nakon formiranja statističkog niza izračunavaju se empirijske vjerojatnosti kojima se prilagođava teorijska distribucija vjerojatnosti, a njenom ekstrapolacijom dobivaju se poplavni događaji male vjerojatnosti pojave.

Navedeni postupak je uobičajen za poplave iz vodnih tokova i za morske poplave. Određivanje vjerojatnosti poplava od podzemnih voda ili bujičnih poplava nije jednostavan zadatak, pa čak i kada postoje povijesni podaci. Razlog tome je što su uzroci ovih poplava često složena kombinacija meteoroloških uvjeta, kao na primjer veliki intenzitet oborine, zatim geoloških i hidrogeoloških uvjeta te ostalih mehanizama (nedovoljna protočnost kanala, kvar na objektima odvodnje, ljudski faktori). Zbog toga se na kartama opasnosti najčešće prikazuju samo poplave iz vodnih tokova i morske poplave. Ostale vrste poplava (poplave iz sustava odvodnje, poplave od podzemnih voda, bujične poplave, i sl.) se najčešće ne prikazuju jer se rizik povezan s njima ne smatra značajnim i/ili je nedovoljno podataka o povijesnim poplavama na promatranom području. Slijedom navedenog pojednostavljenja ne smije se automatizmom prenijeti informacija da na područjima, koja su na kartama prikazana bez opasnosti, nema nikakvog rizika od poplava, jer karte opasnosti najčešće ne prikazuju sve moguće uzroke i mehanizme poplava.

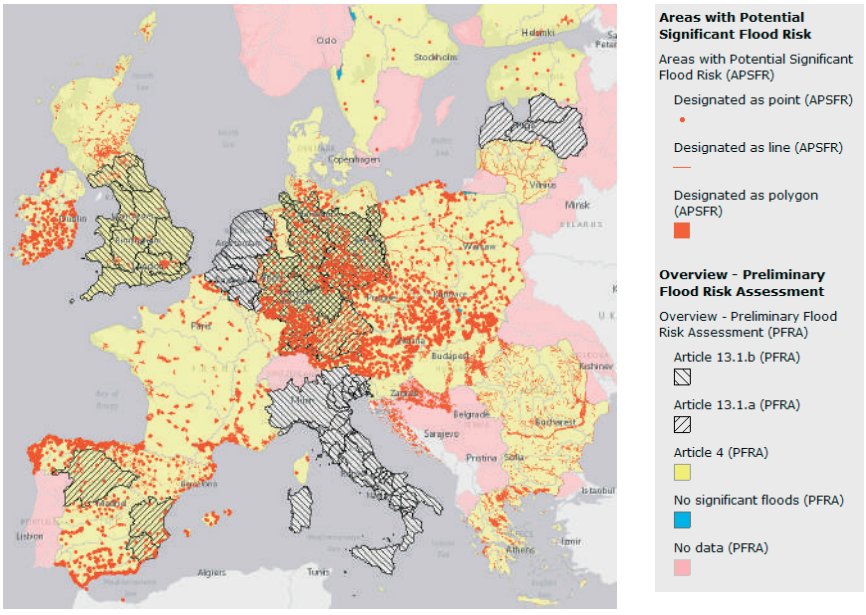
2.2. Vrste i sadržaj karata opasnosti

Vjerojatnost poplavnog događaja odnosno opasnost od poplava se prikazuje na kartama opasnosti, a informacije o receptorima i posljedicama poplave (npr. štete, broj ugroženog stanovništva, itd.) se prikazuju na kartama rizika. Unutar ove dvije grupe karata postoje različiti pristupi definiranja opasnosti i rizika, a time i različitih poplavnih karata. Većina europskih zemalja je izradila karte opasnosti za poplave vjerojatnosti pojave 1/30 do 1/10.000 te su prikazale dva ili tri poplavna scenarija. Karte opasnosti su uglavnom dostupne javnosti, ali je različit postupak njihove izrade, objavljivanja, sadržaja i dostupnosti preko javnih servisa. Primjer različitog pristupa država članica EU uočava se kod pregleda izvještaja preliminarne procjene poplavnih rizika (slika 2) i kod sadržaja karata opasnosti od poplava (tablica 1).

Opasnost od poplava može se prikazati različitim parametrima. Obuhvat, dubina i brzina vode su osnovni, a koriste se još i trajnost, volumen i brzina nailaska vodnog vala. Dubina vode je jedan od najvažnijih parametara obzirom na štete od poplava, a brzina vode je važna kod silovitog toka u gornjim dijelovima sliva i kod rušenja nasipa. Poplave se na nizinskim područjima mogu dugo zadržati pa se za procjenu štete uključuje i parametar trajanja poplave, a također se javljaju i dodatni troškovi poput privremenog smještaja, prekida gospodarskih aktivnosti i prekida u opskrbi. Nadalje, informacije o vremenu dolaska i brzini izdizanja vodnog vala važne su za službe koje provode spašavanje, kao i za procjenu potencijalnog broja žrtava.

Osnovna vrsta karte opasnosti je karta obuhvata koja prikazuje događaje različitih vjerojatnosti pojave kao i povijesne poplave. Obuhvat poplave se prikazuje za tri događaja na jednoj karti, no ponekad samo za jedan događaj (Francuska) iako su proračuni izvršeni za više događaja (Norveška, Danska). Za riječne poplave „srednje“ vjerojatnosti najčešće se prikazuje događaj vjerojatnosti pojave 1/100, dok se za „malu“ vjerojatnost prikazuje događaj vjerojatnosti pojave 1/1.000 ili čak 1/10.000 (Švedska). Za morske poplave „srednje“ vjerojatnosti prikazuje se događaj vjerojatnosti pojave 1/200 (Velika Britanija, Irska).

Neke su države članice izradile zasebne karte opasnosti s prikazom povijesnih poplava. Obuhvat poplave za pojedinačne događaje izrađeni su za Češku (poplave Elbe 1997. i 2002.), za Finsku i za neke dijelove Francuske (van Alphen i Passchier, 2007). Belgija (Flandrija) ima karte „nedavno plavljenih područja“, a najdalje je otišla Irska koja je razvila on-line servis za prikaz lokacija poplavnih događaja za područje cijele države (http://www.floodmaps.ie).



Slika 2. Karte EU članica za PFRA/APSFR prema Direktivi o poplavama, zadnji unos svibanj 2014. godine (izvor: Europski informacijski sustav za vode i more, WISE)

Karte dubina vode daju se po pojedinim povratnih razdobljima s različitim paletama boja. Također se izrađuju zasebne karte dubina vode koje nisu posljedica izlijevanja/preplavljivanja, već posljedica otkazivanja građevina (proboj nasipa). Budući da lokacija otkazivanja građevine nije unaprijed poznata dobivaju se karte opasnosti za različite scenarije otkazivanja, te se za općeniti uvid u opasnost izrađuje jedna karta s maksimalnim ili prosječnim dubinama od svih računskih scenarija (primjer Nizozemske).
Ostali parametri opasnosti od poplava se također prikazuju ovisno o korisniku i svrsi karte. Brzina vode se prikazuje u Austriji i Luksemburgu, a brzina izdizanja vodnog vala u Belgiji (Flandriji). U Mađarskoj i Nizozemskoj prikazuje se propagacija vodnog vala. Svi navedeni parametri se prikazuju za pojedinu vjerojatnost pojave.

Tablica 1. Pregled vrsta, sadržaja i korisnika karata opasnosti i rizika od poplave u državama Europske unije (izvor: de Moel i drugi 2009)

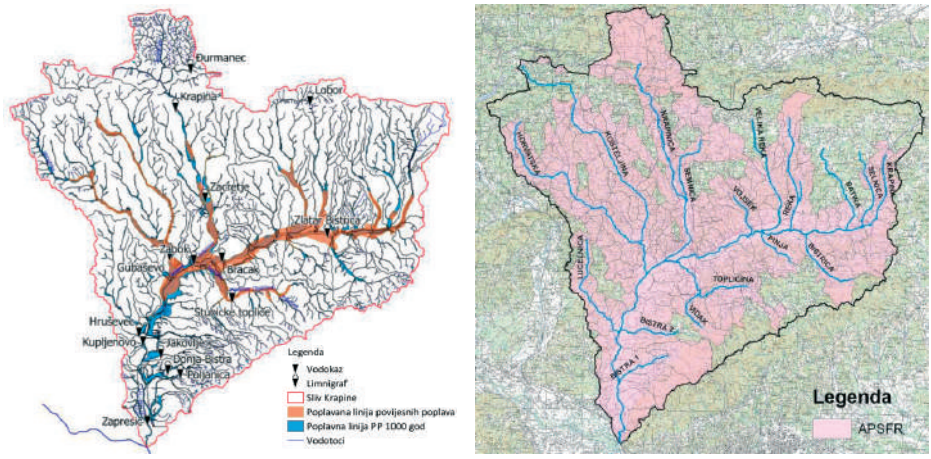
Država	Razno			Vrsta karte								Sadržaj			Korisnici u javnoj upravi					
	Pokrivenost (*)	Izrađivač (**)	Dostupno on-line	Povijesne poplave	Obuhvat poplave	Dubina vode	Ostali parametri (***)	Ugroženost poplavama	Izloženost poplavama	Kvalitativan rizik	Kvantitativan rizik (štete)	Broj događaja na kartama opasnosti	Broj događaja na kartama ugroženosti	Broj računskih događaja (****)	Provedba spašavanja	Prostorno planiranje (preporuke)	Prostorno planiranje (obavezno)	Gradnja	Osiguranje	Procjena/upravljanje rizikom
Flandrija (BE)	1	R	Da	X	X	X	R				X			17					X	X
Francuska	1	R	Da	X	X				X	X		1		1			X	X		
Švicarska	1	R	Da		X	X		X		X		1	4	4	X		X	X		
Nizozemska	1	C	Da			X	V								X					X
Velika Britanija	1	C	Da		X			X	X			2	4–7	4		X			X	
Rumunjska	1	C			X				X					S	X		X			
Slovačka	1	C			X				X					S	X					X
Valonija (BE)	1	R	Da					X					3	3						
Mađarska	1				X		P					2		2	X	X				
Irska	1	C	Da	X	X							3				X				X
Litva	1	R		X	X										X		X			
Češka	1	R	Da	X	X							3		3	X					
Slovenija	1	C			X									4	X					
Estonija	1	C		X																
Grčka	1	C		X																
Njemačka	2	R	Da		X	X		X			X	1–4	4	V			X	X		
Španjolska	2	R		X	X				X	X		3		3	X		X			
Italija	2	R	Da		X				X	X		3		3			X			
Finska	2	R	Da	X		X							5		X	X		X		X
Austrija	2	C			X		V	X				3	5	3		X				
Luksemburg	2	P	Da		X	X	V	X				4	4	4		X				
Poljska	2	R			X	X						2–8		V	X		X			
Norveška	2	C			X							1		6	X	X				
Portugal	2	L			X										X	X				X
Švedska	2	C	Da		X							2		2	X	X				X
Danska	3	C			X							1		2						
Latvija	3	C			X							1		V	X	X				

Tumač oznaka: (*) 1: cijela država; 2: neke regije/u tijeku; 3: pojedina područja. (**) C: centralna uprava; R: regionalna uprava; L: lokalna uprava; P: projekt. (***) R: brzina podizanja; V: brzina; P: propagacija. (****) S: nekoliko, ali više od jedan; V: različito ovisno o području.

Karte opasnosti se izrađuju u različitim mjerilima. U Finskoj su karte opasnosti izrađene u mjerilu 1:20.000 ili 1:25.000. U Njemačkoj se karte razlikuju prema korisnicima, pa su tako za širu javnost karte ograničenih informacija u mjerilu 1:5000, dok su za znanstvene organizacije i javnu upravu krupnijeg mjerila. Karte u Bugarskoj su mjerila 1:50.000, a u Poljskoj od 1:25.000 do 1:100.000.
Na kraju pregleda izrade karata opasnosti u EU državama potrebno je naglasiti i različiti pristup uključivanja građevina za obranu od poplava. Kod prikaza obuhvata poplave građevine obrane od poplava se ponekad uključuju a ponekad ne, a kada se uključuju smatraju se trajnim građevinama. U Velikoj Britaniji i Irskoj na kartama obuhvata prikazuje se i rezidualni rizik odnosno obuhvat poplave za slučaj bez sustava obrane od poplava.

3. METODOLOGIJA

Problematika poplava na slivu rijeke Krapine obrađivana je u nekoliko prethodnih elaborata s različitim pristupima hidrološkim i hidrauličkim analizama velikih voda. U nekoliko prethodnih elaborata i studija analizirane su velike vode i erozijski potencijal na cjelokupnom slivu rijeke Krapine (VRO Zagreb 1988, Hrvatske vode 2004, Barbalić 2006, Tehnoart d.o.o. 2009, IEE 2012). Regulacijski radovi na vodotocima većinom su izrađeni parcijalno i nisu usklađeni u cjelini, tako da danas postoje različiti stupnjevi zaštite od poplava na slivu.
Topografske i meteorološke karakteristike sliva rijeke Krapine pogoduju plavljenju ponajprije nizinskih dijelova sliva na kojem se prvenstveno nalaze naselja, industrija i infrastruktura kao i poljoprivredne površine i šume. Najugroženija područja nalaze se uz tri rijeke: Krapina, Krapinica i Topličina (slika 3). Na rijeci Krapini poplavom najugroženija područja su grad Zabok, Bedekovčina, Zlatar Bistrica, Konjščina, državna cesta Zabok-Konjščina te željeznička pruga. Na rijeci Krapinici poplavom najugroženija područja su Đurmanec i Sv. Križ Začretje sa sigurnošću od događaja vjerojatnosti 1/10, grad Krapina sa sigurnošću od događaja vjerojatnosti 1/50 te državna cesta Zagreb-



Slika 3. Povijesne poplave (lijevo) i naselja s potencijalno značajnim rizikom od poplava iz preliminarne procjene poplavnih rizika (desno)

Macelj sa sigurnošću od događaja vjerojatnosti 1/100. Na rijeci Topličini poplavom su najugroženiji Donja Stubica i Oroslavlje sa sigurnošću od događaja vjerojatnosti 1/10, zatim Stubičke Toplice i Gornja Stubica, te državna cesta Zabok-D.Stubica i željeznička pruga Zabok-G.Stubica.

Karte opasnosti od poplava na slivu rijeke Krapine je potrebno izraditi za sva područja s potencijalno značajnim rizikom od poplava iz preliminarne procjene (Area of Potentially Significant Flood Risk, APSFR). Slika 3 lijevo prikazuje obuhvate povijesnih poplava iz prethodnih studija i zabilježenih događaja te hidrografsku mrežu i lokacije vodomjernih postaja na slivu. Slika 3 desno prikazuje naselja s potencijalno značajnim rizikom od poplava (APSFR). Uočava se da vodomjerne postaje ne postoje za sve vodotoke iz povijesnih poplava i za sva APSFR područja. Također treba napomenuti da su APSFR definirani na temelju razmatranja vjerojatnosti i mogućih štetnih posljedica riječnih poplava različitih mehanizama, kao što su nagle promjene uzdužnog pada, intenzivne kratkotrajne oborine, mala protočnost rijeke Krapine za prihvat brdskih voda te neodržavanost i smanjenje protočnog profila nekih pritoka. Budući da mreža vodomjernih postaja na slivu ne obuhvaća sve vodotoke i sva područja APSFR te da su zapisi vodostaja i protoka nedovoljne duljine, karte opasnosti nije moguće prikazati jednostavnim oduzimanjem razina vode iz statističke obrade i razina terena, pa su velike vode na slivu određene hidrološko-hidrauličkim modeliranjem.

U hidrološko-hidrauličkom modeliranju bilo je potrebno definirati pristup modeliranju, definirati prostorne domene i rubne uvjete modela te odabrati relevantne računalne pakete. Budući da jedna kišna epizoda neće formirati velikovodni događaj jednolike vjerojatnosti pojave na svim vodotocima, odabran je pristup da se proračun velikih voda izradi zasebno za svaki predmetni vodotok. Uz izradu karata opasnosti od poplava za sliv rijeke Krapine, u ovom zadatku je bilo potrebno omogućiti i ispitivanje različitih mjera upravljanja rizicima od poplava na područjima s visokim rizicima od poplava kao i na cjelokupnom slivu, pa su odabrani nestacionarni rubni uvjeti modela i hidrodinamički proračuni razina i brzina vode. Analiza velikih voda sliva rijeke Krapine načelno je provedena u tri koraka: statistička obrada mjerenja s hidroloških postaja, izrada hidrološkog modela otjecanja te izrada hidrauličkog modela tečenja.

U prvom koraku izrađena je statistička obrada vodomjerenja koja je uključila ispitivanje homogenosti i duljine nizova vodostaja i protoka s 14 vodomjernih stanica na 10 vodotoka iz baze HIS2000 i baza podataka Hrvatskih voda. Vršni protoci i vodostaji velikih voda dobiveni su obradom nizova godišnjih maksimuma. Obradom satnih zapisa protoka dobiveni su volumeni hidrograma i trajanja hidrograma velikih voda, temeljem kojih je bilo moguće formirati sintetičke hidrograme velikih voda na hidrološkim stanicama. U drugom koraku su proračunati hidrogrami velikih voda za svaki predmetni vodotok usporedbom računskih hidrograma i sintetičkih hidrograma iz prvog koraka. Hidrološkim proračunom se za pojedini poplavni scenarij dobivaju hidrogrami tražene vjerojatnosti pojave na predmetnom vodotoku, dok hidrogrami na pripadajućim pritocima mogu ali i ne moraju imati istu vjerojatnost pojave. U trećem koraku su proračunate razine i brzine vode za svaki predmetni vodotok zasebno, i to prvo od nizvodnih vodotoka prema uzvodnim. Dakle, prvo je izrađen hidraulički model rijeke Krapine.

Za proračun razina i brzina vode velikih voda definirani su dakle nestacionarni rubni uvjeti za svaki predmetni vodotok i za svaki poplavni scenarij na način da su vodostaji

na najnizvodnijoj dionici zapravo računski vodostaji iz nizvodnog hidrauličkog modela, a dotoci s pripadajućih podslivova su računski hidrogrami iz hidrološkog proračuna. Prikazanom metodologijom omogućen je hidrodinamički proračun velikih voda različitih vjerojatnosti pojave na svim predmetnim vodotocima te je omogućeno ispitivanje niza mjera za upravljanje rizicima od poplava na slivu.

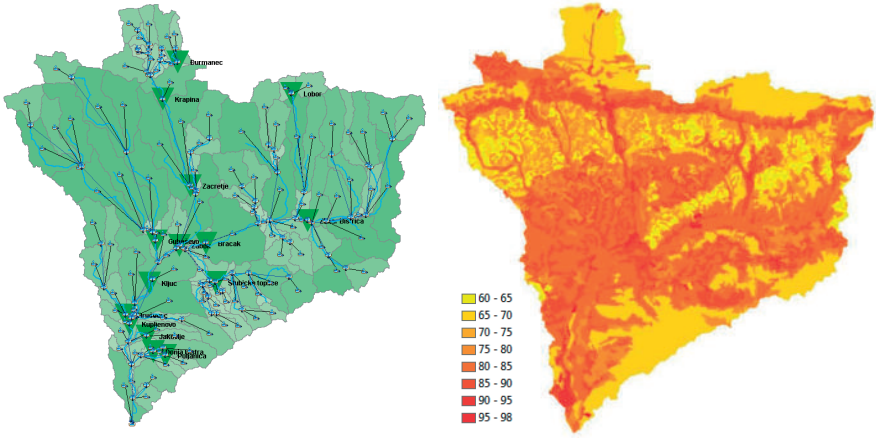
4. REZULTATI PRORAČUNA

4.1. Hidrološki model otjecanja

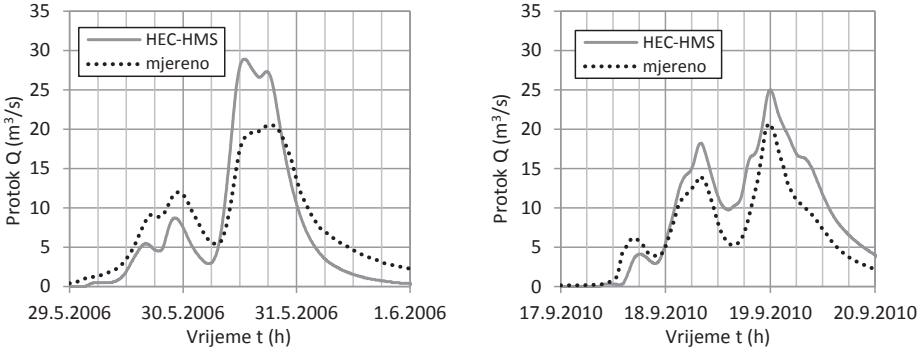
Za ovaj zadatak izrađen je jedinstveni hidrološki model otjecanja za cijeli sliv rijeke Krapine. Za napomenuti je da do ovog zadatka hidrološki model otjecanja nije bio izrađen niti za jedan dio sliva. Podslivovi sliva Krapine definirani su podjelom sliva na osnovne podslivove glavnih vodotoka i kanala. Dobiveni osnovni podslivovi dodatno su podijeljeni prema sljedećim kriterijima: prema lokacijama predmetnih vodotoka i kanala, prema lokacijama hidroloških stanica (kontrolne točke), te prema lokacijama planiranih regulacijskih građevina (retencije i akumulacije). Tako je sliv Krapine u hidrološkom modelu definiran s 127 podslivova, 85 vodotoka (poddionice) te uključuje 10 planiranih retencija (slika 4). Geografske karakteristike podslivova (površina, duljina, nagib, težište) definirani su korištenjem HEC-GeoHMS alata na raspoloživom digitalnom modelu terena (DMT) uz kontrolu na topografskim kartama 1:25.000.

Za hidrološki proračun velikih voda korišten je programski paket HEC-HMS sa sljedećim elementima: projektne oborine definirane su kao balansirane 24-satne oborine „frequency storm“ metodom, efektivne oborine procijenjene su SCS metodom, direktno otjecanje proračunato je metodom SCS jediničnog hidrograma, a metodom kinematskog vala proračunata je transformacija vodnog vala duž vodotoka.

CN brojevi krivulja za podslivove procijenjeni su za prosječno stanje vlažnosti tla (slika 4) temeljem podataka o tlu i pokrovu. Hidrološki tip tla (A, B, C, D) definiran je iz pedoloških karata, a tip pokrova definiran je prema podacima iz baze CORINE Land Cover 2006.

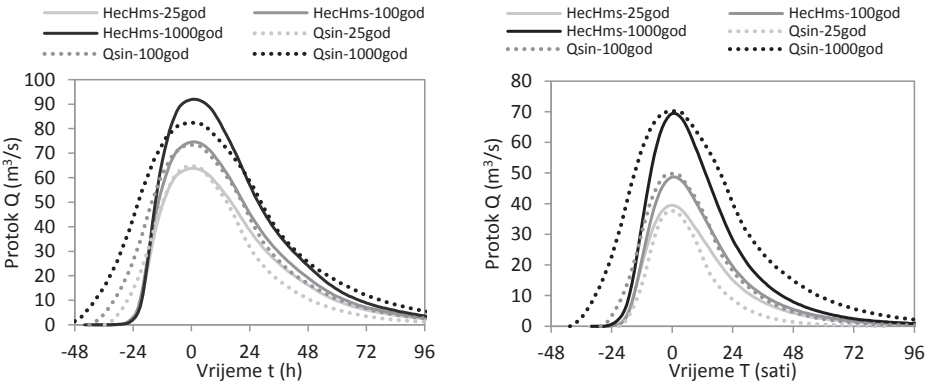


Slika 4. Topološka shema otjecanja u HEC-HMS modelu (lijevo) i karta CN brojeva (desno)



Slika 5. Rezultat kalibracije i verifikacije hidrološkog modela za h.s. Krapina na Krapinici

Parametri za kalibraciju hidrološkog modela su vrijeme zakašnjenja (vrijeme koncentracije) i CN brojevi krivulja za podslivove, a koji su definirani usporedbom računskih i zabilježenih hidrograma na hidrološkim stanicama (slika 5). Kalibracija i verifikacija hidrološkog modela otjecanja i hidrauličkog modela tečenja izrađena je za tri velikovodna događaja s najvećim protocima rijeke Krapine na Kupljenovu iz perioda 2001.-2010.: događaj 2005. za razdoblje od 5.12.2005. do 9.12.2005., događaj 2006. za razdoblje od 29.5.2006. do 2.6.2006., te događaj 2010. za razdoblje od 17.9.2010. do 21.9.2010. Hijetogram oborina kod navedenih velikovodnih događaja definiran je temeljem zabilježenih satnih količina oborine s kišomjerne postaje Krapina i jednoliko je raspodijeljen po slivu.



Slika 6. Primjer usporedbe računskih hidrograma (puno) i sintetičkih hidrograma (točkasto) za h.s. Gubaševo na Horvatskoj (lijevo) i h.s. Stubičke Toplice na Topličini (desno)

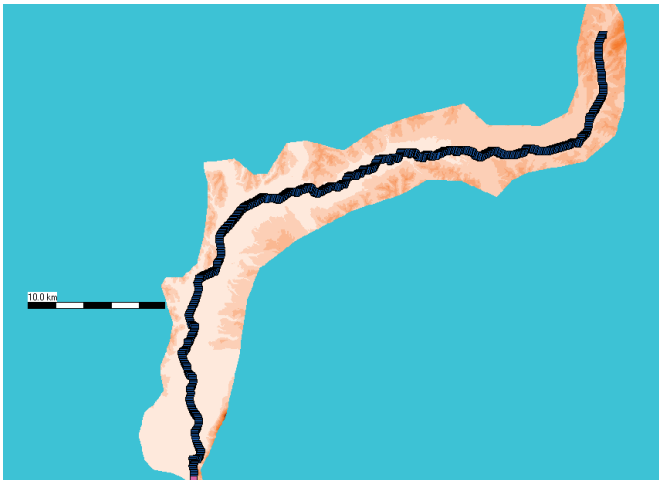
Za proračun velikih voda definirani su računski hijetogrami kao 24-satne balansirane oborine „frequency storm“ metodom na osnovu količina oborine iz ITP funkcija za zonu A na području Zagreba (JVP 1992). Hidrogrami velikih voda proračunati su za

svaki predmetni vodotok usporedbom računskih hidrograma i sintetičkih hidrograma iz statističke obrade (slika 6). Kod proračuna hidrograma određene vjerojatnosti pojave korištene su ulazne oborine iste vjerojatnosti pojave i koje su jednoliko raspodijeljene na pripadajućim podslivima. Budući da odnos između oborina i otjecanja nije linearan, kod proračuna hidrograma izvršene su dodatne korekcije računskih parametara, primarno vremena zakašnjenja iz kalibracije modela.

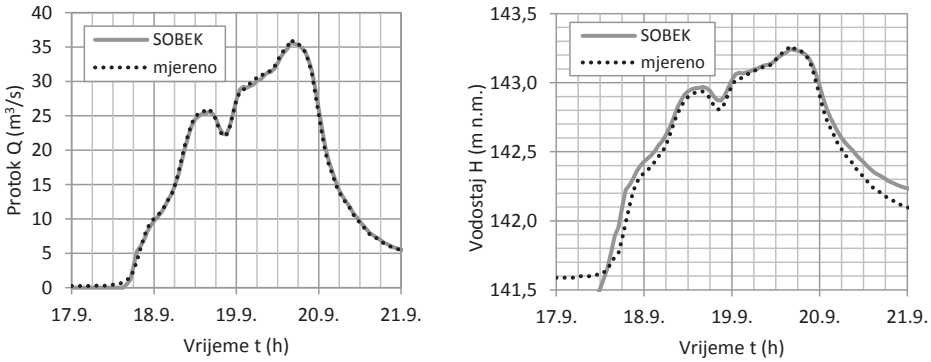
4.2. Hidraulički model tečenja

Sliv rijeke Krapine je asimetričan u odnosu na glavni vodotok, rijeku Krapinu, pri čemu su desni pritoci dulji i imaju veće površine sliva, a lijevi pritoci s obronaka Medvednice su kraći i izrazitijeg bujičnog karaktera. Značajni desni pritoci Krapine su vodotoci Lučelnica, Horvatska, Krapinica, Vojsek, Velika Reka, Reka, Batina i Selnica. S lijeve strane ističu se vodotoci Bistra I, Topličina, Pinja i Bistrica. Prema 'Odluci o popisu voda 1. reda' (NN 79/2010), u vode prvog reda na slivu Krapine, svojom slivnom površinom ili prema duljini toka svrstane su: rijeke Krapina, Krapinica i Horvatska, te potoci Topličina i Kosteljina. Hidraulički modeli izrađeni su za sve navedene vodotoke, te za potoke Bistru II, Vidak i Šemnicu jer se na njima nalaze veća naselja koja se povremeno plave (Jakovlje, Stubičke Toplice, Donja Šemnica).

Za svaki od predmetnih vodotoka izrađen je zaseban hidraulički model te su njihovi rezultati (obuhvat poplave, dubine i brzine vode) na kraju spojeni u iste izlazne datoteke. Za pet vodotoka 1. reda (Krapina, Krapinica, Horvatska, Topličina, Kosteljina) izrađen je 1D2D hidraulički modeli korištenjem SOBEK paketa (slika 7). Na dvanaest manjih vodotoka (Lučelnica, Vojsek, Velika Reka, Reka, Batina, Selnica, Bistra I, Pinja, Bistrica, Bistra II, Vidak i Šemnica) izrađen je 1D hidraulički modeli korištenjem HEC-RAS paketa. Navedeni manji vodotoci imaju veće uzdužne nagibe i relativno uske doline, pa se zbog malih volumena izlijevanja i kraćeg zadržavanja vode u inundaciji pretpostavlja da su 1D modeli dovoljne pouzdanosti za proračun razina i brzina vode velikih voda.



Slika 7. Sobek 1D2D model rijeke Krapine



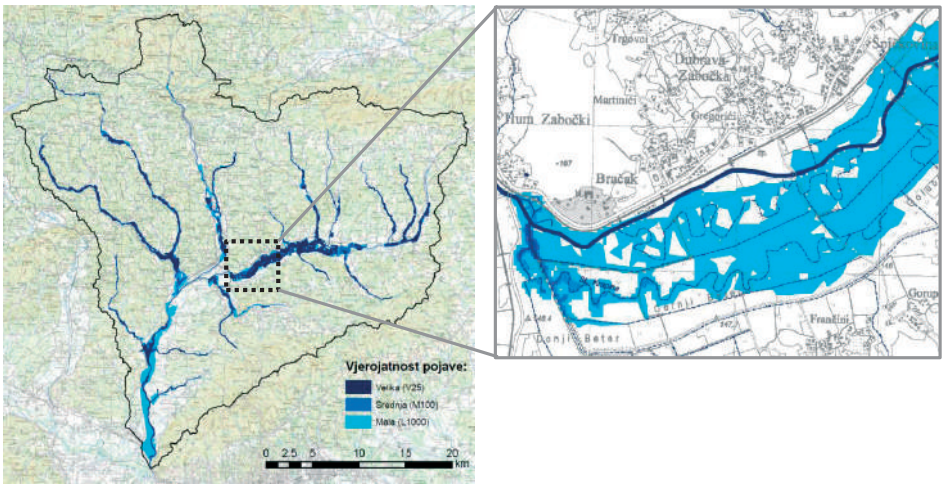
Slika 8. Rezultat kalibracije hidrauličkog modela rijeke Krapinice na h.s. Zabok

Poprečni profili korita definirani su na međusobnoj udaljenosti od 100 m. Za 1D2D modeliranje tečenja po inundaciji definiran je raster prostornog koraka 20 x 20 m za rijeku Krapinu, te raster koraka 10 x 10 m za ostale vodotoke. Nakon definiranja geometrije i izrade hidrauličkog modela, izvršena je kalibracija i verifikacija hidrauličkih modela na vodotocima usporedbom računskih i izmjerenih protoka i vodostaja na hidrološkim stanicama za povijesne vodne valove iz 2006. i 2010. godine. Za primjer pouzdanosti rezultata razina vode prikazuje se kalibracija 1D2D hidrauličkog modela (SOBEK) za poplavni događaj iz rujna 2010. godine (slika 8). Korištenjem usvojenih računskih parametara modela iz postupka kalibracije i usvojenih rubnih uvjeta protoka i vodostaja proračunate su razine i brzine vode za velike vode 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 i 1000 godišnjeg povratnog razdoblja.

Rubni uvjeti u hidrauličkom modelu su ulazni hidrogram s pripadajućih podslivova, te računske razine vode iz nizvodnog hidrauličkog modela odnosno razine vode rijeke Save za model rijeke Krapine. Povezivanje hidrološkog i hidrauličkog modela izvršeno je na sljedeći način:

- za podslivove na uzvodnim dijelovima vodotoka - rubni uvjet u hidrauličkom modelu je pripadni hidrogram s podsliva koji se dodaje u točki;
- za podslivove duž vodotoka gdje postoje pritoci - pripadajući dotoci se dodaju u točki na spoju pritoka i vodotoka;
- za podslivove duž vodotoka gdje nema pritoka - pripadajući dotoci se dodaju kao lateralni dotok a koji se u hidraulički model dodaju kroz linearno povećanje dotoka duž vodotoka.

Kod karta opasnosti korištene su anvelope maksimalnog obuhvata, razina i brzina vode iz hidrauličkih proračuna s prikazom parametara prema metodologiji iz Twinning projekta „Izrada karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava“. Proračuni velikih voda izrađeni su za poplave različitih vjerojatnosti pojave, a na kartama su prikazani parametri za poplave vjerojatnosti 1/25, 1/100 i 1/1000. Za primjer prikazuje se obuhvat poplave za cijeli sliv i dubine vode za dio rijeke Krapine za događaj vjerojatnosti 1/100 (slika 9). Slika 9 desno pokazuje rezultate dubina vode iz 1D2D modela rijeke Krapine kod Bračka, tok je s desna na lijevo. Duž lijeve inundacije uočavaju se različiti putove poplave, a sve uslijed izlijevanja iz korita na uzvodnoj dionici. Takove rezultate toka vode po inundaciji i dosega poplave moguće je simulirati jedino 2D modelima.



Slika 9. Prikaz obuhvata poplave za cijeli sliv (lijevo) i dubina vode za dio sliva (desno)

ZAKLJUČAK

U radu je prikazana metodologija i rezultati izrade karata opasnosti za poplave za sliv rijeke Krapine za APSFR područja iz preliminarne procjene prema zahtjevima Direktive o poplavama. Velike vode proračunate su kombinacijom statističke obrade vodomjerenja uz hidrološko-hidrauličko modeliranje. Nakon pregleda izrade karata opasnosti u EU članicama zaključuje se sljedeće:

- Izbor o vjerojatnostima pojave koje se prikazuju na kartama opasnosti je na državama članicama.
- Na kartama opasnosti se uglavnom prikazuju samo poplave iz vodotoka i morske poplave. Uz prikaz obuhvata, dubine i brzine vode na kartama opasnosti se po potrebi prikazuju i brzina rasta hidrograma, brzina propagacije vodnog vala, trajanje vodnog vala, te opasnost kao kombinacija dubine i brzine vode. Navedeni dodatni parametri su naročito važni kod bujičnih poplava i za poplave u nizinskih područjima.
- Karte opasnosti su izrađene u različitim mjerilima i koriste za različite namjene: za pripremu spašavanja, u prostornom planiranju, za sektor osiguranja te za planove upravljanja poplavnim rizicima.
- Kod nekih EU članica sustavi obrane od poplave se ne uključuju kod izrade karata opasnosti.

Nakon proračuna velikih voda i izrade karata opasnosti za sliv rijeke Krapine moguće je zaključiti sljedeće:

- Mreža hidroloških stanica uglavnom pokriva veće vodotoke na slivu, ali je potrebna provjera konsumpcijskih odnosa na nekim stanicama. No budući da hidrološka mreža ne pokriva sve predmetne vodotoke, hidrogrami velikih voda dobiveni su modeliranjem otjecanja uz korištenje teoretskih hijetograma. Kalibracija i verifikacija modela otjecanja je poželjna, a ponekad i obavezna, ali problem predstavlja mali broj ombrografskih stanica na slivu.

- Satna vodomjerenja dostupna su samo za zadnjih 5 do 10 godina, što omogućava verifikaciju modela otjecanja za događaje velike vjerojatnosti pojave. Budući da takva verifikacija nije moguća za događaje male vjerojatnosti, proračun hidrograma velikih voda oslanja se na sintetičke hidrograme čiji su oblici dobiveni značajnim ekstrapolacijama empirijskih vjerojatnosti vremenske baze hidrograma.
- Ne postoji baza povijesnih poplava na slivu.
- Korištenje 1D2D hidrauličkih modela je vremenski puno zahtjevnije ali se njima omogućavaju različiti putovi vode po inundaciji, a time i pouzdanije definiranje obuhvata poplave. Ne preporuča se korištenje 2D modela kod hidrološki neizučenih slivova jer je tada moguće i povećanje greške u procjeni razina vode velikih voda.
- Izrada geometrije korita vodotoka i inundacije predstavlja poseban problem. Vektorski digitalni model reljefa (DMR) postoji za čitav sliv i sastoji od točaka i karakterističnih linija, međutim ne obuhvaća sve linijske objekte na inundaciji i ne obuhvaća korita vodotoka. Geodetski snimci korita postoje u digitalnom obliku na nekim dionicama vodotoka, ali su snimci na većini dionica ili analogni ili sasvim nedostaju.

Na pouzdanost karata opasnosti utječu pouzdanost meteoroloških, hidroloških i geodetskih podloga, te odabir složenosti hidrauličkog modela. Nakon definiranja obuhvata, dubina i brzina vode na slivu rijeke Krapine pokazuje se da na pouzdanost karata opasnosti uglavnom utječe manjak i nepouzdanost podloga, a manje odabir složenosti modela i metode hidrološkog i hidrauličkog proračuna. Naglašava se nedostatnost dugovremenih satnih vodomjerenja, a poseban problem predstavlja nedostatak geodetskih podloga jer noviji digitalni snimci korita nisu dostupni na većini dionica vodotoka 1. reda. Nadalje, baza s informacijama i obuhvatom povijesnih poplava uvelike bi olakšala verifikaciju hidrološko-hidrauličkih modela i izrađenih karata opasnosti.

Navedene analize provedene su u sklopu izrade studijske dokumentacije za pripremu projekata zaštite od poplava za sufinanciranje iz strukturnih fondova EU. U nastavku će se definirati optimalne mjere upravljanja rizicima od poplava temeljem izračuna smanjenja prosječnih godišnjih šteta te analizom koristi i troškova pojedinih mjera. Za smanjenje nepouzdanosti kod izrade karata opasnosti i rizika od poplava na slivu Krapine potrebno je dakle prikupljanje detaljnijih i pouzdanijih ulaznih podloga, a što bi svakako trebalo provesti uz financijsku podršku strukturnih fondova EU.

LITERATURA

[1] Barbalić, D. (2006): *Određivanje cjelina površinskih voda,* Hrvatske vode, 14 (56/57), 289-296.

[2] de Moel, H., van Alphen, J., Aerts, J.C.J.H., (2009): *Flood maps in Europe – methods, availability and use*, Natural Hazards and Earth System Science, 9, 289–301.

[3] Direktiva 2007/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća o procjeni i upravljanju rizicima od poplava

[4] EXCIMAP, (2007): *Handbook on good practices for flood mapping in Europe, European exchange circle on flood mapping*.

[5] Hrvatske vode VGO Sava (2004): *Rizici od poplave na slivu Krapine*, Zagreb.

[6] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. (2012): *Analiza visokovodnog režima*

sliva Krapine s prijedlogom tipskih rješenja hidrotehničkih objekata i ekološke regulacije vodotoka, Zagreb.

[7] JVP Hrvatska vodoprivreda, OJ Zagreb (1992): *Vodoprivredna osnova grada Zagreba* - Izmjene i dopune.

[8] Tehnoart d.o.o., (2009): *Hidrološka analiza sliva Krapine s novelacijom hidrotehničkih rješenja*, Zagreb.

[9] USACE U.S. Army Corps of Engineers, (1996): *Engineering and Design, Risk-based Analysis for Flood Damage Reduction Studies*, Manual No. 1110-2-1619.

[10] van Alphen, J. i Passchier, R., (2007): *Atlas of Flood Maps, examples from 19 European countries, USA and Japan*, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, The Hague, Netherlands, prepared for EXCIMAP.

[11] Varnes, D.J., (1984): *Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice*, UNESCO Press, Paris.

[12] VRO Zagreb, (1988): *Vodoprivredno rješenje uređenja sliva rijeke Krapine*, Zagreb.

AUTORI

doc.dr.sc. Damir Bekić [a]
Vlatko Kadić, dipl.ing. [b]
Vedran Ivezić, mag.ing. [b]
Igor Kerin, mag.ing. [b]

[a] Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za hidrotehniku, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Hrvatska, damir.bekic@grad.hr

[b] Hidrokonzalt projektiranje d.o.o., Hvarska 9A, 10000 Zagreb, Hrvatska, hidrokonzalt.zagreb@hidrokonzalt.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.12.

HIDRAULIČKI SIMULACIJSKI MODELI SUSTAVA OBRANE OD POPLAVA SREDNJEG POSAVLJA

Dario Kolarić, Berislav Brkić

SAŽETAK: Srednje posavlje je dio bazena rijeke Save s glavnim pritokama Kupom i Unom, a proteže se od državne granice s Republikom Slovenijom do Mačkovca na Savi. Stalna izloženost ovoga područja poplavama zahtijevala je sustavno rješenje koje se počelo oblikovati i izgrađivati prije približno 50 godina. U razdoblju do osamdesetih godina prošloga stoljeća izvedeni su značajni terenski radovi, no sustav nikada nije u potpunosti dovršen prema izvornoj zamisli. Kako bi se stekla kvalitetna slika o vodnom režimu, razvijeni su hidraulički simulacijski modeli nestacionarnog tečenja predmetnog područja, posebno za kupski, a posebno za savski podsustav. Težište kupskog podsustava je obrana od poplava grada Karlovca, dok je u okviru savskog podsustava naglasak stavljen na zaštitu gradova Zagreba, Siska i Jasenovca. Navedeni simulacijski modeli zamišljeni su kao suvremeni alati za trajnu upotrebu u domeni planiranja, projektiranja i upravljanja objektima obrane od poplava.

KLJUČNE RIJEČI: Srednje posavlje, obrana od poplava, Sava, Kupa, vodni režim, nestacionarno tečenje

HYDRAULIC SIMULATION MODELS OF THE FLOOD DEFENSE SYSTEM SREDNJE POSAVLJE

SUMMARY: Srednje Posavlje is a part of the Sava River Basin together with its major tributaries Kupa and Una, extending from the border with the Republic of Slovenia to the settlement Mačkovac on the Sava River. A constant exposure to floods required a systematic solution for this area, whose development and construction began about 50 years ago. In the period before the 1980s, significant field work was carried out, although the system has never been fully completed in accordance with the original idea. For the purpose of gaining a good insight into the water regime, hydraulic simulation models of unsteady flow were developed for the area, separately for the subsystems of the Kupa and the Sava. The focus of the Kupa subsystem is flood protection of the town Karlovac, whereas the role of the Sava subsystem is to provide flood protection for the City of Zagreb and the towns Sisak and Jasenovac. The described simulation models are conceived as modern tools for permanent use in planning, design and management of flood protection facilities.

KEY WORDS: Srednje Posavlje, flood protection, Sava River, Kupa River, water regime, unsteady flow

1. UVOD

Sustav obrane od poplava Srednjeg posavlja proteže se od Jesenica do Mačkovca na rijeci Savi, te od Kamanja do ušća u Savu na rijeci Kupi. Počeo se oblikovati i izgrađivati prije približno 50 godina. Područje obuhvata je središnji prostor Republike Hrvatske. Osnovni razlog razvoja i izgradnje bile su česte poplave na spomenutom području. U razdoblju do osamdesetih godina prošloga stoljeća izvedeni su značajni terenski radovi, no sustav nikada nije u potpunosti dovršen prema izvornoj zamisli. Procjenjuje se da je izvedeno približno 40% izvorno predviđenih radova. Time je djelomično povećana sigurnost od poplava. No, budući da izvorna zamisao u sadašnjim uvjetima nije više u potpunosti primjenjiva, a trenutna razina sigurnosti od poplava nije zadovoljavajuća, optimalno rješenje sustava se i dalje istražuje. Glavni vodotok područja je rijeka Sava. Najvažniji pritoci su rijeka Kupa, koja utječe u Savu kod grada Siska i rijeka Una, koja utječe kod grada Jasenovca. Problemi obrane od poplava riješeni su reteniranjem visokih vodnih valova u prirodnim poplavnim depresijama („poljima“) dok su naselja zaštićena nasipima. U okviru ovoga rada, razmatran je dio Sustava obrane od poplave Srednjeg posavlja prikazan na slici 1.

Uz nasipe, osnovne komponente razmatranog dijela Sustava obrane od poplava čine:

I. Rasteretni kanali (kanal Odra, kanal Lonja-Strug, kanal Kupa-Kupa) – služe za evakuaciju viška vodnih količina iz vodotoka u retencijske prostore, čime se kompenzira nedostatni kapacitet korita osnovnog vodotoka, na kritičnim dionicama.

II. Distribucijski objekti (preljev Jankomir, preljev Palanjek, preljev Košutarica, ustava Prevlaka, ustava Trebež) – služe za regulaciju vodnih količina unutar sustava.

III. Retencijski prostori (Kupčina, Odransko polje, Žutica, Lonjsko polje, Opeka, Trstik, Mokro polje, Zelenik) – služe za prihvat viška voda, kod prolaska vodnog vala.

S ciljem valorizacije Sustava s aspekta obrane od poplava te identifikacije smjernica za daljnje aktivnosti na njegovu razvoju, pristupilo se hidrauličkom modeliranju, za nestacionarne uvjete tečenja na predmetnom području te za različite kritične velikovodne situacije na slivu (po vjerojatnosti pojavljivanja i po koincidenciji pojavljivanja). Područje Srednjeg posavlja je zbog složenosti podijeljeno na dva manja podsustava; kupski i savski. Točka razgraničenja je VP Jamnička Kiselica. Težište razmatranja kupskog podsustava je obrana od poplava grada Karlovca, dok je u okviru savskog podsustava naglasak stavljen na zaštitu gradova Zagreba, Siska i Jasenovca.

Matematički modeli su prvenstveno zamišljeni kao osnovni alati za analizu velikovodnog režima u postojećem i varijantnom budućem stanju izgradnje, izradu karata poplavnih površina, kao i ocjenu sigurnosti nasipa na razmatranom području. Razvoj modela traje posljednjih desetak godina, kroz potrebe različitih projekata. Naručitelj su uglavnom Hrvatske vode. O kompleksnosti matematičkih modela govore podaci u sljedećoj tablici.

Tablica 1. Osnovni podaci o modelima

Parametar	Broj modeliranih vodotoka	Broj modeliranih retencija	Broj vodomjernih postaja korištenih pri kalibraciji	Duljina modeliranih tokova - km	Broj poprečnih profila
Model kupskog podsustava	13	4	14	190	780
Model savskog podsustava	19	7	50	560	1600

2. ULAZNI PODACI

2.1. Topografske podloge

2.1.1. Karte

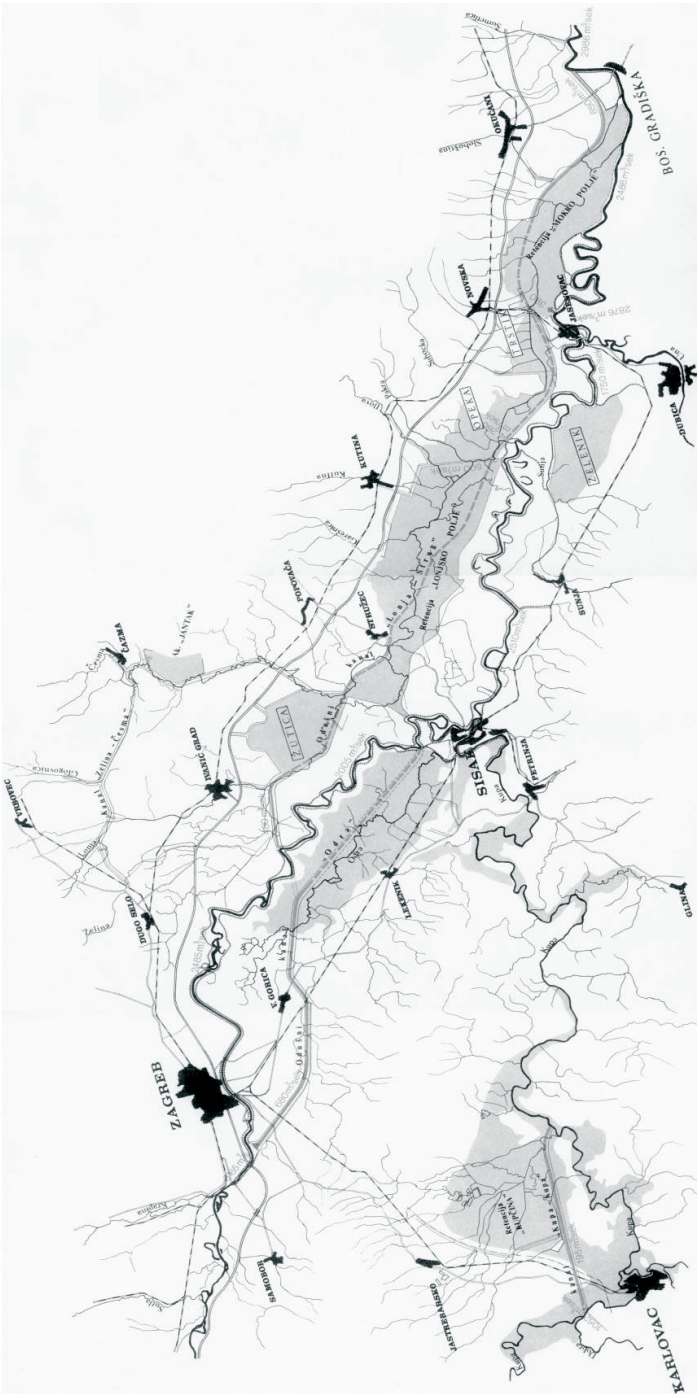
Za potrebe formiranja topografske osnove simulacijskih modela, prikupljene su topografske karte mjerila 1:25.000 i 1:100.000 (TK25 i TK100), čime je prostorno pokriveno predmetno područje. Riječ je o kartama iz perioda 1971. - 1991. godine. Prikupljene topografske karte mjerila 1:25.000 korištene su kao podloga za stacioniranje trasa glavnih vodotoka modeliranog područja te definiranje položaja poprečnih profila.

2.1.2. DMR

Analize i obrade osnovnih karakteristika terena na prostorima obuhvata razmatranih poplavnih područja izvršena su na formiranim digitalnim modelima terena (reljefa). Modeli terena su formirani na osnovu podataka službenih karata Državne geodetske uprave - DMR25. Karte su izrađene u rezoluciji 25 x 25 m. Podjela karata na listove odgovara podjeli na listove topografske karte 1:25.000 (TK25).

2.1.3. Geodetske snimke

Poprečni profili korita glavnih vodotoka određeni su geodetskim mjerenjima na terenu, a položajno su opisani svojim stacionažama, koje se već dulji niz godina koriste u vodoprivrednoj praksi za različite proračune i analize. Pri tome se može govoriti o raznim izvorima podataka – godinama snimanja poprečnih profila na terenu, koja se zbog složenosti posla vrše na manjim dionicama vodotoka.



Slika 1. Sustav obrane od poplava Srednjeg posavlja

2.2. Hidrološke podloge

Hidrološke podloge obuhvaćaju sljedeće:

- analizu velikih voda u postojećem stanju, s prikazom maksimalnih godišnjih vodostaja, protoka i volumena vodnih valova, te proračuna vjerojatnost njihove pojave
- definiranje povijesnih hidrograma (za konkretne velikovodne događaje) na svim ulazima, odnosno nivograma na izlazima simulacijskih modela, kao i u kontrolnim profilima unutar modela, u svrhu kalibracije
- formiranje teoretskih valova velikih voda na ulazima matematičkih modela, u svrhu simulacijskih analiza

U okviru hidrološke studije „Sustav obrane od poplava Srednjeg posavlja - Analiza visokovodnog režima Save“ (Brkić, 2005.) definirana je metodologija proračuna teoretskih valova, usvojena za oba simulacijska modela (kupski i savski podsustav). Osnovna ideja bila je da predloženi valovi moraju reprezentirati dotoke velikih voda po obliku, maksimumu i interferenciji, odnosno adekvatno opisati složene hidrološko hidrauličke procese Srednjeg posavlja. Također, oni moraju obuhvatiti razne izvore nastajanja dominantnog dotoka u promatrano područje. Podloga za izradu teoretskih vodnih valova, bile su zabilježene velikovodne situacije na hidrološkim postajama, kao i statistička obrada velikih voda, gdje su definirani maksimalni protoci raznih povratnih perioda.

Mjerodavni konkretni teoretski valovi su za potrebe kupskog podsustava definirani u okviru elaborata „Izrada studijske dokumetacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu Kupe iz EU fondova“ (Kolarić, 2015.). Za savski podsustav to je učinjeno u elaboratu „Matematički model Sustava obrane od poplave Srednje posavlje – kalibracija i verifikacija na velikovodne događaje u 2010. godini“ (Brkić i drugi, 2012.).

Teoretski vodni valovi prema spomenutoj metodologiji, za različite hidrološke situacije i različite povratne periode, definirani su za vodomjerne postaje u nastavku.

Kupski podsustav: Kupa – Kamanje, Korana – Velemerić, Mrežnica – Mrzlo Polje, Dobra – Donje Stative, Kupčina – Lazina brana.

Savski podsustav: Sava – Jesenice II, Krapina – Kupljenovo, Česma – Čazma, Ilova – Veliko Vukovje, Kupa – Jamnička Kiselica, Glina – Glina, Una – Hrvatska Kostajnica

Preostali, neobuhvaćeni dijelovi sliva, prezentirani su hidrogramima izvedenim iz osnovnih, obično korigiranih faktorom odnosa slivnih površina.

3. FORMIRANJE MATEMATIČKIH MODELA

3.1. Koncept

Dominantne vodne tokove, koji se odnose na rijeke Savu, Kupu, Unu, Koranu, Dobru i Mrežnicu moguće je relativno dobro aproksimirati hidrauličkim modelom jednodimenzionalnog tečenja, budući da su uglavnom kanalizirani izgrađenim nasipima ili konfiguracijom terena.

Isto se odnosi na izgrađene rasteretne kanale: kanal Odra, kanal Kupa-Kupa i početni i završni dio kanala Lonja Strug. Ostali procesi u sustavu, vezani uz manje vodne tokove i poplavna područja, daleko su neodređeniji.

Poplavne površine su stoga tretirane na 3 načina:

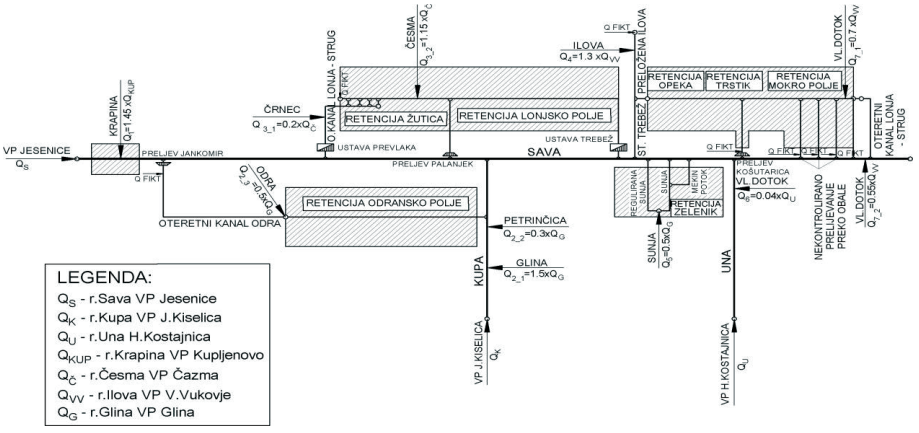
- kao rezervoari (retencija Zelenik, retencija Kupčina, ekspanzijski prostori Tešnjić, Blatnica i Rečica)
- kao protočna široka i plitka korita (retencijski sustavi Lonjskog i Mokrog polja)
- kombinacija prethodna dva (retencija Odransko polje)

Matematički modeli Srednjeg posavlja sastoje se od modelskih vodotoka (rijeka, kanala, retencijskih sustava) povezanih u cjelinu. Pojedinim točkama modela dodane su karakteristike rezervoara. Manipulacija vodama na modelima se vrši nekontrolirano i kontrolirano, ovisno o objektu.

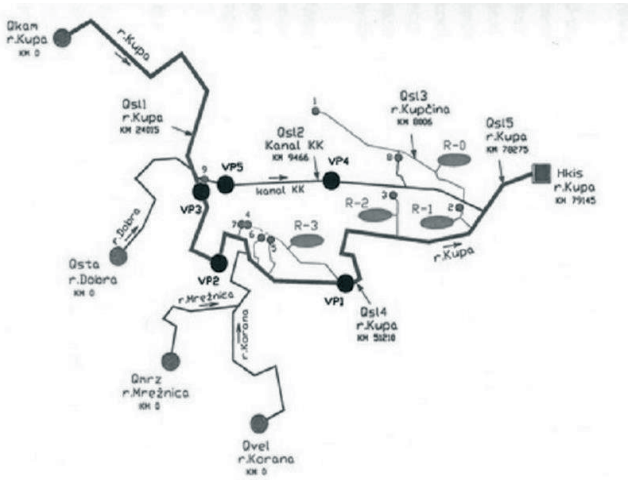
Prosječni razmak poprečnih profila duž vodotoka iznosi približno 250 metara, a duž retencijskih sustava oko 500 m. Vremenski korak proračuna iznosi 30 sekundi.

Za slučajeve kalibracijskih i verifikacijskih (realnih) velikovodnih događaja, ulazni hidrogrami su proračunati prema važećim konsumpcijskim krivuljama, a za slučajeve teoretskih velikovodnih događaja, sintetski hidrogrami su konstruirani prema metodologiji navedenoj u poglavlju o hidrološkim podlogama.

Na izlaznim profilima, kao rubni uvjet moguće je zadati nivogram ili konsumpcijsku krivulju. Za slučajeve kalibracije i verifikacije korišteni su mjereni nivogrami, dok su za proračun prolaska teoretskih valova kroz sustav kao nizvodni rubni uvjet korištene konsumpcijske krivulje. Modelima se simulira transformacija ulaznih dotoka duž sustava. Sljedeće slike shematski prikazuju postavljene simulacijske modele. Strelicama su naznačene lokacije pridruživanja dotoka (hidrograma).



Slika 2. Shematski prikaz simulacijskog modela savskog podsustava sa pridruženim hidrološkim ulazima



Slika 3. Shematski prikaz simulacijskog modela kupskog podsustava sa pridruženim hidrološkim ulazima

3.2. Odabir aplikacije

Za matematičko simuliranje procesa nestacionarnog tečenja u otvorenim vodotocima i poplavnim površinama Srednjeg posavlja, odabrana je računalna aplikacija DHI MIKE11. Riječ je o komercijalnom paketu koji je u svijetu pokazao svoju kvalitetu primjenom na složenoj hidrotehničkoj problematici. Autori ove aplikacije su stručnjaci Danskog hidrauličkog instituta, a razvoj i usavršavanje traju od 1972. godine.

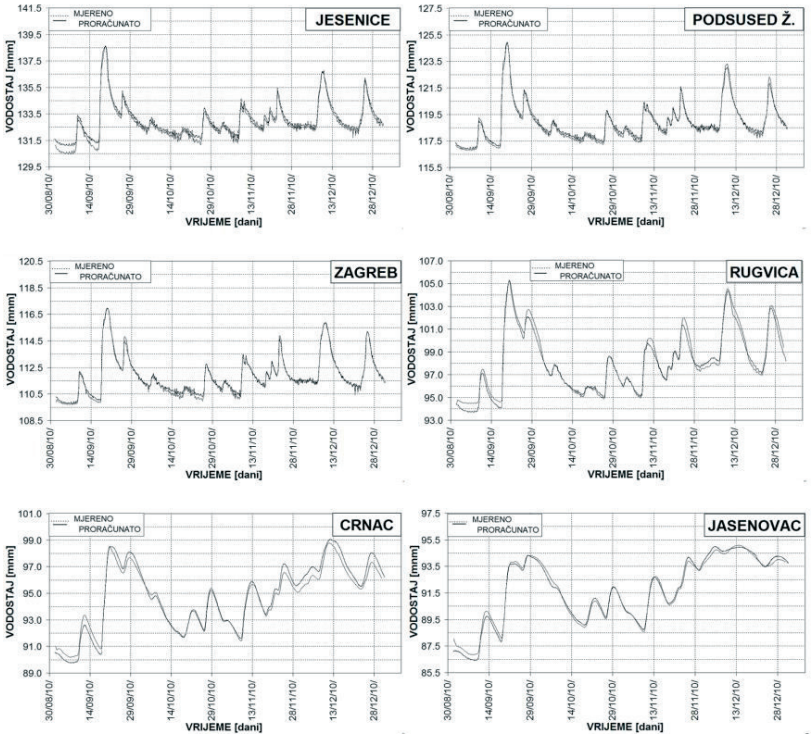
Matematičko modeliranje nestacionarnih procesa izvršeno je primjenom Saint - Venantovih diferencijalnih jednadžbi uz pretpostavku jednodimenzionalnog tečenja. Proračun se temelji na rješavanju parcijalnih diferencijalnih jednadžbi numeričkom metodom konačnih razlika. Riječ je o jednadžbi kontinuiteta i jednadžbi održanja količine gibanja, koje su izvedene uz sljedeće pretpostavke:

- voda je nestišljiva i homogena tekućina, bez značajnijih varijacija u gustoći.
- uprosječeni pad dna vodotoka je mali
- valne dužine su velike u odnosu na dubinu vode. Time je osigurano da se smjer tečenja može tretirati kao paralelan u odnosu na dno vodotoka, tj. mogu se zanemariti vertikalna ubrzanja i pretpostaviti hidrostatski raspored tlaka po vertikali.

4. KALIBRACIJA I VERIFIKACIJA

Nakon što je postavljena topološka struktura modela, vršeni su procesi kalibracije i verifikacije modela. Kalibracija se sastoji u eksperimentalnom određivanju hrapavosti u jednadžbama tečenja. Svodi se na simulaciju izabranih, dobro opaženih povijesnih hidroloških pojava, na postavljenim matematičkim modelima nestacionarnog tečenja i usporedbi izlaznih rezultata proračuna na modelu i povijesnih zapisa. Konačno se usvajaju oni koeficijenti hrapavosti koji su dali zadovoljavajuća poklapanja računskih i izmjerenih vrijednosti u kontrolnim točkama sustava. Ocjena poklapanja vrši se vizualnim uspoređivanjem mjerenih i računskih nivograma.

Za kalibraciju modela savskog podsustava, korišten je velikovodni događaj iz rujna 2010. godine. Veliki vodni val Save koji je dosegnuo maksimum rujnu 2010. godine procijenjen je kao 100 godišnja pojava, a tijek kasnijih događaja pokazao je da se radilo o iznimnoj pojavi na kojoj je testiran sustav obrane na širokom području. Apsolutno maksimalni vodostaji zabilježeni su na nekoliko vodomjernih postaja gornjeg dijela Save.
Za kalibraciju modela kupskog podsustava, korišten je velikovodni događaj iz rujna 2014. godine, tijekom kojeg je bilo posebno ugroženo karlovačko područje.
Na ulaznim profilima proračunati su protoci iz mjerenih vodostaja korištenjem konsumpcijskih krivulja. Kroz simulaciju, u procesu kalibracije, određeni su koeficijenti hrapavosti duž usvojenih glavnih linijskih komponenti Sustava. Verifikacija modela provedena je nakon završetka razvojne faze kalibracije modela, kako bi se modeli podvrgli dodatnoj provjeri na jednoj ili više zabilježenih velikovodnih situacija. Kao i kod kalibracije, analizira se podudarnost rezultata dobivenih simulacijom na modelima sa kontrolnim – izmjerenim vrijednostima.
Na slici 4 prikazani su rezultati kalibracije i verifikacije matematičkog modela savskog podsustava na valove iz 2010. godine, u obliku grafičke usporedbe mjerenih i proračunatih nivograma u važnijim kontrolnim točkama. Vidljivo je da je postignuta vrlo dobra podudarnost. Postupak je proveden za ukupno 14 vodomjernih postaja unutar kupskog podsustava i 50 vodomjernih postaja unutar savskog podsustava.



Slika 4. Rezultati kalibracije i verifikacije hidrauličkog modela savskog podsustava u karakterističnim vodomjernim postajama na rijeci Savi

5. REZULTATI PRORAČUNA

Nakon što su provedene kalibracija i verifikacija postavljenih matematičkih modela, izvršeni su hidraulički proračuni za teoretske hidrološke slučajeve. Rezultati proračuna daju uvid u vodni režim velikih voda na području Srednjeg posavlja .
U svim provedenim proračunima, simuliran je vremenski raspon koji obuhvaća kratko uvodno malovodno razdoblje, fazu formiranja poplave i fazu povlačenja poplavnih voda iz Sustava.
Zapis rezultata za svaku simuliranu situaciju sadrži prikaz vremenskog razvoja vodostaja u svim modelskim profilima i protoka na elementima između susjednih profila. Radi se o velikom fondu izlaznih podataka, koji detaljno opisuju funkcioniranje Sustava (satni podaci).

6. PRIMJENE SIMULACIJSKIH MODELA

6.1. Definiranje mjerodavnih vodostaja za određivanje visine nasipa

Maksimalno proračunati vodostaji na pojedinim dionicama vodotoka, retencija i kanala, posljedica su prolaska valova različite geneze. Opisani simulacijski matematički modeli omogućavaju analizu velikog broja realnih i teoretskih velikovodnih situacija, na osnovu čega je moguće odrediti anvelopnu vrijednost Hmax.. Ona bi trebala biti osnova za dimenzioniranje nasipa.

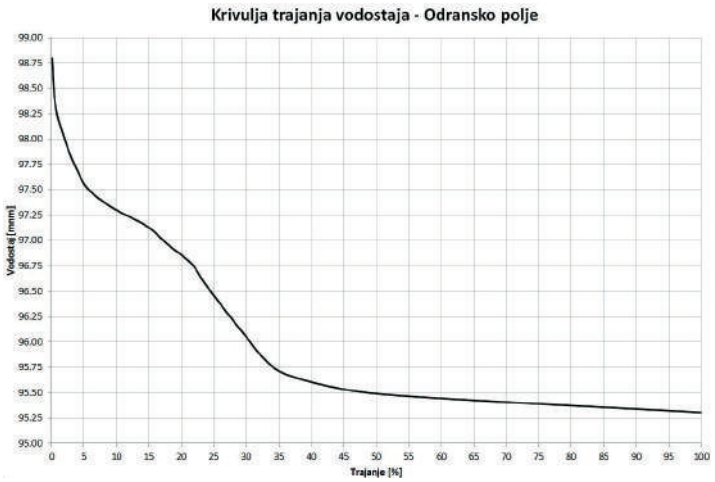
6.2. Određivanje značajki vodnog režima

6.2.1. Krivulje trajanja

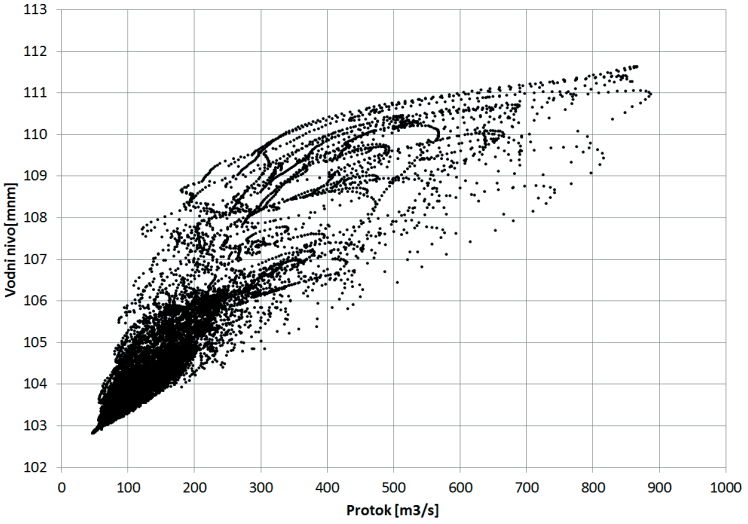
MatematIčki modeli omogućavaju konstrukciju krivulja trajanja vodostaja i protoka u svakome poprečnom profilu, što se može pokazati kao izuzetno interesantno na lokacijama na kojima primjerice ne postoji vodomjerna postaja. Jedan takav slučaj je središnji prostor Odranskog polja. Na matematičkom modelu izvršena je simulacija za period 1997.- 2011. godine. Kao hidrološki ulaz su zadani satni hidrogrami. Na temelju izlaznih rezultata modelskih proračuna, konstruirana je krivulja trajanja vodostaja na središnjem dijelu Odranskog polja, prikazana na slici 5.

6.2.2. Konsumpcijski odnosi

Na slici 6. točkasto su ucrtani Q-H odnosi proračunati na modelu nestacionarnog tečenja kupskog podsustava. Prikaz se odnosi na profil Karlovac na rijeci Kupi. Bazira se na proračunu satnih podataka za razdoblje 01.01.2013. – 05.11.2014. godine. Moguće je uočiti veliku širinu petlje. Posljedica je to nestacionarnosti i uspornog djelovanja koje se javlja na predmetnom području (utjecaj rijeke Korane). Vidljivo je da isti protok može proći profilom u rasponu vodostaja od čak 5 metara! Kada govorimo o fiksnom protoku, niži vodostaji se obično postižu u fazi porasta vala, dok se viši vodostaji postižu u fazi opadanja vala. O širini nestacionarne petlje ovisi mogućnost primjene jednostavnijih modela stacionarnog tečenja. Nameće se zaključak kako je složene procese u sustavu Srednjeg posavlja nužno modelirati modelima nestacionarnog tečenja.



Slika 5. Krivulja trajanja vodostaja – središnji prostor Odranskog polja



Slika 6. Konsumpcijski odnos na VP Karlovac, Kupa

Rezultate modelske simulacije moguće je također koristiti kao pomoć u konstrukciji konsumpcijskih krivulja. Zbog, u pravilu, relativno malog broja vodomjerenja, osobito pri velikim vodama, javljaju se poteškoće u definiranju izraza. Rezultati simulacija, stavljaju pak na raspolaganje veliki broja točaka, kao što je vidljivo iz primjera Karlovca.

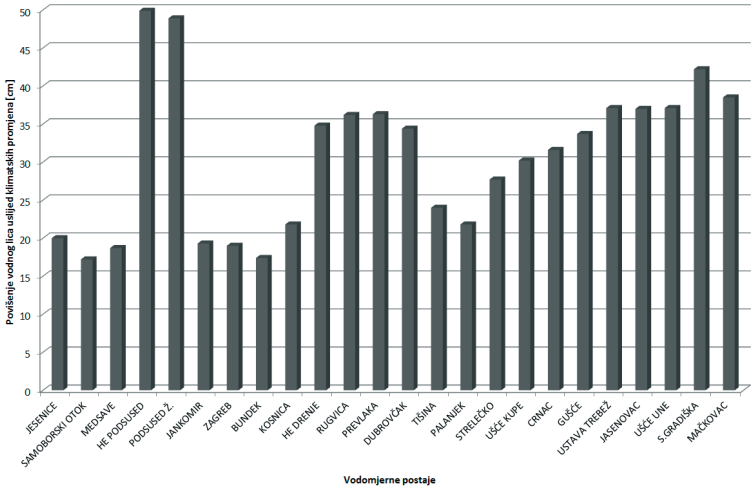
6.3. Optimizacija rada ustava u funkciji Sustava obrane od poplava

Vodne odnose na središnjem dijelu savskog podsustava ne određuju samo hidrologija i hidraulika. Sve što se na promatranom području događa, rezultat je jednim dijelom

i upravljačke politike, definirane za objekte kojima je u Sustavu moguće upravljati, konkretno za ustave Prevlaka i Trebež. Osnovna ideja hidrotehničkog rješenja Srednjega posavlja jest velike vode držati u riječnom toku dok god su u okvirima tehničkih i upravljačkih ograničenja, a intervenirati tek kada dođe do narušavanja postavljenih granica i to na kontrolirani način (gdje je to moguće), odterećujući samo neprihvatljivi višak vodnoga vala. U tom smislu, matematički model savskog podsustava je korišten u svrhu iznalaženja jasnih kriterija za manipuliranje ustavama, putem graničnih vodostaja na relevantnim hidrološkim postajama.

6.4. Utjecaj klimatskih promjena/ispitivanje osjetljivosti Sustava

Za scenarij pretpostavljenih klimatskih promjena, moguće je modelskom simulacijom analizirati njihov utjecaj na vodne razine u Sustavu. Rezultat jedne takve analize na savskom podsustavu, prikazan je na sljedećoj slici.



Slika 7. Osjetljivost Sustava na povećanje ulaznih hidrograma

Histogrami prikazuju reakciju postojećeg Sustava na promjenu hidroloških ulaza. Za svaku vodomjernu postaju vidljiv je iznos povišenja vodnog nivoa uslijed povećanih maksimalnih ulaznih dotoka. Zbog drugačijih lokalnih uvjeta tečenja, sve pozicije ne pokazuju istu osjetljivost.

6.5. Karte opasnosti od poplava

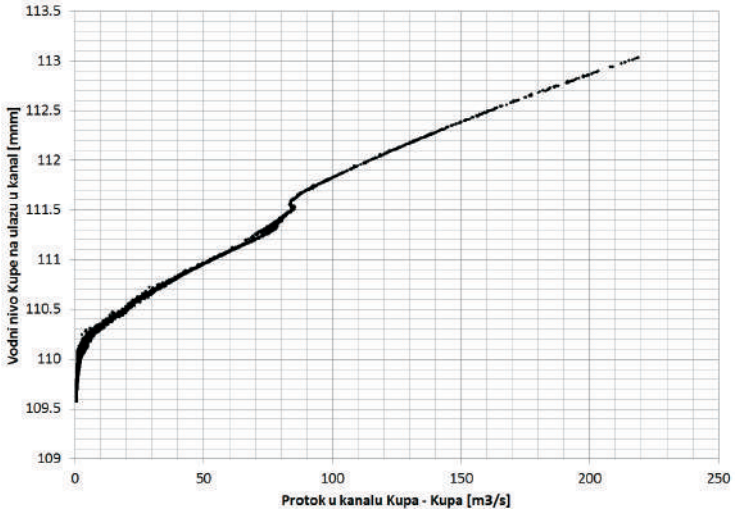
Karte opasnosti od poplava predstavljaju osnovnu podlogu za izradu karata rizika od poplava, a osim toga služe i za potrebe prostornog planiranja, upravljanja rizicima od poplava te za informiranje javnosti o poplavama ugroženim područjima. Kreiraju se na temelju rezultata modelskih simulacija. Trenutno je u odmakloj fazi elaborat naziva „Izrada studijske dokumetacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu Kupe iz EU fondova“ (Kolarić, 2015.), u sklopu kojeg je, između ostalog, bilo potrebno izraditi karte opasnosti. Za potrebe proračuna u smislu podloge za izradu karata, aktualiziran je i korišten model kupskog podsustava.

6.6. Određivanje efekata budućih gradnji

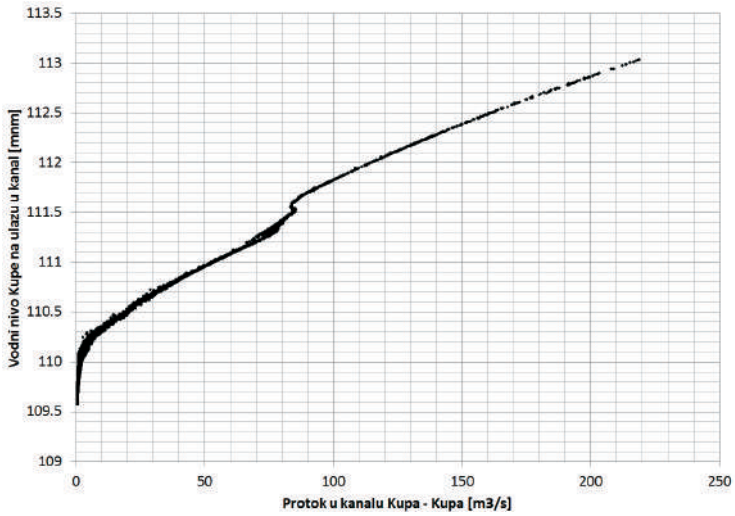
Moguće analize na simulacijskom modelu obuhvaćaju određivanje vodnog režima velikih voda za neko buduće stanje izgrađenosti Sustava. Dakle, moguće je ispitati utjecaj, kako planiranih pojedinačnih objekata, tako i cjelokupnog rješenja na Sustav obrane od poplava te zatim optimizirati faznost izgradnje, odnosno odrediti kompenzacijske mjere u slučaju pogoršanja režima pojedinačnom gradnjom. Kao primjer valja istaknuti prije par godina dovršena studija naziva „Koncepcijsko rješenje za višenamjenski hidrotehnički sustav uređenja, zaštite i korištenja rijeke Save i zaobalja od granice sa Slovenijom do Siska“ (Brkić i drugi, 2013.). Matematičkim modelom ispitani su efekti planiranih gradnji i definiran režim velikih voda u budućem stanju izgradnje, prema koncepcijskom rješenju. Nastavno je izrađena studija (Brkić i drugi, 2014.) kojim je, uz pomoć modela, postojeće vodoprivredno rješenje aktualizirano na način da može dati odgovor na promjene i nova saznanja, koji su uslijedili kroz godine po izgradnji Sustava.

6.7. Funkcioniranje objekata

Modelskom simulacijom dobiveni su dragocjeni podaci o funkcioniranju postojećih objekata Sustava obrane od poplava. Kao primjer će se ukratko prikazati analiza nekontroliranog rasterećenja velikih voda rijeke Kupe, uzvodno od Karlovca kanalom Kupa-Kupa, u čvoru Brodarci, za postojeće stanje izgradnje.
Slika 8. prikazuje protok rasterećenja kanalom u ovisnosti o vodnom licu rijeke Kupe na lokaciji početka kanala, na osnovu rezultata satne simulacije za period od 01.01.2013. do 05.11.2014. godine. Vidljiva je jednoznačna ovisnost.
No, ako se promotri odnos dolaznog protoka rijekom Kupom i protok rasterećenja kanalom prikazan na slici 9., vidljivo je kako on više nije jednoznačno određen. Modelske analize dakle pokazuju kako se utjecaj uspora osjeti i u čvoru Brodarci.



Slika 8. Rasterećenje u čvoru Brodarci u ovisnosti o vodnom nivou



Slika 9. Rasterećenje u čvoru Brodarci u ovisnosti o dolaznom protoku

6.8. Hidrološka prognoza

U svijetu već neko vrijeme postoje aplikacije za prognozu velikovodnih valova na vodotocima, koje su između ostalog predviđene za kompatibilan rad uz matematički hidraulički model poput ovdje opisanog. Primjerice, u republici Sloveniji prognostički model za rijeku Savu već postoji. Slovenska Agencija za zaštitu okoliša (ARSO) je u suradnji sa Danskim hidrauličkim institutom (DHI) unazad nekoliko zadnjih godina znatno napredovala u razvoju i primjeni hidroloških prognostičkih sustava. Hidrološki prognostički sustav razvijen u ARSO-u bazira se na DHI programskom paketu MIKE11. Osim podataka o vodostaju i protoku, ulazni podaci za hidrološki model su, među ostalim i prognostički materijali dobiveni preko atmosferskog modela za ograničeno područje (ALADIN), te podaci globalnog modela Europskog centra za srednjoročne prognoze vremena (ECMWF). Hidrološki prognostički sustav ARSO omogućuje prognozu vodnosti u vodotocima uključujući pojave vodnih valova i određivanje brzine njihova napredovanja duž vodotoka. Sustav objedinjuje hidrološki model sa snježnim modulom, hidraulički jednodimenzionalni model tečenja u otvorenom vodotoku i modul za korekciju prognoziranih protoka i vodostaja. Na tom tragu su DHMZ i Hrvatske vode pokrenuli projekt na izradi sličnog prognostičkog modela za dio Srednjeg posavlja (slivovi Save i Kupe do Siska). U tom kontekstu, izrađeni modeli predstavljaju osnovu za hidrauličku simulacijsku komponentu budućeg sustava za prognoziranje poplava.

ZAKLJUČAK

Na osnovu izloženih podataka, generalno se može reći da su postavljeni matematički modeli prihvatljivi za analize problema velikih voda na razmatranom prostoru. No, ostaju otvorena neka pitanja. To se prvenstveno odnosi na hidrološke ulaze na rubnim profilima. Naime, publicirane konsumpcijske krivulje za velike vode iz godine u godinu osciliraju, što ne može imati realnoga pokrića. Zato je nužno, u suradnji s nadležnim DHMZ-om,

detaljno obraditi i analizirati recentne hidrološke i druge podloge te ustanoviti pouzdane konsumpcijske odnose i pouzdane serije protoka.
Simulacijski modeli su zamišljeni kao suvremeni alati za trajnu uporabu u području planiranja, projektiranja i upravljanja hidrotehničkim građevinama u sustavu Srednjeg posavlja, osobito se to odnosi na građevine u službi obrane od poplava. Moguće ih je koristiti i kao jednu od komponenti potrebnih za hidrološku prognozu vodostaja na vodotocima i u retencijskim prostorima, istraživanje mogućnosti intervencije u Sustavu pri pojavama ekstremnih velikovodnih situacija i slično. Modeli osobito dobivaju na značaju u kontekstu sve učestalijih poplava. Zaključno, riječ je o alatima od velike praktične primjene, koji su trenutno spremni dati odgovore na pitanja koja se pred njih postave.

LITERATURA

[1] Terek B. i drugi, (2012.), *Uloga i značenje Državnog hidrometeorološkog zavoda u obrani od poplava*, Okrugli stol: Zaštita od poplava u Hrvatskoj (Biondić D., Holjević D.), Hrvatske vode, Vukovar, 224

[2] Kratofil L. i drugi, (2011.), *Poplave uz rijeku Savu*, Hrvatska vodoprivreda, XIX./194, 37.- 43.

[3] Filipović M., (1994.), *Matematički model Srednjeg posavlja - savski podsustav*, JVP OJ, Zagreb

[4] Grupa autora, (1972.), *Studija regulacije i uređenja rijeke Save u Jugoslaviji,* Polytechna *Prag*, C. Lotti Rim, Zagreb

[5] Brkić B., (2004.), *Obrana od poplava grada Karlovca*, VPB d.d., Zagreb

[6] Brkić B., (2005.), *Sustav obrane od poplava Srednjeg posavlja - analiza visokovodnog režima Save*, VPB d.d., Zagreb

[7] Brkić B., (2006.), *Prikupljanje, sistematiziranje i priprema geodetskih i prostornih podataka za izradu modela Srednjeg posavlja*, VPB d.d., Zagreb

[8] Brkić B., Kolarić D., (2010.), *Sustav obrane od poplava Srednjeg posavlja - aktualizacija rješenja*, VPB d.d., Zagreb

[9] Brkić B., Kolarić D., (2012.), *Matematički model Sustava obrane od poplave Srednje posavlje – kalibracija i verifikacija na velikovodne događaje u 2010. godini*, VPB d.d., Zagreb

[10] Brkić B., Kolarić D., (2013.), *Višenamjenski hidrotehnički sustav uređenja, zaštite i korištenja rijeke Save i zaobalja od granice sa Slovenijom do Siska – nestacionarno tečenje*, VPB d.d., Zagreb

[11] Brkić B., Kolarić D., (2014.), *Višenamjenski hidrotehnički sustav uređenja i razvoja rijeke Save u Zagrebu, matematički model Sustava prema Opciji 0*, VPB d.d., Zagreb

[12] Kolarić D., (2015.), *Izrada studijske dokumentacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu Kupe iz EU fondova – nizvodni dio sliva*, VPB d.d., Zagreb

AUTORI

Dario Kolarić, dipl.ing.građ. [a]
Berislav Brkić, dipl.ing.kult.teh. [a]

[a] Vodoprivredno-projektni biro, Ulica grada Vukovara 271, Zagreb, 10000, Hrvatska, dario.kolaric@vpb.hr; berislav.brkic@vpb.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.13.

RAZVOJ HIDROLOŠKIH PROGNOZA - PILOT PROJEKT KUPE I SAVE DO SISKA

Dijana Oskoruš, Tatjana Vujnović, Petra Mutić, Toni Jurlina, Željka Klemar

SAŽETAK: U travnju 2014. godine potpisan je sporazum između Hrvatskih voda i Državnog hidrometeorološkog zavoda (u daljnjem tekstu: DHMZ) o pripremi i provedbi projekta „Implementacija pilot projekta i jačanje kapaciteta za prognoziranje poplava“ za pilot područje slivova Kupe i Save od granice sa Slovenijom do Siska. Projekt ima za cilj jačanje institucionalnih kapaciteta i uspostavu operativnog prognostičkog modela. Projekt se provodi kroz ugovor sklopljen sa Konzultantom u rujnu 2014. godine. Rok za izradu prognostičkog modela korištenjem 1D modela MIKE 11 (Danish Hydraulic Insituta, DHI) je rujan 2015. Do sada su održane tri radionice na kojima su se rješavali praktični zadaci vezani uz pilot područje i kroz koje se u koracima izrađuje hidrološki i hidraulički prognostički model. Budući da je rok izrade modela vrlo kratak, a modelirano područje vrlo veliko i kompleksno, DHMZ i Hrvatske vode daju maksimalnu tehničku podršku Konzultantu da bi se cjelokupni projekt dovršio unutar planiranih vremenskih okvira. U ovom radu autori daju pregled svih dosadašnjih aktivnosti u DHMZ-u, Odjelu za hidrološke prognoze, vezanih za pripremu hidroloških, meteoroloških i topografskih podloga, osvrt na prve rezultate i koji su sljedeći koraci u radu.

KLJUČNE RIJEČI: Hidrološke prognoze, operativni model, institucionalni kapaciteti, podloge

DEVELOPMENT OF HYDROLOGICAL FORECASTING - A PILOT PROJECT FOR THE KUPA AND SAVA RIVERS TO THE TOWN SISAK

SUMMARY: Having experienced the floods in 2014, Hrvatske vode and State Meteorological and Hydrological Service signed the agreement to implement the pilot project “Hydrological forecasting for the Kupa and Sava river basin to the town Sisak”. The project is aimed at strengthening institutional capacities and establishment of an operative forecasting model. The deadline for development of the forecasting model by utilising the 1D model MIKE 11 (DHI) is September/October 2015. Three workshops have been organised to date, which dealt with the solution of practical tasks related to the pilot area and at which a hydrological and hydrodynamic model has been developed in steps. Since the period for the model development is very brief and the modelled area quite large and

complex, both institutions are putting in serious efforts to comply with the planned time frame. In this paper, the authors offer an overview of all activities carried out to date by the State Meteorological and Hydrological Service, Section for Hydrological Forecasting, in relation to the preparation of hydrological, meteorological and topographic baseline information/maps, including a review of the initial results and description of the following steps which are yet to be performed.
KEY WORDS: Hydrological forecasts, operative model, institutional capacities, baseline information/maps

1. UVOD

Projekt „Hidrološke prognoze za sliv Kupe i Save do Siska“ prvi je u nizu zajedničkih projekata Hrvatskih voda i DHMZ-a vezan za uspostavu operativnih hidroloških prognoza u Republici Hrvatskoj.
Cilj ovog rada je prikazati dosadašnje aktivnosti u DHMZ-u, Odjelu za hidrološke prognoze i prve rezultate budućeg hidrološkog prognostičkog modela.

„Implementacija pilot projekta i jačanje kapaciteta za prognoziranje poplava“ sastoji se od sljedećih elemenata:

- Izrada i kalibracija hidroloških modela za slivove u Republici Hrvatskoj (Sava i Kupa između graničnih profila Metlika-Kupa, Jesenice-Sava i Crnac-Sava) (MIKE11 modul NAM);
- Verifikacija i ugradnja postojećih hidrauličkih modela na predmetnim slivovima Save i Kupe te izrada i kalibracija dopunskih hidrauličkih modela za područja koja nisu pokrivena postojećim modelima (MIKE11 modul HD);
- Povezivanje rezultata meteoroloških prognoza koje izrađuje DHMZ s ulaznim datotekama prognostičkog modela (meteorološki ulazni podaci);
- Povezivanje rezultata slovenskih prognostičkih modela s ulaznim datotekama prognostičkog modela (ulazni prognozirani hidrogrami);
- Uspostavljenje operativnog prognostičkog modela s asimilacijom meteoroloških i hidroloških podataka u stvarnom vremenu (MIKE modul FF);
- Uspostavljanje sustava za verifikaciju i diseminaciju rezultata prognostičkog modela.

Model se sastoji od hidrološke i hidrauličke komponente:

Hidrološki model NAM (Mike11) je matematički model oborina-otjecanje koji opisuje konverziju oborina palih na slivu u otjecanje na izlazu tog sliva. Svaki takav model mora biti kalibriran sa stvarnim podacima prije daljnje upotrebe kako bi se odredili najbolji hidrološki parametri sliva.

Hidraulički model HD (Mike11) izrađen je kao proširenje postojećih hidrauličkih modela Srednjeg posavlja osiguranih od strane Hrvatskih voda. Osnovica modela je riječna mreža sastavljena od 20 riječnih grana koje su pak povezane sa jednim ili više podslivova iz NAM modela.

2. PRIPREMA ULAZNIH PODATAKA

2.1. Meteorološke podloge

Meteorološki podaci su vrlo bitan ulaz u hidrološki model, stoga o njihovoj brojnosti, prostornom rasporedu i točnosti ovisi kvaliteta hidrološke prognoze. U hidrološkom modelu NAM korišteni su podaci za oborinu, temperaturu, relativnu vlažnost zraka i brzinu vjetra u različitim vremenskim koracima sa svih tipova meteoroloških postaja u RH. Dok oborina i temperatura direktno ulaze u model, relativna vlažnost zraka i brzina vjetra se koriste za izračunavanje evapotranspiracije koja je također važna za modeliranje procesa otjecanja.

Dnevne vrijednosti oborine korištene su s kišomjernih i klimatoloških meteoroloških postaja dok su satne vrijednosti oborine i temperature s automatskih i glavnih meteoroloških postaja, slika 1. Određeno je sveukupno 107 postaja od kojih je 14 glavnih/automatskih koje imaju utjecaj na naše pilot područje (tablica 1). S tih postaja korišteni su podaci u razdoblju 2005.-2013. u svrhu kalibracije modela, a podaci za 2014. godinu korišteni su u svrhu verifikacije modela.

U operativnoj fazi hidrološkog prognoziranja u realnom vremenu, za ulaz će se koristiti samo podaci s automatskih odnosno glavnih meteoroloških postaja koje će opskrbljivati hidrološki model sa satnim podacima.

Za predviđanje oborine i temperature do nekoliko dana unaprijed kao ulazni parametri u hidrološki model koristit će se numerički meteorološki model za kratkoročnu vremensku prognozu ALADIN (do 3 dana unaprijed) i numerički meteorološki model za srednjoročnu vremensku prognozu ECMWF (od 3 do 7 dana unaprijed).

Tablica 1. Prikaz automatskih/glavnih meteoroloških postaja na pilot području s podacima u realnom vremenu

Postaja	Tip postaje	Nadmorska visina [m n/m]	Period oborine za kalibraciju	Period temp. za kalibraciju	Period oborine za verifikaciju	Period temp. za verifikaciju
Gospić	Automatska/GMP	564	2005-2013	2005-2013	2014	2014
Karlovac	Automatska/GMP	110	2005-2013	2005-2013	2014	2014
Krapina	Automatska/GMP	202	2005-2013	2005-2013	2014	2014
Ogulin	Automatska/GMP	328	2005-2013	2005-2013	2014	2014
Parg	Automatska/GMP	863	2005-2013	2005-2013	2014	2014
Puntijarka	Automatska/GMP	988	2005-2013	2005-2013	2014	2014
Rijeka	Automatska/GMP	120	2005-2013	2005-2013	2014	2014
Senj	Automatska/GMP	26	2005-2013	2005-2013	2014	2014
Sisak	Automatska/GMP	98	2005-2013	2005-2013	2014	2014
Varaždin	Automatska/GMP	167	2005-2013	2005-2013	2014	2014
Zagreb Grič	Automatska/GMP	157	2005-2013	2005-2013	2014	2014
Zagreb M.	Automatska/GMP	123	2005-2013	2005-2013	2014	2014
Zavižan	Automatska/GMP	1594	2005-2013	-	2014	-
Desinić	Automatska	219	2011-2013	2011-2013	2014	2014

2.2. Hidrološke podloge

Za izvođenje HD simulacije potrebni su rubni uvjeti na svakom od 14 ulaza i 2 izlaza iz definirane riječne mreže. Od 14 ulaza u mrežu, njih 12 za rubni uvjet imaju izlaz iz NAM modela, a na spojevima sa slovenskim modelima rubni uvjet su zabilježene vremenske serije protoka na postajama Kupa-Kamanje te Sava-Jesenice2. Rubni uvjeti na izlazima iz mreže odnosno na lokacijama gdje prema modelu voda istječe iz sustava, a to su ustava Prevlaka na Savi te oko 25 km nizvodno od postaje Crnac na Savi, su Q-h relacije.
Za uspješne hidrauličke simulacije potrebno je definirati i profile riječnog korita. Uz veoma gusto raspoređene profile iz postojećeg HD modela korišteno je i 28 snimljenih profila na lokacijama hidroloških postaja iz baze DHMZ-a.
Priprema podataka za kalibraciju je uključivala izradu vremenskih serija zabilježenih vodostaja i protoka sa 50-tak postaja unutar područja pilot projekta u odabranom vremenskom razdoblju za kalibraciju, 2005. do 2013. godine. Pripremljeni su satni podaci, dnevni u slučajevima gdje satni nisu bilježeni. Od ukupno 46 podslivova, kalibracija je vršena na 13 kombiniranih slivova.
Prema Projektnom zadatku i ugovoru s Konzutantom, Konzultant je odgovoran za kvalitetu kalibracije i verifikacije modela te u konačnici za funkcionalnost prognostičkog modela za slivove Save i Kupe do Siska. U praksi, Konzultant je pripremao preliminarne modele koji su na radionicama zajednički dotjerivani i kalibrirani od strane predstavnika Konzultanata te stručnog osoblja Hrvatskih voda i DHMZ-a koje sudjeluje u radionicama (oko 15 osoba).

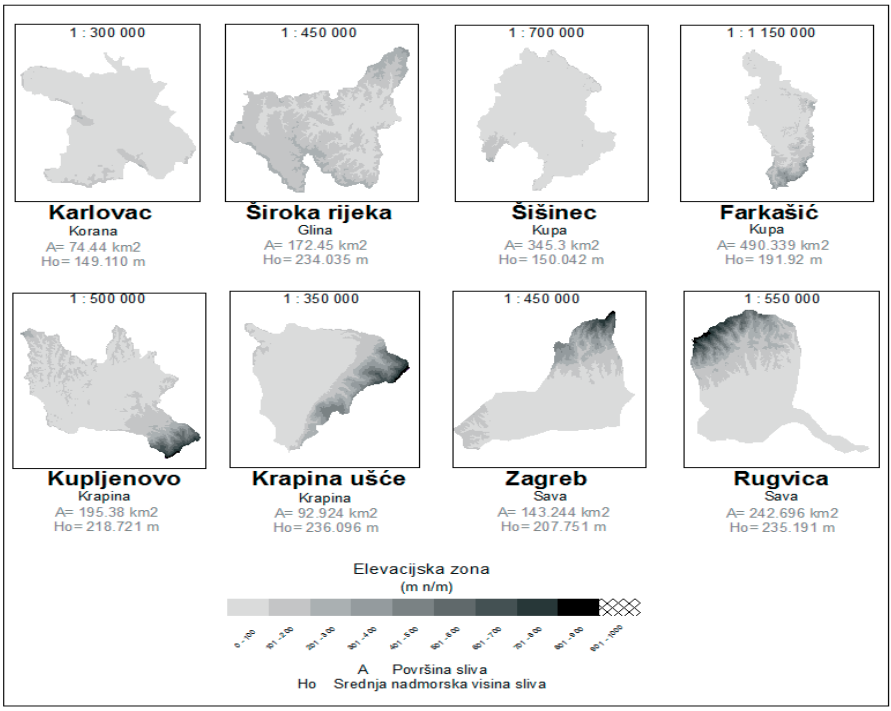
2.3. Topografske podloge

Za izradu prostornih ulaznih podataka u model pilot projekta korišten je ArcGIS programski paket s ekstenzijom Spatial Analyst i dodatnom ekstenzijom ArcHydro tvrtke ESRI (Environmetal System Research Institute) te HEC-GeoHMS ekstenzijom (Geospatial Hydrologic Modeling Extension, US Army Corps of Engineers). Pomoću navedenih alata cilj je bio izraditi slivna područja za hidrološke postaje od interesa koje su u vlasništvu DHMZ-a i/ili Hrvatskih voda, izračunati njihove elevacijske zone, slike 4 i 5.
Najraširenija struktura podataka koja se koristi za pohranu i analizu podataka o topografiji u GIS okruženju je rasterski oblik digitalnog modela reljefa (DMR). Točnost pomoću koje DMR prikazuje hidrološku stvarnost sliva predstavljena je prostornom rezolucijom (veličinom ćelije) i preciznošću (vertikalna i relativna točnost između susjednih, uzvodnih i nizvodnih ćelija). U cilju postizanja što boljih rezultata, korišten je DMR prostorne rezolucije 10 metara. Osim rasterskog oblika prostornih podataka, za izradu slivova korišteni su i vektorski oblici – hidrološke postaje te mreža vodotoka. Svi slojevi izrađeni su u službenoj kartografskoj projekciji Hrvatske HTRS96/TM (poprečna Mercatorova projekcija) a zbog buduće kompatibilnosti sa slovenskim prognostičkim modelom provedena je i transformacija svih dobivenih podataka.
GIS hidrološkim modeliranjem dobivena su 46 slivna područja za odabrane hidrološke postaje te slivovi rijeke Krapine, Kupe s pritokama i Save do Siska. Kako veliki dio pilot područja predstavlja krš, hidrogeološkom analizom postojećih podloga provedene su korekcije određenih slivova, a dobivene granice slivnih područja pilot projekta

prilagođene su granicama slovenskih slivnih područja za koje se od strane ARSO-a, izrađuju hidrološke prognoze. Na taj je način budući hrvatski hidrološki prognostički model u potpunosti usklađen sa slovenskim.
Kako je topljenje snijega izrazito ovisno o nadmorskoj visini reljefa uslijed promjena meteoroloških parametara, za svaki su DMR pojedinog slivnog područja reklasifikacijom ćelija izračunate elevacijske zone s ekvidistancom od 100 metara. Također, osim srednjih nadmorskih visina i površina slivova, izračunate su površine svake elevacijske zone za svaki pojedini sliv. Osim za modeliranje snijega u MIKE11, ovakva vrsta podataka koristila se i prilikom izračuna evapotranspiracije.

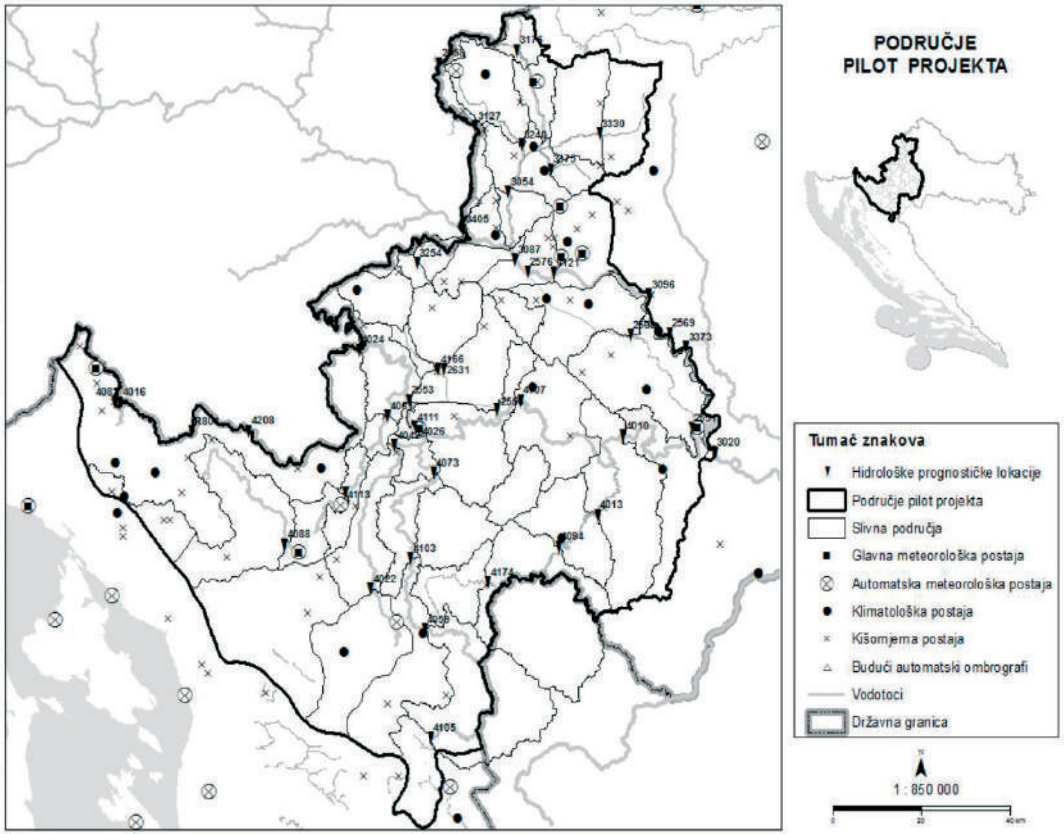
2.4. Evapotranspiracija

Gubitak vode iz hidrološkog ciklusa u atmosferu, kombinacijom isparavanja s površine terena, vodenih površina i vegetacije te transpiracije biljaka, predstavlja važan i neophodan parametar hidrološkog modeliranja. Za potrebe modela evapotranspiracija je izračunata u nekoliko koraka:
Prvo je izračunata dnevna referentna evapotranspiracija za 17 meteoroloških postaja prema FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) preporuci na temelju Penman-Monteith metode (Allen et al., 1998) korištenjem meteoroloških podataka i programskog paketa ETo calculator verzije 3.2 (FAO, 2012) za promatrano razdoblje 2005-2013. godina.
Dnevne vrijednosti su pretvorene u mjesečne koje su uprosječene za svaku meteorološku postaju, te je linearnom regresijom određen odnos srednje mjesečne evapotranspiracije i nadmorske visine.
U daljnjem radu je korišten ArcGIS 10.2.2 (ESRI, 2014). Za područje pilot projekta su priređeni Corine Land Cover (u daljnjem tekstu CLC) slojevi iz 2006. godine, zbog kompatibilnosti sa CLC slojevima susjednih država (BiH, Slovenija) u koje zadiru naši slivovi te smo ih spojili sa hrvatskom CLC kartom. Ta karta je za potrebe pilot projekta iz originalne 44 klase reklasificirana u 5 klasa (šuma, livada, beton, voda, poljoprivreda) i svakom slivu je izračunat i pridružen udio pojedine od 5 klasa. Svaka klasa je na temelju iskustvene metode kolega iz slovenske Agencije za okolje (ARSO) dobila svoju konstantu evapotranspiracije. Za svaki od 46 projektnih slivova su, ovisno o udjelu klasa, srednje nadmorske visine sliva i konstanti, izračunate mjesečne vrijednosti evapotranspiracije koje smo proglasili važećima za razdoblje kalibracije kao i za buduće prognoze te su uz pomoć MIKE11 programskog paketa (DHI, 2012) pretvorene u vremenske serije za svaki sliv.



Slika 1. Primjer elevacijskih zona za određena slivna područja Pilot projekta

ŠIFRA	POSTAJA	VODOTOK	TIP
4024	KAMANJE	KUPA	Q
3054	KUPLJENOVO	KRAPINA	Q
3375	STUBIČKE TOPLICE	TOPLIČINA	Q
3087	PODSUSED ŽIČARA	SAVA	WL
3121	ZAGREB	SAVA	WL
4166	LAZINA BRANA	KUPČINA	Q
4107	JAMNIČ. KISELICA	KUPA	WL
4113	LEŠĆE TOPLICE	DONJA DOBRA	Q
4022	JUZBAŠIĆI	MREŽNICA	Q
4111	KARLOVAC	KUPA	WL
4073	VELEMERIĆ	KORANA	Q
4094	VRANOVINA	GLINA	Q
4103	VELJUN	KORANA	Q
4059	SLUNJ UZVODNI	KORANA	Q
4105	LUKETIĆI	KORANA	Q
3127	ZELENJAKI	SUTLA	Q
3240	GUBAŠEVO 1	HORVATSKA	Q
3330	ZLATAR BISTRICA	KRAPINA	Q
3096	RUGVICA	SAVA	WL
3373	DUBROVČAK LIJEVI	SAVA	WL
3020	CRNAC	SAVA	WL
4010	FARKAŠIĆ	KUPA	WL
4013	GLINA	GLINA	Q
4016	HRVATSKO	KUPA	Q
4082	ZAMOST II	ČABRANKA	Q
4088	TURKOVIĆI	GORNJA DOBRA	Q
2551	ODRA	ODRA	WL
2553	MAHIČNO	OK KUPA - KUPA	WL
2556	DONJA KUPČINA	OK KUPA - KUPA	WL
3176	ĐURMANEC	KRAPINICA	Q
2558	SUTLANSKO JEZERO	SUTLA	Q
2563	SIFON ODRA	ODRA	WL
2569	USTAVA PREVLAKA	SAVA	WL
4208	ZAPEĆ	KUPA	Q
2576	PRELJEV JANKOMIR	SAVA	WL
3254	KORETIĆI	BREGANA	Q
4026	KARLOVAC	KORANA	WL
3405	JESENICE	SAVA	Q
4174	ŠIROKA RIJEKA	GLINA	Q
2631	LAZINA	SABIRNI KNL. AC ZG-RI	Q
4042	MRZLO POLJE	MREŽNICA	Q
4061	STATIVE DONJE	DONJA DOBRA	Q
R801	SELO KUPA	KUPA	Q



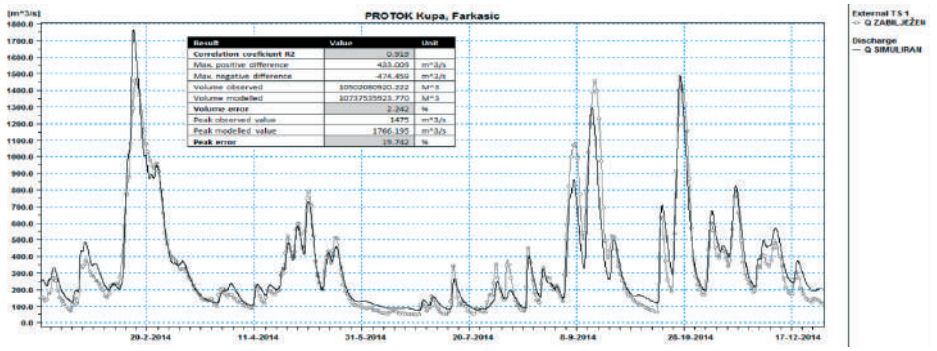
Slika 2. Karta pilot područja sa označenim lokacijama hidroloških i meteoroloških postaja koje su uključene u model

3. VERIFIKACIJA MODELA

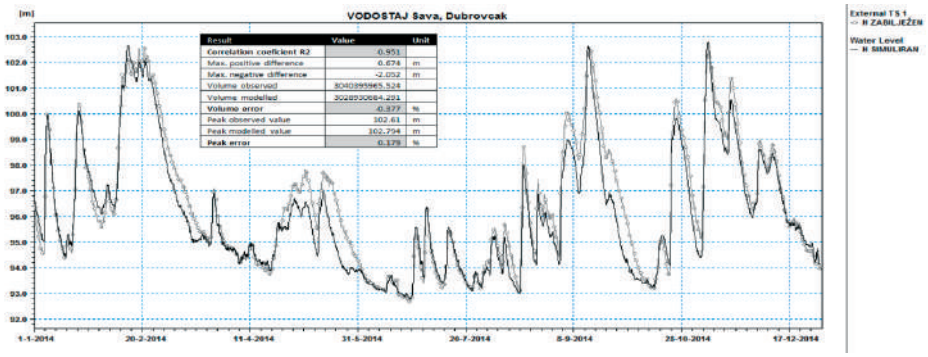
Izrađen i kalibriran model potrebno je verificirati te su u tu svrhu korišteni vodostaji i protoci zabilježeni u 2014. godini, koja je bila bogata hidrološkim ekstremima te je kao takva veliki test za model.

Na grafičkom prikazu rezultata simulacije za HP Kupa – Farkašić (slika 3), ističu se tri velika vodna vala koja su prošla Kupom u veljači, rujnu i listopadu 2014. godine te su zabilježene količine vode uvelike premašile do tada izmjerene vrijednosti.

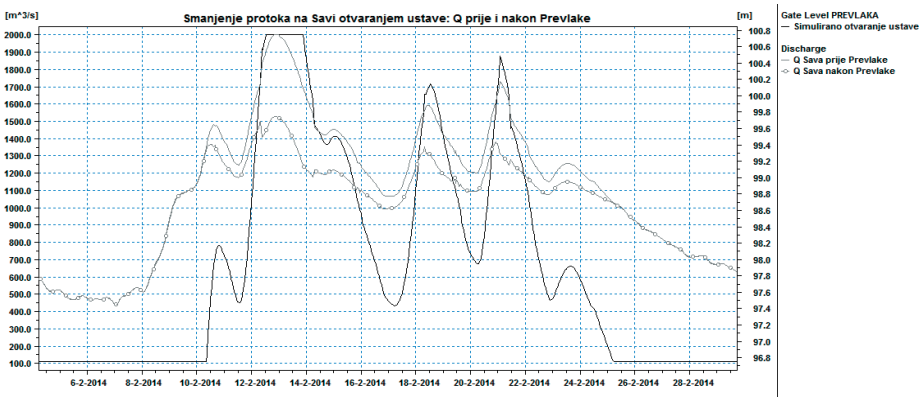
Rezultati simulacije pokazuju da je model precijenio prvi val, podcijenio drugi, a treći gotovo sasvim pogodio. Ipak, uzevši cijelu godinu u obzir, rezultati su zadovoljavajući, čemu u prilog ide koeficijent determinacije od 0,919.



Slika 3. Rezultati validacije protoka na HP Kupa - Farkašić u 2014. godini



Slika 4. Rezultati validacije na vodostajima HP Sava - Dubrovčak u 2014. godini



Slika 5. Detalj simulirane strategije upravljanja kontrolnim objektima u sustavu obrane od poplave - otvaranje ustave Prevlaka sa prikazom rasterećenja korita Save u veljači 2014.

Testiranje modela na vodostajima izmjerenima na postaji Sava-Dubrovčak (slika 4) dalo je još bolje rezultate, posebice u vrhovima najvećih vodnih valova, što i je glavni cilj ovog modela.

Na primjeru simulacije otvaranja ustave Prevlaka (slika 5) model daje smjernice za optimizaciju rada objekata u sustavu obrane od poplave, što je od vitalnog značaja u kritičnim situacijama pri pojavi velikih voda.

ZAKLJUČAK

Proces kalibracije i verifikacije je trajan te se korištenjem novih podataka, uz daljnja poboljšanja modela, očekuju rezultati koji će biti primjereni za primjenu modela u prognoziranju budućih vodnih događaja. Također se za potrebe kvalitetnijih simulacija uspostavlja mreža desetak novih automatskih meteoroloških ombrografa, definiranih na pilot području.

Nakon razdoblja pripreme podloga, kalibracije i verifikacije, predstoji operativno uspostavljanje modela, odnosno uspostave hidrološke prognoze na pilot području Kupe i Save do Siska.

Prvi sljedeći korak je definiranje procedura za automatsko prikupljanje podataka o oborini i temperaturi u realnom vremenu s automatskih meteoroloških postaja i prikupljanje podataka o vodostajima (i/ili protoku) u realnom vremenu s automatskih hidroloških postaja.

Drugi korak će biti ukomponirati polja temperature i oborine iz numeričkih meteoroloških modela kao ulaz u hidrološki model. Koristila bi se dva takva modela, ALADIN za kratkoročnu vremensku prognozu 0-3 dana unaprijed i ECMWF za srednjoročnu prognozu 3-7 dana unaprijed. Sada se specificiraju formati u kojem obliku će izlazi iz meteo modela bili ulaz u hidrološki model.

Zatim slijedi uključivanje slovenskih prognostičkih modela izrađenih od strane ARSO-a za Savu i Kupu na granici Slovenije i Hrvatske.

Zadnji korak je određivanje razina upozorenja u sustavu uzbunjivanja za lokacije u sustavu obrane od poplave, za čiju uspostavu su nadležne Hrvatske vode.

U bliskoj budućnosti planira se širenje područja za koje bi se davale hidrološke prognoze te je prvi sljedeći cilj razviti model za Savu do Mačkovca u koji ulazi još i sliv Une. Pri tome je važna uska suradnja sa susjedima, ponajprije Slovenijom i BiH, bez čijih meteoroloških i hidroloških podataka prognoziranje donjeg toka Save ne bi bilo ostvarivo. I na kraju, ovaj projekt već sada pokazuje da je ključ uspjeha institucionalna suradnja, konkretno između DHMZ-a i Hrvatskih voda.

LITERATURA

[1] Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998): *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*, FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Online at: http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm.

[2] DHI (2012): *MIKE Zero*

[3] ESRI (2014): *ArcGIS 10.2.2 for Desktop*

[4] FAO (2012): *ETo Calculator*, Land and Water Digital Media Series, N° 36. FAO, Rome, Italy

AUTORI

Dijana Oskoruš, dipl.ing. [a]
dr.sc. T. Vujnović, dipl.ing.geol. [a]
Petra Mutić, mag.geogr. [a]
Toni Jurlina, mag. phys-geophys. [a]
Željka Klemar, mag.math. [a]

[a] Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb, 10000, Republika Hrvatska, oskorus@cirus.dhz.hr; tvujnovic@cirus.dhz.hr; mutic@cirus.dhz.hr; jurlina@cirus.dhz.hr; klemar@cirus.dhz.hr

R 2.14.

VIŠEGODIŠNJI PROGRAM GRADNJE REGULACIJSKIH I ZAŠTITNIH VODNIH GRAĐEVINA I GRAĐEVINA ZA MELIORACIJE 2013. - 2017.

Vesna Grizelj Šimić

SAŽETAK: Provedbu niza značajnih aktivnosti na implementaciji Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima, te izradi prvih Planova upravljanja poplavnim rizicima prati Program kojim se utvrđuje okvir za ulaganja u izgradnju regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije. Realizacija Programa, uz mogućnost prilagodbe, odvija se kroz duži niz godina uz jasno opisane ciljeve i prioritete, te kontrolu aktivnosti. Programom se operacionalizira sustav za provedbu predloženih projekata, na način koji će doprinijeti učinkovitijem korištenju financijskih i informacijsko-dokumentacijskih resursa kojima raspolaže vodno gospodarstvo u djelatnostima uređenja voda i navodnjavanju. Rezultati Programa se sažimaju u povećanju teritorija Republike Hrvatske s prihvatljivim rizikom od poplava, što podrazumijeva postizanje gospodarski opravdanih stupnjeva zaštite stanovništva, materijalnih dobara i ostalih ugroženih vrijednosti, uz poticanje očuvanja i unapređivanja ekološkog stanja voda i poplavnih površina. Programom se također planiraju ulaganja u razvoj navodnjavanja, a time i prelazak s individualnog na sustav javnog navodnjavanja, što je mjera kontroliranog i racionalnijeg korištenja voda, odnosno osiguranja održivog, okolišno prihvatljivijeg navodnjavanja.

KLJUČNE RIJEČI: Planiranje, Programiranje, Investiranje, Upravljanje rizicima od poplava, Navodnjavanje

MULTIANNUAL CONSTRUCTION PROGRAMME FOR REGULATION AND PROTECTION WATER FACILITIES AND AMELIORATION DRAINAGE FACILITIES 2013-2017

SUMMARY: The Program determines the investment framework for construction of regulation and protection water facilities and amelioration drainage facilities and therefore supports the performance of numerous important activities compliant with the requirements the Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks as well as development of the first flood risk management plans. The Programme implementation, with a possibility of adaptations, is carried out over a longer time period and contains clearly described goals and priorities and activities' control. It operationalizes the system for implementation of proposed projects in such manner that they contribute to a more

efficient utilization of financial and information and documentation resources available to water management for water regulation and irrigation activities. The Programme results are aimed at increasing of the territory of the Republic of Croatia with acceptable flood risks, which implies the achievement of economically justified levels of protection for population, material assets and other endangered values, and encourages conservation and improvement of the ecological status of water and flood areas. The programme also anticipates investments into irrigation development, and thus also the transition from individual irrigation to the public irrigation system as a measure to ensure controlled, more rational water use, i.e. sustainable, environmentally acceptable irrigation.

KEY WORDS: Planning, Programmes, Investments, Flood risk management, Irrigation

1. UVOD

Zakonom o vodama određeno je da se višegodišnji programi gradnje izrađuju sukladno Strategiji upravljanja vodama i Planu upravljanja vodnim područjima, a nakon 2015. godine i u skladu s Planom upravljanja poplavnim rizicima. Time se osigurava postupna usklađenost programskih dokumenata dugoročnog planiranja direktnih ulaganja/investicija u razvoj vodnih sustava sa strateškim opredjeljenjima i politikom upravljanja vodama, te preuzetim standardima Europske unije na području politike voda, osobito onima iz Okvirne direktive o vodama i Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima.

Višegodišnji program gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije (u daljnjem tekstu Program) utvrđuje okvirni program ulaganja u: (i) zaštitu od štetnog djelovanja voda, kroz gradnju regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za osnovnu melioracijsku odvodnju koje mogu poslužiti prihvatu i evakuaciji velikih voda, te (ii) navodnjavanje, kroz izgradnju vodnih građevina za navodnjavanje. Program navedena ulaganja svrstava u zasebne cjeline, respektirajući njihova drugačija polazišta, ciljeve, korisnike, izvore financiranja, tehničke i financijsko provedbene aspekte.

Prilikom izrade Programa sagledan je duži vremenski period, od 2013. do 2022., a prihvaćanje Programa predviđa se samo za prvo programsko razdoblje 2013. - 2017. nakon čega je predviđeno njegovo usklađenje s Planom upravljanja vodnim područjima i Planom upravljanja poplavnim rizicima 2016. - 2021., te ostvarenom dinamikom realizacije predloženih projekata.

Nositelj Programa je ministarstvo nadležno za vodno gospodarstvo, njegov prijedlog izrađuju Hrvatske vode, a donosi ga Vlada Republike Hrvatske nakon provedene strateške procjene utjecaja plana ili programa na okoliš, odnosno ekološku mrežu.

Nacrt Programa objavljen je u srpnju 2013. na mrežnim stranicama Hrvatskih voda (http://www.voda.hr/hr/visegodisnji-programi-gradnje). U prosincu 2014. pokrenut je postupak strateške procjene, u sklopu kojeg se od 30. travnja do 30. srpnja 2015. provodi javna rasprava. Prije stavljanja u proceduru donošenja, pri utvrđivanju konačnog prijedloga Programa, obvezno će se uzeti u obzir rezultati strateške procjene, mišljenja tijela i/ili osoba određenih posebnim propisom, te razmotriti primjedbe, prijedlozi i mišljenja javnosti i rezultati prekograničnih konzultacija. Donošenje Programa od strane Vlade Republike Hrvatske očekuje se tijekom 2015. godine.

2. TEHNIČKI ASPEKTI PROGRAMA

2.1. Polazišta

Upravljanje rizicima od poplava podrazumijeva sveobuhvatan pristup smanjenju vjerojatnosti pojave poplava i njihovih mogućih štetnih posljedica na stanovništvo, gospodarstvo i okoliš, koji objedinjuje elemente predostrožnosti, zaštite, pripravnosti i hitnog djelovanja u slučaju nailaska velikih voda. Uz zaštitne mjere na vodotocima i drugim vodama, usmjerene na sprječavanje poplava, koje su okosnica tradicionalnog pristupa upravljanju poplavama, naglasak se sve više stavlja na preventivno djelovanje na poplavama ugroženom području, a i cijelom priljevnom području, usmjereno na smanjenje mogućih šteta u slučaju plavljenja nezaštićenih ili nedovoljno štićenih površina.
Aktualno stanje ugroženosti od štetnog djelovanja voda karakteriziraju učestale pojave: (i) riječnih poplava uslijed ekstremnih vodostaja, a realno je očekivati još nepovoljnije stanje zbog uočenih nepovoljnih hidroloških trendova, te iznimno velikih količina oborina u kratkom vremenskom razdoblju, te (ii) bujičnih poplava na malim slivovima zbog nedovoljne izgrađenosti zaštitnih sustava uz velike štete na lokalnim razinama.
Kada je pak riječ o navodnjavanju, prirodne prednosti i deficit vode u proizvodnji hrane zahtijevaju unapređenje hidromelioracijskih sustava. Razvojni prioritet jest unaprjeđenje poljoprivredne proizvodnje primjenom navodnjavanja s ciljem osiguranja uvjeta za optimalno i kontrolirano korištenje vodnih resursa. Za neke kulture u kontinentalnom dijelu navodnjavanje je dopunska uzgojna mjera, a za druge u istom prostoru kao i za većinu kultura u južnom području navodnjavanje je redovita uzgojna mjera (višestruko povećan prinos kao rezultat navodnjavanja).

2.2. Metodologija izrade

Izrada Programa u dijelu koji obrađuje štetno djelovanja voda, započela je s identifikacijom projekata i procjenom njihovih troškova. Slijedilo je utvrđivanje prioriteta čijom realizacijom se povećava razina zaštite od poplava na nedovoljno štićenim područjima na kojima se mogu očekivati velike materijalne štete, ljudske žrtve i štetan utjecaj poplava na okoliš i ljudsko zdravlje, u pravilu na područjima nedovoljno štićenih gradova i većih naselja. Prijedlog prioritetnih projekata izrađen je temeljem utvrđenih kriterija koji procjenjuju značaj, karakter, utjecaj projekta na ljude, imovinu i okoliš, te stupanj spremnosti za izvođenje. Kriteriji su i težinski okarakterizirani, tako da veću težinu nose kriteriji koji procjenjuju značaj (veličinu sustava) i utjecaj na branjeno stanovništvo. Prijedlog projekata je dodatno provjeren u odnosu na rezultate Prethodne procjene rizika od poplava, izrađene u Hrvatskim vodama u 2013. godini.
U slučaju projekta navodnjavanja analizirale su se strateške odrednice, raspoložive površine za navodnjavanje, predloženi projekti u županijskim planovima navodnjavanja, te aktivnosti na pripremi projekata u okviru provedbe Nacionalnog projekta navodnjavanja. Uz pomoć dodatnih pokazatelja, koji kvantificiraju značaj i efekte navodnjavanja, izrađen je prijedlog projekata za realizaciju. Prijedlog projekata je respektirao ograničenja u prostoru (zaštićena područja, zone sanitarne zaštite i drugo) koja su sagledana prilikom izrade županijskih planova navodnjavanja.

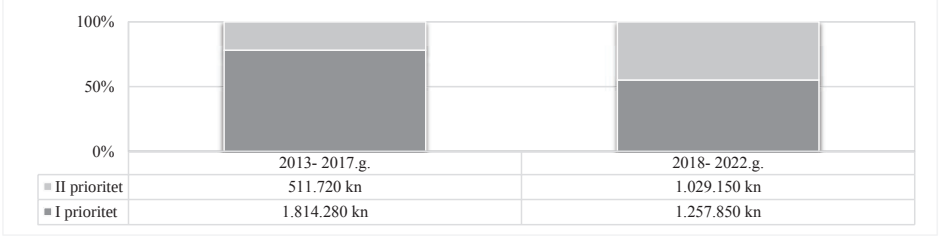
2.3. Stanje sustava obuhvaćenih Programom

Vodno gospodarstvo danas se nalazi pred velikim izazovom nužnog unaprjeđenja zaštite od poplava u uvjetima učestale pojave ekstremno velikih voda na čitavom državnom teritoriju. Iako su intenzivnom izgradnjom zaštitnih sustava naročito u drugoj polovici dvadesetog stoljeća (tradicionalno temeljenih na obrambenim nasipima i širokim inundacijskim područjima uz velike vodotoke, što je ujedno doprinijelo očuvanju vlažnih i močvarnih područja i o vodi ovisnih ekosustava) rizici od poplavljivanja na većini područja u Hrvatskoj značajno smanjeni, nedavna iskustva pokazuju da se poplave mogu dogoditi i tamo gdje ih nitko ne očekuje, odnosno da se mogu pojaviti i veće vode od projektnih velikih voda visokih povratnih razdoblja na koje su sustavi dimenzionirani. Iz tog razloga potrebno je unaprijediti sustave obrane od poplava na području Republike Hrvatske, odnosno u skladu s pojavama ekstremnih hidroloških prilika izvršiti potrebne rekonstrukcije i dogradnje sustava, kako bi se rizici od poplava smanjili na najmanju moguću mjeru. Na bujičnim vodotocima potrebno je dograditi sustave, izgradnjom većeg broja akumulacija i retencija.

Značajnije aktivnosti u navodnjavanju započinju u 2004. godini pokretanjem Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj (u daljnjem tekstu NAPNAV) sa ciljem unaprjeđenja poljoprivrede osiguravanjem uvjeta za optimalno korištenje prirodnih resursa tala i voda. Zaključno s 2012. godinom, ulaganjima u rekonstrukciju i izgradnju sustava navodnjavanja omogućeno je navodnjavanje na oko 18.000 ha (povećanje s početnih 9.264 ha u 2004. godini).

2.4. Aktivnosti

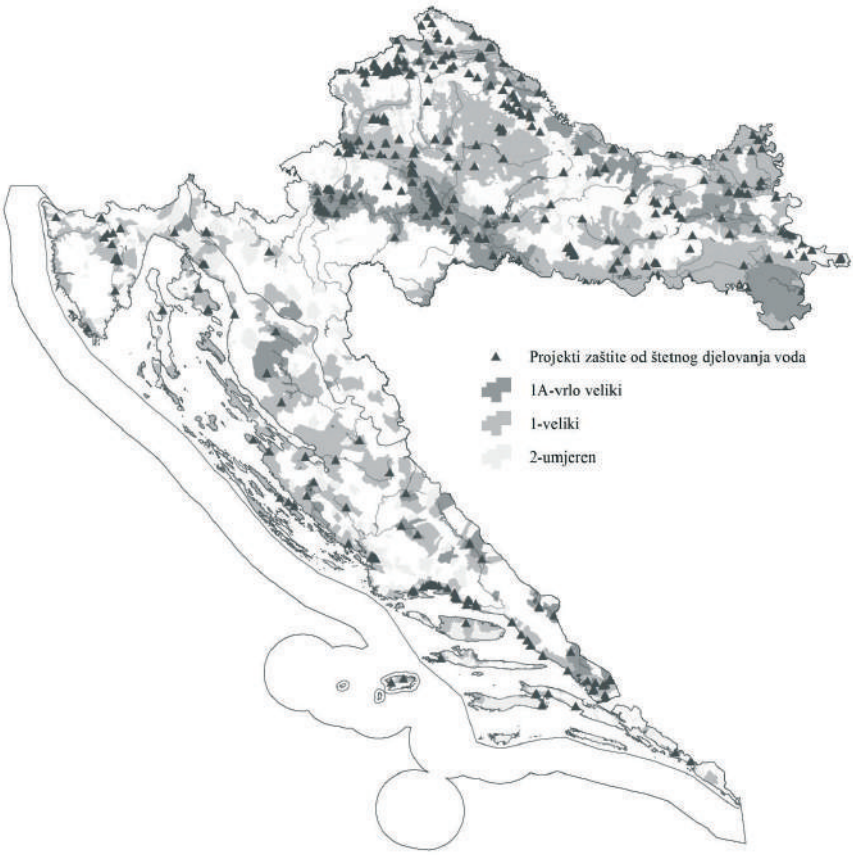
Aktivnosti u zaštiti od štetnog djelovanja voda usmjerene su na 373 projekta s prioritetne liste, raspoređenih u dvije skupine na način da su bodovni razredi utvrđeni za svaki vodnogospodarski odjel. Promatrajući isključivo broj projekata i njihovu vrijednost u odnosu na veličinu branjenog stanovništva zaključuje se da I. prioritet čine projekti sa značajnijim utjecajem na broj stanovnika. Projekti u prvoj prioritetnoj skupini a koji imaju manji efekt na broj obranjenih stanovnika su pretežno projekti koji ublažavaju štetno djelovanje bujica. S druge strane za projekte koji imaju značajan utjecaj na stanovništvo a ipak su razvrstani u II. prioritetnu skupinu, karakteristično je da se odnose na kasnije razvojne faze sustava obrane od poplava. Sličan zaključak se nameće za broj i vrijednost projekata u odnosu na veličinu branjenih površina po prioritetnim skupinama.



	2013- 2017.g.	2018- 2022.g.
II prioritet	511.720 kn	1.029.150 kn
I prioritet	1.814.280 kn	1.257.850 kn

Slika 1. Raspodjela omjera ulaganja po prioritetnim skupinama kroz dva razdoblja provedbe prilagođena razini spremnosti projekta za izvođenje

Formiranje projektnih cjelina prema sustavima obrane od poplava ili širem području pod utjecajem projekta (područje malog sliva, naselja i drugo), omogućilo je bolje sagledavanje širih učinaka projekta, kao i utvrđivanje obuhvata za pripremu projekta za financiranje sredstvima EU fondova. Tako su 373 projekta, ukupne investicijske vrijednosti od oko 4,6 milijardi kuna, sistematizirana u 114 projektnih cjelina koje obuhvaćaju projekte iz obje prioritetne skupine.



Slika 2. Prostorni raspored projekata zaštite od štetnog djelovanja voda u odnosu na Prethodnu procjenu poplavnih rizika

Ukoliko se promatra prostorni raspored projekata u odnosu na klasu područja utvrđenu prethodnom procjenom poplavnih rizika uočava se: (i) da se 71 % ulaganja, odnosno 261 projekata, odvija na područjima klasificiranim kao 1A. (vrlo veliki rizik) i 1. (veliki rizik), (ii) 7% ulaganja se odvija na područjima sa umjerenim rizikom, (iii) preostalih 22% ulaganja odvija na području gdje se provodi opći program aktivnosti za smanjenje rizika od poplava, te zaštita točkastih objekata po potrebi, s tim da se dio ulaganja na ovom području odnosi na provedbu uzvodnih mjera, retencije i slično čime se utječe na nizvodno područje koje je pod većim rizikom.

Promatrajući pak broj stanovnika i klase rizika, za očekivati je da će kroz Program biti

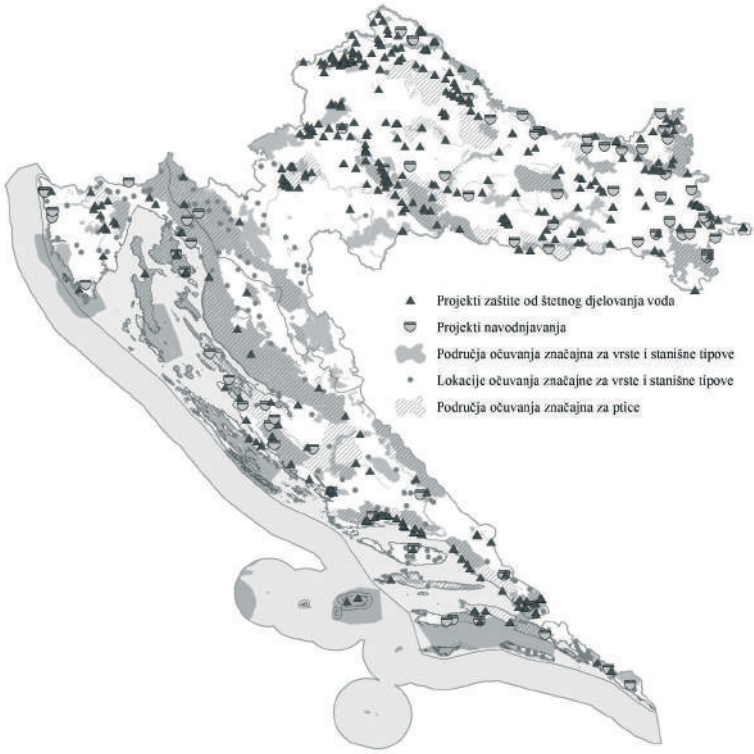
obuhvaćeni: (i) svi stanovnici u 1A. klasi, što je područje vrlo velikog rizika, odnosno bez obrane gdje se javljaju riječne (fluvijalne) poplave, (ii) 30% stanovnika u 1. klasi, što je područje velikog rizika, gdje se javljaju riječne (fluvijalne) poplave uslijed premašaja ili popuštanja sustava obrane od poplava, (iii) minimalno 10 % stanovnika u 2. i 3. klasi, što su područja s umjerenim rizikom, područja poplava od mora, te područja gdje se javljaju bujične poplave. Time se zaključuje da Program utječe na 1.500.000 stanovnika. Detaljnija analiza biti će moguća nakon izrade karata rizika od poplava, koje će biti sastavni dio Plana upravljanja poplavnim rizicima 2016. - 2021.

Aktivnosti u navodnjavanju usmjerene su na 71 projekt u ukupnoj investicijskoj vrijednosti od 3,1 milijarde kuna. Projekti su identificirani kroz županijske planove navodnjavanja, te su prema standardnoj proceduri nominirani prema Jedinici za provedbu NAPNAV-a Hrvatskih voda koja ih objedinjava i verificira. Nominirani projekti moraju potvrditi/dokumentirati interes krajnjih korisnika, ekonomsku i financijsku isplativost, sociološke kriterije (zapošljavanje, razvoj ruralnih područja, broj korisnika u sustavu), te mogućnost osiguranja sredstava za sufinanciranje od strane jedinica regionalne samouprave.

Analizom pokazatelja koji kvantificiraju značaj i efekte navodnjavanja zaključak je da se: (i) ulaganja predviđaju na 89,18% ukupno predloženih površina koja su na nacionalnoj razini ocijenjena kao područja I. ili II. prioriteta, s time da I. prioritet dominira, (ii) ulaganja odvijaju na više od 50% ukupno predloženih površina na području županija kojima je udio u nacionalnom BDV-u (bruto društvenoj vrijednosti) veći od 4%. U svim županijama gdje je udio BDV-a manji od 4%, navodnjavanje je redovita uzgojna mjera kojom se postiže višestruki prihod u odnosu na uloženo. Stoga se na programskoj razini zaključuje da su predviđena ulaganja po županijama prihvatljiva. Specifična opravdanost ulaganja na svakom projektu se dokazuje izradom studija izvodivosti na projektnoj razini. Realizacijom planiranih projekata navodnjavanja na 48.000 ha omogućeno je ispunjenje strateških ciljeva od 65.000 ha navodnjavanih površina.

2.5. Utjecaj Programa na zaštitu okoliša i prirode

Od ukupno 444 identificiranih zahvata, 373 u svrhu zaštite od štetnog djelovanja voda i 71 u svrhu navodnjavanja, 165 projekata (144 projekata zaštite od štetnog djelovanja voda i 21 projekt navodnjavanja) se nalazi na području ekološke mreže Natura 2000, gdje je cilj održati ili poboljšati povoljno stanje očuvanosti ciljnih vrsta i staništa određenog područja, što se postiže provođenjem mjera očuvanja odnosno ublažavanjem mogućih negativnih utjecaja.



Slika 3. Prostorni raspored zahvata iz Programa u odnosu na prijedlog ekološke mreže Natura 2000

Po završetku strateške procjene Program će se dopuniti rezultatima sadržanim u mišljenju Savjetodavnog stručnog Povjerenstva, nositelja programa Ministarstva poljoprivrede. Mišljenje sadrži zaključke o vjerojatno značajnim utjecajima Programa na okoliš, naročito prijedlog mjera praćenja, prijedlog mjera zaštite okoliša i ekološke mreže, prekogranični utjecaj programa na okoliš i ekološku mrežu, prikaz utjecaja programa na okoliš i ekološku mrežu, te opis i glavne ciljeve Programa.

3. FINANCIJSKO PROVEDBENI ASPEKTI PROGRAMA

3.1. Procijenjeni troškovi provedbe

U razdoblju 2013. - 2022. predviđena je realizacija Programa u dijelu zaštite od štetnog djelovanja voda kroz: Projekt CEB korištenjem zajma Razvojne banke Vijeća Europe, EU Projekt uz pomoć fondova Europske unije, te uobičajene nacionalne mehanizme financiranja. Korištenje sredstava iz fondova Europske unije, koji su za ove namjene dostupni Republici Hrvatskoj od 2014., zahtjeva pripremu projekata koja minimalno uključuje sagledavanje rizika od poplava na cijelom području sliva, analizu i vrednovanje varijanti rješenja zaštite od poplava putem nasipa ili retencija (zadržavanje vode-retencije ili kontrolirano otjecanje u koritu-nasipi, gradnje u koritu), procjenu šteta, analizu i prikaz

rezultata uz pomoć hidrološkog modeliranja, te prijedlog rješenja.
Realizacija programa u dijelu navodnjavanja, u razdoblju 2013. - 2022. predviđena je kroz EU Projekt navodnjavanja, te uobičajene nacionalne mehanizme financiranja. Priprema projekata za financiranje sredstvima Europske unije, koji su također za ove namjene dostupni Republici Hrvatskoj od 2014., osobito sadrži dokaz ekonomske isplativosti i održivosti na projektnoj razini, obrazloženje mogućnosti korištenja vodnog potencijala i važećih propisa za korištenje i upravljanje vodama, određivanje politike izračuna cijena sa prikazom stvarnih troškova vode, kako bi se izbjeglo neracionalno raspolaganje resursima i ulaganjima. Ukoliko se projekt nominira sa ciljem povećanja konkurentnosti i proizvodnosti potrebno je vrlo podrobno razraditi ekonomsku održivost i mogućnost plasmana planiranih proizvoda.
Dinamiku realizacije projekata u razdoblju 2013. - 2017. temeljenu na spremnosti za izvođenje (oko 2,3 milijarde kuna za projekte zaštite od štetnog djelovanja voda; oko 2,1 milijarde kuna za projekte navodnjavanja) biti će teško dostići zbog deficita u financiranju, naročito u prvim godinama realizacije. Stoga se može očekivati pomicanje vremenskog rasporeda prema kraju razdoblja 2013. - 2017. ili prebacivanje u drugo programsko razdoblje 2018. - 2022. Nacionalna sredstva predviđena su na približno jednakoj razini u svim godinama realizacije Programa (prate dosadašnji trend), a u prve dvije godine čine i najveći izvor financiranja. Sredstva zajma CEB se za projekte zaštite od štetnog djelovanja voda progresivno povećavaju od 2015. godine, dok se sredstva EU planiraju od 2015. godine, te u godinama koje slijede čine značajan udio sredstava u financiranju.

3.2. Pokazatelji praćenja i provedbe

Realizacija Programa će se pratiti, kako bi se tijekom provedbe usklađivala s novonastalim promjenama. Uspostavljeni pokazatelji za praćenje provedbe razlikuju: (i) rezultate Programa što su povećanje teritorija Republike Hrvatske sa prihvatljivim rizikom od poplava, poticanje rješavanja problematike zaštite od poplava u okviru višenamjenskih sustava uređivanja i korištenja vodama i zemljištem, smanjenje poljoprivrednih površina na kojima se umanjuje prinos uslijed neadekvatne odvodnje, povećanje poljoprivrednih površina koje se navodnjavaju, (ii) rezultate Projekta koji se odnose na povećanje broja stanovništva sa prihvatljivom razinom rizika od poplava, povećavanje korištenja raspoloživih poljoprivrednih površina, povećanje stupnja zaštite zaštićenih vrsta i stanišnih tipova, postotak povećanja funkcionalnosti regulacijskih i zaštitnih vodnih sustava, povećanje broja sustava obrane od poplava sa tehničkim rješenjima temeljenim na ekološki prihvatljivom pristupu, povećanje postotka poljoprivrednih površina kojima se smanjila izloženost sušama, te (iii) prijelazne/godišnje rezultate mjerene brojem projekata s definiranim opsegom (projektni zadatak), broj projekata spremnih za građenje, broj ugovora o građenju, broj izgrađenih sustava (građevina) puštenih u rad, broj vodnih građevina sa značajkama, i drugo.

ZAKLJUČAK

Priprema i provedba ovakvih dugoročnih programa zahtijeva dodatne napore jer povezuje nacionalnu vodnu politiku u upravljanju vodama i tematske ciljeve i prioritete u investiranju vezane na prilagodbu klimatskim promjenama, prevenciju i upravljanje

rizicima od poplava, kao i jačanje europske politike ruralnog razvoja, odnosno razvoj i unaprjeđenje infrastrukture za navodnjavanje na razini Europske unije, a čime se osigurava financijska potpora za njihovu realizaciju.

Među zahtjevnijim aktivnostima u pripremi i provedbi Programa je svakako priprema projekata za financiranje bespovratnim sredstvima fondova Europske unije gdje, za razliku od sufinanciranja razvoja vodno-komunalne infrastrukture, nije u potpunosti moguće predvidjeti sve uvjete i ograničenja takvog financiranja. Stoga posebnu pažnju treba usmjeriti na uspostavu metodologije za tehničko-financijsku pripremu takvih projekata i pothvata u cjelini.

Predloženo sustavno praćenje i usporedba rezultata provedbe i postizanja ciljeva osigurava stalnu informaciju o stanju realizacije, te omogućava prijenos iskustava na sljedeće faze provedbe Programa i/ili pripremu novih programa i projekata. Ukupan broj i izbor kriterija i ocjena mogu se prilagođavati potrebama provedbe kako bi se bolje opisali ciljevi prilagođeni višem stupnju realizacije Programa. Značajniji napredak u kvaliteti dokumenta očekuje se u narednom programskom razdoblju 2018. - 2022., nakon njegovog usklađenja s prvim Planom upravljanja poplavnim rizicima, koji se donosi zajedno s novelacijom Plana upravljanja vodnim područjima za razdoblje 2016. - 2021.

LITERATURA

[1] *Direktiva o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima* (Izvornik: Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks).

[2] *Okvirna direktiva o vodama* (Izvornik: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23. October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy).

[3] *Plan upravljanja vodnim područjima* (status: izradile Hrvatske vode u suradnji sa ministarstvom nadležnim za vodno gospodarstvo, donijela Vlada Republike Hrvatske 26. lipnja 2013., „Narodne novine“ 82/13).

[4] *Prethodna procjena rizika od poplava*, http://korp.voda.hr/pdf/Prethodna%20procjena%20rizika%20od%20poplava/PRETHODNA%20PROCJENA%20RIZIKA%20OD%20POPLAVA%20-%20TEKST.pdf, 25. travnja 2015., (status: izradile Hrvatske vode, 2013.).

[5] *Strategija upravljanja vodama 2008. - 2038.* (status: izradile Hrvatske vode u suradnji s ministarstvom nadležnim za vodno gospodarstvo, donio Sabor Republike Hrvatske 15. srpnja 2008., „Narodne novine“ 91/08).

[6] *Višegodišnji program gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije*, http://www.voda.hr/sites/default/files/visegodisnji_program_gradnje_regulacijskih_i_zastitnih_vodnih_gradevina_i_gradevina_za_melioracije_2013.-_2017.pdf, 25. travnja 2015., Nacrt srpanj 2013. (status: Nacrt izradile Hrvatske vode u suradnji sa ministarstvom nadležnim za vodno gospodarstvo).

[7] *Zakon o vodama* („Narodne novine“ 153/2009, 130/11, 56/13, 14/14)

AUTOR

Vesna Grizelj Šimić, dipl.ing. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, 10000, Hrvatska, Vesna.GrizeljSimic@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.15.

CEB PROJEKT ZAŠTITE OD POPLAVA

Marijan Babić, Ružica Drmić

SAŽETAK: Sve češće i sve veće štete od poplava dokazuju prioritetne i društveno-ekonomski opravdane potrebe za kratkoročnim i dugoročnim programima ulaganja u cilju smanjenja rizika od poplava u Republici Hrvatskoj. Kako su nacionalna sredstva daleko ispod potrebnih za postizanje ciljeva iz strateških planskih dokumenata i ciljeva EU Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima 2007-60-EZ, predmetnim Projektom zaštite od poplava sufinanciranim zajmom Razvojne banke Vijeća Europe (Council of Europe Development Bank, CEB) predviđena je provedba 25 potprojekata na prioritetnim sustavima zaštite od poplava na oba vodna područja Republike Hrvatske. Provedbom Projekta će se uz smanjenje rizika od poplava za stanovništvo, materijalnu imovinu, gospodarske aktivnosti i kulturna dobra, osigurati i unapređenje cjelokupnog sustava zaštite od poplava Republike Hrvatske.

KLJUČNE RIJEČI: Ulaganja u sustave zaštite od poplava, Međunarodni zajam, Smanjenje rizika, Klimatske promjene

THE CEB FLOOD PROTECTION PROJECT

SUMMARY: Increasingly more frequent and large flood damages prove the priority and social/economic justification of the need for both short-term and long-term investment programmes aimed at the reduction of flood risks in the Republic of Croatia. Since the national funds are far below the funds necessary to achieve the goals set in the strategic planning documents and the objectives of the EU Directive 2007/60/EC on the assessment and management of flood risks, the Flood Protection Project, co-financed with a loan from the Council of Europe Development Bank (CEB), anticipates the implementation of 25 subprojects on the priority flood protection systems in both river basin districts of the Republic of Croatia. Beside the reduction of flood risks for the population, material property, economic activities and cultural properties, the Project implementation will also ensure improvement of the entire flood protection system in the Republic of Croatia.

KEY WORDS: Investments into flood protection systems, International loan, Reduction of flood risks, Climate change

1. UVOD

Sve češće i sve razornije pojave poplava u Hrvatskoj, uključujući katastrofalnu poplavu u svibnju 2014. godine, uzrokuju velike štete i dalekosežne posljedice ne samo po direktno pogođeno stanovništvo, privatnu i javnu imovinu, gospodarske aktivnosti, kulturnu baštinu i okoliš, nego i po širu zajednicu i nacionalnu ekonomiju. Tako i sve češće i sve veće štete od poplava dokazuju prioritetne i društveno-ekonomski opravdane potrebe za kratkoročnim i dugoročnim programima ulaganja u cilju smanjenja rizika od poplava u Republici Hrvatskoj.

Vezano uz smanjivanje rizika od poplava, koji su u tendenciji porasta usljed klimatskih promjena i društvenog razvoja, Hrvatske vode kontinuirano provode mjere i aktivnosti i ulažu značajna financijska sredstva kako u dogradnju novih, tako i u redovito održavanje i sanaciju postojećih objekata zaštite od poplava.

Raspoloživa vlastita sredstva Hrvatskih voda za izgradnju sustava zaštite od poplava, odnosno sredstva vodnog doprinosa sukladno Zakonu o financiranju vodnoga gospodarstva (NN 153/09, 90/11, 56/13, 154/14), posljednjih godina su značajno smanjena i ograničena iznosom od oko 120 milijuna kuna godišnje. Premda su u 2014. godini ulaganja u sektoru zaštite od štetnog djelovanja voda iznosila 240 milijuna kuna, dugoročno financiranje iz nacionalnih izvora na toj razini nije osigurano. Prema provedenim analizama, nacionalna sredstva nisu ni približno dovoljna za provedbu dinamike ulaganja zacrtane planskim dokumentima, Strategijom upravljanja vodama (NN 91/08) (u nastavku „Strategija“), od oko 400 milijuna kn/god za razdoblje 2009-2038, i Nacrtom Višegodišnjeg programa gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije za razdoblje 2013-2017 (u nastavku „Višegodišnji program“), od oko 500 milijuna kn/god.

Predvidiva razina potencijalnih sredstava za ulaganja u izgradnju sustava zaštite od poplava za novo programsko razdoblje 2014-2020, koje je relevantno za Republiku Hrvatsku kao novu članicu Europske unije, odnosno razina nacionalnih sredstava iz vodnog doprinosa i sredstava iz fondova EU predviđenih za te namjene, nije dovoljna za ispunjenje ciljeva iz Strategije i Višegodišnjeg programa. Zbog svega toga usporena provedba programa iz područja zaštite od štetnog djelovanja voda, uz već identificirane rizike od poplava na ugroženim područjima, može prouzročiti i odgađanje koristi koje bi se generirale provedbom pojedinačnih projekata. Te koristi, uz zaštitu stanovništva, imovine i drugih dobara, uključuju i smanjenje šteta od poplava, smanjenje troškova obrane od poplava i troškova održavanja sustava i objekata zaštite od poplava, kao i druge direktne i indirektne koristi.

Cjelovitom analizom svih čimbenika i utjecaja, provedenom za potrebe sagledavanja mogućih rješenja i odabira najprihvatljivije varijante financiranja programa zaštite od štetnog djelovanja voda, zaključeno je da su potrebna značajna dodatna sredstva, ne samo iz EU fondova nego i iz drugih mogućih izvora, kako nacionalnih (državnog i lokalnih proračuna) tako i međunarodnih izvora (zajmova, donacija i sl.), kako bi se dinamika realizacije predmetnih ulaganja barem približila dinamici iz planskih dokumenata te rizici od poplava, osobito na najugroženijim područjima, sveli na prihvatljiviju razinu.

Analizom troškova i koristi pojedinih varijantnih rješenja utvrđeno je da je korištenje ponuđenog zajma Razvojne banke Vijeća Europe (Council of Europe Development Bank, CEB) društveno-ekonomski opravdano, osobito pri najnovijim ponuđenim uvjetima korištenja i otplate zajma. Temeljem analize raznih varijanti u smislu iznosa zajma, načina

i razdoblja povlačenja sredstava, načina i uvjeta otplate i omjera sufinanciranja, odabrana je predložena dugoročna varijanta povlačenja zajmova CEB-a u ukupnoj vrijednosti 80 milijuna eura s PDV-om. uz provedbu u dvije faze kao dva zasebna Projekta sufinancirana zasebnim zajmovima od po 40 mil. eura u dva četverogodišnja razdoblja provedbe. Na ovaj način bi se sufinacirali projekti dvostruko veće vrijednosti, uz sufinanciranje u omjeru 50% CEB zajmovi - 50% Republika Hrvatska za ukupni iznos s PDV-om.
U razdoblju 2014-2018 predviđena je provedba Projekta zaštite od poplava uz sufinanciranje prvim zajmom CEB-a, kojim će se do određene mjere unaprijediti sustavi zaštite od poplava i smanjiti poplavni rizici u razdoblju dok su na raspolaganju prvenstveno sredstva vodnog doprinosa i dok traju zahtjevne pripreme projekata za sufinanciranje iz EU fondova.

2.CILJEVI PROJEKTA

CEB Projektom zaštite od poplava (u nastavku „Projekt“) će se unaprijediti, obnoviti i dograditi postojeći sustav zaštite od poplava kako bi se ostvarila viša razina zaštite stanovništva na prioritetnim riječnim slivovima u Republici Hrvatskoj, čime će se smanjiti pojave poplava i njihovi negativni društveno-gospodarski utjecaji u smislu gubitaka ljudskih života, materijalnih šteta na privatnoj imovini, javnoj infrastrukturi i ostaloj vrijednoj imovini, smanjenja gospodarskih aktivnosti, uništavanja poljoprivrednog zemljišta i sl.
Predloženi projekt je dio Višegodišnjeg programa koji uključuje ulaganja povezana s izgradnjom regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina, kao i izradu i provedbu mjera iz nacionalnog Plana upravljanja vodnim područjima i Plana upravljanja rizicima od poplava.
Projektom će se smanjiti rizici od poplava širom Hrvatske, a bit će konkretnije usmjeren na stanovništvo koje živi na području visokog rizika od poplava na oba vodna područja, Vodnom području rijeke Dunav i Jadranskom vodnom području, unutar 15 slivova/ sustava identificiranih kao prioritetnih za potrebe Projekta.
Projekt će pridonijeti postupnom usklađivanju operativnih programa zaštite od poplava sa strateškim načelima vodnoga gospodarstva podržanim na nacionalnoj razini i harmoniziranim sa standardima EU u području vodne politike.

3. OBUHVAT PROJEKTA

Kroz proces selekcije, koji je na zahtjev CEB-a uključio određene ekonomske parametre, odabrano je 15 prioritetnih projektnih cjelina unutar Republike Hrvatske (sustava koji čine funkcionalne cjeline ili služe zaštiti od poplava na regionalnoj razini, odnosno na razini slivova). Unutar ovih 15 sustava nalazi se oko 2/3 ukupne investicijske vrijednosti iz Višegodišnjeg programa.

Projekt obuhvaća dvije komponente i to:

- Ulaganja u sustave zaštite od poplava (projektiranje, građenje i nadzor);
- Institucionalno jačanje (oprema, tehnička pomoć i obuka).

3.1. Ulaganja u sustave zaštite od poplava

Ovom komponentom Projekta obuhvaćeno je 25 potprojekata u 13 prioritetnih sustava, a očekuje se provedba cijelog niza građevinskih i hidrotehničkih radova s ciljem zaustavljanja ubrzane erozije riječnih obala, preoblikovanja i korigiranja riječnih korita kroz iskapanja, nasipavanja i reguliranja profila, učvršćivanja zaštitnih nasipa i povećavanja stabilnosti vodotoka. Projekt će uključivati i obnovu i proširenje nasipa i kanala, zajedno s nizom neophodnih sigurnosnih hidrotehničkih radova za unapređivanje i nadogradnju opreme i instalacija za zadržavanje voda, kao način unapređivanja upravljanja rizicima od poplava. Budući da je višenamjenski karakter sustava zaštite od poplava bio jedan od kriterija odabira korištenih u procesu određivanja prioriteta potprojekata, očekuje se će neki od potprojekata koji će se financirati u sklopu Projekta donijeti i dodatne koristi, pored onih povezanih s aktivnostima na zaštiti od poplava.
Projektom je predviđeno financiranje i izrade tehničke dokumentacije, uključujući izradu studija izvedivosti, studija utjecaja zahvata na okoliš i prirodu, projektne dokumentacije potrebne za ishođenje građevinskih dozvola, te dokumentacije za nadmetanje.

Tablica 1. CEB Projekt zaštite od poplava - Indikativna lista potprojekata

SAVA		DRAVA/DUNAV	JADRANSKO V.P.
Sava- izgradnja samoborskih nasipa	Sava – obaloutvrda Štitar	Drava.Dunav – rekonstrukcija nasipa Podravlje	Izgradnja sifona ispod Male Neretve
Sava – obaloutvrde kod Prevlake	Sava – obaloutvrda Slavonski Brod	Dunav – rekonstrukcija obaloutvrde Vukovar	Rekonstrukcija ustave Mala Neretva
Retencija Smiljanova Graba	Sava – obaloutvrda Mlaka	Dunav – uređenje lijeve obale u Sotinu	Stabilizacija obale Male Neretve
Regulacija Krapinice	Sava – nasip/zid Selište Sunjsko-Graduša Posavska	Akumulacija Švajcarija	Desnoobalni nasip Neretve kod Metkovića
Sanacija retencije Kustošak	Sava – rekonstrukcija nasipa Martinska Ves-Ljubjlanica	Rekonstrukcija glavnog Murskog nasipa km 16-22	Akumulacija Križ potok
Retencija Ogulin	Kupa – obaoutvrda Brođani	Rekonstrukcija glavnog Murskog nasipa km 22-26	
Akumulacija Šumetlica		Sanacija pregradnog profila jezera Trakošćan	

3.2. Institucionalno jačanje

Pored prethodno navedenih ulaganja, CEB-ova sredstva koristit će se i za unapređivanje operativnog upravljanja rizicima od poplava kao i za izravnu provedbu mjera zaštite od poplava posredstvom ciljanih mjera jačanja kapaciteta, što uključuje konzultantske usluge, nabavu opreme, uključujući hardver i softver, te obuku osoblja Komponenta institucionalnog jačanja će uključivati sljedeće komponente:

- Izrada studija za riječne slivove,
- Razvoj i primjena modernog sustava za prognoziranje poplava koji će se temeljiti na

matematičkom hidrološkom i hidrauličkom modeliranju meteorološki prognoziranih oborina,

- Podrške Hrvatskim vodama u provedbi Projekta.

Očekuje se da će predmetne mjere i aktivnosti pridonijeti jačanju dugoročne održivosti Projekta i mogućnosti njegovog nastavka. Očekuje se da će rezultati studija za riječne slivove biti dobra podloga za unapređenje daljnjih analiza i određivanje prioriteta potprojekata u mogućem nastavku Projekta.

Tablica 2. Troškovi Projekta po komponentama

NAMJENA	Procijenjeni troškovi (mil.eur)
1. komponenta – Sustavi zaštite od poplava	***74,3***
1.a – Građevinski radovi	68,3
1.b – Projektna dokumentacija i nadzor građenja	6,0
2. komponenta – Institucionalno jačanje	***5,7***
2.a – Studije za riječne slivove za prioritetne sustave	3,8
2.b – Sustavi za prognoziranje poplava	1,5
2.c – Podrška JPP	0,4
UKUPNO	***80,0***

4. UPRAVLJANJE PROJEKTOM

Projekt će provoditi Hrvatske vode putem zasebno ustrojene Jedinice za provedbu projekata zaštite od štetnog djelovanja voda koji se financiraju putem zajmova CEB-a i sredstava EU fonda (u nastavku: Jedinica za provedbu projekta). Nadležno Ministarstvo poljoprivrede (u nastavku: Ministarstvo) će posredstvom svoje Uprave vodnoga gospodarstva nadzirati provedbu Projekta, osobito u dijelu korištenja CEB-ovog zajma i izvještavanja o njegovoj provedbi, a na temelju informacija o potprojektima koje će joj dostavljati Hrvatske vode.

U sklopu provedbe projekta, Hrvatske vode će putem Jedinice za provedbu obavljati sljedeće poslove i aktivnosti:

- Odobravanje financijske i tehničke prihvatljivosti pojedinačnih projekata kroz redovni pregled tehničke dokumentacije, uključujući, prema potrebi, pregled projektne dokumentacije;
- Planiranje potrebnih iznosa za financiranje Projekta u godišnjim Planovima upravljanja vodama, uključujući transfere iz Državnog proračuna i CEB-a, i osiguravanje njihove dodjele odgovarajućim potprojektima;
- Provođenje procesa nabave, ugovaranje i nadzor nad provedbom ugovora o izvođenju radova, nabavi roba i pružanju usluga sklopljenih s konzultantima/izvođačima;
- Puštanje građevina izgrađenih u sklopu Projekta u rad;
- Izvještavanje o provedbi Projekta do pune otplate zajma, a posredstvom nadležnog Ministarstva;

- Pružanje informacija glavnim dionicima (jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave i šira javnost) za vrijeme provedbe, koristeći osobito internetski portal Hrvatskih voda i lokalne medije.

Svakodnevnom provedbom odabranih investicijskih potprojekata kao i skrbi o njihovom valjanom upravljanju i održavanju bavit će se službe Hrvatskih voda nadležne za zaštitu od štetnog djelovanja voda iz vodno-gospodarskih odjela pod sveobuhvatnim nadzorom Sektora zaštite od štetnog djelovanja voda.

5. PLAN PROVEDBE

Projekt se planira provoditi kroz razdoblje od četiri godine (2015.-2018.), povlačenjem prvog zajma u 4 jednake tranše, svake godine po 10 milijuna eura. Sukladno tome, očekuje se da će predmetni zajam biti u potpunosti dodijeljen za prihvatljive izdatke pojedinih potprojekata do 31. prosinca 2018.
Planom upravljanja vodama za 2015. godinu osigurana su sredstva u iznosu 76 milijuna kuna za provedbu aktivnosti i radova sukladno planu provedbe za prvu godinu korištenja zajma.
Nacrtom okvirnog ugovora o zajmu je predviđena i mogućnost retroaktivnog financiranja prihvatljivih troškova za ulaganja u potprojekte s indikativne liste, čija provedba je započeta s 01.01.2013. Planira se retroaktivno financiranje izvršenih radova na potprojektima koji su sastavni dio Projekta, koji će predstavljati učešće hrvatske strane kod povlačenja prve tranše zajma.
Ovaj Projekt će se provoditi paralelno s redovnim investicijskim aktivnostima Hrvatskih voda u području zaštite od štetnog djelovanja voda, ali će putem dodatnih sredstava zajma CEB-a omogućiti bržu provedbu ulaganja iz predmetnog područja, zacrtanih Strategijom i Višegodišnjim programom. Projekt ne obuhvaća radove redovnog održavanja i hitnih sanacija, koji se provode i financiraju iz redovnog programa radova Hrvatskih voda sukladno godišnjim Planovima upravljanja vodama.
U pripremi je Plan nabave radova i usluga sukladno planiranim aktivnostima iz CEB Projekta i za to planiranim sredstvima u Planu upravljanja vodama za 2015. godinu.

6. FINANCIRANJE PROJEKTA

Projekt zaštite od poplava dio je planiranog programa ulaganja u zaštitu od poplava ukupne vrijednosti 160 milijuna eura, uključujući PDV koji će se sufinancirati u omjeru 50%-50% zajmovima CEB-a i sredstvima Republike Hrvatske (Hrvatskih voda, iz vodnog doprinosa), s razdobljem provedbe od 8 godina, u dvije faze po četiri godine. Predmetni Projekt predstavlja prvu fazu predloženog programa, ukupne vrijednosti 80 milijuna eura s PDV-om, od čega će se 40 milijuna eura financirati zajmom CEB-a, a 40 milijuna eura sredstvima Hrvatskih voda, u razdoblju provedbe od 4 godine (2015-2018), uz pretpostavljenu dinamiku povlačenja u jednakim tranšama od po 10 milijuna eura godišnje.
Temeljem očekivanog velikog društvenog utjecaja Projekta i čvrstog institucionalnog okvira za provedbu Projekta, Upravni odbor CEB-a je odobrio i darovnicu u vidu popusta na kamate u iznosu od 1 milijun eura. Uzimajući u obzir ovu darovnicu, očekivana vrijednost kamatne stope bi pala ispod 1%, no konačni uvjeti korištenja i otplate zajma utvrdit će se tijekom pregovora za svaku tranšu zasebno.

7. STATUS PRIPREMNIH AKTIVNOSTI

Do trenutka pisanja ovoga članka status provedbe pripremnih aktivnosti je slijedeći. Nakon prihvaćanja predloženog Projekta od strane Vlade Republike Hrvatske u kolovozu 2014., izrade i predaje aplikacije Upravni odbor CEB-a je u rujnu 2014. godine odobrio prijavu Republike Hrvatske za predmetni zajam u iznosu od 40 milijuna eura za sufinanciranje Projekta i darovnicu od 1 milijun eura u vidu popusta na kamate. U tijeku je provedba daljnjih administrativnih koraka (pregovori o zajmu, potpisivanje Okvirnog ugovora o zajmu, ratifikacija ugovora od strane Hrvatskog sabora i druge povezane aktivnosti), nakon čega će početi provedba Projekta povlačenjem prve tranše, predvidivo u drugom kvartalu 2015. godine.

ZAKLJUČAK

CEB Projekt zaštite od poplava od izuzetne je važnosti za vodno gospodarstvo u području zaštite od poplava u datom trenutku. Naime, provedbom Projekta zaštite od poplava uz sufinanciranje zajmom CEB-a osigurat će se provedba prioritetnih ulaganja u sustave zaštite od poplava kojim će se do određene mjere unaprijediti sustavi zaštite od poplava i smanjiti poplavni rizici uz odgovarajuće prilagodbe na sve prisutnije klimatske promjene u razdoblju dok su na raspolaganju samo sredstva vodnog doprinosa i dok traju zahtjevne pripreme projekata za sufinanciranje iz EU fondova.

LITERATURA

[1] *Strategija upravljanja vodama* (NN 91/08),

[2] *Zakon o vodama* (NN 153/09, 90/11, 56/13, 154/14),

[3] *Zakon o financiranju vodnoga gospodarstva* (NN 153/09, 90/11, 56/13, 154/14),

[4] *Višegodišnji program gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije za razdoblje 2013-2017* (nacrt, Hrvatske vode, http://www.voda.hr/sites/default/files/visegodisnji_program_gradnje_regulacijskih_i_zastitnih_vodnih_gradevina_i_gradevina_za_melioracije_2013.-_2017.pdf, 02.03.2015.),

[5] EU Direktiva o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima 2007-60-EZ (http://www.voda.hr/hr/direktiva-o-procjeni-upravljanju-poplavnim-rizicima, 02.03.2015.)

[6] Operativni program „Konkurentnost i kohezija“ 2014-2020 (www.mrrfeu.hr, 02.03.2015.).

AUTORI

dr. sc. Marijan Babić, dipl.ing.građ.[a]
Ružica Drmić, dipl.ing.građ.[a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, Republika Hrvatska, marijan.babic@voda.hr; ruzica.drmic@voda.hr

R 2.16.

KAPITALNE INVESTICIJE U OBJEKTE ZAŠTITE OD ŠTETNOG DJELOVANJA VODA NA PODRUČJU DONJE DRAVE I DUNAVA

Dražen Sabljak

SAŽETAK: Potaknuta nepredvidivim promjenama hidrološkog ciklusa, Služba zaštite od štetnog djelovanja voda u sklopu Hrvatskih voda na području istočne Hrvatske, odnosno na području Vodnogospodarskog odjela za Dunav i donju Dravu (VGO Osijek), je u proteklih nekoliko godina pokrenula niz važnih investicijskih projekata s ciljem obrane i poboljšanja sigurnosti od poplava. Trenutno najveći investicijski projekt na području VGO je izgradnja dvonamjenskog lateralnog kanala Kneževi Vinogradi – Zmajevac. Drugi značajni projekti za obranu od poplava su akumulacije Seginac, Slanac, Čitluk i Koritnjak kojima se transformira i zadržava poplavni val formiran u gornjim dijelovima sliva, a koji je naknadno iskoristiv za potrebe navodnjavanja. Zaštitni nasipi čine treću skupinu projekata obrane od štetnog djelovanja voda. Novi nasip je izveden na Dunavu u naselju Budžak (Vukovar), a drugi primjer je rekonstrukcija nasipa Drava-Dunav kod Podravlja (Osijek). U blizini zgrade Hrvatskih voda u Osijeku rekonstruirana je dotrajala obaloutvrda i desnoobalni pojas rijeke Drave, s kojom se osim zaštite od velikih voda dobio i suvremeno uređen dio grada. U proteklih nekoliko godina Hrvatske vode su uložile značajna sredstva u kapitalne objekte za zaštitu od štetnog djelovanja voda na području istočne Hrvatske i grada Osijeka.

KLJUČNE RIJEČI: Investicije, Istočna Hrvatska, Obrana, Poplave, Kanali, Akumulacije, Nasipi

CAPITAL INVESTMENTS IN FACILITIES FOR PROTECTION FROM ADVERSE EFFECTS OF WATER IN THE AREA OF THE LOWER DRAVA AND DANUBE RIVERS

SUMMARY: The Service of Protection from Adverse Effects of Water of the Water Management Department (WMD) for the Danube and Lower Drava, Hrvatske vode, prompted by unpredictable changes in the hydrological cycle, initiated a series of important investment projects with the aim of flood protection and improvement of safety from floods. At present, the largest investment project in the area managed by the WDM Osijek is the construction of the dual-purpose lateral canal Kneževi Vinogradi – Zmajevac. Other important flood protection projects include the reservoirs Seginac, Slanac, Čitluk and

Koritnjak, which transform and retain the flood wave formed in the upstream parts of the basin and are also exploitable for irrigation. Protective dikes form the third group of facilities for protection from adverse effects of water. A dike is constructed on the Danube River at the settlement Budžak (Vukovar), and the Drava-Danube dike at Podravlje (Osijek) is reconstructed. In the vicinity of the Hrvatske vode Osijek office building, a damaged revetment and the right-bank Drava river belt were reconstructed, which are now in service of flood protection and constitute a contemporary, improved part of the town. In the past several years, Hrvatske vode has generally invested significant funds into capital facilities for protection from adverse effects of water both in Eastern Slavonia and the Town Osijek.

KEY WORDS: Investments, Eastern Croatia, Defence, Floods, Channels, Reservoirs, Dikes

1. UVOD

Klimatske promjene, sve ekstremnije u posljednjih par desetljeća, dovode do značajnih promjena u hidrološkom ciklusu što se manifestiralo i u katastrofalnim poplavama, koje se ne pamte na području istočne Hrvatske u tri županije. Služba zaštite od štetnog djelovanja voda u sklopu Hrvatskih voda na području istočne Hrvatske, odnosno na području Vodnogospodarskog odjela za Dunav i donju Dravu (VGO Osijek) u proteklih nekoliko godina pokrenula je niz važnih investicijskih projekata s ciljem obrane i poboljšanja sigurnosti od poplava. Hrvatske vode su investirale u izgradnju novih zaštitnih i regulacijskih građevina - kanala, nasipa i akumulacija i u rekonstrukciju postojećih objekata.



Slika 1. Poplave u Gunji 2014. godine



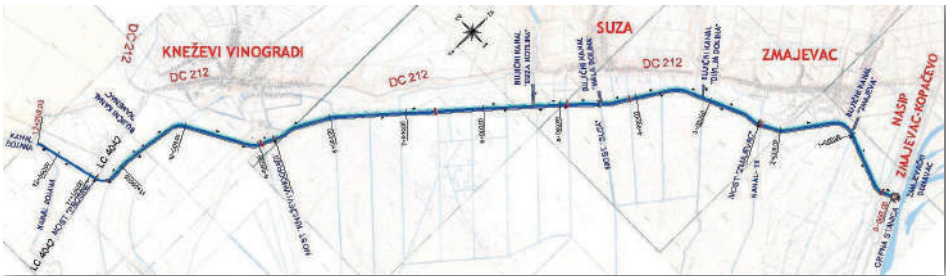
Slika 2. Poplave u Rajevom Selu 2014. godine

2. LATERANI KANAL KNEŽEVI VINOGRADI – ZMAJEVAC

Hrvatske vode VGO Osijek poduzele su niz aktivnosti radi poboljšanja upravljanja vodnim režimom na malim slivovima gradnjom višenamjenskih vodnogospodarskih sustava. Trenutno najveći investicijski projekt na području VGO Osijek je dvonamjenski lateralni kanal Kneževi Vinogradi – Zmajevac u Baranji.

Baranja se nalazi na sjeveroistočnom dijelu Osječko-baranjske županije, smještenom u međuriječju Drave i Dunava te predstavlja zasebnu zemljopisnu, odnosno tematski gledano

hidro-geološku cjelinu. U svrhu sprečavanja plavljenja nisko ležećih poljoprivrednih površina brdskim bujičnim vodama, te rasterećenja melioracijskog sustava Dunavskog sektora od suvišnih voda u vlažnim razdobljima ili pak trajanja suše u sušnim razdobljima razrađena je ideja izgradnje već stoljetno planiranog, dvonamjenskog lateralnog kanala Kneževi Vinogradi – Zmajevac.



Slika 3. Pregledna situacija lateralnog kanala

Osnovna dvonamjenska funkcija lateralnog kanala Kneževi Vinogradi – Zmajevac je odvodnja bujičnih voda sa sjevernih padina Baranjskog sliva ("Banska kosa", površina sliva 56 km^2), te navodnjavanje južnog dijela slivnog područja u kritičnom vegetacijskom periodu.

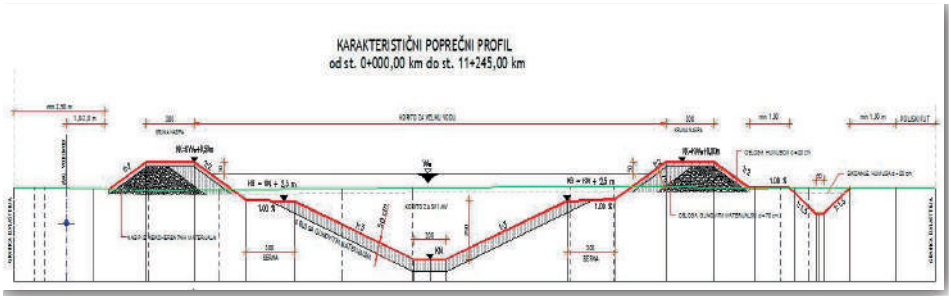
Problemi koji su potakli realizaciju ovog projekta je zatečeno stanje uređenosti, korištenja zemljišta voda u navedenome brdskome području uz prisutnost erozije koja šteti kako brdskom području tako i nižim melioracijskim površinama.

Erodirani materijal zasipava postojeće melioracijske kanale koji su opterećeni vodom odvodnoga sustava koja dotiče s obronaka brda uz ograničeni kapacitet postojećih crpnih stanica Zlatna Greda, Tikveš i Podunavlje.

Ukupna dužina odvodnog sustava lateralnog kanala s padina Banske kose iznosi 12,30 kilometara. U svim razrađivanim koncepcijama ovaj lateralni kanal predviđen je s dvonamjenskom funkcijom. Njegova prva funkcija je prihvat površinskih voda s naznačenog dijela područja te presijecanje i dreniranje podzemnih voda i njihova zajednička odvođenja u Dunav. Njegova druga funkcija je dovođenje vode iz Dunava za navodnjavanje poljoprivrednih površina centralne i jugoistočne Baranje.

Radovi na izgradnji lateralnog kanala podijeljeni su u dvije faze. Prva faza započeta je u lipnju 2011. godine, obuhvaćala je izgradnju četiri mosta s pristupnim rampama preko lateralnog kanala i završena je u listopadu 2013. godine, nakon čega je započela druga faza. Radove je izvodila tvrtka Hidroelektra niskogradnja d.d. iz Zagreba. Ukupna vrijednost izvedenih radova na mostovima Prosine, Kneževi Vinogradi, Suza i Zmajevac iznosila je cca. 13 milijuna kuna. Predmetni mostovi dobili su uporabnu dozvolu.

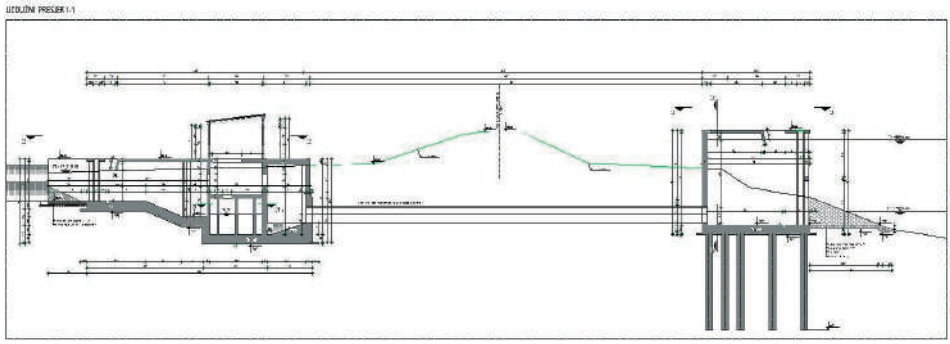
Kanal je ključan za odvodnju bujičnih voda i važan za navodnjavanje poljoprivrednih površina koje će uvelike pomoći oživljavanju baranjske poljoprivredu malih i velikih gospodarstva. Radove na izgradnji druge faze lateralnog kanala i hidrotehničkim objektima te izmještanju postojećih instalacija izvodi zajednica ponuditelja koju čine Sokol d.o.o. Vinkovci, Gradnja d.o.o. Osijek, Vuka d.d. Osijek, te Aquaterm d.o.o. iz Karlovca. Vrijednost ovih radova iznosi cca. 72 milijuna kuna. Rok završetka svih radova je lipanj 2015 godine.



Slika 4. Poprečni presjek lateralnog kanala

Osnovna ideja dvonamjenskog korištenja lateralnoga kanala je uz predviđenu reverzibilnu crpnu stanicu na svom početku (dunavski nasip Zmajevac – Kopačevo st. 1+650 km) s zahvatom vode iz Zmajevskoga Dunavca i funkcija glavnog tranzitnog voda za odvodnju i navodnjavanje dunavskoga sektora. Trasa lateralnog kanala postavljena je tako da je jedan od njegovih nasipa – južni postojeći nasip stare željezničke pruge (formiran do projektirane visine) koju prati od km 2+447,71 do km 8+860,85, ide trasom glavnoga Jasenovačkoga kanala u duljini od 1062,43 m te potom probija povišeni plato duljine 1098,29 m i spaja se s postojećim glavnim odvodnim kanalom Bojana koji predstavlja kraj lateralnog kanala.

Tlocrtne elemente lateralnog kanala čine jednostavni dijelovi, pravci i kružni lukovi čije su tangente položene s blagim obodnim lukovima. Radovi na kanalu sastoje se od izvođenja trupa kanala, reverzibilne crpne stanice, uljevno-izljevne građevine, izmještanje svih instalacija, ugradnja sifona i cijevnih propusta, ustava, vodnih stepenica te iskop oborinskih kanala nižeg reda i uklapanje u presječene melioracijske mreže oborinskih kanala. Poprečni presjek kanala je trapezastog oblika širine dna 2 m, nagib pokosa iznosi 1:3. Osnovno korito izvedeno je za srednju vodu dubine 2,5 m, a povećano je bermama širine 3 m s padom od 1 % te ograničeno nasipima za veliku vodu. Na dijelovima gdje kanal prolazi kroz nekoherentne materijale i materijale koji nemaju dostatnu mehaničku stabilnost niti traženu vodonepropusnost, kanal se oblaže glinovitim materijalima u dijelu osnovnog korita i korita za veliku vodu. Širina krune nasipa bila je uvjetovana mogućnošću prilaza strojeva za održavanje i košnju pokosa. Visinska kota krune nasipa uvjetovana



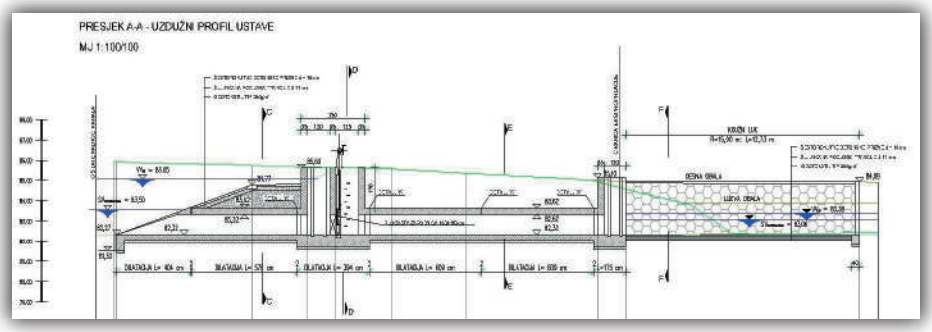
Slika 5. Poprečni presjek reverzibiljne crpne stanice i uljevno izljevne građevine u lateralni kanal

je 25-godišnjim povratnim periodom za cijelo slivno područje, a zadržano je oblaganje suhih strana nasipa humusom iz iskopa. Osnovne međusobno povezane cjeline buduće reverzibilne crpne stanice ‘’Zmajevac’’ koja se nalazi na početku lateralnog kanala su armiranobetonske konstrukcija ulazne građevine, središnjeg dijela crpne stanice, tlačnog kanala i izljevno-uljevne građevine te prateća strojarska hidrotehnička oprema.
Posebnost ove građevine su dva tunela, duga po 62 m koja su probijena kroz nasip metodom utiskivanja poliesterskih cijevi (promjera 2050 mm), dakako i crpke, svaka kapaciteta po 2500 l/s i snage 200 kW. U ulazno-izlaznoj građevini postoji deset bunara, svaki kapaciteta 25 l/s koji će raditi neprekidno. Investicija mikro tuneliranja glavnog obrambenog nasipa iznosi 4.000.000,00 kn.





Slike 6. i 7. Mikrotuneliranje obrambenog nasipa (na mjesu crpne stanice te uljevno izljevne građevine)



Slika 8. Uzdužni presjek ustave

Osiguranje funkcionalnosti postojećeg melioracijskog sustava, te puštanje biološkog minimuma u postojeću kanalsku mrežu osigurava se putem 8 ustava na južnom nasipu lateralnog kanala. Ove ustave omogućuju navodnjavanje poljoprivrednih površina veličine cca. 5000 hektara. Protok kroz ustave kreće se u granicama od 1,0 do 1,5 m² /s.
Završetkom lateralnog kanala bit će u cijelosti riješeni problemi oborinske odvodnje s „Banske kose“ ukupne površine sliva od 56 km², uz istovremeno omogućavanje navodnjavanja približno 5000 hektara poljoprivrednih površina u sušnim razdobljima. Stoga je predmetna investicija najavljena kao temelj gospodarskog oporavka i razvitka Baranje.

3. AKUMULACIJE

Osim najvećeg investicijskog projekta na području Osječko-baranjske županije, lateralnog kanala Kneževi Vinogradi – Zmajevac, drugi značajni projekti za obranu od poplava su akumulacije. Od 2011. godine započelo je izvođenje nekoliko značajnih akumulacija kojima je svrha reduciranje i zadržavanje poplavnog vala formiranog u gornjim dijelovima sliva, a iskoristivog naknadno za potrebe navodnjavanja. Akumulacije su izvođene na području Virovitičko-podravske, Osječko-baranjske i Vukovarsko-srijemske županije, a to su Seginac, Slanac, Koritnjak i Čitluk.

3.1. Akumulacija Seginac

Izgradnja akumulacije Seginac započela je 2011. godine, i prostire se na prostoru od 26,6 ha ukupnog volumena 454.200 m^3, a jedna je od 23 brdske akumulacije kojima se uređuje slivno područje Karašice i Vučice. Za izgradnju nasute pregrade (brana) korišten je lokalni koherentni zemljišni materijal iz nalazišta u akumulacijskom prostoru. Uzvodni i nizvodni pokosi su nagiba 1:3. Uzvodni je obložen odgovarajućim materijalom za zaštitu od erozije, dok je nizvodni obložen humusom i zatravljen. S obzirom da se izgradnjom akumulacije prekida lokalni pristupni put, predviđeno je izmještanje postojećeg puta. Na kruni brane napravljena je kolnička konstrukcija tucanikom u funkciji kretanja vozila za potrebe nadgledanja i popravaka konstrukcije brane.





Slike 9. i 10. Akumulacija Seginac u izgradnji

Radi osiguranja od procjeđivanja kroz temeljito tlo ispod nasute brane izvršena je djelomična zamjena postojećeg šljunkovitog tla i to u području uzvodno od osi brane na dijelu gdje se nalazi takav materijal te je izvedena protuprocjedna bentonitna membrana u osi brane do potrebne dubine (do glinenog sloja temeljnog tla koji je položen ispod šljunčanog materijala). Investicija Hrvatskih voda u izgradnju akumulacije osigurava od vodenog vala i prelijevanja preko krune brane voda 1000 i 10 000 godišnjeg povratnog perioda naselje Seginac i okolno područja na prostoru Virovitičko-podravskoj županije. Vrijednost ovih građevinskih radova iznosi cca. 15.000.000,00 kn.

3.2. Akumulacija Slanac

Jedna od investicija na području Virovitičko-podravske županije koja je započela početkom 2011. godine, a završena 2014. godine je akumulacijska pregrada na potoku

Slanac. Riječ je o desnom pritoku rijeke Čađavice koji je potrebno kontrolirati kako bi se spriječilo plavljenje ugroženih nizvodnih naselja i obradivih površina. Akumulacija Slanac nasuta je homogena pregrada, čiji je poprečni profil trapez s kotom krune brane na 134,00 m.n.m, širinom 5,00 m i duljinom 214,00 m. Osim pregrade, akumulaciju čine preljev i temeljni ispust sa kulom zatvaračnicom. Preljev je projektiran na tijelu pregrade s kotom 132,50 m.n.m., a služi za prelijevanje voda 100 godišnjeg povratnog razdoblja i više. Na kulu zatvaračnicu ugrađene su drvene gredne zapornice koje čine oštrobridni preljev koji svojom visinom uvjetuje količinu protoka kroz temeljni ispust. Temeljni ispust je od čeličnih cijevi promjera 100 cm i duljine 63,50 m obloženih armiranim betonom, a svrha mu je kontrolirano ispuštanje vode putem pločaste zapornice.





Slike 11. i 12. Završena akumulacija Slanac

Izgradnjom akumulacije Slanac moći će se upotrijebiti akumulirana voda koja se može koristiti za sport i rekreaciju te navodnjavanje okolnog poljoprivrednog zemljišta. Izvoditelj radova je Zajednica ponuditelja Brana d.o.o. iz Virovitice i Vuka d.d. iz Osijeka. Vrijednost izvedenih radova ove investicije iznosi cca. 25.000.000,00 kn.

3.3. Akumulacija Čitluk

Izgradnja akumulacije Čitluk vezana je uz regulaciju 7,5 km dugog potoka koji ima izvorište jugoistočno od grada Iloka u šumi Čukovec, a nalazi se u Vukovarsko-srijemskoj županiji. Svrha investicije, započete u svibnju 2011. godine, je skupljanje vode sa sjevernih padina Fruške gore i odvodnja u Dunav. Izgrađena je akumulacija površine 12,9 ha pregradnjom vodotoka Čitluk na stacionaži 2+480 s branom visine 12,78 m. Uzvodna i nizvodna potporna zona brane izvedene su od lesoidnih glinenog materijala iz nalazišta materijala na području akumulacije. Nagib uzvodnog pokosa iznosi 1:3, a nizvodnog pokosa 1:2.5. Nasuta brana je homogenog poprečnog presjeka s centralnim koso položenim drenom te širokim potpornim zonama od lesoidnih glina koje osiguravaju vodoodrživost brane. U okviru izgradnje objekata na akumulaciji Čitluk izgrađene su i pristupne ceste prema kruni brane, kao i pristupne ceste objektima akumulacije. Kolnička konstrukcija služit će za pristup vozilima u svrhu redovitog održavanja objekata. Centralni kosi dren u središnjem dijelu brane osigurava evakuaciju procijednih voda iz tijela brane i izveden je od nekoherentnog kamenog materijala.





Slike 13. i 14. Završena akumulacija Čitluk

Uzvodno i nizvodno, centralni je dren zaštićen filtarskim materijalom debljine 0.5 m. Uzvodni pokos drena je obložen geotekstilom radi separacije od materijala tijela brane. Izgrađen je i temeljni ispust koji služi za održavanje biološkog minimuma te za pražnjenje akumulacije. Temeljnim ispustom se postiže kontinuitet korita potoka Čitluk, koji je prekinut izgradnjom nasute brane. Protok kroz temeljni ispust regulira se zatvaračem na izlazu cijevi. Duž građevine temeljnog ispusta duljine 102 m, nalazi se više dilatiranih građevina poput taložnice, ulazne građevine, cijevi temeljnog ispusta, galerije temeljnog ispusta, zasunskih komora te slapišta. Uz preljev je izveden sabirni kanal kojim se vode odvode do ulaza u odvodni kanal. Odvodni kanal duljine 58.00 m, ima funkciju skretanja toka vode iz sabirnog kanala preljeva u brzotok. Na kraju brzotoka projektirano je slapište kako bi se disipirala energija toka vode i tako zaštitilo nizvodno korito potoka Čiluk od erozije. Akumulacija Čitluk koristiti će se primarno za potrebe navodnjavanja okolnih poljoprivrednih površina, za kontrolu poplavnog vala i zaštitu nizvodnog područja od poplave. Izvoditelji radova bili su zajednica ponuditelja Vuka d.d. iz Osijeka, Hidrogradnja d.o.o. iz Osijeka i Vodogradnja Osijek d.d. Vrijednost izvedenih radova ove investicije iznosi cca. 18.000.000,00 kn.

3.4. Akumulacija Koritnjak

Akumulacija Koritnjak nalazi se između Đakova i Našica na području Osječko-baranjske županije. Brana koja pregrađuje dolinu u donjem je toku potoka Koritnjak, čija površina sliva iznosi 16 km^2, a izgrađena je 2 km uzvodno od ušća u Vuku.

Čine ju osnovni dijelovi akumulacije izgrađene u prostoru slabo propusne gline, brana trapeznog poprečnog presjeka s evakuacijskim organima i regulirani potok Koritnjak. Akumulacija se prostire na 165 ha zemljišta. Svrha izgradnje nasute brane je pregrađivanje potoka Koritnjak kako bi se reducirao i zadržao poplavni val formiran u gornjem dijelu sliva. Voda akumulirana iz potoka može se koristiti za navodnjavanje okolnog područja, a ostavlja mogućnost izgradnje kaveznog uzgoja ribe za sportski ribolov, lov i rekreaciju, kao i mogućnost izgradnje mini elektrane za energetiku. Tlocrtno je brana izgrađena kao zakrivljena. U slučaju velikih voda predviđa se bočni preljev s fiksnom krunom preljeva na koti 129,30 m.n.m. Zahvat vode za nizvodne korisnike i pražnjenje akumulacije obavlja se temeljnim ispustom koji je riješen sa cijevi svijetlog otvora ϕ 1200 mm, protočnog kapaciteta od 11 m^3/s, na čijem ulazu postavljen je pločasti zatvarač koji omogućava otvaranje i zatvaranje cijevi. Voda koja se procjeđuje kroz branu ulazi u nizvodne

drenažne tepihe i kroz njih polako teče prema nizvodnim bermama. Nasuta brana je od gline s drenažnim sustavom unutra tijela brane koji se sastoji od po tri drenažna tepiha s uzvodne i nizvodne strane koji se nalaze na raznim visinama, te uzdužnom drenažnom cijevi u nožici nizvodnog pokosa. Uzvodni pokos je obložen kamenom u debljini 550 cm sa po dva podložna sloja od po 20 cm sitnijeg materijala (pjeskoviti šljunak i tucanik) dok je nizvodni pokos zatravljen s hidrosjetvom. Vrijednost izvedenih radova ove investicije iznosi cca. 32.500.000,00 kn.





Slike 15. i 16. Završena i napunjena akumulacija Koritnjak

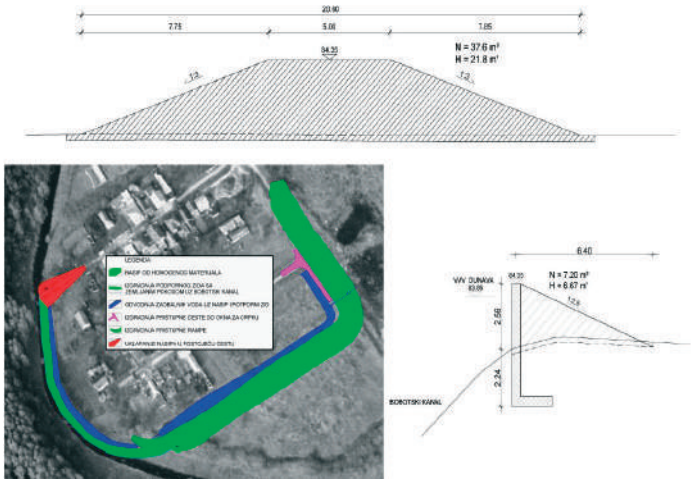
4. NASIPI

Zaštitni nasipi čine treću skupinu objekata obrane od štetnog djelovanja vode. Jedan od nasipa izveden je na Dunavu u naselju Budžak (Vukovar), a drugi primjer je rekonstrukcija nasipa Drava-Dunav kod Podravlja (Osijek).

4.1. Nasip Budžak

Na području grad Vukovara 2012. godine izvođeni su radovi na izgradnji nasipa Budžak. Svrha izgradnje nasipa trajno će riješiti opasnost od vodnog vala pri visokim vodostajima za dio grad kojem prijeti Dunav usporavajući rijeku Vuku i Bobotski kanal. Napravljena je rekonstrukcija postojećeg nasipa te je izgrađen novi uz rješenje odvodnje zaobalnih voda.

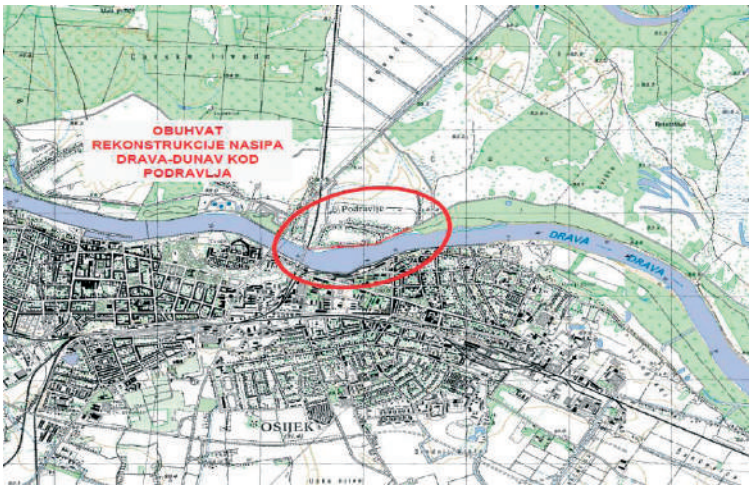
Nasip je projektiran od homogenog, zemljanog materijala, potom od potpornog vertikalnog armiranobetonskog zida s dva karakteristična profila u ovisnosti o prostoru raspoloživom za formiranje nasipa. Cijelom trasom nasipa uklopljenog uz postojeću cestu izvodi se kanal za odvodnju oborinskih zaobalnih voda, a oborinske vode ispuštaju se kroz propust u nasipu na vodnu stranu nasipa. Izgrađena je i pristupna rampa. Vrijednost izvedenih radova ove investicije iznosi cca. 2.200.000,00 kn.



Slika 17. Poprečni presjek nasipa Buđak

4.2. Nasip Drava – Dunav kod Podravlja (Osijek)

Na području grada Osijeka, na lijevoj obali rijeke Drave rađena je rekonstrukcija postojećeg nasipa. Svrha izgradnje nasipa je zaštita od poplava prigradskog naselja Podravlje. Uklonjen je postojeći zemljani nasip te je izveden potporni armiranobetonski zid za obranu. Radi lakše komunikacije koridora s naseljem u potpornom zidu je otvor za nesmetani prolazak. Omogućiti će se lakše održavanje, kontrola i obilazak nasipa kao i osnovna funkcija obrane od poplava. Istovremeno se stvaraju uvjeti za izgradnju nove gradske prometnice i okretišta na nasipu za potrebe prometovanja turističkog vlaka u području Parka prirode Kopački rit. Vrijednost izvedenih radova ove investicije iznosi cca. 5.200.000,00 kn.



Sl.18. Pregledna situacija rekonstrukcije nasipa u Podravlju (Osijek)

5. UREĐENJE DESNE OBALE RIJEKE DRAVE

Na desnoj obali rijeke Drave kod zgrade Hrvatskih voda, rekonstruirana je u duljini od oko 600 m obala u svrhu zaštite od štetnog djelovanja voda, podizanje razine obrane od poplavnog vala. Rekonstruirana je obaloutvrda s izgrađenim vidikovcem kod Solarnog trga. Istovremeno je uređena šetnica u punom profilu s pješačkom i biciklističkom stazom, urbanom opremom i javnom rasvjetom te hortikulturalno uređenim zelenim pojasom. Uređenje obale sufinancirale su zajedno Hrvatske vode i grad Osijek, a projekt je realiziran 2014. godine. Vrijednost izvedenih radova ove investicije iznosi cca. 5.500.000,00 kn.



Slika 19. Konačni izgled šetnice i uređene obaloutvrde u Osijeku

ZAKLJUČAK

Hrvatske vode na području Vodnogospodarskog odjela za Dunav i donju Dravu te djelomično i lokalnom samoupravom na području triju županija istočne Hrvatske realizirale niz projekata za povećanje stupnja sigurnosti zaštite od poplava ruralnog područja kao i gradova Osijeka i Vukovara. Riječ je o akumulacijama, nasipima, obaloutvrdama i jednoj od najvećih investicija, a to je lateralni kanal Kneževi Vinogradi – Zmajevac kojim se rješava stoljetni problem odvodnje bujičnih voda s Banske kose i povezivanje s Dunavom te navodnjavanje otvorenom kanalskom mrežom nizinskog, obradivog područja Baranje. Izgradnjom objekata kojima se povećava stupanj sigurnosti istovremeno su stvoreni i uvjeti za izgradnju objekata javne funkcije (šetnice, vidikovci, ceste, sportski objekti, kavezni uzgoja ribe za sportski ribolov, lov itd.).

Sveukupno u proteklih nekoliko godina Hrvatske vode uložile su značajna sredstva na području VGO-a za Dunav i donju Dravu u kapitalne objekte za zaštitu od štetnog djelovanja voda. Riječ je o investicijama vrijednosti ukupno cca. 190 milijuna kuna.

LITERATURA

[1] Institut IGH d.d. (2012): *Glavni i Izvedbeni projekt lateralnog kanala Kneževi Vinogradi Zmajevac*, Osijek.

[2] Hidroing d.o.o. (2012): *Glavni projekt rekonstrukcije nasipa Drava – Dunav kod Podravlja*, Zagreb.

[3] Hidroing d.o.o. (2008): *Glavni i izvedbeni projekt nasipa Budžak u Vukovaru*, Osijek.

[4] Trinas d.o.o. (2012): *Glavni projekt rekonstrukcije nasipa Drava – Dunav kod Podravlja*, Osijek.

[5] Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2008): *Glavni projekt akumulacije Koritnjak,* Zagreb

[6] Elektroprojekt d.d. (2008): *Glavni projekt akumulacije Čitluk*, Zagreb

[7] Hidroing d.o.o. (2009): *Glavni i izvedbeni projekt akumulacije Seginac*, Osijek

[8] Hidroing (2014): *Izmjene i dopine glavnog projekta akumulacije Seginac*, Osijek

AUTOR

Dražen Sabljak, dipl. ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode Osijek, Splavarska 2, Osijek, Hrvatska, drazen.sabljak@voda.hr

R 2.17.

UNAPRJEĐENJE SUSTAVA ZAŠTITE OD ŠTETNOG DJELOVANJA VODA NA PODRUČJU VGO-A ZA GORNJU SAVU

Sanja Filipan, Zoran Marković, Andrino Petković

SAŽETAK: Prolazak velikog vodnog vala rijeke Save u rujnu 2010. g. i posljedične značajne štete od poplave, bili su impuls za intenziviranje pripreme i provedbe projekata zaštite od poplava na području VGO-a za gornju Savu. U narednom razdoblju uslijedili su učestali velikovodni događaji što je potvrdilo potrebu za intenziviranjem aktivnosti na daljnjem razvoju sustava obrane od poplava. Trenutno je na području VGO-a za gornju Savu u raznim fazama pripreme i izvršenja niz projekata zaštitnih i regulacijskih vodnih građevina. Radi se o gradnji i projektiranju novih i rekonstrukciji postojećih nasipa na samoborskom, zaprešićkom i velikogoričkom području, projektiranju sniženja preljeva oteretnog kanala Sava-Odra, gradnji i projektiranju retencija u brdskim dijelovima sliva te projektiranju pragova i obaloutvrda u koritu rijeke Save. Karakter ovih aktivnosti je takav da imaju utjecaj na smanjenje rizika od poplava na stanovništvo, materijalna dobra, gospodarske aktivnosti, kulturu i prirodnu baštinu uz pozitivne utjecaje na vodni režim i okoliš. Cilj ovog rada je dati nominalni pregled aktivnih projekta. Zbog učinaka koje postižu, složenosti i međusobne povezanosti, svaki projekt zaslužuje zasebnu temu, ali i sagledavanje međusobnih utjecaja i kumulativnih učinaka. Sve zaštitne i regulacijske vodne građevine predviđene su investicijskim planom Hrvatskih voda, a planira se da će biti uključene u program mjera upravljanja rizicima od poplava u prvom Planu upravljanja rizicima od poplava koji će sukladno EU Direktivi o procjeni i upravljanju rizicima od poplava 2007-60-EZ biti donesen do kraja 2015.g. Priprema navedenih projekata čini zrelu osnovu za prijavu određenih projekata za sufinanciranje iz strukturnih fondova Europske Unije. U daljnjem koraku planira se verifikacija pojedinačnih rješenja uz dokazivanje njihove društveno-ekonomske opravdanosti u okviru izrade studije izvodljivosti s ciljem prijave projekata za sufinanciranje iz EU fondova.

KLJUČNE RIJEČI: VGO za gornju Savu, zaštita od štetnog djelovanja voda, rizici od poplava, gradnja, projektiranje, rekonstrukcija, negrađevinske mjere upravljanja rizicima od poplava

IMPROVEMENT OF THE FLOOD PROTECTION SYSTEM IN THE AREA MANAGED BY THE WMD FOR THE UPPER SAVA RIVER

SUMMARY: The passage of a large flood wave of the Sava River in September 2010 and the resulting significant flood damages were an incentive for more intense preparation and implementation of flood protection projects in the area managed by the WMD for the Upper Sava River. In the following period the frequency of flood events increased, which confirmed the need for intensified activities on further development of the flood protection system. At present, a series of projects related to protection and regulation water facilities in the area of the WDM for the Upper Sava are in various stages of development or implementation, e.g. design and construction of new or reconstruction of existing dikes in the Samobor, Zaprešić and Velika Gorica area, design of the lowering of the Sava - Odra flood relief channel, design and construction of retentions in the hilly parts of the river basin and design of sills and revetments in the Sava river bed. The nature of these activities is such that they have impact on the reduction of flood risks for the population, material property, economic activities, culture and natural heritage and exert a positive influence on the water regime and environment. The aim of this paper is to offer an overview of the ongoing projects. Due to the effect they achieve, their complexity and interconnection, each project deserves a separate topic, but also a consideration of mutual and cumulative impacts. All these protection and regulation water facilities are contained in the investment plan of Hrvatske vode, while their inclusion in the programme of measures for flood risk management in the first Flood Risk Management Plan is intended. The Plan will be adopted by the end of 2015 in compliance with the EU Directive 2007/60/EC on the assessment and management of Flood Risks. The preparation of the mentioned projects constitutes a sound basis for applying certain projects for cofinancing from the EU Structural Funds. The next planned step is the verification of individual solutions and affirmation of their socio-economic justification as part of the development of feasibility studies and application of individual projects for cofinancing from the EU funds.

KEY WORDS: Water Management Department (WMD) for the Upper Sava River, protection from adverse effects of water, flood risks, construction, design, reconstruction, non-structural flood risk management measures

1. UVOD

Prostor Vodnogospodarskog odjela (VGO) za gornju Savu nalazi se na zapadnom dijelu Republike Hrvatske (RH) i obuhvaća prostor od 3.735 km^2. Smjena brdsko nizinskog reljefa uvjetovala je formiranje vrlo razvijene i dinamične hidrografske mreže. Rijeka Sava, dominantan vodotok ovog prostora mijenja režim tečenja prelazeći u nizinsku rijeku, brdski vodotoci, pogranične rijeke, te retencijski prostor Odranskog polja dolaze u izravni kontakt s najgušće naseljenim i najizgrađenijim prostorom RH te zajedno sa zatečenim vrijednostima prirodnih dobara čini ovaj prostor posebno složenim za uspostavljanjem jedinstvene i jednoznačne koncepcije obrane od poplava i smanjenja rizika od poplava. U promjenjivim prostornim, socioekonomskim i klimatskim okolnostima, iznalaženje i implementacija optimalnog rješenja predstavlja trajni zadatak. Nalaže se potreba za stalnim razvojem sustava obrane od poplava i gradnjom zaštitnih i

regulacijskih vodnih građevina te provedbom svih mjera obrane od poplava predviđenih postojećom strateškom, zakonskom, programskom i planskom dokumentacijom vodnog gospodarstva Republike Hrvatske.
Poplavni događaji u rujnu 2010. g. bili su povod za pokretanje aktivnosti u domeni zaštite od poplava. Učestali velikovodni događaji koji su uslijedili nakon 2010.g. potvrdili su potrebu za intenziviranjem aktivnosti. Analizom postojećeg stanja konstatirani su sljedeći problemi:

- Neizgrađeni nasipi uzvodno od Zagreba
- Nasipi nizvodno od Zagreba nedovoljne visine
- Zbog starosti nepoznata kvaliteta pojedinih dionica nasipa
- Smanjeno kapacitiranje preljeva Jankomir
- Ugrožena poplavna područja u Odranskom polju
- Ugroženost od bujičnih slivova (Hrvatsko zagorje i prigorje).

Kao druga poluga pokretanja projekata bila je uočena potreba zaštite rijeke Save zbog:

- Kontinuiranog produbljivanja korita na određenim dionicama
- Sniženja vodostaja podzemne vode
- Ugroženosti vodocrpilišta pitke vode
- Erozijom ugroženih obala.

Na području VGO-a za gornju Savu pokrenut je niz aktivnosti koje uključuju izradu studijske i projektne dokumentacije te provedbu građevinskih (gradnja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina) i negrađevinskih (istraživanja nasipa, izrada sustava za prognoziranje poplava) mjera upravljanja rizicima od poplave. Navedene aktivnosti su trenutno u raznim fazama pripreme i realizacije.
Aktivnosti koje se provode proizlaze i/ili naslanjaju se na višegodišnji investicijski program Hrvatskih voda (Višegodišnji program gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije 2013.-2017.g.), a planira se da će biti uključene u program mjera upravljanja rizicima od poplava u prvom Planu upravljanja rizicima od poplava, koji će sukladno EU Direktivi o procjeni i upravljanju rizicima od poplava 2007-60-EZ biti donesen do kraja 2015.godine. Podloge za aktivnosti uključuju:

1. Povijesne studije i projekte:

- Obrana od poplava Gornjeg posavlja - 1969. g.
- Studija regulacije i uređenja rijeke Save u Jugoslaviji, 1972.g.
- Vodoprivredna osnova grada Zagreba, 1982 g. i Izmjene i dopune vodoprivredne osnova grada Zagreba iz 1993.g.

2. Recentne studije i projekte:

- Sustav obrane od poplava srednjeg posavlja i Analiza vodnog režima rijeke Save na dionici od Dubrovčaka Lijevog do Jesenica
- Projektna dokumentacija za pojedine projekte

Većina pokrenutih projekata proizašla je iz dugo godina izučavanih koncepcija zaštite od štetnog djelovanja voda, no zbog spomenutih promjena koje se odvijaju od njihove izrade, uočava se potreba za objedinjavanjem pokrenutih aktivnosti na planskoj razini

u svrhu međusobnog usklađivanja velikog broja pojedinačnih projekata i rješenja uz provjeru njihove izvodljivosti, a u cilju uspostavljanja sustavnog pristupa razvoju obrane od poplava i smanjenju rizika od poplava na predmetnom području. Pokrenuti projekti, počevši od projekta razrađenih na idejnoj razini, daju inicijalnu provjeru izvodljivosti pojedinačnog rješenja u prostoru te čine zrelu osnovu za daljnje analize na sveobuhvatnoj razini studije izvodljivosti. Ovakva analiza na prostoru VGO-a za gornju Savu, provodi se za sliv Krapine u okviru Izrade studijske dokumentacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu Krapine iz EU fondova.

Ulaskom RH u EU otvorile su se mogućnosti za ubrzanje provedbe investicijskih programa izgradnje i rekonstrukcije zaštitnih i regulacijskih vodnih građevina, koji se uklapaju u tematske ciljeve i prioritete EU za programsko razdoblje 2014-2020.g., prvenstveno Tematski cilj 5: promicanje prilagodbe klimatskim promjenama, prevencija te upravljanje rizicima. Iz razloga potrebe objedinjenog sagledavanja optimalnih mjera upravljanja rizicima od poplava na određenom slivnom području, dio planiranih projekata bit će sagledan kroz planiranu studiju izvodljivosti za projekte zaštite od poplava u sustavu gornja Sava.

Za dio područja VGO-a za gornju Savu trenutno se kroz program tvrtke Program Sava d.o.o. izrađuje Studija izvodljivosti i Strateška procjena utjecaja na okoliš za višenamjensko rješenje koji nosi naziv „Program uređenja, zaštite i korištenja rijeke Save i zaobalja od granice s Republikom Slovenijom do Siska“. Provedenom multikriterijalnom analizom analizirane su tri Opcije: tzv. Opcija 0 koja predstavlja određenu verziju vodoprivrednog rješenja i sadrži određene planirane aktivnosti Hrvatskih voda, ali i određene aktivnosti koje nisu u planovima Hrvatskih voda, Opcija 1 kao varijanta višenamjenskog rješenja iz Vodoprivredne osnove grada Zagreba iz kraja prošlog stoljeća, Opcija 2 koja se temelji na koncepcijskom i idejnom rješenju iz 2013.g., a uključuje HE Zaprešić (ranije Podsused), HE Prečko s ustavom Lučko, male hidroelektrane Jarun, Šanci, Petruševec i Ivanja Reka, HE Sisak, povećanje kapaciteta oteretnog kanala Sava-Sava na 4.500 m3/s tako da može preuzeti sve velike vode koje prelaze kapacitet korita rijeke Save u Zagrebu te druge prateće objekte. Kroz multikriterijalnu analizu odabrana je Opcija 2 za daljnju razradu u Studiji izvodljivosti koja će pokazati mogućnost realizacije prezentirane koncepcije.

Zbog urgentnosti rješavanja problematike zaštite od poplava na predmetnom području, Hrvatske vode planiraju izradu studije izvodljivosti kojom će se detaljnije obraditi i optimizirati jednonamjensko (vodoprivredno) rješenje, a koje će (uz eventualne modifikacije u cilju optimizacije) sadržavati planirane projekte Hrvatskih voda. Ovisno o rezultatima ove studije i Studije izvodljivosti za višenamjensko rješenje te mogućnostima i dinamici njegove implementacije i financiranja odlučit će se o optimalnoj strategiji daljnje pripreme, provedbe i financiranja projekata na predmetnom području.

2. PREGLED PROJEKATA

Aktivni projekti unaprjeđenja i razvoja sustava zaštite od štetnog djelovanja na prostoru gornje Save (tablica 1) mogu se, prema fazi u kojoj se nalaze, grupirati u sljedeće kategorije realizacije:

1. Projekti u fazi gradnje,
2. Projekti u fazi izrade projektne dokumentacije,
3. Projekti u fazi izrade studija i istraživanja.

Slika 1 prikazuje prostorni raspored aktivnosti.

Tablica 1. Pregled aktivnosti na području gornje Save- izgradnja, projektiranje, istraživanja i razvoj.

1.IZGRADNJA			
	Projekt	**Dovršetak gradnje**	**Investicija [kn]**
I.	**Rekonstrukcija lijevog i desnog uspornog nasipa Gradne, dužine 2076 m; izgradnja mosta preko Gradne na km 0+708,90, izgradnja mosta preko Gradne na km 1+355,18, izgradnja ustave Bistrac na spoju Gradne i novog korita Bistraca, te izgradnja novog korita vodotoka Bistrac od km 0+000,00 do km 0+679,17.**	2015.g.	15.364.000
II.	**Rekonstrukcija desnog savskog nasipa između naselja Donje Bukevje - Strmec Bukevski (Velika Gorica i Orle) u dužini od 7,25 km.**	2016.g.	40.236.000
III.	**V etapa zaštitnih nasipa desnog zaobalja rijeke Save samoborskog područja- izgradnja spojnog nasipa (L = 316 m), ustave Matovčina, lijevog uspornog nasipa Rakovice (L = 2967 m), zaštitnog zida u Prelcima (L = 184 m), mosta preko Rakovice u km 2+362,07, mosta preko Rakovice u km 3+113,10.**	2017.g.	39.310.000
IV.	**Izgradnja desnog savskog nasipa između naselja Donje Bukevje - Drnek (Orle) u dužini od 2,3 km.**	2015.g.	14.000.000
V.	**Regulacija i uređenje korita rijeke Krapinice u gradu Krapini, km 18+637-19+037.**	2015.g.	3.033.000
VI.	**Izvođenje radova izgradnje retencije Smiljanova Graba s pripadajućim objektima.**	2016.g.	22.611.000
VII.	**Izvođenje radova izgradnje retencije Burnjak, brane s pripadajućim objektima.**	2015.g.	9.950.000
VIII.	**Obaloutvrde na lijevoj obali nizvodno od Zagreba (6 obaloutvrda**): **Okunšćak, Rugvica; Oborovo, uzvodno od ustave Prevlaka, nizvodno od ustave Prevlaka, Dubrovčak**.	2017.g.	54.575.000
2.PROJEKTI			
		Faza	**Investicija [kn]**
1.	**III etapa zaštitnih nasipa desnog zaobalja rijeke Save samoborskog područja- uređenje vodotoka Bistrac (lijevi nasip; desni nasip; korito vodotoka od km 0+679,17 do km 2+716,56) , propust vodotoka Bistrac u km 1+069,86 , most preko Bistraca u km 2+147,73, čep na Bistracu.**	U tijeku je ishođenje građevinske dozvole. Predviđeni početak gradnje je 2016.g.	9.383.000
2.	**VI etapa zaštitnih nasipa desnog zaobalja rijeke Save samoborskog područja- izgradnja objekata u desnom zaobalju Save na području Samobora (kanala K-1, dužine 1609 m, cestovnog prijelaza preko kanala K-1, ustave Zlodi**).	U tijeku je ishođenje građevinske dozvole.Predviđeni početak gradnje je 2016.g.	8.149.000
3.	**VII etapa zaštitnih nasipa desnog zaobalja rijeke Save samoborskog područja- izgradnja objekata u desnom zaobalju Save na području Samobora (Kanala K-2, km 2+239,16 - 5+048,57; propusta preko kanala K-2 u km 2+279,45; propusta preko kanala K-2 u km 3+003,65; te propusta preko kanala K-2 u km 4+501,88).**	Ishođena je građevinska dozvola. Predviđeni početak gradnje je 2016.g.	7.382.000
4.	**Rekonstrukcija desnog uspornog nasipa vodotoka Rakovica**	U tijeku je izrada dokumentacije za ishođenje lokacijske dozvole. Predviđeni početak gradnje je 2017.g.	5.735.000
5.	**Transverzalni nasip od oteretnog kanala Odra do savskog nasipa kod sela Suša (Orle) u dužini od oko 7,0 km**.	U tijeku je izrada dokumentacije za ishođenje lokacijske dozvole. Predviđeni početak gradnje je 2017.g.	45.000.000

6.	**Zaštitni nasip za područje lijevog savskog zaobalja od vodotoka Lužnice do vodotoka Sutla (Zaprešić, Brdovec) duljine cca 10,0 km.**	U tijeku je izrada dokumentacije za ishođenje lokacijske dozvole. Predviđeni početak gradnje 2017.g.	44.925.000
7.	**Rekonstrukcija nasipa na području desnog savskog zaobalja nizvodno od Zagreba na dionici nasipa od naselja Drnek do naselja Suša (Orle) u dužini od 12,5 km, uključivo i četiri obaloutvrde**	U tijeku je izrada dokumentacije za ishođenje loka-cijske dozvole. Predviđeni početak gradnje 2016.g.	75.035.000
8.	**Rekonstrukcija nasipa na području lijevog savskog zaobalja nizvodno od Zagreba na dionici nasipa od naselja Hruščica i Dubrovčak (Rugvica) u dužini od cca 8,5 km.**	U tijeku je ishođenje loka-cijske dozvole. Predviđeni početak gradnje 2017.g.	45.320.000
9.	**Obaloutvrde na samoborskom području: kod naselja Medsave, od stacionaže Save 720+480 do 721+450 te kod naselja Samoborski Otok od stacionaže Save 724+850 do 725+775.**	U tijeku je ishođenje građevinske dozvole. Predviđeni početak gradnje je 2016.g.	28.172.629
10.	**Sniženje preljevnog praga Jankomir**	U tijeku je postupak ishođenja lokacijske i građevinske dozvole.	5.000.000
11.	**Gradnja praga u koritu r. Save kod Novaka Šćitarjevskih.**	U tijeku izrada dokumentacije za ishođenje lokacijske dozvole. Predviđeni početak gradnje je 2018. g.	14.000.000
12.	**Pragovi u koritu Save, dionica Ivanja Reka- Jarun. Četiri potopljena praga: Prag Mičevac na stac 695,25 km, prag Bundek na stac 700,30 km, prag Kajzerica na stac 702,45 km, prag Jarun na stac 705,75 km,**	U tijeku je izrada idejnog projekta. Predviđeni početak gradnje je 2018. g.	70.000.000
13.	**Gradnja praga u koritu r. Save kod Drenja Šćitarjevskog**,	Izrađen je idejni projekt. Predviđeni početak gradnje je 2018. g.	27.500.000
14.	**Retencija Vir**	U tijeku je izrada idejnog projekta. Predviđeni početak gradnje je 2018. g	9.000.000
3.NEGRAĐEVINSKE MJERE UPRAVLJANJA RIZICIMA OD POPLAVA			
		Faza	**Investicija [kn]**
1.	**Izrada analize stabilnosti postojećih nasipa u svrhu definiranja njihove sigurnosti- (oko 63 km nasipa).** Provođenjem aktivnih mjera obrane od poplava, kao i naknadnim analizama, utvrđeno je da nasipi nizvodno od Zagreba na pojedinim dionicama ne zadovoljavaju kriterije zaštite te je pokrenut niz aktivnosti na istraživanju te rekonstrukciji/dogradnji. Provedbom Analize stabilnosti: • dobiveni su značajni podaci o stanju i strukturi nasipa- ustrojavanje baze podataka • date su smjernice za planiranje održavanja i/ili sanacije nasipa • dani su naputci za daljnje praćenje stanja nasipa	2015.g.	2.000.000
2.	**Implementacija pilot projekta i jačanje kapaciteta za prognoziranje poplava** Projekt je proizašao iz planova Hrvatskih voda i Državnog meteorološkog zavoda za razvoj hidroloških prognostičkih sustava u Republici Hrvatskoj i započeo je u rujnu 2014. Prognostički model povezati će se sa slovenskim prognostičkim modelima Save i Kupe razvijenih od strane Agencije Republike Slovenije za Okolje. Projekt predstavlja važnu podlogu za kvalitetnijim upravljanjem rizicima od poplava i operativnu obranu od poplava.	2015.g,	2.400.000

Provedba navedenih hidrotehničkih projekta rezultira složenim zahvatima pri čemu se rješava čitav niz problema: složenost ugovornih odnosa, ekološka pitanja koja bitno utječu na tijek projekata i primjenu tehničkih rješenja, dugotrajni žalbeni procesi na rješenja o izvlaštenju pri rješavanju imovinsko pravnih odnosa, nedefiniran zakonski okvir u pitanjima legalnosti postojećih vodnih građevina, dugotrajni postupci provedbe ocjena utjecaja zahvata na okoliš i na područja ekološke mreže, problemi izvodljivosti u stvarnim uvjetima, upotreba suvremenih rješenja spram poznatih, sagledavanje troškova u svim fazama razvoja projekta, financijska i ekonomska opravdanost projekta.



Slika 1. Aktivnosti na području gornje Save- izgradnja (I.-VIII.) i projektiranje (1.-14.).

ZAKLJUČAK

Učestali velikovodni događaji kojima je izložen sustav zaštite od štetnog djelovanja voda na području VGO-a za gornju Savu kao i njegova djelomična izgrađenost pokazali su nužnost intenziviranja aktivnosti u pogledu izgradnje, rekonstrukcije i pripreme projekta. Zabilježeni ekstremni događaji iako ozbiljni po pitanju posljedica koje su mogli ili jesu imali na ljude, imovinu, kulturna i prirodna dobra, učinili su pravovremeni odjek kako bi se projekti pokrenuli i realizirali.

Na području VGO-a za gornju Savu pokrenut je niz aktivnosti u vidu poboljšanja rekonstrukcije, nadvišenja i dogradnje nasipa kao osnovnih elemenata na kojima se temeljila zaštita od štetnog djelovanja voda na slivu. Analize stabilnosti koje se provode na savskim nasipima pokazat će moguću potrebu dodatne mjere za osiguranje zadovoljavajuće stabilnosti na pojedinim dionicama. Priprema projektne dokumentacije za prezentirane projekte izgradnje nasipa, pragova, obaloutvrda i retencija koja je u tijeku naslanja se na planske dokumente Hrvatskih voda i predstavlja nastavak razrade poznatih koncepcija. Priprema navedenih projekta za financiranje iz EU fondova u sklopu provedbe investicijskih programa izgradnje i rekonstrukcije zaštitnih i regulacijskih vodnih građevina, koji se uklapaju u tematske ciljeve i prioritete EU za programsko razdoblje 2014-2020.g., traži sagledavanje cjelokupnog gornjeg toka rijeke Save i njihovu provjeru kroz jedinstvenu hidrološko-hidrauličko analizu u okviru studije izvodljivosti. Za sliv Krapine u tijeku je izrada studije izvodljivosti koja treba dati prijedlog mjera upravljanja rizicima od poplava, za koji će se nastavno, po potrebi, izrađivati studije utjecaja na okoliš i prirodu, detaljna projektna dokumentacija te aplikacija za sufinanciranje iz EU fondova. U nastavku se planira studija izvodljivosti kojom će se detaljnije obraditi i optimizirati jednonamjensko (vodoprivredno) rješenje, a koje će uz eventualne modifikacije u cilju optimizacije sadržavati planirane projekte koji su prezentirani u ovom radu (Tablica 1.).

Prezentirane aktivnosti na projektiranju i izgradnji građevinskih mjera te razvoju negrađevinskih mjera upravljanja rizicima od poplava te problematika koja se njima posredno i neposredno rješava (širok spektar učinaka na prostor, društvo i prirodu) čine dobru osnovu i daju vrijedna iskustva koja će biti usvojena i objedinjena u jedinstvenoj koncepciji upravljanja rizicima od štetnog djelovanja voda za područje VGO-a za gornju Savu kako bi ovaj složeni prostor dobio novo definiranu osnovu za sustavan pristup osnovnom cilju smanjenja rizika od poplava.

LITERATURA

[1] Srebrenović, D., (1969): *Obrana od poplave Gornjeg posavlja*, Direkcija za Savu, Zagreb.

[2] Srebrenović, D., (1972): *Studija regulacije i uređenja rijeke Save u Jugoslaviji*, 1972.g., Polytechna Prag.C.Lotti Rim.

[3] Elektroprojekt (1981-1983): *Vodoprivredna osnova grada Zagreba*, Zagreb.

[4] Elektroprojekt (1993): *Vodoprivredna osnova grada Zagreba izmjene i dopune*, Zagreb.

[5] Vodoprivredno-projektni biro d.d.(2010): *Analiza vodnog režima rijeke Save na dionici od Dubrovčaka Lijevog do Jesenica*, Zagreb.

[6] Vodoprivredno-projektni biro d.d.(2010): *Sustav obrane od poplava srednjeg posavlja*, Zagreb.

[7] Elektroprojekt (2013): *Višenamjenski hidrotehnički sustav uređenja, zaštite i korištenja rijeke Save i zaobalja od granice s Republikom Slovenijom do Siska*, Zagreb.

AUTORI

Sanja Filipan, mag.ing.aedif. [a]

Zoran Marković, struč.spec.ing.aedif. [a]

Andrino Petković, dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, VGO za gornju Savu, Ul. grada Vukovara 271, 10000 Zagreb, sanja.filipan@voda.hr; zoran.markovic@voda.hr; andrino.petkovic@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.18.

ANALIZA STABILNOSTI POSTOJEĆIH SAVSKIH NASIPA U SVRHU DEFINIRANJA NJIHOVE SIGURNOSTI NA PODRUČJU VODNOGOSPODARSKOG ODJELA ZA GORNJU SAVU

Katarina Ravnjak, Zlatko Juriša

SAŽETAK: Prolazak velikog vodnog vala u rujnu 2010. godine pokazao je niz loših mjesta na postojećim zaštitnim nasipima uz rijeku Savu na području koje je u nadležnosti Vodnogospodarskog odjela (VGO) za gornju Savu. Na tom području izgrađene su zaštitne građevine na rijeci Savi u obliku lijevog nasipa od Podsusedskog mosta do ustave Prevlaka i desnog nasipa od Podsusedskog mosta do sela Suša, što je ukupno 63 km nasipa. U rujnu 2010. godine na području nizvodno od grada Zagreba na desnoj obali Save kod Strmca Bukevskog odnosno Sopa Bukevskog došlo do prodora nasipa te plavljenja zaobalja. I na više drugih mjesta na nasipima uočeni su problemi pojačanog procjeđivanja u zaobalje u trenucima prolaska vodenih valova odnosno pojave visokih vodostaja u koritu i inundacijama. Kako bi se detaljnije istražili ovi problemi i poduzele adekvatne mjere koje će u budućnosti spriječiti, odnosno na najmanju moguću mjeru smanjiti opasnosti od poplava, Hrvatske vode su poduzele prvi korak s izradom analize postojećeg stanja izgrađenih savskih nasipa, na području koje je u nadležnosti Vodnogospodarskog odjela (VGO) za gornju Savu, u smislu stabilnosti izgrađenih nasipa.

KLJUČNE RIJEČI: Nasip, geotehnički istražni radovi, inženjerskogeološka istraživanja, geofizička istraživanja, kategorizacija nasipa

ANALYSIS OF STABILITY OF THE EXISITING SAVA DIKES FOR TO DETERMINE THEIR SAFETY IN THE AREA MANAGED BY THE WMD FOR THE UPPER SAVA

SUMMARY: The passage of a flood wave in September 2010 revealed a series of deficiencies in the existing protective dikes along the Sava River in the area which is the responsibility of the Water Management Department for the Upper Sava River (WMD). In this area, the following protective facilities on the Sava were constructed: the left dike from the Podsused bridge to the Prevlaka sluice and the right dike from the Podsused bridge to the Suša village, which amounts to the total dike length of 63 km. In September 2010, in the area downstream of the City of Zagreb, on the right bank of the Sava at Strmec Buke-

vski and Sop Bukevski, the dike was breached and the hinterland was flooded. In several other places, problems with increased seepage through the dikes into the hinterland were observed during the passage of the flood wave, i.e. the appearance of high water levels in the river bed and inundations. In order to investigate these problems in detail and undertake adequate measures to prevent or minimize the future flood hazards to the lowest possible degree, Hrvatske vode took the first step by conducting a stability analysis of the existing state of the constructed Sava dikes in the area managed by of the WMD for the Upper Sava River (WMD).

KEY WORDS: Embankment, geotechnical investigation works, engineering-geological investigations, geophysical investigations, dike categorization

1. UVOD

U zadnjih deset godina u Republici Hrvatskoj zabilježene su do sada ekstremne hidrološke prilike s pojavom velikih voda i ekstremnih vodostaja te poplavama koje su prijetile ljudskim životima i uzrokovale velike materijalne štete. Poplave se, kao prirodne pojave, ne mogu spriječiti, pojavljuju se na mjestima gdje se i ne očekuju, a uzrokuju ih vodni valovi veći od velikih voda na koje su postojeći zaštitni sustavi dimenzionirani. Nasipi su podložni eroziji, djelovanju životinja, ljudi kao i drugim utjecajima visokih voda ili potresa i u svakom slučaju, potreban je oprez kako bi se osiguralo ispravno funkcioniranje nasipa u slučaju visoke vode, a za koju je nasip projektiran. Iz tog razloga važno je redovito pratiti nasipe i pratiti njihovo stanje, identificirati nedostatke i na njih upozoriti. Osim toga, važno je provjeriti da li se nasip održava, onako kako je propisano, te pružiti sve potrebne informacije o nasipima. U RH nema pravilnika o Tehničkom promatranju nasipa. Vezano za tehničko praćenje nasutih građevina postoji Pravilnik o tehničkom promatranju visokih brana (1991). Pristupanjem Europskoj uniji, Republika Hrvatska se obvezala uskladiti svoje propise sa skupom građevinskih normi Konstrukcijski eurokodovi. Eurokod 7 (HRN EN 1997-1) i Pravilnik o održavanju građevina (2014) još detaljnije reguliraju pitanje nadzora nad izgradnjom, praćenjem i održavanjem geotehničkih objekata.

Regulacija rijeke Save kod Zagreba počela je 1899. godine. Glavnina zahvata na koritu obavljena je između 1900. i 1918. godine kada Sava kod Zagreba dobiva svoj današnji tok. Bio je to prvi, ali važan korak ka istinskom razvoju južnog dijela Zagreba koji će svoju konačnu i potpunu zaštitu od rijeke Save dobiti tek izgradnjom današnjih nasipa podignutih nakon katastrofalne poplave 1964. godine (Slukan Altić, 2010). Na slici 1. Prikazane su posljedice poplave 1964. godine. Zbog činjenice da su predmetni nasipi nastajali u različito doba, gdje su bile velike razlike u stanju vodnog gospodarstva, zakonskog okruženja i načinu financiranja, to se odrazilo i na stanje nasipa. Najvažnije rekonstrukcije nasipa bile su: nakon poplave u gradu Zagrebu 1964. god. i nakon odluke o zatvaranju kazete Črnec Polje rekonstrukcijom lijevo obalnih savskih nasipa od 1975. god. Prema postojećim podlogama, ove akcije imale su kao posljedicu relativno lošu pripremu i izgradnju nasipa, bez propisanih geotehničkih istražnih radova, internih propisa i načina praćenja njihovog ponašanja u eksploataciji. Obzirom na prethodno opisane uvjete izgradnje kao i starost nasipa javlja se potreba za ozbiljnu sistematizaciju izgrađenih vodnih građevina, a pogotovo zaštitnih nasipa.



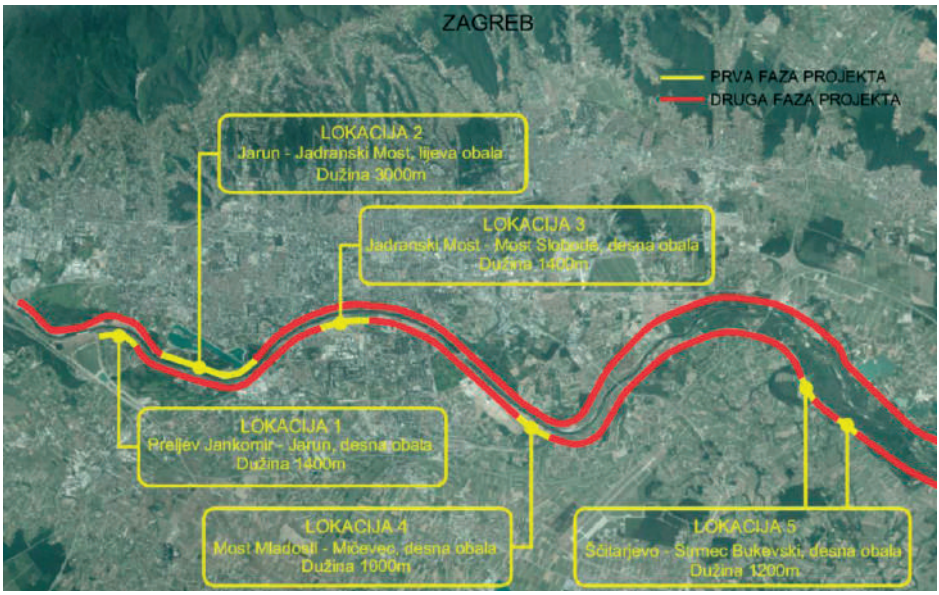
Slika 1. Pogled na Savsku cestu sa tada još ne završenog Vjesnikovog nebodera i fotografija vode zaustavljene zečjim nasipima pod nadvožnjakom kod današnjeg Ciboninog tornja na Savskoj cesti (Vjesnik, Utorak, 26. listopada 2004.)

Meteorološki ekstremi na području uzvodnih zemalja zabilježeni tijekom 2010. godine formirali su velike vode na području slivova Neretve, Save i Dunava, dok su velike količine oborina na području Republike Hrvatske izazvale i formiranje velikih voda njihovih pritoka u Republici Hrvatskoj (Đuroković i drugi, 2012.). Upravo su poplave u rujnu 2010. godine na području nizvodno od grada Zagreba potaknule Hrvatske vode da poduzmu niz konkretnih mjera za poboljšanje izgrađenog sustava obrane od poplava (dogradnja sustava nasipa uzvodno od Zagreba, rekonstrukcija kritičnih dionica nizvodno od Zagreba na potezu od Hruščice do Suše), a sve u svrhu smanjenja rizika od poplava na prihvatljivu razinu.

Nakon toga su Hrvatske vode 2013. godine pokrenule i geotehničku procjenu stanja nasipa na području Zagreba i Zagrebačke županije i to od Podsusedskog mosta (približno od km rijeke Save 715+000) do Dubrovčaka Lijevog (km 648+000) i desnog nasipa od Podsusedskog mosta (km 715+000) do sela Suša (km 651+000) u obliku izrade Analize stabilnosti postojećih savskih nasipa u svrhu definiranja njihove sigurnosti na području Vodnogospodarskog odjela za gornju Savu.

2. IMPLEMENTACIJA ANALIZE

U projektnom zadatku je, od 63 km, izdvojeno 5 lokacija, a na temelju dosadašnjih istraživanja i spoznaja. Za te lokacije se pretpostavlja da su kritične u pogledu stabilnosti, čvrstoće i rizika od oštećenja/havarije prilikom prolaska velikovodnih valova i bile su predmet prve faze projekta.



Slika 2. Kritične lokacije nasipa

Na slici 2. Prikazane su kritične lokacije. Za sagledavanje problema na pojedinoj kritičnoj lokaciji, izvedeno je, uz inženjerskogeološke i geofizičke radove, istražno bušenje sa po 3 bušotine u profilu. Jedan profil sa po 3 bušotine je izveden približno na svakih 400 m nasipa te na mjestima starih rukavaca. Izvedeno je ukupno 60 geotehničkih istražnih bušotina na 20 profila, ukupno nešto više od 560 m' bušenja. Istražnim bušenjem identificirana je raspodjela materijala ispod površine, geometrija i prisutnost karakterističnih slojeva. Provedeno je određivanje karakteristika svakoga sloja uzimanjem uzoraka. Prikupljeni su podaci o razini podzemne vode. U geotehničkom laboratoriju određena su fizikalna i mehanička svojstva na neporemećenim i poremećenim uzorcima, a u skladu s akreditiranim normama. Slika 3. Daje prikaz toka radova prve faze projekta.

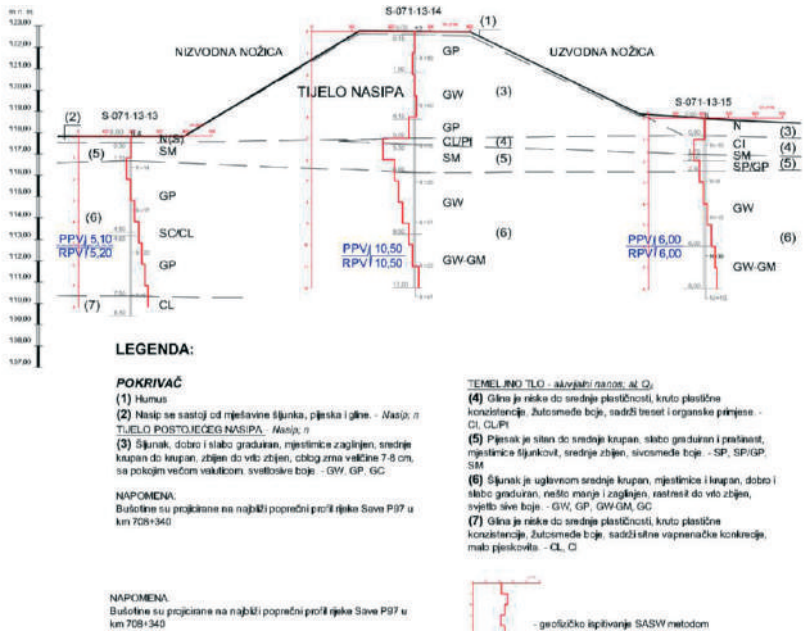


Slika 3. Dijagram toka prve faze projekta

Određivanje geotehničkog presjeka nasipa i temeljnog tla daje uz odgovarajuće kontrolne geotehničke proračune potvrdu da presjek nasipa može odolijevati hidrostatičkim i hidrodinamičkim djelovanjima vode. Hidrostatičko djelovanje vode na nasip može uzrokovati nastajanje kliznih ploha, slijeganje nasipa, procjeđivanje vode kroz tijelo nasipa i temeljno tlo, uzdizanje i pucanje nasipa. Materijal može biti takav da mijenja volumen povećanjem vlažnosti pa dolazi do njegove deformacije, pojave pukotina nakon sušenja, dodatnih slijeganja i slično (Kuspilić, 2009/2010). Nadalje, nakon povlačenja velike vode, zaostala voda u trupu nasipa uzrokuje povećanje pornih tlakova uslijed čega dolazi do pojave kliznih ploha na uzvodnim pokosima. Isto tako, za trajanja velikih voda, dolazi do procjeđivanja kroz tijelo nasipa i do pojave vrelne plohe na nizvodnom pokosu. To je nedopustivo stanje zbog opasnosti da voda ne počinje ispirati pokos (pojava hidrauličkog loma tla) i time ugroziti stabilnost nasipa. Uslijed hidrodinamičkog djelovanja može pak nastati oštećenje fluvijalnom erozijom, oštećenje uslijed valova, oštećenje uslijed udara santi leda i oštećenje uslijed prelijevanja no takvi problemi nisu bili sastavni dio ovoga projekta.

Na ispitanim kritičnim lokacijama utvrđeno je da je nasip izgrađen uglavnom od šljunka unutar kojeg su mjestimice nabušeni tanji proslojci gline i pijeska. Izuzetak je nasip na lokaciji 3, kod hipodroma, gdje su u tijelu nasipa registrirani glinovito-pjeskoviti materijali. Temeljno tlo se sastoji od tanjeg sloja površinskih glina i šljunka. Mjestimice su unutar šljunka registrirani tanji proslojci pijeska. Na lokacijama 1 i 2 je ispod šljunka nabušena podinska glina, dok je na lokaciji 5 u gornjem dijelu registriran nešto deblji sloj glineno-prašinastih materijala. Na Slici 4. prikazan je geotehnički profil tla na lokaciji 1 (Geokon-Zagreb, 2014a).

Ovom „analizom stabilnosti postojećih savskih nasipa“ detektiran je sastav materijala nasipa i temeljnog tla te su geostatičkim analizama procijenjena stanja nasipa u pogledu stabilnosti i čvrstoće nasipa. Složeni matematički modeli tečenja s podlogama kao što su geodetska snimka dna korita i cijele inundacije te određivanje kote 1000 g.V.V nisu bili dijelom ovog projekta. Na osnovu hidrološko-hidrauličkih proračuna treba procijeniti utjecajnu zonu visokovodnog režima rijeke Save odnosno Kupe i definirati najnepovoljnija stanja vodnog režima mjerodavna za dimenzioniranje nasipa na tretiranom dijelu toka rijeke Save. U skladu s postulatima obrane od poplava Srednjeg posavlja vodna lica velikih voda za 100. i 1000-god. povratne periode treba proračunati za procjenu sigurnosti postojećih i planiranih nasipa od prelijevanja (Kolarić i Brkić, 2013). Posebno treba napraviti hidrološko-hidrauličke proračune za stanje koje odgovara postojećim uvjetima izgrađenosti i posebno za stanje koje odgovara opisanim “budućim” uvjetima razvoja predmetnog dijela sustava.



Slika 4. Geotehnički profil tla na lokaciji 1

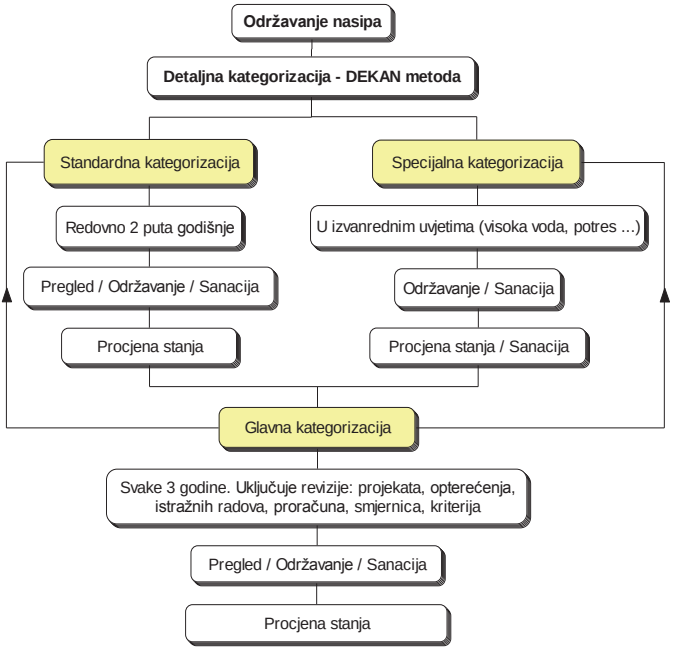
Analize stabilnosti i procjeđivanja su provedene na odabranim profilima nasipa koji predstavljaju karakterističnu uslojenost nasipa i temeljnog tla na pojedinim dionicama. Analize stabilnosti provjeravane su za različite projektne situacije. Projektna situacija eksploatacije zadovoljava kriterije stabilnosti kada nema vode u inundaciji. Situacije visoke vode i naglog sniženja na nekim presjecima inicirale su moguće smanjenje faktora sigurnosti. Prema provedenoj analizi globalne stabilnosti proračunom je dokazana stabilnost nasipa i za slučaj potresa povratnih perioda 95 i 475 godina za stanje eksplaotacije. Za analizu hidrauličke stabilnosti kritična situacija je pojava velikih voda. Zbog karakteristika i vrste materijala u nasipu i temeljnom tlu procjeđivanje je značajno. Iznimna važnost ove analize bila je upravo u provedenim kategorizacijama nasipa. Definirane su kategorizacije nasipa i po prvi put je izvršen detaljan obilazak vidljivih površina nasipa sa registriranjem i fotodokumentiranjem zatečenog stanja od strane stručnih osoba (Geokon–Zagreb, 2014b). Vizualnim pregledom uočeni su defekti, anomalije, odnosno trenutni terenski uvjeti na promatranim dionicama nasipa. Zasebno su se razmatrala određena stanja koja mogu dovesti do sloma nasipa i bilježili su se indikatori koji mogu dovesti do sloma nasipa. Na slici 5. Prikazani su indikatori koji mogu dovesti do sloma nasipa. Ova kategorizacija temeljem vrijednosti ocjene od 0-100 svrstava pojedine dionice nasipa u nekoliko kategorija: (Izvrsno, Vrlo dobro, Dobro, Prihvatljivo, Loše i Nezadovoljavajuće). Tako se prvi puta pokušalo na jednostavan i kvalitetan, odgovarajući način ocijeniti stanje nasipa (izgrađenih prije više desetaka godina) te su temeljem vrijednosti ocjene pojedine dionice nasipa svrstane u nekoliko kategorija. Svaka kategorija sadrži pripadni opis stanja nasipa i preporučene akcije,

odnosno preporuke o održavanju nasipa, daljnjoj kontroli ili tehničkom praćenju, izradi projekata sanacije itd.



Slika 5. Indikatori stanja koji mogu dovesti do sloma nasipa

Izrađene kategorizacije mogu poslužiti kao pilot program za nastavak aktivnosti na sistematizaciji izvedenih zaštitnih nasipa, a nadamo se da će u budućnosti poslužiti i kao baza za upravljanje javnim vodnim dobrom u smislu održavanja, korištenja i čuvanja javnoga vodnoga dobra za namjene kojima javno vodno dobro služi.
Izrađenim kategorizacijama dane su preporuke za načine i učestalosti provođenja detaljnih kategorizacija što prikazuje slika 6.
Nakon što su provedeni istražni radovi na kritičnim dionicama provedeni su istražni radovi druge faze projekta, na ostatku nasipa. Duž lijevog i desnog nasipa ukupne duljine 55,0 km izvedeno je istražno bušenje od jedne istražne bušotine dubine 12 m u profilu i geofizički istražni radovi. Bušotine su izvedene na kruni nasipa. Profili su se izvodili ciljano na mjestima starih, zatrpanih rukavaca, na mjestima registriranih oštećenja nasipa te na svakih oko 1 km nasipa. Izvedeno je ukupno 55 geotehničkih istražnih bušotina (660 m' bušenja).



Slika 6. Smjernice za učestalost provođenja kategorizacije nasipa

Tijelo postojećeg nasipa se na istraživanim pozicijama sastoji od šljunka unutar kojeg su često registrirani tanji slojevi i proslojci gline debljine od 0,1 do 1,0 m. Temeljno tlo se na istraživanim pozicijama sastoji od površinskog sloja gline, mjestimice tanjih slojeva i proslojaka sitnog pijeska te dominantno od šljunka.

ZAKLJUČAK

Program geotehničkih istražnih radova i ocjene stanja stabilnosti izgrađenih zaštitnih nasipa, koji su provele Hrvatske vode na dijelu izgrađenih nasipa na području VGO za gornju Savu, predstavljaju primjer sistematizacije podataka o kvaliteti izgrađenih nasipa i dobivanja zaključka o njihovoj sigurnosti u eksploataciji, a sve u svrhu konačnog cilja, a to je zaštita u prvom redu stanovništva i materijalnih dobara u zaobalju.

Ova analiza prikupila je zavidnu količinu povijesnih podataka, geotehničkih podataka o nasipima i temeljnom tlu, stanju nasipa koje će u budućnosti služiti kao važna referenca. Po prvi puta provedene kategorizacije sa svojim rezultatima, u konačnici, mogu poslužiti kao podloga za donošenje odluka u održavanju i pravovremenoj sanaciji nasipa, a osim toga služi upravo za bolje razumijevanje, pomoć pri upravljanju i smanjenju rizika od poplave, a vezanih za nasipe.

Provođenjem kategorizacije nasipa stječe se stalni uvid u stanje nasipa i okolnog tla prvenstveno u pogledu stabilnosti i vodopropusnosti izvedenih nasipa. Daljnje aktivnosti na kategorizaciji nasipa mogu omogućiti da se uoče i registriraju svi događaji i stanja koja bi mogla imati utjecaja na sigurnost nasipa i okolna područja te da se spriječe eventualna oštećenja zaštitnih nasipa u eksploataciji.

LITERATURA

[1] Slukan Altić, M. (2010): *Povijest Regulacije Rijeke Save kod Zagreba i njezine Poslijedice na Izgradnju Grada*, Hrvatske vode 18(2010) 73 205-212.

[2] Đuroković, Z, Biondić, D., Sitar, S. (2012): *Poplave i obrana od poplava u republici hrvatskoj i uloga i značenje glavnog centra obrane od poplava*, Zbornik radova Zaštita od poplava u Hrvatskoj (Uredništvo - Biondić, D., Holjević, D.), Hrvatske vode, Vukovar, 9-22.

[3] Kolarić, D. i Brkić, B. (2013): *Simulacijski model nestacionarnog tečenja Srednjeg posavlja*, Zbornik radova Dani gospodarenja vodama (Uredništvo – Bekić, D.), Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 127-153.

[4] Geokon Zagreb (2014a), *Geotehnički istražni radovi za analize stabilnosti na pretpostavljenim najkritičnijim dionicama nasipa na području VGO a za gornju Savu*, LOKACIJA 2, Jarun – Jadranski most, lijeva obala, Izvještaj br. E-071-13-02 v1.0, 2014.

[5] Geokon Zagreb (2014b), *Detaljna kategorizacija nasipa na kritičnim dionicama savskih nasipa na području VGO a za gornju Savu u 2014. godini*, Izvještaj br. E-071-13-16 v1.0, 2014.

[6] HRN EN 1997-1 (Eurocode 7: Geotehnical design – Part 1: General rules)

[7] *Pravilnik o tehničkom promatranju visokih brana* (Sl. list 128/1966. NN 53/91)

[8] *Pravilnik o održavanju građevina* („Narodne novine“, broj 122/14)

[9] Kuspilić, N. (2009/2010): *Regulacije vodotoka*, prof. dr.sc. Neven Kuspilić [Internet], <raspoloživo na http://www.grad.unizg.hr/_download /repository/ Regulacije_skripta_5%5B1%5D.pdf> (pristupljeno 20. veljače, 2015)

[10] Vjesnik (2004): *Pogled na Savsku cestu sa tada još ne završenog Vjesnikovog nebodera i fotografija vode zaustavljene zečjim nasipima pod nadvožnjakom kod današnjeg Ciboninog tornja na Savskoj cesti* [Internet], <raspoloživo na http://www.mgz.hr/UserFiles/ file/Poplava%20u%20Zagrebu%201.pdf> (pristupljeno 05. studenog, 2014)

AUTORI

Katarina Ravnjak, mag.ing.aedif. [a]

Zlatko Juriša, dipl.ing.građ. [b]

[a] Geokon-Zagreb, Starotrnjanska 16a, Zagreb, 10000, Hrvatska, katarina.ravnjak@geokon.hr

[b] Hrvatske vode, VGO za gornju Savu, Ul. grada Vukovara 271, 10000 Zagreb, zjurisa@voda.hr

R 2.19.

OBNOVA DESNOG NASIPA RIJEKE SAVE IZMEĐU NASELJA DRNEK – SUŠA I UREĐENJE OBALOUTVRDA NA 4 MJESTA NA PREDMETNOJ DIONICI

Marijana Kotaran Munda, Zlatko Juriša

SAŽETAK: Dionicu savskog nasipa između naselja Drnek i Suša potrebno je obnoviti i izvesti do kote koja nadvisuje mjerodavni visokovodni događaj 100 godišnjeg povratnog perioda za 1,20 m. S obzirom na položaj prometnice u odnosu na postojeći nasip, blizinu korita rijeke Save u odnosu na postojeći nasip, položaju nasipa u odnosu na postojeće objekte u naseljima i visinu nasipa u odnosu prema mjerodavnom vodostaju odabrani su različiti karakteristični profili koji se primjenjuju uzduž dionice od 12,0 km. Pri odabiru tehničkog rješenja respektirana su nova saznanja u projektiranju u pogledu novih materijala i nove tehnologije te se je pokušalo postići da tradicionalni pristup građenju nasipa prihvati i neke nove metode izvedbe, kao npr. izvedba nasipa primjenom armiranog tla (novi pristup) uz istovremenu izvedbu obaloutvrda od krupnog kamena (konvencionalni način).

KLJUČNE RIJEČI: Obnova nasipa, Zaštitni zid, Obaloutvrda, Županijska cesta

REHABILITATION OF THE RIGHT SAVA DIKE AND IMPROVEMENT OF REVETMENTS IN 4 PLACES BETWEEN THE SETTLEMENTS DRNEK AND SUŠA

SUMMARY: The section of the Sava River between the settlements Drnek and Suša had to be rehabilitated and constructed up to the elevation exceeding the design flood event of a 100-year return by 1.20 m. Having in mind the position of the road in relation to the existing dike, the vicinity of the Sava river bed in relation to the existing dike, the position of the dike in relation to the existing structures in the settlements and the height of the dike in relation to the design water level, different characteristic profiles applied along the 12.0 km section were selected. In choosing an adequate technical solution, new insights into design in view of new materials and new technologies were taken into account, and attempts were made to include some new construction methods in the traditional construction approach, such as dike construction with the use of reinforced earth while simultaneously constructing revetments with coarse stone in the traditional manner.

KEY WORDS: Dike rehabilitation, Protective wall, Revetment, County road

1. UVOD

U sklopu rješavanja zaštite savskog zaobalja od velikih voda, na relaciji od Zagreba do Siska, a u cilju usklađivanja sa stupnjem zaštite uzvodnih i nizvodnih dionica nasipa, potrebno je osigurati kvalitetnu zaštitnu liniju u uvjetima novih elemenata tečenja nastalih zbog postupnih morfoloških promjena korita rijeke Save, kao i promjena u globalnim klimatskim i hidrološkim uvjetima. Zbog procesa pojačane erozije dna kao i postojećih obaloutvrda, karakteristike rijeke Save osim u poprečnom profilu, promijenjene su i u uzdužnom smjeru.

U sklopu postupnog rješavanja zaštite savskog zaobalja od velikih voda, na dionici od Zagreba do Siska, kao najkritičnija mjesta u sustavu obrane od poplave ističu se neobnovljeni nasipi na pojedinim dijelovima rijeke Save. Jedna od neobnovljenih, kritičnih dionica obrane od poplava je i predmetna dionica od Drneka do Suše u ukupnoj dužini od cca 12 km. Nasip je star i nedovoljne visine, a na njemu je uočen niz oštećenja (uslijed djelovanja vode, štetočina (rovka, vidra, vodeni voluhar, štakori...) i odvijanja prometa po kruni nasipa) i nestabilnosti (odroni, slijeganja, procjeđivanja i klizanja).

Tijekom godina eksploatacije nasipa, efikasnost i funkcionalnost postojećeg nasipa se smanjivala zbog sve većeg opterećenja od vozila (županijska cesta na nasipu), promjene globalnih klimatskih uvjeta, činjenice da je trup nasipa izrađen od raznog koheretno/nekoheretnog materijala (nepoznate tehnologije ugradnje nasipa), slabog održavanja (vegetacija u pokosima nasipa i zaštićenom pojasu uz nožicu nasipa), promjene standarda i propisa u domeni projektiranja i izvođenja.

Zbog navedenih razloga nasip je pretrpio nekoliko proboja, bio je izložen učestalim vrhunjenje visokim vodostajima do krune nasipa, kao i opterećen pojačanim procjeđivanje vode kroz trup nasipa i ispod nasipa. Posljedica navedenih djelovanja su slijeganja krune nasipa, pojava lokalnih kliznih ploha, površinska eroziju obalnog i zaobalnog pokosa te pojava vlačnih pukotina i sličnih deformacija trupa nasipa.

2. OBNOVA NASIPA I UREĐENJE OBALOUTVRDA

2.1. Općenito

Trasa postojećeg nasipa na predmetnoj dionici (slika 1) prolazi na uzvodnom dijelu dionice kroz naselje, gdje se na potezu od cca 4,2 km promet odvija po kruni nasipa (županijska cesta). Na zaobalnom dijelu te trase u neposrednoj blizini njegove nožice nalaze se stambeni i gospodarski objekti. Na vodnoj strani dio nasipa je direktno ugrožen erozijskim djelovanjem vode (na lokacijama dužine cca 1 km). Većim dijelom inundacijski pojas i mjestimice pokos nasipa prekriveni su gustom vegetacijom, višim i nižim grmljem, pojedinačnim stablima u gušćem ili rjeđem rasporedu.

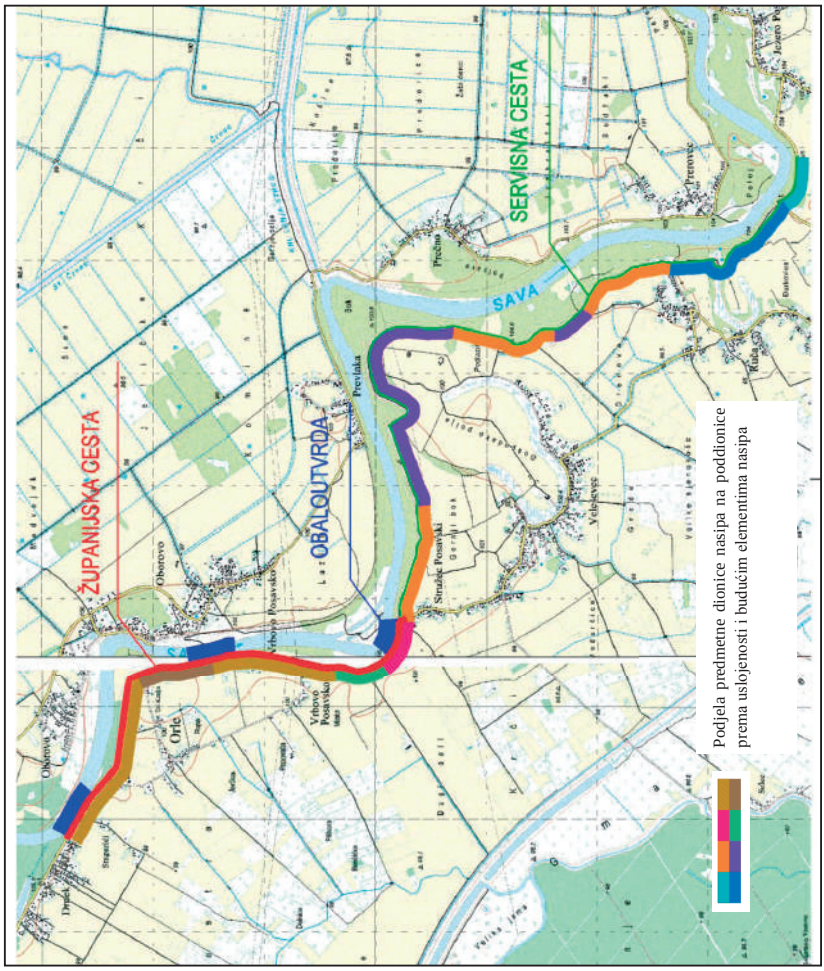
2.2. Vodna lica

Za proračun vodnih lica u koritu Save na potezu od Drneka do Suše, korišten je programski paket MIKE 11 (DHI). Na osnovi raspoloživih podataka o geometriji protočnih profila izrađen je 1-D matematički model toka Save na predmetnoj dionici. Ulazni podaci u modelu su bili raspoloživi hidrološki podaci sa mjerodavnih hidroloških stanica DHMZ-a (a.v.p. Rugvica i a.v.p. Dubrovčak Lijevi), kao i podaci preuzeti od stručnih službi Hrvatskih voda. Rezultati proračuna su vodne razine i srednje profilske brzine na profilima

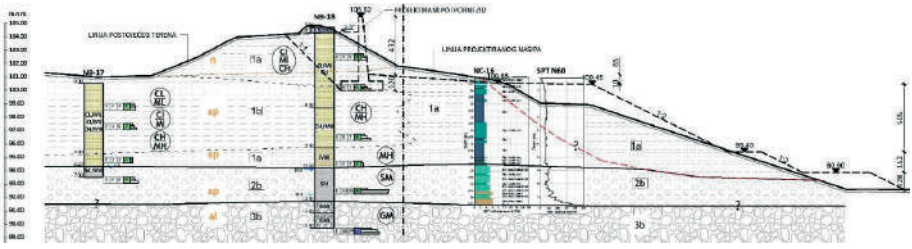
dionice korita Save od Drneka do Suše za visokovodni događaj 100 godišnjeg povratnog razdoblja (Kratofil, L., Tusić, V., Senić, A. (2011): Učestalost i intenzitet vodnih valova na slivu Save, Zbornik radova 5. Hrvatske konferencije o vodama, Opatija).
Projektirana kota krune nasipa na dionici od Drneka do Suše nadvisuje visokovodni događaj 100 godišnjeg povratnog razdoblja za 1,20 m čime se postiže usklađenost s budućim stanjem susjednih dionica. Savsko zaobalje je time zaštićeno od velikih voda 100 godišnjeg povratnog razdoblja, uz uvjet da je preljev Jakomir funkcionalan u potpunosti, što je planirano u svrhu optimalizacije sustava zaštite od velikih voda srednjeg Posavlja.

2.3. Provedeni istražni radovi

Izrada kvalitetnog programa geotehničkih istražnih radova jedan je od preduvjeta za osiguranje dovoljno podataka o tlu i njegovim značajkama te usvajanje značajki i parametara tla koji ce se koristiti u projektnim proračunima. Pri definiranju i provođenju istražnih radova nužno je pridržavati se pravila definiranih Eurocodom 7 (EC7) i Eurocodom 8 (EC8) te pripadajućih podnormi. Ovaj pristup je dovoljno transparentan i jasan pri dimenzioniranju istražnih radova za izgradnju novih nasipa, ali ostaje nedorečen pri dimenzioniranju istraživanja za postojeće nasipe. Respektirajući norme za istraživanje i pravila struke, nužno je uvažiti i financijsku komponentu istražnih radova.
Na predmetnoj dionici, a za potrebe izrade idejnog projekta provedeni su opsežni preliminarni geotehnički istražni radovi koji po svojem broju i sadržaju ispitivanja daju kvalitetnu podlogu za projektiranje. Temeljem provedenih istražnih radova izvršena je podjela predmetne dionice nasipa na poddionice koje imaju slične geotehničke osobine tla i geometrijske karakteristike nasipa (slika 1) te su izrađeni prognozni geotehnički profili (slika 2).



Slika 1. Situacija predmetne dionice



Slika 2. Prognozni geotehnički profili

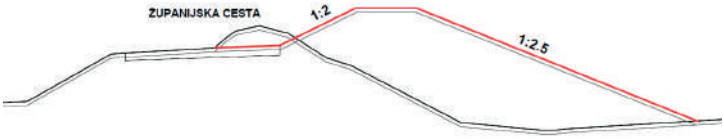
2.4. Varijantna rješenja

Idejni projekt za obnovu odnosno rekonstrukciju predmetnog nasipa izrađen je uz aktivno sudjelovanje recenzenata iz područja geotehnike i hidraulike, a odabranih od strane Investitora. Iskustva recenzenata u primjeni novih materijala te zahtjevi Investitora za racionalnim tehničkim rješenjem koje će u konačnici biti prihvatljivo s aspekta održavanja implementirani su u tehničko rješenje predmetne dionice.

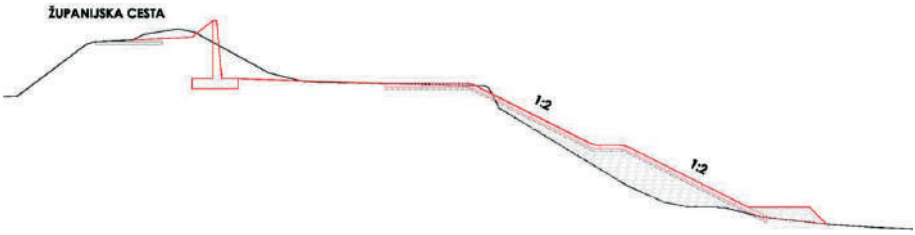
S obzirom na položaj prometnice u odnosu na postojeći nasip, blizinu korita rijeke Save samom nasipu, položaju nasipa u naselju kao i visinu nasipa odabrani su različiti karakteristični profili koji se primjenjuju uzduž dionice od 12,0 km.

Na dijelu trase gdje županijska cesta prolazi krunom postojećeg nasipa primijenjena su dva karakteristična profila:

- karakteristični profil 1 u zoni gdje je inunadcijski pojas dovoljno širok za izvedbu novog dijela obrambenog nasipa (slika 3)
- karakteristični profil 2 u zoni gdje je rijeka Sava je svojim erozijskim djelovanjem ugrozila nasip te je nužno izvođenje obaloutvrda, a potrebno nadvišenje postiže se zaštitnim zidom (slika 4).

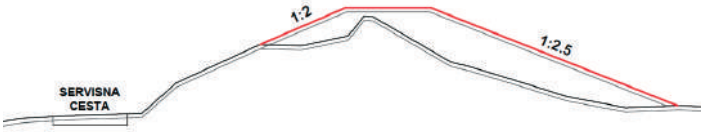


Slika 3. Karakteristični profil 1

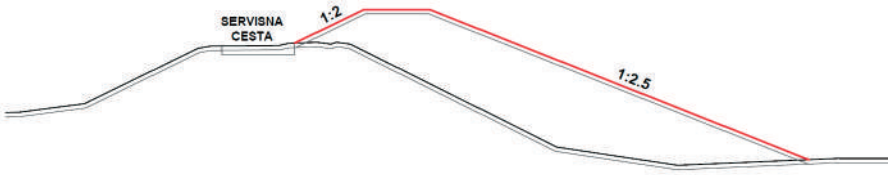


Slika 4. Karakteristični profil 2

Na dijelu trase gdje županijska cesta ne prolazi krunom postojećeg nasipa primjenjuje se karakteristični profil 3 (slika 5), a u zonama gdje navedeni profil ne može biti primijenjen zbog lokalnih uvjeta (električne instalacije, stambeni objekti u neposrednoj blizini nožice nasipa) primijenjen je karakteristični profil 4 (slika 6).



Slika 5. Karakteristični profil 3

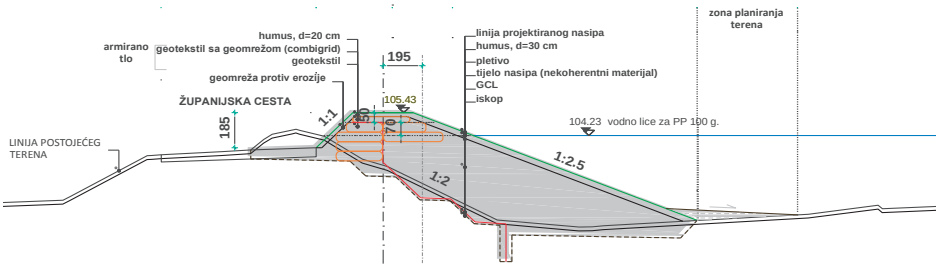


Slika 6. Karakteristični profil 4

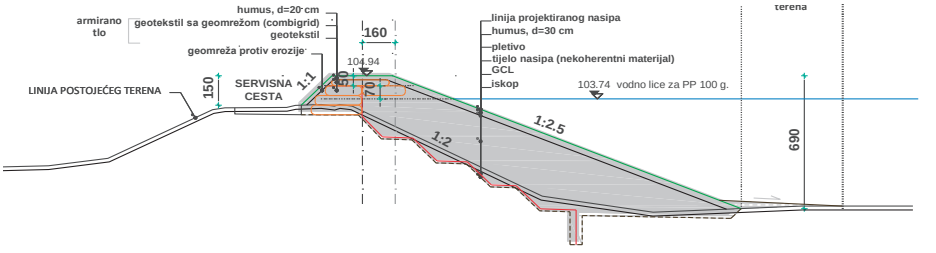
2.5. Odabrano rješenje nasipa

U nastojanju iznalaženja optimalnog rješenja provedeni su geostatički proračuni za više varijanti koje su ekonomski valorizirane. Varijantna rješenja su sagledavala uštedu materijala te pogodnosti koje nude određeni materijali tijekom izvođenja.

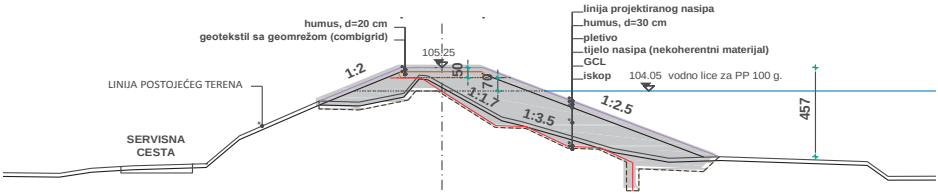
Nakon provedene usporedbe tehničkih rješenja odabrana je varijanta kojom je predviđeno obnovu nasipa i potrebno nadvišenje trupa nasipa izvesti od nekoherentnog materijala, s uzvodnim ili vodnim pokosom nagiba 1:2,5 (slike 7, 8 i 9). Vodonepropusnost novog dijela nasipa u kontaktu s postojećim nasipom osigurana je primjenom glineno-geosintetičke barijere (GCL) do visine 50 cm ispod krune nasipa. Krunu nasipa predviđeno je izvesti od armiranog tla.



Slika 7. Odabrano rješenja nasipa na dijelu trase gdje županijska cesta prolazi krunom postojećeg nasipa



Slika 8. Odabrano rješenja nasipa na dijelu trase gdje servisna cesta prolazi krunom postojećeg nasipa



Slika 9. Odabrano rješenja nasipa na dijelu trase gdje servisna cesta prolazi uz nožicu postojećeg nasipa

Prednosti odabranog rješenja izvođenja nasipa s nekoherentnim materijalom te osiguranjem vodonepropusnosti glineno-geosintetičkom barijerom (GCL) u odnosu na rješenje s glinenim nasipom kao klasičnim materijalom za nasip su sljedeće:

- izgradnja nasipa od gline uvjetovana je vremenskim prilikama
- uvjeti održavanja povoljniji
- umjetni materijali zamjenjuju glinu u nedostatku pozajmišta.

Prednosti izvođenja krune nasipa od armiranog tla su sljedeće:

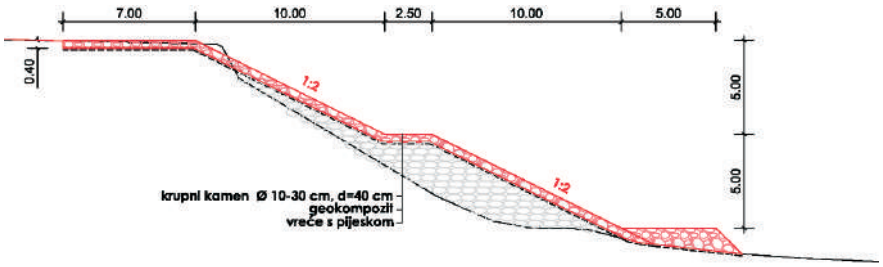
- postignut je nagib pokosa na zaobalnoj strani 1:1 čime je postignuta određena ušteda materijala u konstrukciji novog trupa nasipa
- postiže se kvalitetno rješenje sidrenja GCL-a na vrhu pokosa
- primjenom armiranog tla kruna nasipa je manje podložna oštećenjima od vozila koja se kreću po županijskoj odnosno servisnoj cesti.

Pored navedenih prednosti odabrani materijali imaju svoje specifičnosti i zahtjeve (GCL membrana mora zadovoljiti određene tehničke karakteristike: masa po jedinici površine, debljina, maksimalna čvrstoća na zatezanje, izduženje pri kidanju, statička sila probijanja, hidraulička vodljivost…, što se definira u projektom).
Iskustva domaćih izvođača vezana su uglavnom na tradicionalni pristup građenju nasipa. No rješenja s uporabom GCL-a i armiranog tla uspješno su primijenjena u proteklih desetak godina u Njemačkoj (Heerten, 2010).

2.6. Odabrano rješenje obaloutvrda

Na predmetnoj dionici nasipa ustanovljene su nestabilnosti obale rijeke Save u obliku odrona i klizišta i to na pojedinim lokacijama ukupne dužine cca 1050 m gdje se u pravilu korito Save ozbiljno približilo postojećem nasipu i ugrozilo njegovu stabilnost. Zbog konkavne krivine rijeke Save na tim lokacijama se javljaju jaki erozijski procesi uzrokovani velikom energijom vode što ima za posljedicu znatno sužen inundacijski pojas (ili njegovo nestajanje) i ugrožavanje zaštitnog nasipa. Iz srednjih profilskih brzina rijeke Save procijenjene su obodne brzine te izračunate vučne sile koje su dio proračuna stabilnosti predviđenih obaloutvrda.
Pri odabiru optimalnog tehničkog rješenja razmatrane su tri varijante: obaloutvrda od krupnog kamena (slika 10), obaloutvrda od gabionskih madraca i obaloutvrda od sintetičkih tepiha. Nakon provedene usporedbe tehničkih rješenja te uvažavajući iskustva Investitora, odabrana je varijanta obaloutvrda od krupnog kamena kao jedan

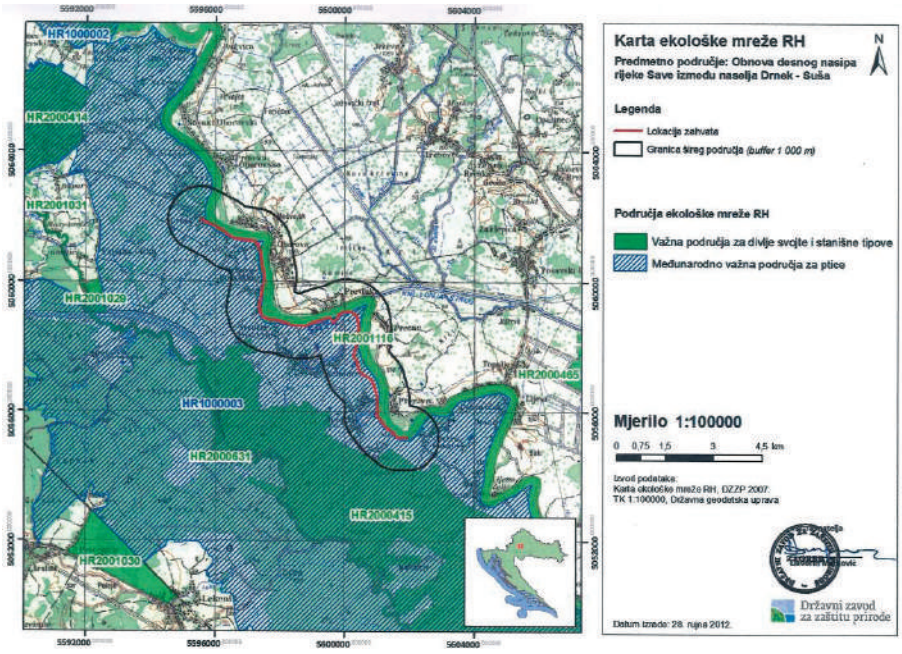
od konvencijalnijih, ali i sigurnijih načina sanacije riječne obale. Ovakva rješenja su u primjeni već dugi niz godina te postoji široko iskustvo gradnje ovakvih građevina.



Slika 10. Obaloutvrda od krupnog kamena

2.7. Mjere zaštite okoliša

Temeljem Zakona o zaštiti okoliša (čl. 84. st. 1.), Zakona o zaštiti prirode (čl. 27. st. 1.) i Uredbi o procjeni utjecaja zahvata na okoliš (čl. 6. st. 1.) *Zagrebačka županija, Upravni odjel za prostorno uređenje, gradnju i zaštitu okoliša, Odsjek za zaštitu okoliša* je nakon provedenog postupka ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš i ekološku mrežu zahvata donio rješenje prema kojem za namjeravani zahvat obnove nasipa nije potrebno provesti postupak procjene utjecaja na okoliš, dok je za uređenje obaloutvrda potrebno je provesti Glavnu ocjenu prihvatljivosti zahvata na ekološku mrežu. Postupak Glavne ocjene zahvata potrebno je provesti jer se planirani zahvat nalazi unutar područja ekološke mreže (slika 11).



Slika 11. Karta ekološke mreže

S obzirom da je zahtjevu za izdavanje lokacijske dozvole nužno priložiti rješenje o prihvatljivosti zahvata za okoliš i/ili ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu, te procedure bitno produžuju vrijeme potrebno za ishođenje lokacijske dozvole.

ZAKLJUČAK

Dionicu savskog nasipa između naselja Drnek i Suša potrebno je obnoviti i izvesti do kote koja nadvisuje mjerodavni visokovodni događaj 100 godišnjeg povratnog perioda za 1,20 m.

S obzirom na položaj prometnice u odnosu na postojeći nasip, blizinu korita rijeke Save u odnosu na postojeći nasip, položaju nasipa u odnosu na postojeće objekte u naseljima i visinu nasipa u odnosu prema mjerodavnom vodostaju odabrani su različiti karakteristični profili koji se primjenjuju uzduž dionice od 12,0 km. Uvažavajući ograničavajuće uvjete u pogledu godišnjih doba i vremenskih uvjeta u kojima se mogu izvoditi građevinski radovi sa zemljanim materijalima na ovom terenu potrebno nadvišenje se predviđa izvesti sa nekoherentnim materijalom.

Na dionicama gdje rijeka Sava prijeti stabilnosti i ugrožava trup nasipa nužno je izvesti obaloutvrde kao zaštitu samog nasipa, a potrebno nadvišenje na tim dionicama iz razloga nedovoljnog raspoloživog prostora na tim dionicama nasipa postići će se izvođenjem zaštitnog betonskog zida.

Pri odabiru tehničkog rješenja respektirana su nova saznanja u projektiranju u pogledu novih materijala i nove tehnologije te se je pokušalo postići da tradicionalni pristup građenju nasipa prihvati i neke nove metodologije izvedbe, kao npr. izvedba nasipa primjenom armiranog tla (novi pristup) uz istovremenu izvedbu obaloutvrda od krupnog kamena (konvencionalni način).

Na taj način su iskustva recenzenata u primjeni novih materijala te zahtjevi Investitora za racionalnim tehničkim rješenjem s aspekta funkcionalnosti, ekonomičnosti i održavanja predmetne vodne građevine implementirani u tehničko rješenje obnove predmetne dionice.

LITERATURA

[1] Haselsteiner, R., Mett, M. and Strobl, Th. (2007): *Overflow Protection Systems of Flood Embankments with Geosynthetics*, EuroGeo4 Paper number 50

[2] Heerten G. (2010): *Mitigation of flooding by improved dams and dykes*, International Symposium, Exhibition, and Short Course on Geotechnical and Geosynthetics Engineering, Challenges and Opportunities on Climate Change, Bangkok, Thailand

[3] Kratofil, L., Tusić, V., Senić, A. (2011): *Učestalost i intenzitet vodnih valova na slivu Save*, Zbornik radova 5. Hrvatske konferencije o vodama, Opatija

[4] Tusić, Ž. i drugi, (2010): *Analiza poplavnog događaja iz rujna 2010. godine na širem zagrebačkom području*, VPB, Zagreb

[5] Application of Eurocode 7 to the design of flood embankments (C749)

AUTORI

Marijana Kotaran Munda [a]
Zlatko Juriša [b]

[a] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, marijana.kotaran-munda@ie-zagreb.hr

[b] Hrvatske vode, VGO za gornju Savu, Ulica grada Vukovara 271, 10000 Zagreb, zjurisa@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.20.

PRIPREMA PROJEKATA ZAŠTITE OD POPLAVA NA SLIVU RJEČINE

Ana Jelka Graf, Enes Obarčanin, Željko Tusić

SAŽETAK: Hrvatske vode pokrenule su studijske aktivnosti na pojedinim slivovima unutar kojih se nalaze područja sa značajnim rizicima od poplava i za koja su kroz postojeću studijsko-projektnu dokumentaciju predložene i razrađene određene mjere upravljanja rizicima od poplava. U ovom radu prikazani su pristup i preliminarni rezultati provedenih aktivnosti na izradi studijske dokumentacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu Rječine. Osnovni ciljevi ovog projekta su definiranje elemenata planova upravljanja rizicima od poplava na slivu Rječine, optimalnog sustava mjera upravljanja rizicima od poplava te izrada studije izvodljivosti za pojedine projekte sadržane u optimalnom sustavu mjera upravljanja rizicima od poplava u svrhu ishođenja sufinanciranja iz EU fondova. U tijeku su aktivnosti na izradi karata rizika od poplava, a završetak projekta očekuje se krajem listopada 2015.godine.

KLJUČNE RIJEČI: Rječina, Matematički modeli, Zaštita od poplava, Karte opasnosti i rizika

DEVELOPMENT OF FLOOD PROTECTION PROJECTS IN THE RJEČINA RIVER BASIN

SUMMARY: Hrvatske vode initiated study activities in some river basins which contain significant flood risk areas and for which flood risk management measures were proposed and elaborated in the existing study and project documents. The paper presents the approach and preliminary results of activities carried out on the preparation of study documents for development of flood protection projects in the Rječina river basin. The main project objectives are the definition of elements of flood risk management in the Rječina river basin and the optimal system of measures for flood risk management, including feasibility studies for individual projects contained in the optimal system of measures for flood risk management for the purpose of obtaining co-financing from the EU funds. Activities on the development of flood risk maps are ongoing. The project is expected to finish at the end of October 2015.

KEY WORDS: The Rječina River, Mathematical models, Flood protection, Flood hazard maps, Flood risk maps

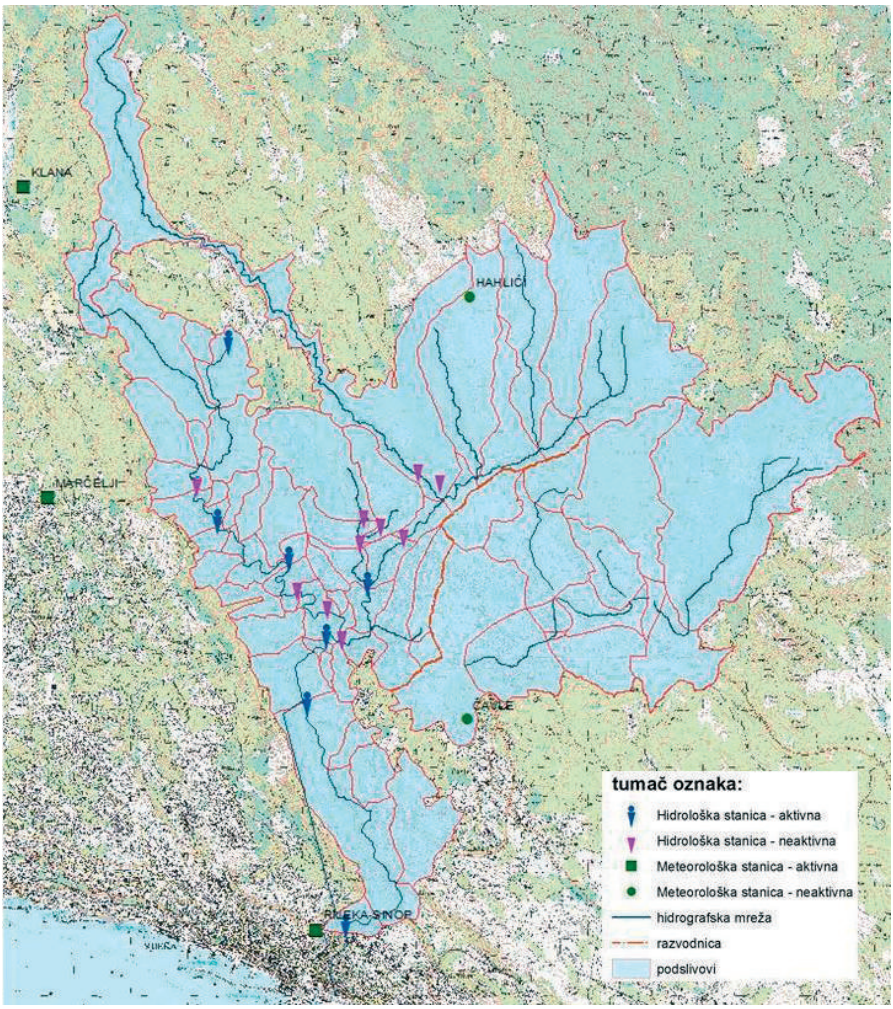
1. UVOD

U okviru ovog rada ukratko će se prikazati pristup i preliminarni rezultati provedenih aktivnosti na izradi studijske dokumentacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu Rječine iz EU fondova. Projekt se provodi u nekoliko faza. Prva faza obuhvaća analizu postojećeg stanja, u okviru čega su prikupljene raspoložive podloge i izvršeno hidrološko-hidrauličko modeliranje. Rezultat provedenih analiza prezentiran je u vidu karata opasnosti od poplava za područja sa značajnim rizicima, temeljem kojih su, preklapanjem s kartama ranjivosti područja izračunate štete odnosno rizik od poplava po povratnim razdobljima. U sklopu naredne faze analizirati će se mogućnost implementacije projekata predloženih postojećom studijsko-projektnom dokumentacijom, predložiti ostala varijantna rješenja te ih valorizirati kroz višekriterijsku analizu. Za optimalno rješenje u narednoj, trećoj fazi treba kroz studiju izvodljivosti provjeriti njihovu prihvatljivost.

2. SLIVNO PODRUČJE

Projektom su obuhvaćeni sliv Rječine i sliv južnog dijela Grobničkog polja (slika 1). Iako se kod predmetnog područja površinski radi o dva odvojena sliva, oni hidrogeološki tvore jednu cjelinu. Odnos izmedu topografskog i hidrogeološkog porječja ukazuje na znatne poteškoće kod utvrđivanja granica područja porječja vodotoka Rječine. Predmetna studija bavi se problematikom zaštite od štetnog djelovanja voda odnosno rizika od poplava na topografskim porječjima Rječine i južnog dijela Grobničkog polja, uzimajući u obzir utjecaje s cjelokupnog prilivnog područja.

Temeljna značajka vodnog režima Rječine su velike oscilacije protoka tijekom godine. Posebna okolnost je podzemna cirkulacija vode u prostranom krškom vodonosniku oko doline Rječine, što utječe na promjenu vodnog režima Rječine zbog prihranjivanja i gubitaka vode uzduž njenog korita. Novijim hidrološkim istraživanjima, na temelju analize otjecajnih koeficijenata slivova u obraslom kršu Hrvatske prema (Žugaj, 1995), usvojena je približna veličina utjecajne slivne površine Rječine do njezina izvora 110 km^2. Nakon izvora, Rječina sve do ušća u more ima nadzemni sliv čija je razvodnica određena na temelju topografskih karakteristika i iznosi oko 54 km^2. Ukupna duljina Rječine iznosi oko 18 km. Rječina pripada obraslom kršu i u zaleđu svojeg izvora ima veliki utjecajni sliv sa značajnom podzemnom retencijom. Glavninu dotoka čine vode jakog krškog izvora smještenog na nadmorskoj visini od 325 m n.m. U gornjem dijelu toka prima nekoliko značajnih pritoka. Na vodni režim Rječine velik utjecaj ima i ljudska aktivnost, a među najznačajnijima je utjecaj izgradnje akumulacije Valići koja je u upotrebi od 1968. godine i služi za dnevno izravnanje dotoka na HE Rijeka. Zahvaćena voda se tlačnim tunelom dovodi do strojarnice hidroelektrane smještene u samom gradu Rijeci, a iskorištena voda vraća se u korito Rječine neposredno uzvodno od mjernog profila hidrološke stanice Tvornica papira. Donji tok Rječine je reguliran, uzdužni pad je blaži (0,36 %), a voda protječe kroz gusto naseljeni dio grada Rijeke. Kroz korito teče voda koja izlazi dijelom iz odvodnog kanala HE Rijeka, a dijelom iz izvora Zvir (preljevne vode) dok pri pojavi velikih voda protok čine i preljevne količine s akumulacije Valići. Na ovom dijelu toka odvijaju se procesi taloženja nanosa iz gornjih dijelova sliva, što se posebno očituje na dijelu od Tvornice papira do ušća u more. Najnizvodniji dio toka Rječine je pod značajnim utjecajem mora.



Slika 1. Sliv Rječine, preuzeto iz (Lubura Matković i Vidaković Šutić, 2014)

Južni dio Grobničkog polja je područje na kojem se povremeno javlja površinsko tečenje. Golubovka, Gostinjka, Zahumka, Rečinica i Kovačevica su povremeni vodotoci koji se formiraju kod pojave velikih voda, poplavljuju dio polja te završavaju u ponornim zonama. Veličina nadzemnog sliva ovih bujica iznosi oko 24 km^2. Ovakvo pojavljivanje izviranja vode ukazuje na postojanje podzemnog sliva koji zajedno s površinskim dijelom sliva obuhvaća znatno veću površinu od površinskog (topografskog) sliva. Prema dostupnim podacima, u razdoblju prije intenzivnije izgradnje na slivu, poplavne vode su slobodno otjecale prema depresiji Čićave i s obzirom na prazan i nekorišten prostor nisu stvarale neke veće probleme, osim opasnih, mjestimično većih dubina vode u lokalnim depresijama. U današnjem stanju izgrađenosti sliva (autocesta Rijeka-Zagreb, sportska zrakoplovna pista i automotodrom „Grobnik“) znatno su izmijenjeni površinski tokovi te bitno usporeno, pa i prekinuto prirodno otjecanje s velikog dijela orografskog sliva.

3. PREGLED I PRIPREMA PODATAKA

S obzirom na opsežnost predmetnog zadatka, tijekom izrade projekta prikupljane su i sistematizirane raznovrsne podloge, počev od topografskih za potrebe formiranja modela terena, preko hidroloških, meteoroloških i hidrogeoloških za provedbu hidroloških analiza pa sve do podataka o stanovništvu, gospodarskim aktivnostima i poljoprivrednoj proizvodnji i slično u funkciji izračuna šteta od poplava.

Za formiranje topografske osnove korištene su topografske karte mjerila 1:5.000 i 1:25.000, raspoložive geodetske snimke pojedinih vodotoka te model reljefa u digitalnom obliku rezolucije 25 x 25 m, temeljem kojeg su definirane osnovne karakteristike okolnog terena. Na pojedinim dionicama izvršena su i geodetska snimanja vodotoka za potrebe nadopune modela i evaluaciju postojećih podataka. Za povremene vodotoke, uglavnom na južnom dijelu Grobničkog polja podaci su aproksimirani s obzirom da je riječ o povremenim vodotocima bez izraženog korita. Svi prostorni podaci dani su u HTRS koordinatnom sustavu.

Hidrološko-hidrauličke analize provedene su temeljem podataka iz Baze hidroloških podataka DHMZ-a HIS2000, meteoroloških podataka DHMZ-a, pedoloških i hidrogeoloških podloga, podataka o pokrovu, namjeni i korištenju zemljišta Corine Land Cover 2006 baze podataka, podataka o vodotocima i vodnim građevinama te izvještaja o provedenim mjerama obrane od poplava.

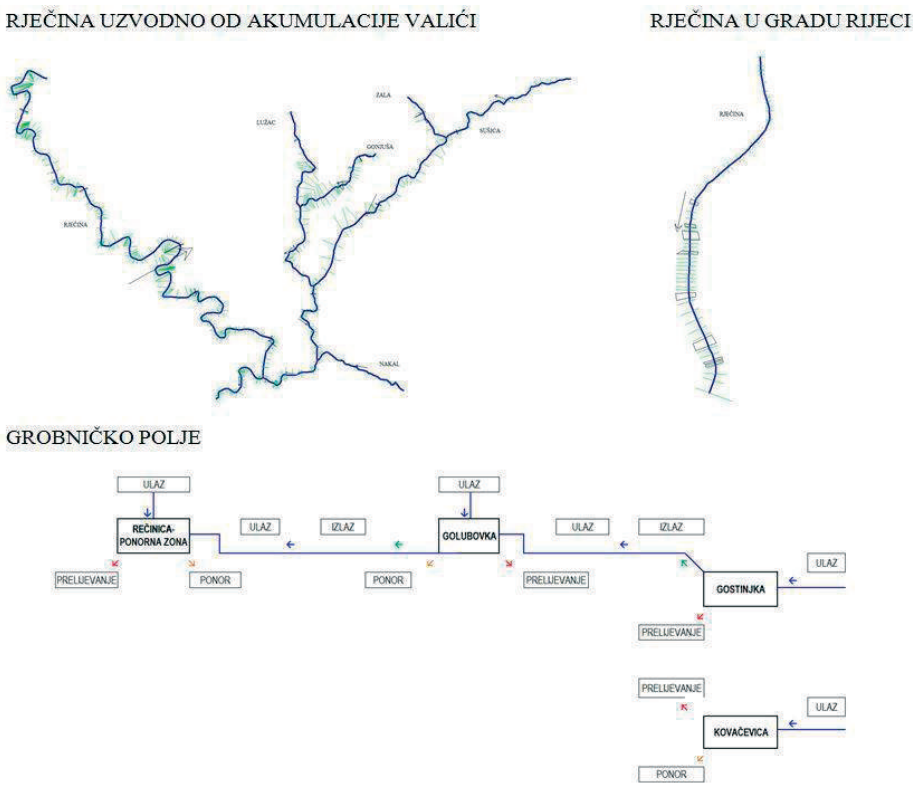
Podloga za izračun šteta od poplava na obuhvaćenom području su karte ranjivosti za tri osnovne kategorije: stanovništvo, materijalna dobra i gospodarske aktivnosti te aspekti okoliša. Za potrebe izračuna rizika odnosno šteta korišteni su podaci preuzeti iz aktualne prostorno-planske dokumentacije, Corine Land Cover 2006 baze podataka, podaci iz Popisa stanovništva 2011.g. te podaci iz baze Agencije za zaštitu okoliša. Pri izračunu šteta primijenjena je metodologija NACER (Brilly, 2014), ali uz određe modifikacije s obzirom na prethodno navedene specifičnosti sliva.

U ovoj fazi izrade projekta uočeni su određeni nedostaci ulaznih podataka te je jedan dio podataka korigiran, a jedan dio posve odbačen. Generalna je ocjena da treba nastaviti proces unapređenja kvalitete podloga jer će to doprinijeti kvaliteti modela, a time i racionalizaciji rješenja.

4. USPOSTAVA MATEMATIČKIH MODELA

Hidrauličko modeliranje je osnova za određivanje razina vode u vodotocima i na terenu za vrijeme velikovodnih odnosno poplavnih događaja. Temelji se na numeričkom rješavanju jednadžbi održanja mase i količine gibanja u zadanoj geometriji/batimetriji za zadane rubne uvjete. Hidrauličkim modelom obuhvaćena su područja s identificiranim značajnim rizicima od poplava te područja unutar kojih će postojati utjecaji mjera upravljanja poplavnim rizicima u varijantnim rješenjima. Ovisno o obuhvatu tih područja definiran je i obuhvat hidrauličkog modela.

Kako je istaknuto u uvodu, sliv Rječine obuhvaća tri specifične cjeline bitno različitih karakteristika, što direktno utječe na postavljanje koncepta hidrološko-hidrauličkog modela. Stoga je svaka od cjelina modelirana zasebno (slika 2). Jednim hidrauličkim modelom obuhvaćena je Rječina uzvodno od akumulacije Valići, drugim modelom dionica Rječine u gradskoj zoni, dok treću modelsku cjelinu predstavlja sliv južnog dijela Grobničkog polja.



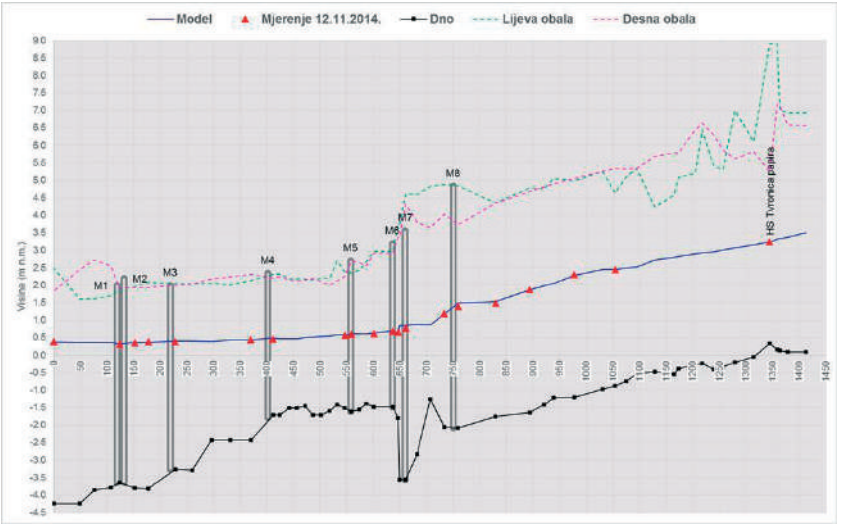
Slika 2. Modelske cjeline

Hidrološke obrade na slivu Rječine napravljene su temeljem mjerenih podataka s hidroloških stanica, a obuhvatile su proračun maksimalnih godišnjih protoka i volumena velikih vodnih valova različitih povratnih razdoblja na hidrološkim stanicama, na osnovu kojih su zatim određeni sintetski hidrogrami na odabranim profilima. S druge strane, na slivu bujica južnog dijela Grobničkog polja ne postoje sustavna hidrološka mjerenja i opažanja, radi čega je provedeno hidrološko modeliranje procesa otjecanja temeljeno na uspostavi veze između oborine i fizičko-geografskih karakteristika sliva.
Hidrauličkim modelom gornjeg i donjeg toka Rječine simulirano je jednodimenzionalno stacionarno tečenje programskim paketom HEC-RAS, dok je na slivu južnog dijela Grobničkog polja hidraulički model aproksimiran temeljem bilance volumena ulaznih vodnih valova i raspoloživog retencijskog prostora.

5. KALIBRACIJA I VERIFIKACIJA MODELA

Po uspostavi topološke strukture modela, izvršena je njegova kalibracija i verifikacija. Postupak kalibracije sastoji se u eksperimentalnom određivanju vrijednosti koeficijenta hrapavosti u jednadžbama tečenja i usporedbi izlaznih rezultata proračuna na modelu s izmjerenim podacima. Proces je iterativan te se u konačnici usvajaju oni koeficijenti hrapavosti koji su dali zadovoljavajuća poklapanja računskih i izmjerenih vrijednosti u kontrolnim točkama sustava. S obzirom na značaj grada Rijeke i potencijalne rizike

naglasak je stavljen upravo na dionicu Rječine u gradskoj zoni pa su za potrebe kalibracije te dionice dodatno izvršena geodetska snimanja vodnog lica.
Kalibracija modela Rječine uzvodno od akumulacije Valići izvršena je temeljem zabilježenih vodostaja na hidrološkim stanicama Drastin i Zoretići u periodu od 20.12.2009. do 3.1.2010.g. dok su za verifikaciju poslužila vodna lica iz distribucije vodostaja istih stanica.
Kalibracija hidrauličkog modela Rječine u gradskoj zoni provedena je prema izmjerenim vodnim licima na dan 12.11.2014. (slika 3). Za promatranu dionicu mjerodavna je hidrološka stanica Tvornica papira te je prema važećoj konsumpcijskoj krivulji DHMZ-a izmjerenoj vrijednosti dubine pridružen protok od 107 m^3/s. Za veće protoke odnosno dubine veće od izmjerenih korišteni su korekcijski faktori Manningovih koeficijenata hrapavosti.

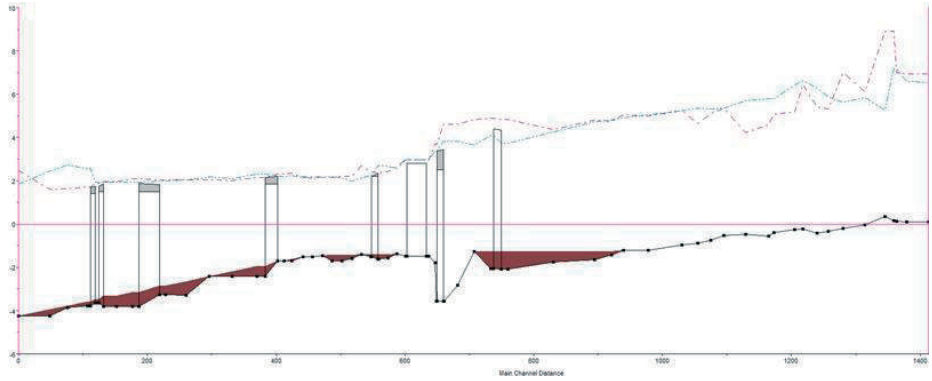


Slika 3. Rezultati mjerenja vodnog lica donjeg toka Rječine 12.11.2014.g.

Područje južnog dijela Grobničkog polja zahtijeva drugačiji pristup u odnosu na prethodne modelske cjeline jer su informacije nužne za uspostavu hidrauličkog modela u odnosu na Rječinu znatno oskudnije. Izostanak hidroloških/hidrometrijskih stanica upućuje da se radi praktično o neizučenom slivu. Ključne veličine za uspostavu i kalibraciju matematičkog modela tečenja predstavljaju podaci o poplavnim događajima (uglavnom bilješke i fotodokumentacija) pa i razina točnosti odgovara toj činjenici. Kalibracija je provedena na temelju podataka o poplavnom događaju iz prosinca 2009.godine, odnosa volumena ulaznog vala i volumena zahvaćenih područja (procjena prema zabilježenim razinama vode).

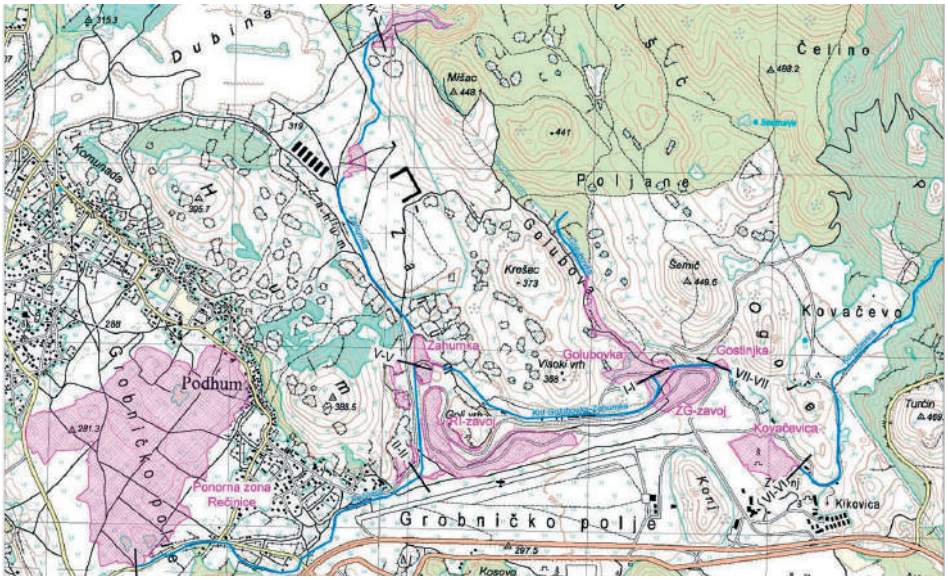
6. REZULTATI PRORAČUNA

Na kalibriranim modelima Rječine provedena je simulacija jednodimenzionalnog stacionarnog tečenja programskim paketom HEC-RAS za sintetske vodne valove povratnih razdoblja od 2 do 10.000 godina. Naglasak je i ovdje stavljen na grad Rijeku zbog njegovog značaja i potencijalno velikih poplavnih šteta. Situacija u kojoj na vodne razine u Rječini uz vodni val formiran u slivu utječu plima i morfološke promjene poprečnog presjeka zbog taloženja vučenog nanosa uvjetovala je provedbu niza simulacija. Naime, donji tok Rječine je pod znatnim utjecajem mora što zahtjeva variranje rubnih uvjeta modela. Stoga su simulacije provedene za tri slučaja razine mora na ušću Rječine: 0 m n.m., 1.30 m n.m. koja odgovara 100-godišnjem povratnom razdoblju i 1.47 m n.m. koja odgovara 1000-godišnjem povratnom razdoblju prema (Leder, 2013). Također, u gornjem dijelu toka Rječine izražena je produkcija nanosa dok se procesi taloženja nanosa odvijaju u donjem toku, pogotovo na dionici nizvodno od Tvornice papira. Prema (Sopta, 2000), ukupna godišnja produkcija nanosa u slivu Rječine iznosi 10.000 m^3. Od ukupne količine nanosa, prema procjenama oko 20% pronese se i nataloži u nizvodnom dijelu. Stoga su modelske simulacije na ovoj dionici obuhvatile i utjecaj nanosa, kroz varijantu sa i bez nanosa u koritu (slika 4).



Slika 4. Uzdužni profil Rječine s nataloženim nanosom

Na kalibriranom modelu južnog dijela Grobničkog polja simulacijama je provedena transformacija hidrograma vodnih valova različitih povratnih razdoblja. Kako bi se definirale poplavne linije za pojedina povratna razdoblja volumeni prelijevanja dobiveni hidrološko-hidrauličkim modeliranjem preneseni su na digitalni model terena. Volumetrijske karakteristike retencijskih prostora južnog dijela Grobničkog polja određene su prema službenom modelu reljefa u digitalnom obliku rezolucije 25x25 m koji je izrađen fotogrametrijskom restitucijom od strane Državne geodetske uprave (slika 5.).



Slika 5. Pregledna situacija retencijskih prostora južnog dijela Grobničkog polja

7. NASTAVAK RADOVA NA PROJEKTU

Rezultat provedenih hidrološko-hidrauličkih analiza predstavljaju karte opasnosti od poplava za scenarij male, srednje i velike opasnosti od poplava. Izrađene su na temelju presjeka digitalnog modela maksimalnih razina vode prema rezultatima hidrauličkog modela i digitalnog modela terena te zajedno s kartama ranjivosti područja predstavljaju osnovu za izradu karata rizika od poplava.

Izračun i prezentacija ukupnih poplavnih rizika (prosječnih godišnjih šteta) predstavlja završni element u evaluaciji rizika od poplava. Izračun se provodi integracijom funkcije šteta u ovisnosti o vjerojatnosti pojave, a provođenjem postupka za pojedine prostorne elemente dobiva se prostorna raspodjela rizika. Zbrajanjem svih rizika po svim prostornim elementima dobiva se svukupni poplavni rizik na predmetnom području.

Za izračun potencijalne poplavne štete na slivu Rječine korištena je metodologija NACER (Brilly, 2014), koja je razvijena na makro-mezo nivou te je za potrebe ovog projekta modificirana kako bi se prilagodila specifičnostima sliva Rječine. Presjekom karata opasnosti i prostornog obuhvata sliva Rječine s modificiranim modelom NACER dobiven je sloj koji sadrži podatke o potencijalno ugroženim sadržajima na području sliva Rječine. Za svaku kategoriju korištenja zemljišta definiranu NACER-om računa se direktna poplavna šteta, a ukupna potencijalna poplavna šteta predstavlja sumu štete svih pojedinačnih kategorija.

U tijeku su radovi na dovršetku karata rizika, nakon čega će uslijediti analiza projekata predloženih postojećom studijsko-projektnom dokumentacijom te izrada i valorizacija varijantnih rješenja.

ZAKLJUČAK

Postavljeni matematički modeli i primijenjena metodologija za izračun šteta predstavljaju prihvatljive podloge za procjenu potencijalnih poplavnih rizika na slivu Rječine. Preporuka je pri izradi ovakvih projekata svako slivno područje promatrati u svjetlu njegovih specifičnosti odnosno prilagoditi metodologiju svojstvima sliva. Svakako je potrebno nastaviti i proces unapređenja kvalitete podloga jer će ona doprinijeti kvaliteti modela i racionalizaciji rješenja.

LITERATURA

[1] Biondić, B. (1994.): *Studija odvodnje i uređenja Grobničkog polja*, Institut za geološka istraživanja, Zagreb

[2] Brilly, M. (2014.): *Ekonomski aspekti procjene potencijalnih poplavnih šteta – konačno izvješće*, SL CONSULT d.o.o., Ljubljana

[3] Kuhta, M. (2013.): *Trasiranje na području Grobničkog polja u svrhu određivanja sliva bunara u Martinšćici*, Hrvatski geološki institut, Zagreb

[4] Kuhta, M. (2009.): *Trasiranje tokova podzemne vode s Grobničkog polja*, Hrvatski geološki institut,, Zagreb

[5] Leder, N. (2013.): *Poplave mora na priobalnim područjima – konačno izvješće*, Hrvatski hidrografski institut, Split

[6] Lubura Matković, T., Vidaković Šutić, R. (2014.): *Izrada studijske dokumetacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu Rječine iz EU fondova – hidrološke obrade*, Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Zagreb

[7] Milovanović, Ž. (2011.): *Uređenje bujice Gonjuša od utoka u Lužac do propusta na cesti Podkilavac-projekt redovnog održavanja*, Hrvatske vode, VGO Rijeka, Rijeka

[8] Samaržija, M. (2011.): *Uređenje bujice Gonjuša uzvodno od propusta kroz Podkilavac od km 0+515,87 do 1+105,10 - projekt redovnog održavanja*, Hrvatske vode, VGO Rijeka, Rijeka

[9] Santin, G. (1995.): *Odvodnja automotodroma Grobničko polje-izgradnja odvodnog kanala od km 3+550,80 do km 3+946,60 – glavni projekt*, JVP Hrvatska vodoprivreda Zagreb, OJ Rijeka, Rijeka

[10] Santin, G. (1994.): *Odvodnja automotodroma Grobničko polje-zaključni objekt „Golubovka"-glavni projekt* , JVP Hrvatska vodoprivreda Zagreb, OJ Rijeka, Rijeka

[11] Sopta, L. (2000.): *Matematički model poplavljivanja donjeg toka Rječine*, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka

[12] Štefanek, Ž. (2013.): *Koncepcijsko rješenje zaštite od štetnog djelovanja voda na području Grobinštine*, Hidroinženjering d.d., Zagreb

[13] Žugaj, R. (1995.): *Regionalna hidrološka analiza u kršu Hrvatske*, Hrvatsko hidrološko društvo, Zagreb

AUTORI

Ana Jelka Graf, dipl.inž.građ. [a]
Enes Obarčanin, dipl.inž.građ. [a]
Željko Tusić, dipl.inž.kult.teh. [a]

[a] Vodoprivredno-projektni biro, Ulica grada Vukovara 271, Zagreb, 10000, Hrvatska, ana.tomic@vpb.hr; enes.obarcanin@vpb.hr; zeljko.tusic@vpb.hr

R 2.21.

VIŠENAMJENSKI KANAL DUNAV-SAVA - NEOSTVARENI RAZVOJNI VODNOGOSPODARSKI I PROMETNI PROJEKT

Josip Marušić, Božo Galić

SAŽETAK: Kako u povijesnoj tako i u aktualnoj studijskoj, projektnoj i ostaloj potrebnoj dokumentaciji s nizom prirodnih, tehničkih, ekonomskih i ekoloških pokazatelja potvrđeno je razvojno prometno i gospodarsko značenje projekta Višenamjenski kanal Dunav-Sava (VKDS). Dužina trase VKDS je 61,4 km od Vukovara do Šamca. Parametri po aktualnom projektu VKDS su u skladu s V. b klasom glavnih unutarnjih plovnih putova od međunarodnog značenja po AGN ugovoru. Projekt VKDS je sastavni dio dugoročnog programa prometnog i gospodarskog povezivanja PODUNAVLJA I JADRANA. Veliko značenje je u stvaranju preduvjeta za poboljšanje vodozračnog režima poljoprivrednog zemljišta u cilju ostvarenja viših i stabilnih prinosa, ali i za promjenu plodoreda biljnih kultura na 173.000 ha nizinskih slivnih područja Biđa, Bosuta i Vuke. Hidrotehničkim rješenjem VKDS moguće je u sušnim razdobljima također osigurati potrebne količine vode za optimalni razvoj šumske vegetacije na dijelu sliva Biđa i Bosuta Bosuta kao i oplemenjivanje malih voda glavnih vodotoka područja.

KLJUČNE RIJEČI: višenamjenski, razvojni, projekt, Dunav, Sava, promet, navodnjavanje, poljoprivreda, neostvareni

MULTIPURPOSE DANUBE-SAVA CANAL - UNREALISED DEVELOPMENT, WATER MANAGEMENT AND TRANSPORTATION PROJECT

SUMMARY: Both historically and in the actual study, project and other necessary documents which contain numerous natural, technical, economic and ecological parameters, the development and economic importance of the project “Multipurpose Danube-Sava Canal (MDSC)” as a development, water management and transportation project has been confirmed. The length of the MDSC route, stretching from Vukovar to Šamac, equals 61.4 km. Its parameters according to the current project of the MDSC are in line with the V. b class of inland waterways of international importance according to the AGN (European Agreement on Main Inland Waterways of International Importance). The MDSC project is an integral part of the long-term programme aimed at establishment of a transportaion and economic connection of the Danube and Adriatic regions. Its great significance lies in the establishment of prerequisites for improvement of the water and air

regime of agricultural land to ensure higher, more stable yields, but also a change in crop rotation on 173,000 ha of lowland in the catchment areas of the Biđ, Bosut and Vuka watercourses. The MDSC hydrotechnical solution will facilitate necessary water quantities in dry periods for optimal development of forest vegetation in a part of the Biđ and Bosut river basin and improve low water level conditions in the major watercourses of the area.

KEY WORDS: Multipurpose, development, project, Danube, Sava, transport, irrigation, agriculture, unrealised

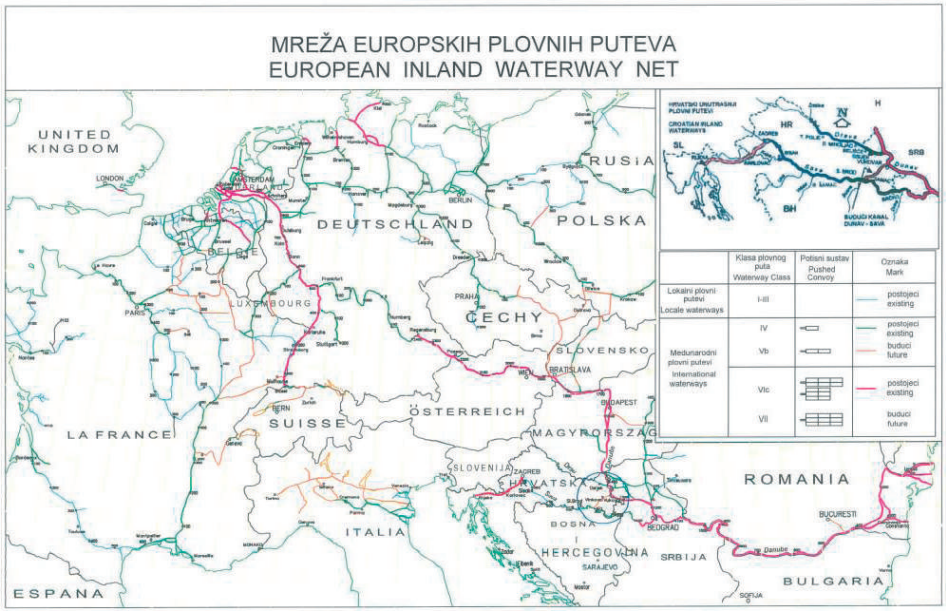
1. UVOD

Kako u bivšoj državi Jugoslaviji do 1990. tako i u samostalnoj državi Republici Hrvatskoj od 1991. projekt Višenamjenski kanal Dunav-Sava (VKDS) bio je sastavni dio prostornih planova Hrvatske te u strategijama razvoja vodnog gospodarstva, prometa, poljoprivrede (navodnjavanja) Aktualni idejni projekt VKDS završen je 1998.g. a noveliran od 2007. do 2009. Prva studija utjecaja na okoliš VKDS izrađena je 1998. g. i pozitivno ocjenjena u ožujku 1999. a druga Studija utjecaja na okoliš VKDS završena je i pozitivno ocjenjena 2009. g. Od lipnja 2006. do 2010. g. obavljeni su poslovi izrade prostorno-planske dokumentacije VKDS – novelacija idejnog projekta, procjena utjecaja na okoliš i izrada stručne podloge za lokacijske dozvole. Sastavni dio projektnog zadatka i ugovora bilo je izvršenje dodatnih geodetskih poslova, novelacija idejnog projekta, programa geotehničkih istražnih radova za glavni projekt i provedba upravnog postupka. Nažalost nisu izvršene aktivnosti i poslovi ishođenja načelne dozvole za projekt VKDS?!? Od 2011. g. nije bilo niti aktivnosti kao ni izvršenja ostalih poslova koji su neophodni za početak izgradnje VKDS. Od 2009. do 2014. g. izvršen je dio poslova na izgradnji „Melioracijskog dovodnog kanala“ po trasi VKDS od Save od Babine Grede (16,5 km) za potrebe navodnjavanja 4.500 ha dijela melioracijskih površina Biđ-polja. Važno je naglasiti da je projekt VKDS jedan od pet Nacionalnih strateških projekata u STRATEGIJI UPRAVLJANJA VODAMA - po odluci SABORA R. HRVATSKE (kolovoz 2008.). Pozitivno značenje VKDS potvrđeno je i u rezultatima Monitoringa vodnog režima i kakvoće vode poljoprivrednih tala kao i šumskog zemljišta koji se provode od 2001. godine. Od 1991. g. na izradi planske, studijske i projektne dokumentacije te provedbe terenskih snimanja i istraživanja sudjelovalo je 156 stručnjaka i znanstvenika hidrotehničke i suradničkih struka i djelatnosti iz 25 tvrtki i nadležnih institucija. Sastavni dio procesa iznalaženja optimalnog tehničkog i financijskog rješenja projekta VKDS bila je i suradnja sa stručnim i odgovornim predstavnicima tvrtke „Rhein-Main-Donau“- AG, München od 1992. do 2008. godine.

2. ZAKONSKI I OSTALI UVJETI ZA UKLJUČIVANJE HRVATSKE U MREŽU EUROPSKIH UNUTARNJIH PLOVNIH PUTOVA

Hrvatska je 24. lipnja 1997. g. u Helsinkiju potpisala, a Hrvatski državni sabor 12. studenoga 1998. godine potvrdio Ugovor o glavnim unutarnjim plovnim putovima od međunarodnog značenja (AGN). Sastavni dio tog ugovora je i nova UN/ECE klasifikacija plovnih putova iz 1992. g. Prema tom ugovoru najvažniji su unutarnji plovni putovi u smjeru „sjever-jug“ koji osiguravaju pristup pomorskim lukama te spajaju države

europskog sjevernomorsko područja preko Podunavlja s državama sredozemnog područja (Slika 1).



Slika 1. Mreža europskih plovnih putova

Prema (AGN) Ugovoru o glavnim unutarnjim plovnim putovima od međunarodnog značaja u Hrvatskoj su u sustav Europskih plovnih putova uvršteni sljedeći:

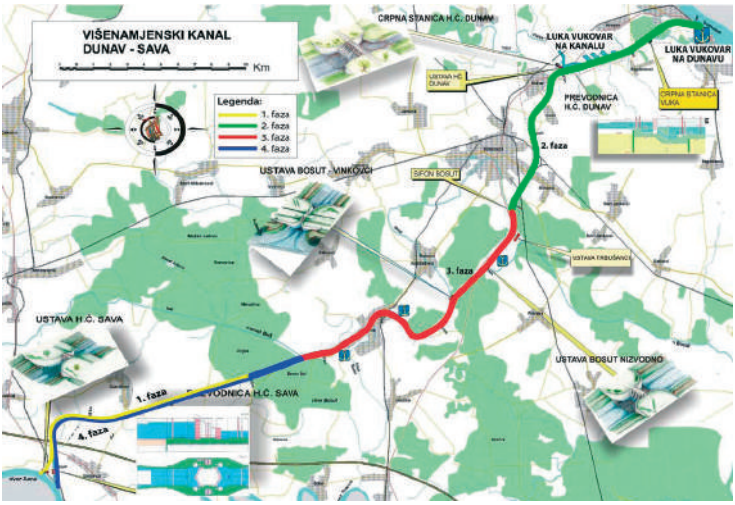
- E80 - rijeka Dunav od Batine do Iloka, km 1.433+000 do km 1.295+501; VI.c klase;
- E80-08 - rijeka Drava od ušća u Dunav do Osijeka, km 0+000 do km 22+000, IV. klase;
- *E80-10 - budući "Višenamjenski kanal Dunav-Sava" od Vukovara do Šamca, duljine 61,4 km, V.b klase*;
- E80-12 - rijeka Sava od Jamene do Siska, km 207+000 do km 583+000, IV. klase.

Radi reguliranja obveza prema ugovoru AGN Hrvatska je donijela Zakon o plovidbi unutarnjim vodama (2004) i Zakon o lukama unutarnjih voda (2006.). Dio tema iz gospodarskog područja i vlasničkih odnosa u području plovidbe utvrđen je u Zakonu o vodama (2005.) i Zakonu o koncesijama (2008.). Da bi ostvarila deklarirane klase svojih plovnih putova, Hrvatska ih mora građevinskim zahvatima i navigacijskom opremom prilagoditi novoj klasifikaciji te održavati prema AGN ugovoru.

Radi povezivanja Hrvatske s mrežom europskih unutarnjih plovnih putova, bitan je mješoviti riječno-željeznički prometni koridor Podunavlje–Jadran, jer je međunarodni tranzitni promet na njemu jedini gospodarski argument za razvoj i podizanje klasa hrvatskih plovnih putova. Za njegovo ostvarenje potrebno je prethodno ostvariti projekt VKDS po parametrima V. b klase (I. faza) te kanalizirati rijeku Savu (s tri VES-stepenice) od Šamca do Siska i Rugvice (II. faza) i izgraditi dolinsku dvokolosječnu željezničku prugu Sisak-Karlovac-Rijeka (III. faza).

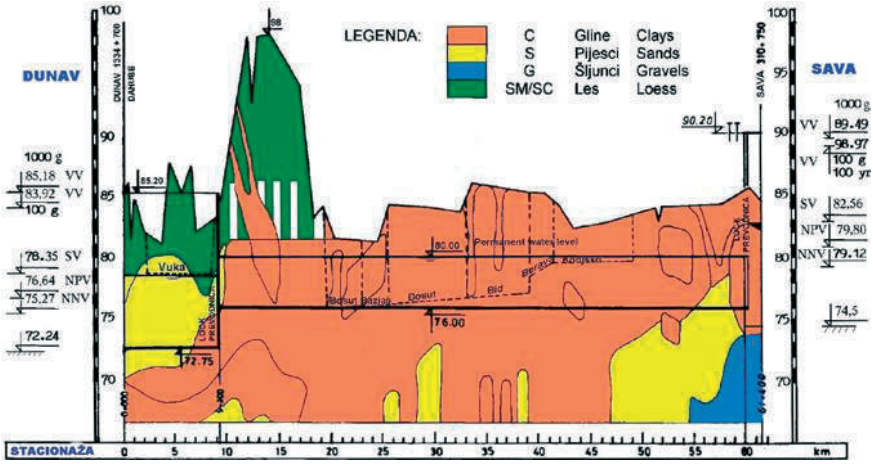
3. OSNOVNI ELEMENTI VKDS PREMA PROJEKTU IZ 1998.

S obzirom na globalno prostorni i prometni položaj, VKDS najkraća je moguća plovna veza Podunavlja i Jadrana (slika 1 i 2). Razmatrajući značenje VKDS-a s gledišta uređenja prostora u cjelini, a posebno s gledišta zaštite okoliša, proizlazi tvrdnja da kanal nije samo prometni i vodnogospodarski objekt nego i novi prostorni element koji treba prihvatiti i zadovoljiti sve prirodne uvjete i obilježja slivnog područja Vuke, Bosuta i Biđa kao i gravitirajućeg područja Dunava i Save. Predložena trasa VKDS-a (slika 2) i njegova veza s Dunavom omogućava njegovo povezivanje s ostalim plovnim rijekama i kanalima u sustavu glavne mreže plovnih putova Europe (slika 1).



Slika 2. Trasa Višenamjenskog kanala Dunav – Sava

Glavni parametri uzdužnog profila VKDS prikazani su na slici 3. Na VKDS-u predviđena je dvosmjerna plovidba krutoga potisnog sastava od dvije serijski spojene potisnice i potiskivača (172;185 x 11,4x2,8 m). Glavni su građevinski objekti na VKDS-u: dvije brodske prijevodnice, 3 pristaništa (Vinkovci i Cerna), 2 crpne stanice, 4 ustave, 2 derivacijska kanala, 1 sifon, 4 željeznička i 20 cestovnih mostova, 3 pješačka mosta te 56 križanja trase kanala s cjevovodima i dalekovodima. Predloženo je ekološki i tehnički pravilno oblikovanih 6 deponija iskopanog materijala.



Slika 3. Uzdužni presjek Višenamjenskog kanala Dunav-Sava

Širina dna korita kanala je 3,40 m, a nagib stranice 1:3, tako da je širina vodnog lica 58,0. Standardni plovni gabarit je 42,0 x 2,5 m, a slobodni plovni gabariti ispod mostova je 58,0 m x 9,1 m. Od km 0+000 do km 0+580 u VKDS-u je mjerodavni vodni režim rijeke Dunav, od km 59+925 do km 0+400 vodni režim rijeke Save, od km 9+580 do km 59+925 niveleta dna kanala je na 35+050 do km 37+980 poprečni presjek VKDS-u je pravokutnog oblika – s proširenjem i produbljenjem postojećega korita Bosuta i Biđa. U sklopu parametara uzdužnog i poprečnog profila VKDS bitno je sagledati i odnos velikih voda Dunava i Save.

4. GOSPODARSKA I OSTALA ZNAČENJA VIŠENAMJENSKOG KANALA DUNAV-SAVA

4.1. Riječna plovidba i kombinirani promet

U strategiji razvitka prometa Hrvatske VKDS ima veliko značenje kao sastavni dio 550 kilometara dugog kombiniranog riječno-željezničkoga prometnoga koridora Podunavlje-Jadran koja se sastoji od: 61,4 km VKDS od Vukovara do Šamca, 290 km regulirane Save od Šamca do Siska i 198,5 km dvokolosječne željezničke pruge Sisak-Rijeka. Sastavni dio prometnog koridora Podunavlje-Jadran je regulirana Sava i izgradnja tri vodno-energetske stepenice (s brodskim prevodnicama) Šamac, Jasenovac, Strelečko-Sisak. Plovidba Savom prema Srednjoj i zapadnoj Europi skratit će se trasom VKDS za 417 kilometara, a prema istočnoj Europi za 85 km. Potencijalni promet tereta (kontejneri, rasuti tereti, žitarice, građevinski materijal) na VKDS je 7 000 000 tona godišnje nakon 30 godina od početka prometa. U državama Europe s razvijenom mrežom unutarnjih plovnih putova zastupljenost riješenog prometa je od 15 do 20 posto a u Hrvatskoj samo 1 posto u ukupnom prometu. Pored važnosti znatno manjih troškova odnos je 1:3,3:5,0) i ekonomskih prednosti posebno treba vrednovati ekološke prednosti riječnog prometa u odnosu na željeznice, a u još većoj mjeri u odnosu na promet cestama.

4.2. Poljoprivredna proizvodnja - poboljšanje odvodnje i navodnjavanje

Izgradnjom VKDS stvaraju se preduvjeti za dogradnju postojećih i izgradnju novih sustava površinske odvodnje na 173 000 ha sliva Biđa, Bosuta i Vuke te 62 000 ha sustava podzemne odvodnje. Još veće značenje projekta VKDS je u osiguranju vode za navodnjavanje 35 700 ha poljoprivrednih zemljišta pogodnih pedoloških svojstava, ali prirodno nedovoljne vlažnosti za potrebe ostvarenja visokih i stabilnih prinosa biljnih kultura. Sastavni dio toga je i stvaranje preduvjeta za promjenu (do)sadašnjeg plodoreda odnosno uzgoja industrijskog i ljekovitog bilja te povrća, voća – dohodovnijih biljnih kultura. Projekt VKDS je prihvaćen i u Nacionalnom projektu navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama (2005.), a kao jedan od pet strategijskih vodnogospodarskih projekata je u Strategiji upravljanja vodama (2008.). Značenje VKDS za poboljšanje vodozračnog režima gravitirajućeg zemljišta potvrđena je u pokazateljima istraživanja „Monitoringa vodnog režima i kakvoće vode poljoprivrednih tala na području melioracijskog kanala za navodnjavanje dijela Bić-bosutskog polja – od 2001. do 2013 s analizom utjecaja VKDS na dinamiku podzemnih voda kao i kontrole utjecaja gnojidbe poljoprivrednih zemljišta.

4.3. Šumska vegetacija na slivu Biđa i Bosuta

Kontrolom vodostaja i protjecaja u VKDS-u moguće je osigurati i količine vode za potrebe, povoljnog razvoja šumske vegetacije. To je posebno važno za površine tzv. Spačvanskog bazena s obzirom na to što je u posljednjih 25 godina bilo više sušnih godina, odnosno nedostatka vlage za optimalni razvoj šumsku vegetaciju. Izgradnjom odgovarajućih hidrotehničkih građevina moguće je upuštati potrebne količine vode za optimalni razvoj šumske vegetacije nizvodno od Vinkovaca (dio sliva Bosuta s pritocima Virovi, Spačva i Studva) Također je moguće i reguliranje vodnog režima za šumsku vegetaciju na slivu Biđa (lokacija Merolino). To je potvrđeno kako u hidrotehničkom rješenju tako i u Studiji utjecaja na okoliš te u Studiji opravdanosti izgradnje VKDS. Značenje VKDS za poboljšanje vodozračnog režima šumskog zemljišta i povećanje prirasta šumske vegetacije potvrđena je u rezultatima Šumarskih istraživanja na području utjecaja VKDS od 2000. do 2013. godine. (po prijedlogu i ocjeni SOU - 1999.).

4.4. Ostala značenja projekta VKDS

Vodom iz VKDS-a moguće je u sušnim razdobljima upuštati odnosno povećati i oplemeniti male vode rijeka Vuke, Bosuta i Biđa i dijela njihovih pritoka. To ima i veliko ekološko značenje za utjecajno područje VKDS-a i 18 naselja u blizini tih vodotoka.

Gradnjom VKDS-a stvaraju se preduvjeti za razvoj ribogojstva u kanalu i na dijelu nizinskih dionica glavnih vodotoka gravitirajućeg područja (Biđa, Bosuta, Kaluđera, Berave, Brižnice, Virova, Spačve, Studve). Također se stvaraju mogućnosti za raznovrsne rekreativne aktivnosti na vodi - za 18 naselja na utjecajnom području VKDS.

Dio vode iz VKDS-a moguće je koristiti za potrebe odgovarajućih industrijskih i obrtničkih djelatnosti. Sukladno tome predviđeno je očuvanje kakvoće vode u kanalu te gradnja objekata za zahvat vode iz kanala, ali i izgradnja objekata za upuštanje proćišćenih otpadnih voda u kanal. To je posebno značajno za uspješniji razvoj poljoprivrede i prehrambene industrije koje su strateške djelatnosti kako Slavonije tako i cijele Hrvatske.

Gradnjom VKDS-a stvaraju se povoljniji uvjeti za urbani razvoj 18 naselja na užem utjecajnom području kanala. Sastavni dio toga je dogradnja postojećih i izgradnja novih objekata i sustava za vodoopskrbu i odvodnju otpadnih voda naselja te industrijskih i poljoprivrednih djelatnosti. U sklopu toga nužna je i daljnja izgradnja objekata i uređaja za pročišćvanje otpadnih voda naselja i industrije te kontrola površinskog zagađenja poljoprivrednih zemljišta na utjecajnom području kanala. Sastavni dio toga je program očuvanja kakvoće vode Dunava i Save te Vuke, Bosuta i Biđa kao i njihovih pritoka.

5. PRIJEDLOG VREMENSKE DINAMIKE IZGRADNJE VKDS

Projekt VKDS je dio programa strateškog razvoja Slavonije kao sastavnog dijela strateških programa razvoja poljoprivrede i kombiniranog prometa Hrvatske

Projekt VKDS izrađen je u skladu sa: sljedećom aktualnom dokumentacijom: Strategija prostornog uređenja R. Hrvatske, Program prostornog uređenja RH, Strategija prometnog razvitka R.H., Prostorni planovi Brodsko-posavske i Vukovarsko-srijemske županije – kao i gradova Vukovar i Vinkovci te 10 pripadajućih općina. Zbog složenosti zahvata u financijskom, tehničkom i gospodarskom pogledu predviđena je gradnja VKDS u četiri faze (slika 3 i 4).

I. faza: Izgradnja smanjenog profila dovodnog kanala za potrebe navodnjavanja 4 500



Slika 4. Faze izgradnje Višenamjenskog kanala Dunav-Sava

ha na dionici od Save do km 44+900 VKDS – radovi se usporeno izvode od 2009. godine.

II. faza: Izgradnja punog profila za plovidbu i vodno gospodarstvo od Dunava do Bosuta (kod Vinkovaca) do km 25+000; 1 prevodnica, 3 ustave, 2 crpne stanice, 1 sifon, 9 cestovnih, 2 pješačka i 2 žeIjeznička mosta i 3 oblikovane deponije zemljanog materijala.

III. faza: Izgradnja 16,75 km punog profila kanala rijekom Bosut od prokopa Bazjaš

do Biđa u Cerni-do km 41+750.; 1 ustava, 2 pristaništa, 5 cestovnih, 1 pješački i 1 željeznički most, oblikovana deponija.

IV. faza: Izgradnja 5 km kanala punog profila koritom Biđa, (između centra Cerne i kanala Konjsko), te proširenje i produljenje 16,5 km dovodnog melioracijskog kanala za navodnjavanje na projektirani profil VKDS - od Save do km 44+900; objekti: 1 prevodnica, 6 cestovnih i 1 željeznički most 2- oblikovane deponije.

Po aktualnom projektu cjelokupna izgradnja VKDS predviđeno je u roku 8 godina - pod uvjetom osiguranja potrebnih financijskih sredstava. R Hrvatska je projekt VKDS prijavila za sufinanciranje iz sredstava EU- fondova. Za ostvarenje projekta postoje prometni i gospodarski interesi dijela podunavskih država.

Izgradnju VKDS treba vrednovati kao sastavni dio dugoročnog prometnog i gospodarskog povezivanja Podunavlja i Jadran, a to su potrebe kako R. Hrvatske tako i dijela država "Podunavlja i Jadrana". Od 1991. do 2009 održano je više rasprava i terenskih pregleda hrvatskih stručnjaka i odgovornih predstavnika tvrtke,"Rhein-Main-Donau" AG, München – u cilju iznalaženja optimalnog tehničkog i financijskog izvedbenog rješenja projekta VKDS. Nadležna MINISTARSTVA I VLADA kao i SABOR RH donijeli su niz ODLUKA 0d 1991. do 2010. ali nažalost nisu stvoreni uvjeti za njihovo ostvarenje kao preduvjeta za izgradnju VKDS. U studijskoj projektnoj dokumentaciji argumentirani su pokazatelji koji potvrđuju strateško značenje VKDS za razvoj prometa i poljoprivrede. Također je i veliko značenje VKDS za osiguranje vodozračnog prometa za potrebe optimalnog razvoja šumske vegetacije te oplemenjivanje malih voda Biđa, Bosuta i Vuke kao i dijela njihovih pritoka.

ZAKLJUČAK

Projekt Višenamjenski kanal Dunav-Sava (VKDS) je u sljedećim planskim dokumentima R. Hrvatske: Strategija prometnog razvitka od 2000. do 2030. g.; Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem od 2005. do 2020. g.; Strategija upravljanja vodama od 2008. do 2038.; Prostorni planovi R.H., te Vukovarsko-Srijemske i Brodsko –posavske županije. U ožujku 1999. i prosincu 2009. g. Komisije za procjenu utjecaja zahvata na okoliš VKDS nadležnih Ministarstava za ocjenu utjecaja zahvata na okoliš dale su pozitivna RJEŠENJA s potrebnim pokazateljima i obrazloženjima u kojima su date procjene s konstatacijom da je izgradnja i korištenje VKDS prihvatljivo – uz primjenu mjera zaštite okoliša i programa praćenja stanja okoliša. Pored velikog značenja projekta VKDS za razvoj poljoprivrede i šumarstva, posebno treba vrednovati njegovo značenje kao sastavnog dijela programa razvoja kombiniranog prometa te prometnog i gospodarskog povezivanja Podunavlja i Jadrana.

Od 2009. g. usporeno se izvode radovi na izgradnji dovodnog „Melioracijskog kanala" od Save za navodnjavanje 4500 ha od ukupno projektom predloženih 35.700 ha na slivu Biđa i Bosuta. Pored dokumentiranih prirodnih, tehničkih, ekonomskih i ekoloških pokazatelja, te razvojnog značenja za promet i gospodarstvo R. Hrvatske projekt VKDS je i nadalje bez opravdanja i na „čekanju" ostvarenja. A to je i posljedica ne izvršavanja Odluka nadležnih MINISTARSTAVA većeg dijela provedenih odluka Vlade i Sabora R. Hrvatske od 1991. do 2014. godine.

LITERATURA

[1] Vlada Republike Hrvatske (1991.; 1996.; 2002.; 2007.;) *Odluke o aktivnostima i poslovima za izradu studijske i projektne dokumentacije te pripremu i početak izgradnje Višenamjenskog kanala Dunav-Sava (VKDS).*

[2] Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Vodoprivredno-projektni biro d.o.o. Zagreb – u suradnji sa 23 tvrtke i nadležne institucije Hrvatske i jedne iz Njemačke (1991.-1998.-2009.) *Istražni radovi, studije i idejni projekti VKDS*

[3] Fakultet prometnih znanosti i Institut prometa i veza u suradnji s Ministarstvom mora, prometa, veza i razvitka (1999.-2001.)*; Strategija prometnog razvitka Hrvatske u 21 stoljeću.*

[4] Hrvatska vodoprivreda (1991.-1996.) i Hrvatske vode (1996.-2010.) *Izvještaj o planiranim i izvršenim aktivnostima i poslovima na provedbi istražnih radova, izradi studijske i projektne dokumentacije za pripremu i izgradnju VKDS.*

[5] Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Vodoprivredno-projektni biro d.o.o. Zagreb, Agencija za plovne puteve unutarnjih voda, Hrvatske vode i Uprava vodnog gospodarstva – MPŠVG (2005.-2010.) *Prijedlog aktivnosti i poslova za dovršenje studijske i projektne dokumentacije VKDS – novelacija projektne i ostale dokumentacije.*

[6] Hrvatski sabor (1997.-1998.). *Odluka o prihvaćanju AGN ugovora o glavnim unutarnjim plovnim putovima od međunarodnog značenja – UN/ECE klasifikacija.*

[7] Nadležna ministarstva - Komisije za ocjenu utjecaja zahvata na okoliš VKDS, (1999. i 2009.)

[8] Hrvatski sabor (2011.) *Odluka o donošenju prostornog plana posebnih obilježja VKDS – potrebna obrazloženja data u 175 članaka.*

[9] Skupina autora radova (2013.); *Stručno znanstveni skup „Višrnamjenski kanal Dunav-Sava" – aktualni pokazatelji studijske i projektne dokumentacije; Vukovar, 1-154.*

[10] Marušić, J: (1999.), *Značenje „Višenamjenskog kanala Dunav – Sava" za gospodarsko povezivanje Podunavlja i Jadrana, Anali, HAZU,* (Dekaris, D; Martinčić, J;), Zagreb – Osijek; 57-86

[11] Martinčić, J; Marušić, J; (1999.), *Übersicht der Aktivitäten im Projekt" Verbindung der Donauregion mit der Adria, XIX Konferenz der Donau – Adrianerstaaten,* (Gereš, D; Trninić, D;) Osijek*, 993-998;*

[13] Marušić, J; Brkić, B; I, Kolovrat; (2000.); *Aktualni projekt „Višenamjenskog kanala Dunav-Sava",* Sabor Hrvatskih graditelja, (Simović, V.), (HSGI), Cavtat, 755-772;

[14] Marušić, J: (2002); *Economic Importance and the Environment of the Multipurpose Danube – Sava Canal; Transport and Environment-Syimposium, Modern Traffice (Rotim, F; Mišković, A), Opatija, Hrvatska, 66-71;*

[15] Marušić, J; Kolovrat, I; (2004.); *Značenje i problemi ostvarenja projkta Višenamjenskog kanala Dunav-Sava;* Sabor hrvatskih graditelja (Simović, V;) HSGI; Cavtat; 979-991;

[16] Marušić, J; Pršić, M; (2012.);*Višenamjenski kanal Dunav-Sava i osnovni pokazatelji o aktualnoj dokumentaciji* , HAZU; (Božičević, J; Steiner, S.); Zagreb; str. 2003.-2015.

[17] Od 1994. do 2009. godine izrađeno je 126 elaborata istraživačke, terenske studije, projektne i ostale dokumentacije u kojima su sadržani potrebni argumentirani pokazatelji o razvojnom i strateškom značenju VKDS za R. Hrvatsku.

AUTORI

prof.dr.sc. Josip Marušić [a]
Božo Galić, dipl.ing. [b]

[a] Jordanovac 43A, Zagreb, Hrvatska, e-mail: josip.marusic12@gmail.com

[b] Vukovarsko-srijemska županija, Županijska 9, Vukovar, Hrvatska, e-mail: bozo.galic@vusz.hr

R 2.22.

AKUMULIRANJE VODE U SLAVONIJI

Siniša Maričić

SAŽETAK: Slavonija, ravnica omeđena Savom, Dravom i Dunavom, a jednim krajem i gorjem, pretežno je poljoprivredno područje. U stalnom rješavanju njezinih potreba, zaštite od voda, melioracijske odvodnje, ali i navodnjavanja, izgrađeni su brojni hidrotehnički objekti (nasipi, kanali, ustave, crpne stanice te brane).

U radu se analiziraju brane i akumulacije Slavonije. Pojašnjava se njihova uloga i navode neke tehničke karakteristike. Koristi se jednostavna klasifikacija rizika od gubitka života, ekoloških, ekonomskih i socijalnih „šteta" zasnovana na dva parametra: visini brane i volumenu akumulacije. Nabrajaju se višestruke koristi, ali i navode moguće opasnosti od ovih velikih zahvata u prostoru.

Zaključno se konstatira očekivano povećanje značaja ovih objekata. Posebno se ukazuje na moguće potrebe adaptacije sustava i oprez u eksploataciji u budućnosti uslijed klimatskih promjena čiji trend se uočava zadnjih desetljeća, a posebno u vidu ekstremnih vodnih događaja.

KLJUČNE RIJEČI: vodna akumulacija, brana, ekstremni vodni događaj, rizik

WATER RESERVOIRS IN SLAVONIA

SUMMARY: Slavonia, which is a large plain surrounded by the rivers Sava, Drava and Danube and in part also by mountains, is a predominantly agricultural area. In an effort to fulfil the needs of the area, i.e. water protection, amelioration drainage, including irrigation as well, numerous hydrotechnical facilities (dikes, canals, weirs, pumping stations and dams) have been constructed.

In the paper, an analysis is conducted of the dams and reservoirs in Slavonia, their roles and technical characteristics. A simple applied risk classification in relation to the loss of life and environmental, economic and social damages is based on two parameters, dam height and reservoir volume. Multiple benefits, but also dangers of these large interventions in space are discussed.

Conclusively, although increased significance of these facilities is expected, potential adaptations of the systems and caution in the future exploitation is indicated due to the trend of climate change observed in the past decades, particularly in the form of extreme water events.

KEY WORDS: reservoir, dam, extreme water event, risk

1. UVOD

Tehnološki i društveni razvoj, što je najčešći državni cilj, kao i urbanizacija dovode do velikog porasta potreba za vodom. U prošlom stoljeću se svjetski broj stanovnika utrostručio, a potrošnja vode je narasla šesterostruko. U prirodi su pojave i količine voda često prostorno i vremenski različite od potreba ljudi i gospodarstva (Glavoč, 2001.). Zato je potrebna izgradnja odgovarajućih višenamjenskih građevina i sustava s kojima se ostvaruje kako zaštita od štetnog djelovanja tako i korištenje voda i to za: piće, proizvodnju energije, tehnološke procese u nizu industrijskih djelatnosti, navodnjavanje, ribnjačarstvo, sport i rekreaciju. Borba za obranu imovine i povećanje proizvodnje i prometa intenzivirala se tijekom zadnjih dvjestotinjak godina. Svojim razvojem čovjek je tada radikalno mijenjao prirodni vodni sustav. I na slavonskim rijekama izvođeni su brojni, dalekosežni hidrotehnički zahvati.

Inženjerske ili tzv. strukturne mjere upravljanja vodama (gradnja nasipa, regulacijskih objekata, brana itd.) pokazale su se u više slučajeva kontraproduktivnima, a ukazuje se i na brojne negativnosti sa stajališta zaštite okoliša i pružanja podrške biološkoj raznolikosti (Bonacci, 2003.).

Od tradicionalnog, tzv. pasivnog koncepta, razvijene zemlje svijeta u posljednjem desetljeću prelaze na novi aktivni i integralni koncept. Na rješavanju ove složene problematike počelo se intenzivno interdisciplinarno raditi. Moglo bi se reći da čovjek osjeća granice tehničke moći pa se mora prilagoditi suživotu s prirodom. Inzistira se na primjeni neinženjerskih, tj. nestrukturnih mjera u koje se ubrajaju: prognoze opasnih pojava, organizacija sustava ranog uzbunjivanja, upravljanje korištenjem zemljišta (izbjegavanje gradnje i nenaseljavanje u ugroženim prostorima), priprema stanovništva na postupanje tijekom kriznih stanja i drugo (Bonacci, 2012.).

Držeći se ekološke parole „poimaj globalno, djeluj lokalno“, u narednim poglavljima dotaknuti su globalni problemi, a razmatrani su lokalna situacija i rješenja.

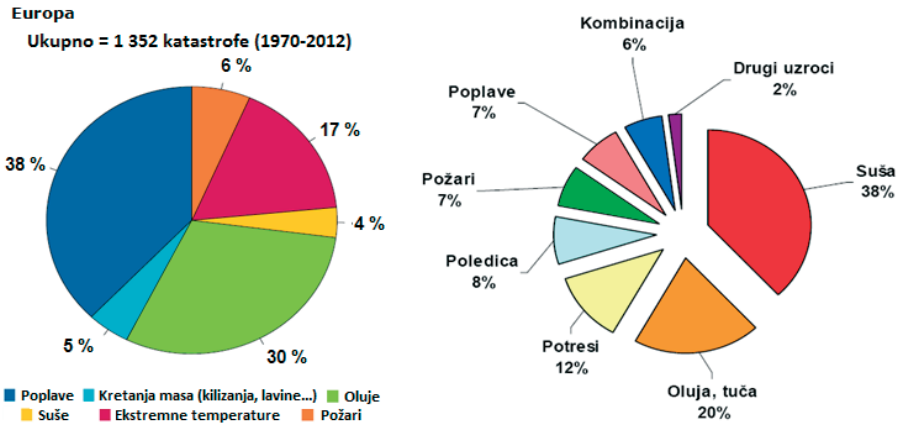
2. OPASNE VREMENSKE POJAVE I KATASTROFE

Opasne vremenske prilike (nepogode) su svi vremenski uvjeti koji mogu ugroziti ljudske živote, imovinu te prouzročiti poremećaj u funkcioniranju društva. Kada nepogode prekidaju normalno odvijanje života, uzrokuju žrtve, štetu većeg opsega na imovini i/ili njen gubitak, te štetu na infrastrukturi i/ili okolišu, u mjeri koja prelazi normalnu sposobnost zajednice da ih sama, vlastitim sredstvima, otkloni bez pomoći, govorimo o prirodnoj katastrofi. Definicije prirodnih katastrofa razlikuje se po državama prema njihovom socijalnom i gospodarskom učinku (Gereš, 2004.).

Prema bazi podataka EM-DAT (Emergency Events Database), za razdoblje 1900.-2008. evidentirano je više od šesnaest tisuća svjetskih katastrofa uz jasne kriterije definicije (Trninić, 2010.).

Prema publikaciji Svjetske meteorološke organizacije (WMO) za period 1970.-2010. na svjetskoj razini evidentirano je 8 835 nevremenskih, klimatskih i katastrofa povezanih s vodom (Slika 1) koje su uzrokovale gubitak 1,94 milijuna ljudskih života i ekonomske štete od 2,4 trilijuna US $ (Golnaraghi i drugi, 2014.). Broj katastrofa po dekadama stalno je u velikom porastu. Posljedica je to globalnih trendova (porasta stanovništva, urbanizacije, klimatskih promjena i drugog).

U Europi, od 1 352 prijavljene katastrofe, iako poplave čine 38 %, a oluje 30 % (slika 1), ekstremne temperature su prouzročile najveću smrtnost, čak 94 %.
Za primijetiti je da su katastrofe različito zastupljene diljem svijeta i posljedice su im također različite. Primjerice, suše i vrućine globalno imaju malu zastupljenost, u Europi su značajnije (17+4 % svih događaja) dok u Hrvatskoj čine blizu 40 % od ukupnih šteta elementarnih nepogoda. Premda su štete (novčano) puno veće kod razvijenih zemalja, od katastrofa puno teže stradavaju nerazvijene zemlje na što ukazuju daleko veći broj poginulih i znatno veći udio šteta u ukupnom bruto domaćem proizvodu (kod razvijenih je to oko 2 %, a kod nerazvijenih oko 13 % prema WMO). Pa, logično je da razvijeniji bolje prolaze, ali nerjetko se to krivo interpretira i/ili doživljava.



Slika 1: Broj i zastupljenost katastrofa u Europi [WMO] (lijevo) i ekonomski gubitci uzrokovani prirodnim nepogodama u Hrvatskoj 1981. – 2012. [Ministarstvo financija];

3. VODNO GOSPODARSTVO U SLAVONIJI

Na prostranim ravnicama sjeveroistočne Hrvatske, uslijed hidroloških i klimatskih prilika, stanovništvo se oduvijek mnogo više bavilo problemima odvodnje i zaštite od poplava da bi zemljište moglo poslužiti za poljoprivrednu proizvodnju. Kako su sušna razdoblja ipak bila znatno rjeđa, vječni nedostatak novca priječio je istodobno rješavanje odvodnje i navodnjavanja. Od iznenadnih i velikih voda Save, Drave i Dunava najčešća su obrana bili veliki zemljani nasipi koji su danas uglavnom posvuda izgrađeni, ali i odteretni kanali te obodni kanali, akumulacijska jezera i retencije. No, izgleda da ovom prostoru, omeđenom trima velikim rijekama, danas znatno više problema stvaraju bujični vodotoci. Oni nastaju u slavonskim brdima koja čine povezani lanci vrhova Psunja, Papuka, Krndije, Dilj gore i Požeške gore. Ti su brojni vodotoci, koji znaju i presušiti, mnogo puta uzrokovali poplave pokraj svojih ušća u nizvodne rijeke ili u glavne rijeke slivnih područja (Karašica-Vučica, Vuka, Bić-Bosut, Pakra, Orljava i Londža). Posljedično, glavne su se rijeke u svojim donjim i ravničarskim tokovima, zbog plitkih korita uslijed naplavinama mulja, često izlijevale i zamočvarivale velika područja (Nadilo, 2012.).
U nedavnoj prošlosti život je uz močvare bio problematičan. Uvjeti su bili teški zbog obilja vlage i neugodnih mirisa, ali i nezdravi zbog prostranih legla komaraca i drugih insekata te raznovrsnih nametnika i bakterija na truloj vegetaciji što je uzrokovalo mnoge

bolesti ljudi i životinja (malarija, kolera, tifus te metilj i tzv. „kokošje sljepilo“ kod blaga). Zato su u ovim nizinama započeli prvi hidromelioracijski radovi i njihovo društveno organiziranje u Hrvatskoj što se smatra začetkom današnjih Hrvatskih voda (Živaković-Kerže, 2004.).

Predmetno područje obuhvaća više županija i više vodnogospodarskih ispostava, a zahvaća dijelove dvaju vodnogospodarskih odjela. Zapravo je to više slivova malih vodotoka koji se uglavnom nalaze u izrazitoj ravnici, pod šumskim i poljoprivrednim kulturama i imaju najmanje prosječne godišnje oborine u državi. Izvedbom guste kanalske mreže, ukupne dužine desetak tisuća kilometara te više desetaka ustava i crpnih stanica, postignuto je isušivanje velikoga močvarnog područja, a gradnjom protupoplavnih nasipa te odvodnih i odteretnih kanala riješen je bitan dio poplavnih problema ovog područja. Nažalost, nije uklonjen drugi glavni uzrok čestih poplava – bujičnost brdskih potoka.

Brdski vodotoci su važni jer ih čine vlastite vode, nastale oborinama hidrološkog ciklusa na našem teritoriju (unutarnje vode). To su obnovljive vode kojih, na državnoj razini ima malo (17 % površinskih tokova) u odnosu na tranzitne vode, one velikih međudržavnih i pograničnih rijeka (Bonacci, 2004.). Unutarnje brdske vode su presudno važne za prihranu podzemnih vodnih rezervoara i tla te održavanje kvalitete voda u slivu. Ti hidrološki segmenti (rezerve i režim podzemnih voda), važni za upravljanje vodama, slabo su istraženi. Regulacijskim radovima (opasavanjem korita nasipima, skraćivanjem trasa vodotoka i fiksiranjem obala), odteretnim spojevima i prenamjenom zemljišta (sječa šuma, urbanizacija), naročito donjih dionica, utjecalo se na hidrološki režim sliva. Uglavnom je ubrzano otjecanje i smanjena infiltracija duž sliva. Zauzimanjem brdskih područja pridonijelo se bujičnom karakteru otjecanja. Tako bujičnim potocima nerijetko dotječu velike količine vode koje postojeće riječno korito nije u stanju prihvatiti. Stoga je u gornjim, brdskim tokovima planirano ukupno stotinjak brana za formiranje akumulacijskih i retencijskih prostora od kojih je malo njih dosada izvedeno.

Sve su akumulacije planirane kao višenamjenske. Osim transformacije vodnog vala, obuhvaćaju navodnjavanje poljoprivrednih površina, ribnjačarstvo, sport i rekreaciju. Povrh rijeke Vuke je planirano tridesetak brana, u slivu Karašice-Vučice gotovo četrdeset, uz Orljava i Londža spominje se dvadesetak, a tridesetak brana planirano je na Dilj-gori (Nadilo, 2012.; Petrić-Stepanović, 2008.). Prva od predloženih akumulacija izgrađena 1968. na potoku Petnja, kod Sibinja. Ranije su izgrađene i brane Borovik, 1978. na Vuki te Lapovac II, kod Našica, 1993. godine. Od sredine prošlog desetljeća intenzivirala se realizacija akumulacija i izgrađene su Kuštrevac, Grabovo, Javorica, Opatovac, Koritnjak, Čitluk, Londža, Vrbova, a u različitim fazama realizacije je još nekoliko projekata. Izvedene su i usporne i retencijske brane (Vetovo, Lipovac, Vuka, Piljevačka Glava). Dakle, shodno situaciji, ulagalo se u zadržavanje i akumuliranje vode u slivu.

Prvotno izvedene brdske akumulacije pokazale su se ekološki prihvatljivim i poznate su ribičke destinacije. Uspješno su dosada odradile svoje zadatke. O isplativosti gradnje takvih objekata govore podatci (VGI Orljava-Londža) da su procijenjene štete u Pleternici i okolnim naseljima nakon plavljenja 2010. bile oko 5,0 milijuna kuna, a izgradnja retencije Vrbova, dovršene 2012. stajala je 4,5 miliona kuna i uspješno je zaštitila spomenuto nizvodno područje 2014. od sličnih velikih voda. Na slično ukazuju dugogodišnja iskustva iz Slavonskog Broda kojeg plave bujice s Dilj-gore. Nije dobar odabir jeftinijeg rješenja (s lateralnim kanalom umjesto najprikladnijeg s branama i

retenciranjem pritoka u višim dijelovima sliva, zbog nedostatka novca koji se, međutim, uvijek pronalazi nakon velikih šteta od poplava (Petrić-Stepanović, 2008.). Uslijed kritika i otpora ekoloških udruga gradnji velikih brana sa širokim obuhvatom utjecaja, koji su u razvijenim zemljama pokazali negativnosti, nije došlo do realizacije planiranih vodnih stepenica na Dravi i Savi uz sve prednosti koje one donose i dokazane su na uzvodnim branama (Dubrava, Varaždin, Čakovec).

4. BRANE – AKUMULACIJE I RETENCIJE

Brane i akumulacije među najstarijim su hidrotehničkim strukturnim mjerama koje su uglavnom višenamjenskog karaktera. Branama se pregrađuje korito i riječna dolina čime se usporava i zadržava voda, a uzvodno se formira akumulacijski prostor. Akumulacije su prirodni dijelovi riječnih dolina, adekvatno dograđeni ili umjetno formirani (iskopom, nasipima, betonskim i drugim konstrukcijama) prostori za skladištenje vode u svrhu njene vremenske preraspodjele. Retencijski prostori su prirodne depresije ili umjetni iskopi koji mogu biti korišteni za povremeno skladištenje velikih voda sa svrhom ublažavanja poplava. Ti prostori mogu imati kontrolirane ulaze/izlaze. Mogu zadržavati vodu neko određeno vrijeme te ju polagano ispuštati kroz prirodne ili umjetno izrađene odvode. Voda prikupljena u retencijskim prostorima polagano se, dijelom, infiltrira pod površinu, a dijelom isparava. Dimenzije im se razlikuju i ovise o prirodnim uvjetima, ali mogu biti povećane ili smanjene umjetnom dogradnjom.

Kod akumulacija do problema dolazi ako se vodom ne upravlja na optimalan i integralan način nego prema interesima najmoćnijih. Negativne posljedice osjeti ponajprije okoliš, a one su izražene u masovnim i velikim gubicima staništa, biološke produktivnosti i raznolikosti zbog, preraspodjelom okolišu dostupne, nedovoljne ili prekomjerne vremnski neprimjerene količine vode. Poznati problemi velikih akumulacija su toplinska stratifikacija, eutrofikacija i onemogućavanje uzdužne komunikacije riječnog sustava (Bonacci, 2004., 2012.). Tako, protivnici izgradnje akumulacijskih sustava smatraju da su štete na okolišu, gledano dugoročno, znatno veće od postignutih koristi.

Nadalje, evakuacijske građevine i prazan akumulacijski prostor transformiraju velike vodne valove (zadržavaju ih i smanjuju im vrhove), ali događa se i povećanje maksimalnog protoka zbog lakomosti, neprimjerenosti ili greške pri upravljanju akumulacijskim prostorom i objektima, a to može izazvati poplavu u nizvodnom dijelu riječnog sustava.

Rješenja obrane od poplave sustavom retencijskih prostora manje su opasna za okoliš od stalnih akumulacija te se sve češće koriste u praksi. Štoviše, negdje se takvi prostori koriste i za stvaranje umjetnih vlažnih prostora. Brdske retencije uspješno se koriste u obrani Zagreba od potoka Medvednice i nemaju tzv. „mrtvi prostor“ već se redovito čiste i kose. Retencijski prostori mogu imati i višenamjensku ulogu te mogu pridonijeti ozdravljenju okoliša pa ih se stoga preporučuje. U urbanim prostorima, kratkotrajno i privremeno, za retenciranje mogu poslužiti parkirališta, parkovi, igrališta i slični prostori na kojima poplava ne može izazvati ozbiljnije štete i gdje se one mogu brzo sanirati.

Nizom manjih brana (akumulacijskih i retencijskih) mogu se postići značajna smanjenja vodnih valova, pa u donjim tokovima regulacijski radovi i zaštita od poplava mogu biti manjeg opsega. Držanje vode na višim kotama terena uz permanentnije i ujednačenije ispuštanje nizvodno pridonosi boljoj prihrani podzemlja i kvaliteti podzemne vode, kao i stabilnosti vodenih ekosustava. Skladištenje vode omogućava manju ovisnost

poljoprivredne proizvodnje o vremenskim prilikama, odnosno daje mogućnost prilagodbe neprilikama suše. Problemi suše tek traže više pažnje. Suša se pojavljuje polako, traje dugo i zahvaća velik prostor. Teško joj je definirati parametre (Tadić i drugi, 2014.), ali bitan je izostanak oborine i utjecaj na čovjeka. Gubitci su joj drastičniji od drugih prirodnih nesreća (Bonacci, 2003). S obzirom na dosadašnja loša iskustva sa sušom i predviđanja klimatskih promjena s intenzivnijom pojavnosti, treba se sveobuhvatno pozabaviti rizikom od suše. Strukturni element bez alternative u borbi protiv suše su akumulacije.

Međutim, da bi svi objekti akumulacijskog sustava bili djelotvorni, cijelim je sustavom nužno pažljivo i optimalno upravljati. Sustav ne može biti prepuštan sam sebi, već mora biti strogo kontroliran i upravljan iz nekog središta.

5. O LOKALNIM OPASNOSTIMA OD BRANA

Osnovna podjela brana je na velike i male. Pozadina ovakve podjele je moguća opasnost uslijed rušenja brane. Što je pregradna konstrukcija veća i zadržava više vode predstavlja veću opasnost pa se inženjerski (propisima) nastoji da bude sigurnija. Za velike brane su strožiji kriteriji projektiranja i korištenja u odnosu na male brane.

Kriterij za velike brane (ICOLD - International Comission on Large Dams, Hrvatsko društvo za velike brane - HDVB - CROCOLD) je konstruktivna visina iznad 15 m, ali i, za niže brane (od 5 do 15 m), volumen akumulacije od 3 x10^6 m^3 i više. Donedavni kriterij je, osim 15 m visine, za brane od 10 m i više tražio i jedan od slijedećih uvjeta: duljinu brane u kruni jednaku ili veću od 500 m, akumulaciju od 100 000 (kasnije 1 x10^6 m^3) i više, kapacitet preljeva od 2 000 m^3/s naviše te da se radi o problematičnijem temeljenju (Stojić, 1997.). Već ovakvom promjenom kriterija neke brane mijenjaju status od onog koji su imale pri projektiranju i izgradnji.

Tablica 1. Klasifikacija potencijalne opasnosti (Potential Hazard Classification - PHC)

Potential Hazard Classification (PHC)	Potencijalna opasnost otkazivanja brane		
	Mala (PHC I)	Srednja (PHC II)	Visoka (PHC III)
Parametar $H^2 \cdot \sqrt{V}$	$H^2 \cdot \sqrt{V} < 20$	$20 \le H^2 \cdot \sqrt{V} < 200$	$H^2 \cdot \sqrt{V} \ge 200$
Ugroza ljudskih života	≈ 0	< 10	> 10
Ekonomski rizik	Mali	Srednji	Visoki ili ekstremni
Rizik za okoliš	Mali ili srednji	Visoki	Ekstremni
Socijalni utjecaj	Mali (ruralni)	Regionalni	Nacionalni

Francuski Odbor za brane i akumulacije razvio je sustav klasificiranja brana pomoću jedinstvenog parametra (Degoutte i drugi, 2002.). On je zasnovan na dva faktora i to: maksimalnoj visini brane (H), mjereno od dna temelja do vrha krune, u metrima, i maksimalnom volumenu akumulacije (V) iskazano u 10^6 m^3. Parametar ima formu i računa se kao $H^2 \cdot \sqrt{V}$. Na osnovu njegove vrijednosti moguća je procjena rizika u slučaju poplave uzrokovane urušavanjem same brane, a date su i preporuke za projektiranje i kontrolu. Procjena rizika se dijeli u tri kategorije: mali, srednji i veliki rizik.

U priloženoj tablici I vidljivo je kako se pomoću parametra $H^2 \cdot \sqrt{V}$ i povezanih rizika u gubitku života, ekonomskim, ekološkim i socijalnim „štetama“ donosi procjena

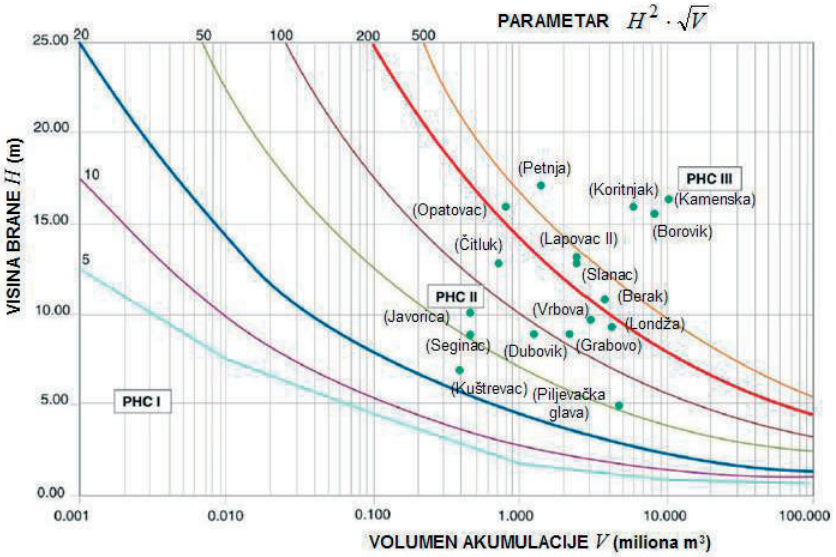
potencijalne opasnosti otkazivanja brane (Royet i drugi, 2011.). Postupak je više praktične, orijentacijske naravi, a priloženi grafički primjer s branama istočno-panonske Hrvatske je preliminarni (zbog neusuglašenosti izvora i preciznosti podataka). Iako je u području (istok kontinentalne Hrvatske) obuhvaćenim ovom analizom planirano stotinjak brana tek petnaestak je izvedeno, a nekoliko (od navedenih) je u realizaciji. Analiza ukazuje na slijedeće: polovica brana je velikog rizika, a polovica je srednjeg, i to samo po jedinstvenom parametru osobina objekta, bez razmatranja ostalih vidova šteta.

S druge pak strane, sigurnost brane značajno ovisi o građevinama za evakuaciju velikih voda. Radi se o preljevu, brzotoku i slapištu koji se dimenzioniraju prema proračunskom protoku, odabranom protoku odgovarajuće vjerojatnosti pojave, tj. povratnog perioda. Na izbor proračunskog protoka utječu: pouzdanost hidroloških podataka, ugroženost nizvodnog područja, značaj brane, retencijske mogućnosti akumulacije, tip brane, tip preljeva i drugo. Češće se uzima velika voda 1 000-godišnjeg povratnog perioda (uz provjeru 10 000 – godišnje), ali i veća pa do neke maksimalno moguće (SAD).

Ako se dogodi voda veća od one za koju su projektirani evakuacijski objekti dolazi do nepredviđenog, opasnog prelijevanja. Ovisno o više uvjeta, tada su moguće ugroze brane, njena oštećenja pa i rušenje. Općenito, oko 90 % brana su nasute (u razmatranom slučaju sve), a one su posebno osjetljive na nekontrolirano prelijevanje preko krune brane. Urušavanje jedne brane povećava opasnost novostvorenim valom za sve nizvodne objekte na vodotoku.

Tijekom ekstremnih poplava koje su se dogodile u Češkoj 2002. godine dogodilo se urušavanje 23 male brane uzrokovano preljevom preko krune brane. Oko 50 drugih brana teško je oštećeno za vrijeme poplava (Royet i drugi, 2011.).

Nepredviđeno povećanje uspora povećava opasnosti od unutarnje erozije i proklizavanja pokosa brane, što su po zastupljenosti naredni uzroci ugroze brane.



Slika 2: Procjena potencijalne opasnosti brana i akumulacija istočno-panaonske Hrvatske;

6. TRAGOM KLIMATSKIH PROMJENA

Prema najavama globalnih klimatskih promjena i ekstremnih hidroloških prilika, u našem području, moguće je očekivati učestaliju pojavu velikih količina oborina u kratkom razdoblju koje uzrokuju poplave, ali i izostanak oborina u dužem vremenskom razdoblju što uzrokuje suše. Pojava bilo kojeg hidrološkog ekstrema, poplave ili suše, donosi nove probleme i za posljedicu može imati velike štete na svim područjima ljudskog djelovanja. Zato se treba učiti na prošlim događajima i pripremiti za budućnost tako da se smanje negativnosti.

Služba za hidrologiju danas je dobro opremljena i sposobna je u poplavnim uvjetima obaviti mjerenja. Tako su, na hidrološkim postajama donje Save, u kritičnim danima 2014. prikupili do sada nezabilježene ekstremne vrijednosti u vodostajima, brzinama toka i protocima. Nakon statističke obrade utvrđeno je da je maksimalni protok izmjerenog vodnog vala (Q = 6 000 m^3/s, izmjeren 17. svibnja) nizvodno od ušća Bosne u Savu u Slavonskom Šamcu bio povratnog perioda od 1 000 godina, a uzvodno, od Jasenovca do Slavonskog Broda nešto nižeg koji je bliže 100-godišnjem (Oskoruš, 2014.; Vujanović, 2014.). Sasvim sigurno je da ovakav događaj treba biti predmet detaljnih analiza. Također, ukazuje na potrebu bolje suradnje svih susjednih zemalja u razmjeni meteoroloških i hidroloških informacija kako bi se na vrijeme mogle predvidjeti ovakve ekstremne pojave i što je moguće više ublažiti njihove štetne posljedice (Ivančan-Picek, 2010.; Bonacci, 2012.).

Prema statističkoj analizi raspodjele velikih voda (Abdulaj i drugi, 2014.) za uočiti je da dosadašnja baza i obrada podataka (bez maksimuma 2014.) ukazuju na povratni period za protok od 6 000 m^3/s od preko 10 000 godina. Uvrštavanjem novog maksimuma u statistiku, za isti protok, dobiva se znatno manji povratni period (1 000 godina). Slično je utvrđeno i za nizvodniju hidrološku postaju u R. Srbiji.

Na osnovu izvršene analize maksimalnih godišnjih protoka za postaju Sremska Mitrovica konstatirano je da dolazi do povećanja vjerojatnosti pojave (sa 0,7% na 1%) tj. smanjenja povratnog perioda (sa 150 na 100 godina) uključivanjem u analizu podatka o maksimalnom protoku (Qmax= 6 600 m^3/s) iz 2014. godine. Analiza proširenog niza maksimalnih vodostaja tog mjernog profila dovela je također do povećanja vjerojatnosti pojave, tj. smanjenje povratnog perioda (sa 1 000 na 330 godina) (Ćatović, 2014.). Valja napomenuti je da je, zbog proboja nasipa i izlijevanja Save po Hrvatskoj, u Srijemu i dalje došlo do smanjenja vrha poplavnog vala, ali i produženja njegovog trajanja.

Sve to pokazuje kako krivulje raspodjele reagiraju na produženje niza vrijednosti podataka. O takvim mogućim pojavama uslijed klimatskih promjena ukazuje se iz susjedne Slovenije. Razvojem klimatskih modela i regionalnim simuliranjem oborina određene vjerojatnosti, uz simuliranje povećanja temperature, omogućena je analiza otjecanja pomoću hiodrološkog modela sliva rijeke Save. Na osnovu dobivenih rezultata tvrdi se da će utjecaji biti srazmjerno veliki u gornjem toku rijeke Save i desnim pritokama, gdje čak mogu današnji protoci sa stogodišnjim povratnim periodom postati protoci s desetogodišnjim povratnim periodom. Na vodomjernim stanica duž rijeke Save ove promjene su manje i smanjuju se prema ušću Save u Dunav (Brilly, 2014; Brilly i drugi, 2015.).

ZAKLJUČAK

Klimatske promjene su evidentne. U Slavoniji se očekuju intenzivnije poplave i suše. Poplavama se pridaje više pažnje iako su proteklih desetljeća štete od suša veće. Prilagodba takvim promjenama ukazuje na potrebu za izgradnjom većeg broja manjih brana i vodnih akumulacija. Od stotinjak prethodno planiranih retencijskih i akumulacijskih objekata malo ih je izvedeno. Sve su brane projektirane kao nasute, a akumulacije kao višenamjenske. Za podloge su korišteni različito kvalitetni hidrološki podatci i različite metode te alati proračuna mjerodavnih parametara. Izvedene akumulacije su utjecale na promjenu hidrološkog režima što bi trebalo detaljnije istražiti i više publicirati.

Općenito, na vodotok i sliv istovremeno djeluje niz različitih uzbuda pa nije jednostavno prosuditi koja od njih je odgovorna za koju vrstu promjena. Opasno je donositi nagle zaključke i tako pristupiti novim radovima za poboljšanje stanja. Jedini pravi put je sustavno i kontinuirano motriti sve procese te izučavati interakcije među ključnim parametrima.

Glavni problem učinkovitijem upravljanju hidrotehničkim sustavima leži u tome što je znatan dio postojećih sustava projektiran, izveden i upravljan na pretpostavkama koje su vrijedile u prošlosti i koje ne odgovaraju sadašnjem, a još manje budućem stanju. Očito je da postojeće sustave treba povremeno preispitati i unaprijediti, a buduće je potrebno graditi i njima upravljati na drukčiji način. Treba modificirati centralizirani sustav povećavanjem utjecaja lokalnih zajednica i javnosti u procesu ne samo borbe protiv vodnih katastrofa već i upravljanja lokalnim vodnim resursima.

Poplavu može uzrokovati ekstremna hidrološka situacija ili otkazivanje elemenata sustava obrane, a naše iskustvo u Slavoniji od prošle godine potvrđuje da se može dogoditi i oboje (Kuspilić i drugi, 2014.). Slična opasnost od poplave svojstvena je branama, posebno onim većim. Provedena analiza potencijalne opasnosti slavonskih brana ukazuje na elemente koji se vremenom mijenjaju te ih treba pratiti i reagirati na njih u cilju smanjenja rizika.

Bez obzira na prethodno navedene opasnosti i zamjerke, činjenica je da su brane i akumulacije nezamjenjive u obavljanju niza vrlo korisnih funkcija. Tu se prije svega misli na čuvanje vodnih količina za razdoblje kad se u vodotoku javljaju male i za potrebe ljudi, okoliša i gospodarstvo nedovoljne količine voda. Njihova uloga u ublažavanju poplava je značajna, a kod retencija i prioritetna. Međutim, da bi se te i druge korisne funkcije, ostvarile potrebno je doista (ne samo deklarativno) integralno i optimalno upravljati vodnim količinama koje se skladište u njima.

Nedvojbeno je, brane i akumulacije će imati važnu ulogu i u budućnosti. Važno je promišljati kako ih treba projektirati, graditi i koristiti da na najbolji mogući način ispune svoju bitnu višenamjensku ulogu. U Slavoniji bi one mogle smanjiti štete od poplava unutarnjim brdskim vodama, ali i znatno pridonijeti smanjenju negativnog utjecaja suša.

S obzirom na prethodno izneseno, u našim krajevima se može očekivati veća vjerojatnost pojave neke velike vode, tj. za projektnu veliku vodu neke brane (njenih evakuacijskih objekata) za očekivati je smanjenje povratnog perioda. To znači povećanje rizika nizvodno (rizik = vjerojatnost opasnosti x ugroženost). Zato bi valjalo pratiti stanje (sve što utječe na otjecanje) u slivu akumulacije, pozornije snimati stanje same brane i njenih objekata, analizirati upravljanje akumulacijskim sustavom i razmišljati o adekvatnoj nadogradnji (dodatnim oblogama, ojačanju nožice, nadvišenjima/proširenju evakuacijskih objekata i sličnom). Istovremeno valja se potruditi na smanjenju ugroženosti (izbjegavati gradnju

na nizvodnom ugroženom području). Dakle, treba djelovati preventivno u cilju smanjenja rizika.

To nikako ne znači izbjegavati gradnju brana jer su one osnovni element smanjenja rizika od suše, koja ovdje može biti veliki problem budućnosti. Naime, u našim krajevima problemi suše i prevlaživanja se izmjenjuju svakih 3-6 godina. Višak vlage je tehničkim mjerama rješavan i uglavnom su izgrađeni sustavi odvodnje, ali nedostatak vlage je u početcima rješavanja. Niz je problema u poljoprivrednoj proizvodnji (Tomić i drugi, 2013.) i u drugim segmentima društva koji ometaju intenzivniji razvoj navodnjavanja, ali pomaka ima.

LITERATURA

[1] Abdulaj R.; Miković N.; Oskoruš D.; Vujnović T.; (2014.): *Velike vode donjeg toka rijeke Save tijekom svibnja 2014*.; časopis Hrvatska vodoprivreda; br. 207; godište XXII.; travanj/lipanj 2014.; str. 14-16;

[2] Bonacci, O.; (2003.): *Ekohidrologija vodnih resursa i otvorenih vodotoka*; Građevinsko-arhitektonski fakultet u Splitu; Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb; 492 str.;

[3] Bonacci, O.; (2004.): *Koliko je Hrvatska stvarno bogata vodom*, časopis Gospodarstvo i okoliš, XII (2004), br. 71, str. 671-679;

[4] Bonacci, O.; (2012.): *Upravljanje vodnim resursima u novim uvjetima*; Izazovi u graditeljstvu 2; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilište u Splitu; Split; str. 245-272;

[5] Brilly, M.; (2014.): *Analiza utjecaja klimatskih promjena na poplave rijeke Save*; časopis Hrvatska vodoprivreda; br. 207; godište XXII.; travanj/lipanj 2014.; str. 104-105;

[6] Brilly, M.; Šraj, M.; Vidmar, A.; Primožič, M.; Koprivšek, M.; (2015.): *Climate Change Impact on Flood Hazard in the Sava River Basin;* The Sava River, The Handbook of Environmental Chemistry; R. Milačić, et al. (eds.), Springer-Verlag; Berlin Heidelberg;

[7] Ćatović; S.; (2014.): *Analiza hidrološke situacije na glavnim slivovima na teritoriji Republike Srbije u periodu januar - jun 2014. godine*; Republički hidrometeorološki zavod, R. Srbija; Sektor za hidrološki osmatrački sistem i analize; Odeljenje za hidrološke analize; Beograd;

[8] Degoutte, G. (Coordination); (2002): *Small dams, Guidelines for Design, Construction and Monitoring;* French Committee on Large Dams; first published 2002, on digital disc only;

[9] Gereš, D.; (2004.): *Voda i katastrofe*; časopis Hrvatske vode; 1 (3), str. 195-199;

[10] Glavoč, V.; (2001.): *Uvod u globalnu ekologiju*; 2. ispravljeno i dopunjeno izdanje; Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb; ISBN 953-169-064-2; 186 str.;

[11] Golnaraghi, M; Etienne, C.; Guha Sapir, D.; Below, R.; (2014.): *Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970-2012)*; Edi-

tors: Williams, M.; Castonguay, S.; World Meteorological Organization; No.1123; Geneva 2;

[12] Ivančan-Picek, B.; (2010.): *Sustav rane najave opasnih meteoroloških pojava i uloga Meteorološke i hidrološke službe*, Zbornik radova, Hrvatska platforma za smanjenje rizika od katastrofa; Zagreb; str. 5-9

[13] Kuspilić, N., Oskoruš, D., Vujnović, T.; (2014): *Katastrofalna poplava Save i vodni rizici – Jednostavna istina – rijedak hidrološki događaj*; časopis Građevinar 66(2014) 7; str. 653-661

[14] Nadilo, B. (2012.): *Nova akumulacija u slivu rijeke Vuke - Zaštita od poplava i navodnjavanje*; časopis Građevinar 64 (2012) 10, str. 833-844;

[15] Oskoruš, D.; Vujnović, T.; Klemar, Ž.; Jurlina, T.; (2014.): *Poplave tijekom 2014. godine u Republici Hrvatskoj - pouke i obaveze*; VI. Konferencija Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa; Valbandon;

[16] Petrić-Stepanović; (2008): *Zaštita Slavonskog Broda od poplava bujičnih potoka*; časopis Građevinar 60 (2008) 8, str. 695-703; UDK 627.14:627.51.002;

[17] Royet, P.; Badenhorst, D.; Abadjiev, C.B.; Matsuura, Y.; Polacek, J.; Sánchez, J.: (2011.): *Small dams, Design, Surveillance and Rehabilitation*; Billetin 157.; ICOLD, Ad Hoc Committee on Small Dams (2005-2010); Silveira, J.F.A. (Chairman);

[18] Stojić, P.; (1997.): Hidrotehničke građevine; knjiga I.; Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu; 481 str.;

[19] Tadić, L.; Dadić, T.; Bosak, M.; (2014):*Usporedba različitih metoda za ocjenu suše na području kontinentalne Hrvatske*; časopis Građevinar **67** (2015) 1; str. 11-22;

[20] Tomić, F., Krička, T., Guberac, V.; (2013): *Kako unaprijediti hrvatsku poljoprivredu?*; Zbornik 48. Hrvatski i 8. Mađunarodni simpozij agronoma; Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku; urednici Marić, S., Lončarić, Z.; Dubrovnik; str. 29-40;

[21] Trninić, D.; (2010.): *Voda - uzrok prirodnih katastrofa*; Zbornik radova, Hrvatska platforma za smanjenje rizika od katastrofa, Zagreb; str. 12-15;

[22] Živaković-Kerže, Z. (2004.): *Od močvara do oranica (Osvrt na povijest preobrazbe okoliša osječkoga kraja hidromelioracijom područja Vuke i isušivanjem močvare Palače)*, Osječki zbornik 27, Osijek;

AUTOR

mr.sc. Siniša Maričić, dipl.ing.građ. [a]

[a] Građevinski fakultet Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Drinska 16a, 31 000 Osijek, R. Hrvatska, smaricic@gfos.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.23.

ZAGREB NA SAVI - NUMERIČKO MODELIRANJE UTJECAJA VARIJANTNIH RJEŠENJA NA PODZEMNE VODE

Kristijan Posavec, Vinko Jović, Berislav Brkić, Dario Kolarić, Damir Bekić

SAŽETAK: U radu se opisuje identifikacija utjecaja varijantnih koncepcijskih rješenja (Opcije 0, 1 i 2) višenamjenskog projekta Zagreb na Savi na podzemne vode zagrebačkog i samoborsko-zaprešićkog vodonosnika. Opcija 0 razmatra izgradnju 16 regulacijskih pragova u rijeci Savi od Hrušćice do Bregane i predstavlja tehničko rješenje kojim bi se postigla obrana područja od poplava te izvršilo uređenje korita rijeke Save. Opcija 1 razmatra izgradnju 4 hidroelektrane od Drenja do Zaprešića, HE Drenje, HE Zagreb, HE Prečko i HE Podsused dok opcija 2 razmatra izgradnju 2 hidroelektrane, HE Prečko i VHS Zaprešić (prije HE Podsused) te 4 male hidroelektrane, MHE Jarun, MHE Šanci, MHE Petruševec i MHE Ivanja Reka. Za sve tri opcije izrađeni su regionalni prognozni numerički modeli toka podzemne vode kojima je identificiran utjecaj izgrađenog stanja na razine podzemne vode zagrebačkog i samoborsko-zaprešićkog vodonosnika s posebnim osvrtom na aktivna vodocrpilišta, dok su za opciju 1 i 2 izrađeni i modeli uspravnih presjeka bazena hidroelektrana, nasipa, drenažnih sustava i zaobalja s ciljem utvrđivanja procjeđivanja iz bazena u drenažne sustave i zaobalje te utvrđivanja rubnih uvjeta za regionalne modele toka podzemne vode.

KLJUČNE RIJEČI: Zagreb na Savi, varijantna rješenja, numerički modeli, podzemne vode

PROGRAMME SAVA – NUMERICAL MODELING OF IMPACT OF ALTERNATIVE SOLUTIONS ON GROUNDWATER

SUMMARY: This paper describes identification of the impact of alternative solutions (Options 0, 1 i 2) of multipurpose project for Sava River on groundwater of the Zagreb and Samobor-Zaprešić aquifers. Option 0 is considering construction of 16 control weirs in the Sava River from Hruščica to Bregana and represents a technical solution that would achieve the defense from flooding and regulation of the Sava River. Option 1 is considering construction of four hydropower plants from Drenje to Zaprešić, HPP Drenje, HPP Zagreb, HPP Prečko and HPP Podsused while Option 2 considers the construction of two hydropower plants, HPP Prečko and HPP Zaprešić (old name HPP Podsused) as well as four small hydropower plants, SHPP Jarun, SHPP Šanci, SHPP Petruševec and SHPP

Ivanja Reka. For all three options, regional groundwater flow prediction models were developed in order to identify impact of built environment on groundwater levels of Zagreb and Samobor-Zaprešić aquifers with special emphasis on active well fields. For Options 1 and 2, cross-section numerical models were developed in order to assess seepage from HPP pools into the drainage systems and hinterland and to acquire outer boundary conditions for regional groundwater flow models.

KEY WORDS: Programme Sava, alternative solutions, numerical models, groundwater

1. UVOD

U radu se opisuje identifikacija utjecaja varijantnih koncepcijskih rješenja višenamjenskog projekta Zagreb na Savi na podzemne vode zagrebačkog i samoborsko-zaprešićkog vodonosnika. Na osnovi nove koncepcije Zagreba na Savi (http://zagrebnasavi.hr/nova-koncepcija/), tvrtka HEP-Razvoj višenamjenskih nekretninskih projekata d.o.o., danas Program Sava d.o.o., pokrenula je ideju o izradi studije izvedivosti projekta s tehničkog, ekonomskog i sociološkog aspekta te aspekta zaštite okoliša. Osim analize nove koncepcije (Elektroprojekt, 2013.), u okviru studije predviđeno je dodatno razraditi dvije alternativne varijante u svrhu njihove međusobne usporedbe i vrednovanja. Budući da je program uređenja i korištenja rijeke Save u cilju poboljšanja infrastrukture Republike Hrvatske, dobio podršku Vlade Republike Hrvatske (Narodne novine br. 101/13) kao i fonda Europske unije WBIF - Infrastructure Projects Facility (IPF), krenulo se u realizaciju programa, a za čiju pripremu su zaduženi Program Sava d.o.o. i međunarodni konzorcij MottMacdonald, WYG i Atkins (Mott MacDonald IPF3 Consortium, 2014.).
Razmatrana su i analizirana 3 rješenja odnosno koncepcije: (1) Opcija 0 (Vodoprivredno - projektni biro d.d., 2014a): „bazna opcija“ u kojoj se uz postizanje tražene zaštite područja od velikih voda tj. poplava razmatra izgradnja 16 novih regulacijskih pragova od Hrušćice do Bregane, visine oko 1.5-2 m, u svrhu uređenja korita rijeke Save; ova opcija proizlazi iz osnovne djelatnosti Hrvatskih voda; (2) Opcija 1 (Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2014.): bazirana na elaboratu „Prethodna studija izvodljivosti uređenja i korištenja rijeke Save od Republike Slovenije do Rugvice“ (Elektroprojekt, 2003.), a sastoji se od izgradnje HE Podsused, HE Prečko s ustavom Lučko, HE Zagreb i HE Drenje te odteretnog kanala Odra i (3) Opcija 2 (bazirana na elaboratu „Višenamjenski hidrotehnički sustav uređenja, zaštite i korištenja rijeke Save od granice s Republikom Slovenijom do Siska, Koncepcija rješenja“, Elektroprojekt, 2013.), a čije glavne dijelove sustava čine odteretni kanal Sava-Sava s ustavom Odra, HE Prečko s ustavom Lučko, VHS Zaprešić (prije HE Podsused), MHE Jarun, MHE Šanci, MHE Petruševec i MHE Ivanja Reka, RHE Medvednica te HES Sisak s prevodnicom.
U svrhu kvantifikacije utjecaja izgrađenog stanja na podzemne vode zagrebačkog i samoborsko-zaprešićkog vodonosnika, za sve tri razmatrane koncepcije razvijeni su prognozni regionalni numerički modeli toka podzemne vode na temelju kalibriranih i verificiranih modela postojećeg stanja (Posavec et al., 2013.; Posavec, 2014a; Posavec, 2014b). Za opciju 1 i 2 odnosno za VHS Zaprešić (HE Podsused) i HE Drenje, izrađeni su i numerički modeli uspravnih presjeka bazena hidroelektrana, nasipa, drenažnih sustava i zaobalja s ciljem utvrđivanja procjeđivanja iz bazena u drenažne sustave i zaobalje te utvrđivanja rubnih uvjeta za regionalne modele toka podzemne vode.

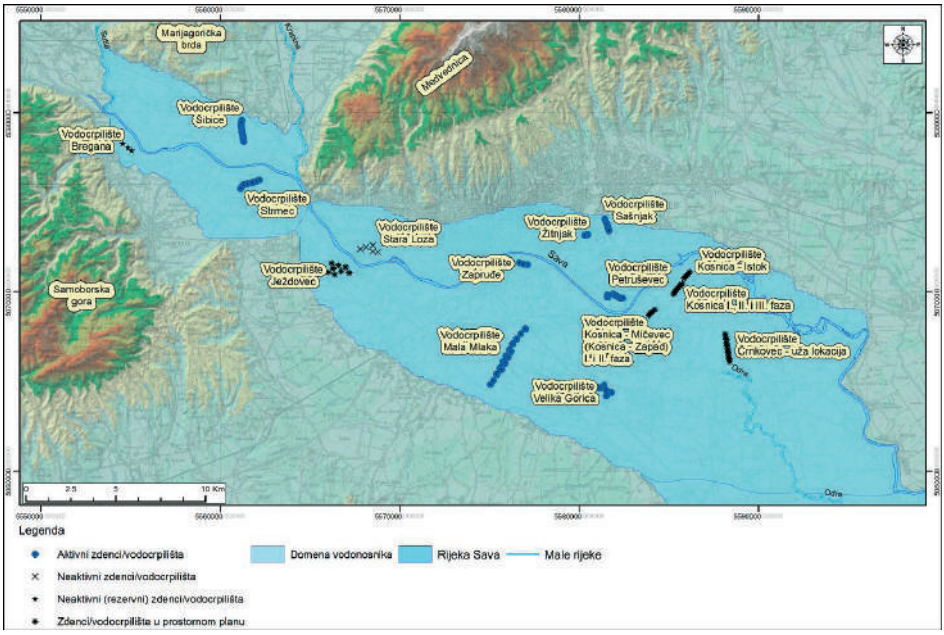
Rezultati prognoznih numeričkih modela pokazali su da sve tri koncepcije generalno dovode do porasta razina podzemne vode u odnosu na postojeće stanje pri čemu Opcija 1 ima najznačajniji cjelokupni utjecaj na razine podzemne vode, Opcija 2 ima drugi po redu cjelokupni utjecaj dok Opcija 0 ima najmanji cjelokupni utjecaj na porast razina podzemne vode. Gledajući razine podzemne vode s povijesnog stajališta tj. posljednjih 30 do 50 godina, porast razine podzemne vode za izgrađeno stanje Opcije 0 manji je od samog pada razine posljednjih desetljeća, za Opciju 1 razine podzemne vode rastu iznad povijesno zabilježenih dok Opcija 2 generalno uspostavlja povijesne razine podzemne vode.

2. KONCEPTUALNI MODEL VODONOSNIKA

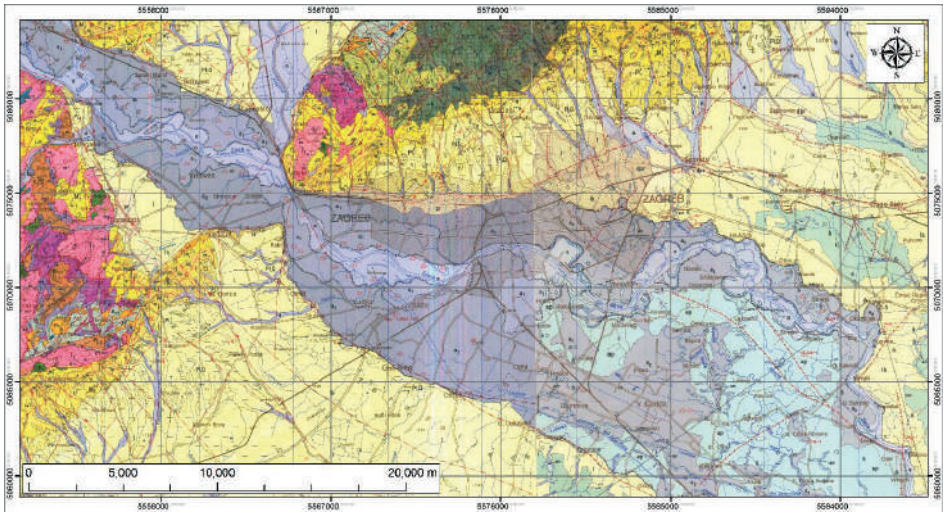
2.1. Geologija

Zagrebački i samoborsko-zaprešićki vodonosnik (sl. 1) čine srednje i gornje pleistocenske te holocenske taložine. To područje je tijekom srednjeg i gornjeg pleistocena bilo jezersko i močvarno, a okolno gorje (Medvednica, Marijagorička Brda i Žumberačko gorje) bilo je kopno podložno intenzivnoj eroziji i denudaciji. Trošeni materijal nošen je potocima i taložen u jezerima i močvarama (Velić i Saftić, 1991). Početkom holocena, klimatski i tektonski procesi omogućili su prodor rijeke Save čime je započeo transport materijala s područja Alpa (Velić i Durn, 1993). Transport materijala bio je promjenljivog intenziteta zbog čestih klimatskih promjena. Za vrijeme toplih i vlažnih perioda bio je intenzivan, dok se njegova intenzivnost smanjivala za vrijeme suhih i hladnih perioda. Osim klimatskih promjena, tektonski pokreti također su utjecali na procese taloženja (Velić et al., 1999). Posljedica takvih uvjeta taloženja je izrazita heterogenost i anizotropija vodonosnika te neujednačena debljina naslaga.

Gledano u tlocrtu, aluvijalne naslage se na sjeveru naslanjaju na proluvijalne, pretežito glinovite naslage koje prelaze u slabopropusne tercijarne naslage južnih obronaka Medvednice (sl. 2). Rezultatima analize mahom litoloških podataka bušotina izdvojena su tri osnovna genetska tipa klastičnih sedimenata odnosno tri litofacijesa (Blašković i Dragičević, 1989): (1) slijed klastičnih sedimenata karakteriziran čestom izmjenom litoloških članova (šljunaka i glina) determiniran je kao proluvijalni litofacijes; (2) široko rasprostranjeni slijed klastičnih sedimenata formiran meandriranjem toka rijeke Save, između kojih je dominantan šljunak, a sadržani su i pijesci različitih granulacija sve do veličine praha, određen je kao aluvijalni litofacijes; i (3) široko rasprostranjeni slijed klastita karakteriziran na širem području učestalom pojavom siltozno–glinovitih sedimenata, praha, treseta te u predjelima dubljeg dosega bušotina znatnim debljinama leća šljunaka, šljunaka–pijesaka, šljunaka–pijesaka–praha, s većim ili manjim primjesama gline, a koji je uvjetno imenovan kao jezersko–barski litofacijes.



Slika 1. Zagrebački i samoborsko-zaprešićki vodonosnik



Slika 2. Geološka karta područja zagrebačkog i samoborsko-zaprešićkog vodonosnika. OGK List Zagreb i List Ivanić-Grad, M 1:100.000 (Šikić et al., 1978 i Basch et al., 1976.)

Tumač oznaka: a – aluvij: šljunci, pijesci i gline; a1 – najniža terasa: šljunci, pijesci, podređeno gline; a2 – srednja terasa: šljunci i pijesci; pr – proluvij: šljunci, pijesci i gline; l – kopneni beskarbonatni les: glinoviti silt; lb – barski les: siltozne gline; Pl,Q – šljunci, pijesci i gline (pliopleistocen); Pl11 – lapori, laporovite gline, podređeno pijesci, pješčenjaci, šljunci i konglomerati (donji pont); 2M31,2 – vapnoviti lapori,

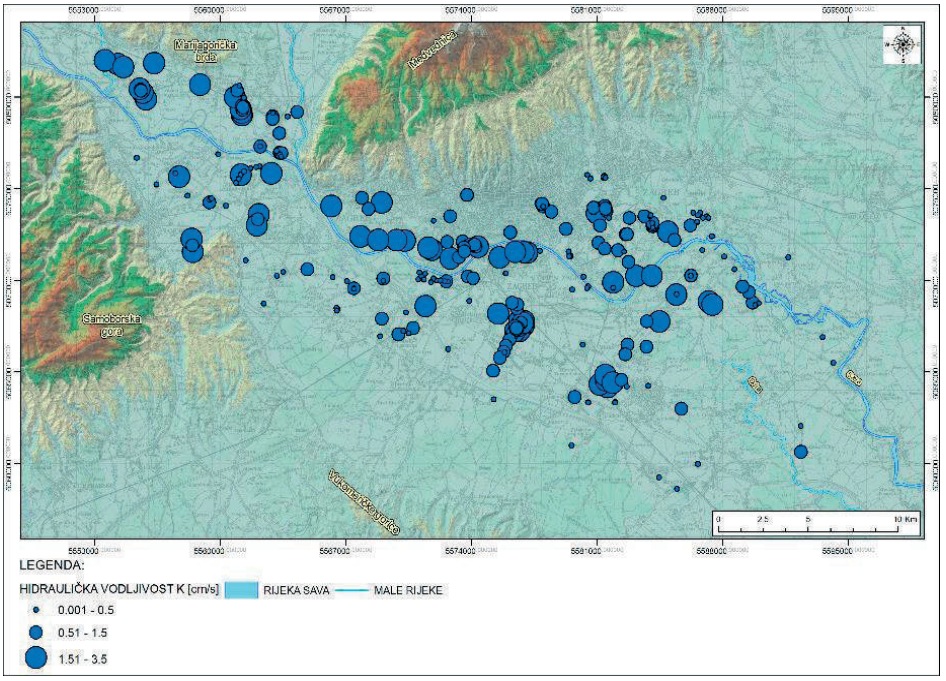
podređeno pijesci, pješčenjaci, šljunci i konglomerati (gornji panon); 2M22 – organogeni i bioklastični vapnenci, pješčenjaci, vapnoviti i glinoviti lapori (gornji torton); T3 – dolomiti, podređeno vapnenci, dolomitični vapnenci i šejlovi; T2 – dolomiti, podređeno vapnenci, dolomitični vapnenci i šejlovi.

2.2. Hidrogeologija

Zagrebački i samoborsko-zaprešićki vodonosnici su otvoreni aluvijalni vodonosnici s vodnom plohom u stalnom kontaktu s rijekom Savom. Njihovo horizontalno prostiranje određeno je kvartarnim naslagama (vidi sl. 2), koje pak definiraju domene vodonosnika (vidi sl. 1).

Kvartarne naslage podijeljene su u tri osnovne jedinice: pokrovne naslage vodonosnog sustava građene od gline i praha, plići holocenski vodonosnik dominantno građen od aluvijalnih naslaga tj. šljunka i pijeska i dublji srednje i mlađe pleistocenski vodonosnik građen od jezersko – barskih naslaga s čestim lateralnim i vertikalnim izmjenama šljunka, pijeska i gline. Diferencijacija između plićeg i dubljeg vodonosnika je stratigrafska s obzirom da su oni hidraulički povezani i čine jedinstveni vodonosnik s hidrogeološkog stajališta.

Regionalni smjer toka podzemne vode je od zapada prema istoku tj. generalno paralelno s rijekom Savom. Lokalni smjerovi toka podzemne vode u značajnoj mjeri ovise o vodostajima rijeke Save koja ima dominantan utjecaj na promjene razina podzemne vode. Analiza karata ekvipotencijala (Posavec, 2006.) pokazala je da za vrijeme visokih vodostaja Save rijeka napaja vodonosnik na cijelom području toka kroz zagrebački vodonosnik dok za vrijeme srednjih i niskih vodostaja rijeka drenira vodonosnik na nekim dijelovima toka dok ga na drugim dijelovima napaja. Iako se prihranjivanje vodonosnika odvija i kroz infiltraciju iz oborina, promjene vodostaja Save dominantno utječu na promjene razina podzemne vode. Promjene vodostaja rijeke Save su, naravno, povezane s oborinama, ali primarno u gornjim dijelovima toka u R. Sloveniji gdje se rijeka napaja površinskim dotjecanjem kao i dreniranjem podzemnih voda. S obzirom da tok rijeke Save na području zagrebačkog vodonosnika pokazuje karakteristike dolinske rijeke, rijeka Sava ne drenira vodonosnik u dominantnoj mjeri kao što je to slučaj u gornjim dijelovima toka već kontrolira procese dreniranja i napajanja. Prostorna identifikacija dijelova vodonosnika s jače izraženim utjecajem rijeke Save provedena je analizom modela recesijskih krivulja (Posavec, 2006. i Posavec et al., 2006.). Analiza prostorne raspodjele regresijskih modela pokazala je da logaritamska regresija dominira u dijelovima vodonosnika bližima rijeci Savi dok polinomna regresija dominira u ostalim dijelovima vodonosnika. Ovi rezultati su logični i očekivani s obzirom na promjene razine podzemne vode koje se događaju znatno brže u blizini rijeke Save. U ostalim dijelovima vodonosnika, dalje od jakog rubnog uvjeta kao što je rijeka Sava, promijene razina podzemne vode odvijaju se sporije. Generalno, hidraulička veza između rijeke Save i vodonosnika je vrlo jaka s obzirom da je Sava duž cijelog toka kroz zagrebački i samoborsko-zaprešićki vodonosnik usječena u aluvijalne holocenske naslage koje u pravilu imaju visoke vrijednosti hidrauličke vodljivosti (slika 3).



Slika 3. Mjerene vrijednosti hidrauličke vodljivosti zagrebačkog i samoborsko-zaprešićkog vodonosnika

3. PROGNOZNI NUMERIČKI MODELI TOKA PODZEMNE VODE – IZGRAĐENO STANJE

Za potrebe kvantifikacije utjecaja izgrađenog stanja razmatranih Opcija 0, 1 i 2 na podzemne vode zagrebačkog i samoborsko-zaprešićkog vodonosnika, korišteni su prognozni regionalni numerički modeli toka podzemne vode temeljeni na kalibriranim i verificiranim modelima postojećeg stanja (Posavec et al., 2013.; Posavec, 2014a; Posavec, 2014b), a kojima su sukladno koncepcijskim rješenjima razmatranih opcija promijenjeni rubni uvjeti.

Za simulacije toka podzemne vode u regionalnim prognoznim modelima korišten je program MODFLOW (McDonald & Harbaugh, 1988.) koji je baziran na metodi konačnih razlika i koji predstavlja standard u svijetu za modeliranje podzemnih voda. Program MODFLOW sastavni je dio programskog paketa Visual Modflow, a koji je korišten za potrebe ovog zadatka.

Za simulacije toka podzemne vode u prognoznim numeričkim modelima uspravnih presjeka bazena hidroelektrana, nasipa, drenažnih sustava i dijela zaobalja, a koje su rađene za bazene VHS Zaprešić (HE Podsused) i HE Drenje s ciljem utvrđivanja procjeđivanja iz bazena u drenažne sustave i zaobalje te utvrđivanja rubnih uvjeta za regionalne modele toka podzemne vode, korišten je program FEFLOW koji je baziran na metodi konačnih elemenata i koji također predstavlja standard u svijetu za modeliranje podzemnih voda.

3.1. Rubni uvjeti

Opcija 0

Zagrebački vodonosnik

Rubni uvjeti za izgrađeno stanje Opcije 0 promijenjeni su za rijeku Savu i kanal Sava - Odra. Vodostaji Save za izgrađeno stanje pragova na rijeci Savi preuzeti su iz modela nestacionarnog tečenja u otvorenim vodotocima Opcije 0 (Vodoprivredno – projektni biro d.d., 2014b). U koncepcijskom rješenju Opcije 0 razmatrano je 12 pragova duž rijeke Save na području zagrebačkog vodonosnika (Tablica 1), a koji pak imaju utjecaj na promjene u vodostaju Save za izgrađeno stanje, posebice za stanje niskih voda. Tipovi rubnih uvjeta definirani u prognoznom numeričkom modelu toka podzemne vode prikazani su na slici 4.

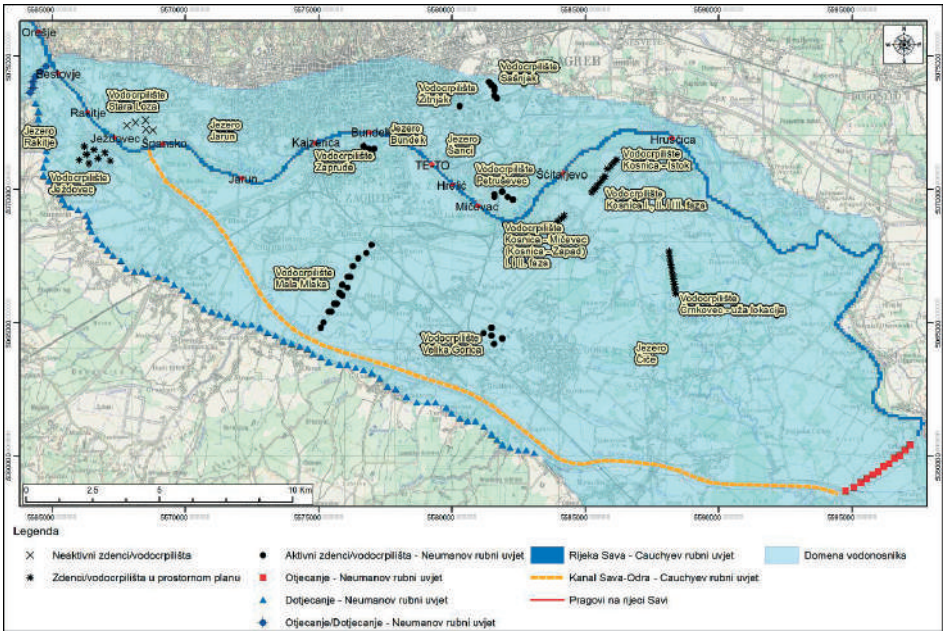
Tablica 1. Regulacijski pragovi na rijeci Savi, zagrebački vodonosnik

SUSTAV	r.b.	HIDROTEHNIČKA - REGULACIJSKA GRAĐEVINA	STACIONAŽE r.SAVE		OSNOVNI PROJEKTNI PARAMETRI	PRIMJEDBA
			od	do		
		SUSTAV REGULACIJSKIH PRAGOVA OD KM 686,3 DO KM 726				
		3.1. Sustav pragova na području Zagreba od km 686,3 do 705.8 - 7 građevina				elementi građevina preuzeti iz idejnog rješenja iz 2014.godine
		- prag Hruščica	686.3		Hp=98.5 mnJm	
		- prag Ščitarjevo	691.1		Hp=100.7 mnJm	
		- prag Mičevac	695.2		Hp=103 mnJm	
		- prag Hrelić	696.5		Hp=105 mnJm	
		- prag TE-TO	697.7		Hp=107 mnJm	
	3	- prag Bundek	700.3		Hp=109 mnJm	
		- prag Kajzerica	702.5		Hp=110.5 mnJm	
		- prag Jarun	705.8		Hp=112.5 mnJm	
		- prag Špansko	709.1		Hp=115 mnJm	regulaciski i stabilizacijski prag korita u koritu rijeke, elementi peuzeti iz idejnog rješanja iz 2014.g.
		3.2. Sustav pragova uzvodno od hidročvira Jankomir, od km 710 - 726 - 8 građevina				elemente građevina preuzeti iz stručne podloge
		- prag Ježdovac	712.2		Hp=116 mnJm	
		- prag Rakitje	712.6		Hp=117.5 mnJm	
		- prag Brestovje	714.5		Hp=119 mnJm	

Za svaki prag su iz modela nestacionarnog tečenja u otvorenim vodotocima Opcije 0 preuzeti vodostaji gornje i donje vode praga. Osim toga, vodostaji Save analizirani su i u uzdužnim presjecima te su vodostaji za sve stacionaže duž toka rijeke Save s izraženom promjenom gradijenta vodostaja također preuzeti iz modela nestacionarnog tečenja Opcije 0. Preuzeti vodostaji za izgrađeno stanje pragova na rijeci Savi korišteni su za definiranje rubnih uvjeta rijeke Save u prognoznim regionalnim numeričkim modelima toka podzemne vode.

Rijeka Sava je simulirana Cauchyevim rubnim uvjetom, zadržavajući vrijednosti hidrauličke vodljivosti korita rijeke Save dobivene u iterativnom procesu kalibracije modela postojećeg stanja dok su preuzete gornje i donje vode pragova kao i vodostaji na stacionažama duž rijeke Save s izraženom promjenom gradijenta vodostaja korištene za definiranje vodostaja rijeke Save u prognoznim regionalnim numeričkim modelima toka podzemne vode. Rubni uvjeti tj. vodostaji rijeke Save na dijelu toka između pragova tj. stacionaža s izraženom promjenom gradijenta vodostaja, linearno su interpolirani. Kanal Sava – Odra simuliran je kao dren (Cauchyev rubni uvjet), a razina dreniranja u kanalu definirana je sukladno niveleti kanala koncepcijskog rješenja Opcije 0. Iako je nizvodni dio kanala od stacionaže 29.500 nizvodno, uglavnom ispunjen vodom zbog dotjecanja

iz sjevernog dijela toka rijeke Odre kao i zbog dreniranja podzemne vode čije razine su na tom dijelu iznad nivelete kanala, kanal Sava – Odra je duž cijelog poteza simuliran kao dren s razinom drenaže jednakom niveleti kanala. Stoga je simulacija kanala kao drena duž cijelog poteza predstavljala najgori mogući scenarij odnosno sigurnosni faktor s gledišta procjene utjecaja izgrađenog stanja na vodocrpilišta za javnu vodoopskrbu, primarno vodocrpilište Velika Gorica koje je smješteno u blizini nizvodnog dijela kanala Sava – Odra.



Slika 4. Tipovi rubnih uvjeta – Opcija 0, zagrebački vodonosnik

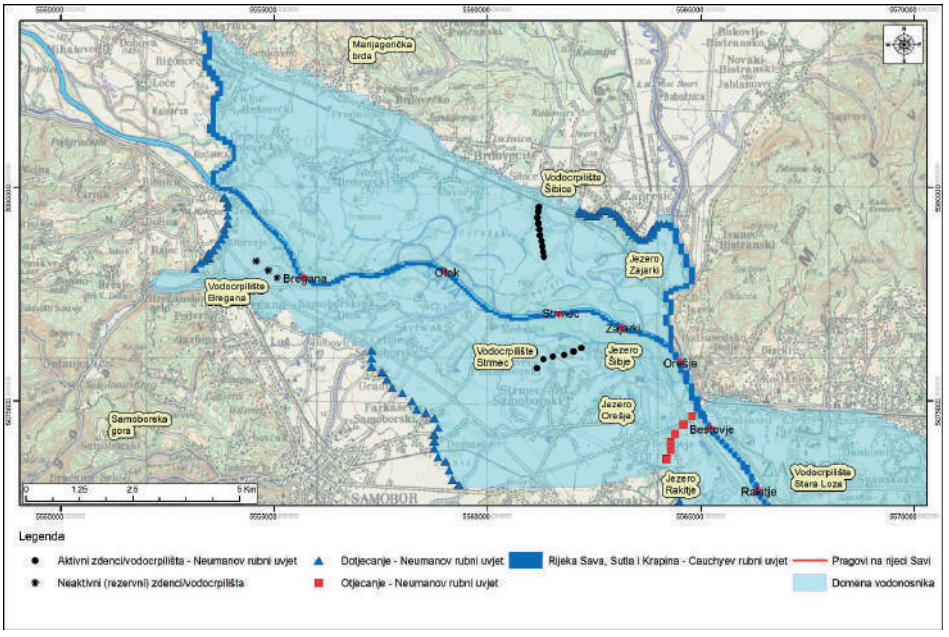
Samoborsko-zaprešićki vodonosnik

Rubni uvjeti za izgrađeno stanje Opcije 0 promijenjeni su za rijeku Savu. Vodostaji Save za izgrađeno stanje pragova na rijeci Savi također su preuzeti iz modela nestacionarnog tečenja u otvorenim vodotocima Opcije 0 (Vodoprivredno – projektni biro d.d., 2014b). U koncepcijskom rješenju Opcije 0 razmatrano je 5 pragova duž rijeke Save na području samoborsko-zaprešićkog vodonosnika (Tablica 2), a koji pak isto tako imaju utjecaj na promjene u vodostaju Save za izgrađeno stanje, posebice za stanje niskih voda. Tipovi rubnih uvjeta definirani u prognoznom numeričkom modelu toka podzemne vode prikazani su na slici 5.

Tablica 2. Regulacijski pragovi na rijeci Savi, samoborsko-zaprešićki vodonosnik

SUSTAV	r.b.	HIDROTEHNIČKA - REGULACIJSKA GRAĐEVINA	STACIONAŽE r.SAVE		OSNOVNI PROJEKTNI PARAMETRI	PRIMJEDBA
			od	do		
		SUSTAV REGULACIJSKIH PRAGOVA OD KM 686,3 DO KM 726				
		3.2. Sustav pragova uzvodno od hidročvira Jankomir, od km 710 - 726 - 8 građevina				elemente građevina preuzeti iz stručne podloge
	3	- prag Orešje	716.2		Hp=121 mnJm	
		- prag Zajarki	717.9		Hp=123 mnJm	
		- prag Strmec	719.5		Hp=124.5 mnJm	
		- prag Otok	722.5		Hp=127 mnJm	
		- prag Bregana	726.0		Hp=129 mnJm	

Iz modela nestacionarnog tečenja u otvorenim vodotocima Opcije 0 preuzeti su vodostaji gornje i donje vode praga za svaki pojedini prag. Osim toga, vodostaji Save za sve stacionaže duž toka rijeke Save s izraženom promjenom gradijenta vodostaja, također su preuzeti iz modela nestacionarnog tečenja Opcije 0. Preuzeti vodostaji za izgrađeno stanje pragova na rijeci Savi korišteni su za definiranje rubnih uvjeta rijeke Save u prognoznim regionalnim numeričkim modelima toka podzemne vode. Rijeka Sava je također simulirana Cauchyevim rubnim uvjetom, zadržavajući vrijednosti hidrauličke vodljivosti korita rijeke Save dobivene u iterativnom procesu kalibracije modela postojećeg stanja dok su preuzete gornje i donje vode pragova kao i vodostaji na stacionažama duž rijeke Save s izraženom promjenom gradijenta vodostaja korišteni za definiranje vodostaja rijeke Save u prognoznim regionalnim numeričkim modelima toka podzemne vode. Rubni uvjeti tj. vodostaji rijeke Save na dijelu toka između pragova tj. stacionaža s izraženom promjenom gradijenta vodostaja, linearno su interpolirani.



Slika 5. Tipovi rubnih uvjeta – Opcija 0, samoborsko-zaprešićki vodonosnik

Opcija 1

Zagrebački vodonosnik

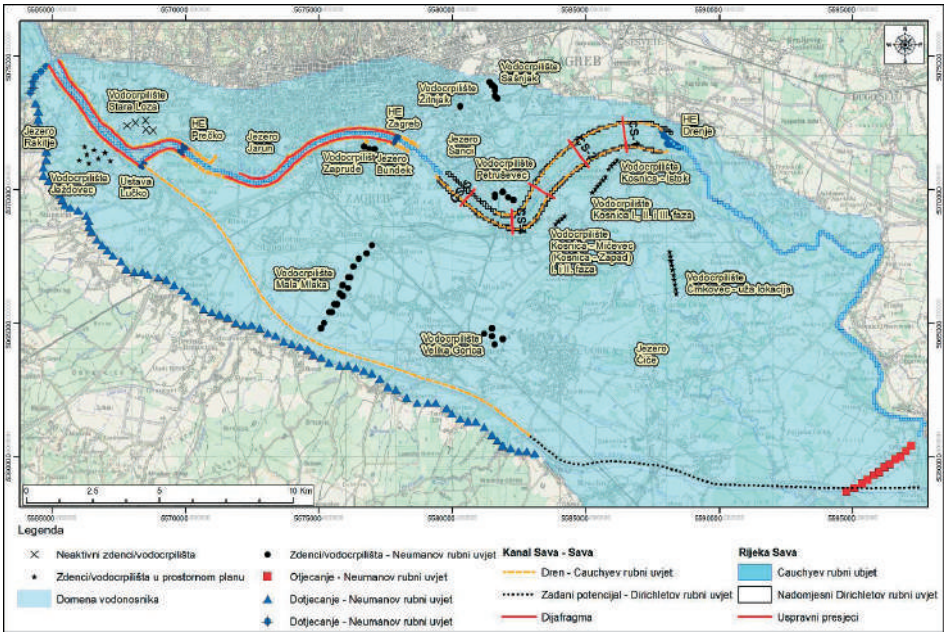
Rubni uvjeti za izgrađeno stanje promijenjeni su za rijeku Savu, bazene hidroelektrana, dijafragme i drenažne kanale te za kanal Sava – Sava. U koncepcijskom rješenju Opcije 1 planirane su tri hidroelektrane na području zagrebačkog vodonosnika, HE Prečko, HE Zagreb i HE Drenje, a koje u značajnoj mjeri doprinose promjeni vodostaja Save za izgrađeno stanje. Utjecaj HE Strelečko koja je smještena nizvodno od zagrebačkog vodonosnika, također je uzet u obzir s obzirom da preuzeta projektirana gornja voda HE Strelečko (99.5 m n.m.) ima značajan utjecaj na vodostaj rijeke Save na području domene modela zagrebačkog vodonosnika tj. od ušća kanala Sava – Sava u Savu do donje vode HE Drenje. Rijeka Sava simulirana je Cauchyevim rubnim uvjetom, zadržavajući vrijednosti hidrauličke vodljivosti korita rijeke Save dobivene u iterativnom procesu kalibracije modela postojećeg stanja. Vrijednosti vodostaja bazena hidroelektrana u modelu su definirane sukladno koncepcijskom rješenju Opcije 1 (Tablica 3). Rubni uvjeti tj. vodostaji rijeke Save na dijelu toka između lokacija prikazanih u tablici 3, linearno su interpolirani. Tipovi rubnih uvjeta definirani u prognoznom numeričkom modelu toka podzemne vode prikazani su na slici 6. Rijeka Sava, dijafragme i drenažni sustav bazena HE Drenje (od stacionaže 697.100 – završetak dijafragme HE Drenje do HE Drenje gornja voda) simulirani su nadomjesnim Dirichletovim rubnim uvjetom (Prof.dr.sc. Vinko Jović, Principi modeliranja procjeđivanja iz bazena hidroelektrana dolinskih rijeka u drenažne sustave i zaobalje, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu; Jović, 1993.; Jović, 2006.) čime se nadomjestio Cauchyev rubni uvjet na zadanom području. Procjeđivanje iz bazena HE Drenje modelirano je pomoću pet uspravnih presjeka duž bazena, CS-1, CS-2, CS-3, CS-4 i CS-5 (vidi sl. 6). Procjeđivanja u drenažni sustav i zaobalje izračunati su kao funkcija zadanog potencijala (h) u zaobalju tj. na vanjskim granicama domene modela, a što je rezultiralo q-h funkcijama za svaki model uspravnog presjeka. Parametri nadomjesnog Dirichletovog rubnog uvjeta tj. potencijal i hidraulički parametri nadomjesnog područja izračunati su iz rezultirajućih q-h funkcija.

Tablica 3. Projektirani vodostaji bazena hidroelektrana

Lokacija	Vodostaj (m n.m.)
Stacionaža 715.000, početak domene modela	122.17
HE Prečko - gornja voda	122.00
HE Prečko - donja voda	116.15
Stacionaža 706.620	115.30
HE Zagreb - gornja voda	115.00
HE Zagreb - donja voda	110.42
Stacionaža 697.750	109.69
Stacionaža 697.100 - završetak dijafragme HE Drenje	109.49

Dijafragme duž nasipa HE Prečko i HE Zagreb simulirane su kao nepropusne barijere po cijeloj debljini vodonosnika. Korišten je rubni uvjet koji smanjuje horizontalnu hidrauličku vodljivost. Debljina dijafragmi iznosila je 0.3 m, a hidraulička vodljivost je postavljena na

10^-9 m/s. Drenažni jarci na lijevoj i desnoj obali bazena hidroelektrana simulirani su kao dren (Cauchyev rubni uvjet). Razina dreniranja postavljena je sukladno koncepcijskom rješenju drenažnih jaraka odnosno projektiranim vodostajima u samim jarcima. Kanal Sava – Sava također je simuliran kao dren (Cauchyev rubni uvjet) do stacionaže 18.243 gdje niveleta kanala doseže kotu 99.5 m n.m., a što je vodostaj gornje vode HE Strelečko. Razina dreniranja u kanalu postavljena je sukladno koncepcijskom rješenju kanala Sava – Sava tj. zadanim kotama nivelete kanala. Potez kanala Sava – Sava od stacionaže 18.243 km do ušća kanala u Savu simuliran je kao zadani potencijal. Vodostaji su izračunati na temelju protočne krivulje rijeke Save na lokaciji ušća kanala Sava – Sava u Savu. Kanal Sava – Sava sukladno projektu ima funkciju drena do stacionaže 15.493, a potez kanala od stacionaže 15.493 to 18.243 povremeno sadržava vodu zbog povećanih protoka rijeke Save i rezultirajućih visokih razina podzemne vode. Stoga je simulacija kanala kao drena sve do stacionaže 18.243 predstavljala najgori mogući scenarij tj. sigurnosni faktor sa stajališta procjene utjecaja izgrađenog stanja na vodocrpilišta za javnu vodoopskrbu, prvenstveno vodocrpilište Velika Gorica koje je smješteno u blizini nizvodnog dijela kanala Sava – Sava.



Slika 6. Tipovi rubnih uvjeta – Opcija 1, zagrebački vodonosnik

Samoborsko-zaprešićki vodonosnik

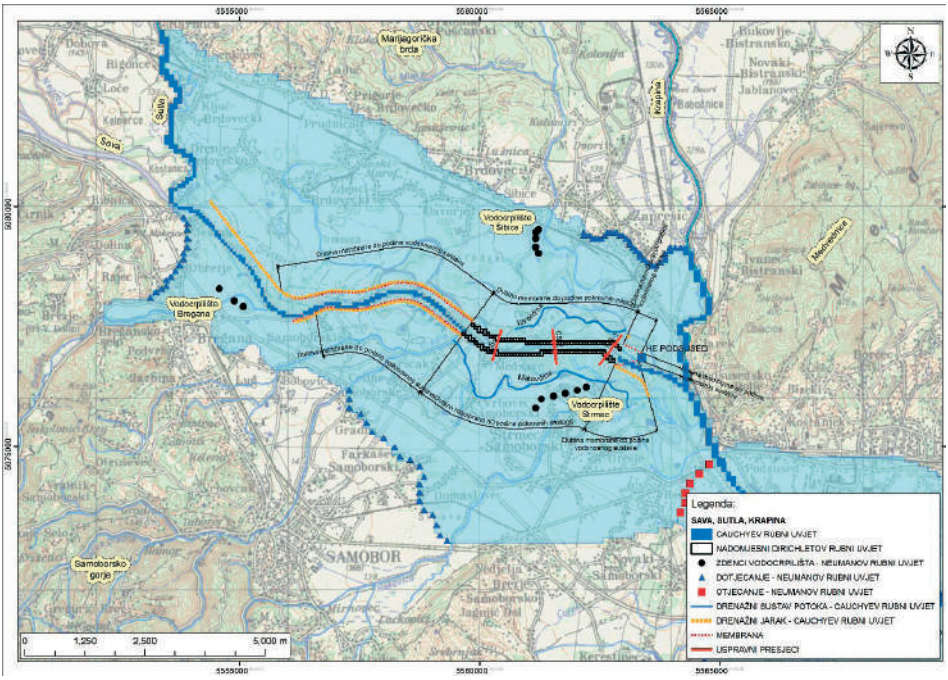
Rubni uvjeti za izgrađeno stanje promijenjeni su za rijeku Savu, bazen HE Podsused odnosno dijafragme, za drenažne jarke te za potoke Izvorčina i Matovčina koji su također uključeni u sustav drenažnih jaraka. Rijeka Sava simulirana je Cauchyevim rubnim uvjetom uzvodno od HE Podsused tj. duž dijela na kojem dijafragma seže do podine vodonosnika, kao i na dijelu nizvodno od HE Podsused, pri čemu su zadržane

vrijednosti hidrauličke vodljivosti korita rijeke Save dobivene iterativnim procesom kalibracije modela toka za postojeće stanje. Vrijednosti zadanog potencijala promijenjene su sukladno koncepcijskom rješenju HE Podsused. Zadani potencijali prikazani su tablici 4. Vrijednosti potencijala za rijeku Sutlu i Krapinu uzvodno od ušća u Savu zadani su na temelju mjerenja vodostaja rijeke Save na hidrološkim stanicama Sutla – Ključ i Kupljenovo. Obje rijeke simulirane su koristeći Cauchyev rubni uvjet, a potencijali na dijelu toka između hidroloških stanica interpolirani su metodom linearnog gradijenta. Rubni uvjeti za domenu modela samoborsko-zaprešićkog vodonosnika prikazani su na slici 7.

Tablica 4. Zadani potencijali na području domene modela samoborsko-zaprešićkog vodonosnika

Lokacija	Vodostaj (m n.m.)
Ušće rijeke Sutle u Savu	133.75
Hidrološka stanica Savski Marof	133.73
Ušće rijeke Gradne u Savu - završetak dijela dijafragme koja seže do podine vodonosnika	133.29
Bazen HE Zaprešćić - početak dijela dijafragme koja seže do podine vodonosnika	133.00
HE Zaprešić - gornja voda	133.00
HE Zaprešić - donja voda	123.30
Ušće rijeke Krapine u Savu	123.26
Hidrološka stanica Podsused Žičara	123.18

Rijeka Sava, dijafragme i drenažni sustav bazena HE Podsused na dijelu gdje dijafragme ne sežu do podine vodonosnika, simulirani su nadomjesnim Dirichletovim rubnim uvjetom (Prof.dr.sc. Vinko Jović, Principi modeliranja procjeđivanja iz bazena hidroelektrana dolinskih rijeka u drenažne sustave i zaobalje, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu; Jović, 1993.; Jović, 2006.) čime se nadomjestio Cauchyev rubni uvjet na zadanom području. Procjeđivanje iz bazena HE Podsused modelirano je pomoću tri uspravna presjeka duž bazena, CS-1, CS-2 i CS-3 (vidi sl. 7). Procjeđivanja u drenažni sustav i zaobalje izračunati su kao funkcija zadanog potencijala (h) u zaobalju tj. na vanjskim granicama domene modela, a što je rezultiralo q-h funkcijama za svaki model uspravnog presjeka. Parametri nadomjesnog Dirichletovog rubnog uvjeta tj. potencijal i hidraulički parametri nadomjesnog područja izračunati su iz rezultirajućih q-h funkcija. Dijafragme duž nasipa HE Podsused tj. na potezu gdje one sežu do podine vodonosnika, simulirane su kao nepropusne barijere po cijeloj debljini vodonosnika. Korišten je rubni uvjet koji smanjuje horizontalnu hidrauličku vodljivost. Debljina dijafragmi iznosila je 0.3 m, a hidraulička vodljivost je postavljena na 10^-9 m/s. Drenažni jarci s lijeve i desne obale bazena HE Podsused kao i drenažni sustavi potoka Izvorčina i Matovčina simulirani su kao dren (Cauchyev rubni uvjet). Razine dreniranja postavljene su sukladno koncepcijskom rješenju drenažnih jaraka i potoka odnosno sukladno projektiranim kotama vodostaja u jarcima i potocima.



Slika 7. Tipovi rubnih uvjeta – Opcija 1, samoborsko-zaprešićki vodonosnik

Opcija 2

Zagrebački vodonosnik

Rubni uvjeti za izgrađeno stanje promijenjeni su za rijeku Savu, dodan je rubni uvjet za membranu duž nasipa HE Prečko te za kanal Sava – Sava. Rijeka Sava simulirana je Cauchyevim rubnim uvjetom pri čemu su zadržane vrijednosti hidrauličke vodljivosti korita Save dobivene iterativno kalibracijom modela postojećeg stanja, a promijenjene su vrijednosti potencijala odnosno vodostaja rijeke Save sukladno koncepciji vodostaja u bazenima malih hidroelektrana na rijeci Savi za izgrađeno stanje. Vrijednosti potencijala definirane na potezu rijeke Save od donje vode VHS Zaprešić pa sve do gornje vode MHE Ivanja Reka prikazane su u tablici 5. Vodostaji između navedenih lokacija interpolirani su metodom linearnog gradijenta. Tipovi rubnih uvjeta definirani u prognoznim numeričkim modelima zagrebačkog vodonosnika prikazani su na slici 8.

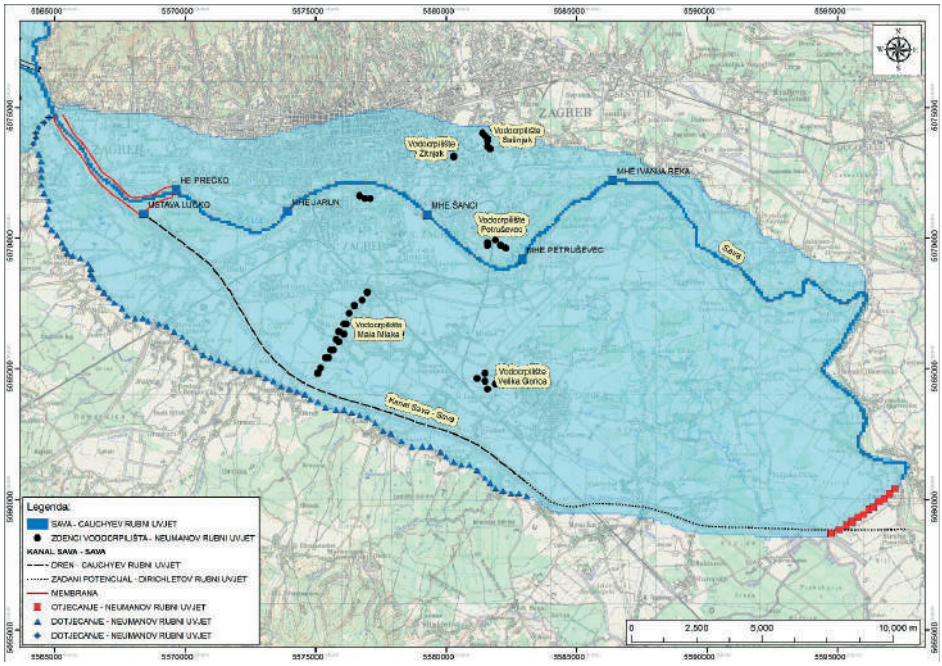
Tablica 5. Vodostaji korišteni za definiranje Cauchyevog rubnog uvjeta na rijeci Savi.

Lokacija na rijeci Savi	Zadani vodostaj (m n.m.)
VHS Zaprešić - donja voda	123.30
HE Prečko - gornja voda	123.00
HE Prečko - donja voda	114.05
MHE Jarun - gornja voda	113.45
MHE Jarun - donja voda	110.15
MHE Šanci - gornja voda	109.10
MHE Šanci - donja voda	105.95
MHE Petruševec - gornja voda	105.80
MHE Petruševec - donja voda	102.68
MHE Ivanja Reka - gornja voda	102.40

Vodostaji Save za donju vodu MHE Ivanja Reka kao i za ušće kanala Sava – Sava u rijeku Savu definirani su na temelju njihovih protočnih krivulja. Vodostaji između MHE Ivanja Reka i ušća kanala Sava – Sava u rijeku Savu interpolirani su metodom linearnog gradijenta. Hidrauličke vodljivosti korita Save nepromijenjene su u odnosu na vrijednosti dobivene iterativno kalibracijom modela postojećeg stanja. Membrana duž nasipa HE Prečko simulirana je kao nepropusna barijera po cijeloj dubini vodonosnika. Korišten je granični uvjet koji smanjuje horizontalnu hidrauličku vodljivost. Debljina membrane iznosila je 0,3 m a hidraulička vodljivost 10^-9 m/s. Kanal Sava – Sava je do stacionaže 18.500 simuliran kao dren (Cauchyev rubni uvjet), a od stacionaže 18.500 kao granica zadanog potencijala. Razina dreniranja kanala na potezu do stacionaže 18.500 definirana je sukladno projektiranoj niveleti kanala, dok je vodostaj na potezu od stacionaže 18.500 do ušća kanala u Savu definiran sukladno protočnoj krivulji Save na ušću kanala u Savu. Kanal Sava – Sava prema koncepcijskom rješenju ima funkciju drena do stacionaže 11.500, a od 11.500 do 18.500 je područje u kojem dolazi do povremenog zadržavanja vode uslijed povećanih protoka Save i posljedičnih viših vodostaja. Stoga simulacija kanala kao drena do stacionaže 18.500 predstavlja dodatni faktor sigurnosti s aspekta procjene utjecaja izgrađenog stanja na vodocrpilišta i to prvenstveno vodocrpilište Velika Gorica koje se nalazi u blizini odnosnog područja.

Samoborsko-zaprešićki vodonosnik

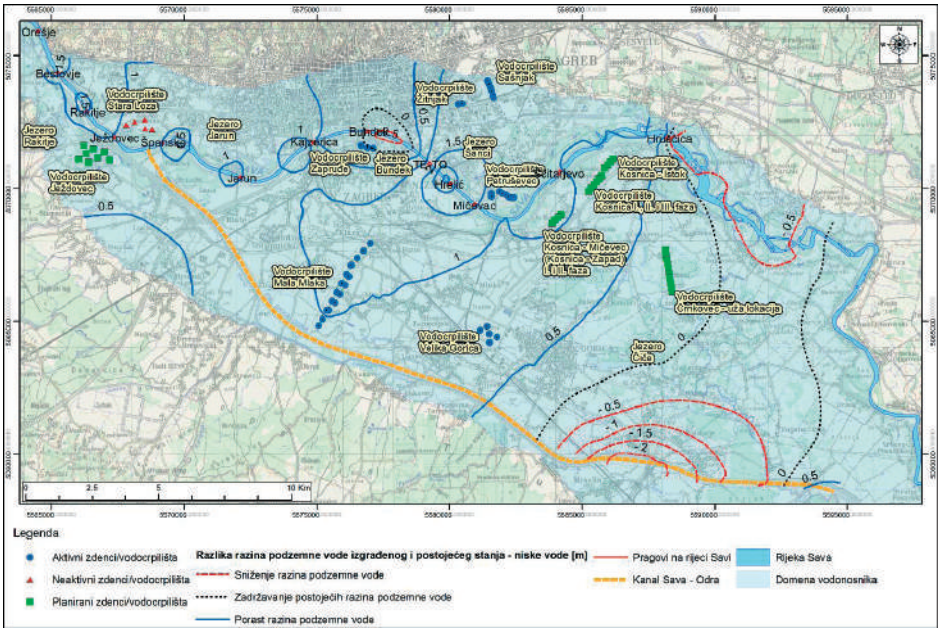
Prognozni numerički model za područje samoborsko-zaprešićkog vodonosnika za Opciju 2 nepromijenjen je u odnosu na Opciju 1 s obzirom da su koncepcijska rješenja također ostala ista. Naime, koncepcijsko rješenje za Opciju 1 u potpunosti je preuzeto iz koncepcijskog rješenja za Opciju 2 (Elektroprojekt, 2013.).



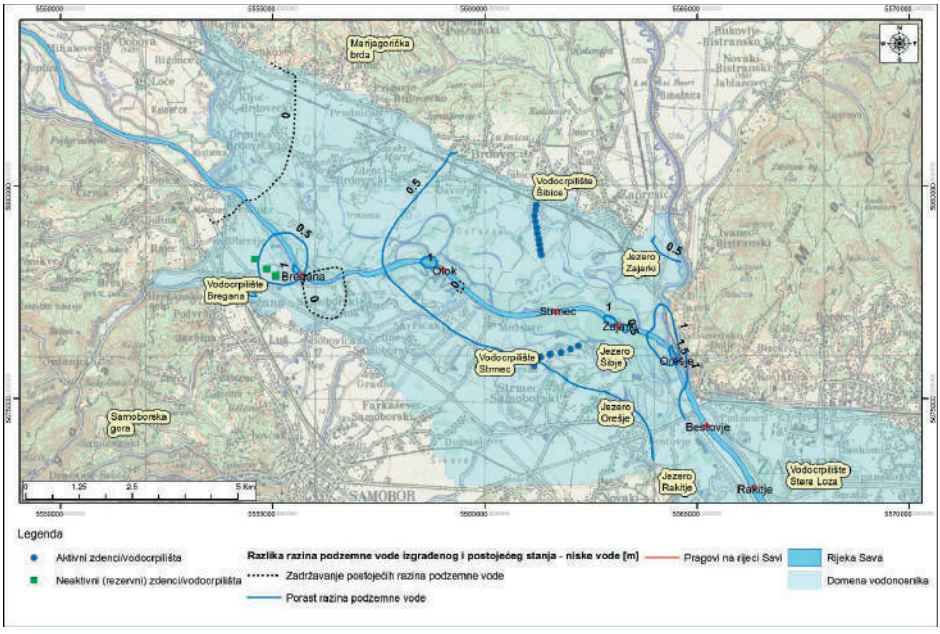
Slika 8. Tipovi rubnih uvjeta – Opcija 2, zagrebački vodonosnik

4. REZULTATI

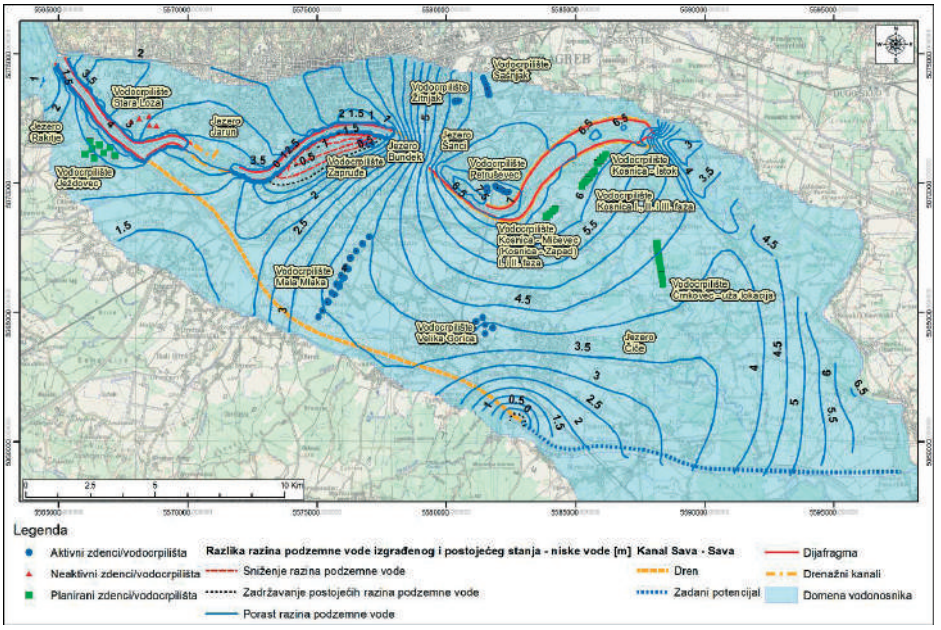
Rezultati prognoznih numeričkih modela toka podzemne vode za Opcije 0, 1 i 2 izdvojeni su za izgrađeno stanje niskih voda (sl. 9 do 3) s obzirom da su utjecaji za stanje niskih voda i najznačajniji, dok su rezultati za stanje srednjih i niskih voda prikazani u elaboratima Posavec et al. (2013.), Posavec (2014a) i Posavec (2014b). U prikazu rezultata izdvojene su razlike razina podzemne vode za izgrađeno i postojeće stanje dok su prikazi prognoziranih ekvipotencijala i dubina do vode također dostupni u elaboratima Posavec et al. (2013.), Posavec (2014a) i Posavec (2014b). Ovakvim prikazom razlika razina podzemne vode za izgrađeno i postojeće stanje identificiran je utjecaj izgrađenog stanja Opcije 0, 1 i 2 na podzemne vode u smislu njihovog porasta ili pak snižavanja u odnosu na postojeće stanje.



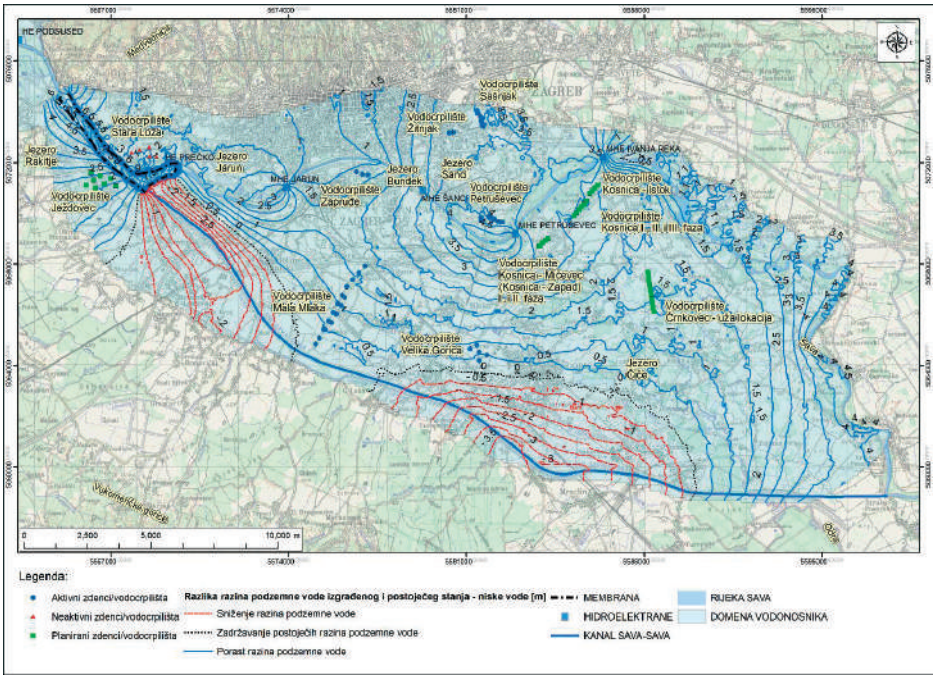
Slika 9. Opcija 0, zagrebački vodonosnik, karta razlike prognoziranih ekvipotencijala za izgrađeno stanje i ekvipotencijala za postojeće stanje za niske vode



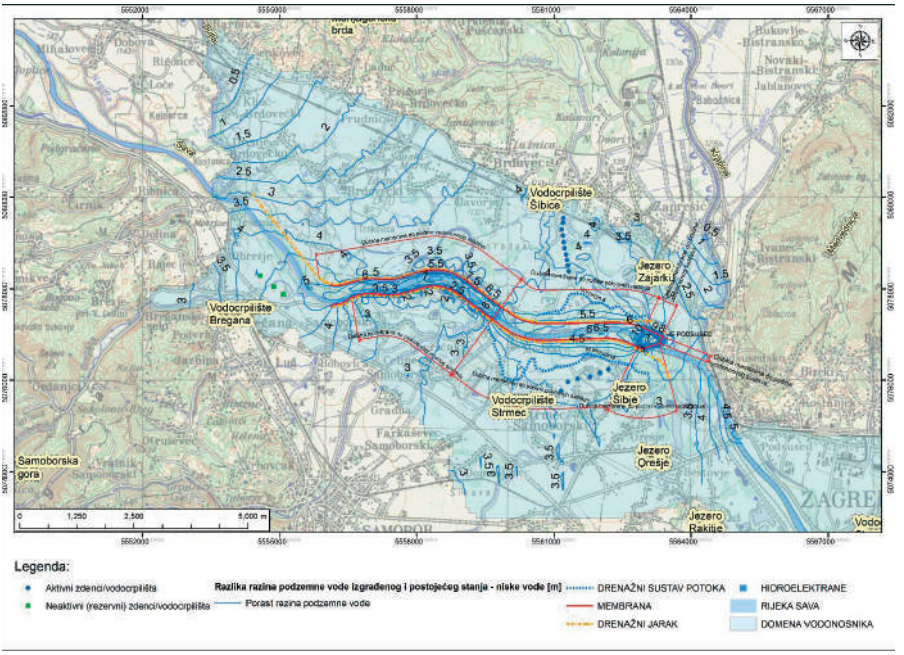
Slika 10. Opcija 0, samoborsko-zaprešićki vodonosnik, karta razlike prognoziranih ekvipotencijala za izgrađeno stanje i ekvipotencijala za postojeće stanje za niske vode



Slika 11. Opcija 1, zagrebački vodonosnik, karta razlike prognoziranih ekvipotencijala za izgrađeno stanje i ekvipotencijala za postojeće stanje za niske vode



Slika 12. Opcija 2, zagrebački vodonosnik, karta razlike prognoziranih ekvipotencijala za izgrađeno stanje i ekvipotencijala za postojeće stanje za niske vode



Slika 13. Opcija 1 i 2, samoborsko-zaprešićki vodonosnik, karta razlike prognoziranih ekvipotencijala za izgrađeno stanje i ekvipotencijala za postojeće stanje za niske vode

ZAKLJUČAK

Identifikacija i kvantifikacija utjecaja varijantnih koncepcijskih rješenja Opcije 0, 1 i 2 višenamjenskog projekta Zagreb na Savi na podzemne vode zagrebačkog i samoborsko-zaprešićkog vodonosnika provedena je analizom prognoznih numeričkih modela toka podzemne vode za izgrađeno stanje Opcija 0, 1 i 2 i numeričkih modela toka podzemne vode za postojeće stanje izgrađenosti.

Za izgrađeno stanje Opcije 0 razine podzemne vode se generalno povisuju od 0.5 do 1 m. Sniženja razine podzemne vode su mjestimična i karakteristična za područja nizvodno od sustava regulacijskih pragova. Ovakav porast razina podzemne vode bio bi od značaja za stabilniju i pouzdaniju javnu vodoopskrbu s aktivnih vodocrpilišta za vrijeme dužih sušnih razdoblja, no ostaje nedostatan s obzirom na zabilježeni pad razina podzemne vode tijekom prošlih desetljeća i ekosustave koji ovise o podzemnoj vodi. Postojeći negativni trendovi razina podzemne vode uglavnom se u potpunosti zaustavljaju. Ovaj zaključak se temelji na pretpostavci da regulacijski pragovi zadržavaju svoju efikasnost kroz vrijeme sukladno njihovom projektu s obzirom da su na takav način i simulirani u prognoznim numeričkim modelima toka podzemne vode. Naime, značajno je za zapaziti da postojeći prag TE-TO s vremenom gubi svoju efikasnost barem što se tiče utjecaja na podzemne vode, što pak se vidi na prisustvu negativnog trenda razina podzemne vode čak i nakon zadnje u nizu većih sanacija 1993. godine. No, bez obzira što prag TE-TO nije uspio u potpunosti zaustaviti negativan trend razina podzemne vode, ipak je na jednom dijelu vodonosnika uzvodno od praga usporio negativne trendove razina

podzemne vode te je zapravo zahvaljujući pragu TE-TO vodocrpilište Mala Mlaka danas još uvijek aktivno i jedno od vodećih vodocrpilišta Grada Zagreba. Tok podzemne vode za izgrađeno stanje Opcije 0 ostaje dominantno nestacionaran kao i za postojeće stanje izgrađenosti tj. nije postignuta stabilizacija smjerova toka podzemne vode, a što će otežavati buduće potencijalne remedijacije onečišćenih dijelova vodonosnika. Sveukupne promjene su generalno povoljne jer imaju pozitivan utjecaj na kapacitete vodocrpilišta kao i na zaustavljanje tj. ublažavanje negativnog trenda razina podzemne vode. S druge strane, utjecaj Opcije 0 na izvorište Odre i prirodne vrijednosti kao i rekreacijske sadržaje koji ovise o podzemnoj vodi nije značajan i ostaje sličan onom za postojeće stanje. Potencijalna revitalizacija neaktivnog vodocrpilišta Stara Loza kao i izgradnja planiranog vodocrpilišta Ježdovec teško bi bile izvedive zbog nedovoljnog porasta razina podzemne vode.

Za izgrađeno stanje Opcije 1 razine podzemne vode se generalno povisuju od 3 do 5 m dok neki dijelovi vodonosnika bilježe porast razina i do 7 m. Značajnije sniženje od 0.5 do 2 m identificirano je na području vodocrpilišta Zaprađe. Sniženje razina podzemne vode prisutno je i na području uzvodno od vodocrpilišta Zaprađe duž bazena HE Zagreb sve do naselja Blato, a čiji glavni uzrok je dijafragma bazena HE Zagreb koja seže do podine vodonosnika i sprečava značajnije procjeđivanje iz bazena u vodonosnik. U postojećem stanju vodocrpilište Zaprađe se dominantno napaja infiltracijom iz rijeke Save. S obzirom da dijafragme za stanje izgrađenosti Opcije 1 sprečavaju značajniju infiltraciju iz rijeke Save, vodocrpilište se napaja iz uskladištenja vodonosnika, a što posljedično snižava razine podzemne vode u priljevnom području vodocrpilišta. Tok podzemne vode više nije dominantno nestacionaran tj. postiže se značajna stabilizacija smjerova toka podzemne vode, a što olakšava buduće potencijalne remedijacije onečišćenih područja vodonosnika. Važno za zapaziti je da je sveukupni utjecaj Opcije 1 na podzemne vode vrlo značajan te da podiže razine podzemne vode i iznad onih povijesno zabilježenih. Ovako značajan porast razina podzemne vode kao i potpuno zaustavljanje negativnih trendova razina podzemne vode, pozitivno bi utjecali na raspoložive količine vode na aktivnim vodocrpilištima, no utjecaj na objekte od interesa, primarno infrastrukturne, bio bi potencijalno negativan. Utjecaj bi također bio pozitivan i na izvorište rijeke Odre i prirodne vrijednosti kao i rekreacijske sadržaje koji su ovisni o podzemnoj vodi. Potencijalna revitalizacija neaktivnog vodocrpilišta Stara Loza kao i planiranog vodocrpilišta Ježdovec, a koja su zbog svog hipsometrijskog položaja od interesa za vodoopskrbni sustav Grada Zagreba, postaje izvediva zbog značajnog porasta razina podzemne vode kao i zbog mogućeg umjetnog napajanja vodonosnika vodom iz bazena HE Prečko.

Za izgrađeno stanje Opcije 2 razine podzemne vode se generalno povisuju od 2 do 3 m dok neki dijelovi vodonosnika bilježe porast i do 4.5 m. Sniženje razina podzemne vode prisutno je na uzvodnom dijelu kanala Sava –Sava. Tok podzemne vode nije više dominantno nestacionaran tj. postiže se značajna stabilizacija smjerova toka podzemne vode kao i u Opciji 1, a što olakšava buduće potencijalne remedijacije onečišćenih područja vodonosnika. Sveukupne promjene su generalno povoljne jer se postiže pozitivan utjecaj na kapacitete aktivnih vodocrpilišta kao i na negativne trendove razina podzemne vode koji se u potpunosti zaustavljaju. Pozitivan utjecaj također se očituje i na izvorište Odre i prirodne vrijednosti kao i rekreacijske sadržaje koji su ovisni o podzemnoj vodi. Kao i za Opciju 1, potencijalna revitalizacija neaktivnog vodocrpilišta Stara Loza kao i planiranog

vodocrpilišta Ježdovec postaje izvediva zbog značajnog porasta razina podzemne vode kao i zbog mogućeg umjetnog napajanja vodonosnika vodom iz bazena HE Prečko. Potencijalno nepovoljni utjecaji vezani su uz gradsku/komunalnu infrastrukturu i podzemne objekte.

Sve tri opcije generalno povisuju razine podzemne vode u odnosu na postojeće stanje. Značajnije sniženje razina prisutno je u Opciji 1 gdje bi vodocrpilište Zaprađe doživjelo sniženje do 2 m. No, istovremeno, Opcija 1 ima najznačajniji sveukupni utjecaj na porast razina podzemne vode. Opcija 2 ima drugi po redu značajan utjecaj dok Opcija 1 ima najmanje značajan utjecaj na porast razina podzemne vode. Gledajući na razine podzemne vode s povijesnog stajališta tj. posljednjih 30 do 50 godina, utjecaj Opcije 0 ostaje mali s obzirom na zabilježeni pad razina podzemne vode tijekom prošlih desetljeća, utjecaj Opcije 1 podiže razine podzemne vode na one više od povijesno zabilježenih dok Opcija 2 generalno vraća povijesne razine podzemne vode. Stoga bi utjecaji Opcija 1 i 2 trebali omogućiti vodocrpilištima Mala Mlaka, Sašnjak i Zaprađe, a na kojima su već postignute minimalne razine podzemne vode kod kojih razina opada ispod kota gornjih rubova filtra u pojedinim zdencima za vrijeme dužih sušni razdoblja, funkcioniranje u skladu s primarno projektiranim kapacitetima. Sve tri opcije zaustavljaju negativne trendove razina podzemne vode, iako je taj zaključak za Opciju 0 uvjetan i ovisi o stupnju zadržavanja efikasnosti pragova kroz vrijeme, dok se za Opciju 1 i 2 negativni trendovi u potpunosti zaustavljaju. Tok podzemne vode ostaje nestacionaran u Opciji 0 tj. stabilizacija smjerova toka podzemne vode nije postignuta, dok se smjerovi toka podzemne vode u Opciji 1 i 2 stabiliziraju te se postiže kvazistacionarno stanje strujanja podzemne vode. Stabilizacija smjerova toka podzemne vode za izgrađeno stanje Opcije 1 i 2 olakšava buduće potencijalne remedijacije onečišćenih područja vodonosnika, stoga su utjecaji Opcije 1 i 2 zahvalniji kada je riječ o budućim potencijalnim remedijacijama vodonosnika.

Danas su u koritu rijeke Save na području zagrebačkog i samoborsko-zaprešićkog vodonosnika dominantno izraženi erozijski procesi, odnosno rijeka postojeći šljunak u koritu odnosi nizvodno, što pak za posljedicu ima snižavanje korita rijeke Save odnosno usijecanje korita u postojeće naslage šljunka s obzirom da donosa novog šljunka iz uzvodnijih dijelova više nema. To za posljedicu ima i snižavanje razina podzemne vode jer je razina podzemne vode odnosno vodna ploha u stalnom kontaktu s rijekom Savom. Znači, nije da imamo manje vode u Savi nego smo imali prije, samo je danas korito Save niže nego je bilo prije, time je vodostaj Save niži, a time su i razine podzemne vode, koje pak su u stalnom kontaktu s rijekom Savom, niže s obzirom da je to jedan hidraulički povezani sustav. Snižavanjem korita rijeke Save odnosno razina podzemne vode, razina vode u pojedinim zdencima vodocrpilišta za vrijeme dužih sušnih razdoblja spušta se ispod kota gornjih rubova filtra. To pak nadalje dovodi do pada kapaciteta pojedinih zdenaca u vodoopskrbnom sustavu i time do pada ukupnih raspoloživih količina pitke vode za vodoopskrbu. Osim toga, ovakvo kontinuirano snižavanje razina podzemne vode negativno utječe i na ekosustave koji su ovisni o podzemnoj vodi. Regulacijom rijeke Save odnosno izgradnjom brana, zaustavila bi se daljnja erozija i produbljivanje korita odnosno daljnje odnošenje šljunka nizvodno od Zagreba čime bi se stabiliziralo korito Save te bi se trajno zaustavio negativan trend razina podzemne vode. Prema Okvirnoj direktivi o vodama (EU Water Framework Directive 2000/60/EC) svako značajno

smanjenje količina podzemnih voda treba spriječiti kako bi se postiglo dobro količinsko stanje podzemnih voda. Direktiva ističe da države članice moraju provesti potrebne mjere kako bi se spriječilo pogoršanje stanja cjelina podzemnih voda, a zagrebački i samoborsko-zaprešićki vodonosnik čine jednu cjelinu podzemnih voda. Stoga je i s obzirom na preuzete obaveze ulaskom u EU, neophodno zaustaviti negativan trend razina podzemne vode odnosno zaustaviti kontinuirano smanjivanje zaliha podzemne vode kako bi se postiglo dobro količinsko stanje cjeline podzemne vode zagrebačkog i samoborsko-zaprešićkog vodonosnika. Nadalje, podzemne vode zagrebačkog vodonosnika definirane su kao strateške zalihe podzemnih voda Hrvatske prema Strategiji upravljanja vodama, a koja je krovni dokument R. Hrvatske za upravljanje vodama. Prema tom dokumentu, vodni resursi su prvorazredno pitanje nacionalnog suvereniteta i interesa, stoga smanjenje količina podzemnih voda neupitno treba spriječiti. Ne napraviti ništa, bilo bi suprotno Strategiji upravljanja vodama Republike Hrvatske kao i Okvirnoj direktivi o vodama, ali i neodgovorno s aspekta strateške vrijednosti podzemne vode kao vitalnog resursa čija će vrijednost u budućnosti rasti kako u lokalnim tako i u globalnim razmjerima. Neovisnost o vodnim resursima, kao i neovisnost o svim ostalim vitalnim resursima predstavlja odgovorno i mudro upravljanje nacionalnim interesima. Dnevno se ljudi u svijetu susreću s nestašicama vode zbog snižavanja njihovih razina. Jedan od nedavnih primjera su nestašice vode u Kaliforniji do kojih je došlo upravo zbog snižavanja razina podzemne vode (http://www.huffingtonpost.com/tag/california-water-shortage/). Stoga se negativni trendovi razina podzemne vode ne bi smjeli ignorirati i neupitno je da bi ih trebalo zaustaviti. Kontinuirani negativan trend razina podzemne vode ugrožava normalan rad danas aktivnih vodocrpilišta Grada Zagreba. Naime, na 3 od 6 vodećih vodocrpilišta na području Grada Zagreba, razine podzemne vode su se već spustile ispod kota gornjih rubova filtra u pojedinim zdencima čime pak se za vrijeme hidrološki sušnih godina smanjuje njihov kapacitet. U posljednje dvije hidrološki sušne godine, a to su bile 2003. koja je bila povijesna hidrološka suša i 2012., kapaciteti na vodocrpilištima Mala Mlaka, Zapruđe i Sašnjak smanjili su se 30-40% zbog preniskih razina podzemne vode. No, istovremeno su se ti kapaciteti nadoknađivali povećanjem crpnih količina na vodocrpilištima Petruševec i Velika Gorica gdje su zdenci dovoljno duboki odnosno filtri su još uvijek par metara ispod minimalnih razina podzemne vode. Ako se negativni trendovi razina podzemne vode nastave, i vodocrpilišta Petruševec i Velika Gorica u budućnosti također mogu očekivati smanjenje kapaciteta za vrijeme hidrološki sušnih godina kao što je to danas slučaj na vodocrpilištima Mala Mlaka, Zapruđe i Sašnjak s time da će tada problemi smanjenja kapaciteta na vodocrpilištima Mala Mlaka, Zapruđe i Sašnjak biti još izraženiji. No, generalno se u današnjem trenutku može reći da s obzirom na postojeće trenutne mogućnosti preraspodjele crpnih količina koje uključuju povećanje crpljenja na vodocrpilištima Petruševec i Velika Gorica kod smanjenja crpljenja na vodocrpilištima Mala Mlaka, Sašnjak i Zapruđe, normalna vodoopskrba Grada Zagreba ne bi trebala biti dovedena u pitanje. No, oslanjanje isključivo na ovakvu mogućnost preraspodjele moglo bi biti dovedeno u pitanje u slučaju eventualnog pogoršanja kakvoće podzemne vode na vodocrpilištima Petruševec i Velika Gorica ili pak eventualnih tehničkih poteškoća u radu samih zdenaca. U prilog nažalost ne idu niti buduće globalne klimatske prognoze koje predviđaju povećanje intenziteta oborina, ali i suša, odnosno ekstremi i oborina i suša biti će sve izraženiji. Tako da možemo očekivati još ekstremnije hidrološke suše, a što znači

još značajnije smanjenje kapaciteta na vodocrpilištima Mala Mlaka, Sašnjak i Zaprude. Alternativno odnosno potencijalno rješenje koje bi moglo privremeno osigurati dovoljne količine vode odnosno stabilnu vodoopskrbu i u uvjetima ekstremnijih dugotrajnih sušnih razdoblja je bušenje dubljih zdenaca na postojećim vodocrpilištima ili pak izgradnja novih vodocrpilišta kao što je to npr. planirano vodocrpilište Črnkovec od kojih je vodocrpilište Kosnica I. faza već u postupku realizacije. No ta rješenja neće zaustaviti negativan trend razina podzemne vode i neće osigurati dugoročno stabilnu vodoopskrbu. I prema Strategiji upravljanja vodama Republike Hrvatske, i prema Okvirnoj direktivi o vodama, ali primarno s aspekta strateške vrijednosti podzemne vode kao vitalnog resursa značajnog za nacionalni suverenitet i interes, čija će vrijednost u budućnosti rasti kako u lokalnim tako i u globalnim razmjerima, neophodno je u potpunosti zaustaviti negativne trendove razina podzemne vode, a to je moguće jedino izgradnjom brana na rijeci Savi.

LITERATURA

[1] Basch, O., Šikić, K., Brkić, M., Šimunić, A., Pikija, M., Jamičić, D., Galović, I., Pavičić, A., Korolija, B., Hečimović, I. i Šparica M. (1976): *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000 – list Ivanić-Grad*. Geološki zavod Zagreb. OOUR za geologiju i paleontologiju.

[2] Blašković, I. i Dragičević, I. (1989.): *Studija prostornog rasporeda i geometrije sedimentnih tijela i njihov utjecaj na hidrogeološke odnose na području lijeve i desne obale Save od Bregane do Rugvice*. RGN fakultet, Zagreb.

[3] Elektroprojekt Zagreb (1981.-1983.): *Vodoprivredna osnova Grada Zagreba*.

[4] Elektroprojekt (2003.): *Prethodna studija izvodljivosti uređenja i korištenja rijeke Save od Republike Slovenije do Rugvice*.

[5] Elektroprojekt (2013.): *Višenamjenski hidrotehnički sustav uređenja, zaštite i korištenja rijeke Save od granice s Republikom Slovenijom do Siska, Koncepcija rješenja*.

[6] Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2014): *Conceptual Design of Option 1*. Regulation, Development, and Utilisation of Sava River in Zagreb. Feasibility Study, SEA and CBA. IPA 2011 WBIF – Infrastructure Project Facility, Technical Assistance 3, Energy – Croatia – WB8-HR-ENE-11.

[7] Jović, V. (1993): Uvod u inženjersko numeričko modeliranje, Aquarius Engineering, Split.

[8] Jović, V. (2006): Osnove hidromehanike, Element, Zagreb.

[9] JVP Hrvatska vodoprivreda, OJ Zagreb (1992.): *Vodoprivredna osnova grada Zagreba - Izmjene i dopune*.

[10] McDonald, M.G., and Harbaugh, A.W. (1988): *A modular three- dimensional finite-difference ground-water flow model: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations*, book 6, chap. A1, 586 p. Research and Development Center, Vicksburg, MS.

[11] Mott MacDonald IPF3 Consortium (2014.): *Conceptual Solutions Report*. Regula-

tion, Development, and Utilisation of Sava River in Zagreb. Feasibility Study, SEA and CBA. IPA 2011 WBIF – Infrastructure Project Facility, Technical Assistance 3, Energy – Croatia – WB8-HR-ENE-11.

[12] Narodne novine br. 101/13: Zaključak klasa: 022-03/13-07/156 urbroj: 50301-05/05-13-3 od 1. kolovoza 2013.

[13] Pavlin, Ž. i Pletikapić, Ž. (2005.): *Višenamjensko rješenje uređenja i iskorištavanja Save na području Zagreba*. Građevinar 57 (2005) 2, 77-85.

[14] Pavlin, Ž. i Penović, L. (2013.): *Višenamjenski hidrotehnički sustav uređenja, zaštite i korištenja rijeke Save. Evakuacija velikih voda na području Zagreba*. Građevinar 65 (2013) 7, 677-683.

[15] Posavec, K. (2006.): *Identifikacija i prognoza minimalnih razina podzemne vode zagrebačkoga aluvijalnog vodonosnika modelima recesijskih krivulja*. Doktorski rad. RGN fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

[16] Posavec, K., Bačani, A. and Nakić, Z. (2006.): *A Visual Basic Spreadsheet Macro for Recession Curve Analysis*. Ground Water 44 (5), 764-767. doi: 10.1111/j.1745-6584.2006.00226.x.

[17] Posavec, K., Bačani, A. i Nakić, Z. (2013.): *Analiza utjecaja višenamjenskog hidrotehničkog sustava uređenja, zaštite i korištenja rijeke Save od granice s Republikom Slovenijom do Siska (Koncept sustava) na podzemne vode zagrebačkog i samoborskog vodonosnika*. Arhiva Elektroprojekta d.d.

[18] Posavec, K. (2014a): *Supporting book 2.2 Mathematical Modelling of Option 0, Groundwater flow and contaminant transport modeling*. Regulation, Development, and Utilisation of Sava River in Zagreb. Feasibility Study, SEA and CBA. IPA 2011 WBIF – Infrastructure Project Facility, Technical Assistance 3, Energy – Croatia – WB8-HR-ENE-11.

[19] Posavec, K. (2014b): *Supporting book 4.2 Mathematical Modelling of Option 1, Groundwater flow and contaminant transport modeling*. Development, and Utilisation of Sava River in Zagreb. Feasibility Study, SEA and CBA. IPA 2011 WBIF – Infrastructure Project Facility, Technical Assistance 3, Energy – Croatia – WB8-HR-ENE-11.

[20] Šikić, K., Basch, O. & Šimunić, A. (1978): *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000 – list Zagreb*. Institut geoloških istraživanja Zagreb.

[21] Velić, J. and B. Saftić (1991.): *Subsurface Spreading and Facies Characteristics of Middle Pleistocene Deposits between Zaprešić and Samobor*. Geološki vjesnik, 44, 69–82.

[22] Velić, J. and G. Durn (1993.): *Alternating Lacustrine-Marsh Sedimentation and Subaerial Exposure Phases during Quaternary: Prečko, Zagreb, Croatia*. Geologia Croatica, vol. 46, no. 1, p. 71–90.

[23] Velić, J., B. Saftić and T. Malvić: (1999.): *Lithologic Composition and Stratigraphy of Quaternary Sediments in the Area of the "Jakuševec" Waste Depository (Zagreb, Northern Croatia)*. Geologia Croatica, vol. 52, no. 2, p. 119–130.

[24] Vodoprivredno – projektni biro d.d. (2014a): *Višenamjenski hidrotehnički sustav unapređenja i razvoja rijeke Save u Zagrebu – tehničko rješenje razvoja Opcije 0 – bazno rješenje*. Regulation, Development, and Utilisation of Sava River in Zagreb. Feasibility Study, SEA and CBA. IPA 2011 WBIF – Infrastructure Project Facility, Technical Assistance 3, Energy – Croatia – WB8-HR-ENE-11.

[25] Vodoprivredno – projektni biro d.d. (2014b): *Višenamjenski hidrotehnički sustav unapređenja i razvoja rijeke Save u Zagrebu – matematički model sustava prema Opciji 0 – model nestacionarnog tečenja u otvorenim vodotocima*. Knijiga 2.1. Regulation, Development, and Utilisation of Sava River in Zagreb. Feasibility Study, SEA and CBA. IPA 2011 WBIF – Infrastructure Project Facility, Technical Assistance 3, Energy – Croatia – WB8-HR-ENE-11.

[26] Zheng, C. and P. P. Wang (1999): MT3DMS: *A modular three-dimensional multispecies transport model for simulation of advection, dispersion, and chemical reactions of contaminants in groundwater systems; documentation and user's guide*, Contract Report SERDP-99-1, U.S. Army Engineer.

AUTORI

izv.prof.dr.sc. Kristijan Posavec [a]
prof.dr.sc. Vinko Jović [b]
Berislav Brkić, dip.ing.kult.teh. [c]
Dario Kolarić, dipl.ing.građ. [c]
doc.dr.sc. Damir Bekić [d]

[a] Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, Zagreb, 10000, Hrvatska, kristijan.posavec@rgn.hr

[b] Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Ulica Matice Hrvatske 15, Split, 21000, Hrvatska, vinko.jovic@st.htnet.hr

[c] Vodoprivredno-projektni biro d.d., Ulica grada Vukovara 271/III, Zagreb, 10000, Hrvatska, berislav.brkic@vpb.hr, dario.kolaric@vpb.hr

[d] Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Kačićeva 26, Zagreb, 10000, Hrvatska, damir.bekic@grad.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.24.

RASPOLOŽIVE KOLIČINE VODA ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE NA SLIVU RIJEKE LIKE

Renata Vidaković Šutić, Vedrana Ričković, Vedran Jurić

SAŽETAK: Hidroelektrana Sklope na rijeci Lici za proizvodnju električne energije koristi vodu iz akumulacijskog jezera Kruščica, zbog čega su trendovi protoka na uzvodnom slivu izravni pokazatelji raspoloživih količina vode.

Osim utjecaja složenosti geografskih, geoloških, pedoloških, klimatskih, hidroloških i hidrogeoloških odnosa na slivu na vodni režim rijeke Like, potrebno je istaknuti i utjecaj ljudske djelatnosti, te varijacija klimatskih pokazatelja, osobito oborina i temperature zraka.

Na temelju obrada i analiza hidroloških podataka sa hidroloških stanica na slivu Like uzvodno od akumulacijskog jezera Kruščica za 40-godišnje razdoblje, od izgradnje HE Sklope do danas, daje se prikaz raspoloživih količina voda za proizvodnju električne energije.

KLJUČNE RIJEČI: Sliv rijeke Like, Hidrološke analize, Proizvodnja električne energije, Trendovi klimatskih pokazatelja

AVAILABLE WATER QUANTITIES FOR HYDROPOWER GENERATION IN THE LIKA RIVER BASIN

SUMMARY: The HPP Sklope, situated on the Lika River, uses water from the reservoir Kruščica for hydropower generation, which is the reason why the discharge trends in the upper basin directly indicatate available water quantities.

Beside the influences of complex geographical, geological, pedological, climate, hydrological and hydrogeological relations on the water regime of the Lika River, the impacts of human activities and variations in climate indicators, particularly precipitation and air temperature, should be also noted.

Based on processing and analyses of hydrological data from the hydrological stations in the Lika river basin upstream of the reservoir Kruščica for the 40-year period, since the construction of the HPP Sklope, the paper gives an overview of available water quantities for hydropower generation.

KEY WORDS: Lika river basin, Hydrologic analyses, Hydropower generation, Climate indicator trends

1. UVOD

Slivno područje rijeke Like izmijenjeno je izgradnjom hidroenergetskog sustava Senj, a brana hidroelektrane Sklope na rijeci Lici, dijeli sliv na dva dijela: sliv uzvodno od brane akumulacijskog jezera Krušćica, koji je u velikoj mjeri zadržao svoje prirodne hidrološke odnose i sliv Like nizvodno od brane čiji je vodni režim pod izravnim utjecajem reguliranog protoka HE Sklope.

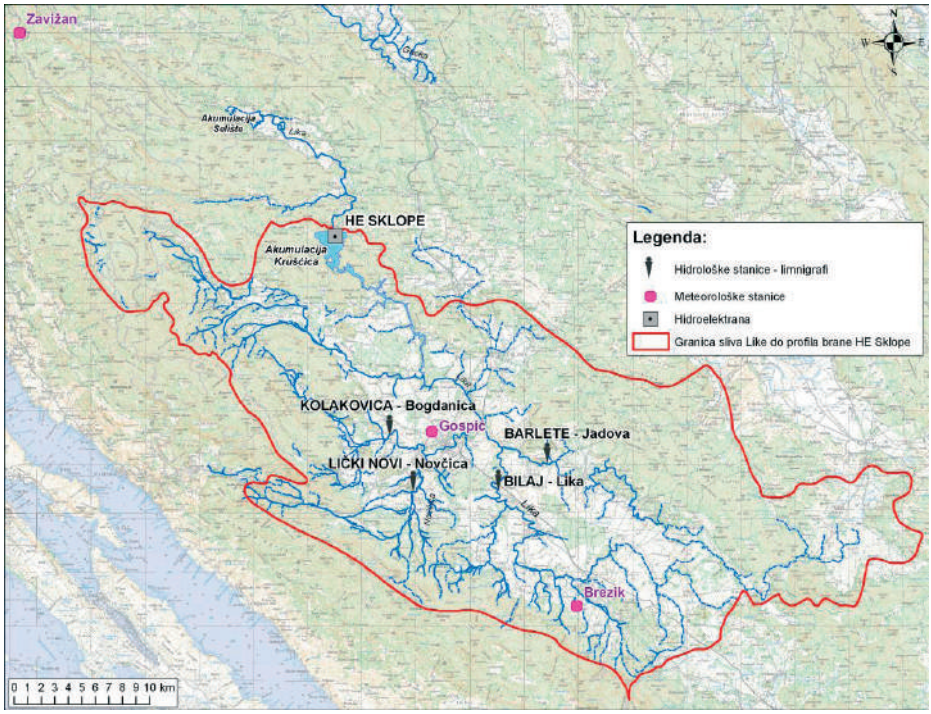
U ovom je radu analizirano slivno područje uzvodno od brane HE Sklope, čija se površina kreće oko 1000 km^2.

Rijeka Lika izvire podno Velebitskog masiva na kontaktu karbonatnog i vapnenačkog masiva. Vrelo je u većem dijelu godine ujednačene izdašnosti, osim u ljetnom razdoblju kad povremeno presuši ili se njegova izdašnost smanjuje na svega nekoliko litara u sekundi. Slivno područje Like s razgranatom hidrografskom mrežom smješteno je na visoravni, nadmorskih visina između 480 i 600 m n.m., koja na bokovima prelazi u brdovito područje. Na potezu od izvora do akumulacijskog jezera Krušćica, Lika prima vodom bogatije lijevoobalne pritoke Otešicu s Pazarišnicom, Tisovcem i Popovačom, Novčicu s Bogdanicom i Brušanicom, te Počiteljicu, dok se od desnoobalnih pritoka ističu Jadova i Glamočnica.

Cjelokupni prostor je tipično krško područje izgrađeno od karbonatnih naslaga, vapnenaca i dolomita na kojem su specifični topografski, geološki, morfološki, hidrogeografski, tektonski i hidrogeološki odnosi uvjetovali različitu razvijenost hidrografske mreže ovih vodotoka, način dotoka (podzemni ili površinski), a time i specifičnost vodnog režima Like. Jugozapadni dio slivnog područja, koji obuhvaća područje masiva Velebita, izgrađen je pretežno od nepropusnih i slabo propusnih karbonatnih naslaga, koje tokove podzemnih voda usmjeruju prema sjeverozapadu, sjeveru i istoku.

Osnovna je karakteristika lijevih pritoka Like koji izviru u slabopropusnim i nepropusnim naslagama Velebita da u gornjem dijelu toka primaju vode brojnih većih i manjih izvora i teku kroz kvartarne naslage, dok su u donjem dijelu toka njihova korita usječena u propusne karbonatne naslage. Istočni dio slivnog područja između Ličkog i Krbavskog polja, izgrađen je od propusnih naslaga, duboko okršen s brojnim vrtačama i ponorima tako da u višim dijelovima terena nema ni površinskih tokova ni izvora, a povremeni izvori i vodotoci, koji se aktiviraju za vrijeme obilnih kiša, javljaju se samo u nižim područjima na prijelazu u Ličko polje.

Desni pritoci Like su povremeni vodotoci Jadova i Glamočnica. Jadova izvire kod Gornje Ploče iz pećine u desnom boku doline kojom povremeno dotječu vode iz šireg područja Udbine, a prima i vode Suvaje. Dolina Jadove izgrađena je od propusnih vapnenačkih naslaga. Duž cijelog toka Jadova prima vode brojnih povremenih vodotoka (Tunjevca, Jezerca, Rakića pećine i Kovačice), koji se prihranjuju vodama iz periodičnih izvora u dobro propusnim naslagama zaleđa prema Krbavskom polju i slivu Gacke, a aktiviraju se samo u vrijeme velikih voda. Povremenost toka Jadove u uskoj je vezi s razinama podzemne vode u Ličkom polju. Pored toga, u području kod Gornje Ploče postoji niz ponora kojima dio voda otječe u sliv Ričice, odnosno Zrmanje. Područje kojim teče Glamočnica pripada istim strukturnim jedinicama, a hidrogeološke karakteristike područja slične su onima uz Jadovu. U sušnim razdobljima, zbog niskih razina podzemne vode, sve vode iz zaleđa Jadove i Glamočice dreniraju se prema Lici. Na slici 1 prikazan je sliv rijeke Like do brane HE Sklope.



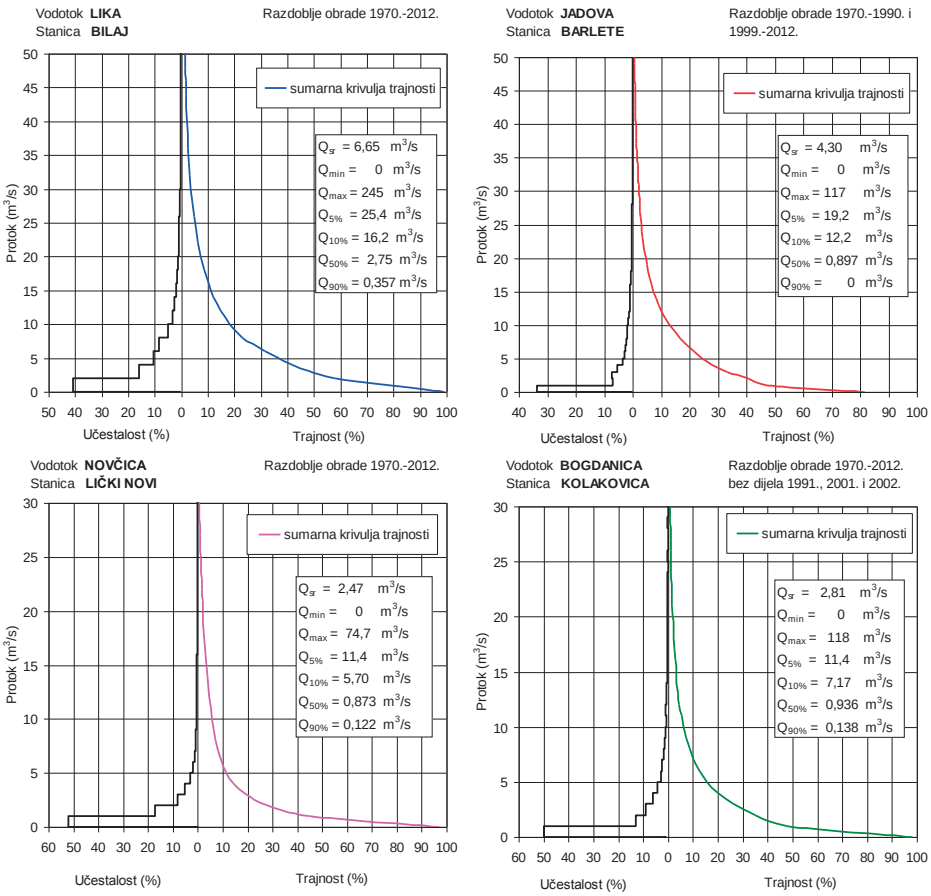
Slika 1. Sliv rijeke Like do brane HE Sklope

2. HIDROLOŠKE I KLIMATSKE ZNAČAJKE DIJELA SLIVA LIKE UZVODNO OD BRANE HE SKLOPE

Hidrološke značajke predmetnog sliva, u ovom radu, dane su na temelju analize nizova protoka na hidrološkim stanicama: Bilaj na Lici, Kolakovica na Bogdanici, Lički Novi na Novčici i Barlete na Jadovi za razdoblje nakon formiranja akumulacijskog jezera Kruščica (1970-2012). Za analize su korišteni službeni podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske.

Od klimatskih pokazatelja analizirane su oborine i temperatura zraka. Analizama su obuhvaćeni podaci o ukupnim godišnjim količinama oborine, u razdoblju (1970-2012), izmjereni na trima meteorološkim stanicama: Zavižan, Brezik i Gospić. Analizama prosječnih godišnjih temperatura zraka obuhvaćeni su podaci sa m.s. Zavižan i m.s. Gospić.

Na slici 2 prikazane su krivulje učestalosti i trajnosti protoka na analiziranim hidrološkim stanicama, iz kojih su vidljive karakteristične vrijednosti protoka.



Slika 2. Krivulje učestalosti i trajnosti protoka na hidrološkim stanicama sliva Like uzvodno od akumulacijskog jezera Krušćica

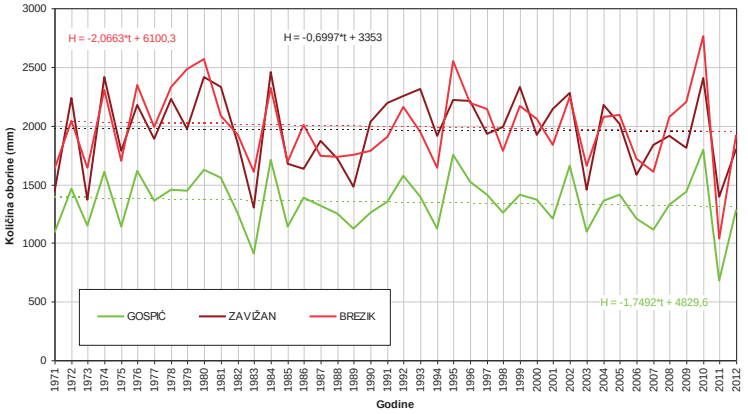
Ističe se da se je na svim stanicama u analiziranom razdoblju zabilježena pojava presušivanja, dok su vrijednosti srednjih i maksimalnih protoka sljedeće:

na h.s. Bilaj	Q_{sr}=6,65 m^3/s	Q_{max}=245,0 m^3/s;
na h.s. Kolakovica	Q_{sr}=2,81 m^3/s	Q_{max}=118,0 m^3/s;
na h.s. Lički Novi	Q_{sr}=2,47 m^3/s	Q_{max}= 74,7 m^3/s;
na h.s. Barlete	Q_{sr}=4,30 m^3/s	Q_{max}=117,0 m^3/s.

Općenito se može reći da su značajke vodnog režima Like i njezinih pritoka uzvodno od akumulacijskog jezera Krušćica, velike razlike između minimalnih i maksimalnih zabilježenih protoka na hidrološkim stanicama i male trajnosti srednjih protoka.
Analizom unutargodišnje raspodjele maksimalnih i srednjih mjesečnih protoka na analiziranim hidrološkim stanicama Bilaj, Kolakovica, Lički Novi i Barlete identificirano je, kao primarno i dominantno za pojavu velikih voda, razdoblje od listopada do ožujka. Krajem svibnja i početkom lipnja javlja se još jedno razdoblje većih protoka na svim

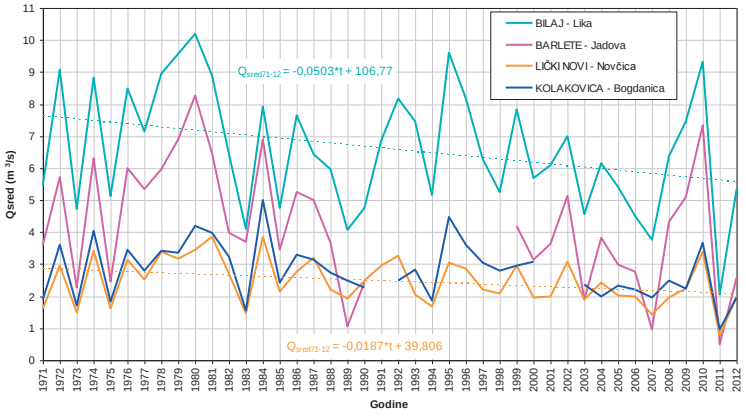
stanicama, ali sa manjim količinama i kraćeg trajanja. Razdoblje malih voda redovito se javlja od lipnja do rujna.

Na slici 3. prikazan je višegodišnji niz ukupnih godišnjih oborina na meteorološkim stanicama analiziranog sliva s trendovima. Vidljivo je da su trendovi nizova ukupnih godišnjih oborina za sve tri meteorološke stanice blago opadajući. Općenito se može reći da se prosječno smanjenje ukupnih godišnjih oborina u posljednjih razdoblju obrade kreće u granicama 50-80 mm.



Slika 3. Višegodišnji niz ukupnih godišnjih oborina na analiziranim meteorološkim stanicama

Višegodišnji niz srednjih godišnjih protoka na analiziranim hidrološkim stanicama prikazan je na slici 4. Trendovi srednjih godišnjih protoka za cijelo razdoblje prikazani su za h.s Bilaj i h.s Lički Novi, dok za h.s. Kolakovica i h.s. Barlete nisu prikazani iz razloga nepotpunih nizova zbog prekida u opažanjima i mjerenjima. Vidljiv je padajući trend srednjih godišnjih protoka na h.s. Bilaj i na h.s. Lički Novi, koji ukazuje na značajno smanjenje vrijednosti srednjih godišnjih protoka Like i njezine pritoke Novčice u razdoblju 1971-2012.

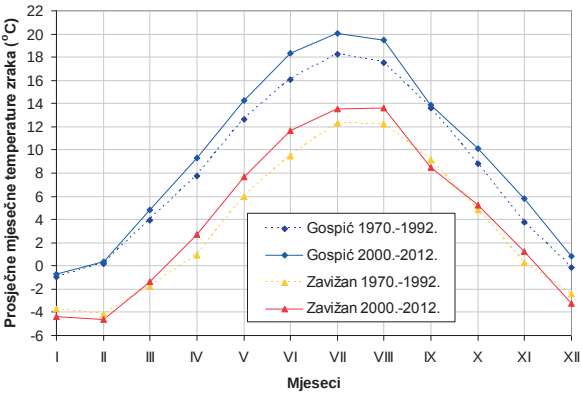


Slika 4. Višegodišnji niz srednjih godišnjih protoka na analiziranim hidrološkim stanicama

Usporedbom prikaza sa slike 3 i slike 4, vidljiv je utjecaj oborinskog režima sliva na vodni režim Like i njezinih pritoka, ali i značajnije opadanje protoka u odnosu na oborine. Analizom višegodišnjeg niza vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka izmjerenih na m.s Gospić i m.s. Zavižan, utvrđeno je povećanje prosječne godišnje temperature zraka na obje stanice. U nastavku su dane vrijednosti prosječne godišnje vrijednosti temperature zraka za dva razdoblja raspoloživih podataka, dok su na slici 5. prikazane srednje mjesečne vrijednosti za ista razdoblja:

m.s. Zavižan: 3,6°C (1970-1992) 4,2°C (2000-2012)

m.s. Gospić: 8,5°C (1970-1992) 9,7°C (2000-2012)



Slika 5. Srednje mjesečne vrijednosti temperatura zraka na m.s. Gospić i m.s. Zavižan

3. RASPOLOŽIVE KOLIČINE VODE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE NA HE SKLOPE

Hidroelektrana Sklope najuzvodnija je stepenica hidroenergetskog sustava HE Senj. Način rada HE Sklope temelji se prvenstveno na izravnanju dotoka u akumulacijskom jezeru Krušćica koje prikuplja prirodne dotoke s uzvodnog sliva Like i njezinih pritoka. U hidrološkom smislu, način rada obuhvaća podjelu na vodniji i sušniji dio godine (sezonu). Sukladno *Pravilniku za upravljanje hidroenergetskim sustavom HE Senj*, dugoročno planiranje rada akumulacijskog jezera Krušćica temelji se na sezonskom pretpražnjenju akumulacijskog prostora za potrebe prihvaćanja vodnih valova Like, na način da se u jesensko razdoblje ulazi sa najnižom kotom jezera. Rad akumulacije u poplavnim uvjetima propisuje aktiviranje evakuacijskih uređaja na brani Sklope temeljem praćenja brzine prirasta vodnih razina. Ograničenja rada vezanog za potrebe vodnog gospodarstva na području akumulacijskog jezera Krušćica i HE Sklope, u najvećoj se mjeri odnosi na obranu od poplave područja sliva nizvodno od brane Sklope. Obrana od poplava ima prioritet nad proizvodnjom energije, kako u vodnijoj sezoni (očekivani nailazak vodnog vala) tako i u slučaju pojave velikih količina oborina izvan vodnijeg razdoblja.

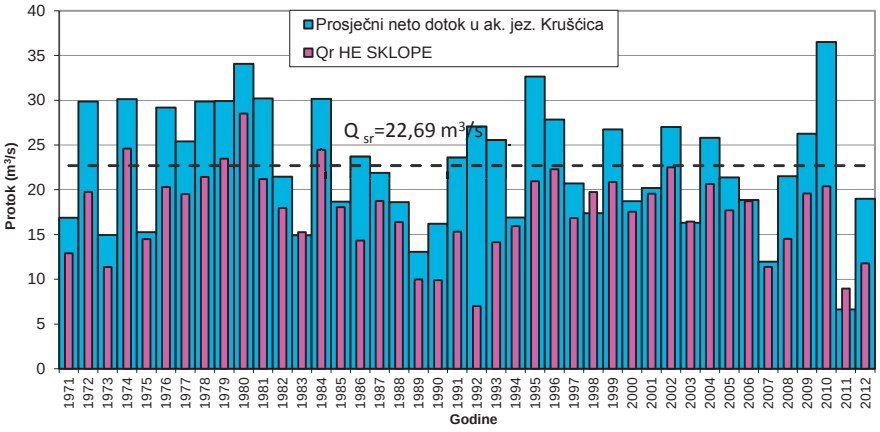
Korisni volumen akumulacijskog jezera Krušćica iznosi 128 milijuna m^3. Maksimalna vodna razina u akumulacijskom jezeru Krušćica određena je najvećom dozvoljenom kotom uspora na brani Sklope od 554,00 m n.m.

Dotok u akumulacijsko jezero Kruščica koji se koristi za proizvodnju električne energije (neto dotok), određuju se od strane HES Senj kao suma radnog protoka HE Sklope, protoka na preljevu brane Sklope i dotoka određenog iz dnevne promjene volumena akumulacije Kruščica. Regulirani protoci HE Sklope proračunati su na temelju specifične potrošnje vode u m^3 za 1 kWh kod poznate dnevne proizvodnje HE Sklope i poznatih vodostaja u akumulaciji Kruščica.

Prema podacima HES Senj, prosječni neto dotok u akumulacijsko jezero Kruščica u razdoblju 1971-2012 godine iznosio je 22,69 m^3/s. Procjenjuje se da je prosječni ukupni dotok oko 25 m^3/s, a razlika predstavlja prosječne gubitke isparavanja i procjeđivanja iz akumulacije Kruščica.

Uvažavajući bujični režim dotoka Like, i zahtjeve rada najnizvodnije stepenice HE Senj, za proizvodnju električne energije na HE Sklope koristi se prosječno 80% neto dotoka Like u akumulacijsko jezero Kruščica. Preostali dio najvećim dijelom čine gubici prelijevanja, čija je prosječna godišnja vrijednost od oko 143 milijuna m^3 veća od korisnog volumena akumulacijskog jezera Kruščica.

Na slici 6. prikazane su vrijednosti srednjeg godišnjeg neto dotoka u akumulacijsko jezero Kruščica i prosječnih godišnjih radnih protoka strojarnice HE Sklope za razdoblje 1971-2012 godine iz koje su vidljive varijacije u raspoloživim količinama vode za proizvodnju električne energije, prosječne vrijednosti preljevnih količina i nedostatan kapacitet postojeće akumulacije za godišnje izravnanje dotoka.



Slika 6. Dotoci u akumulacijsko jezero Kruščica i radni protoci HE Sklope

Prema obradama provedenim u postojećoj studijskoj dokumentaciji [4] utvrđeno je da je udio slivnih površina pokrivenih sa hidrološkim opažanjima i mjerenjima u odnosu na procijenjeni sliv Like do profila brane HE Sklope oko 61,5%. S druge strane suma prosječnih godišnjih protoka na profilima hidroloških stanica Bilaj na Lici, Barlete na Jadovi, Lički Novi na Novčici i Kolakovica na Bogdanici iznosi 16,23 m^3/s, što predstavlja oko 65% ukupnog dotoka u akumulacijsko jezero Kruščica.

Na nemjerenom dijelu sliva, od većih vodotoka ističe se Otešica sa pritokama Tisovcem, Aleksinicom i Pazarišnicom, koje izviru na obroncima Velebita, gdje su postojala mjerenja koja su unazad više godina prekinuta, te se ističe potreba za uspostavom mjerenja na

Otešici, čime bi se mjerio dotok sa dodatnih cca 10% slivne površine, a u cilju preciznije kvantifikacije hidrološkog doprinosa sliva Like uzvodno od akumulacijskog jezera Krušćica.

ZAKLJUČAK

Na slivu Like uzvodno od profila brane HE Sklope u razdoblju 1970-2012 godine identificirano je značajno smanjenje srednjih godišnjih protoka na hidrološkim stanicama i dotoka u akumulacijsko jezero Krušćica. Klimatološki pokazatelji za isto razdoblje identificiraju blago smanjenje ukupnih godišnjih oborina i povećanje prosječne godišnje temperature na slivu. U takvim uvjetima ne smiju se zanemariti i ostali mogući razlozi smanjenju količina vode koje dotječu u akumulacijsko jezero. U prvom redu, to je povećanje količina zahvaćene vode za različite namjene. Zahvaćanje voda u izvorišnoj zoni uslijed povećanja standarda i broja korisnika organizirane javne vodoopskrbe, uslijed potreba za vodom tijekom građenja, održavanja i funkcioniranja velikih infrastrukturnih objekata (autocesta A1), te za komercijalne punionice vode, pivovare i slične namjene, dodatno je doprinijelo smanjenju raspoloživih količina vode koja se koristi za proizvodnju električne energije. S druge strane ograničen volumen za prihvat velikih vodnih valova u uvjetima sve učestalijeg izmjenjivanja ekstremnih protoka u uzastopnim godinama, te posebno unutar iste godine, za posljedicu imaju velike preljevne količine vode.
Uzimajući u obzir planiranu izgradnju novih objekata na slivu, kojima bi se u većoj mjeri omogućilo korištenje vode za proizvodnju električne energije, uz istovremeno osiguranje od štetnog djelovanja voda na nizvodnom slivu, posebno se naglašava važnost unaprjeđenja sustava prognoziranja dotoka, u čiju svrhu je potrebno poboljšati i proširiti postojeći sustav opažanja i mjerenja hidroloških i klimatskih parametara.

LITERATURA

[1] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d.(2012): *Aktualizacija hidroloških nizova za potrebe novelacije idejnog projekta HE Kosinj i HES Senj*

[1] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d.(2014): *Obrada i analiza meteoroloških i hidroloških podataka i izrada bilance voda slivnog područja rijeka Like i Gacke - Podloge za projektnu dokumentaciju HES Kosinj i HE Senj 2*

[1] Projektni biro Split; (2007): *Centar sliva rijeka Like i Gacke – CSLIG – Glavni projekt (Knjiga II – Meteorološki i hidrološki dio, Knjiga III - Hidroenergetski dio, Knjiga IV – Svezak 2 – Strojarski i elektro dio, Knjiga VII - Operativno planiranje i optimiranje rada sustava rijeka Like i Gacke)*

[1] Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, (2006): *Hidrološke podloge za analizu uzvodnih akumulacija HE Senj*

[1] HIS 2000, Baza hidroloških podataka DHMZ RH

AUTORI

Renata Vidaković Šutić, dipl.ing.građ [a]
Vedrana Ričković, dipl.ing.građ [a]
mr.sc. Vedran Jurić, dipl.ing.građ [b]

[a] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. Zagreb, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, renata.sutic@ie-zagreb.hr; vedrana.rickovic@ie-zagreb.hr

[b] Hrvatska elektroprivreda, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, vedran.juric@hep.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE PRED IZAZOVOM KLIMATSKIH PROMJENA
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.25.

ENERGETSKO KORIŠTENJE VODA SLIVNOG PODRUČJA RIJEKA LIKE I GACKE

Tanja Lubura Matković, Mladen Petričec, Tomislav Tomić, Ivana Bartolić

SAŽETAK: Slivovi rijeka Like i Gacke, ukupne površine oko 1.700 km^2 značajno se razlikuju po otjecanju i retencijskim kapacitetom. Sliv rijeke Like ima razvijenu mrežu površinskih tokova i vrlo je mali utjecaj podzemnih tokova na režim protoka, dok sliv rijeke Gacke ima veliku retencijsku sposobnost, a slabu razvijenost površinskih tokova.

Energetsko korištenje voda na slivovima Like i Gacke započinje izgradnjom HE Senj, koja je započela s radom u studenom 1966. godine i HE Sklope 1970. godine. Hidroenergetski sustav čini niz građevina od akumulacije Kruščica do izlazne građevine HE Senj. Izgradnjom brane i bazena Selište nadzemni tok rijeke Like odvojen je od ponorskih zona i tunelom povezan s tokom rijeke Gacke. Zahvat voda rijeke Gacke ostvaren je pregrađivanjem njezinog korita branom Šumečica te odvođenje voda prema Gusić polju, gornjem bazenu HE Senj. Za razdoblje 1971.-2014. godina prosječna godišnja proizvodnja električne energije na HE Sklope iznosila je 78 GWh, a na HE Senj 983 GWh.

Kako se dio voda rijeke Like ne uspije energetski iskoristi, već se tridesetak godina razmatra mogućnost dogradnje sustava. Kao najrazrađenije rješenje predlaže se izgradnja pribranske HE Kosinj nizvodno od HE Sklope i derivacijske HE Senj 2 uz postojeću HE Senj. Za ocjenu isplativosti dogradnje sustava provedene su opsežne hidrološke obrade i modeliranje rada i moguće proizvodnje električne energije planiranog sustava.

U radu će se dati prikaz dosadašnjeg rješenja na slivovima Like i Gacke, rezultati proizvodnje električne energije te na temelju provedenih hidroloških analiza prikazati energetski pokazatelji budućeg rješenja s dogradnjom HE Kosinj i HE Senj 2.

KLJUČNE RIJEČI: Lika, Gacka, hidroenergetika, HE Senj, HE Sklope, HE Senj 2, HE Kosinj

HYDROPOWER GENERATION IN THE LIKA AND GACKA RIVER BASINS

SUMMARY: The Lika and Gacka river basins, with a total area of 1.700 km^2, significantly differ with regard to their runoff and retention capacities. The Lika river basin has a developed network of surface flows and little impact of underground flows on the discharge regime, while the Gacka river basin possesses a great retention capacity and has poorly developed surface flows.

Hydropower generation in the Lika and Gacka river basins started with the construction of the HPP Senj and HPP Sklope which started operating in November 1966 and in 1970, respectively. The hydropower system consists of a series of facilities starting from the Krušćica reservoir to the outlet structure of the HPP Senj. With the construction of the dam and reservoir Selište, the surface flow of the Lika River was separated from the sinking zones and connected with the Gacka flow by a tunnel. Water abstraction from the Gacka was achieved by the Šumečica dam construction and then drainage of its waters into the Gusić karst field, which serves as the top reservoir of the HPP Senj. In the period from 1971-2014, the average annual production of electrical power at the HPP Sklope and HPP Senj equalled 78 GWh and 983 GWh, respectively.

Since part of the Lika waters are not utilized for power generation, a possible system upgrade has been considered for the past three decades. The construction of the HPP Kosinj downstream of the HPP Sklope and a diversion dam Senj 2, together with the existing HPP Senj, is proposed as the most elaborated solution. To assess the feasibility of the system upgrade, extensive hydrologic analyses and modelling of the operation and potential power generation of the planned system have been performed.

The paper will present the present solution in the Lika and Gacka river basins and the electric power generation and, based on hydrological analyses, indicators for power generation of the future solution with the constructed HPP Kosinj and HPP Senj 2.

KEY WORDS: Lika River, Gacka River, Hydropower, HPP Senj, HPP Sklope, HPP Senj 2, HPP Kosinj

1. UVOD

Unatoč deklarativnom zauzimanju za korištenje obnovljivih energetskih izvora u Hrvatskoj je prisutan višegodišnji trend usložnjavanja realizacije novih hidroenergetskih objekata (Petričec, Šimundić, 1993.). Iako se u strateškim dokumentima navodi više potencijalnih lokacija, posebno na Dravi, Savi, posljednjih dvadesetpet godina realizirana je izgradnja samo HE Lešće na rijeci Dobri.

Redefiniranjem ključnih načela upravljanja vodama u okviru Europske unije (European Commission, 2000.) i njihovo unošenje u hrvatsko zakonodavstvo, energetsko korištenje vodnih resursa postaje još složenije (Petričec, Stanić, Tarnik, 2008.). Posebno otežava usvajanje ekološke mreže NATURA 2000, koja u velikoj mjeri pokriva vodna područja pogodna za energetsko korištenje.

U takvim uvjetima otežanog iznalaženja novih lokacija, Hrvatska elektroprivreda, kao dominantni energetski korisnik vodnog potencijala u Hrvatskoj, nastoji proširenje svojih kapaciteta temeljiti i na unapređenju efikasnosti i privođenju boljeg korištenja raspoloživih voda na već djelomično izgrađenim vodotocima. Kao primjer unapređenja korištenja voda su planovi dogradnje postojećeg hidroenergetskog sustava HE Senj i Sklope na slivovima rijeka Like i Gacke.

Aktivnosti na energetskom korištenju slivova rijeka Like i Gacke, najvećih ponornica u Hrvatskoj, započele su šezdesetih godina prošlog stoljeća. U prvoj fazi do 1966. godine završena je i puštena u rad hidroelektrana Senj, a nakon toga 1970. godine hidroelektrana Sklope s akumulacijskim jezerom Kruščica. Privođenje i energetsko korištenje voda rijeke Gacke na HE Senj omogućeno je izgradnjom niza hidrotehničkih građevina od manjih

brana, dovodnih kanala i tunela do kompenzacijskog bazena Gusić polje. Korištenje voda rijeke Like na HE Senj omogućeno je izgradnjom kompenzacijskog bazena Selište i dovodnog tunela do toka rijeke Gacke. Izgradnjom akumulacije Kruščica omogućena je djelomična regulacija bujičnog toka rijeke Like i korištenje njenih voda na HE Sklope i HE Senj. Dio neiskorištenih voda Like danas otječe u ponorske zone Lipovog polja. Izgradnjom hidroenergetskog sustava na slivovima Like i Gacke osim proizvodnje električne energije ostvarene su i određene druge koristi, kao što je smanjenje rizika od poplava u nizvodnom području te omogućavanje opskrbe vodom Sjevernog primorja.
Do danas je razmatrano više mogućih rješenja dogradnje sustava, radi boljeg korištenja voda Like i Gacke, ali su najdetaljnije razrađena rješenja pribranske HE Kosinj i derivacijske HE Senj 2. Osim energetske proizvodnje izgradnjom jezera Kosinj na rijeci Lici nizvodno od HE Sklope omogućava se bolja regulacija protoka, a s time i privođenje većih količina u sliv Gacke. Izgradnjom postrojenja HE Senj 2 ostvaruju se mogućnosti proizvodnje vršne energije, te regulacija i osiguranje rezerve snage.
Prva istraživanja na unapređenju korištenja voda slivova rijeka Like i Gacke su provedena u okviru studije (Elektroprojekt, 1983.), nastavljena su izradom idejnog projekta (Elektroprojekt, 1989.) te dodatnim ekonomsko tehničkim analizama (Elektroprojekt, 1999.). Dogradnjom sustava uz minimalne zahvate u prostoru trebao bi se s jedne strane povećati stupanj korištenja voda, a s druge omogućiti proizvodnja kvalitetnije energije.
Polazište za razmatranja unapređenja korištenja voda je utvrđivanje raspoloživih količina u proteklom razdoblju, stanje danas i mogući trendovi u budućnosti, što je detaljno obrađeno u okviru studija (Institut za elektroprivredu i energetiku, 1997., 2014., 2015.).
Sagledavajući projektna rješenja i problematiku utjecaja na režim voda i vodne ekosustave, prema danas važećim kriterijima, može se bez ulaženja u detaljnije analize zaključiti, da se dogradnjom planiranog sustava, značajno ne narušavaju postavljeni kriteriji očuvanja postojećeg stanja voda i o vodi ovisnih ekosustava. Izgradnjom sustava HE Senj 2, bitno se ne zadire u prostor i režim površinskih voda, a dionica rijeke Like nizvodno od brane Sklope već danas ispunjava uvjete jako promijenjenih vodnih cjelina, za koje su ublaženi kriteriji gospodarskog korištenja voda.
U okviru rada će se dati prikaz raspoloživosti voda na slivovima Like i Gacke, postignuti stupanj korištenja i mogućnosti energetske proizvodnje planiranog hidroenergetskog sustava HE Kosinj i HE Senj 2.

2. HIDROENERGETSKE GRAĐEVINE NA SLIVOVIMA LIKE I GACKE

Hidroenergetski sustav Senj i Sklope sastoji se od većeg broja povezanih građevina koje se protežu od akumulacije Krušćica na rijeci Lici, do izlazne građevine HE Senja. Nasutom branom, kojom se formira akumulacija Kruščica, usporavaju se vode Like i koriste na pribranskoj elektrani Sklope i nizvodnoj glavnoj u sustavu HE Senj. Akumulacija Kruščica ima korisni volumen 128 mil.m^3 kod najvećeg radnog vodostaja 554,0 m n.m. (oko 18% srednjeg godišnjeg volumena dotoka, prema srednjem godišnjem protoku Like od 23,48 m^3/s u razdoblju 1971.-2014.). Radi izrazito bujičnog dotoka Like (maksimalni srednji dnevni dotoci do 575 m^3/s), akumulacija Kruščica omogućuje samo djelomično izravnanje dotoka tako da se dio voda prelijeva. Instalirani protok HE Sklope je 45 m^3/s, a instalirana snaga 22,5 MW. U sklopu brane Sklope nalaze se preljev i temeljni ispust

maksimalnog kapaciteta 1.300 m^3/s, odnosno 85 m^3/s.
Nizvodno od brane Sklope, rijeka Lika je pregrađena branom Selište, čime je njezin nadzemni tok odvojen od ponorskih zona, te je tunelom Lika – Gacka usmjerena prema HE Senj. U sklopu brane Selište nalazi se ulazna građevina tunela Lika-Gacka, dugog 10.477 m, protočnog kapaciteta 49 m^3/s, kojim se vode Like, ispuštene iz akumulacije Krušćica i međudotok između brana Sklope i Selište odvode u sliv Gacke kod čvora Šumečica. Glavni pritok Like na ovom dijelu toka je potok Bakovac.



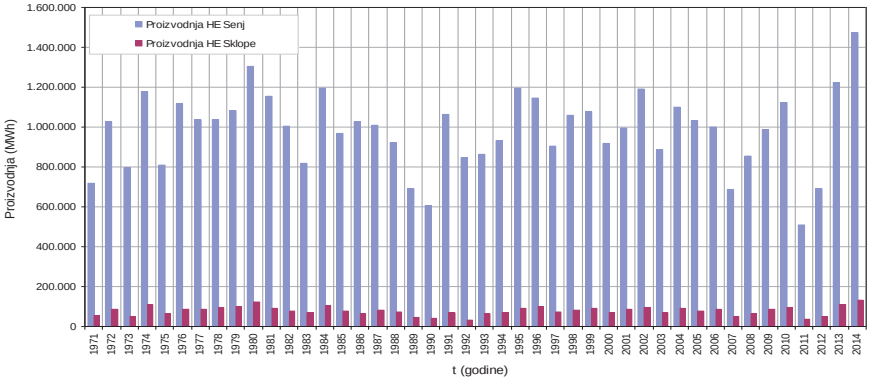
Slika 1.
Shematski prikaz hidroenergetskog sustava Senj i Sklope

U razdobljima velikih voda višak se prelijevanjem preko krune brane Selište odvodi prema ponorima na kraju Lipovog Polja. Volumen akumulacije Selište iznosi oko 3 milijuna m^3. Zahvat rijeke Gacke, ostvaren je pregrađivanjem njezinog korita branom Vivoze te usmjeravanjem prirodnog toka u kanal dužine 1,4 km, kojim se vode dovode u čvorište Šumećica, gdje se spajaju s vodama rijeke Like. Nasutom branom Vivoze pregrađuje se i zatvara sjeverni krak toka rijeke Gacke, čime se omogućuje dovod ukupnih količina vode Gacke prema Šumećici i dalje prema HE Senj. U njezinom lijevom boku smješten je temeljni ispust kapaciteta 12,0 m^3/s, kojim se u sjeverni krak korita Gacke, osim biološkog minimuma, u razdoblju velikih voda, remonta hidroelektrane ili radova u koritu propušta višak vode. Velike vode Gacke, koje se ne mogu energetski koristiti na HE Senj prelijevaju se preko brane Šumećica prema jezeru Donja Švica. Od čvora Šumečica vode Like i Gacke odvode se kanalom do ulaznog uređaja Gornja Švica, a dalje tunelom Gornja

Švica – Marasi i kanalom Marasi – Gusić Polje do akumulacije Gusić Polje. Derivacijski dovod od Šumečice do Gusić Polja ima protočni kapacitet od 60 m^3/s.
Kompenzacijski bazen Gusić Polje ostvaren izgradnjom obodnih nasipa, preljevne brane Gusić polje i glinenog tepiha, korisnog volumen 1,37 milijuna m^3 pri najvećem radnom vodostaju od 436,5 m n.m., služi za dnevno reguliranje protoka HE Senj. U desnom nasipu bazena izgrađena je brana Gusić Polje, preko koje se viškovi vode prelijevaju prema ponorima Gusić Polja. Kapacitet preljeva je 20 m^3/s.
Od ulazne građevine Gusić polje vode Like i Gacke odvode se tunelom Gusić polje - Hrmotine do vodne i zasunske komore, odakle se tlačnim cjevovodom dovode do turbina u strojarnici HE Senj i dalje odvodnim tunelom i izlaznom građevinom u Jadransko more.
Na kraju dovodnog tunela, kod vodne komore, nalazi se zahvat za vodoopskrbni sustav Hrvatskog primorja i otoka južno od Senja. Za potrebe vodoopskrbe posljednjih desetak godina zahvaća se prosječno godišnje oko 155 l/s , naravno najviše tijekom ljetnog razdoblja.
Situacijski položaj objekata hidroenergetskog sustava Senj i Sklope dan je na slici 1.

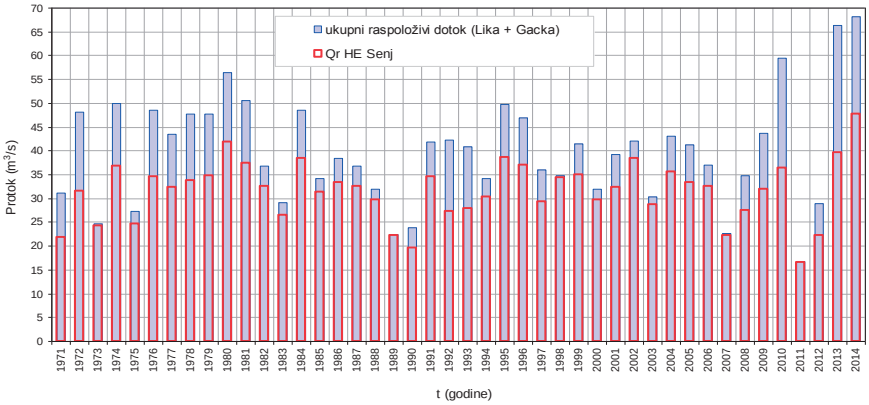
3. HIDROENERGETSKE ZNAČAJKE SUSTAVA HE SENJ I HE SKLOPE

Hidroenergetski sustav na slivovima rijeka Gacke i Like prvenstveno je namijenjen proizvodnji električne energije uz poštivanje uvjeta korištenja akumulacija, osiguranje minimalnih protoka za potrebe ekosustava te osiguranje voda za vodoopskrbu Hrvatskog primorja. Također akumulacija Krušćica utječe na smanjenje poplavnih rizika u nizvodnom području.
Rad hidroenergetskog sustava podređen je zahtjevima HE Senj, odnosno prema njemu postavljenim potrebama Elektroenergetskog sustava Hrvatske. HE Senj je opremljena s tri agregata ukupnog instaliranog protoka 60 m^3/s i snage 216 MW. U radu HE Senj se prvenstveno koriste vode rijeke Gacke, radi zanemarivih retencijskih prostora na slivu, a manjak se dopunjava dovođenjem tunelom voda Like. Zahvaljujući uravnoteženom režimu protoka, koji je posljedica velikog retencijskog kapaciteta krškog vodonosnika (Žugaj, 1981.) moguće je takvim radom energetski iskoristiti skoro sve raspoložive vode Gacke na HE Senj. Dio voda prosječno oko 0,15 m^3/s se upušta u Sjeverni krak Gacke za potrebe vodnih ekosustava, dok preljevi preko brane Šumečica prema jezeru Donja Švica prosječno iznose 0,34 m^3/s. U dovodnom sustavu postoje i određeni nekontrolirani gubici vode, a za potrebe vodoopskrbe se zahvaća oko 0,15 m^3/s.
Prosječna godišnja proizvodnja električne energije na HE Senj u razdoblju 1971.-2014. godine iznosila je 983 GWh, sa značajnim godišnjim varijacijama, kao što se vidi na slici 2. Najveća proizvodnja ostvarena je 2014. godine u iznosi od 1.474 GWh, a najmanja 2011. godine iznosi samo 510 GWh. Prema raspoloživim podacima za prosječnu godišnju proizvodnju električne energije HE Senj trebao bi punom snagom raditi oko 4550 sati. Postojeća izgrađenost omogućuje skoro potpuno energetsko korištenje voda rijeke Gacke, ali s druge strane otežava varijabilni rad HE Senj i bolje usklađivanje s potrebama Elektroenergetskog sustava Hrvatske.



Slika 2. Histogram godišnje proizvodnje energije HE Senj i HE Sklope

HE Sklope instaliranog protoka 45 m^3/s i snage 22,5 MW u razdoblju 1971.-2014. godina ostvarila je prosječnu godišnju proizvodnju električne energije od 78,0 GWh. Najveća je bila 2014. godine u iznosu od 130 GWh, a najmanja 1992. u od 36,9 GWh, kao što je prikazani na histogramu slike 2.



Slika 3. Hidrogram srednjih godišnjih dotoka i iskoristivosti voda na HE Senj

Svojim se radom HE Sklope s jedne strane usklađuje s potrebama za vodom HE Senj, a s druge vodoprivrednim zahtjevima vezanim za bujični režim dotoka rijeke Like u akumulacijsko jezero Kruščica. U pravilu za potrebe rada HE Sklope u akumulaciji Kruščica se u većem dijelu godine nastoji održavati maksimalni radni vodostaj, a prazni se u jesenskom dijelu godine za prihvat velikih voda u zimskom razdoblju. Prema raspoloživim podacima vodostaji u akumulacijskom jezeru Kruščica su se uglavnom kretali od 532 – 547 m n. m., odnosno prosječno 541 m n.m., što je za oko 13 m niže od maksimalne radne kote od 554,0 m n.m.

Uvažavajući bujični režim dotoka Like i potrebe HE Senj, za proizvodnju električne energije na HE Sklope koristi se oko 80% ukupnog dotoka Like u akumulacijsko jezero Kruščica. Preostali dio najvećim dijelom čine gubici prelijevanja (Institut za elektroprivredu i energetiku, 2014., 2015.) prema ponorskim zonama u Lipovom polju.

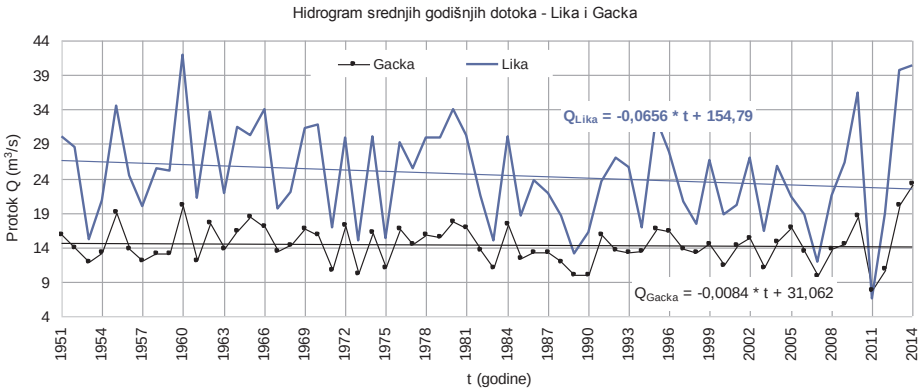
Ti preljevni gubici utječu na smanjenje stupnja korištenja voda na HE Senj.
Temeljem usvojenog hidrološkog niza za razdoblje 1971.-2014. godine (Institut za elektroprivredu i energetiku, 2015.) u ukupnom raspoloživom dotoku sustava HE Senj u iznosu od 39,82 m^3/s, dotok Like do brane Selište čini 66 % (26,39 m^3/s), a dotok Gacke u profilu Šumečica, umanjen za gubitke na dionici od čvora Šumečica do kompenzacijskog bazena Gusić polje čini 34% (13,43 m^3/s). Od toga je na HE Senj iskorišteno za proizvodnju električne energije 79,3%, dok ostatak najvećim dijelom čine preljevi. Na slici 3 prikazani su godišnji podaci o korištenju voda slivova Like i Gacke na HE Senj.
Prema navedenom može se zaključiti da dogradnja hidroenergetskog sustava na slivovima Like i Gacke treba s jedne strane u većoj mjeri omogućiti varijabilni rad postrojenja HE Senj, a s druge smanjiti preljeve na Selištu i gubitke vode u ponorskim zonama. Unapređenje upravljanja i korištenje meteoroloških i hidroloških prognoza u određenoj mjeri može samo unaprijediti korištenje voda, ali ne može bitno utjecati na stupanj energetske iskoristivosti.

4. PLANOVI RAZVOJA HIDROENERGETSKOG SUSTAVA

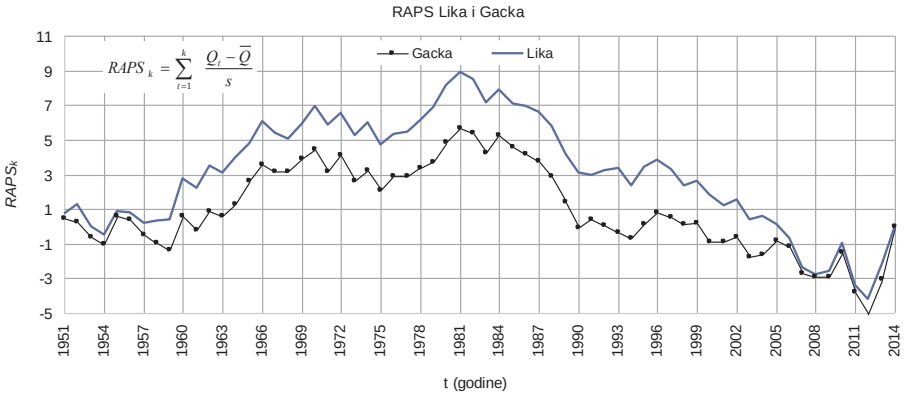
4.1. Hidrološke prilike na slivu Like i Gacke

Najvažnija komponenta u upravljanju vodama na nekom slivu je što pouzdanije utvrđivanje režima voda. Za pojedine točke slivova Like i Gacke postoje relativno dugi nizovi podataka o protocima. Za lokaciju HE Sklope već od 1930. godine (Bonacci, Andrić, 2009.). Hidrološke obrade su pokazale veliki stupanj nehomogenosti tih nizova. Dio poremećaja je svakako posljedica izgradnje hidroenergetskog sustava šezdesetih godina, ali u najvećoj mjeri na nehomogenost su utjecale klimatske promjene u drugoj polovici dvadesetog stoljeća.
Prema podacima (Bonacci, Andrić, 2008.) od druge polovice prošlog stoljeća dotoci Like u profilu Sklope se značajno smanjuju. U razdoblju 1930.-1944. godine dotoci su iznosili 32,04 m^3/s, da bi u razdoblju 1945.-1981. godine pali na 25,89 m^3/s, a nakon toga u razdoblju 1982.-2005. godine se smanjili na 21,89 m^3/s. Bez obzira na točnost navedenih podataka može se zaključiti postojanje negativnog trenda. Na takav negativan trend količina otjecanja u razdoblju 1961.-2009. godine za više vodotoka jadranskog sliva ukazano je i u radu (Petričec i dr., 2011.).
Promjene trendova hidroloških nizova, koje su se dešavale od druge polovice dvadesetog stoljeća unijele su nedoumice u ocjenu boniteta energetskih rješenja na slivovima Like i Gacke. Radi toga su posljednjih godina provedena opsežna hidrološka istraživanja za razdoblje od 1951. godine (Institut za elektroprivredu i energetiku Zagreb, 1997.), temeljem podataka mjerenja na hidrološkim stanicama i građevinama hidroenergetskog sustava (Institut za elektroprivredu i energetiku Zagreb, 2014. 2015.). Na slici 4 prikazani su rezultati obrada u obliku godišnjih hidrograma dotoka Like na profilu akumulacijskog jezera Kruščica i Gacke u čvor Šumečica. U razdoblju 1951.-2014. godine prosječni protok rijeke Like u profilu Kruščica iznosi 24,6 m^3/s, a Gacke u profilu Šumečica 14,4 m^3/s.
Da bi se vizualno istaknule promjene ciklusa hidroloških nizova, provedena je obrada promjenom RAPS metode (Rescaled Adjusted Partial Sums) (Garbrecht i Fernandez, 1994.), čiji je rezultat prikazan na slici 5. Na slici se ističu dva razdoblja, prvo bogato vodom od sredine pedesetih godina do početka osamdesetih i drugo sušno razdoblje

do kraja prošlog desetljeća. Unutar toga razdoblja od nešto više od šezdeset godina ističe se nekoliko vodnih i sušnih razdoblja (na primjer od kraja šezdesetih do početka osamdesetih). Ovisno o razdoblju koje je korišteno u hidrološkim analizama, dobivali su se optimistički ili pesimistički zaključci vezani za raspoložive količine voda, odnosno isplativost rješenja dogradnje sustava. Ukoliko se pretpostavi trajanje hidrološkog ciklusa od oko šezdesetak godina u narednim godinama se ne treba očekivati smanjenje dotoka jer je na redu vodnije razdoblje, kao što pokazuju podaci za 2010., 2013. i 2014. godinu.

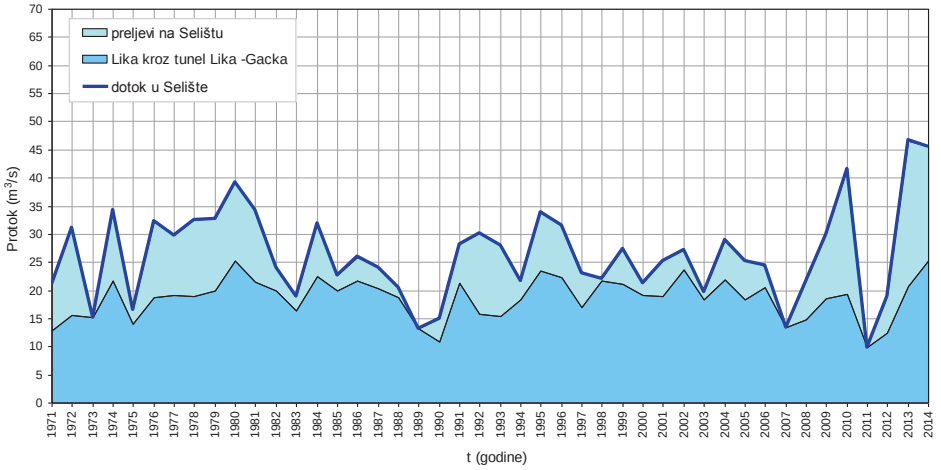


Slika 4. Hidrogram srednjih godišnjih dotoka Like na profilu Kruščica i Gacke na profilu Šumečica (1951.-2014.)



Slika 5. Vizualizacija klimatskih ciklusa dotoka Like u profil Kruščica i Gacke u čvor Šumečica u razdoblju 1951.-2014.

Kao mjerodavno za hidrološke obrade i valorizaciju sustava dogradnje odabrano je razdoblje 1971.-2014. godina. Srednji protoci Like na profilu Kruščica iznose 23,5 m^3/s i 14,14 m^3/s Gacke na profilu Šumečica. Protok Like je manji za oko 1 m^3/s od protoka određenog za razdoblje 1951.-2014. godina što se dijelom može pripisati i gubicima nakon izgradnje te u dovodnom sustavu.



Slika 6. Hidrogram srednjih godišnjih dotoka i preljeva u bazena Selište

Za razdoblje 1971.-2014. godine na slici 6 dani su pokazatelji godišnje bilance voda rijeke Like u čvoru Selište s obzirom na značaj za mogućnost dodatne proizvodnje električne energije. Ukupni dotok u bazen Selište od 26,39 m^3/s čine ispuštanja iz HE Sklope i međudotok. Sukladno potrebama i dotoku rijeke Gacke, prosječno se godišnje oko 70,4% voda Like iskoristi za proizvodnju energije HE Senj, dok se preostale količine od oko 247 milijuna m^3 danas energetski gube i otječu prema ponorskim zonama Lipovog polja.

4.2 Energetski doprinos HE Kosinj i HE Senj 2

Iako je moguće na više načina unaprijediti energetsko korištenje voda na slivovima rijeka Like i Gacke na projektnoj razini je obrađeno samo rješenje s izgradnjom HE Kosinj i HE Senj 2. Početne analize takvog rješenja već su naznačene u studiji (Elektroprojekt, 1983.), gdje je razmatrano rješenje za smanjenje gubitaka vode iz bazena Selište u ponorske zone Lipovog polja. Analizirana su rješenja s izgradnjom nekoliko akumulacija uzvodno od akumulacije Kruščica ili izgradnjom akumulacije nizvodno od Kruščice, koje je odabrano kao povoljnije.

Vezano za unapređenje kvalitete proizvedene električne energije u postojećem sustava HE Senj i Sklope predlaže se uz postojeću izgradnja HE Senj 2. Naime kod postojeće HE Senj oko dvije trećine proizvodnje čini temeljna energija što je izrazito nepovoljno za tako kvalitetan izvor električne energije. Povećanjem kapaciteta izgradnjom HE Senj 2 omogućio bi se varijabilni rad sustava i proizvodnja kvalitetnije energije (Institut za elektroprivredu i energetiku, 2015.).

Prema usvojenom planu nizvodno od HE Sklope se predviđa akumulacijsko jezero Kosinj korisnog volumena 320 milijuna m^3 i raspona energetskog korištenja od 530 – 495 m n.m. Proizvodnju električne energije osigurale bi dvije Kaplan turbine instaliranog protoka 50 m^3/s projektirane za različite padove. Turbina za uspore u jezeru od 530 – 512 m n. m. je snage 22 MW, a za kote uspora od 512 – 495 m n.m. je snage 13 MW. Radi utjecaja uspora akumulacije Kosinj na donju vodu, predviđa se smanjenje proizvodnje HE Sklope za oko 20%.

U okviru projekta HE Senj 2 predviđeno je povećanje volumena kompenzacijskog bazena u Gusić polju, kako bi se omogućilo dnevno izravnanje dotoka i vršni rad HE Senj 2. Postrojenje HE Senj 2 je predviđeno s dvije Francis turbine ukupnog instaliranog protoka oko 90 do 100 m^3/s i nazivne snage između 360 - 380 MW.
Prema rezultatima simulacijskog modela (Institut za elektroprivredu i energetiku Zagreb, 2015.) dogradnjom sustava smanjuju se energetski neiskorištene vode Like i Gacke, te omogućava bolje prilagođavanje rada potrebama Elektroenergetskog sustava Hrvatske. Za navedene parametre HE Kosinj i HE Senj 2 procijenjeni preljevi na bazenu Selište se smanjuju za više od 90%, a ukupna proizvodnja sustava povećava za oko 25%. Iako HE Senj 2 ima zanemarivi učinak na količinu proizvedene energije bitno mijenja kvalitetu energije. Umjesto samo 30% moguće proizvodnje vršne električne energije u postojećem sustavu, izgradnjom HE Senj 2, prema rezultatima modeliranja, proizvodnja vršne energije se povećava na 95%. Također izgradnjom Senja 2 Elektroenergetski sustav dobiva dodatni izvor od 342 MW.
Osim energetskih pokazatelja dogradnjom sustava ostvaruje se veći stupanj zaštite poplavnog područja Lipovog polja i doline potoka Bakovca. Ostvaruju se preduvjeti za razvoj sustava odvodnje i navodnjavanja uz kompenzacijski bazen Selište u Lipovom polju. Što se tiče vodoopskrbe Sjevernog primorja (naselja od Senja do Karlobaga uključivo otoke Rab i Pag) povećava se sigurnost vodoopskrbe i olakšava usklađivanja potreba održavanja građevina i zahtjeva za vodom tijekom ljetnog razdoblja.

ZAKLJUČAK

Unapređenje korištenja voda Like i Gacke razmatrano je u više studijskih i projektnih rješenja u posljednjih tridesetak godina. Provedene hidrološke obrade tijekom 2014. i 2015. godine pouzdanije su ukazale na cikličnost nizova dotoka Like i Gacke te omogućile pouzdaniju prognozu sušnih i vodnih razdoblja na slivovima.
Temeljem hidrološkog niza dotoka za razdoblje 1971. – 2014. godine, za proizvodnju električne energije na HE Sklope koristi se oko 80% ukupnog dotoka Like u akumulacijsko jezero Kruščica. U istom razdoblju na HE Senj iskorišteno je 79,3% ukupnog dotoka Like i Gacke za proizvodnju električne energije, dok su ostatak najvećim dijelom gubici prelijevanja.
Sukladno potrebama i dotoku rijeke Gacke, prosječno se godišnje oko 70,4% voda Like iskoristi za proizvodnju energije na HE Senj, dok se preostale količine od oko 247 milijuna m^3 danas energetski gube i otječu prema ponorskim zonama Lipovog polja. Iz navedenih podataka vidljiva je mogućnost unaprjeđenja energetskog korištenja voda na promatranim slivovima.
Uvažavajući usvojeni hidrološki niz dotoka za razdoblje 1971.-2014. godina, modeliran je mogući energetski doprinos dogradnje postojećeg hidroenergetskog sustava na slivovima Like i Gacke. Planirana dogradnja uključuje akumulacijsko jezero u HE Kosinj nizvodno od postojeće HE Sklope te HE Senj 2 uz postojeće rješenje. Dogradnjom sustava omogućuje se energetsko korištenje skoro 97,5% voda na slivu Like i Gacke, čime se povećava proizvodnja električne energije za oko 25%. Prema rezultatima modeliranja rješenje omogućuje značajno povećanje proizvodnje vršne energije u sustavu s današnjih 30% na 95%. Osim proizvodnje električne energije Elektroenergetski sustav dobiva oko 342 MW dodatne snage.

Temeljem navedenih energetskih pokazatelja u okviru studije izvedivosti će se u konačnosti provjeriti isplativost dogradnje sustava na slivovima rijeka Like i Gacke.

LITERATURA

[1] Bonacci, Andrić I. (2009.): *Zajednička hidrološka analiza Like i Gacke*, Hrvatske vode 17(2009): 1-12.

[2] Garbrecht, J., Fernandez, G.P. (1994.): *Visualization f trends fluctuations in climatic record*, Water Resources Bulletin 30(2): 297-306.

[3] Elektroprojekt Zagreb (1983.): *Optimalno korištenje voda u slivovima rijeka Like i Gacke*.

[4] Elektroprojekt Zagreb, (1989.): *Idejni projekt HES Kosinj*.

[5] Elektroprojekt Zagreb, (1999.): *HES Kosinj - Analiza opravdanosti promjene projektnih veličina*.

[6] European Commission (2000.): *Water Framework Directive*, 2000/60/EC:

[7] Institut za elektroprivredu i energetiku; Zagreb (1997.): P*roduljivanje nizova dnevnih protoka i hidrološko bilanciranje HES Senj i Sklope*

[8] Institut za elektroprivredu i energetiku d.d., Zagreb (2014): *Obrada i analiza meteoroloških i hidroloških podataka i izrada bilance voda slivnog područja rijeka Like i Gacke – Podloge za projektnu dokumentaciju HES Kosinj i HE Senj 2*

[9] Institut za Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb (2015.): *Produljivanje hidrološkog niza srednjih dnevnih protoka sustava HES Senj*

[10] Institut za elektroprivredu i energetiku; Zagreb, (2015): *Model upravljanja vodama u slivu Lika-Gacka i energetske analize planirane dogradnje sustava HES Senj*

[11] Petričec, M., Nedjeljko, Š.: (1993.): *Hidroenergetski potencijal i problemi daljnjeg razvoja korištenja vodnih snaga*, Hrvatske vode, 1,1, 13-16.

[12] Petričec M., Stanić Z., Tarnik T.: (2008.): *Possible Impact of EU Water Framework Directive on Energy Utilization of Water Resources of Croatia*, Annuall 2008 of Croatian Academy of Engineering, str. 161-178.

[13] Petričec, M., Švonja, M., Ivanković, I., Ričković, V. (2011.): *Režimi oborina i otjecanja na području dalmatinskih slivova*, 5. Hrvatska konferencija o vodama, Hrvatske vode , Zagreb, str. 237-248.

[14] Žugaj, M. (1981.): *Posebne analize u hidrotehnici*, Građevinski institut, Monografija br.2, Liber, Zagreb, 140

AUTORI

Tanja Lubura Matković [a]
dr. sc. Mladen Petričec [b]
Tomislav Tomić [c]
Ivana Bartolić [b]

[a] Institut za elektroprivredu i energetiku, d.d. Zagreb, Hrvatska, tanja.lubura@ie-zagreb.hr

[b] Tehničko veleučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska, mladen.petricec@tvz.hr; ivana.bartolic@tvz.hr

[c] Hrvatska elektroprivreda d.d., Zagreb, Hrvatska, tomislav.tomic@hep.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.26.

EROZIJA HIDROTEHNIČKIH NASIPA U UVJETIMA PRELIJEVANJA PREKO KRUNE

Goran Gjetvaj, Jadran Berbić, Filip Gjetvaj

SAŽETAK: U okviru sustava obrane od poplava grade se hidrotehnički nasipi s ciljem sprječavanja plavljenja u uvjetima prolaska velikih vodnih valova. U uvjetima kada razina vode u vodotoku postane viša od kote krune nasipa dolazi do prelijevanja te se na zaobalnom pokosu javlja tečenje s relativno velikim brzinama na što nasipi nisu dimenzionirani. Uslijed prelijevanja može doći do progresivne erozije tijela nasipa i formiranja otvora a posljedično tome i plavljenja zaobalja. U dosadašnjoj inženjerskoj praksi zaštita nasipa i brana izloženih eroziji vode rađena je uglavnom kamenim ili betonskim blokovima. Suvremeniji pristup povećanju otpornosti nasipa zasniva se na korištenju geosintetika. Laboratorijska istraživanja na fizikalnom modelu provedena u hidrotehničkom laboratoriju Građevinskog fakulteta u Zagrebu pokazala su učinkovitost trodimenzionalnih pletiva u povećanju dopuštenih posmičnih naprezanja na pokosima hidrotehničkih nasipa. Osim vlastitih istraživanja u radu su prikupljeni i sistematizirani podaci objavljeni u literaturi.

KLJUČNE RIJEČI: hidrotehnički nasipi, prelijevanje, geosintetici, zaštita zaobalnog pokosa nasipa

STABILITY OF HYDROTECHNICAL EMBANKMENTS ON OVERFLOW

SUMMARY: In flood protection systems, hydrotechnical embankments are built for flood prevention in the conditions of passage of large flood waves. When the water level in the watercourse becomes higher than the level of the embankment crest, overflow occurs and relatively high water velocities occur on the downstream slope for which the embankments are not dimensioned. Because of the overflow, progressive erosion of the embankment body, and possibly formation of openings in the embankment and the resulting flooding of surrounding area may occur. In the previous engineering practice, protection of embankments and dams exposed to hydraulic erosion is performed mainly with stone or concrete blocks. A more modern approach to increasing the resistance of embankments is based on the use of geogrids. Laboratory researchs of the hydraulic model carried out in the hydraulics laboratory of the Faculty of Civil Engineering in Zagreb showed that geogrids with three dimensional cells are efficient protection for enlargement of maximum allowed shear stress on embankment slopes. Beside the results of personal research,

the paper also contains collected data from literature.

KEY WORDS: hydrotechnical embankments, overflow, geogrids, protection of downstream slope

1. UVOD

Nasipi općenito, bez obzira za koju svrhu su rađeni, imaju samo određenu razinu sigurnosti i podložni su propadanju. Zbog toga mogu zakazati pod djelovanjem raznih mehanizama, posebno s velikom vjerojatnošću zakazivanja pod djelovanjem ekstremnih uvjeta. Većina ih je od erodibilnog prirodnog materijala. Najčešći uzroci formiranja otvora u nasipu su prelijevanje, cijevljenje (eng: *piping*) i hidraulički slom temeljnog tla. Prelijevanje i cijevljenje su procesi koji uzroku postepeno povećanje otvora dok hidraulički slom tla uzrokuje relativno brzo formiranje otvora (Wu, 2011.).



Slika 1. Prelijevanje i nastanak otvora kod mjesta Otok Virje 2012. godine

U okviru ovog rada je istražena mogućnost smanjenja vjerojatnosti formiranja otvora u nasipu uslijed prelijevanja. Prvenstveni cilj inženjera je da projektira nasip tako da i pri najnepovoljnijim hidrološkim uvjetima određene vjerojatnosti pojavljivanja ne dođe do prelijevanja. Kako se hidrološko-hidraulički uvjeti u koritu mijenjaju tokom vremena, a i određivanje parametara koji ulaze u hidrološke modele su ograničene pouzdanosti, svjedoci smo da pri prolasku velikih vodnih valova na našim rijekama povremeno dolazi do prelijevanja preko krune nasipa i posljedično do formiranja otvora.

Da bi se mogli projektirati sigurniji nasipi potrebno je poznavati mehanizme formiranja otvora koji se sagledavaju na fizikalnim modelima u laboratoriju i mjerenjima u prirodi. Rezultati mjerenja su podloga za izradu odgovarajućih numeričkih modela.

Dosad su razvijeni numerički modeli koji služe za određivanja količine vode koja se prelijeva preko nasipa kao i modeli za računanje protoka kroz otvor koji se uslijed hidrauličke erozije tokom vremena postepeno povećava. Numerički modeli mogu predvidjeti brzinu i intenzitet formiranja otvora u nasipu ovisno o njegovoj konstrukciji. Protok preko i kroz nasip ima za posljedicu plavljenje područja uz vodotok ili akumulaciju te posljedično uzrokuje materijalnu štetu a može doći i do ljudskih žrtava. Na opisani način dobiva se procjena rizika i štete od poplava za razne inženjerske varijante konstrukcije nasipa (Zhu, 2006.).

Spoznaje vezane uz prelijevanje preko nasipa i formiranje otvora mogu poslužiti i

prilikom projektiranja nasipa za koje je dozvoljeno prelijevanje ali je nužno spriječiti nastanak otvora. Primjer takovih nasipa su nasipi u nenaseljenim ili manje intenzivno obrađivanim poljoprivrednim područjima koja su u uvjetima ekstremno velikih vodnih valova predviđena za plavljenje kako bi se minimizirala šteta od poplava (Wu, 2011.; Pugh, 1985.).

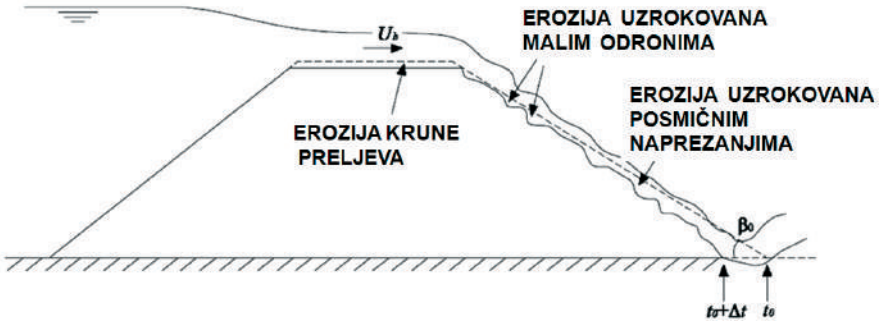
2. HIDRAULIČKA EROZIJA I ZAŠTITA NASIPA

2.1. Hidraulička erozija uslijed prelijevanja

Promatranjem laboratorijskih ispitivanja i stvarnih slučajeva erozija zaključeno je da postoji značajna razlika između erozije koherentnih i nekoherentnih tala. Kod nekoherentnih tala prevladava površinska erozija (pronos sedimenta kao dispergiranih čestica) dok kod koherentnih tala prevladava rezna erozija – nastanak i odvajanje vertikalnog ili približno vertikalnog odloma materijala nasipa. Također i dobro zbijeni nekoherentni materijali mogu erodirati u procesu rezne erozije. Nastajanje otvora često je popraćeno lateralnom erozijom i odvajanjem mase „bočnih zidova“. Kad se ispere kruna nasipa, protok kroz otvor počne sve brže rasti, otvor postaje niži i širi se sve brže (Wu, 2011.).

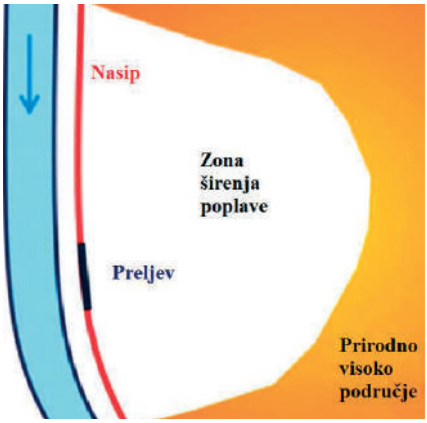
2.2. Prva faza formiranja otvora uslijed prelijevanja

Postoji niz numeričkih modela koji opisuju nastanak otvora a u prvom redu razlikuju se po tome da li su parametarski ili fizikalno zasnovani. Paramaterski modeli uglavnom sadrže jednadžbu protoka kroz otvor koji ovisi o vremenski promjenjivoj geometriji otvora. Promjena geometrije se najčešće dobiva statističkom obradom zabilježenih lomova brana. Fizikalno zasnovani modeli računaju povećanje otvora i protoka, na osnovu jednadžbi kojima je definiran, za brzinu u nejednolikom tečenju, istjecanje kroz otvor, pronos nanosa i geomehaničke karakteristike tla. Obično je proces nastanka otvora u tim modelima, ovisno o trenutnim karakteristikama otvora i prevladavajućim mehanizmima, podijeljen u više faza. Primjerice Visser (1998.) opisuje 5 faza nastanka otvora u pješčanim nasipima, Zhu (2006.), po uzoru na Vissera, također koristi 5 faza za glinene nasipe, Hanson et al. (2005.) dijele nastanak otvora u koherentnim tlima na 4 faze itd. Kada kota vode prijeđe krunu nasipa, uspostavlja se tečenje sa sljedećim karakteristikama: tok na kruni nasipa prelazi iz mirnog u siloviti režim dok je na nizvodnom pokosu, zbog velike strmosti, tok silovit. Duž pokosa se formira depresiona krivulja vodnog lica te voda ubrzava a od točke adaptacije pa naniže, tok postaje jednolik. Ako je duljina pokosa manja od duljine adaptacije, tok na cijeloj duljini pokosa nejednolik. Najveći erozijski potencijal tok ima u blizini nožice nasipa, odnosno u području od točke koja označava duljinu adaptacije do nožice nasipa. U realnoj situaciji pri prelijevanju vode preko nasipa, početna točka erozije može biti bilo gdje, ovisno o specifičnoj situaciji. Zhu (2006.), kad su u pitanju koherentni materijali, navodi da je početak erozije povezan sa slabim točkama u čvrstoći (Zhu, 2006.; Visser, 1998.; Hanson et al., 2005.).



Slika 1. Prelijevanje preko krune nasipa u prvoj fazi formiranja otvora

Dobro projektiran i sagrađen nasip treba biti otporan na hidrauličku eroziju uzrokovanu prelijevanjem jer se time izbjegava formiranje otvora koje znatno povećava protok prema zaobalju te produljuje njegovo trajanje sve dok se razina u vodotoku ne spusti ispod kote temelja nasipa. Iz tog razloga je provedeno niz ispitivanja mogućnosti povećanja otpornost nizvodnog pokosa nasipa na hidrauličku eroziju.
Povećanje otpornosti nasipa na hidrauličku eroziju je posebno važno kod sigurnosnih preljeva koji omogućuju kontrolirano prelijevanje iz vodotoka u područja u kojima je šteta od plavljenja relativno mala. Na taj način se smanjuje protok (i razine) nizvodno od preljeva a time i vjerojatnost prelijevanja i formiranje otvora blizu gusto naseljenih područja. Očekuje se da su ovi preljevi relativno rijetko u funkciji (CIRIA,2013.)

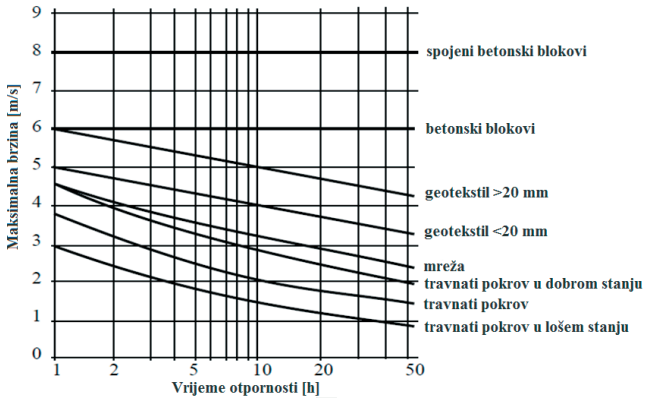


Slika 2. Primjer sigurnosnog preljeva kojim se rasterećuju velike vode (prema Degoutte et al., 2012.)

2.3. Zaštita nizvodnog pokosa nasipa

Na erodibilnost materijala nasipa utječe sama ugradnja nasipa. Hanson et al. (2010.) su ispitivanjem laboratorijskih i terenskih uzoraka zaključili da tekstura, vlažnost pri zbijanju i energija zbijanja imaju bitan utjecaj na erodibilnost materijala. Tako se naprimjer kod

sitnozrnatih materijala postizanjem flokulirane strukture može dobiti veća otpornost nego u slučaju dispergirane strukture. Kod krupnozrnatih materijala bitna je gradacija jer se tako postiže bolja ispunjenost pukotina, veća zbijenost, veća gustoća i otpornost na eroziju. Dobra ugradnja materijala podrazumijeva i bolje zaglađene (ravnije) plohe a time i manju vjerojatnost da dođe do hidrauličke erozije.

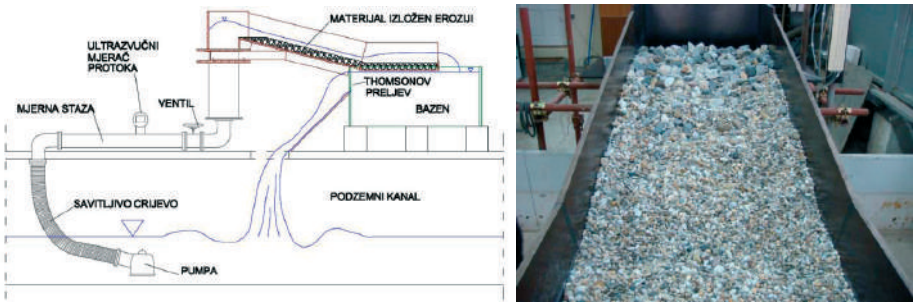


Slika 3. Maksimalne dopuštene brzine za stabilnost nasipa u funkciji vremena u uvjetima stacionarnog preljevanja (Hewlet et all in CIRIA)

Postoji više mogućnosti zaštite pokosa od erozije. ASCE preporuča sljedeće načine zaštite: ojačana vegetacija, valjkom zbijani beton, zemljani cement, beton lijevan na licu mjesta, betosnke blokove za zatravljivanje, geotekstil, rip-rap i gabione. Ojačana vegetacija (eng: *high performance turf reinforcement mat*) podrazumijeva korištenje pletiva koji zajedno s vegetacijom povećavaju dopuštena posmičnog naprezanja na pokosu. Betonski blokovi sa zatravljivanjem imaju otvore kroz koje raste vegetacija i time dodatno doprinosi čvrstoći stvarajući ujedno i dobar estetski ugođaj (Scholl et al., 2009.). ILI team (2006) navodi da se jednostavnim zatravljivanjem otpornost na eroziju može povećati za 30%. Rasel et al. (2011.) pokazali su da se zatravljivanjem, s određenim vegetacijama, otpornost može povećati i za 60-70%.

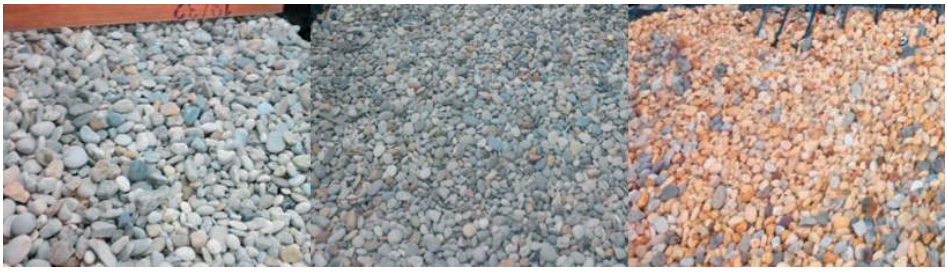
2.4. Fizikalni model hidrauličke erozije

U hidrotehničkom laboratoriju Zavoda za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Zagrebu izgrađen je fizikalni model nizvodnog pokosa nasipa s ciljem da se provjeri učinkovitost pletiva u povećanju otpornosti na hidrauličku eroziju. Model se sastoji od crpke kapaciteta 30 l/s koja iz kanala tlači vodu do umirivača koji ravnomjerno distribuira vodu na uzvodnu stranu pokosa nasipa. Protok se mjeri ultrazvučnim mjeračem (slika 4. lijevo). Pokos je nagiba 1:4, na njega je postavljena stabilna podloga od tucanika, na koju je potom postavljen materijal koji je izložen erodibilnom djelovanju vode (slika 4. desno).



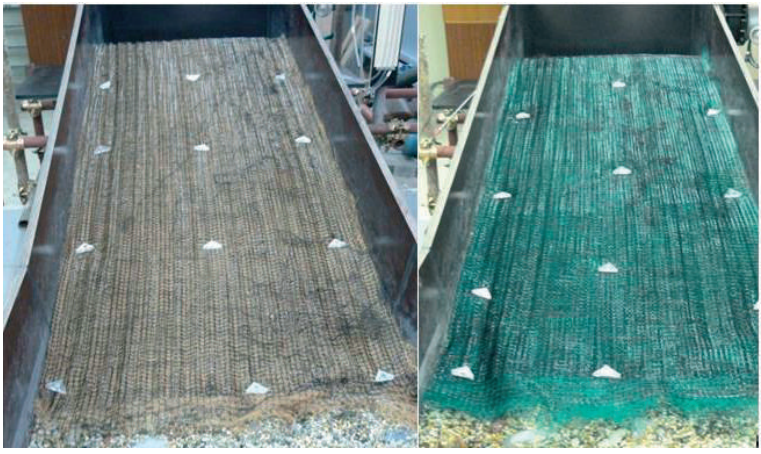
Slika 4.Shematski prikaz modela (lijevo); postavljena frakcija šljunka 8-16 mm (desno)

Ispitivan je nezatravljen, nekoherentni šljunčani materijal kao materijal koji je vrlo podložan hidrauličkoj eroziji. Materijal izložen eroziji prvo je bio šljunak frakcije 8-16 mm a potom šljunak frakcije 16-32 mm (Slika 5).



Slika 5. Šljunak podvrgnut testu stabilnosti pri preljevanju

Materijal koji je podvrgnut ispitivanju ugrađen je na stabilnu podlogu, na njega je učvršćeno trodimenzionalno pletivo te je položen još jedan sloj ispitivanog materijala. Pletivo je sidrima učvršćeno za podnicu modela (Slika 6.)



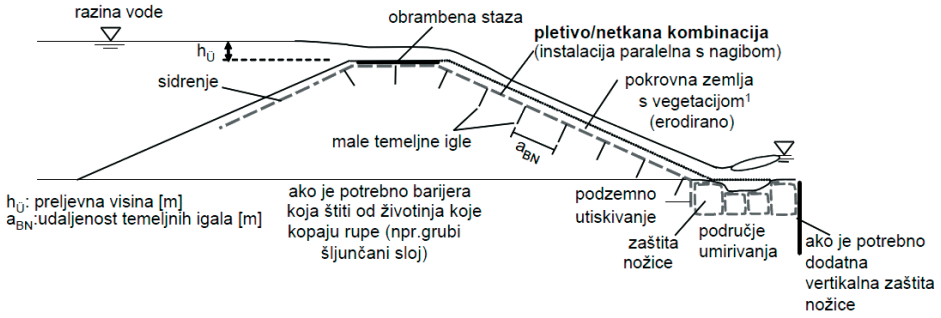
Slika 6. Pletivo RECP M5 ® (lijevo) i RECP M6 ® (desno) učvršćeno sidrima na podnicu modela (8.2 sidra/m²)

Nakon ugradnje materijala u model postepeno je povećavan protok. Na modelu je mjeren protok pri kojem počinje erozija šljunčanog sloja iznad pletiva te se promatralo da li će doći do oštećenja pletiva i slojeva ispod njega što bi u naravi značilo da počinje I faza formiranja otvora.
Mjerenja su pokazala da erozija ugrožava stabilnost nezaštićenog sloja šljunka već pri brzinama od 2 m/s (Slika 7. lijevo) dok pletivom zaštićeni sloj nije doživio oštećenja niti pri brzinama većim od 4,70 m/s. (Slika 7. desno)



Slika 7. Početak erozije nezaštićenog materijala (lijevo) i stabilnost zaštićenog šljunka i nakon izloženosti brzinama od 4,7 m/s (desno)

Može se zaključiti da pletiva značajno povećavaju otpornost zaobalnog pokosa na hidrauličku eroziju u uvjetima prelijevanja. Jednostavna a učinkovita ugradnja pletiva je prikazana na slici 8.



Slika 8. Zaštita pokosa zaobalnog nasipa od preljevanja ugradnjom pletiva (prema Heerten, 2010.)

ZAKLJUČAK

Svjedoci smo relativno učestalih pojava proboja hidrotehničkih nasipa uslijed prelijevanja krune u uvjetima prolaska velikih vodnih valova.
Prelijevanje krune nasipa uzrokuje hidrauličku eroziju zaobalnog pokosa koja može imati za posljedicu formiranje otvora u nasipu te plavljenje stambenih i poljoprivrednih površina sa značajnom materijalnom štetom i mogučnošću ljudskih žrtava.
Pokusi provedeni u hidrotehničkom laboratoriju Građevinskog fakulteta u Zagrebu sa ojačanjem zaobalnog pokosa pomoću pletiva, kao i rezultati objavljeni u stručnoj literaturi, su pokazali znatno povećanje otpornosti nasipa na hidrauličku eroziju.
Postoji velika mogućnost za korištenje pletiva u hidrotehnici kao jeftinije i vrlo pouzdane zamjene za dosad načešće korištene metode oblaganja pokosa betonskim blokovima ili kamenim nabačajem.

LITERATURA

[1] CIRIA; Ministry of Ecology and USACE (2013), *The International Levee Handbook* (C731), Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), London, United Kingdom

[2] Degute,G.(2012) *Les déversoirs sur les digues fluviales* (Spillway on triver flood protection levees).Quae Editions, Versailles, France

[3] Hanson, G.J., Cook, K.R., Hunt, S.L. (2005): *Physical Modeling of Overtopping Erosion and Breach Formation of Cohesive Embankments*, Transactions of the ASABE. Vol. 48(5): 1783-1794

[4] Hanson, GJ., Hunt, S.L., Temple, D.M. (2010): *Coherence of Erodibility for Erosion Processes and Different Scales*, 2nd Joint Federal Interagency Conference, Las Vegas, NV, June 27 - July 1

[5] Haselsteiner R., Strobl T.,Heerten G.,Werth K.; *Overflow protection systems of flood embankments with geosyntetics*, EuroGeo4 Paper number50

[6] Heerten G. (2010); *Mitigation of flooding by improved dams and dykes*, Geotechnical and Geosynthetics Engineering: Chalenges and Opportunities on Climate Change, Bankok,

[7] Independent Levee Investigation Team (ILI) (2006), *Erosion tests on New Orleans levee samples,* New Orleans Levee Systems - Hurricane Katrina

[8] Pugh, C.A., (1985): *Hydraulic model studies of fuse plug embankments*, Engineering and Research Center, U.S. Department of Interior, Denver, Colorado

[9] Rusel, H. et al. (2011): *Controlling of overtopping flow of embankment with vegetative barrier*, International journal of civil and structural engineering, vol. 1, br. 4

[10] Scholl, N. Et al. (2009): *Overtopping flow protection*, Contech Construction Products Inc.

[11] Visser, P.J., (1998): *Breach growth in sand dike, doktorska diesrtacija*, Grafisch Centrum, Technische Universiteit Delft, Delft, Nizozemska

[12] Wu, W., (2011): *Earthen embankment breaching*, Journal of Hydraulic Engineering, vol. 137, br. 12, str. 1549-1564

[13] Zhu, Y.H., (2006): *Breach growth in clay-dikes, doktorska disertacija*, Technische Universiteit Delft, Delft, Nizozemska

AUTORI

Prof.dr.sc. Goran Gjetvaj [a]
Jadran Berbić, mag.ing.aedif. [b]
Filip Gjetvaj, mag.ing.aedif. [c]

[a] Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Savska 16, 10000 Zagreb, Hrvatska, goran@grad.hr;

[b] Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Hrvatska, jberbic@grad.hr;

[c] Laboratorie Geoscience Montpellier, Université de Montpellier 2, 34095 Montpellier cedex05, France, filip.gjetvaj@gm.univ-montp.fr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.27.

PRIMJENA GEOSINTETIKA U NASIPIMA ZA OBRANU OD POPLAVA

Marija Mijatović, Jelena Kaluđer, Krunoslav Minažek, Mensur Mulabdić, Janne-Kristin Pries

SAŽETAK: Učestalim poplavama na području Republike Hrvatske pojavila se potreba za rekonstrukcijom postojećih te izvedbom novih nasipa za obranu od poplava. Povećanjem razina velikih voda nastaju dodatne sile na pokose nasipa i temeljno tlo, a koje uzrokuju nepovoljno opterećenje (već oštećenih) nasipa. Posljedice takvog stanja su povećana propusnost, smanjena stabilnost pokosa i nožice nasipa, opasnost od prelijevanja krune nasipa i, konačno, opasnost od sloma nasipa i/ili temeljnog tla. U takvim situacijama uspješna sanacija može se izvesti primjenom geosintetika, što se već dulji niz godina koristi kao vrlo razvijena i sigurna tehnologija u svijetu. U radu se prezentiraju principi primjene geosintetika na odabranim primjerima nasipa, te se pojašnjavaju tehničke, ekološke i ekonomske prednosti ove tehnologije nad klasičnim rješenjima koje obuhvaćaju korištenje raspoloživih materijala, mogućnost rada u nepovoljnim uvjetima, uštede u vremenu i troškovima te prilagođavanje okolišu.

Ovaj rad predstavlja dio aktivnosti iz šireg projekta kojim se kroz suradnju Građevinskog fakulteta iz Osijeka, tvrtke GT Trade iz Splita, tvrtke Naue GmbH iz Njemačke i Građevinskog fakulteta iz Zagreba proučava mogućnost primjene geosintetika u hidrotehničkim zahvatima u Hrvatskoj.

KLJUČNE RIJEČI: nasipi, geosintetici, poplave

THE USE OF GEOSYNTHETICS IN FLOOD PROTECTION DIKES

SUMMARY: Frequent floods on the Croatian territory have increased the need for rehabilitation of the existing dikes and building of new ones for flood protection. Increased flood levels result in additional forces dike slopes and foundation soil, which cause unfavourable load on already damaged dikes. The results of such conditions are increased permeability, decreased dike slope and toe stability as well as the risks of dike crest overflow and dike and/or foundation soil failure. These conditions can be successfully remediated by application of geosynthetics, which has been used for many years as highly developed and safe technology worldwide. The paper will describe the principles of geosynthetics application on selected dike examples and explain technical, environmental and economic benefits of this technology over conventional solutions with regards to the usage of available materials, possibility of work in unfavourable conditions, savings of time and costs and adaptation to the environment.

The paper presents part of activities carried out within a larger project implemented through the cooperation of the Faculty of Civil Engineering in Osijek, GT Trade company from Split, Naue GmbH from Germany and Faculty of Civil Engineering in Zagreb aimed at studying a possibility of geosynthetics application in hydrotehnical interventions in Croatia.

KEY WORDS: Dikes, geosynthetics, floods

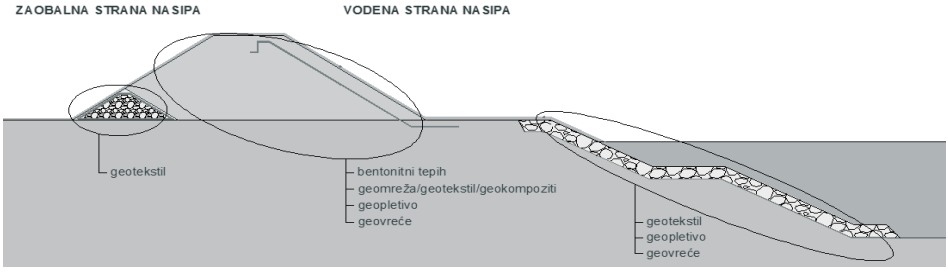
1. UVOD

Posljednjih nekoliko godina učestale poplave na području Republike Hrvatske ukazale su na probleme s nasipima koje može izazvati voda, pri tome ugrožavajući ljudske živote i materijalna dobra. Višegodišnje djelovanje velikih voda oštetilo je nasipe, i po pitanju nepropusnosti i po pitanju stabilnosti. Zbog toga su se počela razmatrati rješenja za sanaciju postojećih i izvedbu novih nasipa. Jedno od dokazano uspješnih rješenja kojima se osigurava stabilnost i funkcionalnost nasipa i prilikom pojave višegodišnjih velikih voda je primjena geosintetičkih materijala.

Geosintetički materijali se proizvode u kontroliranim uvjetima uz posebnu pažnju kod osiguranja potrebnih svojstava i visoke kvalitete. Mogu se ugrađivati i u koherentna i nekoherentna tla, poboljšavajući postojeće konstrukcije nasipa uz bržu i jednostavniju izgradnju.

Pri izgradnji nasipa koriste se različite vrste geosintetika što ovisi o njihovoj funkciji u nasipu (Slika 1). Geotekstili se koriste za filtraciju, odvajanje, dreniranje, te armiranje pokosa. Bentonitni tepisi (eng. "geosynthetic clay liners" (GCL)), odnosno glineno geosintetičke barijere su geokompoziti, koji se sastoje od dva geotekstila između kojih se nalazi bentonitni prah, prvenstveno se koriste kod osiguranja vodonepropusnosti kako bi se spriječilo procjeđivanje vode kroz tijelo nasipa (i u toj funkciji su puno bolji od geomembrana, koje se gotovo i ne koriste u nasipima). Geomreže se koriste za armiranje nasipa i/ili za ojačanje njegove baze. Funkcija geopletiva, koje se postavlja na površinu pokosa nasipa, je nositi vegetacijski sloj koji svojim sustavom korijenja smanjuje površinsku eroziju uzrokovanu oborinama ili prelijevanjem vode preko krune nasipa.

Navedeni geosintetici, kao i mnogi drugi, sami ili u kombinaciji s drugima, pridonose stabilnosti nasipa i sprječavaju probleme poput erozije, klizanja, procjeđivanja i slično, što su potvrdila i brojna istraživanja i njihova primjena širom svijeta.



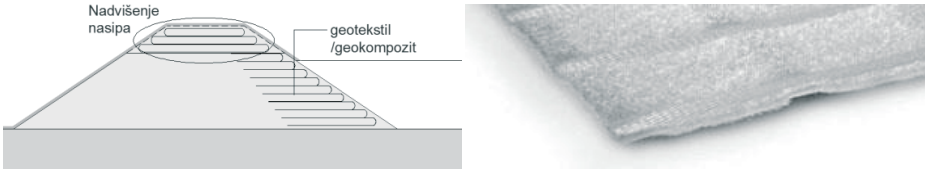
Slika 1. Prikaz područja primjene geosintetika u nasipima za obranu od poplava i u obaloutvrdi

2. GEOSINTETICI U NASIPIMA

Primjena određenog tipa geosintetika ovisi o problemima koji se mogu pojaviti unutar nasipa. U nastavku je dan prikaz korištenja različitih geosintetika ovisno o vrsti problema (stabilnost, procjeđivanje, slijeganje, erozija) u čijem se otklanjanju koriste, uključujući i napomene o načinu izvedbe te pravilnom odabiru geosintetika.

2.1. Armiranje pokosa

Armiranje pokosa nasipa izvodi se u slučaju kada je potrebno osigurati stabilnost pokosa na klizanje npr. kod izvedbe strmijeg nagiba pokosa i/ili kada treba spriječiti eroziju. Armiranje geosinteticima može se izvoditi i s vodne i sa zaobalne strane nasipa. U tu svrhu uspješno se koriste: a) geomreže (GG), b) geotekstili (GTX), ili c) geokompoziti (kombinacija geomreže i geotekstila). Ovi geosintetici (Slika 2.) osim armiranja nasipa omogućavaju odvajanje (GTX, GG) te filtraciju (GTX). Na slici 2. prikazan je poprečni presjek nasipa koji pokazuje položaj geosintetika za ojačanje s vodne strane nasipa i primjer geokompozita tvrtke Naue GmbH & Co. KG. koji je u ovome slučaju geomreža s geotekstilom.



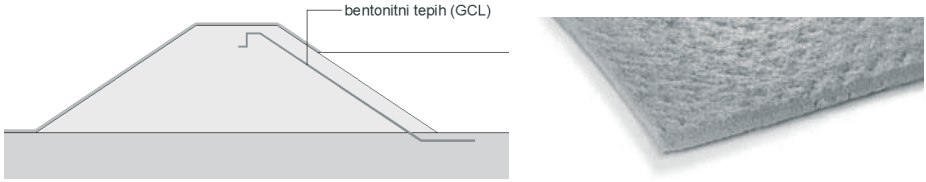
Slika 2. Prikaz položaja geosintetika za armiranje vodne strane pokosa nasipa; Lijevo: armiranje pokosa pomoću geotekstila/geokompozita metodom omatanja; Desno: geokompozit Combigrid, Naue

Armiranjem pokosa nasipa pomoću geosintetika sprječava se stvaranje klizne plohe u armiranom području. Ukoliko se za izgradnju nasipa koristi nekoherentni materijal većeg promjera zrna (npr. šljunak ili tucanik) potrebno je koristiti geomreže (iako je njihova primjena moguća i u koherentnim materijalima) koje osiguravaju uklještenje zrna unutar otvora geomreže. Geomreže se postavljaju horizontalno na podlogu, a na njih se razastire nasipni materijal u slojevima uz zbijanje. Geomreže se ponašaju kao armatura i osim stabilnosti doprinose i poboljšanju svojstava (krutost i čvrstoća) tla u nasipu. Armiranje kao zaštita od erozije i površinskog klizanja traži kraće i jednake duljine geosintetika.
Armiranje pokosa geotekstilom obično se izvodi metodom zamatanja (engl. "wrap around") gdje su slojevi tla umotani u geotekstil. Izgradnja započinje polaganjem geotekstila na ravnu, pripremljenu podlogu uz ostavljanje dovoljne duljine geotekstila koji će se koristiti za presavijanje. Na položeni geotekstil razastire se tlo određene debljine uz potrebno zbijanje, a potom se geotekstil presavije u nasip radi sidrenja i zadržavanja tla unutar omotanog dijela. Istim postupkom se izrađuju i preostali slojevi postavljajući ih jedan na drugi (Slika 2). Prilikom dimenzioniranja, kao i postavljanja geotekstila važno je uzeti u obzir sve čimbenike koji mogu umanjiti njegovu funkciju i kvalitetu.
Pravilan odabir vrste geotekstila je važan kada se od njega zahtjeva i obavljanje funkcije filtracije. Tada se uobičajeno odabire netkani geotekstil koji zadovoljava tražene kriterije

propusnosti, veličine karakterističnog otvora, debljine i mase, te otpornosti na probijanje. Pravilan odabir je važan kako ne bi došlo do njegova blokiranja i začepljenja česticama tla i samim time ugrožavanja funkcionalnosti cijele konstrukcije nasipa.
Za armiranje nasipa mogu se koristiti i geokompoziti sastavljeni od geotekstila i geomreže. Postavljanje geokompozita se izvodi istom metodom omatanja uz izgradnju u slojevima kao kod geotekstila, pri čemu se zamatanje može nesmetano izvoditi, budući da je geomreža prilagodljiva i savitljiva. Prednost geokompozita je u tome što se jednim proizvodom osigurava i ojačanje i odvajanje tla kao i filtracija. Osim toga otporniji su na oštećenja tijekom ugradnje, a omogućavaju i uklještenje zrna pokrovnog materijala što povećava stabilnost nasipa. Na ovaj način mogu se izvoditi i nadvišenja nasipa, sa strmijim pokosima i prilagođena okolišu (oblik, zatravnjenje), a od dostupnog materijala u blizini nasipa.
Za sve spomenute materijale propisana su svojstva koja moraju imati kako bi ostvarili potrebne funkcije i zahtijevanu trajnost. Mehanička svojstva su vlačna čvrstoća, otpornost na probijanje, maksimalno izduženje, a neka od ostalih potrebnih svojstva su mala osjetljivost na djelovanje okoline (UV zračenje, voda, smrzavica), kemijska neosjetljivost, način spajanja, potrebna ravnost i čistoća podloge za ugradnju i drugi specifični zahtjevi.

2.2. Poboljšanje nepropusnosti nasipa

Osiguranje vodonepropusnosti nasipa koristeći bentonitni tepih (GCL) poželjno je zbog njegove učinkovitosti pri brtvljenju, jednostavnosti i brzine ugradnje te ekološke prihvatljivosti.
Bentonitni tepih tvornički je proizvedena hidraulička barijera koja se sastoji od mineralne i sintetičke komponente (ASTM D 4439-97a). Mineralna komponenta, tj. bentonitna glina u prahu ili zrnu, pričvršćuje se lijepljenjem, iglanjem ili prošivanjem između dva sloja geosintetika, odnosno geotekstila. U dodiru s vodom mineralna komponenta bubri i tako povećava volumen bentonitnog tepiha istovremeno sprječavajući procjeđivanje vode.
Bentonitni se tepisi (Slika 3.) odlikuju vodopropusnošću od 2 x 10-10 do 2 x 10-12 m/s, sposobnošću samozacijeljivanja i otpornosti na cikluse smrzavanje-odmrzavanje (Bouazza et al., 2002, Mulabdić i Bošnjaković, 2011). Hidraulička svojstva ovise i o količini bentonita po jedinici površine i njezinoj jednolikosti, a što je više bentonita po jedinici površine to je manja vodopropusnost (EPA, 2001). Budući da bentonit zasićen vodom ima manju posmičnu čvrstoću nego kada je suh, dodatna otpornost na smicanje može se postići prošivanjem. Iglani (eng. *"needle-punched"*) bentonitni tepih još je čvršći no zahtijeva netkani geotekstil s barem jedne strane što iziskuje veće troškove. Takva struktura geotekstila omogućava bolje trenje na kontaktu sa susjednim slojem (EPA, 2001).

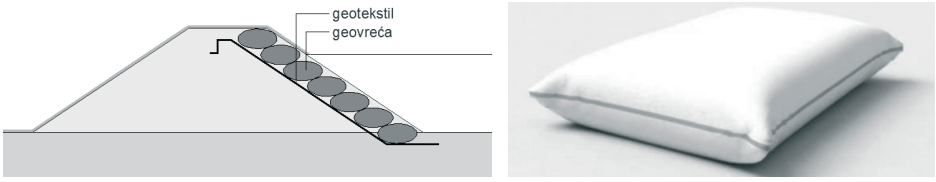


Slika 3. Lijevo: prikaz položaja bentonitnog tepiha u nasipu; Desno: bentonitni tepih Bentofix, Naue

U cilju sprječavanja prodora vode u tijelo nasipa bentonitni se tepisi mogu postavljati na dva načina - uz rub pokosa kojega oplakuje voda, uz osiguranje minimalne debljine pokrovnog sloja (Slika 3.) ili postavljanjem dublje u tijelo nasipa. Minimalna debljina pokrovnog sloja od 50 cm prije vlaženja štiti bentonitni tepih od vanjskih utjecaja i deformacija (Mulabdić i Bošnjaković, 2011). Prilikom ugradnje potrebno je voditi računa o stabilnosti pokosa uslijed male posmične čvrstoće bentonitnog tepiha.
Proizvođači daju različite preporuke za ugradnju, no zajednička preporuka je polaganje po pripremljenoj ravnoj podlozi bez stranih tijela i udubljenja (EPA, 2001.). Širina preklopa dviju traka bentonitnog tepiha treba iznositi 30 – 50 cm, a na području preklopa potreban je dodatni sloj bentonitnog praha u cilju osiguranja boljeg brtvljenja. Prah se može nanositi ručno na mjestu ugradnje ili se koristi bentonitni tepih s impregniranim dodatnim prahom na rubnim preklopnim dijelovima.
Sidrenje bentonitnog tepiha ovisi o dužini pokosa i najvišoj razini vode te se gornji sidreni rov izvodi minimalno 30 cm iznad razine najviše vode (Naue, 2013). Budući da je ugradnja bentonitnih tepiha u suhim uvjetima često onemogućena, na tržištu su se pojavili bentonitni tepisi sa ugrađenim dodatnim pješčanim balastom, koji povećava težinu i na taj način omogućava bržu i jednostavniju podvodnu ugradnju, bez dodavanja tereta.

2.3. Sanacija u intervencijama

Ukoliko voda erodira površinu pokosa nasipa, pomoću geosintetičkih materijala se na uspješan i brz način mogu popraviti nastala oštećenja. U ovakvim i sličnim situacijama koriste se geotekstili i geovreće ispunjene nekoherentnim materijalom u funkciji filtracije i odvajanja. Na slici 4. prikazan je poprečni presjek u kojem problem erozije rješava korištenjem sustava geovreća i geotekstila, te izgled geovreće proizvođača Naue GmbH & Co.KG.



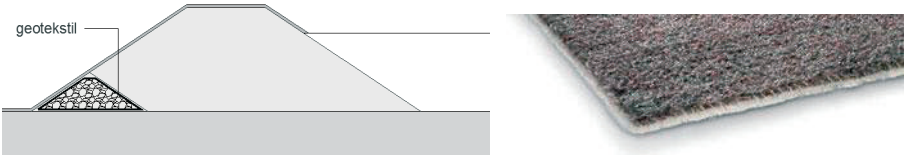
Slika 4. Lijevo: prikaz položaja geotekstila i geovreća u nasipu; Desno: geovreća Secutex/ Terrafix Soft Rock Sand Container, Naue

Neravna, vodom erodirana površina pokosa nasipa se mora prilagoditi i izravnati kako bi se stvorili preduvjeti za postavljanje geotekstila. Geotekstil se može postavljati i u suhim uvjetima i u vodi, pazeći na pravilan način postavljanja i preklapanje. Polaganje se vrši direktno na podlogu odrolavanjem uz, ukoliko je potrebno, sidrenje u gornjoj i donjoj zoni, ovisno o duljini pokosa nasipa. Geotekstil se ovdje nalazi u dvojakoj funkciji - filtracije i odvajanja. Odabrani geotekstil mora zadovoljiti filtarska pravila i biti otporan na izloženost tjekom ugradnje, te na vanjske utjecaje i na probijanje.
Na postavljeni geotekstil se polažu geovreće koje se pune šljunkom, pijeskom ili zatečenim nekoherentnim materijalom. Geovreće se proizvode od kompozitnih ili netkanih geotekstila s UV stabilnim antioksidantom (Mulabdić i Bošnjaković, 2011).

Ovi geotekstili su podvrgnuti drugačijim silama nego geotekstili koji se koriste za funkcije filtracije i odvajanja, stoga moraju imati veću otpornost na abraziju, bušenje i UV zračenje te dovoljnu izdužívost kako bi se ograničila oštećenja (Haddad i Jalali, 2006). Najvažnije karakteristike geovreća su: mehanička svojstva geotekstila, stupanj ispunjenosti, tip ispune i međupovršinsko trenje. Geovreće se pune na gradilištu dostupnom opremom, a stupanj ispunjenosti bi trebao biti ≥ 80%. Ispunjene geovreće se zašivaju na mjestu punjenja i pažljivo polažu na mjesto ugradnje strojevima s GPS sustavom pod projektiranim nagibom. Preko njih se polaže sloj tla kako bi se zaštitile od štetnog UV djelovanja. Važna je čvrstoća šavova geovreće kako ne bi došlo do razdvajanja i pražnjenja unutrašnjosti. Moguće je postavljanje i dva ili više slojeva geovreća pod određenim nagibom na geotekstil, dok polaganje duljom ili kraćom stranom okomito na pokos ovisi o brzini vode i valovima.
Dimenzije i oblik geovreća kao i načini punjenja, transporta i instalacije, mogu biti različiti ovisno o potrebama stoga su geovreće jako praktične za uporabu. Osim toga, fleksibilne su i prilagodljive, a moguće ih je i jednostavno ukloniti. Tijekom proizvodnje moguće je dodati zaštitni sloj kojim se povećava otpornost na UV zračenje i abraziju. Korištenjem geovreća smanjuju se troškovi jer je moguće koristiti lokalno dostupan nekoherentan materijal ispune, neovisno o njegovoj kvaliteti, budući da će isti ostati zarobljen unutar geovreće, pri čemu su u samo jednom elementu - geovrećama osigurane funkcije filtracije, dreniranja i zaštite od erozije (Naue, reklamni materijal, Advantages of SRSC).

2.4. Drenovi

Djelovanje vode na nasip može uzrokovati nastajanje kliznih ploha, slijeganje nasipa, procjeđivanje kroz tijelo nasipa i temeljno tlo te pucanje nasipa. Visoka razina podzemne vode ili zaostala voda u tijelu nasipa nastala povlačenjem velike vode, uzrokuje povećanje pornih tlakova. Veliki porni tlakovi uzrokuju pad čvrstoće tla i njegovu povećanu osjetljivost na eroziju. Jedan od načina smanjenja pornih tlakova je dreniranje. Procjedna se voda mora moći izdrenirati, a da pritom ne naruši stabilnost nasipa (Fleischer i dr., 2007). Drenažni sustav može biti izveden koristeći prirodne i/ili geosintetičke materijale, a mora zadovoljiti uvjete sprječavanja iznošenja čestica tla i omogućavanja dovoljne propusnosti, odnosno brze evakuacije vode.
Geotekstili i geotekstilima srodni proizvodi koji se koriste za dreniranje imaju funkciju skupljanja i odvođenje oborina, podzemnih voda i/ili tekućina u njihovoj ravnini (HRN EN ISO 10318:2008, točka 1.1.1.). Takvi drenažni sustavi mogu biti izvedeni kao propusne stope na zaobalnom pokosu nasipa (Slika 5.), plošni drenovi ili vertikalni drenovi (Perić i Mulabdić, 2013).

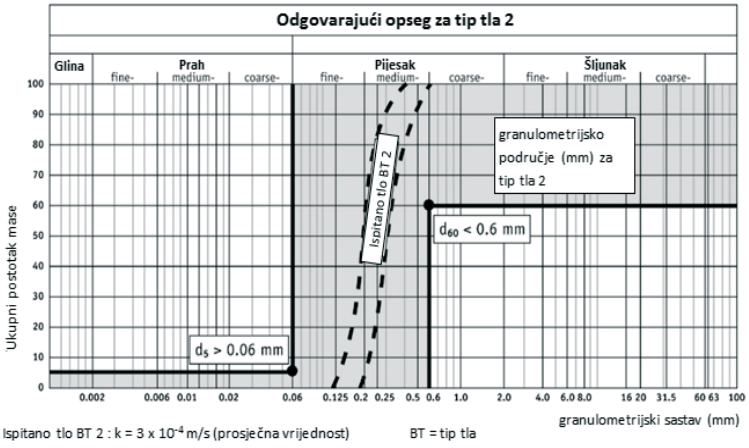


Slika 5. Lijevo: položaj drena u nasipu; Desno: geotekstil Terrafix, Naue

Na Slici 5. prikazan je dren prizmatičnog oblika na zaobalnoj strani nasipa izveden od zrnatog materijala omotanog netkanim geotekstilom .
Prilikom odabira geotekstila za filtriranje potrebno je poštivati preporuke, koje povezuju veličinu karakterističnog otvora O90 i/ili koeficijent propusnosti s veličinom zrna tla ili njegovom propusnosti. S obzirom na vrstu geotekstila postoje i drugi kriteriji za njegovo dimenzioniranje kao filtra. U nasipima se za funkciju drenaže i filtriranja najčešće odabiru netkani geotekstili dok se tkani geotekstili koriste kod drenaža na odlagalištima otpada zbog svoje strukture (Mulabdić i Bošnjaković, 2011). Njemački institut za plovne puteve, BAW (2006) daje sljedeći kriterije za filtarske geotekstile:

masa	≥ 300 g/m^2
debljina	≥ 3 mm ili ≥ 30 O90 (veći broj se usvaja)
otpornost CBR	$\geq 2{,}5$ kN
prodor klipa kod sloma CBR	≥ 50 mm

Prikazani granulometrijski dijagram (Slika 6.) koristi se za kategoriziranje temeljnog tla po tipu (4 su tipa tla, a ovdje je prikazan dijagram kojim se opisuje tlo tipa 2) te se po uklapanju njegove granulometrijske krivulje u jedan od četiri dijagrama vrši odabir filtarskog geotekstila s obzirom na kriterije dane u BAW-u koji se odnose na prepoznati tip temeljnog tla.
Heerten (2010), uz navedene kriterije BAW-a, predlaže i zahtjev za istezljivost ($\geq 40\%$), otpornost na probijanje i abraziju. Ove kriterije zadovoljavaju samo netkani prošiveni geotekstili. Odabrani geotekstil mora izdržati fazu ugradnje, djelovanje svih predviđenih opterećenja, utjecaj starenja i utjecaje okoliša (biološke i kemijske) u cijelom projektnom periodu. Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu (OTU - Hrvatske vode) također nude određene kriterije za odabir filtarskog geotekstila, no nisu obuhvaćeni svi potrebni kriteriji za izbor, a ne poznaju niti razliku između tkanog i netkanog geotekstila (OTU, 2012, Perić i Mulabdić, 2013).

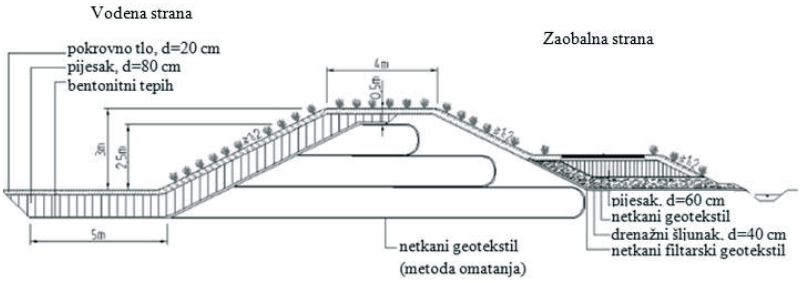


Slika 6. Graf za dimenzioniranje filtarskog geotekstila za tip tla 2 (BAW, 1993)

3. ISKUSTVA U PRIMJENI GEOSINTETIKA U NASIPIMA

U ovom poglavlju prikazati će se primjeri primjene geosintetika u nasipima za zaštitu od poplava i pojasniti njihov položaj u konstrukciji nasipa kao i prednosti njihova korištenja u odnosu na klasična rješenja.

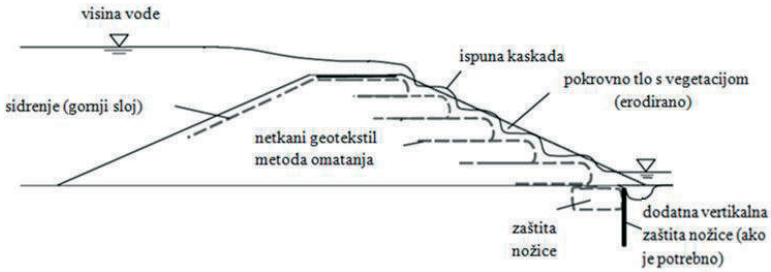
Na slici 7. prikazan je karakterističan presjek nasipa izgrađenoga u Poljskoj nakon velikih poplava rijeke Odre 1997. godine. Bentonitni tepih postavljen je na vodenoj strani nasipa (preporuča se iglani GCL s bentonitnim prahom i geotekstili s gornje i donje strane (Heerten, 2010)), a iznad njega sloj pijeska i pokrovnog tla koji služi kao potrebni nadsloj iznad bentonitnog tepiha i za razvoj vegetacije. Primjenom bentonitnog tepiha približne debljine 1 cm, osigurava se vodonepropusnost i time uspješno zamjenjuju slojevi zbijene gline koji osim što moraju biti velike debljine, ne mogu se niti graditi tijekom cijele godine, a i potrebna je veća količina opreme za ugradnju (Fleischer i dr., 2006). Metodom omatanja pomoću geotekstila obavijeno je tijelo nasipa te se tako ujedno štiti i jezgra i zaobalna strana od erozije koja nastupa uslijed prelijevanja nasipa. Sa zaobalne strane nasipa napravljena je drenažna prizma koja ima zadatak prikupiti vodu koja se procjeđuje u tijelo nasipa i sniziti liniju procjeđivanja. Drenažna prizma se sastoji od netkanog geotekstila koji ima funkciju filtra iznad kojega se nalazi drenažni šljunak pokriven netkanim geotekstilom koji služi za separaciju. Na tako izvedenom drenažnom sustavu je izgrađen nasip na kojem se nalazi prilazna cesta (Werth i dr., 2011). Ovako izvedeni drenažni sustav, koristeći netkane geotekstile, uspješno zamjenjuje klasično rješenje sa slojevima nekoherentnih materijala različite granulometrije, kod kojih se javlja problem miješanja sitnijih čestica sa krupnijim iz susjednih slojeva.



Slika 7. Poprečni presjek rekonstruiranog nasipa na rijeci Odri, Poljska (Heerten, 1999)

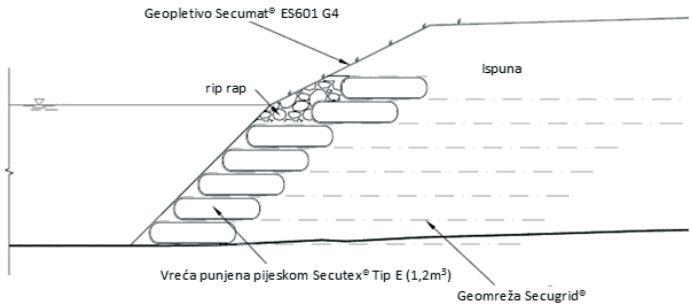
Slika 8. prikazuje karakterističan presjek nasipa čiji je pokos armiran sa zaobalne strane netkanim geotekstilom metodom omatanja. Geotekstili su korišteni u presjeku na prikazanim pozicijama kako bi zaštitili ugrožene unutarnje dijelove nasipa, spriječili urušavanje i zadržali projektiranu kotu krune nasipa u slučaju prelijevanja. Osim toga kaskade koje tvori omotani geotekstil smanjuju brzinu vode tijekom prelijevanja preko krune nasipa i na taj način usporavaju eroziju površinskog vegetacijskog sloja (Heerten, 2010). Kako bi se osigurala ravna površina pokosa sa zaobalne strane na kaskade se postavlja tlo s vegetacijom (nije nužno), koje ovisno o potrebi može biti različito po karakteru (koherentno ili nekoherentno) i granulometrijskom sastavu (npr. moguće je koristiti šljunčani materijal kao zaštitu od štetnog djelovanja životinja). U nožici

nasipa može se koristiti dodatna vertikalna zaštita ili geovreće punjene odgovarajućim materijalom.



Slika 8. Poprečni presjek nasipa ojačanog sa zaobalne strane metodom omatanja geotekstila (Heerten, 2010)

Na slici 9. prikazan je vodni dio nasipa u kojem su korištene geovreće Secutex Tip E proizvođača NAUE GmbH & Co. KG punjene pijeskom. Vreće su postavljene pod određenim nagibom, a njihova stabilnost je dodatno osigurana geomrežama Secugrid istog proizvođača. Tlo ispune između geomreža se nasipa u slojevima uz zbijanje. U zoni gdje dolazi do podizanja i spuštanja razine vode, korišten je kameni nabačaj koji štiti spomenuto područje od erozije. Iznad vode na preostalom dijelu pokosa korišteno je geopletivo Secumat ES601 G4 koje potpomaže razvoju korijenja biljaka i osigurava zelenu površinu. Geovreće i geomreže prikazane u ovom primjeru rješenja osiguravaju brzu i jednostavnu instalaciju čime ubrzavaju proces gradnje u odnosu na klasična rješenja.



Slika 9. Poprečni presjek nasipa ojačanog s vodne strane (Naue, Njemačka)

ZAKLJUČAK

U radu je dan kratki prikaz osnovnih doprinosa geosintetika u nasipima od poplava, njihova svojstva i potrebni oprezi u primjeni. Na primjerima izvedenih nasipa uz primjenu geosintetika prikazani su stvarni presjeci radi ilustracije uspješne prakse. Naglašeno je da su rješenja sa geosinteticima dobra samo ako se poštuju propisani kriteriji za njihova svojstva, ako se zadovolje uvjeti stabilnosti pokosa nasipa i ako je izvedba radova dobro osmišljena i obazriva. Projektanti zahvata sa geosinteticima moraju usvojiti dodatna

specifična znanja potrebna za uspješna projektna rješenja. U Hrvatskoj se geosintetici u vodograđevnim zahvatima nedovoljno koriste, neopravdano, no novija rješenja sanacije i izgradnje novih nasipa uzimaju u obzir ova alternativna rješenja, što je ohrabrujuće. Nužno je što prije preuzeti postojeća dobra iskustva u primjeni geosintetika u nasipima u svijetu, što je dodatni izazov i za projektante i za investitore, jer se time ostvaruju uštede i čuvaju ograničeni (često i nedostupni) resursi prirodnih materijala.

LITERATURA

[1] ASTM D 4439-97a *Standard Terminology for Geosynthetics*

[2] BAW (1993): *Code of Practice (MAG) - Use of Geotextile Filters on Waterways* - Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, Germany

[3] BAW (2006): *Richtlinien für die Prüfung von mineralischen Weichdichtungen im Verkehrswasserbau RPW*, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, Germany

[4] Bouazza, A., Zornberg, J.G., Adam, A., (2002): *Geosynthetics in waste containment facilities: recent advances*, Proceed 7th ICG-Nice, France, Vol.2, pp. 445-507

[5] EPA (2001): *Geosynthetic Clay Liners Used in Municipal Solid Waste Landfills*, United States Environmental Protection Agency (5306W), Washington, DC

[6] Fleischer, P., Heyer D., Heerten G., Werth K., (2007): *Improving structural stability and sealing efficiency of embankments and dykes by using local soil and geosynthetics*, XIV European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Madrid, Spanien

[7] Haddad, A., Jalali, J., (2006): *Applications of Geosynthetics Sand Filled Containers for Coastal Protection*, 7th International Conference on Coast, Ports and Marine Structures

[8] Heerten, G., (1999): *Erhöhung der Deichsicherheit mit Geokunststoffen*, 6. Informations- und Vortragstagung über Kunststoffe in der Geotechnik, Fachsektion Kunststoffe in der Geotechnik der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V. (DGGT), München, Germany

[9] Heerten, G., (2010.): *Mitigation of flooding by improved dams and dykes*, International Symposium, Exhibition, and Short Course on Geotechnical and Geosynthetics Engineering: Challenges and Opportunities on Climate Change 7 to 8 December 2010, Bangkok, Thailand, Proceedings

[10] HRN EN ISO 10318:2008 - *Geosintetici -- Nazivi i definicije* (ISO 10318:2005; EN ISO 10318:2005)

[11] Mulabdić, M., Bošnjaković, M., (2011): *Pojmovnik geosintetika*, Udžbenik, Izdavač Građevinski fakultet Osijek, Osijek, pp 143

[12] Naue (2008): *Projektni materijali* Naue, Espelkamp, Njemačka

[13] Naue (2010): *Advantages of Secutex®/Terrafix® Soft Rock Sand Containers,* NAUE GmbH & Co. KG, Espelkamp-Fiestel, Germany, No. 136

[14] Naue (2013): *Installation Guidelines, Bentofix® B types, Geosynthetic Clay Liner without a polyethylene (PE) coating*, NAUE GmbH & Co. KG, Espelkamp-Fiestel, Germany, V40

[15] OTU, 2012: *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu* – Hrvatske vode, Knjiga 2, Gradnja i održavanje komunalnih vodnih građevina

[16] Perić, N., Mulabdić, M., (2013): *Pregled kriterija za izbor geotekstila za filtar,* eGFOS br. 7, prosinac 2013

[17] Werth, K., Haselsteiner, R., Steinbacher, F., (2011): *Overtopping and Overflow of Flood Protection Embankments – Risk Reduction of Embankment Dam Failure by the Use of Geosynthetics*, ISGSR 2011 - Vogt, Schuppener, Straub & Bräu (eds)

AUTORI

Marija Mijatović, mag.ing.aedif. [a]
Jelena Kaluđer, mag.ing.aedif. [a]
Krunoslav Minažek [b]
Mensur Mulabdić [b]
Janne-Kristin Pries, dipl. ing. [c]

[a] G.T. Trade d.o.o., Spinčićeva 2D, Split, 21000, Hrvatska, mmarija.mijatovic@gmail.com; kaluder.jelena@net.hr

[b] Građevinski fakultet Osijek, Drinska 16a, Osijek, 31000, Hrvatska, krumin@gfos.hr; mulabdic@gfos.hr

[c] NAUE GmbH & Co. KG, Gewerbestraβe 2, Espelkamp,32339, Njemačka, jpries@bbgeo.com

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.28.

UTJECAJ REGULACIJSKE PREGRADE NA TALOŽENJE SUSPENDIRANOG NANOSA

Neven Kuspilić, Gordon Gilja

SAŽETAK: Na rkm 14+110 rijeke Drave izvedena je regulacijska pregrada „G“ koja presijeca meandar starog riječnog korita cijelom širinom s ciljem stvaranja prostora za izgradnju bazenske luke Osijek u starom riječnom meandru. Pri protocima većim od srednje vode dolazi do prelijevanja preko pregrade, tj. u samoj luci se javlja poremećaj u režimu voda i nanosa. Cilj ovog rada je utvrditi količinu suspendiranog nanosa koji ulazi u luku preko pregrade i uvjete u kojima se taloži mijenjajući na taj način morfologiju korita u luci. Ovaj proces promatran je u trogodišnjem razdoblju od 2011. g. do 2013. g. U radu je prikazana metoda izračuna količine koritoformirajućeg nanosa koja se istaloži unutar akvatorija luke. Od ukupnog pronosa nanosa izdvojena je koritoformirajuća komponenta i za svaku njenu frakciju određeni su uvjeti u kojima se taloži na temelju izračunate brzine tonjenja, brzine kretanja čestica nanosa i dubine vodnog stupca. Zavisnost pronosa suspendiranog nanosa o protoku nije čvrsta veza te je stoga režim nanosa analiziran za tri karakteristična scenarija (srednji, minimalni i maksimalni) prema podacima iz mjerenja. Pokazano je da se intenzivno zasipanje odvija na udaljenosti do 300 m te da su očekivani rezultati unutar intervala pouzdanosti za metode pronosa nanosa.

KLJUČNE RIJEČI: Luka Osijek, regulacijska pregrada, koritoformirajući nanos

SUSPENDED SEDIMENT DEPOSITION DOWNSTREAM OF THE ROCKFILL CLOSURE DAM

SUMMARY: On the Drava River's rkm 14+110, a closure dam was constructed across the upstream end of the old bendway that is being preserved for the Osijek port basin. When the water level rises above the mean level, the closure dam is overtopped due to a disruption of the water and sediment regime. The aim of this paper is to determine the sediment yield that enters the port carried by the flow over the dam and the conditions under which it accumulates, changing the port's morphology during the process. This process is analyzed thought a 3-year period, from 2011 until 2013. The paper presents a method for calculation of the layer of suspended sediment deposited in the port basin. For each sediment fraction, the conditions of its deposition are determined based on the particle fall velocity, transport velocity and water column depth. The sediment rating curve doesn't depict a reliable relationship with flow, and thus the sediment regime is analyzed for three characteristic scenarios (mean, minimum and maximum) according to the data. It has been shown that intensive sediment deposition occurs at the distance of under 300

m downstream of the dam. The expected results are within the confidence interval for sediment transport equations.

KEY WORDS: Osijek port, closure dam, bedload sediment

1. UVOD

Na rkm 14+110 rijeke Drave izvedena je regulacijska pregrada „G“ koja presijeca meandar starog riječnog korita cijelom širinom. Regulacijske pregrade su poprečne regulacijske građevine koje se grade uglavnom između postojećih riječnih otoka i obale radi smanjivanja ili potpunog ukidanja protočnosti riječnih rukavaca, ili u slučaju presijecanja riječnih meandara pregrađuje postojeće glavno korito koje će izgubiti svoju funkciju (Hrvatske vode, 2011). Cilj izrade pregrade je usmjeravanje toka Drave u prokop radi njegovog što bržeg razvoja do punog profila, tj. do regulacijskih linija. Regulacijska pregrada izvedena je od kamenog nabačaja na takav način da potpuno zatvori staro riječno korito pri određenim vodostajima, tj. za vodostaje ispod 84 m n. m. U konačnoj fazi planirano je da se pregradom „G“ osigura i spajanje obala bazenske luke iznad razine visokih voda (Hidroing, 2008).

Otvaranjem novog toka kroz prokop stvoren je prostor za izgradnju bazenske luke Osijek u starom riječnom meandru. Nova luka Osijek smještena je na desnoj obali rijeke Drave i uključuje potez od dravskog riječnog km 12+600 do km 14+450. Akvatorij zatvorenog lučkog bazena koristi se za potrebe prekrcaja robe, a ima ulaz na nizvodnom kraju dravskog otoka. Duljina akvatorija zatvorenog lučkog bazena od ulaza do pregrade „G“ je oko 1700 m, prosječna širina mu je 160 m te površina 20.4 ha (Hidroing, 2007).

Nanos puni luku Osijek u uvjetima kada dođe do nadvišenja vodostaja uzvodno od pregrade te se tok rijeke Drave na tom dijelu dijeli na tok kroz luku Osijek i kroz prokop. Specifičnost pregrade je da uzrokuje poremećaj u režimu voda i nanosa na uzvodnom i nizvodnom riječnom potezu. Uzvodni poremećaj posljedica je uspora zbog izgradnje pregrade, a manifestira se kao umirenje toka rijeke Drave neposredno uzvodno od pregrade. Nizvodni poremećaj posljedica je ubrzanja tečenja preko krune praga i pojave vodnog skoka na nizvodnom pokosu pregrade. Uzevši u obzir činjenicu da kruna izvedene pregrade u postojećem stanju ne štiti luku Osijek od velikih voda, tj. da pri protocima većim od srednje vode dolazi do prelijevanja preko pregrade, u luci se javlja poremećaj u režimu voda i nanosa.

U ovom radu predstavljeni su rezultati analize režima voda i nanosa rijeke Drave na dionici od rkm 12+531 do rkm 14+100 unutar luke Osijek. Analize su izrađene na temelju prikupljenih podloga: snimljenoj batimetriji korita, podacima o pronosu nanosa s vodomjerne postaje Donji Miholjac i hidrauličkim karakteristikama toka na dionici prikupljenim u sklopu višegodišnjeg monitoringa prokopa Nemetin (Građevinski fakultet, 2014).

Cilj rada je utvrditi količinu suspendiranog nanosa koji ulazi u luku preko pregrade i uvjete u kojima se taloži mijenjajući na taj način morfologiju korita u luci. Ovaj proces promatran je u trogodišnjem razdoblju od 1. 1. 2011. g. do 31. 12. 2013. g.

2. RAZRADA PODLOGA

Podloge koje predstavljaju osnovicu za analizu u ovom radu obuhvaćaju geodetske, hidrološke, hidrauličke i geotehničke podloge. Dio podloga koji opisuje geometriju i lokalni hidrološko - hidraulički režim tečenja prikupljen je neposrednim snimanjem na predmetnoj dionici, dok su podaci o dugoročnom hidrološkom režimu rijeke Drave prikupljeni od nadležne ustanove - Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ).

Geodetske podloge dane su u vidu snimljenih točaka batimetrije korita metodom poprečnih profila i geopozicioniranih trodimenzionalnih točaka. Hidrografsko snimanje korita obuhvatilo je dionicu rijeke Drave u pojasu od ulaza u luku Osijek (rkm 12+374) do pregrade „G" (rkm 14+100). Na temelju geodetskih snimaka definirano je 18 poprečnih profila korita na kojima će biti analiziran režim voda i nanosa. Na definiranim profilima batimetrija je nadopunjena točkama obale. Snimljene točke prikazane su u nastavku na ortofoto podlozi.

Hidrološke podloge obuhvaćaju protoke potrebne za analizu režima voda i krivulju suspendiranog nanosa za analizu režima nanosa. Od DHMZ-a su pribavljeni podaci o protocima i nanosu na vodomjernoj postaji uzvodno od mosta – VP Donji Miholjac koja se nalazi na rkm 80+500, tj. 70 km uzvodno od predmetne dionice (DHMZ, 2014). Podaci s ove vodomjerne postaje su mjerodavni za predmetnu dionicu jer između njih nema značajnijih pritoka. Karakteristični protoci rijeke Drave na ovoj vodomjernoj postaji su:

$$Q_{NNV} = 164 \text{ m}^3/\text{s};\ Q_{SV} = 556 \text{ m}^3/\text{s};\ Q_{VVV} = 1897 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Hidrogram na VP Donji Miholjac analiziran je za trogodišnje razdoblje od 1. 1. 2011. g. do 31. 12. 2013. g. Hidrogram snimljen u protekle 3 godina pokrio je veliki raspon protoka pa su tako karakteristični protoci za ovo razdoblje:

$$Q_{NV} = 202 \text{ m}^3/\text{s};\ Q_{SV} = 509 \text{ m}^3/\text{s};\ Q_{VV} = 1552 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Krivulja suspendiranog nanosa definirana je kao funkcija protoka na temelju mjerenja u razdoblju od 2000. g. do 2013. g. Zavisnost pronosa suspendiranog nanosa P o protoku Q nije čvrsta veza te snimljeni podaci ne pokazuju izražen trend već ih karakterizira veliki rasap podataka. Iz tog razloga navedena zavisnost nije definirana jedinstvenim odnosom, već je promatrana za tri karakteristična scenarija: (1) minimalni pronos susp. nanosa QS(MIN); (2) srednji pronos susp. nanosa QS(SR) i (3) maksimalni pronos susp. nanosa QS(MAX). Jednadžbe definirane za svaki od tri scenarija glase:

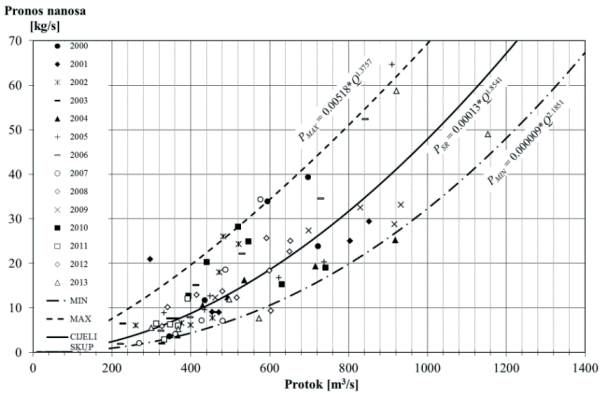
$$P = 9 \cdot 10^{-6} \cdot Q^{2.1851} \text{ [kg/s] za } Q_{S(MIN)}; \quad (1)$$

$$P = 1.3 \cdot 10^{-4} \cdot Q^{1.8541} \text{ [kg/s] za } Q_{S(SR)}; \quad (2)$$

$$P = 5.18 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{1.3757} \text{ [kg/s] za } Q_{S(MAX)}; \quad (3)$$

gdje su: P = pronos nanosa [kg/s], Q = protok koritom rijeke Drave [m^3/s].

Podaci o pronosu suspendiranog nanosa s karakterističnim krivuljama prikazani su grafički:



Slika 1. Karakteristične krivulje za tri scenarija pronosa suspendiranog nanosa

Hidrauličke podloge prikupljene su kroz 13 diskretnih snimanja na predmetnoj dionici u razdoblju od 2008. g do 2014. g. (Građevinski fakultet, 2014). Podloge obuhvaćaju raspodjelu protoka u uvjetima kada dolazi do prelijevanja preko pregrade „G“, profilski usrednjenu brzinu toka, dubinu i nagib energetske linije na profilu rijeke Drave 12+374 neposredno pred ulazom u luku Osijek. Iz diskretno snimljenih podataka određena je funkcijska zavisnost protoka koji se prelijeva preko pregrade i protoka rijeke Drave:

$$Q_{LUKA} = -5.35 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 + 1.7188 \cdot Q - 870.88 \ [\mathrm{m^3/s}]; \tag{4}$$

gdje su: Q_{LUKA} = protok kroz luku [m^3/s], Q = protok koritom rijeke Drave [m^3/s].
Iz poznate funkcijske zavisnosti raspodjele protoka izračunat je hidrogram kroz luku Osijek za promatrano razdoblje u uvjetima kada dolazi do prelijevanja preko pregrade. Karakteristični protoci kroz luku su:

$$Q_{MIN} = 20 \ \mathrm{m^3/s}; \ Q_{SR} = 221 \ \mathrm{m^3/s}; \ Q_{VVV} = 508 \ \mathrm{m^3/s}. \tag{5}$$

U nastavku su tablično prikazani sumarni podaci preuzeti iz elaborata „Prokop Nemetin - morfološka, hidrološka i hidraulička mjerenja“ (Tablica 1).

Tablica 1. Prikaz podataka iz mjerenja za monitoring prokopa Nemetin

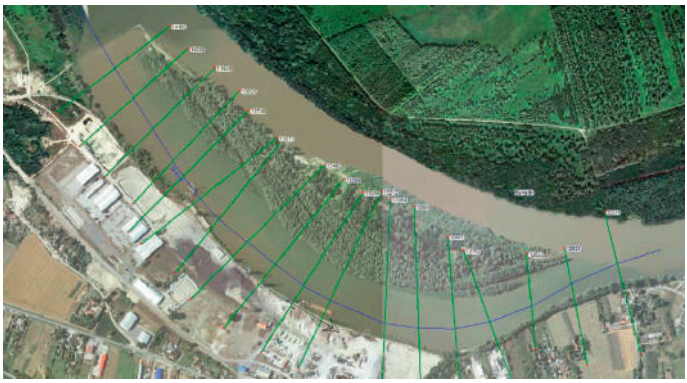
Mjerenje	*Datum*	Q_{DRAVA} [m^3/s]	Q_{LUKA} [m^3/s]	*H [m n. m.]*	*U [m/s]*	*h [m]*	*I [m/m]*
m20	26. 8. '09.	674	40	81.40	0.79	5.26	0.000023
m21	24. 9. '09.	843	156	82.01	0.83	5.95	0.000035
m26	1. 9. '10.	617	101	81.85	0.63	5.86	0.000019
m27	21. 9. '10.	1050	363	82.92	0.92	6.76	0.000054
m32	23. 9. '11.	705	55	81.38	0.92	4.78	0.000074
m34	31. 7. '12.	953	310	82.62	0.83	6.55	0.000028
m36	22. 10. '12.	680	74	81.45	0.82	4.94	0.000043
m37	9. 11. '12.	1160	372	82.78	1.17	5.90	0.000076
m38	23. 11. '12.	810	173	81.71	0.84	5.96	0.000024
m39	1. 7. '13.	555	219	83.83	0.41	7.65	0.000008
m45	28. 8. '14.	755	126	81.79	0.67	5.76	0.000024
m46	17. 9. '14.	1485	507	84.07	1.04	8.00	0.000054
m47	1. 10. '14.	888	251	82.62	0.71	7.09	0.000020

Za cjelovito proučavanje morfoloških promjena važno je promatranje nanosa koje uključuje pronos Q_S i njegove geomehaničke karakteristike. Materijal suspendiranog nanosa uzorkovan je na lokaciji VP Donji Miholjac. Iz granulometrijske krivulje uočava se da je suspendirani nanos sastavljen pretežito od praha i pijeska, s promjerom 50%-tnog zrna d_{50} = 0.15 mm.

3. ANALIZA REŽIMA VODA I NANOSA

Uzevši u obzir da zavisnost pronosa suspendiranog nanosa P o protoku *Q* nije čvrsta veza režim nanosa je analiziran za tri karakteristična scenarija prema definiranim krivuljama (slika 1). Tako će rezultat analize biti raspon količine istaloženog nanosa oko najvjerojatnije srednje vrijednosti.

Za analizu režima nanosa neophodno je poznavati režim voda o kojem ovisi kretanje nanosa: na temelju podataka o hidrauličkom režimu toka određuju se uvjeti pri kojima se nanos kreće i lokacije na kojima se taloži. U svrhu određivanja hidrauličkog režima napravljen je numerički model tečenja predmetne dionice pomoću kojega su izračunate srednja dubina i brzina toka unutar akvatorija pri različitim protocima. Za svaki snimljeni hidrološki događaj unutar promatranog razdoblja pri kojem je došlo do prelijevanja preko pregrade određen je udio protoka koji prolazi lukom (4). Za sve protoke izračunate su dubine i brzine na poprečnim profilima do izlaska iz luke (slika 2).



Slika 2. Situacija geodetskog snimka s poprečnim profilima korištenim u proračunima

Količina suspendiranog nanosa koji ulazi u luku preko pregrade pri svakom događaju izračunata je za tri scenarija iz krivulje suspendiranog nanosa (1, 2, 3). Suspendirani nanos sastoji se od dvije komponente: tranzitne i koritoformirajuće. Tranzitni nanos prolazi kroz luku i odlazi nizvodno, dok se koritoformirajući taloži unutar luke mijenjajući morfologiju korita unutar nje. Uvjeti u kojima se nanos taloži određeni su za svaku frakciju nanosa prema granulometrijskoj krivulji. Na temelju poznate brzine tonjenja, brzine kretanja čestica nanosa koja je izjednačena sa srednjom brzinom toka i dubine vodnog stupca određen je put koji prijeđe svaka frakcija nanosa pri svakom hidrološkom događaju prije no što se istaloži. Na ovaj način izračunata je ukupna količina istaloženog nanosa duž luke Osijek.

3.1. Numerički model predmetne dionice

Simulacija polja tečenja unutar luke Osijek provedena je korištenjem 1D numeričkog modela HEC-RAS. Domena numeričkog modela obuhvaća tok rijeke Drave u duljini od 1.6 km (rkm 12+374 - 14+100), a orijentirana je tako da je nizvodni rubni uvjet profil 12+374 rijeke Drave koji je preuzet iz monitoringa prokopa Nemetin. Model sadrži geometriju 18 snimljenih poprečnih profila koji uzimaju u obzir lokalne promjene geometrije korita, neefektivne protočne površine te suženje i proširenje toka koje se javlja pri tečenju kroz luku. Kalibracija modela napravljena je na temelju hidrauličkih podloga (tablica 1). Na temelju opaženih vodostaja i protoka definirana je krivulja koeficijenta hrapavosti n kao funkcija protoka. Rezultati analiziranih protoka su izračunati s diskretizacijom od 100 m^3/s, a predstavljeni su srednjim protokom za svaki razred.

3.2. Brzina tonjenja čestica

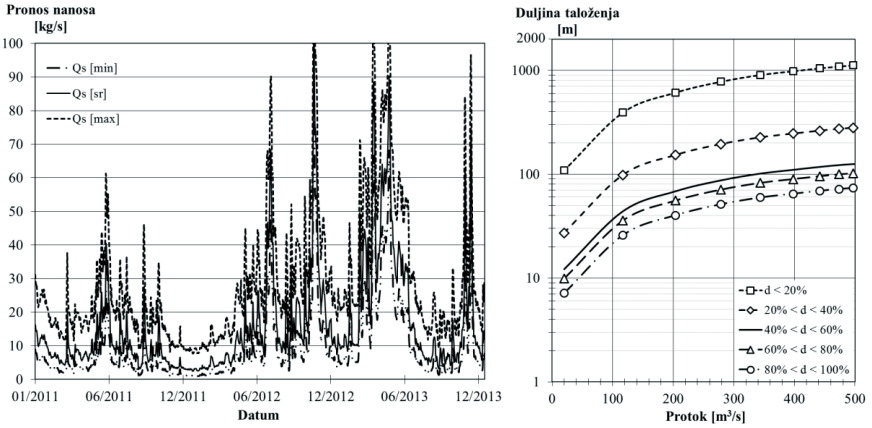
Suspendirani nanos podijeljen je u 5 frakcija zbog njihovog različitog ponašanja prilikom tonjenja, tj. brzina tonjenja ovisna je o promjeru čestice. Frakcije su podijeljene prema prolasku kroz sito tako da se u svakoj od njih nalazi jednaka količina nanosa. Za svaku frakciju izračunata je brzina tonjenja W srednje čestice kojom je reprezentirana cijela frakcija u analizama prema jednadžbama van Rijna. Ove jednadžbe vrijede uz pretpostavku pojednostavljenog taloženja u mirnoj vodi te je zanemaren utjecaj turbulencije. U

nastavku je prikazana pripadna brzina tonjenja za srednji promjer karakteristične čestice:

- $d < 20\ \% \ \rightarrow \bar{d} = 0.045\,mm \ \rightarrow W = 0.18\,cm/s$;
- $20\ \% < d < 40\ \% \ \rightarrow \bar{d} = 0.09\,mm \ \rightarrow W = 0.74\,cm/s$;
- $40\ \% < d < 60\ \% \ \rightarrow \bar{d} = 0.15\,mm \ \rightarrow W = 1.65\,cm/s$;
- $60\ \% < d < 80\ \% \ \rightarrow \bar{d} = 0.17\,mm \ \rightarrow W = 2.03\,cm/s$;
- $80\ \% < d < 100\ \% \ \rightarrow \bar{d} = 0.21\,mm \ \rightarrow W = 2.80\,cm/s$.

3.3. Taloženje nanosa

Uz poznatu brzinu tonjenja za sve analizirane hidrološke događaje izračunata je duljina potrebna da se istaloži pojedina frakcija suspendiranog nanosa. Duljina taloženja zavisi o hidrauličkom režimu, tj. o dubini vode i brzini toka kroz luku . Rezultati su prikazani grafički u nastavku (slika 3). Da bi se mogle izračunati količine nanosa koji se taloži unutar luke potrebno je poznavati ukupni pronos suspendiranog nanosa kojim rijeka Drava prihranjuje predmetnu dionicu. Dnevni pronos nanosa na izračunat je na lokaciji VP Donji Miholjac pomoću zavisnosti definiranih iz mjerenja i hidrograma u trogodišnjem razdoblju (slika 3).



Slika 3. Pronos suspendiranog nanosa na VP Donji Miholjac (lijevo); duljina potrebna za taloženje nanosa pri različitim hidrauličkim uvjetima (desno)

Usvojena je pretpostavka da sav nanos s VP Donji Miholjac dolazi do predmetne dionice te da je ravnomjerno raspoređen po protočnom profilu. Usvajanjem ovih pretpostavki moguće je procijeniti količinu nanosa koja ulazi u luku proporcionalno s protokom preko pregrade (4). Od ukupnog pronosa nanosa kroz luku potrebno je procijeniti pronos tranzitne komponente koja se razlikuje od koritoformirajuće i ne sudjeluje u taloženju unutar luke. Oblik korita i hidrološko - hidraulički režim se znatno razlikuje na profilu VP Donji Miholjac i unutar luke te nije moguće direktno koristiti krivulju suspendiranog nanosa za procjenu tranzitnog nanosa. Stoga je kao zajednički element hidrauličkog režima za ove riječne profile umjesto protoka odabran Reynoldsov broj koji predstavlja mjeru turbulencije. Iz Reynoldsovog broja izdvojeni su samo varijabilni članovi, tj.

zanemaren je utjecaj viskoznosti jer je usvojena pretpostavka da je ona nepromijenjena na ovom potezu rijeke Drave. Konačno je izračunata zavisnost pronosa nanosa P [kg/s] i umnoška U*R [m^2/s]. Jednadžbe za određivanje pronosa tranzitne komponente nanosa definirane za svaki od tri scenarija glase:

$$P = 0.4578 \cdot (U \cdot R)^{2.5302} \text{ [kg/s] za } Q_{S(MIN)}; \quad (5)$$

$$P = 0.9591 \cdot (U \cdot R)^{2.4111} \text{ [kg/s] za } Q_{S(SR)}; \quad (6)$$

$$P = 3.0947 \cdot (U \cdot R)^{1.9095} \text{ [kg/s] za } Q_{S(MAX)}; \quad (7)$$

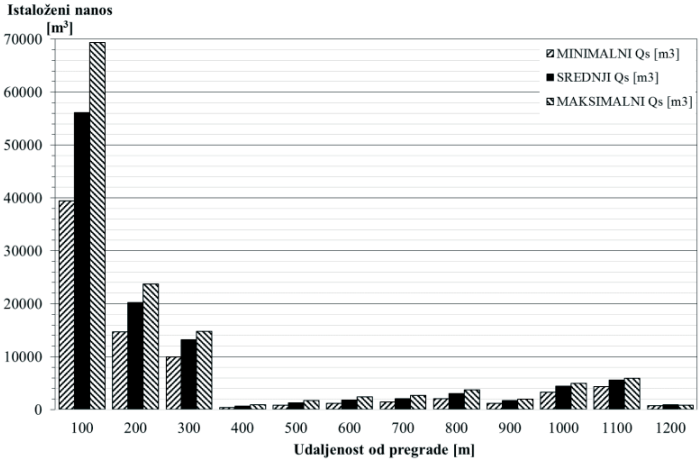
gdje su: P = pronos nanosa [kg/s], U = srednja brzina toka [m/s], R = hidraulički radijus [m].

Podaci o brzini tečenja u luci i hidrauličkom radijusu dobiveni su iz numeričkog modela. Izračunate količine suspendiranog nanosa po komponentama prikazane su tablicom (tablica2).

Tablica 2. Količina suspendiranog nanosa za 3 scenarija po komponentama

Komponenta nanosa	***Volumen [m^3]***		
	$Q_{S(MIN)}$	$Q_{S(SR)}$	$Q_{S(MAX)}$
Ukupni	89817	131543	249956
Koritoformirajući	79389	110749	133225
Tranzitni	10428	20794	116730

Kada je određen udio koritoformirajućeg nanosa koji ulazi u luku na dnevnim podacima su za svaki scenarij i svaku frakciju suspendiranog nanosa izračunati potrebno vrijeme i put koji nanos prijeđe prije nego se istaloži u vladajućim uvjetima tečenja. Iz duljine taloženja frakcija nanosa iscrtan je histogram uzdužnog profila luke s volumenom istaloženog nanosa:



Slika 4. Histogram volumena istaloženog koritoformirajućeg nanosa

Vidljivo je da se glavnina suspendiranog nanosa istaloži u prvih 100 m od pregrade „G“. Ovo je posljedica taloženja krupnijih čestica – čestice 60 % < d < 100 % istalože se unutar početnih 100 m od pregrade. Volumen istaloženog nanosa na ovom potezu iznosi 39415 m^3 za $Q_{S(MIN)}$, 56085 m^3 za $Q_{S(SR)}$ te 69350 m^3 za $Q_{S(MAX)}$. Intenzivno taloženje nanosa odvija se do udaljenosti 300 m od pregrade i u ovom području talože se frakcije nanosa promjera 20 % < d < 60 %. Volumen istaloženog nanosa na ovom potezu iznosi 24622 m^3 za $Q_{S(MIN)}$, 33381 m^3 za $Q_{S(SR)}$ te 38557 m^3 za $Q_{S(MAX)}$.
U nizvodnom području do 1100 m udaljenosti od pregrade taloženje je najslabije i tu se taloži samo frakcija d < 20 %. Ovo je područje u kojem je udaljenost premala da se istalože čestice najfinije frakcije. Volumen istaloženog nanosa na ovom potezu iznosi 14631 m^3 za $Q^{S(MIN)}$, 20402 m^3 za $Q_{S(SR)}$ te 24443 m^3 za $Q_{S(MAX)}$. S porastom udaljenosti na > 1100 m od pregrade opada količina istaložene frakcije d < 20 % te je na ovom potezu njena ukupna istaložena količina zanemariva (721 m^3 za $Q_{S(MIN)}$, 881 m^3 za $Q_{S(SR)}$ te 876 m^3 za $Q_{S(MAX)}$).
Rezultati analiza u skladu su s prethodnim analizama režima nanosa na rijeci Dravi (Gilja i drugi, 2009) i unutar intervala pouzdanosti za metode pronosa nanosa (van Rijn, 1984).

ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazana metoda izračuna količine koritoformirajućeg nanosa koja se istaloži unutar akvatorija luke Osijek u trogodišnjem razdoblju na temelju mjerenja protoka i pronosa suspendiranog nanosa. Ukupni pronos suspendiranog nanosa je razdijeljen na tranzitnu i koritoformirajuću komponentu. Za svaku frakciju koritoformirajućeg nanosa određena je duljina taloženja pri vladajućim hidrauličkim uvjetima toka prema njenim karakteristikama, tj. brzini tonjenja. Za pronos nanosa definirana su tri karakteristična scenarija korištena u analizama. Rezultat analize je količina istaloženog nanosa u luci za svaki scenarij, a prikazan je histogramom mase sloja istaloženog nanosa.
Pokazano je da se glavnina nanosa istaloži na potezu do 100 m od pregrade „G“. Intenzivno zasipanje odvija se na udaljenosti do 300 m od pregrade, dok na nizvodnom potezu ne dolazi do značajnog taloženja. Očekivani volumen ukupno istaloženog nanosa u tri godine unutar luke Osijek za promatrana tri scenarija iznosi 110749 m^3, s očekivanom oscilacijom od -28 % do + 20 %. Očekivani volumen tranzitnog nanosa je iznosi 20794 m^3, uz oscilaciju od -50 % do + 460 %. Neovisno o odabranom scenariju nema drastične razlike u koritoformirajućem nanosu, tj. očekivani rezultati su unutar intervala pouzdanosti za metode pronosa nanosa.

LITERATURA

[1] DHMZ, (2014): Mjerenje nanosa na Dravi i Muri u 2013. godini, Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske - služba za hidrologiju, Zagreb

[2] Gilja, G., Bekić, D., Oskoruš, D., (2009): Processing of Suspended Sediment Concentration Measurements on Drava River, Proceedings of the 11th WMHE Symposium (Popovska, C.), University Ss. Cyril and Methodius, Skopje, 181-192

[3] Građevinski fakultet (2014): Monitoring prokopa Nemetin – morfološka, hidrološka i hidraulička mjerenja, Zavod za hidrotehniku, Zagreb

[4] Hidroing, (2008): Studija o utjecaju na okoliš regulacijskih radova na r. Dravi, Osijek

[5] Hidroing, (2007): Studija utjecaja na okoliš luke Osijek, Osijek.

[6] Hrvatske vode, (2011): Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu, Zagreb.

[7] van Rijn, L. C., (1984): Sediment Transport, Part I: Bed Load Transport, Journal of Hydraulic Engineering, 110/11, 1431-1456

AUTORI

prof. dr. sc. Neven Kuspilić, dipl. ing. građ. [a]
dr. sc. Gordon Gilja, dipl. ing. građ. [a]

[a] Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Fra Andrije Kačića-Miošića 26, Zagreb, 10000, Republika Hrvatska, kuspa@grad.hr; ggilja@grad.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.29.

HIDRAULIČKI UVJETI U RIBLJIM STAZAMA I NUMERIČKI MODEL PRIRODNE RIBLJE STAZE

Jadran Berbić, Patricia Šišeta, Goran Lončar, Eva Ocvirk

SAŽETAK: Gradnja hidroelektrana prekida kontinuitet rijeka te se s ciljem omogućavanja prolaska akvatičnih organizama grade riblje staze. Ribe koriste tri načelno različite brzine: kratkotrajnu, produženu i trajnu. Kratkotrajna je najveća i traje nekoliko sekundi, a trajna je najmanja i može trajati nekoliko sati. Staze ne smiju zahtijevati stalno korištenje maksimalne brzine, već neprekidne brzine te bi trebala postojati mjesta za odmor. Preporuka je da brzina vode bude manja od 2,0 m/s i da dubina ne bude manja od 0,2 m. Zbog relativno velikog uzdužnog pada ostvarivanje ovakvih uvjeta nije jednostavno.

U radu su ukratko prikazani pokazatelji toka sa stajališta opterećenja toka na ribu te razvoj i postizanje povoljnih hidrauličkih uvjeta u stazama s vertikalnim prorezima, koje su zadnja dva desetljeća opsežno istraživane. Predlaže se da se u prirodnim ribljim stazama sličnim pristupom (optimizacijom rasporeda, oblika i veličine kamenih blokova) pokušaju postići povoljni hidraulički uvjeti. U skladu s tim dobiveno je gotovo optimalno rješenje prirodne riblje staze, iterativnim variranjem rasporeda, veličine i oblika kamenih blokova, pomoću numeričke simulacije dvodimenzionalnog vertikalno osrednjenog stacionarnog tečenja.

KLJUČNE RIJEČI: Vertikalni prorez, Prirodne riblje staze, Kameni blokovi, Numerički model

HYDRAULIC CONDITIONS IN FISH PASSES AND A NUMERICAL MODEL OF A NATURAL FISH PASS

SUMMARY: Hydropower plant construction disturbs the continuity of rivers, so fish passes are built with the aim of continuity and providing upstream and downstream passage of aquatic organisms,. Fish use three principally different speeds: explosive, prolonged and cruising speed. Explosive speed is the greatest and lasts a few seconds, cruising speed is the smallest and can be sustained for several hours. Passes must not require constant use of maximal velocity, but prolonged speed, including places for resting. It is recommended that water velocity should be under 2.0 m/s and water depth more than 0.2 m. Due to the large longitudinal gradient of the bottom, it is not easy to achieve these conditions.

In the paper, e presented flow indicators are briefly presented from the viewpoint of how the flow load affects fish as well as development and achievement of favourable hydrau-

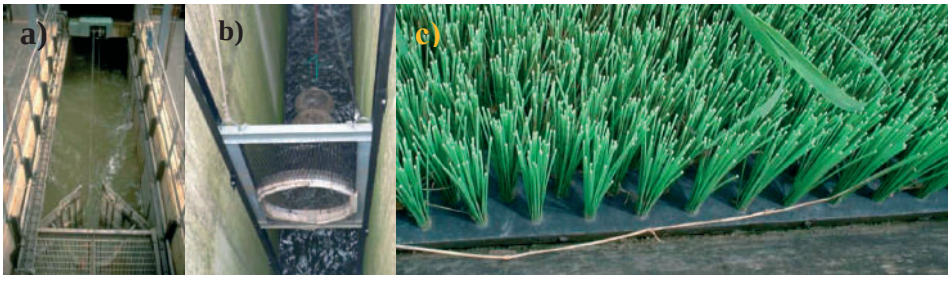
lic conditions in vertical slot fishways, which have been comprehensively investigated in past two decades. It is suggested that favourable hydraulic conditions in natural passes should be achieved by using a similar approach (disposition, shape and size optimization of stone blocks), in which case a near-optimal solution of natural fish pass is obtained by iterative variation of disposition, size and shape of stone blocks through the use of numerical simulation of two dimensional, vertically averaged stationary flow.

KEY WORDS: Vertical slot, Natural fish passes, Stone blocks, Numerical model

1. OSNOVNA POLAZIŠTA, RIBLJE STAZE I USPOREDBA

1.1. Tipovi ribljih staza

Riblja staza je obično kanal opremljen elementima koji omogućuju postizanje željenih hidrauličkih karakteristika potrebnih da bi ribe mogle plivati stazom. Elementi su preljevi, pregrade, otvori, kameni blokovi itd. Osnovna podjela je na tehničke i prirodne riblje staze. Svaki tip u nastavku spomenutih staza ima domenu unutar koje je pogodan za korištenje. Specijalni tipovi ili su namijenjeni pojedinim vrstama riba ili se primjenjuju u uvjetima kada nema mogućnosti izbora jednostavnijeg rješenja.
Tehničke staze su: staze s bazenima (s otvorima, vertikalnim prorezima, preljevima, s otvorima i preljevima itd.), staze s pregradama, Denilove staze, kanali umjetno povećane hrapavosti, cijevne i sifonske riblje staze, te specijalni tipovi – dizalice, riblje prevodnice, rampe za jegulje, cijevi za jegulje, staze za paklare, staze s čekinjama (slika 1.).



Slika 1.a) lift za ribe, b) riblja prevodnica (Pianc, 2013),
c) Čekinje u stazi za jegulje (EA, 2010)

Prirodnom ribljom stazom (Slika 2.) nastoji se oponašati prirodno korito rijeke. Specifičnost im je prisutnost kamenog supstrata na dnu kojim se povećava hrapavost korita. Supstrat najčešće nije dovoljan za postizanje povoljnih hidrauličkih uvjeta, te se također postavljaju i kameni blokovi, čime se ujedno stvaraju mjesta pogodna za odmor riba.




Slika 2. Primjeri prirodnih ribljih staza izvedenih u Njemačkoj

1.2. Ihtiomehanika i pokazatelji toka u ribljoj stazi

Savladavanje riblje staze plivanjem uzvodno nije uvijek jednostavan zadatak ribama. Disciplina koja se bavi proučavanjem mehanizama kretanja riba naziva se ihtiomehanika. Brzina toka, dubina toka, karakteristike turbulencije i gustoća snage toka moraju odgovarati fizičkim sposobnostima riba. Ribe plivaju trima načelno različitim brzinama:

1) kratkotrajnom ili eksplozivnom (eng. bursting speed) – maksimalna brzina, traje nekoliko sekundi i zahtijeva dugo vrijeme oporavka. Kod jedinki porodica *salmonidae, percidae* i *reda cypriniformes* doseže iznos 10-12 dužina tijela u sekundi.
2) Produženom ili neprekidnom brzinom (eng. prolonged speed) – iznosi oko 5 dužina tijela u sekundi, ribe je mogu koristiti oko 200 minuta.
3) Trajnom ili ustaljenom brzinom (eng. cruising speed) – oko 2 dužine tijela u sekundi, održiva je duže od 200 minuta.

Staze ne bi smjele biti projektirane tako da zahtijevaju korištenje kratkotrajne brzine (osim eventualno na mjestima kontrakcije toka), već neprekidne brzine, koju riba može koristiti dovoljno dugo da prijeđe stazu. Nije potrebno da budu projektirane za korištenje trajne brzine. Poželjno je, pogotovo za dugačke staze, postojanje mjesta za odmor (Dumont, 2012).

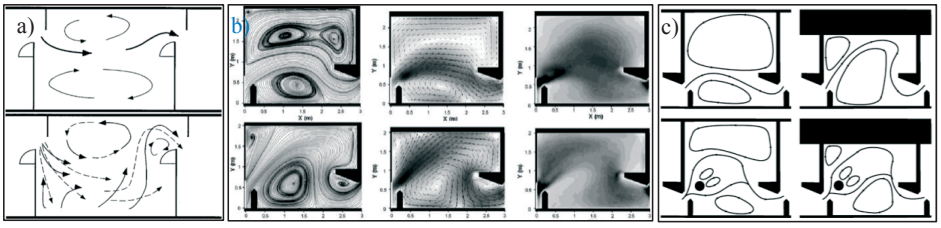
Pojavu turbulencije i vrtložnosti teško je izbjeći, a njihov utjecaj na plivanje riba nije sasvim razjašnjen. Neka istraživanja sugeriraju da ribe znaju koristiti turbulenciju uz fizičke strukture, propulziju uzrokovanu plivanjem drugih riba, i vrtloge, za uspješnije plivanje. S druge strane, zbog mogućnosti da manje ribe budu zahvaćene i zbunjene vrtlozima i turbulencijom, u redu je pretpostavka da je utjecaj negativan. Sumnja se da veličina vrtloga najviše utječe na ponašanje riba pri plivanju (Liao, 2007; Sokoray-Varga i drugi, 2012). Kod staza s bazenima nastaju recirkulacijske zone – područja omeđena vrtlozima. Vrtlozi mogu zahvatiti manje ribe pa prelazak staze postaje upitan. Situacija kad je vrtlog manji od ribe nije problematična, no ako je veći, ribe se gibaju otežano i kaotično (Calluaud i drugi, 2014).

S obzirom na ostale akvatične organizme (slabije plivačke sposobnosti) turbulencija bi trebala biti što manja. Primjerice kod staza s bazenima, maksimalna volumetrijska disipirana snaga P_V [W/m^3] *(volumetric power)* generalni je pokazatelj razine agitacije (tj. grubi pokazatelj intenziteta turbulencije) i preporuka je da treba iznositi oko 150-200 W/m^3, ovisno o vrsti riba. Definirana je u funkciji gustoće vode, ubrzanja sile teže, protoka

vode, razlike razina vode ispred i iza otvora bazena, svijetle duljine i širine bazena i prosječne dubine toka mjerene u centru bazena.
Nadalje, bitni lokalni pokazatelji su brzina toka u točki, čija maksimalna vrijednost ne smije prelaziti 2 m/s (na mjestima kontrakcije toka), i dubina, koja ne smije biti manja od 0,2 m. (FAO/DVWK, 2002 prema Larinier, 1992; Calluaud i drugi, 2014). Prve generacije ribljih staza izvedene su držeći se isključivo ovih pravila. Poželjno je da dubina bude što veća jer će tada stazu moći koristiti i ribe koje plivaju pridneno i ribe koje plivaju površinski.
Ribama odgovara situacija kada znaju prepoznati „uzorak toka“ pa je poželjno ponavljanje uzorka geometrije, što je u pravilu prisutno kod većine ribljih staza. Zadnjih 15 godina sve se više energije ulaže u detaljno proučavanje strukture toka u stazama (primjer su istraživanja Wu i drugi, 1999; Tarrade i drugi, 2008; Calluaud i drugi, 2012; Calluaud i drugi, 2014.).

1.3. Karakteristike toka kroz primjer staze s vertikalnim prorezima

Razlika gornje i donje vode savladava se nizom bazena jednake geometrije s ugrađenim prorezima koji ribama omogućuju prolaz. Prorezi se postavljaju na istim ili naizmjeničnim stranama. Kroz proreze voda oblikuje mlaz čija se energija disipira u bazenu. Ove staze su robusne u funkcioniranju, tj., povoljni hidraulički uvjeti postižu se pri većem rasponu različitih visinskih razlika što primjerice ne vrijedi za staze s preljevima, Denilove staze, kanale umjetno povećane hrapavosti. Razvijene su 30-ih godina prošlog stoljeća za potrebe gradnje riblje staze na rijeci Fraser na Hell's Gate-u (Britanska Columbia, Kanada).
Istraživanja hidrauličkih karakteristika raznih varijacija ove staze (Rajaratnam i drugi, 1986; Rajaratnam i drugi, 1992) izdvojila su tri varijacije za daljnju primjenu, a od ta tri tipa su Wu i suradnici (Wu i drugi, 1999) izdvojili po hidrauličkim karakteristikama najbolji (slika 3.). Zaključili su da postoje dva načelno različita uzorka tečenja: pri manjim nagibima uzorak s 2D mlazom i dva 2D recirkulacijska područja, a pri većim nagibima uzorak s 3D recirkulacijskim područjem i horizontalno usmjerenim 2D tokom (slika 3.a).



Slika 3. a) tok u bazenima-uzorak 1 gore i uzorak 2 dolje (Wu i drugi, 1999), b) na visini Z=0,6 m, Q=736 l/s, I=0,1, različite B=2,3 i 2,0 m, daju različite oblike strujanja, c) umetanje cilindra Q=736 l/s, I=0,1, B=2,7 i 2 m (Tarrade i drugi, 2008)

Tarrade i suradnici (Tarrade i drugi, 2008) su kombinacijom različitih nagiba, protoka i širina u laboratorijskim uvjetima dobili detaljnu sliku strujanja (slika 3.b). Kako velika recirkulacijska područja (slika 3.b i 3.c) uzrokuju poteškoće manjim jedinkama koje

vrtlog može zahvatiti, počeli su proučavati kako postići povoljnije uvjete za manje jedinke. Problem se može riješiti smanjenjem pada staze i dimenzija bazena, ali to bi uzrokovalo poteškoće većim jedinkama. Mogu se izgraditi dvije staze - za veće i manje jedinke. Takvo rješenje nije ekonomično i upitno je kako bi se ribe ponašale u uvjetima s dvije staze. Uspjeli su umetanjem cilindra nizvodno u blizini proreza postići razdvajanje mlaza na dva dijela (slika 3.c): recirkulacijska područja se time smanje te manje ribe lakše pronalaze mjesta za odmor, a brzine u prorezima, gradijenti brzine na rubovima mlaza i posmična naprezanja su također manja.

1.4. Prirodne riblje staze

Prednost ovih staza je što oponašaju prirodni tok rijeke pa se estetski najbolje uklapaju u okruženje. Najčešće su trapeznog oblika, s uzdužnim nagibom između 0,03 i 0,1. Supstrat na dnu staze oponaša prirodno korito rijeke, a služi i dobivanju što veće hrapavosti. Prigušenju toka i postizanju traženih brzina i dubina uvelike doprinosi umetanje kamenih blokova. Oni ujedno stvaraju mjesta za odmor te na pojedinim mjestima i turbulenciju kojom se povećava količina kisika u vodi. Jednostavnim hidrauličkim proračunom (Jovanović, 2011.) na temelju zadanog protoka i pada, dobije se potreban raspored i broj blokova. Blokovi su najčešće širine d=0,6-1,0 m na razmaku (1,5-3,0)d u smjeru toka. Nedostatak ovih staza je što zahtijevaju velike duljine i veliki broj blokova koje je potrebno stabilizirati. Postavljanje blokova je najčešće *nepravilno,* tj. bez logički jasnog uzorka u geometriji. Za detaljniju analizu toka potrebno je sagraditi fizikalni model. (Jovanović, 2011; Prša i drugi, 2013.).

Iako se blokovi u načelu postavljaju *nepravilno,* ne postoji razlog zašto se blokovi ne bi rasporedili *pravilno*, s ponavljajućim geometrijskim uzorcima. Time bi se dobili „izvjesniji“ recirkulacijski uzorci. Većim kamenim blokovima bi se postiglo poželjno prigušenje toka, a manjim kamenim blokovima povoljna recirkulacijska područja (analogno umetanju cilindra u stazama s vertikalnim prorezima). U nastavku slijedi iterativno proveden numerički eksperiment, s ciljem nalaženja geometrije koja će u prirodnoj stazi, s pravilno postavljenim kamenim blokovima, dati što optimalniju brzinu i dubinu toka u stazi.

2. NUMERIČKI MODEL

2.1. Općenito o modelu te rubni i početni uvjeti

Numeričkim modelom (Mike 21, DHI) rješava se dvodimenzionalno (u horizontalnoj ravnini) nestacionarno strujanje nestlačive tekućine u jednom vertikalnom homogenom sloju uz pretpostavku hidrostatske raspodjele tlaka. Sustav jednadžbi plitkog fluida sadrži vertikalno integrirane jednadžbe kontinuiteta (1) i očuvanja količine gibanja (2,3) koje u kartezijevom koordinatnom sustavu glase (Abbott i drugi, 1981; Vested i drugi, 1995):

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}}{\partial y}=0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}^{2}}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial y}=-gh\frac{\partial \xi}{\partial x}-\frac{\tau_{bx}}{\rho}+\frac{1}{\rho}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{xy}\right)\right] \tag{2}$$

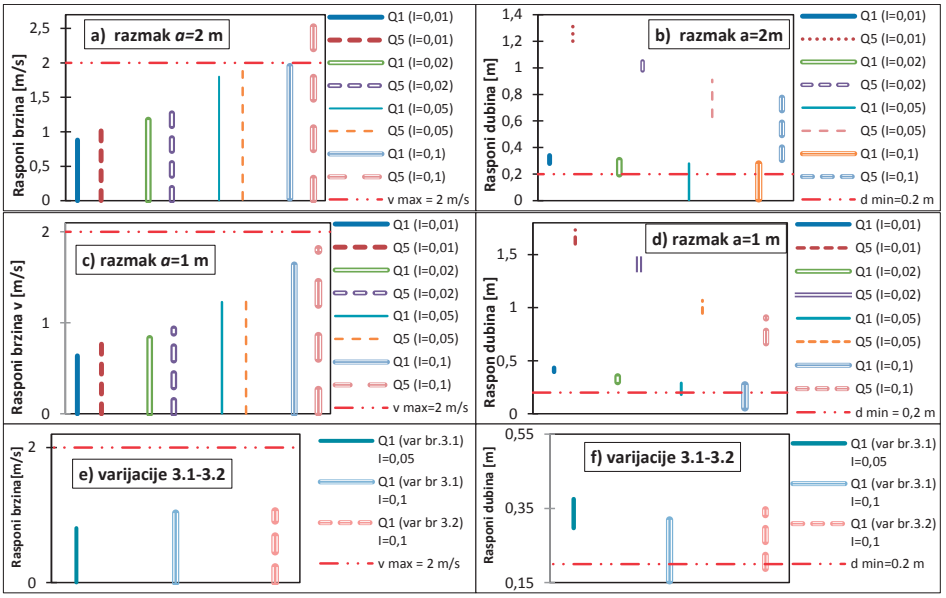
$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}^{2}}{\partial y}=-gh\frac{\partial \xi}{\partial y}-\frac{\tau_{by}}{\rho}+\frac{1}{\rho}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(hT_{xy}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(hT_{yy}\right)\right] \quad (3)$$

gdje je h dubina vode (zbroj mirne razine vode d i elevacije ξ ispod ili iznad mirne razine), $\bar{u}, \bar{v}$ komponente brzine u x i y smjeru osrednjene po dubini, g ubrzanje sile teže, ρ gustoća, x,y prostorne koordinate; t vrijeme; τ_x,τ_y naprezanja na dnu; T_{xx}, T_{xy}, T_{yy} lateralna naprezanja.

Modelom se rješava sustav parcijalnih diferencijalnih jednadžbi metodom konačnih razlika na pravokutnoj proračunskoj mreži u kojoj je varijabla elevacije definirana u čvornim točkama, a varijable komponenti protoka su centralno postavljene između čvornih točaka (Leendertse, 1964). Koristi se vremenski centrirana implicitna shema u kojoj se jednadžbe rješavaju s jednodimenzionalnim neiterativnim koracima, alternirajući između x i y smjera.

Poprečni profil je pravokutnog oblika, odabrana širina staze B=2 m, uzdužni padovi su I=0,01; 0,02; 0,05 i 0,1 m/m. Duljina kanala je varijabilna, tako da se pri svim analiziranim uzdužnim padovima ostvaruje ista visinska razlika od 2 m. Gotovo optimalno (najbolje) rješenje tražilo se ispitivanjem različitih varijacija rasporeda, oblika i veličine kamenih blokova. Krupnoća kamena iznosi d=0,6-0,8 m a uzdužni razmak između njih a=2 i a=1 m. Manningov koeficijent hrapavosti supstrata je n=0,32 $m^{-1/3}$s u cijeloj prostornoj domeni staze.

Ispitivani protoci su Q=100, 200, 300, 400 i 500 l/s. Oni ujedno definiraju gornje rubne uvjete (ulazna otvorena uzvodna granica) a normalna dubina (razina vodnog lica) korištena na nizvodnoj granici predstavlja donji rubni uvjet. Početni uvjet je zadana razina vodnog lica na nizvodnoj granici, različita za svaki nagib. Tečenje u modelu je stacionarno, tj. kao rezultat prezentira se posljednji trenutak. Diskretizacija geometrije je $\Delta x=\Delta y$=0,1 m. Rezultat rješavanja predstavljaju vrijednosti dubina i vertikalno osrednjenih brzina.

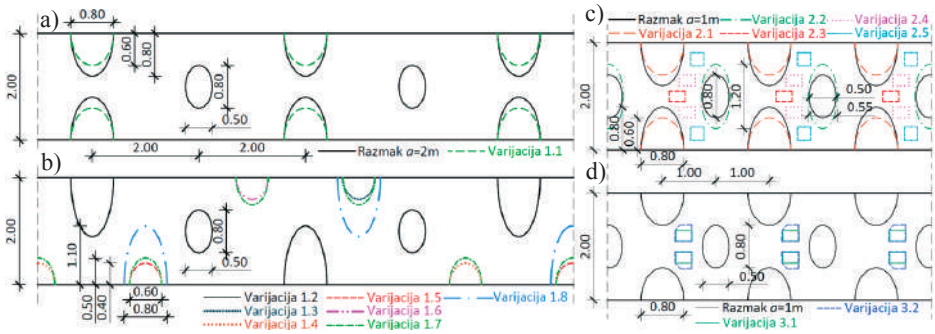


Slika 4. Rasponi brzina i dubina za a=2 m,
za Q=100 i 500 l/s, I=0,01; 0,02; 0,05; 0,1 m/m

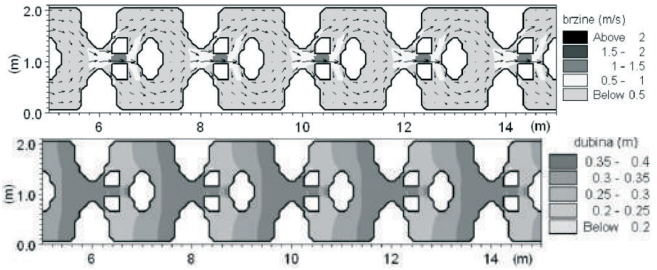
2.2. Opis ispitivanja i rezultati

Započelo se s batimetrijom prikazanoj na slici 5.a (*blokovi prikazani punom crtom*). Za nagib 0,1, pri najvećem protoku, brzine su veće od 2 m/s, a za ostale slučajeve su manje od 2 m/s (slika 4.a). Za najmanji protok, pri nagibima 0,05 i 0,1, dubine su manje od 0,2 m (slika 4.b). Potom je ispitano 8 varijacija (1.1-1.8) pri nagibu 0,1, s ciljem da se dobiju brzine manje od 2 m/s, ali nije se pazilo na dubine. Rasponi brzina i dubina za varijacije 1.1-1.8 su međukoraci te nisu prikazani. Slika 5.a prikazuje početnu geometriju staze, a blokovi s isprekidanom crtom označavaju promjenu geometrije napravljenu u varijaciji 1.1. Slika 5.b prikazuje varijaciju 1.2 (*puna crta*) te promjene koje su odnosu na nju izvedene u varijacijama 1.3-1.8.

Nastavilo se s uzorkom geometrije prikazanim na slici 5.c (*blokovi prikazani punom crtom*). Pri nagibima 0,05 i 0,1, za protok 100 l/s dobivene su dubine manje od dozvoljenih što se može vidjeti na slici 4.d. Stoga je napravljeno 5 novih varijacija (2.1-2.5) za nagib 0,1, potom još jedna (3.1) za nagibe 0,1 i 0,05. Varijacija 3.1 dala je najbolje rezultate i nakon manje promjene veličine blokova nastala je varijacija 3.2 kao gotovo optimalno rješenje. Na slici 4.e i 4.f prikazan je raspon brzina i dubina za varijacije 3.1-3.2. Elementi dodavani i mijenjani u varijacijama 2.1-2.5 i 3.1-3.2 prikazani su na slikama 5.c i 5.d. Polje brzina i dubina za varijaciju 3.2 prikazano je na slici 6. Najveća brzina iznosi 1,06 m/s (na kontrakciji između dva manja bloka), a tek na pojedinim „točkama“ dubina iznosi 0,19 m.



Slika 5. Prikaz elemenata staze dodavanih u svakoj sljedećoj varijaciji



Slika 6. Polje brzina i polje dubina za varijaciju 3.2 (I=0,1, Q=100 l/s)

ZAKLJUČAK

Osnovna podjela ribljih staza je na tehničke i prirodne. Svaki tip riblje staze ima domenu unutar koje je pogodan za primjenu. Na tehničkim stazama lakše je predvidjeti hidrauličke karakteristike toka, dok je na prirodnima teže. Za svaku lokaciju s potencijalnom ribljom stazom posebno bi trebalo provjeriti koje vrste se pojavljuju, no dobro je težiti stazama koje su, sa stajališta hidrauličkih uvjeta, prilagodljive različitim vrstama. Mnogo pažnje posvećeno je istraživanju staza s bazenima, posebno onima s vertikalnim prorezima. Sve se više razjašnjava pitanje kako postići povoljne hidrauličke uvjete u tim stazama.

Prirodne staze estetski se dobro uklapaju u okolinu. Najčešće imaju nepravilan geometrijski raspored. U radu je iterativnim postupkom dobivena osnova geometrije za prirodnu riblju stazu, s pravilnim uzorcima, kojim bi se mogli postići povoljni hidraulički uvjeti. Ispitivanje je završeno kada je za najveći nagib, I=0,1 m/m, postignuto najbolje rješenje. Za preciznu sliku strujanja potrebno je izgraditi fizikalni model, a kao uzor za izgradnju može se iskoristiti geometrija staze dobivena u radu. Nakon izgradnje fizikalnog modela i izvršene kalibracije numeričkog modela, može se nastaviti s ispitivanjem raznih varijacija. Pojedini autori najpovoljniju geometriju traže matematičkom formulacijom geometrije staze i ugrađivanjem optimizacijskom problema u numerički model. Potrebno je ispitati sve pokazatelje toka da se utvrdi pogodnost staze i za veće i za manje jedinke, te za različite vrste. Pažnju treba posvetiti veličini otvora predviđenih za prolazak ribe (u varijaciji 3.2 otvor je širok 20 cm između najmanjih blokova). Treba uzeti u obzir da se svi blokovi, posebice manji, moraju ustabiliti.

LITERATURA

[1] Abbott, M., B., McCowan, A., Warren, I., R., (1981): *Numerical modelling of free surface flows that are two-dimensional in plan*, *Transport models for inland and coastal waters*. Academic Press, London.

[2] Calluaud, D., Cornu, V., Bourtal, B., Dupuis, L., Refin, C., Courret, D., David, L., (2012): *Scale Effects of Turbulence Flows in Vertical Slot fishways: Field and Laboratory Measurement Investigation* (ID 16332), 9. Međunarodni simpozij o ekohidraulici, Beč

[3] Calluaud, D., Pineau, G., Texier, A., David, L., (2014): *Modification of vertical slot fishway flow with a supplementary cylinder*, J. Hydraul. Res, vol. 52, No. 5, str. 614-629

[4] Dumont, U., (2012): *The New DWA Design Manual on Fish Passes* (ID 16454), 9. Međunarodni simpozij o ekohidraulici, Beč, Austrija

[5] EA (Environment Agency), (2010): *Environment Agency Fish Pass Manual*, Environment Agency, Bristol, Velika Britanija

[6] ESHA, The European Small Hydropower Association : *Environmental integration of small hydropower plants*, Belgija, www.esha.be/publications/publications (10.02.2015.)

[7] FAO (Food and Agriculture Organization of the US), DVWK (German Association for Water Resources and Land Improvement), (2002): *Fish passes – Design, dimensions and monitoring*, FAO, DVWK, Rim, Italija

[8] FISRWG (The Federal Interagency Stream Restoration Working Group), (2001): *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices,* USDA–NRCS, USA

[9] Jovanović, M., (2011): *Riblje staze u skolpu 'naturalnog' uređenja malih vodotoka,* Vodoprivreda, vol. 43, br. 4-6, str. 217-226

[10] Katopodis, C., (1992): *Introduction to Fisway Design,* radni dokument, Freshwater Institute, Winnipeg, Manitoba, Canada

[11] Leendertse, J. J., (1964): *Aspects of a computational model for water wave propagation*, M.I.T. Instrumentation Laboratory, Memo SGA 5-64, Cambridge, Massachusetts.

[12] Liao, J.C., (2007): *The review of fish swimming mechanics and behaviour in altered flows*, Philosophical Transactions of The Royal Society B: Biological Sciences, vol. 362 (1487),str.1973-1993, http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2442850/ (10.02.2015.)

[13] PIANC, The World Association fow Waterborne Transport Infrastructure (2013): *Fish passage, report n° 127,* Bruxelles, Belgija

[14] Prša, M., Rebrina, M., Srednoselec, I., (2013): *Analiza geometrijskih karakteristika ribljih staza u ovisnosti o hidrauličkim uvjetima tečenja*, rad za rektorovu nagradu, Zagreb

[15] Rajaratnam, N., Katopodis, C., Solanki, S., (1991): *New designs for vertical slot fishways*, Canadian Journal of Civil Engineering, vol. 19 (3), str. 402-414

[16] Sokoray-Varga, B., Weichert, R., Lehmann, B., Nestmann, F., (2012): *Time-Resolved PIV Measurements to Investigate the Characteristics of the Turbulent Structures in a Vertical-Slot Fish Pass* (ID 16332), 9. Međunarodni simpozij o ekohidraulici, Beč

[17] Tarrade, L., Texier, A., David, L., Larinier, M., (2008): *Topologies and measurements of turbulent flow in vertical slot fishways*, Hydrobiologia, vol. 609, str. 177-188

[18] Vested, H. J., Nielsen, H. R., Jensen, H. R., Kristensen, K. B., (1995): *Skill assessment of an operational hydrodynamic forecast system for the North Sea and Danish Belts, Estuarine Studies*, 47, American Geophysical Union, Washington DC, 373–396

[19] Wu, S., Rajaratnam, N., Katopodis, C., (1999): *Structure of Flow in Vertical Slot Fishway,* Journal of Hydraulic Engineering, vol. 125, br. 4, str. 351-360

AUTORI

Jadran Berbić, mag.ing.aedif. [a]
Patricia Šišeta, mag.ing.aedif. [a]
izv.prof.dr.sc. Goran Lončar [b]
doc.dr.sc. Eva Ocvirk [a]

[a] Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Hrvatska, jberbic@grad.hr; ocvirk@grad.hr; siseta.patricia@gmail.com

[b] Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Savska 16, 10000 Zagreb, Hrvatska, gloncar@grad.hr

R 2.30.

PROJEKTI NAVODNJAVANJA U REPUBLICI HRVATSKOJ I MOGUĆNOST SUFINANCIRANJA IZ FONDOVA EUROPSKE UNIJE

Elizabeta Kos, Miro Macan, Marija Čulinović Holjevac

SAŽETAK: Zbog sve učestalije pojave suša, uzrokovanih klimatskim promjenama, koje znatno umanjuju prinos, te istovremeno uzrokuju štete u poljoprivredi koje se mjere u milijardama kuna i smanjuju konkurentnost poljoprivredne proizvodnje ukazala se potreba za iznalaženjem sustavnog rješavanja. Stoga je Vlada Republike Hrvatske pokrenula i usvojila Nacionalni projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj – NAPNAV, kojim je zadan cilj da se do 2020. godine omogući navodnjavanje na 65.000 ha poljoprivrednog zemljišta.

U ovom radu donesen je prikaz svih aktivnosti koje su provedene tijekom posljednjih deset godina, kako bi se postigao cilj predviđen NAPNAV-om, što uključuje sufinanciranje izrade Županijskih planova navodnjavanja, Nacionalnih pilot projekata navodnjavanja, izradu projektne dokumentacije te sanaciju i izgradnju novih sustava navodnjavanja, u koje su uložena sredstva državnog proračuna te sredstva jedinica područne (regionalne) samouprave, Hrvatskih voda, Fonda za regionalni razvoj i krajnjih korisnika. Također je prikazan i aspekt prilagodbe i donošenja zakonskih i podzakonskih akata kojima se reguliraju pitanja izgradnje i gospodarenja sustavima javnog navodnjavanja, a bez kojih realizacija zadanog cilja nije moguća.

Naveden je plan aktivnosti za daljnji razvoj projekta sustava javnog navodnjavanja na području Republike Hrvatske, što nakon ulaska Republike Hrvatske u Europsku uniju uključuje i sufinanciranje ovih projekata sredstvima Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj (EPFRR). Očekuje se da će se provedbom planiranih projekata znatno ublažiti štete koje uzrokuje suša u poljoprivredi i doprinijeti konkurentnosti hrvatske poljoprivrede.

KLJUČNE RIJEČI: Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u republici Hrvatskoj - NAPNAV, Sustavi javnog navodnjavanja, Europski poljoprivredni fond za ruralni razvoj (EPFRR), Program ruralnog razvoja

IRRIGATION PROJECTS IN THE REPUBLIC OF CROATIA AND THEIR POSSIBLE COFINANCING FROM THE EU FUNDS

SUMMARY: Due to the increasing number of draught occurrences caused by the climate change which significantly reduce yields and result in billions of kuna in damages in agriculture as well as its diminished competitiveness, a need arose for a systematic solution to the problem. For this reason, the Government of the Republic of Croatia initiated and later adopted the National Project of Irrigation and Land and Water Management in the Republic of Croatia (NAPNAV) with the objective to facilitate irrigation on 65,000 ha of agricultural land by 2020.

The paper gives an overview of all activities which were carried out in the past ten years aimed at the achievement of the goal set by the NAPNAV, which also includes cofinancing of the development of county irrigation plans, national pilot irrigation projects and project documents as well as rehabilitation and construction of new irrigation systems with invested funds from the state budget and funds from the units of district (regional) self-government, Hrvatske vode, European Regional Development Fund and final beneficiaries. It also presents the aspect of harmonization and enactment of laws and bylaws governing issues of construction and management of public irrigation systems, without which the achievement of the set goal would not be possible.

The paper also presents the plan of activities for further development of the public irrigation system project in the Republic of Croatia, which, following Croatia's accession of to the European Union, also includes cofinancing of these projects from the Agricultural Fund for Rural Development (EPFRR). It is expected that the implementation of the planned projects will significantly mitigate damages in agriculture caused by draughts and also contribute to the competitiveness of Croatian agriculture.

KEY WORDS: National Project of Irrigation and Management of Agricultural Land and Water in the Republic of Croatia (NAPNAV), Public irrigation system, European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD), Rural Development Program

1. UVOD

Zbog sve učestalijih suša uzrokovanih klimatskim promjenama a posredno i šteta koje se broje u milijardama kuna, a nastaju kao posljedica suša, u Republici Hrvatskoj je u 2005. godini pokrenut Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj – NAPNAV. Od donošenja ovog ključnog dokumenta kojim je analiziran prirodni potencijal uvjetovan pogodnošću tala za navodnjavanje i potencijalnih vodnih resursa, te područja s nedostatnim količinama vlage, osobito u vegetacijskom razdoblju, stvoren je temelj za pokretanje aktivnosti čiji je cilj u konačnici rezultirati izgradnjom sustava navodnjavanja i omogućiti navodnjavanje na 65.000 ha do 2020. godine.

U prethodnom razdoblju realizacija NAPNAV-a sufinancirala se sredstvima državnog proračuna, Hrvatskih voda, kao i sredstvima jedinica područne (regionalne) samouprave te sredstvima krajnjih korisnika. Ulaganja u izradu projektne dokumentacije, kao i izgradnju sustava navodnjavanja pokazalo se kao veliko opterećenje za državni proračun u kojem su najvećem dijelom osiguravana sredstva za provedbu projekata navodnjavanja,

a posebno za proračune jedinica područne (regionalne) samouprave.
Istovremeno su se prilagođavali postojeći i donosili novi zakonski akti kojima se reguliraju pitanja izgradnje i gospodarenja sustavima javnog navodnjavanja, bez kojih bi postizanje postavljenog cilja bilo nemoguće.
Ulaskom Republike Hrvatske u Europsku uniju otvorila se mogućnost za sufinanciranje različitih projekata sredstvima strukturnih fondova Europske unije, a uvrštavanjem navodnjavanja u Mjeru 04 „Ulaganje u fizičku imovinu“ Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014.-2020. omogućilo se korištenje sredstava Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj za sufinanciranje izgradnje sustava navodnjavanja u vlasništvu jedinica područne (regionalne) samouprave. Osim izgradnje sustava javnoga navodnjavanja, odnosno infrastrukture za navodnjavanje do parcela poljoprivrednih proizvođača, kroz ovu mjeru omogućeno je i sufinanciranje izgradnje vodozahvata, na prostorima na kojima ne postoje sustavi javnoga navodnjavanja, kao i opreme za navodnjavanje na parceli krajnjeg korisnika. Osiguranjem sredstava iz strukturnih fondova EU dan je novi zamah izgradnji projekata navodnjavanja, te svakako ubrzana realizacija ciljeva postavljenih NAPNAV-om.
Cilj ovoga rada je dati pregled provedbe NAPNAV-a u proteklom razdoblju, kao i dati informaciju o mogućnosti nastavka provedbe NAPNAV-a sufinanciranjem kroz fondove Europske unije.

2. MATERIJALI I METODE

Ovaj rad sastoji se od sedam poglavlja, a to su: Uvod, Materijali i metode, Rezultati istraživanja, Ulaganja u sustave navodnjavanja prije ulaska u Europsku uniju, Zakonska regulativa i sustavi javnog navodnjavanja, Sufinanciranje sustava navodnjavanja iz Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj i Zaključak.
Prilikom izrade ovoga rada korišteni su važeći zakoni i podzakonski akti kojima se uređuje provedba projekata navodnjavanja, kao i upravljanje te tehnički i drugi uvjeti uređenja sustava javnog navodnjavanja. Isto tako, korišteni su i podaci iz dostavljenih izvješća jedinica područne (regionalne) samouprave o isporučenim količinama vode za navodnjavanje iz sustava javnog navodnjavanja, kao i troškovima održavanja i upravljanja sustavima javnog navodnjavanja, te podaci o realizaciji sredstava osiguranih za provedbu NAPNAV-a.
Prilikom izrade poglavlja koje se odnosi na sufinanciranje sustava navodnjavanja iz Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj korišteni su podaci iz Nacrta Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014.-2020.

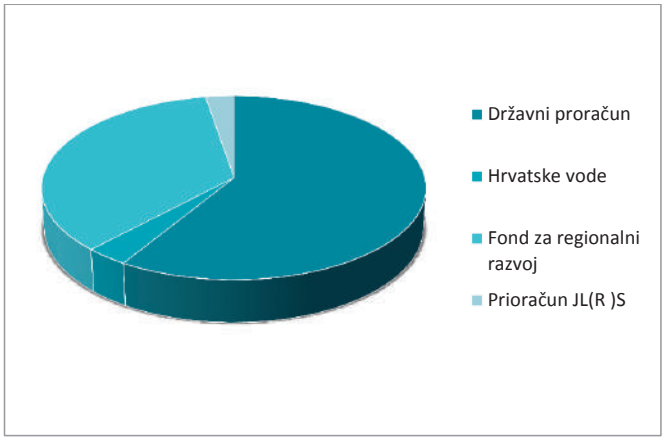
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U radu je dan prikaz ulaganja u sustave javnog navodnjavanja od početka provedbe NAPNAV-a do danas. Prikazani su podaci o isporučenim količinama vode, cijena vode po m^3 za krajnje korisnike, kao i ukupni troškovi rada sustava koji se mogu koristiti kao važan pokazatelj u planiranju i izgradnji budućih sustava javnog navodnjavanja. Također je dan prikaz mogućnosti sufinanciranja sustava navodnjavanja, kako onih do proizvodnih površina krajnjeg korisnika tako i opreme za navodnjavanje na parceli te vodozahvata i opreme na područjima gdje ne postoji interes za izgradnju sustava javnog navodnjavanja,

iz Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj. Uzimajući u obzir sve navedeno možemo reći da je dobrim planiranjem te osiguravanjem financijskih sredstava u državnom proračunu ili proračunima jedinica područne (regionalne) samouprave te uvrštavanjem sustava navodnjavanja na liste prihvatljivih materijalnih troškova za sufinanciranje kroz Program ruralnog razvoja osiguran siguran razvoj navodnjavanja u Republici Hrvatskoj u narednom razdoblju.

4. ULAGANJA U SUSTAVE NAVODNJAVANJA PRIJE ULASKA U EUROPSKU UNIJU

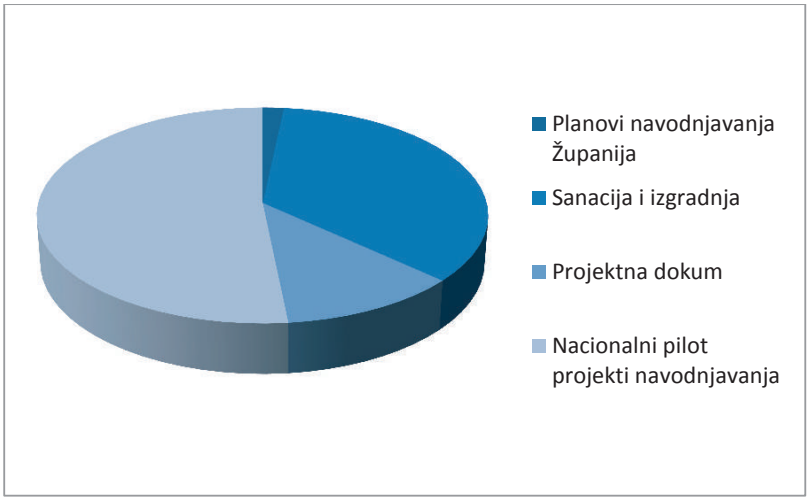
Provedba NAPNAV-a u proteklom razdoblju financirala se sredstvima Državnog proračuna (81%), Hrvatskih voda (11%), JLP(R)S (6%) te sredstvima Fonda za regionalni razvoj i krajnjih korisnika (2%), što je prikazano na slici 1.



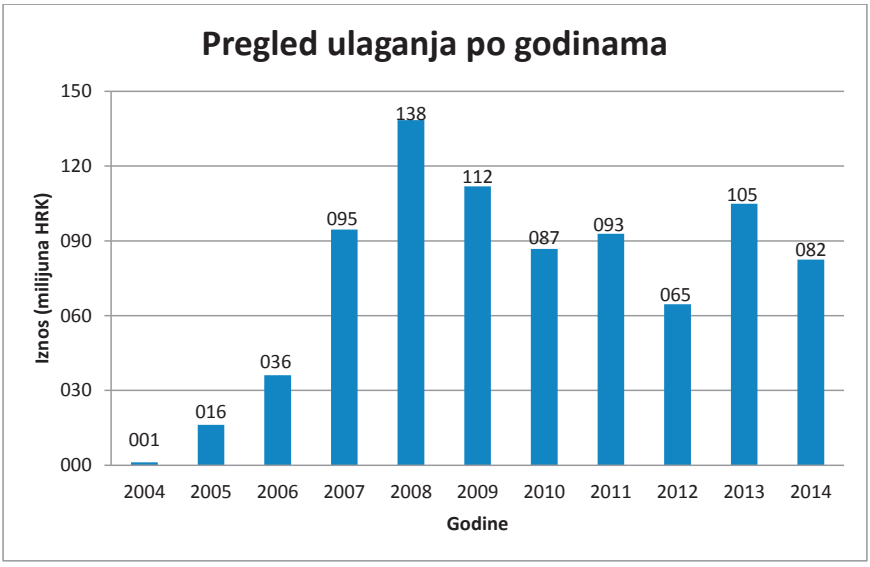
Slika 1. Postoci ulaganja po izvorima sredstava

Realizacija NAPNAV-a provodi se kroz četiri faze koje uključuju: izradu Županijskih planova navodnjavanja u čiju je izradu ukupno uloženo 13,93 milijuna kuna, Nacionalne pilot projekte navodnjavanja u čiju je izgradnju uloženo 427,98 milijuna kuna, izradu projektne dokumentacije za sustave navodnjavanja u što je uloženo 97,19 milijuna kuna te sanaciju postojećih i izgradnju novih sustava navodnjavanja za što je uloženo 290,75 milijuna kuna, što se može vidjeti na slici 2.

Ukupna financijska sredstva koja su uložena u realizaciju projekata navodnjavanja u razdoblju 2005.-2014. iznose 829,85 milijuna kuna, a prikaz ulaganja po godinama vidi se iz slike 3., a u 2015. godini za tu namjenu planirano je utrošiti 105,6 milijuna kuna (104,6 DP ; 1,00 JP(R)S).



Slika 2. Uložena sredstva po fazama realizacije



Slika 3. Pregled ulaganja po godinama

Najznačajniji učinci dosadašnje provedbe NAPNAV-a:

- Izrada studijske i projektne dokumentacije različite razine za 90 sustava javnog navodnjavanja čime je obuhvaćeno oko 130.000 ha poljoprivrednih površina;
- Potpuna sanacija postojećih sustava navodnjavanja (SN): - SN Vrana (530 ha); SN Grabovo (677 ha); SN Borinci (700 ha); SN Valtura (80 ha)
- Djelomična sanacija sustava navodnjavanja u Sinjskom polju, Imotskom polju, polju

Rastok, Neretvanskom polju te na području Puškaš u Osječko-baranjskoj županiji, čime je ukupno obuhvaćeno oko 2.000 ha poljoprivrednih površina.

- Dovršetak izgradnje novih sustava javnog navodnjavanja i to:
  1. SN Gat (500 ha) u Osječko-baranjskoj županiji
  2. SN Međimurje (250 ha) u Međimurskoj županiji
  3. SN Baštica-I. faza (350 ha) u Zadarskoj županiji
  4. SN Kaptol –I. faza (106 ha) u Požeško-slavonskoj županiji
  5. SN Ramanovci-Bektež-I. faza (369 ha) u Požeško-slavonskoj županiji
  6. SN Poljoprivredno-šumarske škole Vinkovci (52 ha) u Vukovarsko-srijemskoj županiji.

Bitno je napomenuti da je trenutno u izgradnji SN Kapinci-Vaška (1.260 ha) u Virovitičko-podravskoj županiji te proširenje SN Valtura u Istarskoj županiji sa sadašnjih 80 ha na ukupno 440 ha, kao i izgradnja dovodnog melioracijskog kanala za navodnjavanje Bid-bosutskog polja, što je prikazano na slikama 4 i 5, u okviru nacionalnog pilot projekta navodnjavanja Bid-Bosutskog polja, čijim će se završetkom omogućiti razvijanje sustava navodnjavanja na ukupno 4.700 ha poljoprivrednih površina.



Slika 4. I dionica Dovodnog melioracijskog kanala za navodnjavanje Bid-bosutskog polja u sklopu Nacionalnog pilot projekta navodnjavanja Bid-bosutskog polja



Slika 5. Izgradnja V dionice Dovodnog meloracijskog kanala za navodnjavanje Bid-bosutskog polja u sklopu nacionalnog pilot projekta navodnjavanja Bid-bosutskog polja

5. ZAKONSKA REGULATIVA I SUSTAVI JAVNOG NAVODNJAVANJA

Kako bi se projekti navodnjavanja mogli realizirati, bilo je potrebno usvojiti i adekvatnu zakonsku regulativu. Donošenjem Zakona o vodama, kao i izmjenama i dopunama istog (Narodne novine, broj 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14) stvoreni su uvjeti za provedbu projekata navodnjavanja, a isti je temelj za donošenje podzakonskih akata kojima će se urediti upravljanje i uređenje sustava javnog navodnjavanja.

Isto tako, donošenjem Zakona o financiranju vodnoga gospodarstva (Narodne novine, broj 153/09, 56/13 i 154/14) kojim je propisan način obračuna naknada za navodnjavanje stvorena je predispozicija za obračun naknade, čime se osiguravaju prihodi za stabilno funkcioniranje i održavanje građevina za navodnjavanje.

Naknada za navodnjavanje plaća se na poljoprivredno zemljište koje se navodnjava iz građevina za navodnjavanje u vlasništvu jedinice područne (regionalne) samouprave

i na poljoprivredno zemljište kojem je dostupno navodnjavanje iz te građevine. Obveznik naknade je vlasnik ili drugi zakoniti posjednik poljoprivrednog zemljišta, a osnovica za obračun predmetne naknade je količina vode isporučena putem građevina za navodnjavanje zemljišta koje se navodnjava (ukoliko nije moguće utvrditi količinu vode, osnovica za obračun je jedinica površine zemljišta - hektar, četvorni metar - koje se navodnjava putem građevine za navodnjavanje) ili jedinica površine zemljišta (hektar, četvorni metar) za koje je dostupno priključenje na građevine za navodnjavanje.

Visinu naknade za navodnjavanje određuje predstavničko tijelo jedinice područne (regionalne) samouprave u čijem su vlasništvu izgrađene građevine za navodnjavanje svojom odlukom, kojom propisuje i obvezu plaćanja, a može propisati izuzeća od plaćanja, oslobođenja i olakšice.

Obračun i naplatu naknade obavlja jedinica područne (regionalne) samouprave i vodi očevidnik naknade, a potvrde o činjenicama iz očevidnika u upravnom i sudskom postupku imaju snagu javne isprave.

Prihod od naknade za navodnjavanje koristi se prema načelu solidarnosti i prvenstva u potrebama na području izgrađenih građevina za navodnjavanje, a služi za održavanje tih građevina u vlasništvu jedinice područne (regionalne) samouprave.

Građevinama za navodnjavanje u vlasništvu jedinica područne (regionalne) samouprave upravljaju te jedinice, iznimno od ove zakonske odredbe u prijelaznom razdoblju od tri godine građevinama za navodnjavanje, kao i mješovitim vodnim građevinama upravljaju Hrvatske vode – Hidrotehnički objekti d.o.o.

Upravljanje, tehnički i drugi uvjeti uređenja sustava za navodnjavanje u vlasništvu jedinica područne (regionalne) samouprave, ali i obveza izvješćivanja o stanju i korištenju sustava te osnove za utvrđivanje troškova održavanja sustava i način rasporeda tih troškova na korisnike propisana je Pravilnikom o upravljanju i uređenju sustava za navodnjavanje (Narodne novine, broj 83/10 i 76/14).

S obzirom na mogućnost korištenja sredstava strukturnih fondova Europske unije za izgradnju sustava javnog navodnjavanja, ali i obvezu da nakon ulaganja takvih sredstava sustav bude funkcionalan najmanje pet godina, tijekom prošle godine donesene su izmjene i dopune naprijed navedenog Pravilnika. Istima je definirano da se ugovornim odnosom krajnjih korisnika i jedinica područne (regionalne) samouprave kojim se definiraju prava i obveze, a prvenstveno obveza trajnog korištenja sustava za potrebe poljoprivredne proizvodnje umjesto 30% mora obuhvatiti minimalno 70% poljoprivrednih površina unutar obuhvata javnog sustava navodnjavanja.

Naprijed navedenim Pravilnikom propisana je obveza dostave godišnjih izvješća o realizaciji godišnjeg programa održavanja te godišnjeg obračuna prihoda i rashoda sustava javnog navodnjavanja Hrvatskim vodama i Ministarstvu nadležnom za vodno gospodarstvo.

Sukladno podacima iz dostavljenih godišnjih izvješća u Tablici 1. donosimo prikaz uloženih sredstava u izgradnju sustava javnog navodnjavanja, isporučenih količina vode za navodnjavanje, troškova rada sustava, te cijenu vode za krajnje korisnike za razdoblje od 2012.-2014. godine u kojemu su počeli s radom novi sustavi javnog navodnjavanja izgrađeni u sklopu realizacije NAPNAV-a.

Tablica 1. Uložena sredstava u izgradnju i troškova rada sustava javnog navodnjavanja

R.BR.	ŽUPANIJA	SUSTAV NAVODNJAVANJA (SN)	UKUPNA POVRŠINA SN (u ha)	UKUPNO ULOŽENO U IZGRADNJU SUSTAVA (u kn)	GODINA	ISPORUČENA KOLIČINA VODE (u m³)	GODIŠNJI TROŠKOVI RADA I ODRŽAVANJA (u kn)	CIJENA VODE (u kn)
1.	POŽEŠKO-SLAVONSKA	SN KAPTOL	100	**5.935.133,86**	**2012.**	nema podataka	nema podataka	nije formirana
					2013.	nema podataka	5.670,00	500 kn/ha/god.
					2014.	nema podataka	6.976,00	500 kn/ha/god.
2.		SN RAMANOVCI - BEKTEŽ	365	**6.254.100,63**	**2012.**	sustav do sada nije bio korišten	Nije formirana, sve troškove rada snosi Kutjevo d.d..	
					2013.			
					2014.			
3.	ZADARSKA	SN BAŠTICA I FAZA	312,5	**20.338.117,93**	**2012.**	165.620	291.491,00	1,76 kn/m³ +1.105,00 kn/ha/god.
					2013.	166.004	308.809,51	cca 1,50 kn/m³ + 700 kn/ha/god.
					2014.	89.684	199.112,89	0,61 kn/m³ + 375,78 kn/ha/god.
4.	VUKOVARSKO-SRIJEMSKA	SN POLJOPRIVREDNOG DOBRA POLJOPRIVREDNO-ŠUMARSKE ŠKOLE	52	**5.176.870,33**	**2012.**	sveukupno isporučeno u 3 godine 50.000	sveukupni troškovi u 3 godine 48.000,00	Nije formirana, sve troškove rada sustava snosi Poljoprivredna škola
					2013.			
					2014.			
5.	MEĐIMURSKA	SN MEĐIMURJE	250	**28.422.557,85**	**2012.**	200.000	nema podataka	nema podataka
					2013.	62.716	73.624,95	srpanj: 0,082 kn/m³ ; kolovoz: 0,076 kn/m³ + 200 kn/ha/god.
					2014.	16.933	9.307,84	0,042 kn/m³ + 400 kn/ha/god.
6.	ISTARSKA	SN VALTURA	80 (koristi se 44)	**9.131.168,47**	**2012.**	54.474	nema podataka	0,68 kn/m³
					2013.	52.712		0,68 kn/m³
					2014.	11.384		0,68 kn/m³
7.	GRAD BELIŠĆE	SN GAT	500	**37.723.392,44**	**2012.**	354.000	101.517,00	Sve troškove snosi Grad Belišće
					2013.	nema podataka	85.651,00	
					2014.	sustav se nije koristio	27.708,00	

Donošenjem ovog Pravilnika definirani su osnovni uvjeti odnosno početak izrade projektne dokumentacije kao i gradnje samih sustava navodnjavanja koji se temelje na interesu poljoprivrednih proizvođača na određenom području za korištenje sustava navodnjavanja čime se osigurava funkcionalnost i održivost samog sustava navodnjavanja na dulje razdoblje.

6. SUFINANCIRANJE SUSTAVA NAVODNJAVANJA IZ EUROPSKOG POLJOPRIVREDNOG FONDA ZA RURALNI RAZVOJ

Ulaskom Republike Hrvatske u Europsku uniju stvoreni su preduvjeti za korištenje Europskih strukturnih fondova za financiranje izgradnje sustava javnog navodnjavanja. Tako je Programom ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014.-2020. godine, predviđeno korištenje sredstava Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj, za ulaganje u izgradnju sustava javnog navodnjavanja i to kroz Mjeru 04. „Ulaganja u fizičku imovinu“, podmjeru 4.3. „Potpore za ulaganja u infrastrukturu povezanu s razvojem,

osuvremenjivanjem ili prilagodbom poljoprivrede i šumarstva“. Ukupna sredstva koja su Programom ruralnog razvoja predviđena za ulaganje u sustave javnog navodnjavanja su 96.140.534,01 eura od čega 85% otpada na EU sredstva, a 15% su nacionalna sredstva. Na ovaj način financirati će se 100% prihvatljivih troškova, a maksimalna visina potpore je 15 milijuna eura po projektu. Prihvatljivi korisnici ove potpore su jedinice područne (regionalne) samouprave koje su, sukladno Zakonu o vodama i vlasnici sustava javnog navodnjavanja.

Način i uvjeti provedbe financiranja ulaganja u sustave javnog navodnjavanja bit će propisani Pravilnikom o provedbi Mjere 04 „Ulaganja u fizičku imovinu“, podmjere 4.3. „Potpora za ulaganja u infrastrukturu vezano za razvoj, modernizaciju i prilagodbu poljoprivrede i šumarstva“, Operacije 4.3.1. „Investicije u osnovnu infrastrukturu javnog navodnjavanja“ kojim će također biti propisani i kriteriji odabira zahtjeva za potporu kao i svi prihvatljivi troškovi koji se mogu financirati kroz ovu mjeru Programa ruralnog razvoja. Izrada navedenog Pravilnika je u tijeku i dovršetak istog očekuje se do 01. srpnja 2015. godine, a nakon čega će, Agencija za plaćanje u poljoprivredi ribarstvu i ruralnom razvoju objaviti prvi natječaj za ulaganje u sustave javnog navodnjavanja.

Provedbom NAPNAV-a odnosno ulaganjem u izradu studijske i projektne dokumentacije te ishođenjem potrebnih dozvola za gradnju iskristalizirala se određena rang lista prioritetnih projekata za prve natječaje za ulaganje u sustave javnog navodnjavanja. Radi se o 28 projekta javnog navodnjavanja koji ukupno obuhvaćaju 27.434 ha, a procijenjena bruto vrijednost investicije za svih 28 projekata iznosi oko 265 milijuna eura. Uzimajući u obzir odobrena sredstva u podmjeri 4.3. te vrijednost pripremljenih projekata, za očekivati je maksimalnu iskoristivost odobrenih sredstava Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj u programskom razdoblju 2014.-2020.

Osim naprijed navedenih ulaganja u infrastrukturu za sustave javnog navodnjavanja kroz Mjeru 04. „Ulaganja u fizičku imovinu“ podmjeru 4.1. „potpora za ulaganja u poljoprivredna gospodarstva“ operaciju 4.1.1. „Restrukturiranje, modernizacija i povećanje konkurentnosti poljoprivrednih gospodarstava“ omogućiti će se i ulaganja za fizičke i pravne osobe i to za sufinanciranje ulaganja u izgradnju i/ili opremanje novih sustava za navodnjavanje na poljoprivrednom gospodarstvu, te poboljšanje postojećih sustava/opreme za navodnjavanje na poljoprivrednom gospodarstvu, odnosno ulaganje u izgradnju i/ili opremanje sustava za navodnjavanje izvan poljoprivrednog gospodarstva za potrebe primarne proizvodnje poljoprivrednog gospodarstva. Ovi projekti sufinancirati će se do 50% ukupnog iznosa prihvatljivih troškova, a pojedini projekt može biti vrijednosti od 5.000 – 2.000.000 eura.

ZAKLJUČAK

Usvajanjem NAPNAV-a postavljeni su temelji za razvoj navodnjavanja u Republici Hrvatskoj, koje je jedno od osnovnih mjera i potreba kojima se štete od suše mogu smanjiti, a u određenim okolnostima i potpuno izbjeći. Provedbom NAPNAV-a, odnosno izradom Županijskih planova navodnjavanja stvorena je osnova prostornog planiranja za izgradnju sustava navodnjavanja na čitavom teritoriju Republike Hrvatske. Izradom studijske i projektne dokumentacije za sustave navodnjavanja diljem Republike Hrvatske omogućen je daljnji razvoj i nastavak ovog projekta. Dosadašnjim ulaganjem u sanaciju i izgradnju novih sustava navodnjavanja na područjima obuhvata istih smanjene su

posljedice šteta uzrokovanih sušom, te omogućena sigurna i stabilna poljoprivredna proizvodnja.

Uključivanjem navodnjavanja u Mjere Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014.–2020. godine, i osiguravanjem financijskih sredstava iz Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj za izgradnju sustava navodnjavanja dan je novi zamašnjak u ostvarivanju cilja postavljenog NAPNAV-om. Iako se pozitivni pomaci vezani za smanjenje šteta od suše, koja je bila osobito izražena tijekom 2012. godine kada su zabilježene najveće štete u poljoprivredi, vide prilikom izgradnje svakog pojedinog sustava navodnjavanja, očekuje se da će tek ostvarenjem ukupnog cilja NAPNAV-a biti postignuto značajno smanjenje rizika od suša, koje imaju negativan utjecaj na ukupnu hrvatsku poljoprivredu i osigurati stabilnost prinosa u poljoprivrednoj proizvodnji.

LITERATURA

[1] *Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj-NAPNAV* (2005)

[2] *Nacrt Programa ruralnog razvoja republike Hrvatske za razdoblje 2014.-2020.* (2014)

[3] *Strategija upravljanja vodama* (Narodne novine“, broj 91/08)

[4] *Zakon o vodama* (Narodne novine, br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14)

[5] *Zakon o financiranju vodnoga gospodarstva* (Narodne novine“, broj 153/09 i 56/13, 154/14)

[6] *Pravilnik o upravljanju i uređenju sustava za navodnjavanje* (Narodne novine“, broj 83/10, 76/14)

AUTORI

Elizabeta Kos, dipl.ing.agr. [a]
Miro Macan, dipl.ing.agr. [a]
Marija Čulinović Holjevac, dipl.ing.agr. [a]

[a] Ministarstvo poljoprivrede, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, elizabeta.kos@voda.hr; miro.macan@voda.hr; marija.culinovicholjevac@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.31.

IMPLEMENTACIJA NACIONALNOG PROGRAMA NAVODNJAVANJA KROZ PROGRAM RURALNOG RAZVOJA 2014-2020

Marinko Galiot, Danko Holjević, Anita Brajković, Mario Bagarić

SAŽETAK: U radu je dan prikaz Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje 2014.-2020. g. s naglaskom na prikaz mjere M4 - ulaganje u materijalnu imovinu, odnosno podmjere M4-3 potpore za ulaganja u infrastrukturu povezanu s razvojem, osuvremenjivanjem ili prilagodbom poljoprivrede i šumarstva kroz koju će se u navedenom planskom razdoblju davati potpora razvoju infrastrukture javnog navodnjavanja. U radu su dani ciljevi i prioriteti Europske Unije u sklopu općeg okvira Zajedničke poljoprivredne politike, uvjeti prihvatljivosti i iznos potpore. Nastavno je dan kratak prikaz rezultata provedbe NAPNAV-a od 2005. do 2014. s planom implementacije projekta u okviru Program ruralnog razvoja 2014-2020.

KLJUČNE RIJEČI: NAPNAV, Navodnjavanje, Program, Ruralni razvoj, Potpora, Ulaganje, Infrastruktura

IMPLEMENTATION OF THE NATIONAL IRRIGATION PROGRAMME WITHIN THE RURAL DEVELOPMENT PROGRAMME 2014-2020

SUMMARY: The paper presents the Rural Development Programme of the Republic of Croatia for the period 2014-2020 with special emphasis on measure M4 – Investments in physical assets, i.e. specifically sub-measure M4-3 Support for investments in infrastructure related to development, modernisation or adaptation of agriculture and forestry through which the development of public irrigation infrastructure will be supported in the respective planning period. The paper outlines the objectives and priorities of the European Union within the general Common Agricultural Policy framework, the eligibility criteria, the support amount, and a short overview of the results of implementation of the National Plan for Irrigation and Land and Water Management (NAPNAV) from 2005 to 2014 with prospects of project development within the Rural Development Programme 2014-2020.

KEY WORDS: NAPNAV, Irrigation, Rural development programme, Infrastructure, Investment, Support

1. UVOD

Unatoč komparativnim prednostima i prirodnom potencijalu Republike Hrvatske, kao što su: povoljna umjerena klima, kvalitetna tla pogodna za navodnjavanje te u kontinentalnom dijelu relativno bogati vodni resursi, navodnjavanje se ne provodi u onolikoj mjeri kolike su stvarne potrebe i mogućnosti. Na nekim dijelovima područja bivše Jugoslavije navodnjavanje je bilo relativno razvijeno, što nažalost u Hrvatskoj (1990.) nije bio slučaj (infrastruktura navodnjavanja izgrađena na svega 13.000 ha). Prema službenom popisu poljoprivrede iz 2003. godine u RH se navodnjavalo svega 9 275 ha od 1 077 403 ha korištenih poljoprivrednih površina, dakle samo 0,86%.
Usporedbe radi prema statističkim podatcima Europske komisije (Eurostat) prosječni udio navodnjavanih površina na nivou EU27 bez Njemačke i Estonije iznosi 6,7 %, dok na nivou mediteranskih zemalja prosječni udio navodnjavanih površina iznosi: 12,5 % (Tablica 1).

Tablica 1. Irrigable and irrigated areas and UAA, Mediterranean countries, 2007
Source: Eurostat (ef_lu_ovcropaa), UAA – obradive poljoprivredne površine (ha)

	Irrigable area 2007	%	Irrigated area 2007	%	UAA 2007
EL	1.555.310	38,2	1.279.520	31,4	4.076.230
ES	3.671.340	14,7	3.266.330	13,1	24.892.520
FR	2.670.340	9,7	1.511.730	5,5	27.476.930
IT	3.950.500	31,0	2.666.210	20,9	12.744.200
CY	45.790	31,4	31.260	21,4	146.000
MT	3.200	31,0	2.810	27,2	10.330
PT	583.740	16,8	421.520	12,1	3.472.940
SI	4.100	0,8	1.620	0,3	488.770
Mediterranean countries	**12.484.320**	**17,0**	**9.181.000**	**12,5**	**73.307.920**

Pokretanjem Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama (NAPNAV) 2005. godine uspostavljeni su temelji sustavnog razvoja hidrotehničkih melioracija u Republici Hrvatskoj. Nakon izrade nacionalnog programa navodnjavanja izrađeni su županijski planovi navodnjavanja unutar kojih je napravljena inventarizacija prirodnih (voda, tlo) i ekonomskih resursa s prijedlogom lokaliteta pogodnim za razvoj hidrotehničkih melioracija i utvrđenim prioritetima obzirom na raspoloživost vode i tla, te zainteresiranosti krajnjih korisnika.
Prema planiranoj dinamici razvoja navodnjavanja do 2020 godine udio navodnjavanih površina trebao bi doseći 65.000 ha, a zašto bi trebalo uložiti cca 4,5 milijardi kuna.
Deset godina nakon pokretanja nacionalnog programa navodnjavanja prema stručnim procjenama u Republici Hrvatskoj područja opremljena infrastrukturom za navodnjavanje *(irrigable areas)* iznose oko 18.000 ha.

2. NAPNAV 2005.-2014.

Nastavno na analizu pogodnih lokaliteta za razvoj navodnjavanja, prema utvrđenim prioritetima jedinice regionalne samouprave (županije) u svojstvu investitora, pokrenule su

izradu studijsko projektne dokumentacije. Za poznate lokacije intenzivne poljoprivredne proizvodnje i zainteresirane krajnje korisnike, u skladu sa županijskim planovima navodnjavanja, kroz neki nivo studijsko-tehničke dokumentacije (predinvesticijska studija ili idejno rješenje) obrađene su poljoprivredne površine na cca 125.000 ha što je rezultiralo odabirom 60-tak lokacija pogodnih za razvoj infrastrukture navodnjavanje na ukupno 48.000 ha poljoprivrednih površina, za koje su pokrenute aktivnosti na izradi detaljne projektne dokumentacije. U međuvremenu kroz nacionalni program navodnjavanja izgrađeno je sedam novih sustava javnog navodnjavanja ukupnog obuhvata 2.332 ha (Tablica 2), a u tijeku je izgradnja 3 nova sustava kojim će se infrastruktura navodnjavanja urediti na dodatnih 6.700 ha poljoprivrednih površina (Tablica 3). Kroz djelomičnu, a u nekim slučajevima i potpunu sanaciju osposobljena je infrastruktura navodnjavanja na cca 3.987 ha. Pored projektiranja, sanacije postojećih i izgradnje novih sustava javnog navodnjavanja kroz nacionalni program navodnjavanja izvršena je sanacija postojećih akumulacija (npr. Koljak, Bistra, Vlačine, Grabovac, …), te izgrađena nova akumulacija Londža 1. faza, kao i brana Lipovac 1. faza.

Jedan od, u tehničkom smislu, najzahtjevnijih i financijski najskupljih projekata koji se provodi kroz nacionalni program navodnjavanja je Dovodni melioracijski kanal za navodnjavanje Bid-bosutskog polja (DMK BBP) čija izgradnja je preduvjet za dovođenje vode i razvoj navodnjavanja u širem području Bid-bosutskog polja. Vrijednost ove investicije je oko 450 mil.kuna, a do sada je uloženo oko 360 mil.kuna.

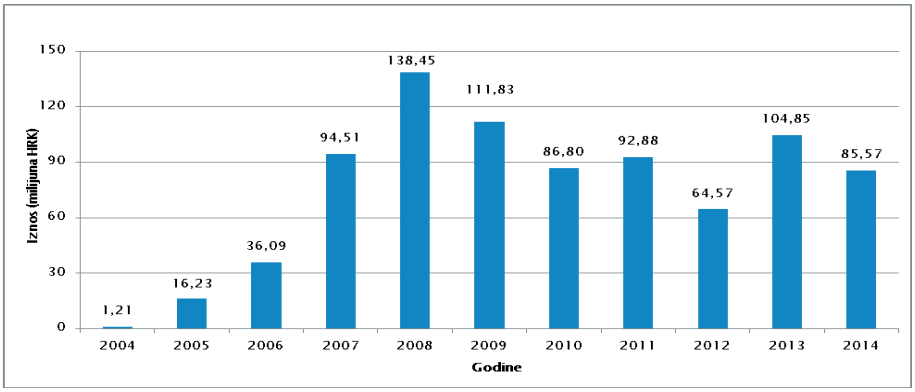
Tablica 2. Izgrađeni sustavi javnog navodnjavanja (2005-2014)

Red. br.	Županija	Sustav navodnjavanja	Površina (ha)	Zahvat vode (l/s)	T.D.M. (km)	Vrijednost investicije (mil. kuna)
1	Osječko baranjska	SN Gat	500	500	15,2	37,2
2	Međimurska	SN Međimurje	250	240	7,7	27,1
3	Zadarska	SN Baščica - I faza	350	321	9,2	20,9
4	Požeško slavonska	SN Kaptol - I faza (1 i 2 dio)	106	gravitacija	7,4	5,1
5	Požeško slavonska	SN Ramanovci Bektež - I faza	369	78	8,39	5,5
6	Vukovarsko srijemska	SN Poljoprivredno šumarska škola Vinkovci	52	50	1,9	4,9
7	Vukovarsko srijemska	SN Opatovac	705	320	16,3	45,9
		Ukupno:	**2332**		**66,09**	**146,6**

Tablica 3. Sustavi javnog navodnjavanja u izgradnji

Red. br.	Županija	Sustav navodnjavanja	Površina (ha)	Zahvat vode (l/s)	T.D.M. (km)	Vrijednost investicije (mil. kuna)
1	Istarska	SN Valtura	440	340	11,37	59
2	Osječko baranjska	SN Baranja	5000	5.000	otvorena kanalska mreža	81
3	Virovitičko podravska	SN Kapinci-Vaška	1260	900	38,8	78
		Ukupno:	**6700**		**50,17**	**218**

Kroz nacionalni program navodnjavanja od 2005. godine do konca 2014. godine ukupno je uloženo u sektor navodnjavanja cca 833 milijuna kuna, od čega oko 80 % iz državnog proračuna (cca 670 mil.kn). Ostali dionici su jedinice regionalne samouprave (cca 60 mil. kn), Hrvatske vode (cca 93,5 mil.kn), Fond regionalnog razovoja (5,18 mil.kn) i krajnji korisnici (4,19 mil.kn).



Slika 1. Prikaz ulaganja u razvoj navodnjavanja po godinama od 2004. do 2014.

Velika gospodarska kriza u svijetu i Hrvatskoj značajno je utjecala na dostupnost potrebnih financijskih sredstava, što je znatno usporilo razvoj projekta. Ulaskom Republike Hrvatske u Europsku uniju, stvorene su mogućnosti sufinanciranja izgradnje infrastrukture navodnjavanja putem fondova Europske unije. U tom smislu ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske izradile su prijedlog Programa ruralnog razovja za financijsko razdoblje 2014.-2020.g., putem kojeg se planira izgraditi i implementirati značajan dio planiranih sustava navodnjavannja. U Tablici 4 prikazana je inidikativna lista projekata navodnjavanja (u različitom nivou pripremljenosti) za prijavu za dodjelu bespovratnih sredstava putem potpora u okviru Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske.

3. PROGRAM RURALNOG RAZVOJA 2014-2020

Uredbom (EU) br. 1305/2013 Europskog parlamenta i Vijeća od 17. Prosinca 2013. godine o potpori ruralnom razvoju iz Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj (EPFRR) i stavljanju izvan snage Uredbe Vijeća (EZ) br. 1698/2005 utvrđuju se opći propisi koji uređuju potporu Unije za ruralni razvoj. Uredba prikazuje ciljeve kojima politika ruralnog razvoja treba doprinijeti te relevante prioritete Unije za ruralni razvoj, te definira mjere politike ruralnog razvoja. EPFRR doprinosi Strategiji Europa 2020. promicanjem održivog ruralnog razvoja diljem Unije nadopunjavajući druge instrumente Zajedničke poljoprivredne politike (ZPP), kohezijsku politiku i zajedničku politiku vezanu zu ribarstvo. Fond doprinosi razvoju teritorijalno i okolišno uravnoteženog, klimatski povoljnijeg i otpornijeg, konkurentnijeg i inovativnijeg poljoprivrednog sektora u Uniji. U sklopu općeg okvira ZPP-a, potpora za ruralni razvoj doprinosi postizanju slijedećih ciljeva:

- Osiguranje konkurentnosti poljoprivrede;
- Osiguranje održivog upraljanja prirodnim resursima i akcije protiv klimatskih promjena;
- Postizanje uravnoteženog teritorijalnog razvoja ruralnih gospodarstava i zajednica, uključujući i zadržavanje radnih mjesta;

Postizanje ciljeva ruralnog razvoja, koji doprinose strategiji Europa 2020. za pametan, održiv i uključiv rast, provodi se kroz slijedećih šest prioriteta Unije za ruralni razvoj:

- Poticanje prenosa znanja i inovacija
- Jačanje konkurentnosti poljoprivrednika i promicanje inovativnih poljoprivrednih tehnologija;
- Promicanje organizacije lanaca opskrbe hranom, uključivo preradu i plasiranje proizvoda na tržište;
- Obnovu, očuvanje i poboljšanje ekosustava povezanih s poljoprivredom i šumarstvom;
- Promicanje učinkovitosti resursa te poticanje pomaka prema gospodarstvu s niskom razinom ugljika otpornom na klimatske promjene u poljoprivrednom, prehrambenom i šumarskom sektoru;
- Promicanje društvene uključenosti, suzbijanje siromaštva te gospodarskog razvoja u ruralnim područjima.

Za proračunsko razdoblje 2014-2020 za postizanje navedenih ciljeva, kroz EPFRR osigurat će se cca 99,6 milijardi EUR-a potpore Unije za ruralni razvoj, od čega su cca 2 milijarde EUR-a predviđene za Program ruralnog razvoja Republike Hrvatske.

Za osiguranje ciljeva i prioriteta Unije u nacionalnom Programu ruralnog razvoja 2014-2020 predviđene su sljedeće mjere ruralnog razvoja:

1. Prijenos znanja i aktivnosti informiranja,
2. Savjetodavne službe, službe za upravljanje poljoprivrednim gospodarstvima i pomoć poljoprivrednim gospodarstvima,
3. Sustavi kvalitete za poljoprivredne proizvode i hranu,
4. Ulaganja u materijalnu imovinu,
5. Obnavljanje poljoprivrednog proizvodnog potencijala uslijed elementarnih prirodnih nepogoda,
6. Razvoj poljoprivrednog gospodarstva i poduzetništva,
7. Osnovne usluge u ruralnim područjima i obnova sela,
8. Ulaganja u svrhu poboljšanja otpornosti i okolišne vrijednosti šumskih ekosustava,
9. Ulaganja u šumarske tehnologije te u proizvodnju i marketing šumskih proizvoda,
10. Osnivanje proizvođačkih grupa i organizacija,
11. Agrookoliš i klima,
12. Ekološka poljoprivreda,
13. Očuvanje poljoprivrede na područjima s prirodnim i specifičnim ograničenjima u poljoprivredi,
14. Suradnja,
15. Osiguranje usjeva, životinja i biljaka,
16. Zajednički fondovi za životinjske i biljne bolesti i ekološke incidente,
17. Leader – nositelj programa
18. Tehnička pomoć.

3.1. Mjera 4. – Ulaganje u materijalnu imovinu

Cilj mjere 4. Ulaganja u materijalnu imovinu je povećanje konkurentnosti poljoprivrednih gospodarstava kroz modernizaciju proizvodnje, poboljšanje kvalitete proizvoda uvođenjem novih tehnologija i inovacija, te obnovom i izgradnjom objekata i infrastrukture za navodnjavanje i odvodnju u funkciji razvoja i prilagodbe poljoprivrede. Unutar ove mjere predviđene su četiri podmjere:

4.1. potpora za ulaganja u poljoprivredna gospodarstva;

4.2. potpora za ulaganja u obradu/plasiranje na tržište i/ili razvoj poljoprivrednih proizvoda;

4.3. potpora za ulaganja u infrastrukturu povezanu s razvojem, osuvremenjivanjem ili prilagodbom poljoprivrede i šumarstva;

4.4. potpora za neproduktivna ulaganja povezana s ostvarenjem ciljeva poljoprivrede, okoliša i klimatskih promjena;

Unutar podmjere 4.3. koja obuhvaća potpore za ulaganja u infrastruktru za navodnjavanje i odvodnju za proračunsko razdoblje 2014.-2020. predviđena su sredstva u iznosu 100 milijuna EUR-a od čega će se 85 % iznosa osigurati iz EPFRR, a 15 % iz Državnog proračuna. Korisnici podmjere su jedinice regionalne samouprave, a visina potpore iznosi do 100 % ukupnih prihvatljivih troškova projekta. Sukladno članku 49. Uredbe br. 1305/13 o potpori ruralnom razvoju iz EPFRR utvrđeni su kriteriji odabira projekata za dodjelu javne potpore. Vrednovanje kriterija za odabir prihvatljivih projekata biti će detaljnije obrađeno kroz pravilnik koji će definirati uvjete korištenja podmjere na osnovu slijedećih načela:

- Ekonomska stopa povrata investicije (prioritet se daje većoj ekonomskoj stopi povrata investicije iz studije izvedivosti);
- Stopa priključenosti (prioritet se daje većem udjelu poljoprivrednih površina za koje je investitor sklopio preliminarni ugovor o priključenju krajnjih korisnika);
- Aridnost područja u vegetacijskom periodu (prioritet se daje područjima s većom sušnosti);
- Ocjena energetske učinkovitosti projekta (prioritet se daje manjem nominalnom pritisku sustava);
- Pogodnost tla za navodnjavanje (prioritet se daje većoj neto poljoprivrednoj površini s većom pogodnosti tla za navodnjavanje ocijenjenom u opsegu sustava);
- Indeks regionalne razvijenost (prioritet se daje području s nižim indeksom regionalne razvijenost na županijskoj razini).

Samo projekti koji ostvaruju minimalni bodovni prag biti će financirani.
Program ruralnog razovja utvrdio je uvjete prihvatljivosti projekta. Prema članku 46. Uredbe br. 1305/2013 o potpori ruralnom razvoju iz EPFRR postavljeni su jasni uvjeti o prihvatljivom ulaganju u infrastrukturu navodnjavanja. Ulaganja u nove sustave za navodnjavanje biti će prihvatljiva samo ako:

- Status vodnog tijela nije manji od dobrog u Planu upavljanja vodnim područjima zbog razloga povezanih s količinom vode;
- Studija utjecaja na okoliš pokazuje da neće biti značajnijeg negativnog utjecaja na okoliš zbog ulaganja;

- Planiranim zahvatom predviđena je uspostava mjerenja potrošnje vode na nivou ulaganja koje prima potporu.

Kako navodnjavanje, po svojoj prirodi, zbog velike potrošnje vode, može imati izuzetno negativne posljedice na stanje voda planirani zahvati moraju biti usklađeni s Okvirnom direktivom o vodama. U tom smislu potrebno je kroz okolišne dozvole provesti procjenu zahvata na stanje vodnog tijela, prema članku 4. Okvirne direktive o vodama, te propisati, a kroz glavni projekt implementirati potrebne mjere i mehanizme zaštite stanja vodnog tijela.

Tablica 4. Indikativna lista projekata navodnjavanja od 2015. do 2020. g

Red. br.	Županija	Naziv projekta	Površina u (ha)	Procjenjena bruto vrijednost investicije (EUR)	Procjenjena godina prijave projekta	Rok izgradnje (godina)
		UKUPNO:	**27.434**	**218.348.573**		
1	Osječko-baranjska	Mala šuma Veliki vrt	85	343.012	2015	1
2	Brodsko-posavska	Orubica	327	4.252.757	2015	2
3	Virovitičko-podravska	Đolta 1. faza	182	1.313.648	2015	1
4	Dubrovačko-neretvanska	Glog	312	2.788.714	2015	2
5	Osječko-baranjska	Poljoprivredni institut Osijek	165	949.803	2015	1
6	Osječko-baranjska	Budimci - Krndija	600	2.824.803	2015	2
7	Grad Zagreb	Pokušalište Agr.fakulteta	32	199.311	2015	1
8	Virovitičko-podravska	Novi Gradac Detkovec	765	4.226.931	2015	2
9	Zadarska	Baščica 2. faza	150	2.378.609	2015	1
10	Istarska	Červar Porat - Bašarinka	605	9.122.219	2015	2
11	Zadarska	Lišansko polje 1. faza	240	1.853.675	2015	2
12	Koprivničko-križevačka	Koljak	520	13.320.210	2016	2
13	Primorsko-goranska	Pavlomir	44	623.360	2016	1
14	Osječko-baranjska	Dalj 1.faza	906	6.539.370	2016	2
15	Međimurska	Prelog - Donji Kraljevec 1. faza	375	3.271.015	2016	2
16	Osječko-baranjska	Karašica 1. i 2. faza	1.898	11.975.066	2016	3
17	Dubrovačko-neretvanska	NPP Donja Neretva - Podsustav Koševo Vrbovci	680	8.202.100	2016	2
18	Vukovarsko-srijemska	Blata Cerna	500	2.184.549	2016	2
19	Zadarska	Donja Baščica	100	721.785	2017	1
20	Osječko-baranjska	Dravski rit 1. faza	1.690	7.709.974	2017	2
21	Sisačko-moslavačka	Velika Ludina	480	4.461.942	2017	2
22	Vukovarsko-srijemska	Grabovo + CS Dunav + dovodni cjevovod	606	8.202.100	2017	2
23	Vukovarsko-srijemska	Tovarnik + ak. Berak + kanal Boris	1.747	8.202.100	2017	2
24	Zadarska	Vransko polje 1.A faza	825	15.255.906	2017	3
25	Zadarska	Vransko polje 1. B faza	800	15.583.990	2017	3
26	Osječko-baranjska	Baranjsko brdo	368	1.394.357	2017	2
27	Splitsko-dalmatinska	Bunina	127	937.500	2017	1
28	Virovitičko-podravska	Kapinci Vaška - 2. faza	750	5.413.386	2017	1
29	Istarska	Petrovija 1. faza	550	6.889.764	2017	2
30	Splitsko-dalmatinska	Sinjsko polje 1.faza	480	3.464.567	2017	2
31	Požeško-slavonska	Orljava - Londža	1.930	7.139.370	2017	2
32	Vukovarsko-srijemska	Kaišević	320	1.540.430	2017	1
33	Osječko-baranjska	Karašica 3. faza Kitišanci	1.198	4.304.647	2017	2
34	Vukovarsko-srijemska	Sopot	730	4.226.931	2017	2

35	Vukovarsko-srijemska	Lipovac + brana Lipovac	800	8.202.100	2017	2
36	Vukovarsko-srijemska	Ervenica	680	3.116.798	2017	2
37	Vukovarsko-srijemska	Penave	1.000	2.788.714	2017	2
38	Bjelovarsko-bilogorska	Kapelica-Kaniška Iva	424	3.922.785	2018	2
39	Međimurska	Belica	710	3.116.798	2018	2
40	Požeško-slavonska	Kukunjevačko polje	380	2.742.782	2018	1
41	Dubrovačko-neretvanska	Čara	200	2.395.013	2018	2
42	Dubrovačko-neretvanska	Lumbarda	80	2.345.801	2018	2
43	Brodsko-posavska	Jelas polje	500	3.608.924	2019	2
44	Zadarska	Kolan	213	4.251.591	2019	1
45	Istarska	Petrovija 2. faza	700	5.167.323	2020	2
46	Istarska	Tar-Vabriga	660	4.872.047	2020	2

ZAKLJUČAK

Sukladno prethodno iznesenim podacima o dosadašnjoj i budućoj realizicaji razvoja navodnjavanja u Republici Hrvatskoj kroz implementaciju NAPNAV-a, odnosno mogućnostima finaciranja izgradnje kapitalne infrastrukture kroz program ruralnog razvoja (mjera 4.3.) može se zaključiti da su pred vodnim gospodarstvom i poljoprivredom veliki izazovi u smislu implemetacije novih projekta sustava navodnjavanja u Hrvatskoj. Upravo značajan udio nepovratnih sredstava fonda ruralnog razvoja u investicijskom ciklusu, osigurat će veću brzinu implemetacije i izgradnje, te cjelovitost pristupa (mogućnost finaciranja nabavke opreme za navodnjavanje na parceli također iz fonda ruralnog razvoja) prema krajnjim korisnicima, te povećanje ukupne konkuretnosti poljoprivrednog sektora unutar hrvatskog gospodarstva.

LITERATURA

[1] *Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama (NAPNAV),* Agronomski i Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2005) sa 9 suradničkih tvrtki i institucija

[2] Holjević, D., Brajković, A., Galiot, M., Marušić, J., Glavaš. B. (2011): *Pet godina realizacije Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama* – Zbornik radova sa 5. Konferencije o vodama, Opatija, str. 814.-824.

[3] *Program ruralnog razvoja Republike Hrvatske 2014-2020* – prijedlog, Ministarstvo poljoprivrede,

[4] *Uredba (EU) br. 1305/2013 Europskog parlamenta i Vijeća o potpori ruralnom razvoju iz Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj (EPFRR) i stavljanju izvan snage Uredbe Vijeća (EZ) br. 1698/2005*

[5] http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_irrigation

[6] Godišnji izvještaj o provedbi NAPNAV-a od 2005. do 2015. g., Hrvatske vode, Jedinica za provedbu nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama

AUTORI

Marinko Galiot, dipl.ing.građ. [a]
doc.dr.sc. Danko Holjević [a]
Anita Brajković, mag.ing.aedif. [a]
Mario Bagarić, dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb 10000, marinko.galiot@voda.hr; danko.holjevic@voda.hr; anita.brajkovic@voda.hr; mario.bagaric@voda.hr

R 2.32.

VODIČ ZA IZRADU STUDIJA IZVODLJIVOSTI PROJEKATA NAVODNJAVANJA KOJI SE PLANIRAJU SUFINANCIRATI KROZ EPFRR

Anita Brajković, Miroslav Čapka, Petr Plichta

SAŽETAK: Strategija razvoja navodnjavanja kao dijela hidrotehničkih melioracija, određena je Nacionalnim planom navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama iz 2005.g. (NAPNAV) te se ista od tada kontinuirano provodi. Ulaskom Hrvatske u EU otvorena je mogućnost sufinanciranja projekata navodnjavanja kroz Europski poljoprivredni fond za ruralni razvoj (EPFRR). S tim u vezi, Vlada Republike Hrvatske pripremila je nacrt Programa ruralnog razvoja Republike Hrvatske za programsko razdoblje 2014.2020. godina, koji bi trebao biti usvojen do kraja 2015. godine, a unutar kojeg je predviđena mjera ulaganja u materijalnu imovinu, odnosno podmjera razvoj i unapređenje infrastrukture za navodnjavanje u funkciji razvoja i prilagodbe poljoprivrede. U cilju osiguranja pomoći korisnicima Programa ruralnog razvoja na pripremi projekata navodnjavanja radi stvaranja pretpostavki za uspješno korištenje sredstava, izrađen je Vodič za izradu studija izvodljivosti projekata navodnjavanja koji se planiraju sufinancirati kroz EPFRR.

KLJUČNE RIJEČI: Europski poljoprivredni fond za ruralni razvoj (EPFRR), Navodnjavanje, Studija izvodljivosti

GUIDANCE DOCUMENT FOR THE PREPARATION OF FEASIBILITY STUDIES FOR IRRIGATION PROJECTS TO BE CO-FINANCED UNDER THE EAFRD

SUMMARY: The strategy for the development of irrigation as a component of soil improvement practices was defined by the National Plan for Irrigation and Land and Water Management (NAPNAV) adopted in 2005 and has been in continuous implementation ever since. Croatia's accession to the EU has opened a possibility to co-finance irrigation projects through the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD). In that context, the Croatian Government has prepared a Draft Rural Development Programme (RDP) of the Republic of Croatia for the period 2014-2020 which should be adopted by the end of 2015. One of the measures foreseen by the RDP is "Investments in physical assets", i.e. sub-measure "Development and improvement of irrigation infrastructure in the function of development and adaptation of agriculture". In order to

provide assistance to the users of the RDP in the preparation of irrigation projects for successful absorption of funds, a Guidance Document for the preparation of feasibility studies for irrigation projects to be co-financed under the EAFRD has been prepared.

KEY WORDS: European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD), Irrigation, Feasibility study

1. UVOD

U programskom razdoblju 2014-2020 Europska unija će posredstvom EPFRR-a i nacionalnog Programa ruralnog razvoja dodjeljivati potporu za razvoj projekata navodnjavanja. Cilj ove mjere je smanjiti negativni utjecaj suše, stabilizirati poljoprivrednu proizvodnju te povećati konkurentnost cijelog poljoprivrednog sektora.

U Republici Hrvatskoj, sredstvima EPFRR-a biti će sufinancirani:

- novi projekti javnog navodnjavanja s ciljem povećanja navodnjavanih površina čiji će predlagatelji biti jedinice regionalne samouprave (županije), u iznosu do 100 % prihvatljivih troškova (do najviše 15 mil. EUR za pojedini projekt),
- projekti navodnjavanja („off farm“) koji obuhvaćaju izgradnju novih sustava u cilju povećanja poljoprivrednih površina pod navodnjavanjem ili rekonstrukciju postojećih sa svrhom optimalizacije i modernizacije, odnosno uštede vode, a koje će predlagati registrirani poljoprivrednici (OPG-i, poslovni subjekti, udruge) u iznosu do 50 % prihvatljivih troškova i (5.000 EUR - 2 mil. EUR po projektu),
- oprema za navodnjavanje na parceli („on farm“) na zahtjev registriranih poljoprivrednika.

Glede projekata za izgradnju novih sustava navodnjavanja, na koje će se koncentrirati u ovom članku, bespovratna sredstva moći će se dodijeliti za sve investicijske troškove, ukratko za slijedeće aktivnosti:

- Izgradnja sustava navodnjavanja (akumulacije, kanali, cjevovodi, crpne stanice i sl.),
- Priključak na elektroenergetsku mrežu,
- Pripremna, studijska i projektna dokumentacija,
- Rješavanje imovinsko pravnih odnosa,
- Nadzor i kontrola kvalitete tijekom izgradnje, itd.

U interesu Republike Hrvatske je pružanje najveće moguće podrške apsorpcijskom kapacitetu potencijalnih podnositelja zahtjeva za dodjelu bespovratnih sredstava i stoga je odlučila u što većoj mjeri olakšati i pojednostaviti proces pripreme zahtjeva za sufinanciranje i s njim povezane dokumentacije, na način da taj posao bude administrativno što manje zahtjevan za potencijalne investitore, pogotovo za sustave javnog navodnjavanja.

Pravila Europske Komisije, između ostalog, utvrđuju zahtjeve na izradu uvjeta za transparentni odabir projekta za sufinanciranje iz javnih izvora. Iz tog razloga je neophodno kako bi pojedini prijavitelji u samom zahtjevu, ili nekom od obveznih priloga, naveli informacije na čijim će osnovama davatelj sredstava odlučivati o prihvatljivosti projekta i eventualnoj dodjeli. U okviru ocjene pojedinačnih zahtjeva za sufinanciranje, posebna će se pozornost obratiti ukratko na slijedeće:

- Stopu prinosa projekta za društvo (ekonomska održivost, odnosno mjera povrata investicije za povratni period od najmanje 30 godina kao rezultat izrađene studije izvodljivosti ev. analize troškova i koristi),
- Lokaciju projekta (prioritet će imati projekti koji se nalaze u slabije razvijenim županijama te u područjima s većom aridnosti),
- Planiranu priključenost krajnjih korisnika (poljoprivrednika) na sustav,
- Planiranu pogodnost tla za navodnjavanje,
- Status vodnih tijela, odnosno usklađenost projekta s Okvirnom direktivom o vodama,
- Rezultate analize o utjecaju projekta na okoliš/ekološku mrežu (projekt ne smije imati značajne negativne utjecaje na okoliš/ekološku mrežu),
- Energetsku učinkovitost sustava,
- Uspostavljen sustav mjerenja zahvaćene/isporučene količine vode.

Potencijalni prijavitelji morati će sve te informacije navesti u zahtjevu za dodjelu bespovratnih sredstava, odnosno u obveznim prilozima. Jedan od tih priloga biti će i studija izvodljivosti koja neće samo odgovoriti na financijska i ekonomska pitanja, već će i predstaviti projekt kao kompleksnu cjelinu iz kojeg će biti vidljiva spremnost projekta za realizaciju, sposobnost prijavitelja za upravljanje projektom te ispunjavanje proklamiranih ciljeva projekta (prije svega potpora poljoprivrednom sektoru i povećanje njegove konkurentnosti) i u godinama poslije dobivanja potpore iz javnih izvora.
Kako bi se osigurali transparentni uvjeti za izbor projekata koji se financiraju iz javnih izvora (u skladu sa zahtjevima Europske Komisije) i osigurala tehnička pomoć potencijalnim prijaviteljima, izrađen je Vodič za izradu studija izvodljivosti za projekte navodnjavanja koji se planiraju sufinancirati putem EPFRR-a u RH. Cilj ovog članka je sažeto predstaviti rezultate Vodiča koji se izrađivao od 2014./2015. godine, a čija je glavna svrha bila pripremiti jednostavan i sažet Vodič za pripremu studija izvodljivosti što znatno pojednostavljuje i daje pregledniji proces pripreme zahtjeva za sufinanciranje i pripadajuće dokumentacije u projektima izgradnje sustava navodnjavanja u Hrvatskoj. Vodič je izrađen u okviru ugovora o konzultantskim uslugama i reviziji postojećih studija izvodljivosti te izradi metodologije i smjernica izrade studija izvodljivosti za sustave navodnjavanja koji se planiraju sufinancirati putem EU fondova. Vodič je izradio konzorcij Eurovision d.o.o. i Provod – inženýrská společnost s.r.o.

2. PREDSTAVLJANJE VODIČA ZA IZRADU STUDIJE IZVODLJIVOSTI

Vodič proizlazi iz općih pravila za izradu studija izvodljivosti, uzimajući u obzir zahtjeve, odnosno aktualne smjernice za izradu analize troškova i koristi za projekte iz različitih sektora gospodarstva sufinancirane iz strukturnih fondova EU, a koristeći najvažnije aspekte povezane s projektima usmjerenima na izgradnju, modernizaciju i rekonstrukciju sustava navodnjavanja.
Namijenjen je prvenstveno jedinicama regionalne samouprave, ali i registriranim poljoprivrednicima koji pripremaju projekte usmjerene na izgradnju novih sustava navodnjavanja i planiraju korištenje bespovratnih sredstava iz Europskog poljoprivrednog fonda za ruralni razvoj (EPFRR), eventualno i iz drugih izvora. Studija izvodljivosti je

temeljni instrument za procjenu izvedivosti projektnog plana. S financijskog gledišta, ishodi studije služit će za procjenu efektivnosti korištenja potencijalno uloženih javnih sredstava te istovremeno predstavlja temeljni instrument za donošenje odluke o tome je li projektni plan smislen, prikladan, izvediv i održiv. Glavni cilj Vodiča je utvrđivanje minimalne razine dokumentacije i informacija, koje potencijalni podnositelj zahtjeva za dodjelu bespovratnih sredstava iz ovog programa mora dokazati i ispuniti kako bi njegov zahtjev za sufinanciranjem bio razmotren od strane pružatelja bespovratnih sredstava. Svrha Vodiča je utvrditi jasnu, preglednu i jednostavnu uputu za potencijalne podnositelje zahtjeva, kako bi dokazali sljedeće:

- da je projekt pripremljen na način da se može (su)financirati,
- da projekt ispunjava utvrđene tehničke, operativne, ekonomske, financijske i ekološke ciljeve programa za dodjelu bespovratnih sredstava, i to minimalno za vrijeme održivosti projekta određenom prema pravilima EPFRR-a (5 godina).

Glavna prednost Vodiča leži u činjenici da im u jednostavnom i preglednom obliku predstavlja sve podatke i informacije koje prijavitelj mora imati pripremljene. Prije svega radi se o sljedećim informacijama:

- Procjena sukladnosti ciljeva projekta iz perspektive postizanja ciljeva pojedinih strateških i legislativnih dokumenata kako na razini Hrvatske (nacionalnoj i regionalnoj), tako i cijele Europe;
- Potreba i značaj projekta, uključujući analizu i zahtjeve rezultata;
- Procjena pojedinih varijanti rješenja iz perspektive postizanja zadanih tehničkih, financijskih i ekonomskih ciljeva i preporuka (s obrazloženjem) za odabir optimalne varijante;
- Procjena održivosti projekta nakon završetka njegove realizacije uključujući utjecaj na druge investicijske i operativne troškove podnositelja zahtjeva;
- Ocjena tehničkih, financijskih, ekoloških i socijalno-ekonomskih utjecaja pojedinih varijanti rješenja;
- Analiza rizika i prijedlog njihove eliminacije;
- Preporuke za daljnja postupanja kod pripreme realizacije projekta.

Dio Vodiča je i jednostavan alat za izradu analize troškova i koristi – CBA. To će prijaviteljima omogućiti da unosom već nekoliko parametara iz studije izvodljivosti brzo mogu kvantificirati ekonomsku korist projekta, a time i njegovu prikladnost u smislu potencijalnog sufinanciranja iz fondova EU. Cijeli Vodič je koncipiran na način da sama izrada studije izvodljivosti predstavlja što manje administrativno i tehničko opterećenje za eventualne podnositelje zahtjeva. Studija izvodljivosti, izrađena uz respektiranje temeljnih pravila Vodiča, predstavlja sažet dokument koji s jedne strane daje sve informacije neophodne za ocjenu smislenosti investicije iz perspektive pružatelja bespovratnih sredstava, a s druge strane ne predstavlja suvišno administrativno opterećenje za potencijalnog investitora kod pripreme projektnih planova.

Vodič ne predstavlja obvezujući dokument čije se strukture prijavitelj mora striktno pridržavati. Ipak, poželjno ga je slijediti i to iz nekoliko razloga:

- pojedini dijelovi su logički povezani između sebe i
- u pojedinim poglavljima biti će predstavljene informacije prema kojima će pružatelj bespovratnih sredstava ocjenjivati kvalitetu predloženog projektnog prijedloga.

U pojedinim poglavljima Vodiča navode se i primjeri i preporuke o tome kako relevantne studije izraditi na način kako bi se izbjegle moguće greške, nejasnoće ili netočnosti. Vodič za izradu Studije izvodljivosti je podijeljen na nekoliko poglavlja. U daljnjem tekstu ćemo ih ukratko opisati i ukazati na ključne odlomke.

2.1. Predstavljanje investitora

Osnovna svrha ovog poglavlja je predstaviti investitora projekta, navesti karakteristiku njegove djelatnosti i opisati tim koji je uključen u pripremu i realizaciju cijelog projekta. U ovom poglavlju se opisuje i institucionalno pokrivanje projekta, dosadašnje djelovanje investitora u sektoru vodnog gospodarstva i navodnjavanja, te se također navodi i opis suradnje s ostalim subjektima oji sudjeluju u pripremi i realizaciji projekta (partneri projekta). Pružatelj bespovratnih sredstava mora imati dovoljne i vjerodostojne informacije o tome da će investitor biti u stanju ishode projekta koristiti minimalno za čitava trajanja njegove održivosti, koje je definirano pravilima EPFRR-a, te da tako neće biti ugrožena efektivnost financijskih sredstava pruženih iz javnih izvora.

2.2. Smještanje projekta u područje

Osnovni zadatak ovog poglavlja studije izvodljivosti je opis projekta, opis i korištenje područja na kojem bi se trebao realizirati projekt, opis usklađenosti projekta sa strateškim planovima i relevantnom legislativom na svim razinama (europska, nacionalna, regionalna, mjesna i sl.), kao i predstavljanje korisnika ishoda projekta.

2.3. Predmet projekta

Važno poglavlje studije izvodljivosti koji opisuje postojeći stav, a prije svega potražnja za rezultatima projekta (u ovom slučaju vode koja će se nuditi poljoprivrednim poduzetnicima u svrhu navodnjavanja vlastitih polja). Realno određivanje potražnje je osobito važno s obzirom na činjenicu da prijavitelj mora u operativnoj fazi pokazati postizanje ciljeva iskazanih u prijavi za sufinanciranje (u ovom slučaju prvenstveno površinu tla koja se navodnjava). Moguće precjenjivanja potražnje za rezultatima projekta može, u krajnjim situacijama, dovesti do vraćanja sufinanciranog iznosa ili dijela tog iznosa. Na osnovu analiza pripremljenih u ovom dijelu studije, prijavitelj će definirati vlastiti problem koji planira riješiti realizacijom projekta

2.4. Varijante rješavanja problema

Za procjenu prihvatljivosti dodjele bespovratnih sredstava iz javnih izvora nužno je obrazložiti da je za rješenje problema, definiranog u prethodnom poglavlju, izabrana optimalna varijanta. Stoga je potrebno procijeniti sva moguća rješenja problema i izabrati ona, koja ispunjavaju sve uvjete.

2.5. Financijska i ekonomska analiza

Završni dio studije izvodljivosti je dio koji će ocijeniti sve troškove i koristi projekta (kako u financijskom pogledu, tako i s obzirom na društvo). Zahvaljujući standardiziranom

pristupu za izradu financijske i ekonomske analize biti će omogućeno da se pojedina varijantna rješenja, a potom i projekti, usporede prema prethodno definiranim kriterijima, na čijoj osnovi će se i odabrati optimalan način rješavanja problema za dodjelu bespovratnih sredstava. Važni dio ovog poglavlja studije je i procjena priuštivosti tzv. affordability, odnosno sposobnost podnositelja zahtjeva za optimalno vođenje projekta ne samo u fazi izgradnje, već i u upravljanju s time da ne smije ugroziti ili ograničavati druge aktivnosti koje proizlaze iz poslovanja, kao i pridržavanje svih legislativnih propisa.

ZAKLJUČAK

Vodič za izradu studije izvodljivosti predstavlja važnu i korisnu pomoć za pripremu dokumentacije neophodne za predaju zahtjeva sa sufinanciranje projekata za sustave navodnjavanja u Hrvatskoj. Izrađen je takav način da daje okvirne smjernice da bi izrada studije izvodljivosti bila što jednostavnija, uz poštivanje svih načela i uvjeta koji se odnose na procjenu zahtjeva za sufinanciranje u vidu dodjele sredstava iz javnih izvora.

LITERATURA

[1] (2015): *Vodič za izradu studija izvodljivosti za projekte navodnjavanja koji se planiraju sufinancirati putem EPFRR-a u RH*, Eurovision d.o.o. i Provod – inženýrská společnost s.r.o., Zagreb.

[2] (2014): *Program ruralnog razvoja Republike Hrvatske 2014.-2020.* – finalna inačica, Republika Hrvatska, Ministarstvo poljoprivrede, Zagreb, www.mps.hr (10.02.2015.)

AUTORI

Anita Brajković, mag.ing.aedif. [a]
Ing. Miroslav Čapka [b]
Ing. Petr Plichta [c]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, 10000, Republika Hrvatska, banita@voda.hr

[b] Eurovision d.o.o., Savska 102, Zagreb, 10000, Republika Hrvatska; info@eurovision.hr

[c] Provod – inženýrská společnost s.r.o., V Podhájí 226/28, Ústí nad Labem, 400 01, Republika Češka, petr.plichta@provod.cz

R 2.33.

OPRAVDANOST IZGRADNJE I NAKNADA ZA KORIŠTENJE SUSTAVA NAVODNJAVANJA

Nenad Heček

SAŽETAK: Zadovoljenje tri eliminacijska kriterija (pogodnost tla za navodnjavanje, mogućnost dobave vode, iskazana spremnost proizvođača za navodnjavanje) preduvjet su za realizaciju javnog sustava navodnjavanja. Opravdanost izgradnje sustava navodnjavanja dokazujemo kroz Studiju izvodljivosti. Možemo razlikovati tri načina izračuna naknade za korištenje sustava navodnjavanja: prema Pravilniku o upravljanju i uređenju sustava za navodnjavanje gdje naknada pokriva samo troškove održavanja i rada sustava navodnjavanja, zatim naknada kod koje se pokrivaju i troškovi izgradnje i troškovi održavanja i rada sustava navodnjavanja, te priuštivi iznos naknade sa stajališta korisnika kod koje korisnici sustava navodnjavanja ostvaruju dobit. Prema navedenim iznosima naknade moguće je izvršiti uspoređivanje projekata i njihovo rangiranje. Analizirajući rezultate 13 studija izvodljivosti za projekte navodnjavanja u Republici Hrvatskoj zaključuje se da se iznos naknade koji pokriva samo troškove održavanja i rada sustava kreće od 0,00 do 1,00 kn/m^3 i prije svega ovisi o tlaku isporuke vode. S druge strane iznos naknade kod koje dolazi do povrata investicije kreće se od 0,25 do 10,28 kn/m^3. Rezultat je individualan za svaki sustav navodnjavanja i bitno ovisi o tehničkom rješenju. Priuštivi iznos naknade sa stajališta korisnika pokazuje da se ratarske kulture uglavnom ne isplati navodnjavati, dok se očekivano navodnjavanje povrća i voćarskih kultura isplati navodnjavati i kod viših iznosa naknade. Isplativost sustava navodnjavanja direktno ovisi o udjelu visoko dohodovnih kultura, prije svega povrća, u ukupnoj strukturi sjetve.

KLJUČNE RIJEČI: navodnjavanje, opravdanost izgradnje, cijena vode

JUSTIFICATION OF IRRIGATION SYSTEMS AND FEE FOR UTILIZATION OF IRRIGATION SYSTEMS

SUMMARY: Soil suitability for irrigation, possibility of water delivery and expressed user willingness to adopt irrigation are three elimination criteria which must be met in order to implement a public irrigation system. Justification of an irrigation system construction is proven by a conducted feasibility study. There are three ways to calculate the fee for utilization of an irrigation system. Pursuant to the Ordinance on management and organization of the irrigation system, the fee may cover only maintenance and operation costs, or it can cover construction, maintenance and operation costs and, finally, the fee

represents the affordable amount from the user viewpoint at which irrigation system users generate profit. The irrigation fee determined in these ways enables comparison and ranking of projects. The results of thirteen feasibility studies for irrigation projects in the Republic of Croatia show that irrigation fee which covers only maintenance and operation costs ranges from HRK 0.00 to HRK 1.00 per cubic meter of water and primarily depends on the pressure in the irrigation water supply network. On the other hand, the fee amount which generates a return on investment ranges from HRK 0.25 to HRK 10.28 per cubic meter. The amount varies for each individual system, but essentially depends on the applied technical solution. The fee amount determined as affordable cost indicates that irrigation of field crops in general is not profitable, as opposed to irrigation of vegetables and fruits which is profitable even at higher fee amounts. The feasibility of an irrigation system directly depends on high-value crops, primarily vegetables, and their share in the crop planting structure.

KEY WORDS: irrigation, justification of construction, water price

1. UVOD

Svrha je navodnjavanja nadoknaditi nedostatak vode koji se javlja pri uzgoju poljoprivrednih kultura kako bi se osigurao njihov biološki potencijal. Navodnjavanje ima ulogu povećanja i stabiliziranja prinosa uzgajanih kultura. Prinosi su neujednačeni tijekom godina, što je najčešće povezano s klimatskim prilikama. Navodnjavanje, odnosno voda, je ključni čimbenik koji značajno može povećati produktivnost postojeće poljoprivrede, a posebno može povećati sigurnost proizvodnje što je ključni preduvjet za održivost neke djelatnosti. Osim direktnih koristi od navodnjavanja, a to je povećanje i stabilizacija prinosa uzgajanih kultura izgradnjom sustava navodnjavanja ostvaruju se i indirektne koristi kao što su povećanje zaposlenosti, porast vrijednosti zemljišta, poboljšanje uvjeta za razvoj turizma, ekološke i druge koristi.

Zadovoljenje tri eliminacijska kriterija preduvjet su za realizaciju javnog sustava navodnjavanja: Pogodnost tla za navodnjavanje, Mogućnost dobave vode, Iskazana spremnost proizvođača za navodnjavanje.

Pogodnost tla za navodnjavanje određuje se temeljem pedološko-hidropedoloških istražnih radova i ekspertnom ocjenom. Ekspertna ocjena pogodnosti za navodnjavanje uključuje i druge uvjete kao što su okrupnjenost posjeda, agrotehničke mjere radi aktiviranja potencijalne pogodnosti tla za navodnjavanje i dr.

Mogućnost zahvata odnosno blizina izvora vode za navodnjavanje element je tehničkog rješenja koji može ograničavati veličinu planiranih površina poljoprivrednog zemljišta za koje je moguće osigurati dovoljne količine vode za navodnjavanje. Navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta traži sigurne količine vode za navodnjavanje koju treba osigurati u vrijeme njenog općenitog nedostatka u prirodi.

Za pristupanje gradnji sustava javnog navodnjavanja potrebno je ugovornim odnosom definirati prava i obveze krajnjih korisnika i jedinica regionalne samouprave, a prvenstveno obvezu trajnog korištenja sustava za potrebe poljoprivredne proizvodnje. Sukladno pravilniku o upravljanju i uređenju sustava za navodnjavanje (NN 83/10, 76/14), ugovornim odnosom krajnjih korisnika i jedinica regionalne samouprave mora se obuhvatiti minimalno 70% poljoprivrednih površina unutar obuhvata svakog pojedinog sustava javnog navodnjavanja.

Opravdanost ulaganja potrebno je potvrditi studijom izvodljivosti čiji su sastavni dijelovi i ekonomsko-financijske analize. Rezultatima ekonomsko-financijskih analiza pokazujemo da li se pojedini projekt isplati graditi, odnosno moguće je na osnovu rezultata ekonomsko-financijskih analiza izvršiti rangiranje projekata međusobno i na temelju toga odrediti redoslijed realizacije projekata. Osim standardnih financijskih pokazatelja kao što su neto sadašnja vrijednost (NSV), omjer koristi i troškova (K/T), vrijeme povrata investicije i interna stopa rentabilnosti (ISR) projekti se mogu uspoređivati i rangirati prema iznosu naknade za korištenje sustava navodnjavanja (varijabilni dio naknade, kn/m^3). U nastavku će se prikazati različiti izračuni varijabilnog dijela naknade sa različitih stajališta te pokazati rezultati ekonomsko-financijskih analiza za 13 sustava navodnjavanja na području Republike Hrvatske (tablica 1.).

Tablica 1. Troškovi izgradnje sustava navodnjavanja

SUSTAV NAVODNJAVANJA	ŽUPANIJA	Površina	Izgradnja	Jedinični trošak izgradnje	Rang (JTI)
		(ha)	(kn)	(kn/ha)	
Miholjački Poreč	OBŽ	490	13.343.610	27.232	7
Miholjac-Viljevo		1.268	27.600.000	21.767	2
Kapelna		1.216	32.100.000	26.398	5
Kitišanci		1.198	27.800.000	23.205	3
Baranjsko Brdo		368	8.502.059	23.103	4
Dravski Rit		9.874	110.356.681	11.176	1
Tomp. - Lovas - Tovarnik	VSŽ	4.342	154.192.128	35.512	9
Kapinci-Vaška II faza	VPŽ	568	15.580.000	27.430	8
Prelog-Donji Kraljevec	MŽ	1.731	73.100.000	42.230	10
Belica		719	18.327.472	25.490	6
Pakrac-Lipik	PSŽ	263	18.726.900	71.341	13
Vinopolje (Lastovo)	DNŽ	34	2.088.349	62.339	12
Sinjsko polje I faza	SDŽ	476	23.152.551	48.640	11

2. NAKNADA ZA KORIŠTENJE SUSTAVA NAVODNJAVANJA SUKLADNA PRAVILNIKU O UPRAVLJANJU I UREĐENJU SUSTAVA ZA NAVODNJAVANJE

Zakon o vodama (NN 153/09, 130/11, 56/13) člankom 24. utvrđuje kako građevinama za detaljnu melioracijsku odvodnju i građevinama za navodnjavanje u vlasništvu jedinica regionalne samouprave upravljaju te jedinice, a sredstva za financiranje vodnoga gospodarstva osiguravaju se iz vodnih naknada koje plaćaju korisnici vodnog sustava. Prema članku 50. Zakonu o financiranju vodnoga gospodarstva (NN 153/09, 56/13) predstavničko tijelo jedinice regionalne samouprave u čijem su vlasništvu izgrađene građevine za navodnjavanje ovlašteno je propisati visinu i obvezu plaćanja naknade za navodnjavanje. Troškovi rada i održavanja sustava za navodnjavanje koji se ugrađuju u naknadu za navodnjavanje sastoje se prema Pravilniku o upravljanju i uređenju sustava za navodnjavanje (NN 83/10, 76/14) od fiksnih i varijabilnih troškova. Fiksni godišnji troškovi rada i održavanja sustava javnog navodnjavanja sastoje se od:

- troškova upravljanja i rukovanja sustavom javnog navodnjavanja,

- troškova održavanja sustava javnog navodnjavanja,
- zajedničkih troškovi sustava javnog navodnjavanja (izvještavanje, tehnički i agronomski poslovi, financijski troškovi administriranja sustava javnog navodnjavanja i naplate naknade, neplaćeni troškovi nastali u prošloj godini, ostali troškovi.).

Godišnji iznos fiksnog troška po hektaru po navedenom pravilniku (pokrivanje troškova održavanja i upravljanja sustavom) naplaćuje se za sve vlasnike i posjednike u području obuhvata sustava navodnjavanja. Varijabilne troškove rada i održavanja sustava javnog navodnjavanja čine slijedeći troškovi:

- troškovi energije potrebne za rad sustava javnog navodnjavanja
- troškovi naknade za korištenje voda (prema Uredbi o visini naknade za korištenje voda NN 82/10, 83/12, 10/14)

Varijabilni troškovi ovise o potrošnji vode i obveza plaćanja se odnosi samo na one korisnike koji koriste sustav navodnjavanja. Dakle, navedena naknada predstavlja minimalnu naknadu kojom se pokrivaju samo troškovi održavanja, upravljanja i troškovi pogona sustava navodnjavanja, ali ne i troškovi izgradnje sustava navodnjavanja. Troškovi naknade za korištenje voda ovise o tome da li se zahvaća površinska ili podzemna voda te o kategoriji zahvaćene vode. Ta naknada iznosi od 0,03 do 0,08 kn. Troškovi energije potrebne za rad sustava navodnjavanja ovise o tome da li se voda do korisnika dovodi pod tlakom ili u otvorenim kanalima; o opremi koja će se primjenjivati, odnosno o potrebnom tlaku u tlačnoj mreži; o udaljenosti i visinskom položaju zahvaćene vode (rijeke, akumulacije, podzemne vode); o karakteristikama cjevovoda (dužina, promjer, …); o položaju crpne stanice u odnosu na površinu navodnjavanja; o efikasnosti svake crpke i fleksibilnosti cijele crpne stanice te o cijeni energije. Troškovi energije na 13 promatranih sustava navodnjavanja kreću se od 0,00 kn do 1,00 kn (tablica 2.). Sustave navodnjavanja možemo prema troškovima energije grupirati u četiri grupe:

- visinski položaj zahvata vode je takav da nije potreban utrošak energije – 0,00 kn (npr. SN Pakrac-Lipik)
- dovod vode otvorenim kanalima – od 0,00 do 0,10 kn (npr. SN Dravski Rit)
- tlačni sustav za niskotlačnu opremu – oko 0,50 kn
- tlačni sustavi za visokotlačnu opremu – oko 1,00 kn

Navedeni iznosi vrijede i za druge sustave navodnjavanja. Do odstupanja dolazi tek kod onih sustava navodnjavanja kod kojih se javljaju i drugi troškovi osim troškova električne energije. Tako SN Vinopolje na Lastovu koristi vodu iz vodoopskrbne mreže, a cijenu te vode potrebno je uračunati u iznos varijabilne naknade. Uspoređivanje pojedinih sustava navodnjavanja prema iznosu varijabilnog dijela naknade određene na ovaj način ne daje pravu sliku o isplativosti sustava navodnjavanja jer ta naknada ne ovisi o troškovima izgradnje.

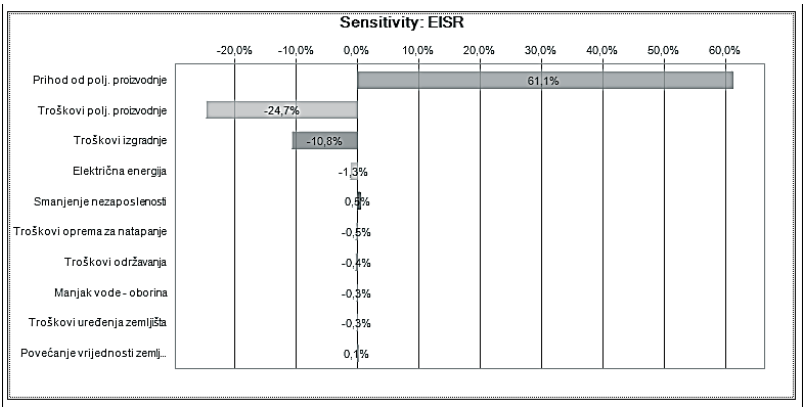
3. NAKNADA ZA KORIŠTENJE SUSTAVA NAVODNJAVANJA KAO FINANCIJSKI POKAZATELJ

Polazeći od osnovnog cilja ekonomske analize, a to je traženje da li je društveno opravdano ući u realizaciju sustava navodnjavanja, od posebnog je značaja sagledavanje

svih troškova i koristi, direktnih i indirektnih. Analizirajući rezultate analize osjetljivosti (Elektroprojekt, 2014.) promjene pojedinih troškova i koristi (slika 1.) na ekonomske pokazatelje dolazimo do zaključka da su ključni faktori u ekonomskoj analizi: prihod od poljoprivredne proizvodnje (61,1%), troškovi poljoprivredne proizvodnje (24,7%) i izgradnja sustava navodnjavanja (10,8%).

Uočava se da troškovi električne energije i troškovi održavanja prema kojima se određuje naknada za korištenje sustava navodnjavanja prema pravilniku o upravljanju i uređenju sustava za navodnjavanje utječu na ekonomsku internu stopu rentabilnosti tek 1,3% odnosno 0,4%.

Svaki sustav navodnjavanja kod kojeg naknada za korištenje sustava navodnjavanja pokriva samo troškove održavanja i upravljanja, odnosno samo pogonske troškove biti će naravno financijski negativan. Moguće je u sklopu financijske analize odrediti onaj iznos varijabilne naknade za korištenje sustava navodnjavanja kod kojeg se sustav isplaćuje u 30 godina. Taj iznos bitno se razlikuje od onog iznosa određenog prema pravilniku o upravljanju i uređenju sustava za navodnjavanje i kreće se od 0,25 do 10,85 kn/m^3. Takav izračun naknade ovisi i o troškovima izgradnje te je pogodan za usporedbu sustava navodnjavanja međusobno (tablica 2.).



Slika 1. Analiza osjetljivosti na internu stopu rentabilnosti (SN Miholjački Poreč)

Tablica 2. Rezultati ekonomske analize i varijabilni dio naknade

SUSTAV NAVODNJAVANJA	Ek. interna stopa rentabilnosti (EISR)	Rang (EISR)	Varijabilna naknada (Pravilnik)	Varijabilna naknada (Isplativo)	Rang (VN-I)
	%		(kn/m^3)	(kn/m^3)	
Miholjački Poreč	13,70%	7	0,59	2,38	4
Miholjac-Viljevo	13,10%	8	1,07	3,89	8
Kapelna	11,40%	10	1,04	4,69	10
Kitišanci	15,30%	6	1,04	4,08	9
Baranjsko Brdo	27,10%	2	0,65	1,93	2
Dravski Rit	11,50%	9	0,10	0,25	1
Tomp. - Lovas - Tovarnik	27,40%	1	0,92	1,96	3
Kapinci-Vaška II faza	17,30%	5	0,32	2,61	5
Prelog-Donji Kraljevec	24,40%	4	0,84	6,20	12
Belica	26,20%	3	0,58	3,14	6
Pakrac-Lipik	8,50%	12	0,07	10,85	13
Vinopolje (Lastovo)	11,20%	11	2,41	5,55	11
Sinjsko polje I faza	8,10%	13	0,43	3,43	7

4. PRIUŠTIV IZNOS VARIJABILNOG DIJELA NAKNADE ZA KORIŠTENJE SUSTAVA NAVODNJAVANJA SA STAJALIŠTA KORISNIKA

Izgradnjom i korištenjem sustava navodnjavanja, povećava se prinos poljoprivrednih kultura po jedinici površine. Time se ujedno povećavaju i troškovi poljoprivredne proizvodnje po jedinici površine (berba, prerada ploda, …). Kod navodnjavanja javljaju se još i troškovi navodnjavanja koji uključuju naknadu za korištenje sustava navodnjavanja te troškove nabave opreme za navodnjavanje, odnosno održavanje i upravljanje opreme za navodnjavanje.

Za svaku od kultura iz buduće sjetvene strukture provedena je kalkulacija poljoprivredne proizvodnje SA i BEZ navodnjavanja i analizirana isplativost natapanja pojedine kulture. Za svaku kulturu određen je iznos varijabilnog dijela naknade kod koje se izjednačavaju troškovi i koristi i taj iznos predstavlja gornju granicu koju korisnici mogu platiti.

Natapanje pšenice, ječma, soje, suncokreta, uljane repice i šljive nije isplativo. Pojedine kulture su isplative za natapanje u sušnoj godini, ali ne i u srednjoj godini (kukuruz merkantilni, kukuruz silažni i djetelinsko travne smjese). Navedene kulture svakako je moguće natapati u pojedinim godinama i u pojedinim stadijima razvoja uz reduciranu količinu vode koja je manja od optimalne za razvoj biljke i postići povoljan financijski rezultat. Također u sušnim godinama raste cijena poljoprivrednih proizvoda zbog smanjenih prinosa i nestašice na tržištu, te bi viša otkupna cijena mogla pokriti troškove natapanja i za one kulture kod kojih je analiza pokazala nepovoljne rezultate. Povrćarske i voćarske kulture isplati se navodnjavati i kod veće cijene vode.

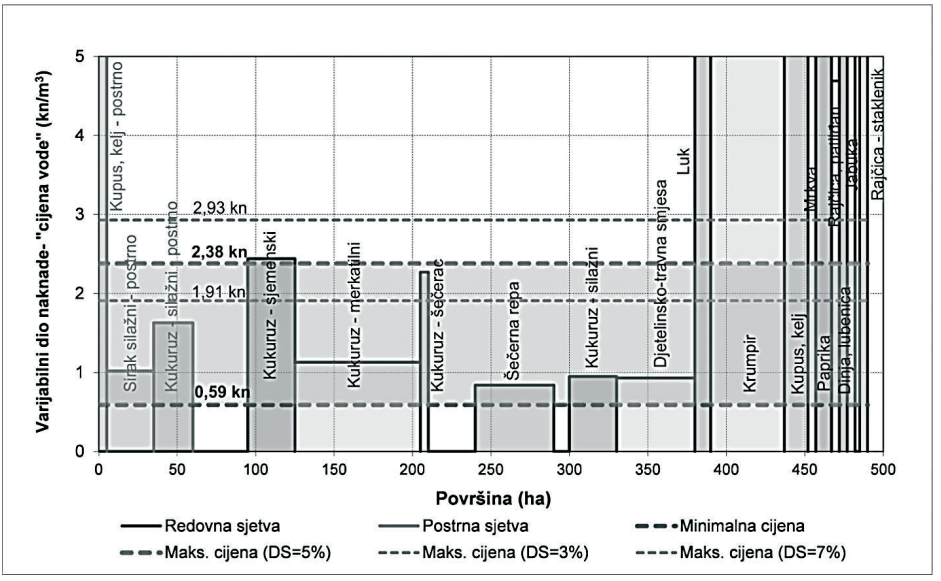
5. USPOREDBA REZULTATA IZRAČUNA VARIJABILNOG DIJELA NAKNADE NA SN MIHOLJAČKI POREČ

Na sustavu navodnjavanja Miholjački Poreč fiksni dio naknade određen je prema troškovima održavanja i upravljanja sustava i iznosi 548,00 kn/ha. Analizom troškova električne energije izračunat je očekivani trošak od 0,59 kn/m^3 i to predstavlja minimalni varijabilni dio naknade kojim se osigurava održivost sustava navodnjavanja.

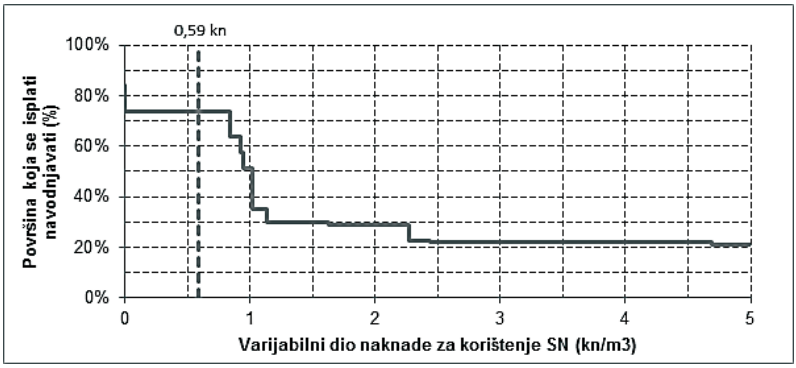
Financijskom analizom utvrđeno je da se izgradnja sustava isplaćuje nakon 30 godina uz diskontnu stopu od 5% kod iznosa varijabilne naknade od 2,38 kn/m^3 i to predstavlja gornju granicu iznosa varijabilnog dijela naknade. Uz diskontnu stopu 7% taj iznos je 2,93 kn/m^3, a uz diskontnu stopu 3% iznosi 1,91 kn/m^3.

Isplativost navodnjavanja pojedinih kultura je različita. Pšenicu, ječam, soju, suncokret, uljanu repicu i šljivu se ne isplati navodnjavati. Navodnjavanje merkatilnog kukuruza je isplativo do cijene vode od 1,13 kn/m^3, kukuruza šećerca do 2,27 kn/m^3, šećerne repe do 0,84 kn/m^3, silažnog kukuruza do 0,95 kn/m^3 i djetelinsko travne smjese do 0,93 kn/m^3, a povrće se isplati navodnjavanja i kod bitno veće cijene vode.

Na slici 2. prikazana je analiza varijabilnog dijela naknade s različitih stajališta: sa stajališta države, privatnog investitora i korisnika sustava navodnjavanja, a na slici 3. prikazana je površina koja se isplati navodnjavati uz određeni iznos varijabilnog dijela naknade. Vidljivo je da se kod naknade od 0,59 kn/m^3 korisnicima isplati navodnjavati 73% površine, a povećanjem naknade na 1,00 kn/m^3 isplativo je navodnjavati samo 35% površina.



Slika 2. Analiza iznosa varijabilnog dijela naknade za korištenje sustava navodnjavanja na SN Miholjački Poreč



Slika 3. Usporedba iznosa varijabilnog dijela naknade i površine isplative za navodnjavanje na SN Miholjački Poreč

Iako će korisnici za navodnjavanje povrća moći plaćati višu cijenu vode, zastupljenost povrća u ukupnoj strukturi sjetve nije velika (od 10 do 20%). Na temelju provedenih analiza priuštivosti visine naknade za korištenja sustava navodnjavanja zaključak je da će korisnicima biti priuštivo plaćati samo onu naknadu koja pokriva troškove održavanja i rada sustava navodnjavanja. Viša naknada mogla bi uzrokovati manju priključenost na sustav čime bi došlo do upitne održivosti cijelog projekta.

ZAKLJUČAK

Opravdanost izgradnje sustava navodnjavanja dokazujemo kroz Studiju izvodljivosti. Možemo razlikovati tri načina izračuna naknade za korištenje sustava navodnjavanja: prema Pravilniku o upravljanju i uređenju sustava za navodnjavanje gdje naknada pokriva samo troškove održavanja i rada sustava navodnjavanja, zatim naknada kod koje se pokrivaju i troškovi izgradnje i troškovi održavanja i rada sustava navodnjavanja, te priuštivi iznos naknade sa stajališta korisnika kod koje korisnici sustava navodnjavanja ostvaruju dobit. Analizirajući rezultate 13 studija izvodljivosti za projekte navodnjavanja u Republici Hrvatskoj zaključuje se da se iznos naknade koji pokriva samo troškove održavanja i rada sustava kreće od 0,00 do 1,00 kn/m^3 i prije svega ovisi o tlaku isporuke vode. S druge strane iznos naknade kod koje dolazi do povrata investicije kreće se od 0,25 do 10,28 kn/m^3. Rezultat je individualan za svaki sustav navodnjavanja i bitno ovisi o tehničkom rješenju. Priuštivi iznos naknade sa stajališta korisnika pokazuje da se ratarske kulture uglavnom ne isplati navodnjavati, dok se očekivano navodnjavanje povrća i voćarskih kultura isplati navodnjavati i kod viših iznosa naknade. Isplativost sustava navodnjavanja direktno ovisi o udjelu visoko dohodovnih kultura, prije svega povrća, u ukupnoj strukturi sjetve. Iako će korisnici za navodnjavanje povrća moći plaćati višu cijenu vode zastupljenost povrća u ukupnoj strukturi sjetve nije velika (od 10% do 20%). Na temelju provedenih analiza priuštivosti visine naknade za korištenja sustava navodnjavanja zaključak je da će korisnicima biti priuštivo plaćati samo onu naknadu koja pokriva troškove održavanja i rada sustava navodnjavanja. Viša naknada može rezultirati manjom priključenosti korisnika na sustav navodnjavanja što bi ugrozilo održivost cijelog projekta.

LITERATURA

[1] Elektroprojekt: *Studija izvodljivosti SN Miholjački Poreč,* 2014.

[2] Elektroprojekt: *Studija izvodljivosti SN Miholjac-Viljevo,* 2012.

[3] Elektroprojekt: *Studija izvodljivosti SN Kapelna,* 2012.

[4] Elektroprojekt: *Studija izvodljivosti SN Kitišanci,* 2012.

[5] Elektroprojekt: *Predinvesticijska studija SN Baranjsko brdo,* 2014.

[6] Elektroprojekt: *Studija navodnjavanja polj. zemljišta na području Dravskog Rita, 2014.*

[7] Elektroprojekt: *Studija navodnjavanja na području općina Tompojevci, Lovas i Tovarnik, 2014.*

[8] Elektroprojekt: *Studija izvodljivosti SN Kapinci-Vaška II faza,* 2015.

[9] Elektroprojekt: *Studija izvodljivosti SN Prelog-Donji Kraljevec,* 2012.

[10] Elektroprojekt: *Predinvesticijska studija SN Belica,* 2014.

[11] Hidroprojekt-ing, Elektroprojekt: *Predinvesticijska studija SN Pakrac-Lipik,* 2014.

[12] Elektroprojekt: *Predinvesticijska studija javnog SN polja na otoku Lastovu*, 2014.

[13] Elektroprojekt: *Studija izvodljivosti SN Sinjsko polje I faza*, 2014.

AUTOR

Nenad Heček, dipl.ing.građ. [a]

[a] Elektroprojekt d.d., Alexandera von Humboldta 4, Zagreb, 10000, Hrvatska, nenad.hecek@elektroprojekt.hr

R 2.34.

SPATIAL PLANNING AS AN APROACH TO IMPROVING LAND AND WATER USE IN THE AGRICULTURAL AREAS

Milena Moteva, NadezhdaYarlovska, Margarita Mondeshka, Ana Stoeva, Ivan Simunic, Velibor Spalevic, Vjekoslav Tanaskovik, Maria Vukelic-Shutoska

SUMMARY: A great number of irrigation and drainage systems were constructed and put into operation during the period of the socialist planned economies. Their efficient use was enabled by the consolidated land use, which was peculiar for the governing system. Just on the contrary, the agrarian reforms from the initial period of market economy gained fragmented and scattered land tenure. The latter is still problematic for applying large-scale production technologies, land reclamation and irrigation. Further, the irrigation and drainage systems are being violently destroyed, due to carelessness of the governmental bodies and unawareness and lack of incentives for their stewardship and use. A serious reason for neglecting this equipment are also some design compromises in spatial planning within the irrigated and drained areas. The paper highlights some problems of reconciliation of land and water use in the irrigated and drained territories. The goal is to propose ways for mutual improvement of land use and operational efficiency of the existing irrigation and drainage systems. Spatial planning is a fundamental approach to increasing land and water use efficiency. The paper focuses on design correctness, land consolidation and crop structure in the irrigated territories. Some legislation problems are discussed. The analysis is supported by some factsheets from Bulga-ria, Macedonia, Motenegro and Croatia.

KEY WORDS: land use, water use, spatial planning, land consolidation, legislation

PROSTORNO PLANIRANJE KAO PRISTUP ZA POBOLJŠANJE KORIŠTENJA ZEMLJIŠTA I VODA NA POLJOPRIVREDNIM POVRŠINAMA

SAŽETAK: Velik broj sustava navodnjavanja i odvodnje bio je izgrađen tijekom trajanja socijalističkog planiranja ekonomije. Njihovo djelotvorno korištenje bilo je omogućeno zbog okrupnjenosti zemljišta koji je bio državni posjed. Upravo sada je suprotno, agrarna reforma od početka razdoblja tržišne ekonomije dobiva usitnjene i razbacane zemljišne posjede. Posljednje je još problematičnije za primjenu velikih proizvodnih tehnologija, za poboljšanje korištenja zemljišta i navodnjavanje. Nadalje, sustavi odvodnje i navodnjavanja su uništeni zbog nebrige vladinih tijela, nesavjesnosti i pomanjkanja poticaja

za njihovo upravljanje i korištenje. Jedan ozbiljan razlog zapuštanja opreme su također različiti propisi u području prostornog planiranja unutar navodnjavanih i odvodnjavanih površina.

Rad ističe neke probleme usklađivanja korištenja zemljišta i voda u navodnjavanju i odvodnjavanju područja. Cilj je predložiti načine poboljšanja korištenja zemljišta zajedno s povećanjem učinkovitosti postojećih sustava navodnjavanja i odvodnje. Prostorno planiranje je temeljni pristup za povećanje učinkovitosti korištenja zemljišta i voda. Rad analizira moguće korekcije u projektiranju, okrupnjavanje zemljišta i izbor kultura u navodnjavanim područjima kao i zakonske prepreke. Analiza je zasnovana na podatcima iz Bugarske, Makedonije, Crne Gore i Hrvatske.

KLJUČNE RIJEČI: korištenje zemljišta, korištenje vode, prostorno planiranje, okrupnjavanje zemljišta, zakonodavstvo

1. INTRODUCTION

A broad construction of irrigation and drainage infrastructure over large territories took place in Bulgaria and former SFRYugoslavia during the time of the state planned economies. The amelioration systems had high efficiency and high reliability. Their functionality was enabled by the consolidation of land use under collectivization. The inheritance from the past is now appreciated as highly valuable. As a consequence of the following Agrarian Reforms, the amelioration systems are now deteriorated and their greatest part is physically destructed. One reason is bad stewardship, another - wrong approach in spatial planning for land division, namely oblivion of networks' performance. The small-size and dispersion of the land property today also hinder that performance. The present water use "on demand" does not fit to the large-scale function of the systems. The goal of the paper is to reveal some problems of land and water use in the irrigated and drained territories and to propose ways for their joint im-provement. Some weaknesses of the legislation are discussed. The analysis is supported by factsheets from Bulgaria, Macedonia, Montenegro and Croatia, which have passed the transi-tion period to market economy.

2. SPATIAL PLANNING FOR IRRIGATED AND DRAINED AGRICULTURAL TERRITORIES

2.1. Peculiarities and general consequences of the agrarian reforms. Historical and recent facts about amelioration practices.

The agrarian reforms in Bulgaria and the nearby countries Croatia, Montenegro and Macedonia were quick and ubiquitous. They affected nearly all agricultural land and the ma-jority of the households. All private property rights from the period before socialism were restored and the distribution of land was in real terms. The established land property was of small to average size. The conditions for agricultural production were quite aggravated. A seri-ous reason was that many of the owners had abandoned rural life forever. For a lot of them their land became a subject of investment rather than of agricultural use. The agricultural area of the countries was reduced. As to World Bank statistics (WB, 2015) (Fig. 1), the decrease of the agricultural land for Bulgaria from

1998 to 2012 is around 5%, for Croatia - 15%, and for Macedonia - 8%. The data for Montenegro shows a decrease of around 0.2% from 2006 to 2012. It is also seen that the breakdown in agricultural land use is still not compensated even after the accession of Bulgaria and Croatia in EU, when the interest in land cultivation has increased.

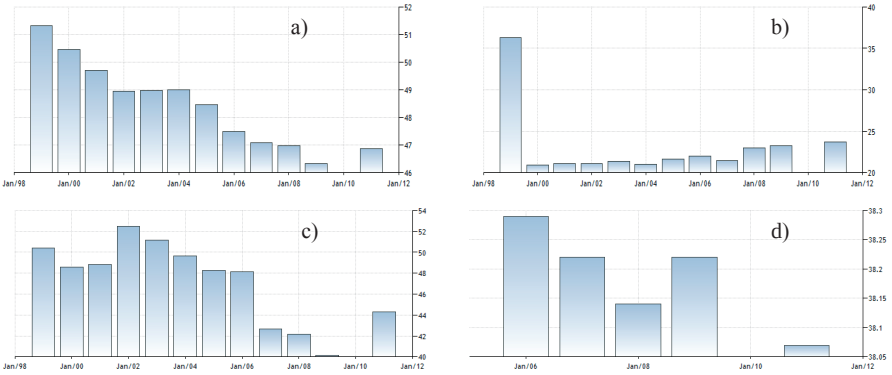


Fig 1. Agricultural land (% of land area):
a) Bulgaria; b) Croatia; c) Macedonia; d) Monte-negro (Source: WB, 2015)

In spite of the cited above negative tendencies, FAO assesses the democratic results in land tenure governance in Bulgaria, Croatia and Macedonia as good, due to the good social, politi-cal and legal inheritance for the governance of private property. These three countries are classified as „prospective participants“ (after the „leaders“), while Serbia and Montenegro, as recently emerged countries with lack of information, are classified as „potential followers“ (Salukvadze, 2008; Vehrmann, 2010).
Presently, Bulgaria has a great potential for irrigation and drainage practices - 235 constructed irrigation systems and a number of individual irrigation fields (Table 1; Fig. 2). The designed irrigation area (DIA) is 818,062 ha – 20.5% of the utilized agricultural area (UAA).

Table 1. Data for irrigation and drainage network in Bulgaria (Source: MOEW, 2012)

Data	**Elements of irrigation network**	**Data**	**Elements of drainage network**
172	Dams for irrigation	254 km	Danube river dikes
420	Catchments (massive ones)	2,260 km	Preventional dikes
530 km	Derivational canals	3,153 km	River regulations
6435 km	Open canal network (90% lined)	11	Retention dams
9269 km	Berried pipe network	76	Drainage pump stations
681	Irrigation pump stations	5,748 km	Drainage canals
612	Ponds	0.166 x10^6 ha	Flood-prevented areas

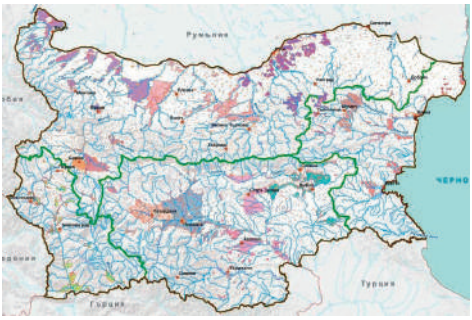


Figure 2. Map of the irrigation systems constructed (the colored areas) (Source: EAFRD, 2015)

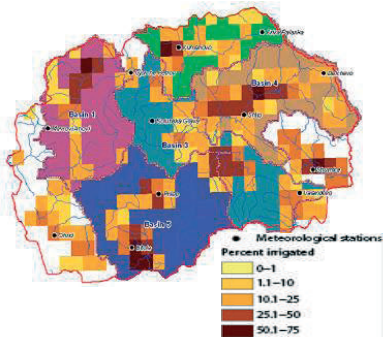


Figure 3. Irrigated areas in FYR Mac-edonia (Source: Sutton et al., 2013)

Today, 541,779 ha (66% of DIA and 15% of UAA) are potentially irrigable. Only 102,000 ha (12% of DIA and 3% of UAA) (data 2011) are being actually irrigated: 8% by sprinkl ing, 7% by microirrigation, 74 % by gravitational technology. The drain ed area is 80,000 ha - 2.5% of UAA (Table 1) (ICID, 2014). Presently, there are a lot of physical, operational, pricing and organizational problems. The hydro-melioration infrastructure is highly depreciated, damaged, subjected to constant pillaging, which is due to a continuous operation since the 60s and 70s of the last century. The equipment of most of the pumping stations is missing. There is lack of finance for the reconstruction and adaptation of the irrigation systems according to the needs of the small farms. Over the last decades, the existing irrigation systems are hardly used. They have very low conveyance and water application efficiency - 20% and 50% respectively (EAFRD, 2015). In this regard, on 20/03/2014, between the Ministry of Agriculture and Food and the International Bank for Reconstruction and Development (World Bank) was signed an Agreement for the provision of consultancy services “Strengthening the competitiveness of agriculture and preparation of the draft Strategy for sustainable management in the irrigation sector and protection from harmful effects of waters.” The agreement has been ratified by the National Assembly in July 2014.

In Macedonia, the total potentially irrigable area is 94,000 ha, the total drainage area - 88,000 ha (data from 2011) (ICID Report 2013-2014). The actually irrigated area is 55,000 ha, 5,000 ha of which by sprinkling and 1,000 by microirrigation (data from 2008) (Figure 3).

In Croatia, the irrigation statistics (ICID Report 2013-2014) shows that the irrigable area is 24,000 ha and the drained area is 760,000 ha (80.00% of UAA).

In Montenegro, the actually equipped and irrigated during the period 2001-2005 area is 2,115 ha. Irrigation maps are not available (WB, 2015).

2.2. Present conflicts between land use and water use in agriculture

Presently, a small number of agricultural master plans consider the technical parameters and the technological requirements of the amelioration infrastructure. Some conflicts between land use and water use occur due to inappropriate combining of their elements.

The deficiencies in land use and in water use are interdependent and have negative impact on the functionality of the combined system. For example, deficiencies such like:

- *fragmentation and scattering of land tenure* cause: excess length of the irrigation system and excessive density of the canals that make the irrigation system expensive; unnecessary parallel canals that fragments the agricultural area; excessive segmentation of the irrigation scheme and unlinear routes of the canals that make the scheme less efficient; primitively built additional canals to serve the small and scattered agricultural plots and inadequately equipped irrigation network, which is precondition for water losses by infiltration and leaks; transit water use, that makes difficult the agricultural use of non-irrigatied areas and causes water losses by evaporation due to large air-contact of water; many sources of water supply for a plot that put disorder to uniform water distribution over the irrigated plot; many points of water intake that is a precondition for water losses by leak; joint water use that puts conflict among water users;
- *extended arrays* cause: excess length of canal network and increased the number of facilities which makes the irrigation system expensive; many offtakes from the main canal which cause disorder in water supply of the subordinate plots and water losses; water losses and high operational costs; complexity of service;
- *wedged land and irregular borders* cause inefficient routes of the canals;
- *abandonment of irrigated land* causes abandonment of some canal network;
- *new irrigation plots cause* construction of new canal network, which leads to loss of agricultural territory and expences for infrastructure;
- *excessive branching of the irrigation scheme and excessive canal routs* cause irregular shape and fragmentation of the plots;
- *remoteness of water use* causes excessive elements and length of the irrigation scheme and disturbance of the non irrigated plots, also loss of agricultural land for canals and water losses.

2.3. Spatial planning approaches to solving the problems of irrigation and drainage areas

Spatial planning for the irrigated and drained territories should consider mutual consistency of land-use issues and water use limitations but is subordinate to the spatial elements of the amelioration systems and the size and configuration of the ameliorated plots. (Fig. 4). In the irrigated areas, the territorial structure is optimized according to: 1) the operational requirements of the irrigation systems and 2) the spatial planning requirements for rational organization of the agricultural area. The design process is progressive and following iterations (Fig. 4).

Several efficient and complementary conditions for making the irrigation systems work properly with high efficiency are needed:

1) ***Consolidation of land tenure.*** Operation of the inherited amelioration systems requires land consolidation in order: 1) to ensure optimal function of the systems by considering their design parameters; 2) to plan the water use through the season and make it optimal, which has a positive effect on water losses, soil structure and usage of scarce water resources; 3) to draw investments and increase the European subsidies.

Land use consolidation in Bulgaria has legal basis in the Regulations to the Law on Own-ership and Use of Agricultural Lands (1991). It is reglamented to be voluntary and financed by the applicants.

Presently, continues the launched in 2011 procedure for preparation of plans for land con-solidation after the applications of the owners of 5 villages for totally 3,500 ha. Still more procedures for land consolidation in another 15 village areas for totally 30,000 ha are about to start (MAF, 2014).

Croatian legislation provides the land consolidation activities, but there are no such ones in practice. A serious obsticle to a free process of land consolidation is that land valuation is not regulated. Different experts apply different methodologies for valuation but there is no a standardized one. Also, still there are inconsistencies in the records of land registers (Vehrmann, 2010).

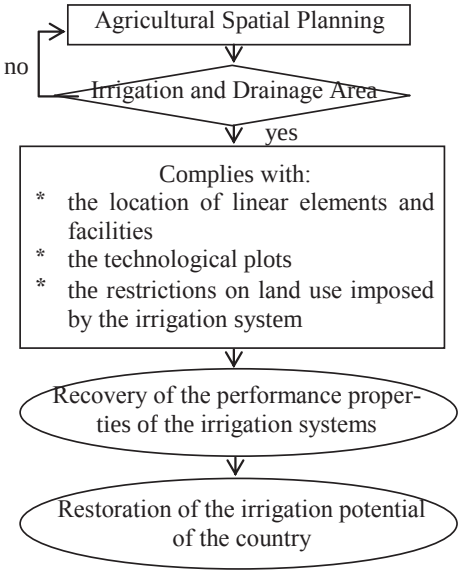


Figure 4. Scheme of subordinance of the agricultural spatial planning to the irrigation technology requirements

The goal of consolidation, according to the Law on Consolidation of Agricultural Land in Macedonia (2013), is to increase the efficiency of management of the agricultural land and to make it suitable for other socially useful purposes: consolidation of land; comfortable road-system providing convenient unimpeded access to property; construction of irrigation systems and equipment; approval of the final finished perceptible area as infrastructure, etc. Act advocates the voluntary principle of consolidation (Law on Consolidation of Agricultural Land of RMacedonia, 2013).

2) ***No design compromises in spatial planning within the irrigated areas***. Agricultural spatial planning within existing irrigation schemes should execute the following pro-vison:

- the irrigation system designed area should be used for the purpose of irrigation or one square *meter should not be used inefficiently without* irrigation;
- the area of arrays should be consistent with the updated capacity of the water source and with the scheme parameters such like its nominal size, efficiency, permissible reduction of irrigation depth, etc.;
- one tenant leased area should cover naturally bordered arrays;
- no expansion of the irrigated areas should be tolerated (out of the irrigation scheme);
- the arrays and plots must comply with the existing linear and surface elements of the irrigation system – open canals, pump stations, shafts, wells, hydrants; the borders of the arrays and plots should lie on the open canals;
- the existing canal network should be totally considered;
- open canals should not be destructed, if their depreciation period has not expired; additional canals should be constructed only if necessary;
- straightening of canals should be undertaken to comply with the terrain and the tillage technology;
- excess canals should be removed in order to gain more cultivated area;
- the canal routes should not hinder the operation of the non-irrigated areas;
- the array's boundaries should match the canal network;
- the boundaries of arrays should agree with the control position of the open canals;
- transit water use should not be tolerated;
- each array should be served by one distribution canal and one separate water uptake;
- joint water uptake should not be tolerated;
- the arrays should comply with the area and configuration of the irrigation technology plots – *water supply tract* (WST) and *irrigation module* (IM). WST is the area, which is irrigated consecutively in series from a lowest rank lined and full debited canal or pipe. The newly designed plots should exactly match up WST and should be served only by one water uptake device. IM is a part of a WST that is operated by one uptake device. At least one of its borders coincides with a canal or a pipe (Moteva, Davidov, 2004). Any of the following rules should be fulfilled when consolidating lands: the newly designed area should be divisible to a whole number of IMs or an IM should consists of a whole number of designed plots; the IMs within a WST are consecutively irrigated, following a landowners' schedule. The water distribution network within IMs is owned by the landowners; the drainage arrays and the land use arrays should tally.

Increasing share of the intensive crops in the crop structure of the irrigated areas. As a consequence of the recent disorder in management of the irrigation territories, crops that are not sensitive to water, like winter cereals, are presently cultivated in the irrigable areas. The big farms, which lease large areas, cultivate and export mainly field crops which don't bring substantial income. This is a serious limitation to using the potential of the irrigable areas. In our geographycal conditions, vegetables, orchard crops and vines, grown under irrigation, are most profitable. Also crops like corn and alfalfa would give potentially high yields if they are irrigated and the last one would contribute for maintaining soil fertility at a high level. Sustainability of the farm holdings, especially in the irrigated areas is highly dependent on the proper crop structure, which should include intensive high income crops.

2.4. Some gaps in the legislation on land use and water management

Modern legislation of Bulgaria and Croatia are to the greatest extent harmonized with European legislation. However, in Bulgarian legislation, still there are gaps which cause misunderstandings and discrepancies in land relations, land use and water use.

Some of the gaps in water management for irrigation lead to disparity between the programmes for the development of irrigation in the past and the current economic policy, causing a mismatch between the parameters of the existing irrigation systems and their current use in conditions of small and fragmented land tenure. There is lack of strategy for the development of irrigation and drainage activities and monitoring for the irrigation systems. Substantial thoughtlessness of Bulgarian legislation is the lack of regulation for agricultural spatial planning and requirements for agricultural master plans and especially for territories with irrigation and drainage systems. Article 111 of the Law on Spatial Planning (2001) generally regulates specialized plans for territories of different land use, including agricultural territories. There is no further regulatory and subordinate regulations for spatial planning for the agricultural tarritories. However, such practice exists for the land use arrays regulated by the Law on Ownership and Use of Agricultural Lands (1991) and for the timid attempts for land consolidation in some parts of the country. One of the Objectives of the Governmental Program for the Steady Development of RBulgaria for 2014-2018 is "Creating optimal condi-tions for the development of efficient irrigation farming". It follows the new Programme for Rural Development, relevant to the Regulation (EU) No. 1305/2013 of EP and of the Council on Support for Rural Development by the EAFRD and the Regulation (EU) No. 1306/2013 of EP and of the Council on the Financing, Management and Monitoring of CAP. It gives a new impulse for revision and revitalization of irrigation and drainage management. This will inevitably draw ahead the problem of agricultural spatial planning under the conditions of limited land and operational resources within the territories with constructed amelioration systems. In another Objective is provided that voluntary land consolidation for the purpose of agricultural production will be encouraged. Another important measure at this Objective is for elaboration of a Land Code in Bulgaria. This is hopeful for further better management of the agricultural area as a whole.

CONCLUSION

Balkan agriculture has valuable heritage from the past – a large number of irrigation and drainage systems and designed areas. Nowadays, they are operated with low efficiency and gain low income. The main problems that have to be overcome are: land fragmentation - by introducing land consolidation; physical restoration of the amelioration network - by purposeful strategies and better finincing; inefficient crop structure in the irrigable territories – by introducing intensive, water sensitive high income crops; deficiencies in land and water use – by considering the techical elements and the technological requirements of the amelioration schemes in the process of spatial planning; lack of reglamented agricultural spatial planning - by implementing a clear and comprehensive legal regulation of spatial planning activities for the agricultural territories and agricultural master plans.

ACKNOWLEGMENTS

This study was supported by the Center for Research and Design in the structure of the University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy in Bulgaria (Project BN 170/15 "Current Issues and Challenges to Agricultural Land-Use Planning in Bulgaria").

REFERENCES

[1] *Advisory Program for Strengthening Agricultural Competitiveness and Development of a Draft Common Strategy for Management and Development of Hydro-melioration and Protection against Harmful Effects of Water.* Comprehensive Baseline Assessment Report. (2015) EAFRD and Ministry of Agriculture and Food, S., 242 pp.

[2] EAFRD (2015) *Comprehensive Baseline Assessment Report*, Volume I, Ministry of Agriculture and Food in Bulgaria (MAF), S., Bulgaria, 64 pp.

[3] *Analysis of Water Infrastructure* (2012) In: National Strategy for Management and Development of the Water Sector in Bulgaria 2012, Annex 2, Ministry of Environment and Water in Bulgaria (MOEW), 50 pp. http://www3.moew.government.bg/?show=top&cid=569 (date of access 02/2015)

[4] *Annual Report on the Condition and Development of Agriculture* (2014) Ministry of Agriculture and Food in Bulgaria (MAF), 216 pp.

[5] *Governmental program for the steady development of RBULGARIA for 2014-2018.* 15 pp. http://www.mzh.government.bg/mzh/bg/Documents/programs.aspx (date of access 02/2015)

[6] *ICID AnnualReport 2013-2014* http://content.yudu.com/Library/A2y4xw/ICIDAnnualReport2013/ (date of access 02/2015)

[7] *Law on Spatial Planning*, Official Gazette of RBulgaria, 1/2001

[8] *Law on Ownership and Use of Agricultural Lands,* Official Gazette of RBulgaria, 17/1991

[9] *Law on Consolidation of Agricultural Land.* Official Gazette of RMacedonia, No.187 of 12/30/2013

[10] Moteva, M., D. Davidov (2004) *Land Consolidation of Irrigated and Drained Territories*. In Proceedings of the Second Conference of the Union of Scientists "Energy Efficiency and Agricultural Engineering", Rousse, Bulgaria, 3-5 June, 549–556

[11] Salukvadze, J. (2008): *Good Governance and Natural Resources in Eastern Europe and CIS Region.* Land Tenure Working Paper 3, FAO, Rome, 72 pp.

[12] Sutton, W., J. Srivastava, J. Neumann, K Strzepec, B. Boehlert (2013) *Reducing the Vulnerability of the Former Yugoslav Republic of Macedonia's Agricultural Systems to Climate Change: Impact Assessment and Adaptation*. World Bank, Washington DC, 122 pp.

[12] Vehrmann, B. (2010) *Governance of Land Tenure in Eastern Europe and Commonwealth of Independent States*. Land Tenure Working Paper 16, FAO and Federal Ministry for Economic Cooperation and Development, 57 pp.

[13] *World Bank Indicators* (2015) (date of access 02/2015)

AUTHORS

prof.dr.sc. Milena Moteva [a]
assist.prof. NadezhdaYarlovska [a]
prof.dr.sc. Margarita Mondeshka [a]
prof.dr.sc. Ana Stoeva [a]
prof.dr.sc. Ivan Simunic [b]
prof.dr.sc. Velibor Spalevic [c]
prof.dr.sc. Vjekoslav Tanaskovik [d]
prof.dr.sc. Maria Vukelic -Shutoska [d]

[a] University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Faculty of Geodesy, Department of Land Management and Agricultural Development, Hristo Smirnenski, Blvd, 1046 Sofia, Bulgaria, milena_moteva@yahoo.com; njarlovska@mail.bg; m.mondeshka@abv.bg; anastoevabg@yahoo.com

[b] Agricultural Faculty, Department of Amelioration, Zagreb University, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia, simunic@agr.hr

[c] University of Montenegro, Biotechnical Faculty, Podgorica, Montenegro, velibor.spalevic@gmail.com

[d] University St. st. Cyril and Methodius, Faculty of Agricultural Sciences and Food, Skopje, Macedonia, e-mail: vtanaskovic@zf.ukim.edu.mk; marija.vukelic-shutoska@t-home.mk

R 2.35.

CHALLENGES FOR AGRICULTURE IN THE WATER PROTECTED AREAS - THE CASE OF RIVER DRAVA PLAIN, SLOVENIA

Matjaž Glavan, Marina Pintar, Janko Urbanc

SUMMARY: The aim of research was to determine how changes in the management of agricultural land (cultivation technics, fertilisation, type of crop, crop rotation) influence on the leaching of nitrogen from the soil profile in the Drava river plain in Slovenia. The impact of 31 different scenarios of potential agricultural land management was evaluated using Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model. Research was located on the shallow alluvial bedrock with carbonate and silicate layers, which is the main source of drinking water in the area. Results of the Soil and Water Assessment Tool model version 2009 showed that with the constant climate and land management technology magnitude of nitrogen leaching from the soil profile is mainly influenced by soil properties. The most drastic effect on the increase of nitrogen leaching showed vegetable production technology, followed by cereals (corn, wheat, barley). Agricultural ecological production by Slovenian standards can result in similar leaching potential as conventional farming, due to unfavourable conditions origination from soil properties (shallow soil profile). Effects of grassland production may lead to 76 to 98% reduction in nitrogen loss from soil profile in comparison to current practices.

KEY WORDS: Water protection zones, Nitrate, Nitrogen balance, Groundwater, Agriculture

IZAZOVI PRED POLJOPRIVREDOM U PODRUČJIMA ZAŠTITE VODA – SLUČAJ DOLINE RIJEKE DRAVE U SLOVENIJI

SAŽETAK: Cilj istraživanja bio je utvrditi kako promjene u upravljanju poljoprivrednim zemljištem (tehnike uzgoja, gnojidba, vrsta kulture, plodored) utječu na ispiranje dušika iz tla u dolini rijeke Drave u Sloveniji. Utjecaj 31 različita scenarija mogućeg upravljanja poljoprivrednim zemljištem procijenjen je korištenjem SWAT modela (Alat za procjenu tla i vode). Istraživanje se vršilo na plitkoj aluvijalnoj temeljnoj stijeni s karbonatnim i silikatnim slojevima koja je glavni izvor vode za piće u ovom području. Rezultati SWAT modela (verzija 2009.) pokazali su da je uz konstantnu klimu i tehnologiju upravljanja zemljištem količina dušika koji se ispire u tlo uglavnom pod utjecajem karakteristika tla. Najveći utjecaj na porast ispiranja dušika ima tehnologija proizvodnje povrća, a potom

žitarica (kukuruz, pšenica, ječam). Ekološka poljoprivredna proizvodnja prema slovenskim standardima može rezultirati sličnim potencijalom ispiranja kao i u slučaju tradicionalnog uzgoja uslijed nepovoljnih uvjeta koji su rezultat karakteristika tla (plitko tlo). Učinci proizvodnje trave mogu dovesti do smanjenja gubitka dušika iz tla od 76 do 98% u usporedbi sa sadašnjim praksama.

KLJUČNE RIJEČI: Zone zaštite voda, Nitrati, Ravnoteža dušika, Podzemne vode, Poljoprivreda

1. INTRODUCTION

The purpose of this paper is to present the scientifically based starting point in development of sustainable farming in water protection areas. The issue of proper agricultural management on water protection areas is very complex since two, in management of the environment, quite different ecosystem services (water and food providing) have to coexist (Glavan et al., 2015). Agriculture is a source of many emissions, which is often reflected in the deterioration of groundwater and surface water resources quality. In Slovenian groundwater accounts for 98% of all sources of drinking water supply, so the effective protection of groundwater quality is of the utmost importance for the health of the population (Poje et al., 2008; Koroša and Mali, 2012).

The basic function of Water Protection Areas (WPA) is conservation of drinking water quality of all water resources, which are intended for the supply of the population. With Slovenia joining the European Union and the implementation of the European Water Framework Directive (2000/60/EC), Slovenia adopted a commitment that it will maintain or improve good quantitative and chemical status of all groundwater and surface water bodies.

The aim of the paper is to determine how changes in the management of agricultural land (cultivation technics, fertilisation, type of crop, crop rotation) influence on the leaching of nitrogen from the soil profile.

2. MATERIALS IN METHODS

The Drava Plain (Dravsko polje) aquifer study area (293.2 km^2) is located in the northeastern part of Slovenia (Figure 1). The Drava Plain altitude is relatively small and ranges between 200 and 250 m and seldom exceeds 300 m. The plain is divided on four alluvial terraces. The river Drava deposit sediments of Quaternary sand and gravel in the area which forms extensive alluvial aquifer. The aquifer is very well permeable with the permeability coefficient of about 5×10^{-3} m/s. The aquifer is unconfined and exposed to intake of pollutants from the surface. The area is suitable for intensive agriculture (grain production) due to the favourable terrain and structure of land ownership. According to data on land use for August 2011 prevails arable (44%) followed by the forest (20%), urban (19%) and grassland (9%). Other land use classes are represented by 1% or less. Three research sites were included in the research (Figure 1): Ptuj (218 m) mixed crop rotation for seed production (2.25 ha); Dobrovce (253 m) mostly horticultural production (1.53 ha); Maribor (262 m) with a typical grain crop rotation (15.12 ha). Information about the type, quantities and dates of use of fertilizer were obtained from Agricultural Extension Service (Chamber of Agriculture and Forestry of Slovenia - Unit Maribor) and

farmers.

Processes in the unsaturated zone were modelled with the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model ArcSWAT version 1.10.2009 (Arnold et al., 1998). The model was designed to predict the impact of land use and land management on the water quality and quantity and transport of sediment and soluble materials from agriculture in large river basins with the complex heterogeneous soils, land use and management conditions over long periods of time (Gassman et al., 2007). Based on the measured data, the model was set up and calibrated on a daily basis with soil water content, which was measured with soil profile probes. Diffuse sources of nutrients and their transport routes are strongly linked to the water cycle, which is influenced by water and solar energy. When precipitation falls on the soil may follow different preferential pathways like surface runoff or shallow subsurface runoff (transfer of N, P) and vertical leaching in to the shallow aquifer (transfer of N). The nitrogen balance in the soil and groundwater depends on many factors (biological, climatic, physico-chemical properties of the soil).

Depending on the availability of data, we prepared a total of seven sets of scenarios with 31 possible combinations of alternative rotations and managements. These can serve only as indicative information as actual future development of agricultural land management is impossible to predict. EU Common Agricultural Policy (CAP) changes at least once on seven year with possible mid-term changes in each of the member states after evaluation of the national Rural Development Programs. Agricultural policy can throughout financial stimulants dictates simultaneous sustainable agriculture and protection of water resources. In designing the scenarios we relied on the Guidelines for professionally justified fertilization, issued by the Ministry of Agriculture, Forestry and Food (Mihelič et al., 2009), own expertise and on information from farmers.

In the first set are three scenarios for Maribor and Ptuj, where is fertilization of basic rotation changed depending on the quantity of yield (Scenarios 1, 2 and 3) and one scenario where organic fertilizer (cattle slurry) is introduced in rotation with pure mineral fertilisation (Scenario 5). For the location of Dobrovce organic fertilizers are replaced by mineral (Scenario 4). In the second set is one scenario for the Maribor rotation, where soya is replacing corn (Scenario 6) and three scenarios for Dobrovce with alternative vegetable rotations, with one legume as a main crop and winter greening (Scenarios 11, 12 and 13). In the third set are four scenarios including 4-cut, 3-cut, 2-cut and extensive 1-cut (no fertilisers) grassland (Scenarios 7, 8, 9 and 10). In the fourth set are average cattle/dairy, pig, arable rotation and for the research area typical permanent grassland management (Scenarios 14, 15, 16, 17). In the fifth set are two variations of modified cattle/dairy and pig rotations, one without organic fertilisers (Scenario 18, 20) and the other with soya replacing corn (Scenarios 19, 21). In the sixth set are average horticultural (vegetable) and organic rotation (Scenario 22, 23). In the seventh set are average cattle/dairy, pig, arable rotation and permanent grassland management with included fertilisation rates required in WPA (Scenarios 24-31). The results of the alternative scenarios were compared with the baseline scenarios (business as usual).

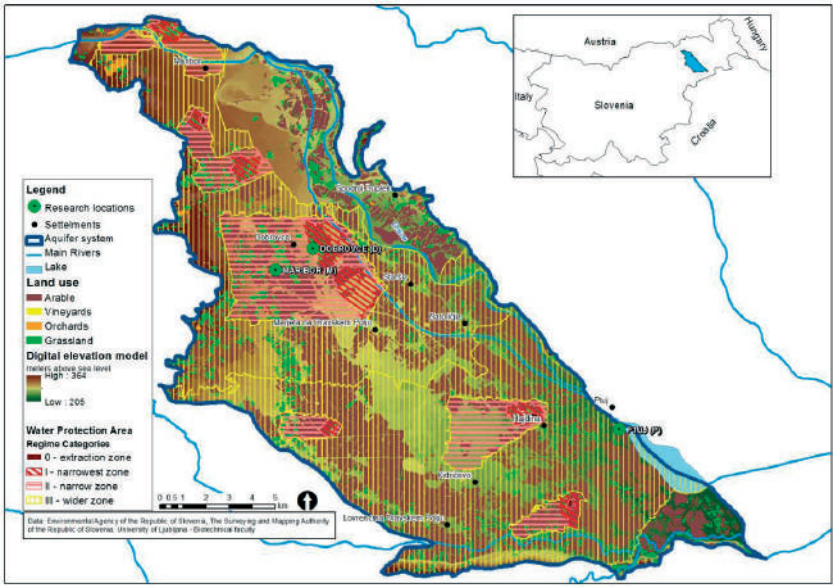


Figure 1. The river Drava aquifer system with water protection areas and research locations

3. RESULTS AND DISCUSSION

The base scenarios show a high average annual variability in nitrogen leaching from the soil profile (Table 1). Comparison of base rotations from practice between themselves showed that production technologies with higher N intake have negative impact on the balance of N causing higher leaching. Results of the model show that the same technology (rotation) is not suitable for all soil types (Table 1). As shown in the example from Maribor with rotation suitable for relatively deep soils, can this rotation cause from two to three times greater N leaching if used on shallow soils of Dobrovce. Measures for controlling nitrogen fertilisers' application are not defined on the basis of soil properties, according to the current regulation for the WPA of the Drava Plain. Areas of regime I, II and III have been determined in order to prevent microbiological contamination of drinking water wells. The results show that for the purpose of preventing the negative N balance the WPA zones and regime should be designed according to the soil properties. This is even more important because Water Framework Directive obliges member states to improve the water quality status of the entire aquifer and not only that part in the vicinity of wells. According to Mihelič et al. (2010) are current base fertilisation norms higher than the norm for the average yield are (Scenario 2) (Table 1). With replacing part of the organic fertiliser with the mineral (Scenarios 4, 5) and vice versa was showed that organic animal fertilisers cause higher excess N in the balance (Table 2). It is necessary to invest in the education of producers and to strengthen the control of fertilisation plans. Analysis of soil properties are needed to check how much fertiliser can soil hold and how much can be applied at given soil conditions to achieve optimum yields and to avoid excessive N leaching.

Comparison of Dobrovce base rotation similar to organic and conventional integrated horticultural rotation (Scenarios 11-13) with fertilising norms for optimal production of vegetables has shown that outdoor horticultural production in Dobrovci shallow and sandy soils with gravel parent material is probably not the optimal use of agricultural land from the water protection point of view (Table 2). Much better results for N leaching were archived by organic field crop rotation (Scenario 23) with N leaching yields lower from base rotations. Organic farming in WPZ is beside water quality also in pursue of other goals, such as increased biodiversity, animal welfare and ban of synthetic plant protection products.

Table 1. Average annual nitrogen leaching (kg N ha^{-1}) from the soil profile (model SWAT) for all three base rotations of the three research locations Ptuj (P), Maribor (M), Dobrovce (D) for the research period 2003 – 2011

	Nitrogen leached from the soil profile (kg N ha^{-1} leto)											
	Rotation											
	Ptuj				**Maribor**				**Dobrovce**			
↓Soil↓	avg	StDv	min	max	avg	StDv	min	maks	avg	StDv	min	Max
Ptuj	**51,3**	43,4	1,2	109,1	**32,4**	17,5	0,7	56,2	**71,4**	50,1	13,2	152,8
Maribor	**71,1**	76,0	4,0	180,9	**59,9**	27,5	22,2	103,9	**85,5**	49,7	8,8	159,0
Dobrovce	**91,5**	105,5	6,0	267,6	**97,5**	62,3	12,3	208,4	**91,1**	56,1	4,9	188,3

avg – average; StDv – standard deviation; min. – minimal; max – maximal

Grassland land use and management proved to be an extremely beneficial for soil N balance (Scenarios 7-10). Interestingly, the 4-cut intensive grassland without excessive use of animal manure contributes to a drastic reduction in N leaching (Table 2). Through the process of modelling permanent pasture with average production technology was found that farmers on average spread slurry three times per year (in some cases even more) in addition to that they spread mineral fertilisers (Scenario 17). This practice causes on shallow soils like Dobrovce heavy losses of N, which are comparable to those in the arable fields. This shows that regulation on banning the liquid animal manure (slurry) in the area WPA is appropriate and eligible measure. The major part of slurry is applied exactly on the grassland areas.

Rotations adapted to WPA zone I regime (Scenarios 24, 26, 28, 30), reduce losses of N while the development of biomass and yield is not affected. The main reason for this is the ban on the use of liquid animal manure and strictly controlled application of mineral N during the growing season. The effects of the measures are not equally effective in all areas. Efficiency is strongly related to the soil properties. This type of scenarios is a very attractive option for regulators (State), with few very relevant side effects on agriculture, for which the regulator will have to provide answers and solutions. The first effect is the surplus of livestock manure, the second are cost for mineral fertilisers and the third control of measures implementation if the zone I regime would be extended over greater area.

Table 2. Comparison of average annual applied fertiliser (mineral and organic) and nitrogen leaching from soil profile (kg N ha^{-1}) between base and alternative scenarios for the research locations Ptuj (P), Maribor (M) and Dobrovce (D) in the research period 2003-2011

Nitrogen (kg N ha^{-1})														
	Scenario													
	Base*	1		2		3		4		5		6		
Applied		170		112		67		101		157		88		
P – leached	51	50		43		41				66				
M – leached	60	85		44		24				83		24		
D – leached	91							87						
	Base	**7**		**8**		**9**		**10**		**11**		**12**		**13**
Applied		172		122		43		0		144		220		144
P – leached	51	1		2		5		4						
M – leached	60	5		8		9		9						
D – leached	91	26		26		18		14		68		146		89
	Base	**Cattle**					**Pig**					**Grassland**		
		14		**18**		**19**	**15**		**20**		**21**	**17**		
Applied	130	178		146		39	180		152		40	433		
P – leached	51	38		33		38	56		53		50	12		
M – leached	60	62		53		58	79		74		69	21		
D – leached	91	96		79		76	110		101		88	74		
	Base	**16**					**22**					**23**		
Applied	130	166					47					13		
P – leached	51	52					65					47		
M – leached	60	63					79					59		
D – leached	91	79					91					69		
	Cattle			**Pig**			**Arable**			**Grassland**				
	14	**24**	**25**	**15**	**26**	**27**	**16**	**28**	**29**	**17**	**30**	**31**		
Applied	178	139	173	180	125	180	166	127	166	433	190	415		
P – leached	38	5	37	56	6	56	52	38	52	12	1	8		
M – leached	62	16	61	79	19	79	63	47	63	21	4	19		
D – leached	96	44	94	110	41	110	79	58	79	74	21	68		

*With fertilisers applied amount of nitrogen: Ptuj (P) – 130 kg N ha^{-1}; Maribor (M) – 135 kg N ha^{-1}; Dobrovce (D) – 127 kg N ha^{-1}.

1 – fertilising for large yield; 2 – fertilising for average yield ; 3 – fertilising for small yield; 4 – base rotation/no organic fertilisers; 5 – base rotation/only organic fertilisers: 6 – soya replaces corn; 7 – grass/4 cuts; 8 – grass/3cuts; 9 – grass/1 cut only ; 10 – grass/1 cut no fertilisers; 14 –cattle/dairy cows rotation; 15 – pigs rotations; 16 –arable rotation; 17 – average grassland; 18 – cattle rotation/no organic fertilisers; 19 – cattle rotation/soya replaces corn; 20 – pigs rotations/ no organic fertilisers; 21 – pig rotation/soya replaces corn; 22 – organic vegetable rotation; 23 – organic vegetable rotation; 24 – 14 with WPZ I regulations; 25 – 14 with WPZ II and III regulations; 26 – 15 with WPZ I regulations; 27 – 15 with WPZ II and III regulations; 28 – 16 with WPZ I regulations, 29 – 16 with WPZ II and III regulations; 30 – 17 with WPZ I regulations; 31 – 17 with WPZ II and III regulations

Scenarios 11, 12 and 13 are not presented in table due to limited space.

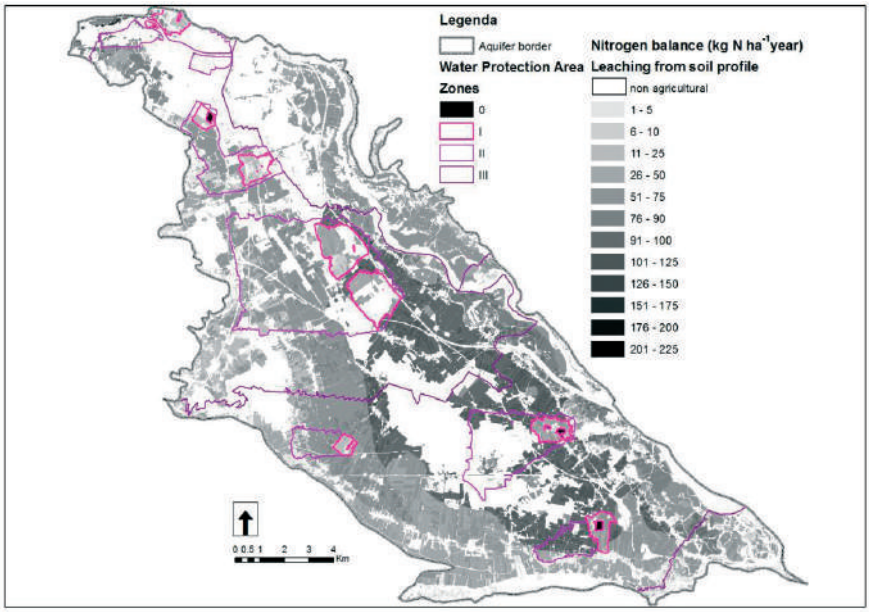


Figure 2. Nitrogen balance (kg N ha^{-1} year) of agricultural land for the river Drava aquifer system

Measures of WPA zone II and III regime have minimal effects on arable land which means that farmers can practically farm without any serious limitations (Scenarios 25, 27, 29, 31). It is also possible that farmers adapted production technologies according to the requirements of the regulations for water bodies in the area of the Drava Plain. Results show stable N balance, which is similar to the average situation outside of WPA. Given the fact that WPA zone I regime covers only a small part of the Drava Plain (2.3%) is the effect of these measures on the quality of groundwater minimal (Figure 2). In addition to that in the large central part of the Drava Plain with shallow soils and under the WPA zone II and zone III regime a normal agricultural practice is taking place. The results of the SWAT model show that it is possible to reduce the quantity of the applied and thus also leached N, without any important effect on biomass or yield production.

CONCLUSION

According to the results we suggest that are future measures or WPA regimes formed according to the type and properties of the soil and not only on the groundwater flow direction and proximity of drinking water wells. Constant communication with the land owners and cultivators in the area and their regular education is vital for successful transformation of the area. We recommend more efforts of professional agricultural services in the introduction of agricultural crops that require less inputs of nitrogen for growth like soya and in raising awareness on the need for reducing fertiliser norms by its number and quantity. Grassland is a good alternative to the arable use, but help of professional services is needed to specify the type of fertilizer N and norms depending on

the soil type and properties.

The results of this study are product of a computer model for catchment modelling (SWAT) and work and the result of understanding of one catchment modeller. Therefore, the final assessment of the scenarios should never be regarded as definitive, but only as a possible response of the system to changes. Model results and their interpretation by the modeller must lead to constructive discussions with the aim of achieving and maintaining good water quality in the research area of the Drava Plain, which is also the aim of the Water Framework Directive.

ACKNOWLEDGMENT

Financial support for this study was provided by the Slovenian Research Agency founded by the Government of the Republic of Slovenia, Ministry for Agriculture and Environment. Contract number 1000-10-281058. Report is also available from e-site: http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-HWYIJSVV.

REFERENCES

[1] Arnold JG, Srinivasan R, Muttiah RS, Williams JR. (1998.): *Large area hydrologic modelling and assessment* - Part 1: Model development. Journal of the American Water Resources Association 34: 73-89.

[2] Gassman PW, Reyes MR, Green CH, Arnold JG. (2007.): *The soil and water assessment tool: Historical development, applications, and future research directions*. Transactions of the ASABE 50: 1211-1250.

[3] Glavan M, Pintar M, Urbanc J. (2015.): Spatial variation of crop rotations and their impacts on provisioning ecosystem services on the river Drava alluvial plain. *Sustainability of Water Quality and Ecology*. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.swaqe.2015.01.004

[4] Koroša A, Mali N. (2012.): *Overview on new organic pollutants in groundwaters of Slovenia* (Pregled novih organskih onesnaževal v podzemni vodi v Sloveniji). Geologija **55**: 243

[5] Mihelič R, Čop J, Jakše M, Štampar F, Majer D, Tojnko S, Vršič S. (2010.): *Guidelines for professionally justified fertilisation* (Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje). Ministry of Agriculture, Forestry and Food of Republic of Slovenia: Ljubljana.

[6] Poje M, Dobnikar-Tehovnik M, Krajnc M, Trisic N, Krsnik P, Mihorko P. (2008.): *Quality of surface sourcs of drinking water in Slovenia* (Kakovost površinskih virov pitne vode v Sloveniji). Ljubljana, Agencija RS za okolje, Urad za hidrologijo in stanje okolja: 40

AUTHORS

Matjaž Glavan, D.Sc. [a]
Marina Pintar, D.Sc. [a]
Janko Urbanc, D.Sc. [b]

[a] University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenia, matjaz.glavan@bf.uni-lj.si; marina.pintar@bf.uni-lj.si

[b] Geological Survey of Slovenia, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, Slovenia, janko.urbanc@gzrs.si

R 2.36.

PROVEDBA NAVODNJAVANJA NA VODNOM PODRUČJU DUNAVA I DONJE DRAVE

Lidija Tadić, Marko Blagus, Sergej Cvetković, Tamara Dadić, Mišo Čičak

SAŽETAK: Nakon usvajanja Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj 2005. godine kojim su definirani okviri provedbe navodnjavanja u Hrvatskoj, slijedila je izrada županijskih planova navodnjavanja. Njihov cilj bio je detaljnije definirati mogućnosti navodnjavanja sukladno geografskim, hidrološkim, pedološkim i agronomskim karakteristikama područja. Na vodnom području Dunava i donje Drave nalazi se Osječko-baranjska županija i dijelovi Vukovarsko-srijemske i Virovitičko-podravske županije. Sve tri županije imaju izrazitu zastupljenost poljoprivrede i, kao takve, veliki interes za provedbu navodnjavanja i među prvima su izradile županijske planove navodnjavanja tijekom 2005. i 2006. godine. Do danas je u tim županijama izgrađeno nekoliko sustava za navodnjavanje, nekoliko sanacija postojećih sustava, a isto tako se jedan veći broj projekata nalazi u različitim fazama izrade. Cilj rada je analizirati provedbu sustava navodnjavanja na području ove tri županije koje sve imaju veliki potencijal, ali i potrebu za navodnjavanjem. Pri tome nije prvenstveni interes analizirati dinamiku izgradnje u razdoblju od 2005. do 2014. godine, već dati osvrt na razvoj navodnjavanja na ovom području. Razdoblje od devet godina trebalo bi biti dovoljno dugačko da se napravi pregled stanja navodnjavanja, tim više što su se ulaskom u Europsku uniju dogodile promjene koje otvaraju nove mogućnosti financiranja sustava za navodnjavanje.

KLJUČNE RIJEČI: županijski planovi navodnjavanja, provedba sustava navodnjavanja

IMPLEMENTATION OF IRRIGATION IN THE DANUBE AND LOWER DRAVA RIVER BASIN

SUMMARY: The National Project of Irrigation and Land and Water Management was adopted in 2005 and it defines the framework for implementing irrigation in the Republic of Croatia. It was followed by the development of county irrigation plans, whose objectives were to define irrigation potential in more detail, depending on geographical, hydrological, pedological and agricultural characteristics of an area. The Osijek-Baranja County and parts of the Vukovar-Srijem and Virovitica-Podravina Counties belong to the Danube and Lower Drava river basin. Since agriculture has an important place in the economy of all three counties, there was a high level of interest for irrigation. During 2005 and 2006,

they were among the first to develop county irrigation plans. To date, several irrigation systems have been constructed or rehabilitated, including a series of irrigation projects which are in various stages of implementation. This paper will analyze the implementation of the irrigation system in the area of these three counties, which have both a large potential and need for irrigation. This paper will provide an overview of the implementation development of irrigation in this area in the period between 2005 and 2014 rather than analyze the implementation dynamics. The period of nine years is long enough to summarize the state of irrigation in the area, in particular given the fact that the accession of Croatia to the European Union resulted in changes which provided new financing opportunities for irrigation.

KEY WORDS: county irrigation plans, implementation of the irrigation system

1. UVOD

Provedba navodnjavanja na slivu Dunava i donje Drave započela je među prvima s izradom županijskih planova navodnjavanja. Osječko-baranjska županija donijela je plan navodnjavanja 2005., a Vukovarsko-srijemska i Virovitičko-podravska županija 2006. godine. Samim tim je jasno pokazan interes i uočena potreba za provedbom sustava za navodnjavanje. Učestala pojava suše, a osobito 2003. godina, kao jedna od najsušnijih u posljednjih stotinu godina, bila je dostatan poticaj za razvoj navodnjavanja, kao i mogućnost razvoja poljoprivrede i uvođenja novih kultura. U tim županijama veliki dio površine pripada upravo poljoprivrednom zemljištu. Županijski planovi pokazali su da postoje potrebni preduvjeti za provedbu navodnjavanja. Prirodne karakteristike, pogodnosti kao i potrebe za navodnjavanjem elaborirane su u županijskim planovima, te je u tablici 1 dan kratki pregled karakteristika analiziranih županija i raspoloživi zemljišni potencijal za provedbu navodnjavanja.

Tablica 1. Zemljišni potencijal za provedbu navodnjavanja

	Osječko-baranjska županija	Vukovarsko-srijemska županija	Virovitičko-podravska županija
Površina županije	4147 km^2	2445 km^2	2021 km^2
Poljoprovredna površina (ha)	277 848	163 712	120 286
Udio poljoprivrednih površina u ukupnoj površini županije (%)	67	67	60
Površine pogodne za navodnjavanje (P-1, P-2)	144 000 (52%)	95 613 (58%)	54 403 (45 %)

Obzirom na pedološke karakteristike veliki dio poljoprivrednog zemljišta kategoriziran je kao pogodno tlo za navodnjavanje klase P-1 i P-2 (Tablica 1.) tipičnih karakteristika tala u aluvijalnim nizinama velikih rijeka. Veličine površina pogodnih za navodnjavanje dane su prema sadašnjem stanju pogodnosti i one se primjenom mjera poboljšanja značajno povećavaju kao i troškovi provedbe sustava. Dominiraju automorfna, hidromorfna i hidromeliorirana tla. Ograničenja kod umjereno pogodnih tala (P-2) za navodnjavanje

odnose se na slabu dreniranost i opskrbljenost hranivima što se provedbom hidrotehničkih i agrotehničkih melioracija može poboljšati. Veliki dio površina koje imaju dobru pogodnost za navodnjavanje izdvojen je zbog zaštićenih površina vodocrpilišnih zona zaštite. U Osječko-baranjskoj županiji površine izdvojene iz plana razvoja navodnjavanja iznose oko 100.000 ha, a u Virovitičko-podravskoj oko 28.000 ha (Tadić i drugi, 2007, 2008). Drugi bitan preduvjet je raspoloživost vode dobre kvalitete za primjenu u navodnjavanju. Sve tri županije orijentirale su se dominantno na površinske izvore vode, rijeke Dravu, Dunav, višenamjenski kanal Dunav-Sava, akumulacije, a u manjoj mjeri ostale izvore vode (podzemne vode), što je također sukladno preporukama NAPNAV-a.

Tablica 2. Vodni potencijal za provedbu navodnjavanja

	IZVOR	GODIŠNJI DEFICIT VODE (mm)	KOLIČINA VODE (X 10^6 m^3/god)	
			SADAŠNJE STANJE	BUDUĆE STANJE
Osječko-baranjska županija	Drava, Dunav, akumulacije, podzemne vode	125-357	135	235
Vukovarsko srijemska županija	Dunav, Sava, VKDS, akumulacije, podzemne vode	230-385	135	169
Virovitičko-podravska županija	Drava, akumulacije, retencije, VHS Donji Miholjac, podzemne vode	130-200	146	-

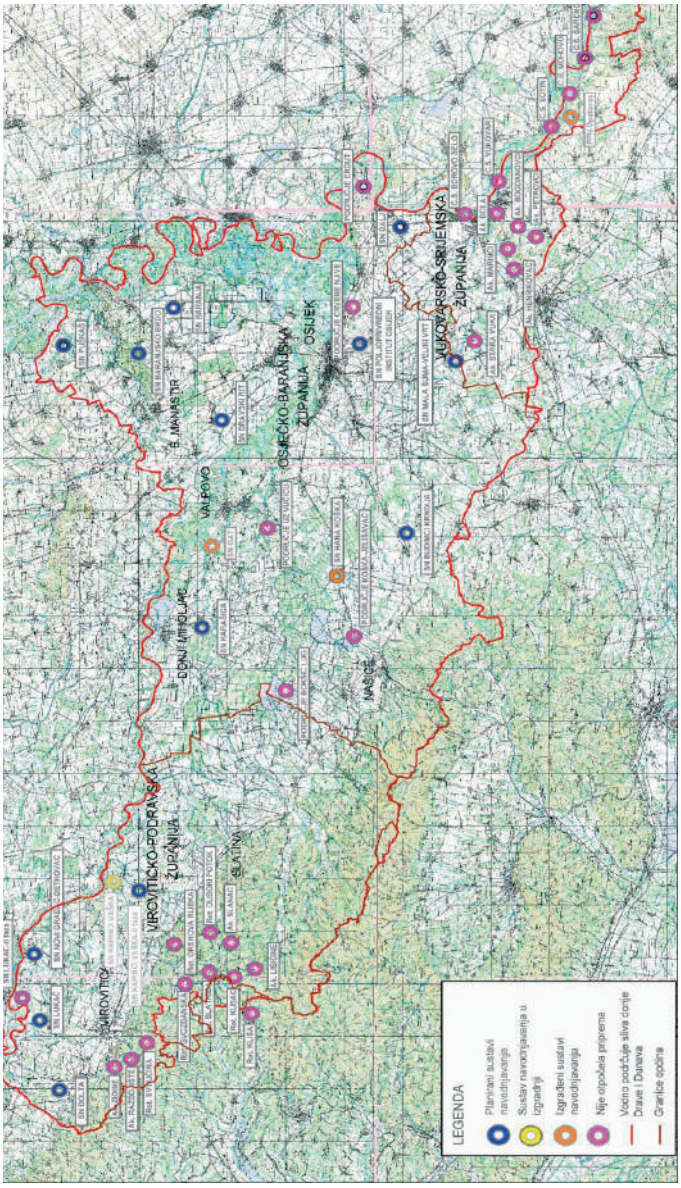
Smatra se da velike rijeke, Drava i Dunav zbog svog glacijalnog režima praktično nemaju ograničenja u korištenju za navodnjavanje. U tablici 2 buduće stanje podrazumijeva mogućnosti korištenja vode nakon provedbe višenamjenskih zahvata na Dravi i višenamjenskog kanala Dunav-Sava (Tadić i drugi, 2006). Osim ovih velikih višenamjenskih sustava planiran je i veći broj manjih na malim slivovima (Baranja, Vuka, Karašica-Vučica, Županijski kanal) (Đuroković i drugi, 2011).

Potreba za navodnjavanjem elaborirana je, ne samo u projektnim dokumentacijama, već i brojnim radovima koji su objavljeni, a bavili su se problemom suše. U posljednjih tridesetak godina prisutni su pozitivni trendovi povećanja temperature zraka u županijama kontinentalne Hrvatske. Količina oborina na godišnjoj razini ne opada, ali se smanjuje od zapada prema istoku. Prema količini oborina i temperaturama zraka sjeveroistočni dio kontinentalne Hrvatske ima potrebu dopunskog navodnjavanja gotovo svake godine za pojedine kulture (Tadić i drugi, 2015). Prema navedenom, nije upitno da potreba i potencijal za provedbu sustava za navodnjavanje postoji.

2. PROVEDBA SUSTAVA NAVODNJAVANJA

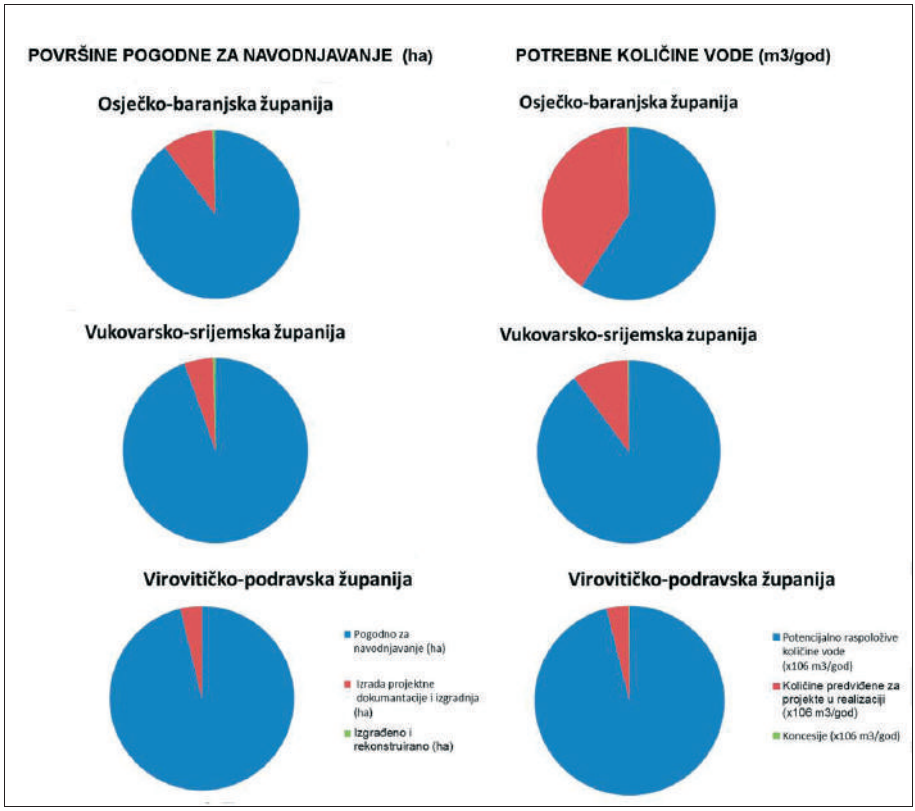
Od 2005. godine do danas na analiziranom području izvedeno je ili rekonstruirano nekoliko sustava za navodnjavanje, a više njih se nalazi u nekoj od faza provedbe. Na slici 1. prikazane su lokacije sustava za navodnjavanje koji su u nekoj fazi provedbe – izradi projektne dokumentacije, u izgradnji ili su izgrađeni. Na slici su prikazani samo veći sustavi, uglavnom veći od 200 ha. Ukupna površina planiranih sustava navodnjavanja

je veća od 22 000 ha, najveći broj sustava se nalazi u Osječko-baranjskoj županiji, (13 lokacija) s ukupnom površinom oko 14.000 ha. Svi sustavi su u skladu prioritetima definiranim u županijskim planovima i provedeni u skladu s preporukama pogodnosti zemljišta za navodnjavanje i korištenje površinskih voda kao osnovnog izvora vode. Bitan element u donošenju odluke o pokretanju projekta navodnjavanja je i zainteresiranost korisnika. Projekti koji su u izgradnji i u fazi izrade glavnog projekta imaju definirane korisnike i njihova zastupljenost mora biti na najmanje 75% površina. Dominiraju srednji i veliki sustavi površina većih od 100 ha.



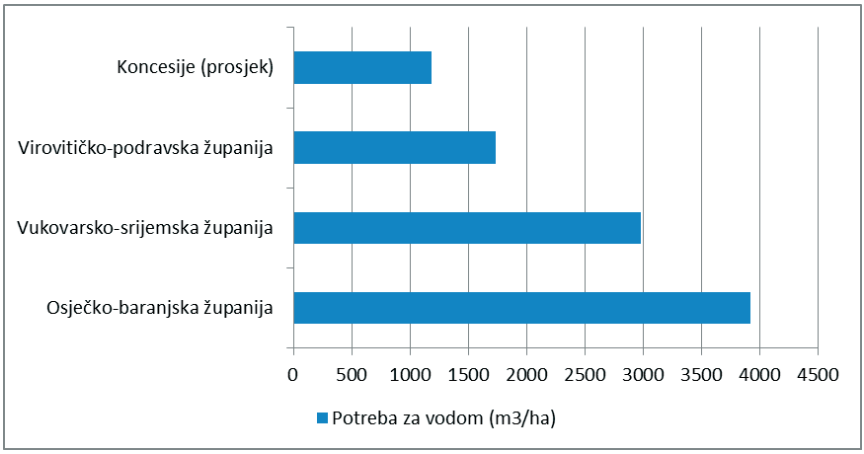
Slika 1. Kartografski prikaz projekata navodnjavanja na analiziranom vodnom području

Dinamika izgradnje sustava navodnjavanja u Hrvatskoj rekapitulirana je prije pet godina (Holjević i drugi, 2011) i nije primarni cilj ovoga rada, ali su na slici 2 prikazani udjeli površina s planiranim navodnjavanjem i planirana potrošnja voda za te planirane sustave, odnosno dijelom i izgrađene sustave. Posebno bi istaknuli koncesije koje su dobivene za najviše 30 godina i ukupnu količinu vode 1,02 milijuna m^3/god (slika 2). Radi se o malim sustavima navodnjavanja na površinama veličine 10-80 ha i zahvaćanjem podzemne vode za uzgoj povrća, ratarskih kultura i voćnjake.



Slika 2. Pregled realizacije sustava navodnjavanja i potreba za vodom

Prema Zakonu o vodama, člancima 13. i 163., vodopravna dozvola izdaje se za površine do 10 ha jednog vlasnika za zahvat vode iz površinskih voda, te do 5 ha jednog vlasnika za zahvat vode iz podzemnih voda, a za sve površine veće od toga izdaju se koncesije (NN 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14). Do kraja 2014. godine na vodnom području Dunava i donje Drave podneseno je više od 1100 zahtjeva za izdavanjem vodopravnih dozvola za korištenje voda za navodnjavanje. Taj podatak ukazuje na mnogo veće površine koje se navodnjavaju, ali i veću potrošnju vode i to s vjerojatno najvećim udjelom podzemne vode. Na slici 2 uočava se disproporcija površina za navodnjavanje i potencijalne potrošnje vode. Razlog tome je razlika u različitim pristupima u proračunima potreba za vodom po jedinici površine što je prikazano na slici 3.



Slika 3. Proračunska potreba za vodom po jedinici površine

Najveća jedinična potreba za vodom je u Osječko-baranjskoj županiji, a najmanja kod malih korisnika (koncesionara). Teško je ocijeniti točnost optimalnosti svakog pojedinog projekta, jesu li neke vrijednosti podcijenjene ili precijenjene jer nema mjerenih podataka.

ZAKLJUČAK

Projekti navodnjavanja jesu složeni hidrotehnički i agronomski zahvati koji traže sustavan pristup stručnjaka različitih struka. Ako se nakon 10 godina od donošenja Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici Hrvatskoj žele rekapitulirati njegova postignuća može se reći da su doneseni županijski planovi koji su zasnovani na njegovim preporukama i zaključcima. Također su se poštivali navedeni prioriteti u pogledu pogodnosti zemljišta i uglavnom su u realizaciju ušle poljoprivredne površine na kojima nisu potrebne veće dodatne mjere poboljšanja zemljišta. Zahvati vode su pretežito iz relativno dostupnih izvora površinskih voda kada se radi o velikim sustavima, dok mali korisnici (koncesionari) uglavnom zahvaćaju podzemne vode. Također postoji velik broj zahtjeva za izdavanjem vodopravnih dozvola koje će značajno povećati udio navodnjavanih površina.

Pokazatelji prezentirani u ovom radu daju presjek provedbe navodnjavanja na relativno maloj površini, dijelu vodnog područja Dunava i donje Drave, ali po udjelu poljoprivrednih površina dominantnom području. Još uvijek je realiziranih projekata vrlo malo i vrijednih praktičnih iskustava nema dovoljno. Stoga se projekti zasnivaju na teorijskim proračunima nedovoljnim za realnu ocjenu potrošnje vode i bilanciranje vode na slivu što za posljedicu ima nerealno velike razlike u potrebama za vodom po pojedinim županijama koje nemaju velike razlike u klimatskim obilježjima. Takve razlike povlače za sobom i velike razlike u investicijskim troškovima, ali i troškovim održavanja. Tu se uočava veliki nedostatak pilot projekata čija je svrha upravo opažanje i optimiziranje potrošnje vode. Pilot projekti imaju i edukacijsku ulogu krajnjih korisnika što također nije realizirano. Navodnjavanje potencijalno može imati dosta negativnih utjecaja na tlo i vode, što je također potrebno utvrditi opažanjima i mjerenjima na terenu (slivu) (Tadić i drugi, 2004, 2009). Dosadašnji projekti vođeni su u okviru županija, što također stvara

probleme u analizi provedbe sustava navodnjavanja koji se nalaze u istoj županiji, ali na različitim slivovima, a posebice za bilanciranje voda. Time se mogućnost integralnog i održivog upravljanja slivom u potpunosti gubi (posebice kada sustavi dođu u funkciju). Pored toga, u tijeku je provedba i drugih bitnih vodnogospodarskih projekata i planova (npr. rizika od poplava) s kojima se planovi navodnjavanja moraju uskladiti. Ulaskom u Europsku uniju otvaraju se nove mogućnosti financiranja sustava za navodnjavanje, ali i stvaranje novih obveza u pogledu zakonske regulative. Kao preduvjet za sufinanciranje izgradnje sustava navodnjavanja sredstvima Europske unije, za sustav mora biti izrađena projektna dokumentacija, ishođene sve dozvole te potpisani ugovori tj. predugovori o priključenju većine krajnjih korisnika. Krajnji korisnici, tj. fizičke i pravne osobe upisane u Upisnik poljoprivrednih gospodarstava imat će mogućnost prijaviti se za ostvarivanje potpore Europske unije za ulaganja u poljoprivredna gospodarstva, između ostaloga i za izgradnju, opremanje novih te poboljšanje postojećih sustava za navodnjavanje.
Stoga se može zaključiti da je vrijeme za novelaciju nacionalne strategije navodnjavanja i redefiniranje kriterija za provedbu navodnjavanja.

LITERATURA

[1] Đuroković, Z., Brezak, S., Sitar, S.,Brnić-Levada, N.(2011): *Višenamjenski sustavi u vodnom gospodarstvu –odgovor na klimatske promjene*, Zbornik 5.hrvatske konferencije o vodama-Hrvatske vode pred izazovom klimatskih promjena, Opatija 18.-21.svibnja, str. 709-717

[2] Holjević, D., Brajković, A., Galiot, M., Marušić, J., Glavaš, B.(2011): *Pet godina realizacije Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama*, Zbornik 5.hrvatske konferencije o vodama-Hrvatske vode pred izazovom klimatskih promjena, Opatija 18.-21.svibnja. str. 815-824

[3] Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama Republike Hrvatske (2005): Agronomski fakultet Zagreb

[4] Plan navodnjavanja za područje Vukovarsko-srijemske županije (2006): Hidrotehnika i geodezija d.o.o., Vinkovci

[5] Plan navodnjavanja područje Osječko-baranjske županije (2005): hidroing d.o.o. OsijekTadić, L., Marušić, J., Tadić, Z. (2004): Sustainable Development of Land Management in Croatia // *Sustainable Use of Land and Water* / Pekarkova, Michaela (ur.). Brno, 2001. 129-138

[6] Tadić, Lidija; Marušić, Josip; Tadić, Zdenko (2006): *Razvoj navodnjavanja iz Višenamjenskog kanala Dunav-Sava*, Koridor Vc kao euroregionalna poveznica na prometnom pravcu Baltik-Srednja Europa-Jadran / Mašek, Anka (ur.).Osijek : Ekonomski fakultet Osijek, 2006. 123-134

[7] Tadić, L., Ožanić, N., Tadić, Z., Karleuša, B., Đuroković, Z.(2007): *Razlike u pristupima izradi planova navodnjavanja na području kontinentalnog i priobalnog dijela Hrvatske*, Hrvatske vode 15 (60), 201-212

[8] Tadić, L. (2008): *Example of integrated use of surface and groundwater resources in irrigation of Croatia* , Journal of Water and Land Development No12, 95-112

[9] Tadić, L., Tadić, Z. (2009): *Impacts of Irrigation on the Environment*, Proceedings of Eleventh international symposium on water management and hydraulic engineering. 1-5 September / Popovska, C, Jovanovski, M. (ur.). – University Ss. Cyril and Methodius, Faculty of Civil Engineering Skopje S, 659-667

[10] Tadić, L., Dadić, T., Bosak, M.(2015): Comparison of different drought assessment methods in continental Croatia, Građevinar 67 (2015), 11-22

[11] Vodnogospodarski plan navodnjavanja na području Virovitičko-podravske županije (2006): Elektroprojekt Zagreb i Agronomski fakultet ZagrebZakon o vodama , NN 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14.

AUTORI

Izv.prof.dr.sc.Lidija Tadić, dipl.ing.građ. [a]
Marko Blagus, dipl.ing.građ. [b]
Sergej Cvetković, dipl.ing.građ. [b]
Tamara Dadić, mag.ing. aedif. [a]
Mišo Čičak,mag.ing.aedif. [b]

[a] Građevinski fakultet Osijek, Crkvena 21, 31 000 Osijek, ltadic@gfos.hr; tamaradadic@gfos.hr

[b] Hrvatske vode VGO Osijek, Splavarska 2a, 31 000 Osijek, marko.blagus@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.37.

UTJECAJI ZAHVATA VODE PLANIRANIH SUSTAVA NAVODNJAVANJA NA REŽIM VODA DRAVE

Mario Bagarić

SAŽETAK: Zahvaćanje vode za potrebe navodnjavanja predstavlja jedan od pritisaka na vodotok koji treba biti razmotren kod procjene utjecaja na hidrološki režim vodotoka i kod izrade plana upravljanja vodnim područjem.

U ovom radu dan je pregled i procjena zahvaćanja za potrebe planiranih sustava navodnjavanja uz rijeku Dravu, utvrđene su neke hidrološke značajke vodotoka, te dana procjena utjecaja zahvaćanja vode na hidrološki režim Drave.

Razmatranjem karakterističnih protoka, krivulja protoka na profilu Donji Miholjac i potreba sustava navodnjavanja ustanovljeno je da planirana zahvaćanja nemaju značajan utjecaj na protoke rijeke Drave. U kritičnom mjesecu srpnju, odnos planiranih količina zahvaćanja za 13 sustava navodnjavanja u slivu i volumena protekle Drave iznosi oko 0,4 %. U srpnju i kolovozu najveće su potrebe za navodnjavanjem poljoprivrednih površina, a Drava ima povoljan hidrološki režim za razvoj i potrebe navodnjavanja.

KLJUČNE RIJEČI: protok, krivulja trajanja protoka, rijeka Drava, navodnjavanje, zahvaćanje vode

WATER ABSTRACTIONS IMPACTS OF PLANNED IRRIGATION SYSTEMS ON THE DRAVA RIVER HYDROLOGICAL REGIME

SUMMARY: The abstraction of water for irrigation is one of the pressures on a watercourse which needs to be considered in assessing impacts on the hydrological regime of the watercourse and in preparing a river basin management plan.

The paper presents and assesses the abstraction of water, needed for the planned irrigation systems along the Drava River, identifies certain hydrological characteristics of the watercourse, and assesses the impacts of water abstractions on the Drava hydrological regime.

By analysing characteristic discharges, flow duration curves at the Donji Miholjac, and the needs of irrigation systems, has been identified that analysed abstractions have no significant impact on the Drava discharges. In the critical month, July, the ratio between the volume of abstraction for the 13 analysed irrigation systems in the basin and the Drava discharge volume is app. 0.4 %. The demand for agricultural land irrigation is the highest

in July and August when the Drava is under a favourable regime (the snow melting in the Alps) for the development of irrigation and its needs.

KEY WORDS: discharge, flow duration curve, Drava River, irrigation, water abstraction

1. UVOD

Na dravskom slivu, do sada su izgrađena 2 sustava navodnjavanja, Gat i Međimurje, jedan je u fazi izgradnje - Sustav navodnjavanja Kapinci-Vaška, a još je 10 sustava je u različitim fazama projektiranja. To su sustavi Prelog-Donji Kraljevec (podsustavi Prelog, Donji Kraljevec, Goričan), Belica, Novi Gradac-Detkovac, Višnjica, Karašica (podsustavi Miholjac-Viljevo, Kapelna, Kitišanci i Miholjački Poreč).

Kako bi se kompletirala tehnička dokumentacija i ostvarili uvjeti za pokretanje postupka ocjene prihvatljivosti zahvata na prirodu, te ishodilo odgovarajuće rješenje o prihvatljivosti zahvata na okoliš, potrebno je prethodno ocijeniti utjecaj zahvata sustava navodnjavanja na vodni režim kako na samoj lokaciji zahvata, tako i u širem području, a uzimajući kumulativni utjecaj zahvaćanja voda u slivu. U skladu s time, u Hrvatskim vodama je 2013. godine izrađena Studija utjecaja zahvata planiranih sustava navodnjavanja na režim voda Drave *(M. Bagarić, 2013.)* i ovaj članak predstavlja sažetak te opsežne studije.

U svrhu usporedbe protoka Drave sa ukupnim potrebama sustava navodnjavanja posebno su analizirani podaci sa profila Donji Miholjac. Utvrđene su karakteristike protoka rijeke Drave, prosječni i minimalni godišnji i mjesečni protoci, određene mjesečne i godišnje krivulje trajanja.

U studiji je dana usporedba protoka na rijeci Dravi i zbroja planiranih zahvaćanja 13 sustava navodnjavanja uz rijeku Dravu. Također je dana usporedba protoka Drave uzvodno od ušća Mure sa sumom potrebne vode na sustavima navodnjavanja uz Dravu uzvodno od Mure, te je u zaključku procijenjen kumulativni utjecaj na režim voda Drave.

2. ANALIZA PROTOKA DRAVE

2.1. Protoci na vodotocima u slivu Drave u Hrvatskoj

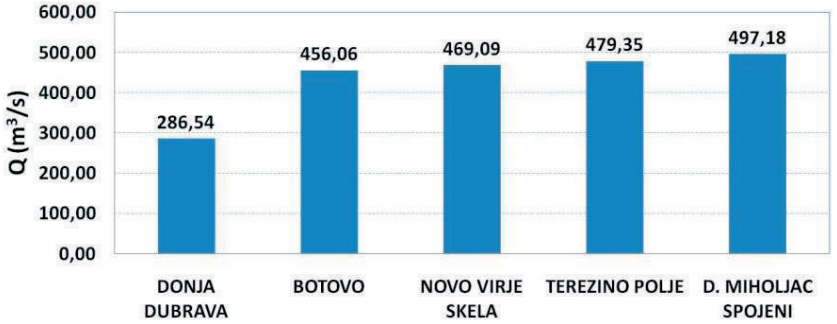
Za potrebe studije (M. Bagarić, 2013.), obrađeno je 17 vodomjernih postaja u slivu Drave. S navedenih postaja, preuzeti su podaci od DHMZ-a (HIS-2000) o srednjim dnevnim protocima za razdoblje od 1961. do 2011 godine. Potrebno je još napomenuti da su na Dravi u Hrvatskoj izgrađene su 3 hidroelektrane: HE Varaždin (1975.), HE Čakovec (1982.) i HE Dubrava (1989.). Analizirano je i razdoblje 1961.-2011., ali za sve usporedbe s količinama zahvaćanja odabrano je razdoblje 1992.-2011. (20 godina), nakon izgradnje hidroelektrana. Slika 1. prikazuje lokacije analiziranih sustava za navodnjavanje na slivu Drave.



Slika 1. Situacija sustava navodnjavanja u dravskom slivu

2.2. Karakteristični protoci na vodomjernim stanicama sliva Drave

Ukupno je obrađeno oko 175000 podataka o srednjem dnevnom protoku za dostupne podatke u razdoblju od 1961-2011., te je dan poseban osvrt na razdoblje 1992-2011 godine.



Slika 2. Usporedba srednjih protoka duž rijeke Drave za razdoblje obrade 1992-2011

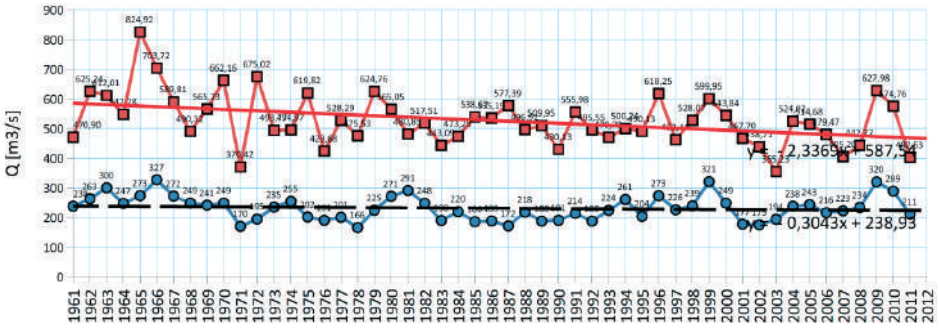
Na Slici 2. prikazan je srednji protok razdoblja 1992.-2011. za vodomjerne postaje D.Miholjac-spojeni (497,18 m^3/s), Terezino Polje (479,35 m^3/s), Novo Virje skela (469,09 m^3/s), Botovo (456,06 m^3/s), Donja Dubrava (286,54 m^3/s). Srednji protok Mure na postaji Goričan u istom razdoblju iznosi 164,97 m^3/s.

2.2.1. Karakteristični protoci na vodomjernoj postaji Drava, D.Miholjac-spojeni

Za reprezentativnu vodomjernu postaju na kojoj je ispitan kumulativni utjecaj zahvata planiranih sustava navodnjavanja odabrana je postaja D.Miholjac-spojeni na Dravi, s obzirom na položaj planiranih sustava navodnjavanja. Minimalni protoci u razdoblju 1992.-2011.na stanici D.Miholjac iznose 175 m^3/s, a srednji protok 497,18 m^3/s.

2.2.2. Srednji i minimalni godišnji protoci na vodomjernoj postaji Drava, D.Miholjac-spojeni

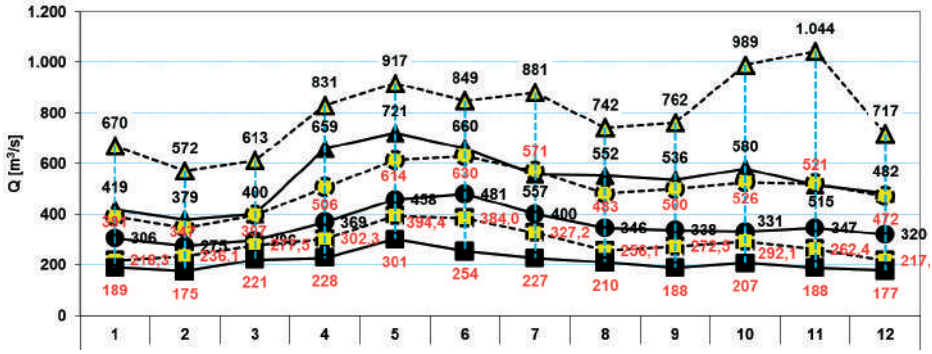
Na Slici 3., prikazan je hod srednjih godišnjih protoka u razdoblju 1961.-2011., s trendom, gdje je primjetan pad srednjih godišnjih protoka u ovom razdoblju. Na Slici 3. je također prikazan hod minimalnih godišnjih protoka s trendom.



Slika 3. D.Miholjac- spojeni, srednji i minimalni godišnji protoci, 1961.-2011. s trendovima

2.2.3. Prosječni i minimalni mjesečni protoci na vodomjernoj postaji Drava, D.Miholjac-spojeni

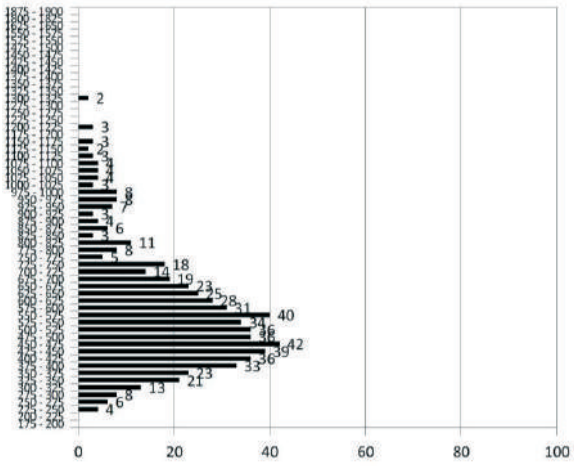
U Tablici 1. i na Slici 4. prikazani su karakteristični srednji mjesečni i karakteristični minimalni mjesečni protoci za razdoblje 1992.-2011. Crtkano su prikazani srednji mjesečni protoci (minimalni mjesečni srednjak, srednji, maksimalni mjesečni srednjak), a punim linijama prikazani su minimalni mjesečni protoci (minimalni, srednji i najveći minimalni).



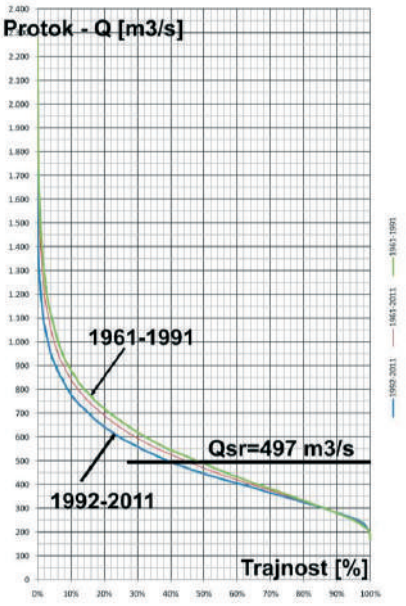
Slika 4. Dijagram karakterističnih srednjih-Qsr(crtkano) i minimalnih-Qmin(puna linija) mjesečnih protoka
D. Miholjac spojeni - razdoblje 1992.-2011.

2.2.4. Učestalost i krivulja trajanja protoka za vodomjernu postaju D. Miholjac

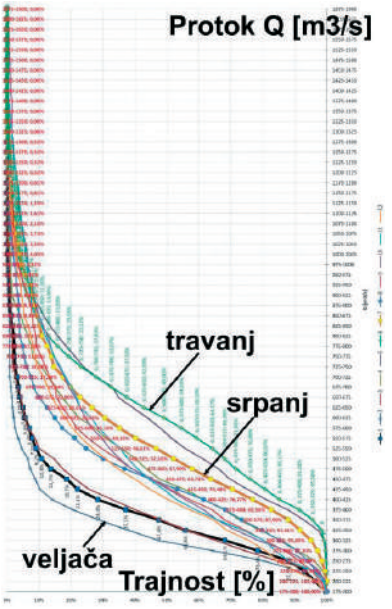
Na Slici 5. grafički je prikazana učestalost protoka za mjesec srpanj. Slika prikazuje broj dana pojave protoka u pojedinom razredu u razdoblju od 20 godina (1992.-2011.). Iz toga se može zaključiti da je samo 18 srpanjskih dana u razdoblju 1992.-2011. protok bio manji od 300 m^3/s (2,9%).



Slika 5 : Učestalosti protoka rijeke Drave za srpanj (D.Miholjac spojeni, 1992.-2011.)



Slika 6 : Krivulje trajanja protoka, D.Miholjac za razdoblja 1992.-2011., 1961.-2011., 1961.-1991.

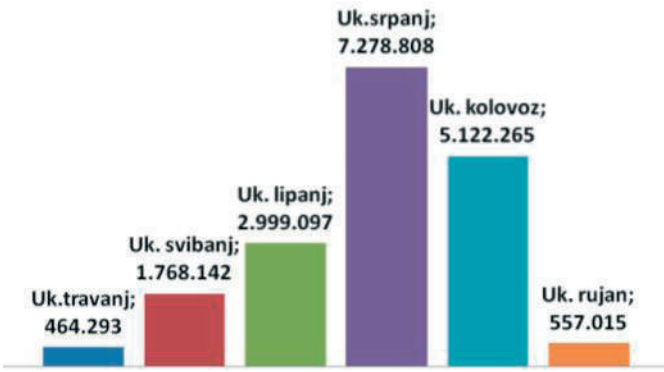


Slika 7 : Mjesečne krivulje trajanja protoka, D. Miholjac,za razdoblje1992.-2011.

Na Slici 6. prikazane su 3 krivulje trajanja za razdoblja 1961.-1991., 1961.-2011. i 1992.-2011. Na razini cijele godine, 90% trajanja protoka je veće od $Q_{90\%\ godina}$=281 m^3/s (razdoblje analize 1992.-2011.).
Na Slici 7. prikazane su mjesečne krivulje trajanja protoka na v.p. D.Miholjac. Za razdoblje 1961-1991. karakteristične vrijednosti trajanja protoka za mjesec srpanj iznose: $Q_{95\%}$=325 m^3/s; $Q_{90\%}$=358 m^3/s; $Q_{75\%}$=430 m^3/s; $Q_{50\%}$=533 m^3/s; $Q_{25\%}$=659 m^3/s; $Q_{10\%}$=862 m^3/s; $Q_{5\%}$=989 m^3/s. Samo u 3% dana u srpnju, protok je manji od 300 m^3/s.

3. POTREBE ZA VODOM NA PLANIRANIM SUSTAVIMA NAVODNJAVANJA

Podaci o planiranoj mjesečnoj potrošnji pojedinih sustava navodnjavanja preuzeti su iz projektne dokumentacije. U idejnim projektima su bilanciranjem utvrđene potrebe pojedinog sustava za vodom, uvažavajući pretpostavljenu strukturu poljoprivredne proizvodnje, klimatske uvjete (oborina, osunčanje, temperatura zraka), pogodnost tla za navodnjavanje. Lokacija razmatranih sustava navodnjavanja prikazana su na slici 1. Mjesečna potreba svih sustava zajedno dana je na Slici 8. Predinvesticijska studija SN Belica izrađena je 2014. godine, i u njoj je dana prednost varijanti navodnjavanja iz podzemne vode u odnosu na varijantu zahvata iz Drave. Za studijske potrebe je ipak obrađena u ovoj analizi jer je zahvat iz Drave bio jedna od varijanti.
U ovoj analizi razmatrano je 13 sustava (izgrađenih i planiranih) u okviru projekta NAPNAV koji zahvaćaju vodu iz rijeke Drave sa sljedećim potrebama u sušnoj godini (milijuna m^3): Izgrađeni: Gat (0,84) i Međimurje (0,45); Planirani: Belica (0,88); Prelog-Donji Kraljevec - podsustavi Prelog (0,56), Donji Kraljevec (1,28), Goričan (0,59); Novi Gradac-Detkovac (2,08); Kapinci-Vaška (3,04); Višnjica (1,81); Karašica - podsustavi Kapelna (1,83), Kitišanci (1,74), Miholjac-Viljevo (1,87), Miholjački Poreč (1,21). Prikazani podaci o potrebama vode dobiveni su uz pretpostavke da se planirane potrošnje odnose na sušnu godinu 75% vjerojatnosti pojave, a priključenje korisnika na sustav je 100%.



Slika 8 : Mjesečna potreba u sušnoj godini (Fa=75%), zbrojno 13 sustava (m^3)

Zbrojene mjesečne ukupne potrebe za vodom u sušnoj godini, vjerojatnosti pojave 75%, svih 13 sustava iznose za travanj 464.293 m^3, svibanj 1.768.142 m^3, lipanj 2.999.097m^3, srpanj 7.278.808m^3, kolovoz 5.122.265m^3, a rujan 557.015m^3 što je prikazano na slici 8. Ukupna godišnja potreba na svih 13 razmatranih sustava iznosi 18.189.623 m^3.

4. USPOREDBA PROTOKA NA DRAVI S PLANIRANIM ZAHVAĆANJIMA

Usporedba kumulativnog utjecaja zahvata vode 13 sustava navodnjavanja na Dravi i protoka Drave je izvršena na vodomjernoj stanici D. Miholjac-spojeni. Stanica D.Miholjac-spojeni je jedna od najnizvodnijih stanica na Dravi na kojoj se sustavno i kontinuirano mjere protoci. Odabrano razdoblje analize je od 1992. do 2011. (20 godina). Hidrološka analiza izrađena je na temelju srednjih dnevnih vrijednosti protoka u razdoblju 1992-2011. Potrebe za vodom pojedinog sustava uvrštene su u analizu uz pretpostavku 100% priključenosti korisnika na sustav navodnjavanja i potrebe u sušnoj godini (Fa=75%).

Tablica 1. Karakteristični mjesečni protoci [m^3/s] Donji Miholjac, za razdoblje 1992-2011, količine [mil.m^3], potrebe [m^3], odnos

m^3/s	Mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
QSr	**Sred (QSr)**	**391,1**	347,0	396,7	506,3	613,8	**629,9**	**570,7**	**482,8**	500,4	**526,1**	**521,5**	**471,9**
	Min (QSr)	218,3	236,1	277,5	302,3	394,4	384,0	327,2	256,1	272,5	292,1	262,4	217,8
	Max (QSr)	669,7	572,0	613,2	830,6	917,3	848,5	881,5	742,0	761,6	989,4	1043,6	717,3
QMin	**Sred (Qmin)**	**305,6**	274,6	296,4	369,3	458,2	**480,7**	**400,1**	**345,5**	337,5	**331,3**	**346,6**	**320,3**
	Min (Qmin)	189,0	175,0	221,0	228,0	301,0	**254,0**	**227,0**	**210,0**	188,0	207,0	188,0	177,0
	Max (Qmin)	419,0	379,0	400,0	659,0	721,0	660,0	557,0	552,0	536,0	580,0	515,0	482,0

$10^6 * m^3$	Mjesec	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
VolSr	**Sred (QSr)**	1.048	839	1.063	1.312	1.644	**1.633**	**1.529**	**1.293**	1.297	1.409	1.352	1.264
	Min (QSr)	585	571	743	784	1.056	995	876	686	706	782	680	583
	Max (QSr)	1.794	1.384	1.642	2.153	2.457	2.199	2.361	1.987	1.974	2.650	2.705	1.921

Mjesec	4	5	6	7	8	9
13 sustava - mjesečna potreba [m^3]	**464.294**	**1.768.142**	**2.999.097**	**7.278.808**	**5.122.266**	**557.015**
Uk. mjesečna potreba [m^3] / Sred (QSr) [m^3] =	0,00035	0,00108	0,00184	0,00476	0,00396	0,00043

Prosječni godišnji protok Drave u razdoblju 1992-2011, na postaji sa D.Miholjac-spojeni iznosi 497,18 m^3/s, što je ukupno godišnji protekli volumen od 15.679.068.480 m^3. Ukupni zbroj godišnjih potreba vode (planiranih količina zahvaćanja) svih 13 razmatranih sustava navodnjavanja u sušnoj godini (Fa=75%) iznosi 18.189.623 m^3.

Odnos planiranih količina zahvaćanja u sušnoj godini u razdoblju travanj-rujan ($18,2x10^6m^3$) i prosječnog proteklog volumena Drave u razdoblju travanj-rujan ($8,7x10^9m^3$) iznosi 0,00209 (2,09‰).

Prosječni protok Drave u srpnju u razdoblju 1992-2011, na postaji sa D.Miholjac spojeni iznosi 570,7 m^3/s, što je ukupni mjesečni protekli volumen od 1.528.562.880m^3. Ukupni zbroj potreba vode u srpnju (zahvaćenih količina) svih 13 razmatranih sustava navodnjavanja u sušnoj godini (Fa=75%) iznosi 7.278.808 m^3. Odnos potrebnih količina u srpnju (sušna godina) [m^3] i prosječnog proteklog volumena Drave u srpnju [m^3] iznosi 0,00476 (4,77‰), za travanj iznosi 0,00035 (0,35‰), svibanj 0,00108 (1,08‰), lipanj 0,00184 (1,84‰), kolovoz 0,00396 (3,96‰), rujan 0,00035 (0,35‰), kako je prikazano i u Tablici 1.

4.1. Usporedba ukupnih količina [m^3] na vodomjernoj stanici Donja Dubrava sa ukupnom planiranim zahvaćanjem na sustavima navodnjavanja Međimurje, Prelog-Donji Kraljevec, Belica u sušnoj godini [m^3]

Odnos planiranih količina zahvaćanja u sušnoj godini u razdoblju travanj - rujan ($3{,}76x10^6 m^3$) i prosječnog proteklog volumena Drave u razdoblju travanj - rujan ($4{,}88x10^9 m^3$) [m^3] iznosi 0,00077 (0,77‰).
Odnos ukupne mjesečne potrebe u srpnju, u sušnoj godini - 1.510.897 m^3 (Belica 0,35 mil. m^3, Prelog-Donji Kraljevec 0,96 mil. m^3, Međimurje 0,2 mil. m^3) i srednje mjesečne količine u srpnju protekle Dravom na profilu Donja Dubrava V=872 mil. m^3 ($Q_{sr\ srpanj}$ = 325,6 m^3/s; 1992-2011), iznosi 0,00173 (1,73‰).

ZAKLJUČAK

Za razdoblje od 50 godina (1961-2011.) primjetan je trend smanjenja srednjih godišnjih protoka Drave. Minimalni protoci za razdoblje 1961-2011 su u blagom padu. Razmatrajući posebno promjene srednjih godišnjih protoka, i dalje postoji potreba za dugoročnim provođenjem monitoringa i provjerom vodnosti Drave.

Usporedbe:

1. Odnos planiranih količina zahvaćanja u sušnoj godini u razdoblju travanj-rujan i prosječnog proteklog volumena Drave u razdoblju travanj-rujan iznosi **0,00209 (2,09‰).**
2. Odnos ukupne potrebe u mjesecu srpnju (sušna godina) i prosječne količine na profilu Donji Miholjac u mjesecu srpnju, iznosi **0,00476 (4,76 ‰).**
3. Odnos ukupne potrebe [m^3] u mjesecu srpnju (sušna godina) i proteklog volumena [m^3] Drave za protok 90% trajanja u srpnju ($Q_{90\%\ srpanj}$=358 m^3/s), na profilu Donji Miholjac iznosi 0,0076 (7,6 ‰).

Iz navedenih usporedbi, može se zaključiti da utjecaj zahvaćanja vode promatranih sustava navodnjavanja na hidrološki režim Drave **nije značajan.**
Utjecaj zahvata vode sustava navodnjavanja Međimurje, Prelog-Donji Kraljevec i Belica na režim Drave na profilu Donja Dubrava također je mali. Odnos ukupne mjesečne potrebe u srpnju, u sušnoj godini i srednje mjesečne količine u srpnju protekle Dravom na profilu Donja Dubrava iznosi 0,00173 (1,73‰).
Može se također procijeniti da će, u praksi, prosječne potrebe sustava navodnjavanja biti za oko trećinu niže od potreba u sušnoj godini prikazanih u ovoj studiji. Također, realno je za očekivati da će priključenost na sustav navodnjavanja biti bitno manja od pretpostavke 100%, i da će stvarna potreba biti također manja, a time i utjecaj na režim Drave.
Analizom karakterističnih mjesečnih protoka jasno se uočava glacijalni karakter rijeke Drave i njena velika vodnost za vrijeme topljenja snijega u Alpama. U srpnju i kolovozu, najveće su potrebe za navodnjavanjem poljoprivrednih površina, tako da Drava ima povoljan hidrološki režim za razvoj i potrebe navodnjavanja.

LITERATURA

[1] Elektroprojekt, (2003): Plan navodnjavanja Međimurske županije

[2] Elektroprojekt, (2006): Vodnogospodarski plan navodnjavanja za područje Virovitičko-podravske županije,

[3] Elektroprojekt, (2007): Sustav navodnjavanja Kapinci-Vaška, Idejni projekt

[4] Elektroprojekt, (2009): Sustav navodnjavanja Novi Gradec-Detkovac, Idejni projekt

[5] Elektroprojekt, (2012): Sustav navodnjavanja Prelog-Donji Kraljevec, Idejni projekt

[6] Elektroprojekt, (2012): Sustav navodnjavanja Miholjac-Viljevo, Idejni projekti Kapelna, Kitišanci

[7] Hidroing, (2005): Plan navodnjavanja područja Osječko-baranjske županije,

[8] Hidroing, (2006): Pilot projekt navodnjavanja 500 ha na području Belišća - lokacija Gat, stručna podloga za ishođenje lokacijske dozvole,

[9] Hrvatske vode, (2012): Plan upravljanja vodnim područjima - Nacrt 2,

[10] Hrvatske vode, Bagarić M. (2013): Studija utjecaja zahvata planiranih sustava navodnjavanja na režim voda Drave,

[11] IGH, (2006): Idejni projekt navodnjavanja pilot područja u Međimurskoj županiji

AUTOR

Mario Bagarić, dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb 10000, Hrvatska, mario.bagaric@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.38.

HIDRAULIČKA ANALIZA NAVODNJAVANJA BIĐ-BOSUTSKOG POLJA

Enes Obarčanin, Berislav Brkić, Mijo Vranješ, Marinko Galiot

SAŽETAK: Predmet razmatranja u ovom radu je osiguranje dostatnih količina vode za navodnjavanje sustava na području Biđ-bosutskog polja (BBP) na ukupno 4.756 ha. Zadatak je definirati tehničke mjere nadogradnje postojećeg sustava odvodnje, a nakon izgradnje Melioracijskog kanala (MK BBP) s dovodom potrebnih količina vode za navodnjavanje iz rijeke Save. Planirani sustavi za navodnjavanje predviđaju zahvat vode iz vodotoka ili kanala koji će biti neposredno pod utjecajem uspora vode u MK BBP i u glavnim vodotocima Bosutu, Biđu i Spačvi. U tu svrhu izrađen je 1D matematički model nestacionarnog tečenja u vodotocima utjecajnog područja. Na uspostavljenom matematičkom modelu razmatrani su scenariji dovoda vode u područje BBP, uz analizu varijanti provedbe tehničkih mjera nadogradnje postojećeg sustava odvodnje. Nakon što je odabran najprihvatljiviji scenarij dovoda vode s potrebnim tehničkim mjerama nadogradnje postojećeg sustava analiziran je i utjecaj postavljenog ekološkog prihvatljivog protoka u rijeci Savi na deficit vode za navodnjavanje. Ovako uspostavljeni matematički model postao je alat koji će biti moguće koristiti i pri daljnjim analizama razvoja navodnjavanja na području BBP, a isto tako i u praćenju funkcioniranja sustava u realnom vremenu.

KLJUČNE RIJEČI: hidraulički model, Biđ-bosutsko polje, navodnjavanje

HYDRAULIC ANALYSIS OF THE BIĐ-BOSUT FIELD IRRIGATION

SUMMARY: This paper deals considers the manner in which the provision of a sufficient amount of water for irrigation systems in the area Biđ-Bosut field (total surface of 4.756 ha) can be achieved. The task was to define technical measures for upgrade of the existing drainage system and, after the construction of the Irrigation Channel, the supply of necessary water quantities from the Sava River. The planned irrigation systems anticipate water intake from streams or channels that will be directly affected by water accumulation in the Irrigation channel and main watercourses (Bosut, Biđ and Spačva). For this purpose, a 1D mathematical model for unsteady flow in the open watercourses of the impact area was developed. The model was used for considerations of scenarios of water supply to the Biđ-Bosut field, which also included the analysis of implementation of technical measures for the upgrade of the existing system. After selection of the most suitable scenario

for water supply, together with necessary technical measures for the existing system upgrade, the impact of the set value for ecologically acceptable flow in the Sava River on the irrigation water deficit was analyzed. The developed mathematical model has become a tool which can be used in further analyses of irrigation development in this area and in the monitoring of the system operation in real time.

KEY WORDS: hydraulic model, Bid-bosut field, irrigation

1. UVOD

Bid-bosutsko polje (BBP),veličine 3.415 km^2 geomorfološki pripada Panonskoj nizini, te se većim dijelom nalazi u Republici Hrvatskoj (83%), a manjim dijelom u Republici Srbiji (17%). U navedenu ukupnu slivnu površnu je uključen i sliv Zapadnog lateralnog kanala na kojeg otpada oko 13%, a koji se u cijelosti nalazi u RH. Područje razmatrano u ovom radu omeđeno je sa zapada Zapadnim lateralnim kanalom, sa istoka granicom s Republikom Srbijom, sa sjevera vododijelnicom sliva Vuke, a sa južne strane rijekom Savom.

BBP je područje vrlo intenzivne poljoprivredne proizvodnje. Na ovom je području vrlo rano započeo proces uređenja zemljišta, i to kroz obranu od velikih voda rijeke Save i kroz zaštitu od vanjskih voda sa brdskog sliva. Prema rezultatima dosadašnjih analiza na području BBP moguće je navodnjavati oko 2.000 ha u postojećem stanju bez dovoda dodatnih količina vode iz vanjskih izvora (Brkić, 2010). Kratkoročni plan razvoja navodnjavanja predviđa ukupnu pokrivenost površine od 4.756 ha. Povećanje navodnjavanih površina područja BBP moguće je realizirati isključivo dovođenjem vode iz vanjskih izvora. U ovom slučaju to je voda iz rijeke Save koja će se dovoditi preko Melioracijskog kanala (MK BBP).

Osnovni cilj ovog rada je prikaz 1D hidrauličkog modela nestacionarnog tečenja vodotoka područja BBP u uvjetima razvoja navodnjavanja, a nakon izgradnje MK BBP. Na matematičkom modelu analizirani su scenariji dovoda vode uz varijante provedbe tehničkih mjera nadogradnje postojećeg sustava odvodnje. Za svaku od razmatranih varijanti utvrđena je maksimalna navodnjavana površina, te je analizirano i funkcioniranje sustava u realnim uvjetima izgradnje kratkoročnog plana. S aspekta navodnjavanja odabran je najprihvatljiviji scenarij razvoja razmatranog sustava uz potrebne tehničke mjere nadogradnje sustava. Zatim je za odabrani scenariji provedena analiza zahvata vode na rijeci Savi u pogledu deficita vode s obzirom na postavljeni ekološki prihvatljivi protok.

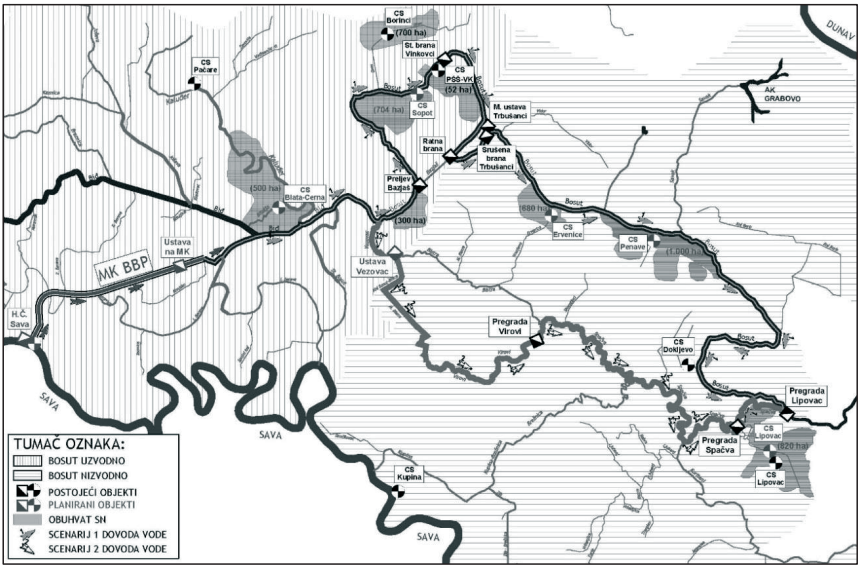
2. IDENTIFIKACIJA-POSTOJEĆE I PLANIRANO STANJE

U postojećem stanju na području BBP izgrađen je niz objekata koji sudjeluju u odvodnji. Ključni problem u odvodnji BBP je velika dužina Bosuta i Biđa, te njihov mali uzdužni pad. Iz topografskih razloga sva odvodnja je usmjerena od rijeke Save prema Biđu i Bosutu, jer ne postoje nikakve mogućnosti trajne gravitacijske odvodnje kraćim tokovima. Obrana od velikih savskih voda izvršena je izgradnjom savskog nasipa na lijevoj obali i izgradnjom crpne stanice i ustave na ušću Bosuta u Savu (Republika Srbija). Odvodnja brdskog područja BBP riješena je izgradnjom Zapadnog lateralnog kanala. Kod sela Oprisavci voda se iz Zapadnog lateralnog kanala gravitacijski upušta u Savu. Objekti

unutar područja BBP koji reguliraju vodni režim nizvodnog dijela sliva Bosuta u RH su: pregrade Lipovac, Spačva i Virovi. Za regulaciju vodnog režima uzvodnog dijela Bosuta ključan je hidrotehnički čvor Trbušanci, kojeg čine Mala ustava Trbušanci, Ratna brana i preljev s prokopom Bazjaš.

S obzirom na funkcioniranje navodnjavanja u postojećem stanju, ono je moguće sukladno raspoloživim količinama vode s vlastitog sliva i prilagodljivosti postojećih hidrotehničkih objekata. Za potrebe navodnjavanja u postojećem stanju na preljevu Bazjaš sezonski se povisuje kruna preljeva (kota 79,91 m n.m.) za oko 40 cm. Na taj način se u koritu Bosuta uzvodno privremeno akumulira dodatni stupac vode za navodnjavanje. Pri tome se uzima da minimalni dopušteni vodostaj Bosuta na području grada Vinkovaca, iznosi 79,50 m n.m. Regulaciju vodnog režima nizvodnog Bosuta vrši pregrada Lipovac s kotom krune 77,50 m n.m. i pregrada Spačva s kotom krune 78,00 m n.m. Najniža dopuštena razina vode na području šuma Spačvanskog bazena je 77,50 m n.m. Na području Bosuta nizvodno u postojećem stanju nisu osigurani uvjeti za razvoj sustava za navodnjavanje.

Danas je u tijeku izgradnja Melioracijskog kanala BBP, čija je osnovna funkcija oplemenjivanje malih voda na području BBP. Za dovod vode na područje BBP iz rijeke Save predviđena je izgradnja ustave i crpne stanice. Projektirani kapacitet ustave iznosi 40 m^3/s, a crpne stanice 10 m^3/s. Za potrebe osiguranja dostatnih količina vode za navodnjavanje kratkoročnog plana u crpnoj stanici biti će ugrađena oprema kapaciteta 5 m^3/s, a na ustavi će funkcionirati samo jedno polje kapaciteta 10 m^3/s za gravitacijski dovod vode. Dovod vode za navodnjavanje iz MK biti će moguć za dva scenarija: (a) dovod vode isključivo koritom rijeke Bosut, (b) dovod vode koritom Bosuta samo na uzvodno područje, dok se voda u nizvodno područje dovodi preko planirane ustave Vezovac. U postojećem stanju navodnjava se 1.052 ha, i to isključivo na području Bosuta uzvodno. Kratkoročnim planom razvoja sustava navodnjavanja BBP predviđena je izgradnja pet novih sustava za navodnjavanje na ukupnoj površini od 3.704 ha. Sva tehnička rješenja planiranih sustava za navodnjavanje predviđaju zahvat vode crpnom stanicom i distribuciju zatvorenim sustavom tlačnih cjevovoda. Slika 1 prikazuje situaciju postojećih i planiranih hidrotehničkih građevina i sustava za navodnjavanje na području BBP nakon izgradnje MK, također prikazani su i smjerovi toka vode za dva moguća scenarija dovoda vode.



Slika 1.Situacijski prikaz postojećeg i planiranog stanja područja BBP

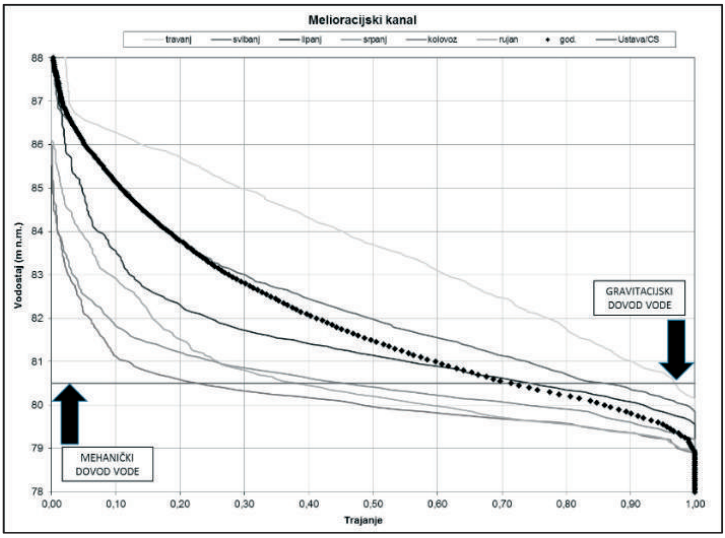
3. HIDROLOŠKE ANALIZE

Za definiranje karakterističnih vodnih nivoa Save na lokaciji zahvata MK BBP analizirani su vodostaji 26 godišnjeg razdoblja (1987.-2012.) Za analizu raspoloživih količina vode koje je moguće zahvatiti MK BBP mjerodavni su protoci na postaji Slavonski Brod. Na vodotocima koji pripadaju slivu Bosuta postoji niz hidroloških postaja na kojima se mjere samo vodostaji. Zbog malih brzina tečenja jedina postaja na kojoj se iskazuju protoci u slivu Bosuta je Vrpolje na Biđu. Podaci sa ove postaje korišteni su za procjenu dotoka sa vlastitog sliva. Svi potrebni podaci prikupljeni su iz baze hidroloških podataka Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske, HIS2000 i baze podataka Hrvatskih voda. Sve visinske kote (m n.m.) referirane su u odnosu na razinu mora u Tršćanskoj nuli.

3.1. Obrada vodostaja

Dnevni vodostaji Save na lokaciji zahvata MK BBP proračunati su preko dopunjenih i kompletiranih nizova dnevnih vodostaja na postaji Slavonski Šamac. Za razine vode iznad kote 80,50 m n.n. (uvjetovano razinom vode u Bosutu uzvodno) moguće je gravitacijsko upuštanje vode u MK BBP, dok je pri nižim vodostajima potrebno mehaničko zahvaćanje vode.

Slika 3 prikazuje trajanje dnevnih vodostaja Save na lokaciji zahvata MK BBP. Dnevnih vodostaja koji su iznad kote 80,50 m n.m. u travnju je 96,8%, u svibnju 86,0%, u lipnju 74,4%, u srpnju 45,4%, u rujnu 38,1%, dok je najkritičniji kolovoz s 22,7%. Obradom dnevnih vodostaja Save na lokaciji zahvata MK BBP utvrđena su razdoblja tijekom vegetacijskog razdoblja (travanj-rujan) kada je bilo potrebno mehaničko zahvaćanje vode.



Slika 2.Trajanje dnevnih vodostaja Save na lokaciji zahvata MK BBP

3.2. Obrada protoka

Obradom dnevnih protoka Save na postaji Slavonski Brod utvrđena su razdoblja deficita vode za navodnjavanje, obzirom na odabranu vrijednost ekološki prihvatljivog protoka (Qepp): (a) 180 m^3/s definiran kao 80% protoka 95% trajanja), (b) 215 m^3/s definiran kao protok 95% trajanja i (c) 234 m^3/s što je zahtjev iz Studije utjecaja na okoliš VKDS (Mišetić, 2009). Deficit vode najučestaliji je tokom kolovoza i rujna. U razmatranom razdoblju od 1987. do 2012. godine deficit vode pojavio se u 6 godina pri Qepp=180 m^3/s, u 13 godina pri Qepp=215 m^3/s, odnosno u 16 godina pri Qepp=234 m^3/s.

Najdulji deficit vode pojavio se 2003. godine, pri Qepp=180 m^3/s trajao bi 25 dana i uzrokovao manjak od 19% godišnjih potreba, pri Qepp=215 m^3/s trajao bi 62 dana i uzrokovao manjak od 41% godišnjih potreba, a pri Qepp=234 m^3/s trajao bi 86 dana i uzrokovao manjak od 57% godišnjih potreba.

Statističkim obradama utvrđena je vjerojatnost pojave deficita vode tokom vegetacijskog razdoblja. Tako bi za 80% vjerojatnosti prekoračenja pri Qepp od 180 m^3/s deficit vode trajao 4 dana što odgovara godišnjem manjku vode 0,7 mil m^3, pri Qepp od 215 m^3/s deficit vode trajao bi 29 dana što odgovara godišnjem manjku vode 5,2 mil m^3, a pri Qepp od 234 m^3/s deficit vode trajao bi 40 dana što odgovara godišnjem manjku vode 7,2 mil m^3.

Na ukupno devet profila u slivu Bosuta proračunat je srednji godišnji protok metodom Srebrenovića. Prema odnosu proračunatog srednjeg godišnjeg protoka i slivne površine dobiven je izraz prema kojem je moguće proračunati protok u bilo kojem profilu vodotoka BBP za koji je poznata njegova slivna površina. Tablica 1 prikazuje srednje mjesečne protoke na postajama rijeke Save i profilima vodotoka sliva BBP. Srednji mjesečni protoci na rijeci Savi najveći su u travnju, a najniži u kolovozu. Dok su protoci na profilima vodotoka BBP najveći u prosincu i siječnju, a najmanji u razdoblju od kolovoza do listopada.

Tablica 1. Srednji mjesečni i godišnji protoci na analiziranim postajama i profilima

	Br.	Vodotok	Postaja/Profil	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Sr. god.
Mjereni podaci	1	Sava	Sl. Brod	1.180	1.031	1.179	1.419	1.000	733	483	372	531	751	1.047	1.305	919
	2	Sava	Županja step.	1.289	1.122	1.342	1.606	1.149	843	559	422	563	787	1.117	1.422	1.018
	3	Bid	Vrpolje	1,84	1,70	1,58	1,41	1,03	1,33	0,53	0,49	0,42	0,41	1,12	1,71	1,13
Izračunati podaci	4	Bid	Kladavac	4,27	3,95	3,66	3,27	2,39	3,08	1,22	1,13	0,98	0,94	2,59	3,96	2,61
	5	Bid	Cerna	6,49	6,00	5,56	4,96	3,63	4,68	1,86	1,72	1,48	1,43	3,94	6,01	3,97
	6	Bosut	do ušća Bida	0,45	0,41	0,38	0,34	0,25	0,32	0,13	0,12	0,10	0,10	0,27	0,41	0,27
	7	Bosut	nakon ušća Bida	6,82	6,31	5,85	5,22	3,82	4,93	1,95	1,81	1,56	1,51	4,14	6,32	4,17
	8	Bosut	Vinkovci	8,06	7,45	6,91	6,16	4,51	5,82	2,31	2,14	1,84	1,78	4,89	7,47	4,93
	9	Bosut	Nijemci	10,06	9,30	8,63	7,69	5,63	7,27	2,88	2,67	2,30	2,22	6,11	9,33	6,15
	10	Spačva	Otok	1,38	1,27	1,18	1,05	0,77	1,00	0,39	0,37	0,31	0,30	0,84	1,28	0,84
	11	Spačva	Ljubanj	3,75	3,47	3,22	2,87	2,10	2,71	1,07	1,00	0,86	0,83	2,28	3,48	2,30
	12	Spačva	ušće u Bosut	3,87	3,58	3,32	2,96	2,17	2,79	1,11	1,03	0,88	0,85	2,35	3,59	2,37
	13	Bosut	izlaz iz RH	16,24	15,02	13,93	12,42	9,09	11,73	4,65	4,31	3,71	3,59	9,86	15,06	9,93
	14	Bosut	ušće u Savu	18,19	16,83	15,61	13,92	10,19	13,14	5,21	4,82	4,16	4,02	11,05	16,87	11,13

4. MATEMATIČKI MODEL

4.1. Ulazne postavke

Za potrebe analiza koje su provedene u ovom radu izrađen je 1D matematički model nestacionarnog tečenja pomoću programskog paketa DHI MIKE11. U modelu je postavljeno 15 dionica vodotoka ukupne duljine od 280 km, uključujući i MK BBP. Prosječni razmak poprečnih profila korita je 500 m. Model uključuje i sve regulacijske građevine koji utječu na vodni režim. Ukupna slivna površina modeliranih vodotoka područja BBP iznosi 2.116 km^2.

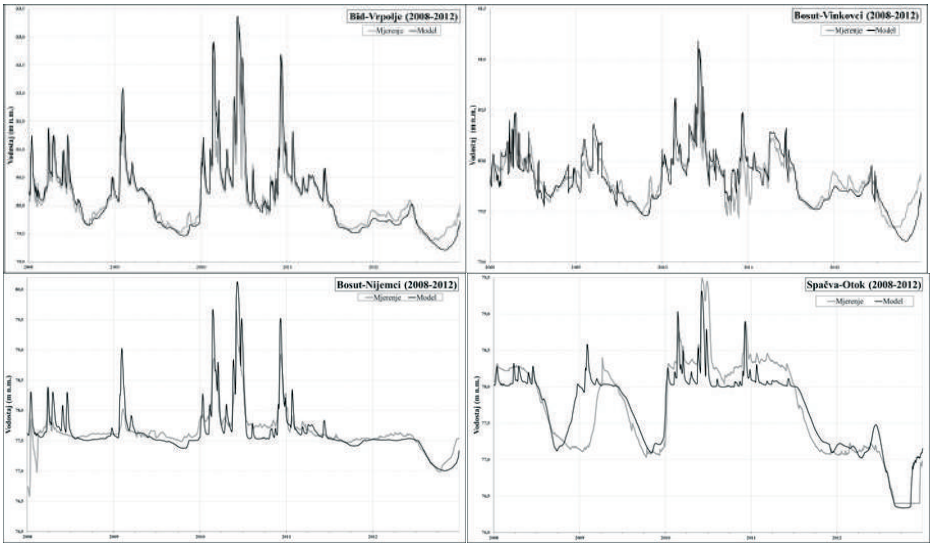
Zahvat vode u modelu funkcionira kao ustava kapaciteta 10 m^3/s za razine vode u Savi iznad kote 80,50 m n.m., odnosno kao crpna stanica kapaciteta 5 m^3/s pri nižim razinama vode. Za crpnu stanicu pretpostavljen je noćni režim rada, odnosno 8 sati dnevno. Postojeći i planirani sustavi za navodnjavanje postavljeni su kao potrošači na lokacijama zahvata vode iz vodotoka. Njihovi hidrogrami definirani su prema bruto potrebama vode za navodnjavanje. Pretpostavljen je dnevni rad sustava za navodnjavanje od 16 sati. U modelu su uključeni i gubici na isparavanje i procjeđivanje. Za gubitke od isparavanja korišteni su mjesečni podaci o referentnoj evapotranspiraciji na meteorološkoj postaji Gradište u razdoblju od 1987. do 2012. Gubici od procjeđivanja usvojeni su za srednje do teško propusna tla u veličini od 1,5 mm/dnevno stupca vode.

Rubni uvjeti koji se moraju zadovoljiti pri modelskim analizama postavljeni su s aspekta ekološki prihvatljivog protoka i minimalnih vodostaja koje je potrebno održavati. Minimalni protok koji je potrebno propuštati nizvodno definiran je u tri profila: (a) 0,5 m^3/s na Maloj ustavi Trbušanci – izlaz iz sustava Bosut uzvodno, (b) 0,25 m^3/s na pregradi Spačva – izlaz iz Spačvanskog bazena i (c) 1,0 m^3/s na pregradi Lipovac – izlaz iz sustava Bosuta nizvodno. Minimalni vodostaji koje je potrebno održavati definirani su za dva područja, (a) u Bosutu uzvodno razina vode ne smije pasti ispod kote 79,50 m n.m., (b) u Bosutu nizvodno ispod kote 77,50 m n.m.

4.2. Kalibracija i verifikacija

Kako bi se modelski rezultati proračuna što bolje prilagodili podacima hidroloških mjerenja na terenu proveden je postupak kalibracije i verifikacije modela. Za kalibraciju i verifikaciju odabrani su mjereni podaci o dnevnim vodostajima na četiri postaje područja BBP u periodu od 2008. do 2012.

Slika 3 prikazuje rezultate kalibracije i verifikacije matematičkog modela BBP.



Slika 3.Rezultati kalibracije i verifikacije matematičkog modela BBP

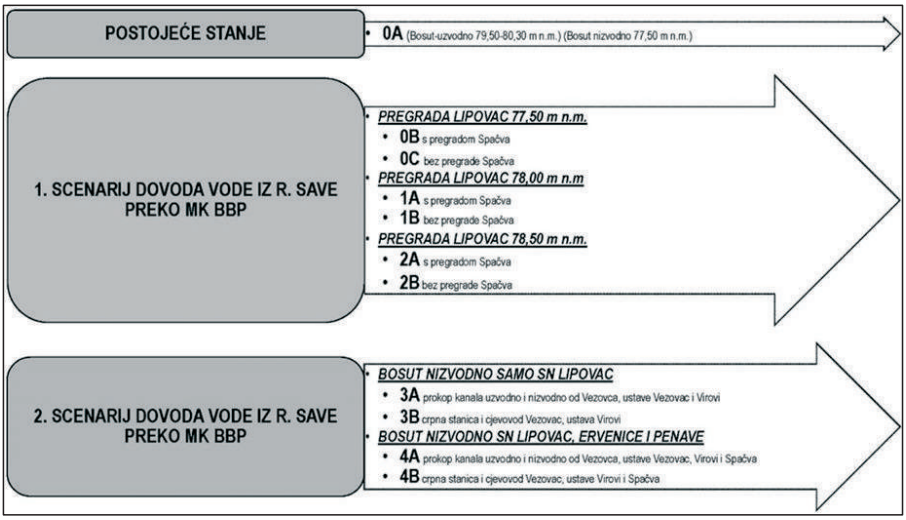
5. ANALIZA VARIJANTNIH RJEŠENJA

Analiza varijantnih rješenja na matematičkom modelu provedena je u dva koraka: (a) analiza ukupnih mogućnosti navodnjavanja, na modelu je korišten proračunski korak od jednog dana, a ukupna navodnjavana površina utvrđena je prema mjesečnoj bilanci potrebnih i raspoloživih količina vode, (b) analiza realnih uvjeta navodnjavanja, pri kojoj je na modelu korišten proračunski korak od 8 sati, a osigurane količine vode utvrđene su na temelju mogućnosti osiguranja dnevnih potreba za navodnjavanjem.

Sve provedene analize varijantnih tehničkih rješenja bazirane su na zahvatu vode iz rijeke Save ustavom kapaciteta 10 m^3/s i crpnom stanicom kapaciteta 5 m^3/s, uz postavljenu vrijednost ekološki prihvatljivog protoka u rijeci Savi od 180 m^3/s.

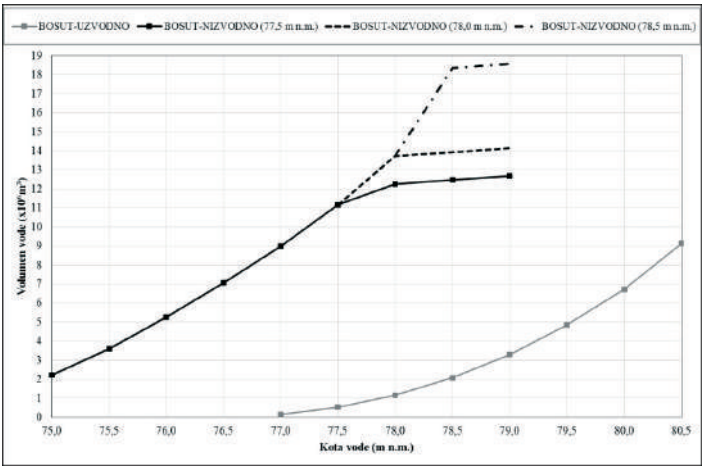
5.1. Opis razmatranih varijanti

Na području BBP nakon izgradnje Melioracijskog kanala moguća su dva scenarija dovoda vode za navodnjavanje. Prvi scenarij razmatra dovod vode isključivo koritom Bosuta. Drugi scenarij razmatra dovod vode koritom Bosuta samo na uzvodno područje do hidrotehničkog čvora Trbušanci, dok se voda u nizvodno područje Bosuta do pregrade Lipovac dovodi preko planirane ustave Vezovac i glavnih vodotoka Spačvanskog bazena. Sveukupno je analizirano 11 varijantnih tehničkih rješenja (Slika 4).



Slika 4. Pregled razmatranih scenarija dovoda vode i varijantnih rješenja

Slika 5 prikazuje volumetrijske karakteristike vodotoka i retencija područja BBP.
Na području Bosuta uzvodno pri vodnom stupcu od 79,50 do 80,30 m n.m. moguće je akumulirati oko 3,3 mil. m^3 vode za navodnjavanje. Ovisno o koti krune pregrade Lipovac moguće je akumulirati od 1,1 do 7,2 mil. m3vode za navodnjavanje.



Slika 5.Karakteristike volumetrije vodotoka i retencija područja BBP

5.2. Ukupne mogućnosti navodnjavanja

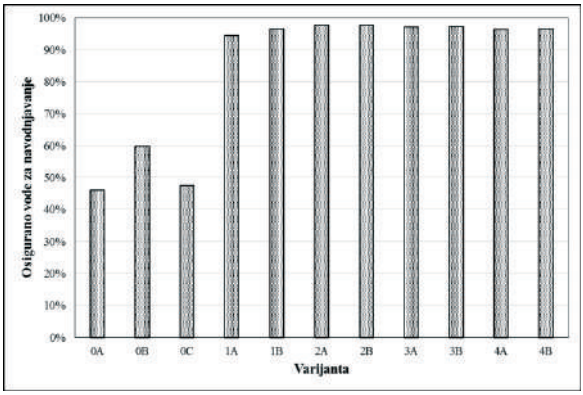
Bilancom potrebnih i raspoloživih količina vode u razdoblju od 1987. do 2012. godine utvrđene su ukupne mogućnosti navodnjavanja na području BBP za razmatrane varijante pri 80% sigurnosti (Tablica 2). Sivom bojom označena su polja u kojima je moguća navodnjavana površina jednaka ili viša od one koja je predviđena kratkoročnim planom (2.496 ha za Bosut uzvodno i 3.134 ha za Bosut nizvodno). Tako da je pri prvom scenariju dovoda vode tek varijantama „1B“, „2A“ i „2B“ omogućen razvoj kratkoročnog plana navodnjavanja područja BBP. Pri drugom scenariju dovoda vode razvoj kratkoročnog plana moguć je samo za varijante „4A“ i „4B“.

Tablica 2. Ukupne mogućnosti navodnjavanja na području BBP

Scenarij dovoda vode	Varijanta	Bosut uzvodno			Bosut nizvodno			SVEUKUPNO
		Dotok-Bosut	Nav. Površina	Ispuštanje nizvodno	Dotok-Bosut/Vezovac	Nav. Površina	Ispuštanje nizvodno	
		m^3/s	ha	m^3/s	m^3/s	ha	m^3/s	ha
0	0A	0,00	1.634	0,50	0,00	581	1,00	**2.215**
1	0B	5,00	2.903	2,50	2,75	1.222	1,00	**4.124**
	0C	5,00	2.903	2,50	2,75	1.093	1,00	**3.995**
	1A	5,00	3.117	2,50	2,75	2.811	1,00	**5.929**
	1B	5,00	3.117	2,50	2,75	3.570	1,00	**6.687**
	2A	5,00	5.188	1,50	1,75	3.942	1,00	**9.129**
	2B	5,00	7.170	0,50	0,75	3.857	1,00	**11.028**
2	3A	3,75	2.615	1,50	1,25	4.446	1,00	**7.061**
	3B	3,75	2.792	1,25	1,25	4.671	1,00	**6.642**
	4A	2,25	3.981	0,50	2,75	4.080	1,00	**8.061**
	4B	2,25	3.671	0,50	2,75	6.130	1,00	**9.801**

5.3. Analiza realnih uvjeta navodnjavanja

Analizom funkcioniranja sustava u realnim uvjetima utvrđen je postotak osiguranih količina vode za navodnjavanje pri određenom stupnju vjerojatnosti. Slika 6 prikazuje osigurani postotak ukupnih potrebnih količina vode za navodnjavanje kratkoročnog plana BBP po varijantama pri 80% sigurnosti. U postojećem stanju, bez dovoda vode iz rijeke Save biti će osigurano 46% ukupnih godišnjih potreba. Izgradnjom MK BBP postotak osiguranih količina vode povećati će se na 60%. Vidljivo je da sama izgradnja MK BBP neće doprinijeti značajno osiguranju potrebnih količina vode za navodnjavanje. Tek intervencijom u smislu nadogradnje postojećeg sustava biti će moguće osigurati dostatne količine vode za siguran razvoj sustava za navodnjavanje, odnosno u varijantama od „1A“ do „4B“. Analizom funkcioniranja sustava utvrđene su i brzine tečenja u vodotocima, u prosjeku od 0,05-0,1 m/s, što ukazuje na izrazitu tromost sustava. Pri upuštanju vode u MK BBP kapacitetom 10 m^3/s vrijeme potrebno da bi voda došla do najudaljenijeg sustava za navodnjavanje iznosi 19 dana, a pri kapacitetu od 5 m^3/s potrebno je čak 29 dana.

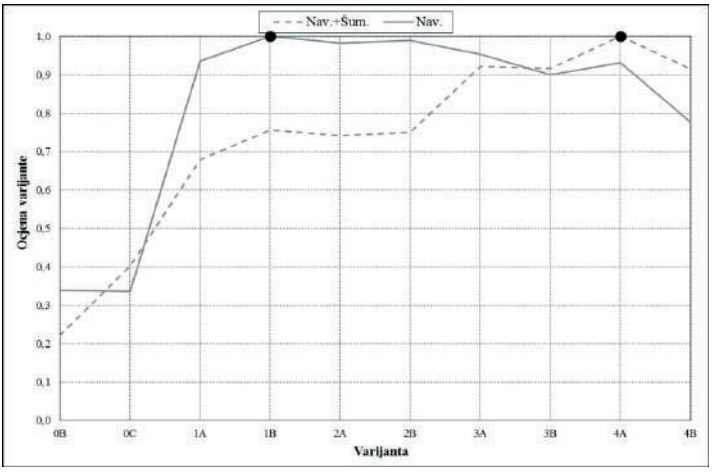


Slika 6.Osigurane količine vode za ukupni kratkoročni plan razvoja navodnjavanja

Osim analize osiguranih količina vode prema pojedinim sustavim za navodnjavanje provedena je i analiza utjecaja varijanti na rubne uvjete, kao što su minimalni vodostaj i ekološki prihvatljiv protok. Dovođenjem vode iz rijeke Save doći će do poboljšanja svih zadanih rubnih uvjeta neovisno o postavljenoj varijanti. Postignuto je povećanje trajanja ekološki prihvatljivih protoka na Bosutu za oko 35%, dok je trajanje minimalnih vodostaja povećano za oko 10% u odnosu na postojeće stanje. Ovi pozitivni efekti najizraženiji su tijekom tri sušna mjeseca, srpnja, kolovoza i rujna.

5.4. Odabir prihvatljive varijante

Prihvatljiva varijanta s aspekta razvoja kratkoročnog plana odabrana je na temelju analize koristi i troškova bez PDV-a koji se javljaju realizacijom pojedine varijante kroz razdoblje od 26 godina, pri diskontnoj stopi od 5,5%. Koristi su razmatrane s dva aspekta (a) samo navodnjavanje i (b) navodnjavanje i dodatne šumarske koristi. Troškovi uključuju investiciju u pojedinu varijantu i operativne troškove cijelog sustava. Međusobnom usporedbom ekonomskih pokazatelja ocijenjena je svaka razmatrana varijanta. Slika 7 prikazuje ocjenu ekonomskih pokazatelja pojedine varijante. S aspekta razvoja kratkoročnog plana navodnjavanja najprihvatljivija je varijanta „1B“, prosječna godišnja koristi ostvarena samo od navodnjavanja iznosi oko 75,7 milijuna kn, a investicijski troškovi su procijenjeni na 10,0 milijuna kn, uz operativne troškove od 3,3 milijuna kn godišnje. Ukoliko bi se razmatrale i dodatne šumarske koristi, tada bi varijanta „4A“ bila prihvatljivija. U ovoj varijanti prosječna godišnja korist ostvarena od navodnjavanja i šuma iznosila bi 118,4 milijuna kn, a investicijski troškovi su procijenjeni na 30,0 milijuna kn, uz operativne troškove od 6,0 milijuna kn godišnje. Međutim, promatrajući samo aspekt razvoja kratkoročnog plana navodnjavanja područja BBP, kao najprihvatljivija odabrana je varijanta „1B“. Odnosno, odabran je prvi scenariji dovoda vode iz MK BBP koritom rijeke Bosut uz potrebne tehničke mjere nadogradnje postojećih objekata (podizanje krune preljeva Bazjaš za 40 cm, ugradnja zapornice na Ratnoj brani, uklanjanje pregrade Spačva i podizanje krune pregrade Lipovac za 50 cm). Ustava Vezovac preko koje će biti moguće upuštanje vode u Spačvanski bazen je objekt koji je planiran u kasnijim fazama razvoja budućeg višenamjenskog sustava kanala Dunav-Sava (Brkić, 2006), te će tada biti i izvedena, odnosno tada će biti ostvarene i spomenute dodatne šumarske koristi.



Slika 7.Ekonomski pokazatelji opravdanosti pojedine varijante

Za odabranu varijantu „1B“ analiziran je i utjecaj postavljenog ekološki prihvatljivog protoka (Qepp) u rijeci Savi na osigurane količine vode za navodnjavanje. Za analizu zahvata odabrana je ekstremno sušna 2012. godina, odnosno najnepovoljniji hidrološki uvjeti na rijeci Savi. U ekstremno sušnoj godini pri dnevnom radu crpne stanice od 8 h kada je postavljena vrijednost Qepp=180 m^3/s moguće je osigurati 66% potrebnih količina vode za navodnjavanje, a pri Qepp=215 m^3/s osigurano je 59% potreba, te ukoliko je Qepp=234 m^3/s osigurano je 50% potreba. Cjelodnevnim crpljenjem vode kada su hidrološki uvjeti u rijeci Savi povoljniji moguće je povećati količine vode za oko 35% od osiguranih potreba.

Kako bi se optimizirao dnevni rad crpne stanice s ciljem podmirenja što većeg dijela potrebnih količina vode za navodnjavanje preporuka je postavljanje regulacijske ustave na propustu u KM 13,1 MK BBP. Regulacijskom ustavom omogućit će se privremeno pohranjivanje vode u MK BBP, oko 2 milijuna m3 u hidrološki povoljnijim uvjetima, što će rezultirati za oko 15% do 25% kraćim dnevnim radom crpne stanice.

ZAKLJUČAK

Razmatrana su dva scenarija dovoda vode iz MK BBP uz varijante tehničkih mjera nadogradnje postojećeg sustava. S aspekta navodnjavanja, scenarij dovoda vode isključivo koritom Bosuta pri varijanti „1B“ ima najpovoljnije ekonomske pokazatelje. Ukoliko bi se osim navodnjavanja razmotrile i šumarske koristi Spačvanskog bazena, drugi scenarij dovoda vode preko ustave Vezovac pri varijanti „4A“ imao bi povoljnije ekonomske pokazatelje. Međutim, u cilju razvoja kratkoročnog plana navodnjavanja područja BBP kao najprihvatljiviji, odabran je prvi scenariji, odnosno dovod vode iz MK BBP koritom rijeke Bosut uz potrebne tehničke mjere nadogradnje postojećih objekata (podizanje krune preljeva Bazjaš za 40 cm, ugradnja zapornice na Ratnoj brani, uklanjanje pregrade Spačva i podizanje krune pregrade Lipovac za 50 cm). Osim navedenih zahvata preporuka je i postavljanje regulacijske ustave na Melioracijskom kanalu (na 13, 1 km) čime će se skratiti radno vrijeme crpne stanice. Regulacijska ustava omogućiti će privremeno

pohranjivanje vode u Melioracijskom kanalu u hidrološki povoljnijim uvjetima, što će rezultirati manjom potrebom za mehaničkim zahvaćanjem vode.

LITERATURA

[1] Brkić, B, (2006): *Studija etapnog razvoja VKDS*, Vodoprivredno projektni biro d.d., Zagreb

[2] Brkić, B, (2010): *Bilanca voda Bid-bosutskog sliva*, Vodoprivredno projektni biro d.d., Zagreb

[3] Mišetić, S, (2009): *Studija o utjecaju na okoliš VKDS*, Elektroprojekt d.d., Zagreb

AUTORI

Enes Obarčanin dipl.ing.građ. [a]

Berislav Brkić, dipl.ing.kult.teh. [a]

Prof.dr.sc. Mijo Vranješ, dipl.ing.građ. [b]

Marinko Galiot dipl.ing.građ. [c]

[a] Vodoprivredno-projektni biro, Ulica grada Vukovara 271, Zagreb, 10000, Hrvatska, enes.obarcanin@vpb.hr; berislav.brkic@vpb.hr

[b] Sveučilište u Splitu Građevinsko-arhitektonski fakultet, Ulica Matice hrvatske 15, Split, mijo.vranjes@gradst.hr

[c] Hrvatske vode- Zagreb, Ulica Grada Vukovara 220, Zagreb, marinko.galiot@voda.hr

R 2.39.

„IRRI“ PROJEKT NAVODNJAVANJA - PRIMJER RAZVOJA PILOT PROJEKATA

Marko Josipović, Lidija Tadić, Jasna Šoštarić, Hrvoje Plavšić, Tamara Dadić, Monika Marković, Željko Šreng

SAŽETAK: IRRI – Projekt navodnjavanja financiran je iz Europske unije sredstvima IPA II Hrvatska – Bosna i Hercegovina. Istražena je trenutna praksa navodnjavanja u Vukovarsko-srijemskoj županiji i izrađen registar navodnjavanja. Temeljem stručnih kriterija odabrani su korisnici sustava navodnjavanja (trinaest). Obavljena je edukacija korisnika putem radionica i obuka na polju. Postavljeni su demonstracijski pokusi i određeni urodi kultura, a rezultati projekta su predstavljeni javnosti. Prosječno povećanje prinosa povrća navodnjavanjem prema kontroli iznosilo je od 11% za papriku u plasteniku do čak 62% u proizvodnji kupusa na otvorenom. Prosječno povećanje prinosa voća na varijantama navodnjavanja prema kontroli iznosilo je od 21% na ranoj breskvi do maksimalno 35% na šljivi te jabuci 32%.

Projektom se doprinijelo povećanju prinosa, povećanju prihoda poljoprivrednika poticanjem proizvodnje, uvođenjem sustava za navodnjavanje, unaprjeđivanjem znanja poljoprivrednika i svijesti javnosti o važnosti i mogućnostima navodnjavanja.

Ovako objedinjeni brojni elementi sustava za navodnjavanje u jednome projektu na relativno malome prostoru, u kratkome roku, koji su obuhvatili edukaciju o sustavima navodnjavanja i njihovom odabiru, izvorima vode, kontroli potrošnje i kakvoće vode za navodnjavanje, postavljanje pokusnih polja s potrebnim suglasnostima za korištenje vode, su primjer kako se mogu konkretno koristiti sredstva EU, na razini Republike Hrvatske intenzivirati navodnjavanje i provesti pilot projekte navodnjavanja.

KLJUČNE RIJEČI: IRRI projekt, Projekti navodnjavanja, Metode navodnjavanja, Poljoprivredne kulture, Učinci navodnjavanja

“IRRI” IRRIGATION PROJECT – AN EXAMPLE OF DEVELOPING PILOT PROJECTS

SUMMARY: The IRRI - The Irrigation Project was financed by EU funds through IPA II Croatia – Bosnia and Herzegovina. The present irrigation practice in the Vukovar – Srijem County in Croatia was investigated, and the irrigation user register was developed. Based on expert criteria, 13 irrigation system users were chosen. The users were educates

workshops and field work. Demonstration trial-fields of certain agricultural crops were set and yields were measured. The results of the irrigation project were presented to the general public.

The average yields of vegetables with irrigation increased in relation to the control treatment by 11% for greenhouse paper, whereas cabbage production in open field production rose by 62%. The average yield increase of fruits in irrigation treatment in relation to the control treatment equalled from 21% for early peach to the maximum of 35% for plum and 32% for apple production.

The project contributed to increased yields and increased farmer income through subsidies for production, introduction of the irrigation system, improvement of user knowledge and raising public awareness of the importance and potentials of irrigation.

Numerous elements of the irrigation system were integrated into one project on a relatively small surface in a brief time period. They included education on different irrigation systems and their selection, water sources, control of consumption and quality of irrigation water and establishment of trial fields with necessary permits for water use. This project was a good example of the actual absorbtion of EU funds to intensify irrigation and implement irrigation pilot projects at the national level.

KEY WORDS: IRRI project, Irrigation projects, Irrigation methods, Agricultural crops, Irrigation effects

1. UVOD

Klimatske promjene, a posebno oborine i temperature zraka i tla imaju snažan utjecaj na stanje i kakvoću tla (Birkas i drugi, 2009) kao i na kakvoću i urod poljoprivrednih kultura. Globalna godišnja temperatura zraka se uz manja i veća odstupanja prosječno povećava za 0,4 ^{o}C od 1980. godine (IPCC, 2001). Lobell i Field (2007) su utvrdili da je prosječno 30%-tno variranje uroda glavnih šest svjetskih žitarica (pšenica, riža, kukuruz, soja, ječam i sirak) rezultat godišnjih variranja oborine i temperatura zraka.

Temperature zraka i stres izazvan nedostatkom vode vrlo često imaju utjecaj na količinu i kvalitetu proizvodnje pšenice u mnogim područjima svijeta (Kovačević i drugi,. 2014.). Mnogi autori istražuju nedostatak vode i stres izazvan sušom na poljoprivredne kulture i navode da je nedostatak vode vodeći u poremećaju za sve, ili neke fiziološke i biokemijske procese, kao što su smanjen porast biljke i urod (Ingram i Bartels 1996; Denčić i drugi, 2000; Shao i drugi, 2005a, 2005b; Boutraa 2010; Akhkha i drugi, 2011, Kovačević i drugi 2013.) kao i vrijednost fotosinteze u biljkama (Sharkey 1990; Cornic 2000; Lawlor 2002; Akhkha i drugi, 2011). Racionalno korištenje vode poljoprivrednih kultura može biti dobar indikator za urod u područjima limitiranima vodom (Passioura, 1977; Reynolds i drugi, 2007; Araus i drugi, 2008; Blum 2009; Yong´an i drugi, 2010).

Várallyay (2008) navodi da će voda u budućnosti biti čimbenik za određivanje (nada se ne limitirajući) za sigurnost hrane i okoliša. Također zaključuje da će u budućnosti poboljšanje učinkovitosti vode biti jedan od ključnih tema održivosti poljoprivredne proizvodnje, ruralnoga razvoja i zaštite okoliša.

U Hrvatskoj su također provedena istraživanja koja potvrđuju navedene rezultate. Primjerice na Poljoprivrednome institutu Osijek 2000. godine počelo se sa višegodišnjim istraživanjima koja i danas traju (Josipović i drugi, 2014).

Upravo su navedeni literaturni argumenti bili razlozi pokretanja projekta navodnjavanja u okviru IPA II Prekograničnog programa Hrvatska – Bosna i Hercegovina, IRRI projekt navodnjavanja. Projekt je financiran sredstvima Europske unije, nositelj projekta bila je Općina Lovas, a projektni partneri bili su Općina Tompojevci, Vukovarsko-srijemska županija te udruge korisnika sustava za navodnjavanje iz Opatovca i Tompojevaca (u Bosni i Hercegovini je za provedbu bila zadužena Općina Odžak s partnerima Općinom Šamac i udruženjem Nezavisni biro za razvoj – što nije predmet ovoga rada). Provedbu samog projekta navodnjavanja u Republici Hrvatskoj vodili su stručnjaci Poljoprivrednoga instituta Osijek uz suradnju Građevinskog fakulteta i Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku.

2. CILJEVI PROJEKTA

Osnovni ciljevi projekta bili su sljedeći:

- Povećanje prinosa voćarskih i povrtnih kultura smanjivanjem negativnih učinaka suša koje su učestale na području općina Lovas i Tompojevci u Republici Hrvatskoj. Prosječni prinosi prvenstveno povrća, voća i općenito poljoprivrednih kultura je nizak u usporedbi sa zemljama Europske unije (EU).
- Edukacija korisnika koja nije na razini dostatnoj za korištenje sustava za navodnjavanje što ih isključuje iz globalnih trendova cjeloživotnog obrazovanja. Poseban naglasak je stavljen na edukaciju kroz više radionica i obuka na terenu koje su omogućile prijenos najnovijih znanja i tehnologija iz područja navodnjavanja.
- Postavljanje demonstracijskih polja vodeći pri tome računa o ekonomskim, ekološkim i socijalnim elementima kao i koristima za ruralna područja, što znači u skladu s načelima održivosti.
- Popularizacija navodnjavanja kroz objavljivanje rezultata projektnih aktivnosti koje su predstavljene široj javnosti putem organizacija raznih događanja, prezentacija, stručnih ekskurzija, prezentiranje rezultata projekta i dostupnošću događanja i edukativnih sadržaja na web stranici IRRI projekta.
- Provođenje istraživanja o trenutnom stanju u navodnjavanju unutar ciljnog područja uz stvaranje registra korisnika sustava za navodnjavanje, postavljanje i praćenje demonstracijskih polja uz unaprijeđenje prakse upravljanja vodnim resursima u području provedbe projekta i provođenje istraživanja na eksperimentalnom području tijekom jedne proizvodne sezone.

Uz navedene ciljeve projekta cilj ovoga rada bio je prikazati jednogodišnje rezultate navodnjavanja poljoprivrednih kultura na postavljenoj varijanti navodnjavanja i kontroli tijekom 2014. godine.

3. MATERIJALI I METODE

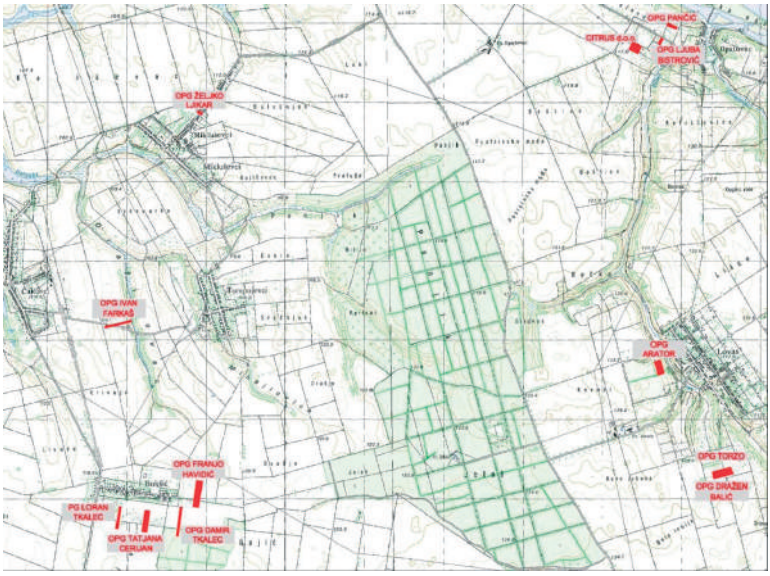
Prvenstveno je bio glavni cilj stručnoga tima slijediti projektnu dokumentaciju i preuzete ugovorne obveze. Također je dio obveza značajno proširen određenim temama gdje je to procijenjeno potrebnim kako bi projekt bio potpuna cjelina u teorijskome i praktičnome dijelu projekta.

Temeljem postojećih literaturnih podataka je provedeno studijsko istraživanje o stanju navodnjavanja i trenutnoj praksi navodnjavanja u Vukovarsko-srijemskoj županiji (Županiji).

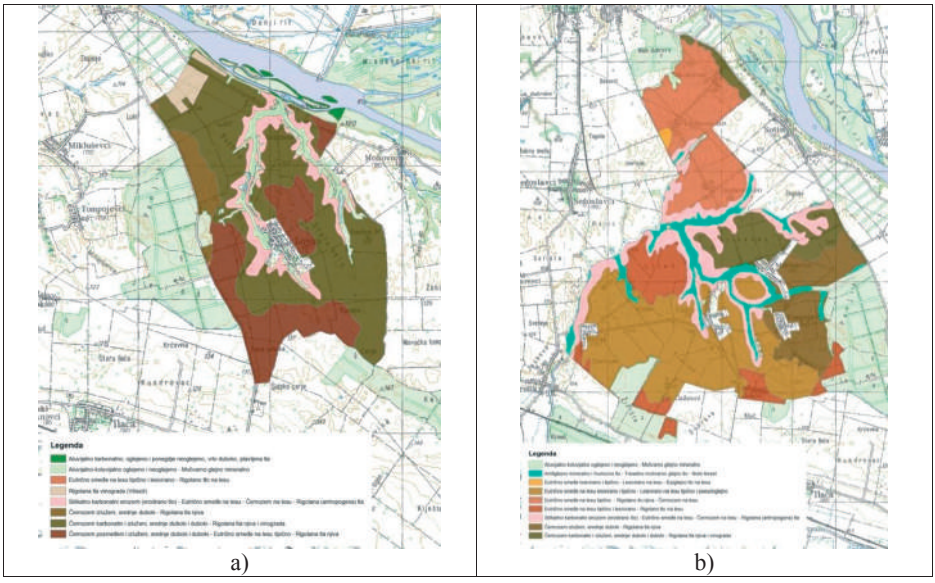
Provedena je anketa po svim mjestima kako bi se ustrojio registar navodnjavanja Vukovarsko-srijemske županije.
Stručni tim je pripremio kriterije i proveo evaluaciju prijavljenih kandidata, budućih korisnika opreme za navodnjavanje na temelju 12 kriterija. Kriteriji za odabir su bili sljedeći: potreba navodnjavanja, pogodnost tla za navodnjavanje, izvor, izdašnost i kakvoća vode, dohodovnost kultura i plasman roba, te stručnost korisnika. Veličine parcela su u prosjeku bile oko 1 ha.
Na slici 1. prikazana je situacija područja projekta s lokacijama odabranih pilot projekata. Pogodnost zemljišta za navodnjavanje određena je prije obavljenim terenskim istraživanjima. Na poljoprivrednim površinama općine Lovas najzastupljenije tlo je černozem i rasprostranjeno je na 2086 ha (57,4% površina). Iza njega slijede rigolano tlo njiva i vinograda na 806 ha i eutrično smeđe tlo na 341 ha. Na poljoprivrednim površinama općine Tompojevci najzastupljenije je eutrično smeđe tlo i rasprostranjeno je na 3219 ha odnosno 47,1% površina. Iza njega slijedi černozem na 1367 ha (20% površina) i rigolano tlo njiva i vinograda na 818 ha. Na slici 2. prikazane su pedološke karte općina Lovas i Tompojevci.
Izvori vode su iz postojećih ili novih zdenaca sa ili bez rezervoara za akumuliranje vode (7 lokacija), iz javnog vodoopskrbnog sustava grada Iloka sa ili bez rezervoara za akumuluranje vode (5 lokacija) i postojeće akumulacije (jedna lokacija). Kvaliteta vode nije upitna, a definirana izvorišta vode su bila jedina moguća u odgovarajućim prostornim uvjetima i u suglasju su s Planom navodnjavanja za područje Vukovarsko-srijemske županije (2006).

Provedena je 20-dnevna obuka s 12 tema:

1. uvod u sustave navodnjavanja i osnove navodnjavanja,
2. CROPWAT program za navodnjavanje – primjena,
3. zakonska regulativa za vodu i navodnjavanje,
4. agronomska osnova navodnjavnaja,
5. ostale agronomske podloge za navodnjavanje,
6. učinak navodnjavanja na poljoprivredne kulture,
7. hidrološka i meteorološka osnova za navodnjavanje,
8. izvori vode i kvaliteta vode za navodnjavanje,
9. značaj gnojidbe u poljoprivrednoj proizvodnji u uvjetima navodnjavanja,
10. osnove aktualne proizvodnje voća u uvjetima navodnjavanja,
11. poteškoće i posljedice nepravilnog navodnjavanja,
12. specifičnosti korištenja opreme za navodnjavanje.



Slika 1. Situacija područja obuhvata IRRI projekta



a) b)

Slika 2. Pedološke karte a) općine Lovas i b) općine Tompojevci

Teorijska predavanja pratila je i praktična obuka na terenu (na polju, u voćnjaku, u plasteniku) gdje su pojedinosti praktično pokazane i pojašnjene.

Tijekom 2014. godine su postavljeni poljski pokusi na: voću - šljivi, kruški, breskvi, nektarini, jabuci, vinskom grožđu, povrću – sjemenskom krumpiru, crvenoj začinskoj i konzumnoj paprici na otvorenome polju, a u plasteniku na paprici i rajčici.

Pokusi su imali jednu aplikaciju navodnjavanja i kontrolu bez navodnjavnja. Na navodnjavanoj varijanti je sadržaj vode u tlu održavan u rasponu od 80% do 100% poljskoga vodnog kapaciteta (PVK), dok je na kontrolnoj varijanti bila samo prirodna oborina. Kontrola sadržaja vode u tlu provodila se samo na jednoj dubini, za povrće (od 15-20 cm, paprika, rajčica, kupus, krumpir za sad - sjemenski) odnosno dvije dubine za drvenaste kulture (od 15-20 cm i 30-35 cm, jabuka, šljiva, kruška, breskva i vinova loza). Kriterij za početak navodnjavanja bio je sadržaj vode u tlu od oko 80% PVK.
Broj navodnjavanja ovisio je o kulturi i dužini vegetacije, a s obzirom da je 2014. godina bila relativno vlažna, najviše je navodnjavano povrće tijekom treće dekade lipnja i u srpnju, a najmanje breskve jer su tijekom većega dijela vegetacije imale uglavnom dovoljno vode.
Tijekom vegetacije (travanj – kolovoz) palo je 546,7 mm oborine što je značajno više od prosjeka. Posebno je velika količina kiše zabilježena u svibnju, čak 212,8 mm, iako je i srpanj bio značajno iznad prosjeka (115 mm). Nedostatci oborina su bili nešto izraženiji na kraju lipnja i u kolovozu. Također je bilo potrebno provesti jedno navodnjavanje voćnjaka početkom travnja zbog bolje „pripreme“ za cvatnju i zametanja plodova na breskvi, nektarini i jabuci.
Tijek provođenja projekta i brojna dokumentacija o projektu nalazi se na web stranici http//irri.srijem.info.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati istraživanja su obzirom na brojne aktivnosti na projektu vrlo obimni, a biti će nabrojani s kratkim opisom.
Prve aktivnosti na provedbi IRRI projekta bile su vezane uz studijsko istraživanje o trenutnome stanju navodnjavanja i trenutnoj praksi navodnjavanja u Vukovarsko-srijemskoj županiji. Studija navodnjavanja sadrži četiri tematske cjeline: 1. Postojeće stanje o političkom, pravnom i gospodarskom modelu upravljanja, prepreke i potencijali vezani za navodnjavanje u Republici Hrvatskoj; 2. Potencijali i trenutno stanje navodnjavanja u županiji Vukovarsko-srijemskoj; 3. Potencijali i trenutno stanje navodnjavanja u općini Lovas i 4. Potencijali i trenutno stanje navodnjavanja u općini Tompojevci.
Temeljem rezultata provedene ankete napisan je registar navodnjavanja Vukovarsko-srijemske županije koji je brojio 50 korisnika na ukupno 1.723,80 ha navodnjavanih površina.
Provedenom evaluacijom od 18 prijavljenih kandidata, ekspertni tim odabrao je 13 korisnika koji su rangirani kao najpogodniji korisnici za razvoj malih sustava navodnjavanja (6 iz Lovasa i 7 iz Tompojevaca).
Utvrđeni su i raspravljeni mogući scenariji za ulaganja u sustave navodnjavanja poljoprivrednih proizvođača – korisnika projekta.
Izrađena su idejna rješenja i projekti za sve korisnike sustava za navodnjavanje na osnovu kojih su postavljeni sustavi i dobivene dozvole za korištenje vode.
Stručni tim je prema projetknoj dokumentaciji specificirao opremu za navodnjavanje i predao voditeljci projekta koja je pripremila raspisivanje natječaja, natječaj je raspisala općina Lovas te je odabran ponuditelj za nabavku i ugradnju opreme.
Sustavi navodnjavanja sa pripadajućom opremom (crpke, pročišćivači vode, mjerači količine vode, injektori, mjerači tlaka vode) su postavljeni kompletirani tijekom ljeta 2013. godine.

Ukupno su za trinaest korisnika kompletirani sustavi navodnjavanja – neki su potpuno novi, a neki su dopunjeni, površine od 0,5 – 1,0 ha i jedan plastenik 1000 m^2.
Postavljena je jedna meteorološka postaja s koje putem interneta korisnici projekta mogu koristiti podatke o osnovnim klimatskim elementima (mjerenje 10 minutnih vrijednosti: oborine, temperatura zraka, insolacija, relativna vlaga zraka, temperatura lista, temperatura tla, sadržaj vode u tlu, tlak zraka) temeljem kojih je dostupna prognoza napada bolesti i vrijeme zaštite (Slika 3.).
Također su izbušena dva zdenca (71 m dubine - 5 l/s, Mikleuševci i 75 m dubine – 3 l/s, Bokšić) za navodnjavanje povrća u zatvorenome prostoru te breskve i nektarine na otvorenome polju.
Izvori vode za navodnjavanje su bili zdenci, javni vodovod, akumulacije vode u Tompojevačkim ritovima i rezervoari (2 rezervoara po 5000 l nabavljena u okviru projekta).
Ugrađena je oprema za kontrolu sadržaja vode u tlu na jednoj dubini na povrću (15-20 cm) i na dvije dubine (15-20 cm i 30-35 cm) u voćnjacima i vinogradu.
Napisan je Priručnik za navodnjavanje, za polaznike edukacije projekta IRRI (Josipović i drugi, 2013., 115 str., http/irri.srijem.info) koji sadrži dvanaest poglavlja. Naslovi tema su napisani u materijalima i metodici. Svaka tema je obrađena teorijski u predavaonici (prezentacije dostupne korisnicima) i praktično uz primjerice prisustvo na polju i raspravu o pojedinoj temi prema potrebi i zainteresiranosti korisnika.
Organizirane su posjete zainteresiranih korisnika pokusima navodnjavanja prilikom kojih je pokazan sustav navodnjavanja kao i pojedina kultura i njezine specifičnosti.
Ukupno je organizirano četiri događaja kojima je prezentiran projekt navodnjavanja široj javnosti županije i općinama, a posebna vrijednost je omogućen pristup projektnim podatcima na internetu (sadržaji, predavanja, izvješća, brošure, posjete i dr.).
Provedena su jednogodišnja pilot istraživanja na poljoprivrednim kulturama sa sustavima navodnjavanja tijekom 2014. godine, a dobiveni rezultati s pokusnih polja ukazali su na potrebu i pozitivan učinak navodnjavanja i u relativno kišnoj godini kao što je bila 2014. Svakako da treba uzeti u obzir da su mjerodavna višegodišnja istraživanja koje se temelje na znanstveno postavljenim varijantama, statističkoj analizi i koja traju najmanje tri godine.
U Tablici 1. su prikazani ostvareni minimalni i maksimalni prinosi tijekom razdoblja 2009.-2013. godine u proizvodnji raznoga povrća kod korisnika sustava za navodnjavanje (procjena korisnika). Također su prikazani i prinosi ostvareni u pokusima koji su navodnjavani, a postotno povećanje je u prosjeku iznosilo od 11% na paprici u plasteniku do čak 62% u proizvodnji kupusa na „otvorenome“ polju. Primjetne su velike oscilacije prinosa.

Tablica 1. Ostvareni prinosi raznoga povrća u zadnjih pet godina i na pokusima IRRI projekta 2014. godine

Kultura	Procijenjeni prinosi OPG-a, kg/ha (2009-2013.)		Prinosi u pokusima, kg/ha (2014.)		Povećanje prinosa (%)
	Najmanji	Najveći	Bez navodnjavanja	Primjenom navodnjavanja	
krumpir sjemenski	19000	28500	21120	28090	33
paprika začinska	400	850	625	906	45
paprika svježa	2500	4000	3050	4178	37
kupus	30000	55000	41200	66744	62
rajčica (plastenik)	12000	14000	1250[a]	1450	16
paprika (plastenik)	3000	4000	3710[a]	4118	11
kupus postrno	35000	48000	38200	50424	32

„a" = navodnjavanje temeljeno na iskustvu korisnika

U Tablici 2. su prikazani rasponi ostvarenih minimalnih i maksimalnih prinosa tijekom razdoblja 2009.-2013. godine u proizvodnji raznoga voća i vinove loze kod korisnika sustava za navodnjavanje (procijenjeni prinosi). Prikazani prosječni prinosi ostvareni u pokusima navodnjavanja i postotno povećanje koje u prosjeku iznosi minimalno 21% na ranoj breskvi (zbog ranoga dozrijevanja), a maksimalno na šljivi 45% i jabuci 43%. Zbog vrlo razvijenoga korijenova sustava vinove loze (i velike usisne moći korijena), vinova loza najčešće ima dovoljno vode za visoke prinose dobre kakvoće grožđa za proizvodnju vina. Smanjenje uroda grožđa se obično događa u vrlo sušnim godinama kao što je bila 2003. i 2012. kada je količina oborina bila od 130 do 150 mm tijekom vegetacije, što je više nego dvostruko manje od prosjeka (oko 350 mm).

Tablica 2. Ostvareni prinosi raznoga voća i grožđa u zadnjih pet godina i na pokusima IRRI projekta 2014. Godine

Kultura	Procijenjeni prinosi OPG-a, kg/ha (2009-2013.)		Prinosi u pokusima, kg/ha (2014.)		Povećanje prinosa (%)
	Najmanji	Najveći	Bez navodnjavanja	Primjenom navodnjavanja	
Jabuka	28000	55000	35050	50120	43
Grožđe za vino	(led) 1000	7500	6510	7810	20
Kruška	2400	4500	4030	5160	28
Šljiva	3000	8000	3820	5540	45
Breskva rana	10000	18000	14550	17610	21
Breskva sred. rana	5000	20000	15250	18760	23

„a" = navodnjavanje temeljeno na iskustvu korisnika

Prosječno postotno povećanje svih povrtnih kultura, koje su praćene u okviru projekta IRRI, iznosilo je 33%, a prosječno postotno povećanje voća iznosilo je 25%.

Navedena odstupanja u urodima povrća, voća i grožđa u potpunosti opravdavaju ostvarenje IRRI projekta navodnjavanja, a rezultati mogu poslužiti kao garancija da su potencijali vode i tla nakon edukacije i provođenja prve godine IRRI projekta opravdali svoje povjerenje.



Slika 3. Sustavi za navodnjavanje, s lijeva na desno: mikroraspršivači (voćnjak kruške, Lovas), kapanje (voćnjak šljive, Opatovac) i meteorološka postaja (voćnjak jabuke, Lovas)

ZAKLJUČAK

Projekt IRRI je obuhvatio vrlo veliki broj aktivnosti elemenata predviđenih projektnim zadatkom. S tim ciljem su okupljeni brojni stručnjaci različitih specijalnosti: agronomija je obuhvatila pedologiju, ishranu bilja, poljoprivredne melioracije, agrotehniku, a građevinarstvao je obuhvatilo hidrologiju i projektiranje sustava.

Rezultati IRRI projekta navodnjavanja ukazali su da se u relativno kišnoj godini mogu postići u prosjeku oko 25% veći urodi voća i 33% veći urodi povrća koje su dohodovne skupine kultura u poljoprivredi.

Kvalitetno osmišljen, napisan i realiziran pilot-projekt dobar je primjer kako se sredstva europskih fondova mogu koristiti i pri tome istovremeno poslužiti kao pilot projekt navodnjavanja koji može dati brojne odgovore na: učinkovitost navodnjavanja, urod poljoprivrednih kultura, varijante različitih izvora vode, kriterije odabira korisnika, odabir sustava navodnjavanja, kontrolu sadržaja vode u tlu, teorijska i praktična edukacija korisnika na projektu, informiranje javnosti o rezultatima projekta i podizanje razine znanja i svijesti o navodnjavanju u ruralnim sredinama.

LITERATURA

[1] Akhkha, A., Boutraa, T., Alhejely, A. (2011): *The rates of photosynthesis, chlorophyll content, dark respiration, proline and abscicic acid (ABA) in wheat (Triticum durum) under water deficit conditions.* International Journal of Agriculture and Biology 13:215-221.

[2] Araus, J.L., Slafer, G.A., Royo, C., Serret, M.D. (2008): *Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals.* Critical Reviews in Plant Sciences 27:377-412.

[3] Blum, A. (2009): *Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress.* Field Crops Research 112:119-123.

[4] Birkaš, M., Kisić, I., Jug, D. (2009): *Pannonian Region in a Crucial Need for Improving Soil Quality and Mitigating Climate Damage.* Vukovar, 4. – 6. VI. 2009., Ur. Jug, D. i Sorić, R.

[5] Boutraa, T. (2010): *Improvement of water use efficiency in irrigated agriculture.* A Review. Journal of Agronomy 9:1-8.

[6] Cornic, G. (2000): *Drought stress inhibits photosynthesis by decreaing stomatal aperture, not by affecting ATP synthesis.* Trends in Plant Science 5:187-188.

[7] Denčić, S., Kastori, R., Kobiljski, B., Duggan, B. (2000): *Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions.* Euphytica 113:43-52.

[8] http//irri.srijem.info

[9] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change Working Group 2) (2001): *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. IPCC Working Group 2.

[10] Ingram, J., Bartels, D. (1996): *The molecular basis of dehydration tolerance in plants*. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 47:377-403.

[11] Josipovic M., Plavsic, H., Kovacevic, V., Markovic, M., Iljkic, D. (2014): *Impacts of irrigation and genotype on yield, protein, starch andcoil contents in grain of maize inbred lines.* Genetika, Vol 46, No. 1, 243 -253.

[12] Kovačević, V., Josipović, M. (2013): *Aktualna pitanja uzgoja žitarica u istočnoj Hrvatskoj - Current questions of cereals growing in eastern Croatia.* In: Proceedings of the scientific meeting „Food production and forestry – base of sustainable development of the eastern Croatia“, 14.6. 2013, Osijek. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti (u tisku).

[13] Josipović, M., Kovačević, V., Rastija, D., Tadić, L., Šoštarić, J., Plavšić, H., Tadić, Z., Dugalić, K., Marković, M., Dadić, T., Šreng, Ž., Ljikar, Ž. (2013): *Priručnik za navodnjavanje, za polaznike edukacije projekta IRRI.* Poljoprivredni institut Osijek.121 str.

[14] Kovačević, J., Mazur, M., Drezner, G., Lalić, A., Sudarić, A., Viljevac, M., Josipović, M., Josipović, A., Marković, M., Lepeduš, H. (2014): Water use efficiency, photosynthetic efficiency and grain yield of winter wheat cultivars (in press).

[15] Lawlor, D.W. (2002): *Limitations of photosynthesis in water stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP.* Annals of Botany 89:871-885.

[16] Lobell, D., Field, C. (2007): *Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming.* Public Health Resources. Paper 1, http://digitalcommons.unl.edu-/publichealthresources/152, (accessed 15 March 2014).

[17] Passioura, J.B. (1977): *Grain yield, harvest index and water use of wheat.* Journal of the Australian Institute of Agricultural Science 43:117-120.

[18] Shao, H.B., Liang, Z.S., Shao, M.A., Sun, S.M., Hu, Z.M. (2005a): *Investigation on dynamic changes of photosynthetic traits of 10 wheat (Triticum aestivum L.) genotypes during two vegetative-growth stages at water deficits.* Biointerfaces 43:221-227.

[19] Shao, H.B., Liang, Z.S., Shao, M.A., Sun, Q. (2005b): *Dynamic changes of anti-oxidative enzymes of 10 wheat genotypes at soil water deficits.* Biointerfaces 42:187-195.

[20] Sharkey, T.D. (1990): *Water stress effects on photosynthesis.* Photosynthetica 24:651-656.

[21] Yong´an, L., Quanwen, D., Zhiguo, C., Deyong, Z. (2010): *Effect of drought on water use efficiency, agronomic traits and yield of spring wheat landraces and modern varieties in Northwest China.* African Journal of Agricultural Research 5:1598-1608.

[22] Várallyay, G. (2008): *Extreme soil moisture regime as limiting factor of the plants' water uptake.* Cereal Research Comm., 36 (Suppl): 3-5.

AUTORI

dr.sc. Marko Josipović [a]
izv. prof.dr.sc. Lidija Tadić [b]
prof.dr.sc. Jasna Šoštarić [c]
dr.sc. Hrvoje Plavšić [a]
Tamara Dadić, mag.ing.aedif. [b]
dr.sc. Monika Marković [c]
Željko Šreng, mag.ing.aedif. [b]

[a] Poljoprivredni institut Osijek, Južno predgrađe 17, 31103 Osijek, Hrvatska, marko.josipovic@poljinos.hr; hrvoje.plavsic@poljinos.hr

[b] Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet, Drinska 16, Osijek 31000, Hrvatska, ltadic@gfos.hr; tamaradadic@gfos.hr; zsreng@gfos.hr

[c] Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet, Svačićeva 1d, Osijek 31000, jasna.sostaric@poljinos.hr; monika.markovic@pfos.hr

R 2.40.

RJEŠENJE NAVODNJAVANJA U SLIVU MIRNE KAO INSTRUMENT OSIGURANJA EKOLOŠKI PRIHVATLJIVIH PROTOKA

Ivana Mihalić Fabris, Lucija Blažević, Tatjana Travica, Nikola Cvitan, Josip Rubinić

SAŽETAK: Vodnogospodarska rješenja izgradnje vodozahvata i hidrotehničkih rješenja uređenja vodnih tokova neminovno nose promjene prirodnog vodnog režima. Tako su i postojeća rješenja regulacije rijeke Mirne, kao i korištenja voda za potrebe vodoopskrbe iz izvora u njezinom slivu, dovela ne samo do promjena morfoloških značajki toka već i bitno promijenjenog režima malih voda, pa čak i do presušivanja pojedinih dionica njenoga toka. Vezano pak uz korištenje voda na izvorima vodoopskrbe (Sv.Ivan, Bulaž i Gradole) i akumulaciji Butoniga, za spomenuti je da još uvijek nije propisan ekološki prihvatljivi protok (EPP), te se isti ni ne primjenjuje niti osigurava. Postoji više dokumenata s preporukama oko osiguranja EPP, ali nisu pripremljena rješenja koja bi cjelovito gledajući optimalizirala korištenje voda u slivu Mirne. Očekivane restrikcije valja zamijeniti primjerenijim pristupom – zamjenskim rješenjima koja nude uravnoteženje njezine bilance otjecanja, te mogućnost da se planiranim osiguravanjem zahvata za dodatna korištenja voda za navodnjavanje, riješi i problem malih voda Mirne te osigura EPP.

Naime, planiranim rješenjima o osiguranju vode za navodnjavanje izgradnjom akumulacija u slivu Mirne moguće je postići ne samo veću zaštitu od poplava u njezinu slivu nego i oplemenjivanje malih voda Mirne, kao i smanjenje velikih voda u sadašnjem kanaliziranom toku. Navedenim se pristupom otvaraju i mogućnosti za projektiranje morfoloških promjena korita na način da se ona revitaliziraju. Vodozahvat iz korita rijeke Mirne za osiguranje vode za navodnjavanje Bujštine, moguće i Poreštine, planiran je nizvodno od utoka izvora Gradole. Na toj se dionici toka već osjeća utjecaj uspora mora, tako da bi tranzit voda uzduž rijeke Mirne od akumulacija do samoga vodozahvata, mogao zapravo zamijeniti za sada neosiguran EPP, čime bi se osigurano kontinuitet vodnog tijeka Mirne uzduž njenog cjelovitog toka do utoka u more. Osim što takav koncept nudi cjelovito rješenje korištenja i zaštite voda, za očekivati je da bi zbog svoje ekološke komponente kojom se nastoji popraviti postojeće stanje u prostoru, u usporedbi sa samo jednostranim pristupom rješenja sustava u svrhu osiguranja vode za navodnjavanje (koje ujedno nosi nove pritiske korištenju voda u slivu Mirne) isti bio puno prihvatljiviji i za izgradnju sustava navodnjavanja putem EU fondova.

KLJUČNE RIJEČI: Integralno korištenje voda, višenamjenska rješenja, navodnjavanje, ekološki prihvatljiv protok

IRRIGATION IN THE MIRNA RIVER BASIN AS AN INSTRUMENT OF ENSURING ECOLOGICALLY ACCEPTABLE FLOWS

SUMMARY: Water management solutions for the construction of water intakes and hydrotechnical solutions for improvements of water flows inevitably cause changes in the natural water regime. In the same way, the existing regulation of the Mirna River and the use of water for water supply from springs within its catchment area have caused changes in the morphological characteristics of the flow which is significantly altered during low water levels to the point of drying out of its individual sections. With regard to water exploitation from the water supply sources (S. Ivan, Bulaž and Gradole) and reservoir Butoniga, it should be noted that ecologically acceptable flow has not been determined to date and is therefore not applied or ensured. There is a series of documents which contain recommendations for ensuring ecologically acceptable flow; however, the actual solutions for optimization of water use in the Mirna river basin have not been developed. The expected water restrictions must be replaced with a more appropriate approach, i.e. solutions which would improve the water balance and low water levels in the Mirna River, and thus ensure ecologically acceptable flow as well facilitate additional water use for irrigation.

Namely, the planned solutions for water supply for irrigation through construction of reservoirs in Mirna river basin may facilitate not only a higher level of flood protection in the basin, but also improve low water level conditions in the Mirna River and mitigate floods in its current canalized river flow. This approach would create possibilities for designing morphological changes in the river bed in a manner to enable its restoration. Water abstraction from the Mirna river for the provision of water for irrigation of the Buje area, possibly the Poreč area as well, is planned downstream from the confluence of the Gradola spring with the Mirna. This section of the flow is already influenced by sea surges and thus also the water flow along the Mirna, from the reservoirs to the water abstraction site, so it could actually establish the continuity of the Mirna flow along its entire length to its estuary and ensure ecologically acceptable flow. Apart from the fact that this concept offers integrated solution for water protection and use, it can also be expected that, due to its ecological component intended for remediation of the existing status as opposed to a unilateral solution of the system for supply of irrigation water (which would simultaneously create additional pressures on water use in the Mirna river basin), the new concept would be far more acceptable for the construction of irrigation systems from EU funds.

KEY WORDS: integral water use, multifunctional solutions, irrigation, ecologically acceptable flow.

1. UVOD

Rijeka Mirna najveći je vodotok na području Istre. Prema Rubiniću i sur. (2006), vrlo značajan dio vodne bilance Mirne (na godišnjoj razini oko 50%) daju joj krški izvori, kako stalni (u vodoopskrbni sustav uključeni Gradole, Bulaž, Sv.Ivan), tako i povremeni (Tombazin, Pivka). U slivu je 1988.g. izgrađena i višenamjenska akumulacija Butoniga. Zbog korištenja voda za vodoopskrbu, a manjim dijelom i za navodnjavanje, tijekom sušnih razdoblja smanjena je bilanca protoka u koritu Mirne te se povremeno javljaju i kritična stanja, pa čak i presušivanja pojedinih dionica toka.

Tijekom posljednjih 150 godina u slivu je realiziran niz vodnogospodarskih radova čime je bitno izmijenjeno prirodno stanje i režim otjecanja. U narednim je desetljećima za očekivati porast potreba za osiguranjem dodatnih količina voda za njihovo korištenje, ali i nove pritiske po vodni okoliš. Prije svega se to odnosi na predviđeno povećanje korištenja voda za navodnjavanje, za koju je svrhu za područje Mirne napravljen niz planskih dokumenata. Naime, opća je ocjena da suvremena poljoprivreda, pa i egzistencijalni opstanak ruralnog stanovništva u danim klimatološkim i hidrološkim uvjetima, nije moguć bez navodnjavanja. Ipak, učinak dodatnih pritisaka može se smanjiti, pa čak i promijeniti u smislu poboljšanja situacije u odnosu na postojeću u periodima malih voda, ukoliko se respektira potreba osiguranja ekološki prihvatljivih protok (EPP). Naime, za nijedan zahvat vode u slivu Mirne do sada nije propisan EPP, i s nastavkom te prakse vrlo brzo bi novi zahvati za korištenjem voda za navodnjavale rezultirali novim ekološkim posljedicama.

2. OPĆE ZNAČAJKE ANALIZIRANOG PODRUČJA I KORIŠTENJE VODA

Prema Kosu (2001) te Milotiću i Prodanu (2014), pojedini objekti uzduž toka Mirne realizirani su još u antičko doba, a uređenje pojedinih dionica toka Mirne datirana su za vrijeme mletačke vlasti. Tek nakon pada Mletačke republike 1797.g. vodno gospodarska problematika počinje se kompleksnije sagledavati, u kontekstu hidrološkog sustava, pa projektna rješenja i radovi na uređenju toka i sliva Mirne nisu više usmjereni samo na plovnost i eksploataciju Motovunske šume, već imaju i šire ciljeve, prije svega za postizanje poboljšanja zdravstvenih prilika suzbijanjem malarije povezane sa staništima na zamočvarenom tlu. Godine 1864. u Livadama je osnovana vodna zadruga za regulaciju, isušivanje i melioraciju donjeg toka rijeke Mirne (Milotić i Prodan, 2014). Do 1914.g. regulirano je prvih 5 km Mirne uzvodno od ušća. Za vrijeme talijanske uprave Istrom, između dva svjetska rata, nastavljeni su radovi na regulaciji donjeg toka Mirne, a koji su nakon II. sv. rata pa do 1975. intenzivirani te je regulacija korita rijeke Mirne kompletirana sve do Istarskih Toplica, a staro korito rijeke Mirne u njenom srednjem toku postalo mrtvi rukavac.

Godine 1988.g. dovršena je i višenamjenska akumulacija Butoniga volumena 19,7 mil. m^3, kao prva u nizu prethodnih planova i studija planiranih akumulacija za obranu od poplava i osiguranje voda za navodnjavanje. Treća planirana namjena – za navodnjavanje, nije nikad zaživjela zbog nedostatka vode u sušnijim godinama i prioriteta koji ima vodoopskrba. Nakon izgradnje akumulacije Butoniga za izdvojiti je dva dokumenta kojima se ukazalo na poželjan smjer razvoja sustava navodnjavanja s obzirom na potrebe, mogućnosti i potencijale istarskog poluotoka. To su Plan navodnjavanja na području istarskih slivova (Građevinski fakultet Rijeka, 1998) te Novelacija Plana navodnjavanja Istarske županije (INSTITUT IGH d.d. Rijeka, 2007). Nakon njih, izrađeni su i dokumenti nižega reda s detaljnijim sagledavanjima potreba i rješenja navodnjavanja pojedinih regionalnih cjelina – Poreštine, Rovinjštine, Bujštine) i Pazinštine, za koja je područja, iako najvećim dijelom izvan sliva rijeke Mirne, u velikoj mjeri planirano osiguranje voda upravo korištenjem vodnih resursa u slivu Mirne, i to iz novih akumulacija i preljevnih voda izvorišta vodoopskrbe.

Postojeće stanje korištenja vodnih resursa u slivu Mirne za potrebe vodoopskrbe je

takvo da krški izvori Sv.Ivan i Gradole predstavljaju okosnicu vodoopskrbe tijekom cijele godine. Akumulacija Butoniga dominantno podmiruje ljetne sezonske potrebe, iako zbog osiguranja primjerenog rada postrojenja za kondicioniranje i transportnih sustava, i tijekom zimskih razdoblja radi s minimalnim pogonom, dok je izvor Bulaz rezervno vodocrpilište koje se samo za iznimno sušnih godina uključuje u vodoopskrbu precrpljivanjem njegovih voda na izvor Gradole i postrojenje Butoniga. Prema analizama Građevinskog fakulteta Rijeka (2013) srednja godišnja izdašnost izvora Gradole iznosi 2,01 m^3s^{-1}, , crpi se prosječno godišnje 0,469 m^3s^{-1}, a maksimalna dnevna crpljenja kreću se do 1,16 m^3s^{-1}. Srednja godišnja izdašnost izvora Sv.Ivan iznosi 0,814 m^3s^{-1}, crpi se prosječno godišnje 0,167 m^3s^{-1}, a maksimalna dnevna crpljenja kreću se do 0,309 m^3s^{-1}. Srednja godišnja izdašnost izvora Bulaž iznosi 1,33 m^3s^{-1}, crpi se prosječno godišnje svega 0,010 m^3s^{-1}, ali pojedinih godina kao što je bilo spomenute ekstremno sušne 2012. godine 0,077 m^3s^{-1}, a maksimalna dnevna crpljenja kreću se do 0,198 m^3s^{-1}.

Akumulacija Butoniga izgrađena je kao objekt za osiguranje vodnih zaliha i za navodnjavanje i za vodoopskrbu, no zbog njenog relativno malog volumena i pojava iznimno sušnih godina, ne koristi se za navodnjavanje a čak je i njezina vodoopskrbna namjena bitno reducirana u odnosu na planiranu. Prema radu Černeha-Hajduk i suradnika (2007), srednji godišnji dotok iznosi 0,830 m^3s^{-1}, no pojedinih godina i više od dvostruko manje. Za vodoopskrbu se tijekom posljednjih godina koristi godišnje oko 5 mil. m^3, odnosno prosječno oko 0,160 m^3s^{-1},.Vidljivo je da su crpljene količine znatne, a u budućnosti se očekuje i njihov blaži porast. No, očekuje se i puno značajniji porast potreba za vodom za navodnjavanje.

Naime, prema provedenim procjenama, na prostoru Istarske županije trenutno se navodnjava oko 750 ha poljoprivrednih površina, za što se koristi oko 2mil. m^3 vode, uglavnom osiguranim crpljenjem iz priobalnog vodonosnika te manjim dijelom putem tzv. zelenih/poljoprivrednih brojila. Razvojne potrebe navodnjavanja Poreštine (Institut IGH d.d. Zagreb, 2007), Bujštine (Institut IGH d.d. PC Rijeka, 2011) i Pazinštine (Institut IGH d.d. PC Rijeka, 2013), kreću se ukupno čak oko 62 mil. m^3, odnosno prosječno oko 2.256 m^3ha-1, za što je predviđena izgradnja više sustava akumulacija i retencija od kojih su, u više različitih varijanti i s različitim volumenima, najznačajnije planirane upravo u slivu Mirne, kako neposrednom (akumulacije Benčići i Blaškići), tako i posrednom, u slivu izvora Bulaž (akumulacija Bračana) ukupnog volumena 54 mil.m^3. S obzirom da je prosječna srednja godišnja protoka Mirne na njenom ušću 11,3 m^3s^{-1}(Rubinić i sur., 2006), a proizlazi da bi se uz postojeće crpljenje za potrebe vodoopskrbe koje za vodne resurse u slivu Mirne prosječno godišnje iznosi oko 25 mil. m^3, trebalo osigurati još daleko značajnije količine vode. Time bi ukupno korištenje resursa u slivu Mirne doseglo oko 2-tak% ukupne godišnje bilance, a tijekom pojedinih vrlo sušnih godina taj bi omjer bio značajnije, u ekstremnim slučajevima čak i višestruko veći.

3. PROCJENA EKOLOŠKI PRIHVATLJIVOG PROTOKA – DOSADAŠNJI PRISTUPI I PRIJEDLOZI

U hrvatskoj legislativi još ne postoje čvrsti kriteriji vezani uz način propisivanja ekološki prihvatljivog protoka, iako to ima većina zemalja na širem regionalnom prostoru, i to kako onih koje su u sastavu Europske unije (npr. Slovenija, SL 97/2009), tako i one izvan nje (npr. Bosna i Hercegovina, SN FBiH 4/2013). No, obaveza njegovog definiranja i

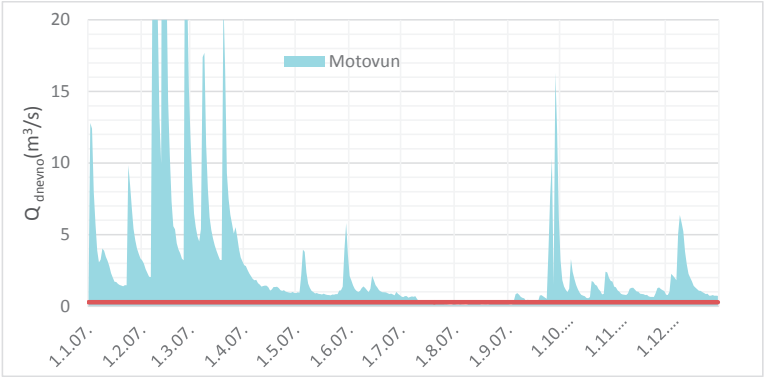
poštivanja neupitna je, iskazana je i u nekim recentnim vodnogospodarskim planovima i dokumentima, posljednje u Planu upravljanja slivom rijeke Mirne (Hrvatske vode VGO Rijeka, 2009), i samo je pitanje vremena kada će se dosljednije početi primjenjivati i u Hrvatskoj. Pitanje osiguranja odgovora na sve kritičnija sušna razdoblja koja su se počela zapažati u slivu rijeke Mirne počelo se postavljati još devedesetih godina prošlog stoljeća. U tom smislu (Rubinić i drugi, 1998; 2006) razmatraju pitanje osiguranja EPP u slivu Mirne na način da se sugerira da se tom problemu priđe na način da se nedostajuće količine vode osiguravaju vodom iz površinskih akumulacija u gornjem dijelu sliva, čime bi se optimiziralo korištenje voda iz kaptiranih izvora za potrebe vodoopskrbe, kao i revitalizacijom starog korita rijeke Mirne na dionici nizvodno od Istarskih toplica. Prilikom planiranja mogućnosti ostvarenja zahvata voda iz Mirne za navodnjavanje golf igrališta ispod Motovuna procijenjena je vrijednost EPP na 0,300 m^3s^{-1}, (Građevinski fakultet Rijeka, 2008). Plan upravljanja slivom rijeke Mirne (Hrvatske vode VGO Rijeka, 2009) kao odgovor na rastuće potrebe za vodom za vodoopskrbu i navodnjavanje, kao prioritetnu mjeru predviđa „definiranje minimalnih preljevnih količina za izvorišta i definiranje ekološki prihvatljivog protoka u vodotoku Mirne“. Stoga su i daljnji projekti vezani uz planiranje razvoja navodnjavanja u slivu Mirne (za područje sliva Bujštine – IGH d.d. PC Rijeka, 2010) respektirali potrebu osiguranja EPP čija je vrijednost određena hidrološkim pristupom – za profil Motovun 0,271 m^3s^{-1}, a Portonski most 0,300 m^3s^{-1} .
Nakon toga Hrvatske vode su inicirale izradu dokumenta Definiranje ekološki prihvatljivog protoka Mirne (Oikon, 2013) u kome je taj zadatak sagledavan na temelju raspoloživih hidroloških podataka kao i provedenih terenskih ekoloških istraživanja. Korištene su čak 22 hidrološke metode, pri čemu su izdvojeni i od strane obrađivača tog dokumenta preporučeni rezultati dvije od njih – rezultati po metodi Stainbach kao i prema preporukama zakonskih propisa u Sloveniji (sa sezonski različitim vrijednostima). Dobiven je vrlo širok spektar rezultata, pri čemu su po metodi Stainbacha dobiveni rezultati za profil Buzet 0,098, Motovun 0,310 te Portonski most 0,410 m^3s^{-1} . Definiranje EPP prema slovenskim propisima u spomenutom je dokumentu dalo vrlo naglašene razlike, odnosno gotovo trostruke veće vrijednosti protoka tijekom toplijeg dijela godine u odnosu na hladnije mjesece. Tako su za razdoblje 5.-9. mjeseca dobivene vrijednosti EPP za profil Buzet 0,240, Motovun 0,680 te Portonski most 0,900 m^3s^{-1}. U dokumentu Građevinskog fakulteta Rijeka (2013) također je sagledavana problematika definiranja EPP u kontekstu korištenja voda izvorišta za vodoopskrbu, pri čemu su prodiskutirani prijedlozi dani po Oikonu (2013). Zaključeno je da je nužno problem osiguranja EPP uklopiti u ostala planirana kompleksna vodnogospodarska rješenja u slivu rijeke Mirne kako bi se s jedne strane osigurale dovoljne količine voda i za ekološke potrebe vodotoka, ali i za potrebe vodoopskrbe te navodnjavanja za koje se planira intenzivan razvoj.

4. KONCEPT VODNOGOSPODARSKOG RJEŠENJA NAVODNJAVANJA

Pri izradi Idejnog projekta melioracija i navodnjavanja Poreštine (IGH d.d. Zagreb, 2007) i Idejnog rješenja odvodnje i navodnjavanja Bujštine (Institut IGH d.d. PC Rijeka, 2010), zbog svoje blizine, kao izvor iz kojega bi se mogle osigurati potrebne količine vode za navodnjavanje, prirodno se nametnula rijeka Mirna. Korištenje voda rijeke Mirne planirano je izgradnjom crpnih stanica Mirna-1 i Mirna-2 u njenom srednjem i donjem toku i to na način da će se količine crpljenja s vremenom povećavati kako se izgradnja

sustava bude širila i u sustav uključivale pojedine akumulacije u uzvodnijim dijelovima sliva. Lokacija crpne stanice Mirna-1 smještena je nizvodno od hidrološke postaje Portonski most i izvora Gradole, dok se crpna stanica Mirna-2 nalazi na dionici između vodomjernih postaja Motovun i Portonski most. Ovako objedinjenim proračunom količina potrebnih za punjenje akumulacija i mini akumulacija na području Poreštine i Bujštine dobivene su ukupne količine crpljenja na mjesečnoj razini tijekom karakteristične sušne godine. Usvojeni EPP nizvodno od lokacije zahvata CS Mirna-1 iznosi 300 l/s.

Za potrebe proračuna raspoloživih količina vode u Mirni provedena je analiza dnevnih protoka za stanice Motovun i Portonski most za razdoblje 1980. – 2009. kao i za registriranu sušnu 2007.godinu te obrada njihovih učestalosti i trajnosti. Budući je CS Mirna-2 smještena uzvodnije od CS Mirna-1 prvo će se prikazati analiza raspoloživih količina u rijeci Mirni na toj lokaciji. Radom ove crpne stanice osiguravaju se potrebe za vodom u posljednjoj fazi razvoja sustava navodnjavanja Bujštine i to crpljenjem količine od 300 l/s tijekom mjeseci u kojima ima najviše vode u rijeci Mirni. Mjerodavan profil za proračun raspoložive količine vode za CS Mirna-2 je postaja Motovun. Iz raspodjele dnevnih protoka sušne 2007. godine prikazane na Slici1 vidljivo je da postoje velike unutar godišnje razlike u protoku. Najmanji protoci se javljaju u srpnju i kolovozu dok se najveći javljaju u siječnju, veljači i ožujku. Predviđenim radom crpne stanice u zimskim mjesecima ne ugrožava se EPP.

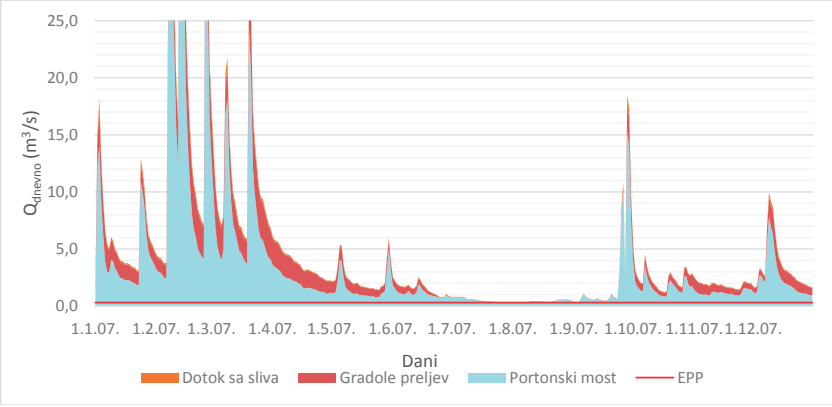


Slika 1. Međuodnos hoda srednjih dnevnih protoka i vrijednosti EPP na hidrološkoj postaji Motovun za sušnu 2007.godinu

CS Mirna-1 je objekt kojim se planira zahvaćati vode rijeke Mirne za sustave navodnjavanja Bujštine i Poreštine. Mjerodavan profil za proračun raspoložive količine vode za CS Mirna-1 je postaja Protonski most. Lokacija crpne stanice Mirna-1 je nizvodno od hidrološke postaje Portonski most i izvora Gradole. Ukupni protok na lokaciji zahvata jednak je raspoloživoj količini vode izmjerenoj na postaji Portonski most, uvećanoj za dotok s među sliva, zajedno s preljevnim vodama iz izvora Gradole. Također je uzeto u obzir i crpljenje vode na zahvatu crpne stanice Mirne-2 tijekom siječnja, veljače i ožujka. Vodna bilanca na lokaciji zahvata CS Mirna-1 prikazana je u Tablici 1i na Slici 2. Ukupna bilanca protoka na lokacijama zahvata crpnih stanica Mirna-1 i Mirna-2 dobivena je zbrojem protoka s najbliže referentne hidrološke postaje na Mirni i dotoka s među sliva.

Tablica 1. Vodna bilanca sr. mjesečnih protoka na lokaciji CS Mirna-1 za sušnu 2007. godinu

Zahvat CS Mirna-1												
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
Portonski most (m^3/s)	4,61	16,30	8,25	2,01	1,60	1,12	0,50	0,40	2,46	1,76	1,17	2,45
Gradole-preljev (m^3/s)	1,61	3,21	2,93	1,62	0,81	0,36	0,00	0,00	0,23	0,62	0,66	0,98
Dotok s međusliva (m^3/s)	0,41	0,43	0,39	0,47	0,21	0,12	0,04	0,08	0,12	0,14	0,44	0,53
Crpljenje na CS Mirna-2 (m^3/s)	-0,30	-0,30	-0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UKUPNO (m^3/s)	**6,33**	**10,52**	**9,51**	**11,27**	**5,59**	**2,99**	**0,85**	**1,52**	**2,51**	**3,00**	**9,21**	**11,97**

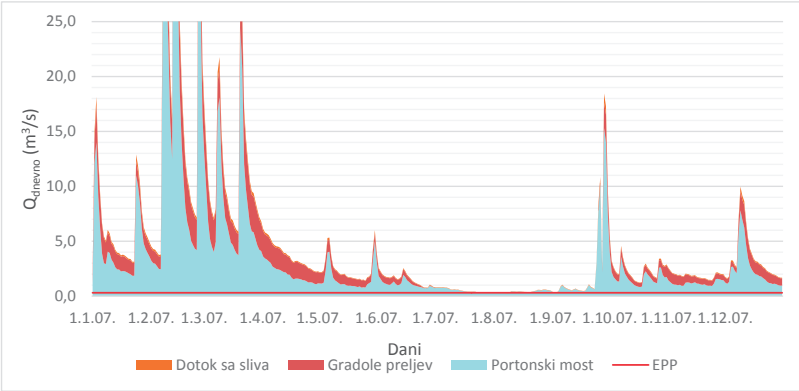


Slika 2. Međuodnosi hod ukupnih srednjih dnevnih protoka s karakterističnih lokacija i EPP na lokaciji CS Mirna-1 za sušnu 2007. godinu

U nastavku su analizirane mogućnosti zajedničkog zahvata vode za sustave navodnjavanja Bujštine i Poreštine s obzirom na njihove potrebe te količine vode dostupne za crpljenje iz rijeke Mirne. Budući da u ovom trenutku nije poznata vremenska dinamika izgradnje ovih dvaju sustava, analiza je izvršena uzimajući u obzir njihove istovremene implementacije kako bi se došlo do ukupnih zajedničkih količina koje će se crpiti kada oba sustava budu u cijelosti izgrađena. Osim ukupno potrebnih i raspoloživih količina, prikazan je i trenutak u kojemu će se javiti manjak vode u rijeci Mirni (Tablica 2 i Slika 3).

Tablica 2. Ukupno potrebne i raspoložive količine crpljenja za sušnu 2007. godinu

	Količine crpljenja (m^3/s)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Bujština	1,78	1,745	0,428	0,728	0,728	0,763	1,913	1,943	1,797	1,694	1,42	1,42
Poreština	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808
Ukupno	2,59	2,55	1,24	1,54	1,54	1,57	2,72	2,75	2,61	2,50	2,23	2,23
Raspoloživa količina Mirna	6,33	10,52	9,51	11,27	5,59	2,99	0,85	1,52	2,51	3,00	9,21	11,97
Razlika	3,74	7,96	8,27	9,74	4,06	1,42	-1,88	-1,23	-0,10	0,49	6,98	9,74



Slika 3. Mogućnosti zajedničkog zahvata vode za Bujštinu i Poreštinu te količine u rijeci Mirni

Iz prikazanog je vidljivo da se manjkovi u rijeci Mirni javljaju u najkritičnijim ljetnim mjesecima. Ti bi se manjkovi nadoknađivali puštanjem vode iz akumulacija iz gornjih dijelova sliva, čime bi se ne samo zadovoljile potrebe za vodom za navodnjavanje na spomenutim vodozahvatima, nego i vrlo značajno povećale protoke malih voda u koritu Mirne. Time bi se osiguralo protjecanje voda koje čak i prelaze procijenjenu vrijednost EPP na analiziranoj dionici toka. Na taj način bi se kompenzirale i štetne posljedice oduzimanja vodne bilance Mirne putem izvorišta koja se koriste za vodoopskrbu.

ZAKLJUČAK

Provedene analize u danom radu pokazale su da u slivu Rijeke Mirne već odavno, s početkom rada na regulaciji toka, postoje izraženi antropogeni pritisci. Oni se posebno osjećaju pri sušnim hidrološkim prilikama zbog oduzimanja dijela vodne bilance rijeke Mirne za potrebe vodoopskrbe, a u uvjetima nepostojanja osiguranja EPP. Ti će pritisci porasti realizacijom planiranog sustava za navodnjavanje, te je stoga nužno sustav za navodnjavanje voda iz sliva rijeke Mirne planirati na način da transport vode za navodnjavanje ujedno služi i za osiguranje EPP. U radu je prikazana jedna takva hipotetska mogućnost. Za konačan izbor rješenja sustava za navodnjavanje, kao i optimalizaciju veličine pojedinih njegovih elemenata, nužno je provesti detaljnija sagledavanja vodeći računa i o ekološkim elementima rješenja te osiguranju EPP.

LITERATURA

[1] Hajduk Černeha, B; Rubinić, J; Mihelčić, N, (2007): *Akumulacija Butoniga – poblemi bilance i kakvoće vode*. Zbornik radova 4.HKV Hrvatske vode i Europska unija - izazovi i mogućnosti (ur - Gereš, D). Hrvatske vode, Zagreb, 361-370.

[2] Građevinski fakultet Rijeka (2008): *Hidrološka analiza voda rijeke Mirne i bujice Krvar na području planiranog golf igrališta Brkač*. Rijeka.

[3] Građevinski fakultet Rijeka (2013): *Procjene hidroloških elemenata ekološki prihvatljivog protoka/biološkog minimuma izvora Sv.Ivan, Bulaž i Gradole*. Rijeka.

[4] Institut IGH d.d. ZG, (2007). *Idejni projekt melioracija i navodnjavanja Poreštine. Zagreb*.

[5] Institut IGH d.d. PC RI, (2010). *Idejno rješenje odvodnje i navodnjavanja Bujštine, Rijeka*.

[6] Kos, Z, (2001): *Vodoprivreda Gornjeg Jadrana. Adamić*, Rijeka, 303.

[7] Milotić, I; Prodan, L, (2014): *Stoljeće i pol organizirane vodoprivrede u Istri (1864.-2014.)*. Vodoprivreda d.o.o., Buzet, 370.

[8] Oikon (2013): *Definiranje ekološki prihvatljivog protoka Mirne*. Zagreb, nepubl.

[9] Rubinić, J; Kogovšek, J; Diković, S; Petrič, M; Hrvojić, E; Knez, M; Slabe, T, (2006): *Vode gornjeg i srednjeg toka rijeke Mirne*. Hrvatske vode. 14/ 54, 1-14.

AUTORI

Ivana Mihalić Fabris, dipl.ing.građ. [a]
Lucija Blažević, dipl.ing.građ. [b]
Tatjana Travica, dipl.ing.građ. [b]
Nikola Cvitan, mag.ing.aedif. [a]
dr.sc.Josip Rubinić, dipl.ing.građ. [c]

[a] Istarska županija, Upravni odjel za poljoprivredu, šumarstvo, lovstvo, ribarstvo i vodoprivredu, Šetalište pazinske gimnazije 1, Pazin 52100, Ivana.MihalicFabris@istra-istria.hr; Nikola.Cvitan@istra-istria.hr

[b] Institut IGH d.d. PC RI, Kukuljanovo 182/2, Kukuljanovo 51227, lucija.blazevic@igh.hr; tatjana.travica@igh.hr

[c] GF Sveučilišta u Rijeci, Radmile Matejčić 3, Rijeka 51000, jrubinic@gradri.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.41.

POTREBNA KOLIČINA VODE ZA NAVODNJAVANJE POLJOPRIVREDNIH KULTURA - PILOT PROJEKT ČERVAR-PORAT-BAŠARINKA

Ivan Šimunić, Bariša Matković, Milena Moteva, Marija Vukelić-Shutoska

SAŽETAK: Cilj istraživanja bio je utvrditi potrebnu količinu vode za navodnjavanje poljoprivrednih kultura na površini pilot projekta Červar-Porat-Bašarinka, I. faza izgradnje sustava. Ukupna površina obuhvaćena projektom iznosi 605 ha, dok se za navodnjavanje predviđa površina od 555 ha. Za navodnjavanje poljoprivrednih kultura koje su predviđene u plodoredu potrebno je u prosječnoj godini osigurati ukupno 608.939 m^3 vode, dok je u sušnoj godini potrebno osigurati 810.421,5 m^3.

KLJUČNE RIJEČI: voda, navodnjavanje, poljoprivredne kulture

REQUIRED WATER QUANTITIES FOR IRRIGATION OF AGRICULTURAL CROPS - DEMONSTRATION PROJECT ČERVAR-PORAT-BAŠARINKA

SUMMARY: The objective of this investigation was to determine the amount of water quantity necessary for irrigation of agricultural crops in the demonstration project Červar-Porat-Bašarinka, Phase I of the system construction. The total area of the demonstration project equals 605 ha, of which 555 ha are intended for irrigation. The provision of 608,939 m^3 of water is necessary for irrigation of the crops foreseen in the crop rotation in an average year, whereas 10,421.5 m^3 of water are required in a draught year.

KEY WORDS: water, irrigation, agricultural crops

1. UVOD

U posljednjem desetljeću na području Republike Hrvatske zabilježene su pojave dugotrajnih i intenzivnih suša koje su zbog nestašice vode prouzročile znatne štete u poljoprivrednoj proizvodnji. Nedostatak vode tijekom vegetacije sve više ograničava poljoprivrednu proizvodnju i umanjuje prinose tako da se sukladno Nacionalnom planu navodnjavanja učestalo donose planovi i izrađuju projekti za navodnjavanje kojima se predviđa navodnjavanje većih poljoprivrednih površina na području više regija (županija). Planiranje, odnosno izvođenje sustava navodnjavanja je zahtjevna zadaća koja podrazumijeva multidisciplinirani pristup problemu. Pri planiranju navodnjavanja, osim

gospodarskog značaja, važna je blizina vodotoka te dovoljna količina i kakvoća vode (Vega i sur., 1998.; Petersen i sur., 2001.), pogodno tlo za navodnjavanje i zainteresirani korisnik.
Cilj istraživanja bio je utvrditi potrebnu količinu vode za navodnjavanje poljoprivrednih kultura na površini pilot projekta Červar-Porat-Bašarinka, I. faza izgradnje sustava.

2. PRORAČUN POTREBA VODE ZA NAVODNJAVANJE POLJOPRIVREDNIH KULTURA

Pri projektiranju sustava za navodnjavanje potrebno je poznavati potrebe uzgajanih kultura za vodom na određenom području. Na temelju proračuna potreba kultura za vodom i proračuna raspoložive količine vode utvrđuje se manjak vode u tlu za svaku kulturu, odnosno potreba navodnjavanja. Ako je poznata veličina površine na kojoj će se uzgajati pojedina kultura moguće je izračunati ukupni nedostatak vode za datu površinu. Za izračunavanje potreba vode za navodnjavanje poljoprivrednih kultura korišteni su klimatski podaci meteorološke postaje Poreč, za razdoblje od 1981. do 2005. Prosječni mjesečni klimatski elementi: temperatura zraka, relativna vlaga zraka, srednja brzina vjetra i insolacija koristili su se za izračunavanje referentne evapotranspiracije (ETo), prema Penman-Monteith metodi, pomoću računalnog programa CropWat-verzija 5,7 (Smith, 1992.). Mjesečne vrijednosti oborina koristile su se za izračunavanje prosječne vrijednosti oborina i vjerojatnost prekoračenja godišnjih količina oborina od 75%. Za izračunavanje korisnih oborina koristila se metoda United States Bureau of Reclamation (USBR). Evapotranspiracija kulture određena je na temelju referentne evapotranspiracije i pripadajućeg koeficijenta potrošnje vode ili koeficijenta kulture u određenom stadiju njezina razvoja.
Pilot projekt Červar-Porat-Bašarinka obuhvaća ukupnu površinu od 605 ha. Navodnjavanje bi se primjenjivalo na površini od 555 ha (91,8%) na kojoj bi se uzgajale lucerna, povrtlarske kulture (rajčica i kupus), vinova loza te višegodišnje drvenaste kulture (maslina i breskva), dok se ne bi navodnjavala površina od 50 ha (8,2%) na kojoj bi se uzgajale ratarske kulture pšenica i ječam. U tablici 1. prikazan je predviđeni plodored i zastupljenost kultura u plodoredu za razdoblje od 2016. do 2018.

Tablica 1. Plodored i zastupljenost kultura na području pilot projekta, razdoblje 2016.-2018.

Razdoblje	Kultura	Zastupljenost kultura u plodoredu			
		Površina			
		Nenavodnjava		Navodnjava	
		ha	%	ha	%
2016.-2018.	Pšenica	25	4,1	-	-
	Ječam	25	4,1	-	-
	Lucerna	-	-	57	9,4
	Rajčica	-	-	43,5	7,2
	Kupus	-	-	43,5	7,2
	Vinova loza	-	-	116	19,2
	Maslina	-	-	150	24,8
	Breskva	-	-	145	24,0
		50	**8,2**	**555**	**91,8**
	Ukupno	**605**			

2.1. Referentna evapotranspiracija

Vrijednosti referentne evapotranspiracije ovise o podneblju odnosno klimatskim elementima koji se koriste za izračunavanje evapotranspiracije. Za područje pilot projekta Červar-Porat-Bašarinka srednje mjesečne vrijednosti referentne evapotranspiracije prikazane su u tablici 2.

Tablica 2. Srednja mjesečna temp. zraka, relativna vlaga zraka, dnevna brzina vjetra, insolacija, sol. radijacija i referentna evapotranspiracija(ETo)

Mjesec	Temp. (^oC)	RH (%)	V (km/dan)	Insolacija (sati/dan)	Sol. radijacija (MJ/m2/dan)	ETo (mm/dan)
I	4,7	78	233	3,1	5,0	0,7
II	4,7	74	233	4,4	8,0	1,1
III	7,8	73	251	6,1	12,9	1,7
IV	11,7	73	251	6,8	16,9	2,5
V	16,8	73	242	9,1	22,0	3,6
VI	20,4	71	233	10,1	24,2	4,5
VII	20,4	67	233	11,2	25,2	4,8
VIII	22,6	69	225	10,4	22,2	4,4
IX	18,4	75	233	7,8	15,8	3,0
X	14,4	80	225	5,4	9,9	1,7
XI	9,6	79	233	3,4	5,7	1,1
XII	6,4	78	233	3,0	4,5	0,8
God.	**13,2**	**74**	**235**	**2511,0**		**912,5**

U tablici 2. vidljivo je da je najveća dnevna evapotranspiracija bila u srpnju i iznosila je 4,8 mm/dan odnosno 148,8 mm/mjesec, dok je najmanja bila u siječnju i iznosila je 0,7 mm/dan odnosno 21,7 mm/mjesec. Ukupna godišnja referentna evapotranspiracija za razmatrano razdoblje iznosila je 912,5 mm.

2.2. Efektivne oborine

Efektivne ili korisne oborine su dio ukupnih oborina koje biljke mogu koristiti za rast i razvoj. Dakle, to je raspoloživa voda. Razlika između raspoložive i vode potrebne biljkama predstavlja količinu vode koju treba osigurati navodnjavanjem.

U tablici 3. prikazana je razlika između efektivnih oborina u prosječnoj godini i referentne evapotranspiracije-na razini čitave godine i tijekom vegetacijskog razdoblja, dok je u tablici 4. prikazana razlika između efektivnih oborina pri vjerojatnosti prekoračenja godišnjih količina oborina od 75% (sušne godine- Fa≥75%) i referentne evapotranspiracije, također na razini čitave godine i tijekom vegetacije.

U tablici 3. vidljivo je da je u prosječnoj godini, na razini čitave godine razlika između efektivnih oborina i referentne evapotranspiracije iznosila 174,4 mm vode, dok je u vegetacijskom razdoblju razlika bila izraženija i iznosila je 328,4 mm. U sušnoj godini, također na razini čitave godine, razlika između efektivnih oborina i referentne evapotranspiracije iznosila je 238,7 mm, dok je u vegetacijskom razdoblju razlika bila veća i iznosila je 349,0 mm. Uspoređujući podatke prosječne godine i sušne godine na razini godine, vidljivo je da je razlika u količini efektivnih oborina iznosila 64,3 mm, dok

Tablica 3. Srednja mjesečna količina oborina, efektivne oborine, referentna evapotranspiracija te razlika između efektivnih oborina i referentne evapotranspiracije na razini godine i za vrijeme vegetacije-u godini s prosječnom količinom oborina

Mjesec	Ukupne oborine	Efektivne oborine	Referentna evapotranspiracija	Godišnja razlika	Vegetacijska razlika
	P (mm)	Pe (mm)	ETo (mm)	Pe-ETo (mm)	Pe-ETo (mm)
I	47,9	44,2	21,7	22,5	
II	46,4	43,0	30,8	12,2	
III	48,1	44,4	52,7	-8,3	
IV	61,9	55,8	75,0	-19,2	-19,2
V	62,7	56,4	111,6	-55,2	-55,2
VI	74,9	65,9	135,0	-69,1	-69,1
VII	45,4	42,1	148,8	-106,7	-106,7
VIII	79,1	69,1	136,4	-67,3	-67,3
IX	94,0	79,9	90,0	-10,9	-10,9
X	110,5	91,0	52,7	38,3	
XI	100,1	84,1	33,0	51,1	
XII	71,1	63,0	24,8	38,2	
Ukupno	842,1	**738,8**	**912,5**	**-174,4**	**-328,4**

Tablica 4. Srednja mjesečna količina oborina, efektivne oborine, referentna evapotranspiracija te razlika između efektivnih oborina i referentne evapotranspiracije na razini godine i za vrijeme vegetacije-u sušnoj godini

Mjesec	Ukupne oborine	Efektivne oborine	Referentna evapotranspiracija	Godišnja razlika	Vegetacijska razlika
	P (mm)	Pe (mm)	ETo (mm)	Pe-ETo (mm)	Pe-ETo (mm)
I	31,6	30,0	21,7	8,3	
II	18,6	18,0	30,8	-12,8	
III	33,2	31,4	52,7	-21,3	
IV	107,7	89,1	75,0	14,1	14,1
V	81,0	70,5	111,6	-41,1	-41,1
VI	77,9	68,2	135,0	-66,8	-66,8
VII	37,4	35,2	148,8	-113,6	-113,6
VIII	47,2	43,6	136,4	-92,8	-92,8
IX	44,3	41,2	90,0	-48,8	-48,8
X	84,8	73,3	52,7	20,6	
XI	139,1	108,1	33,0	75,1	
XII	74,3	65,6	24,8	40,4	
Ukupno	777,1	**674,2**	**912,5**	**-238,7**	**-349,0**

je razlika u količini efektivnih oborina u vegetacijskom razdoblju iznosila 20,6 mm. Evidentno je da u prosječnim, a još više u sušnim godinama postoji veliki nedostatak vode te se navodnjavanje nameće kao nužna melioracijska mjera.

2.3. Evapotranspiracija biljaka (uzgajanih kultura)

Vrijednost evapotranspiracije biljke odnosno uzgajane kulture razlikuje se od vrijednosti referentne evapotranspiracije. Isto tako, postoje razlike u evapotranspiraciji ovisno o vrsti biljaka, što je uvjetovano anatomskom građom i fiziologijom biljaka, a time postoje i različite potrebe biljaka za vodom. Evapotranspiracija kultura izračunata je prema jednadžbi (1):

$$ETc=ETo \bullet kc\ (mm) \quad (1)$$

ETc - evapotranspiracija kulture (mm)
ETo - referentna evapotranspiracija (mm)
kc - koeficijent kulture

Manjak vode za svaku poljoprivrednu kulturu izračunat je prema jednadžbi:

$$PNk=ETc - Pef\ (mm) \quad (2)$$

PNk- manjak vode-potreba navodnjavanja kultura (mm)
Pef- efektivne oborine (mm)

U tablici 5. prikazani su rezultati manjka vode u tlu za predviđene poljoprivredne kulture u prosječnim i sušnim godinama.

Tablica 5. Manjak vode u tlu za predviđene poljoprivredne kulture (mm)- u prosječnim i sušnim godinama

Mjesec	Lucerna		Rajčica		Kupus		Vinova loza		Maslina		Breskva	
	***P**	****S**	**P**	**S**	**P**	**S**	**P**	**S**	**P**	**S**	**P**	**S**
IV	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V	38,5	24,4	-	-	-	-	13,6	-	-	-	-	-
VI	48,9	46,6	28,6	26,3	28,6	26,3	15,1	12,8	1,6	-	15,1	12,8
VII	84,4	91,3	114,1	121,0	99,3	106,2	62,1	69,0	47,2	54,1	62,1	69,0
VIII	46,8	72,3	40,0	65,5	60,5	86,0	12,7	38,2	12,7	38,2	12,7	38,2
IX	-	35,3	-	-	1,1	39,8	-	-	-	-	-	-
Ukupno	**226,6**	**269,9**	**182,7**	**212,8**	**189,5**	**258,3**	**103,5**	**120,0**	**61,5**	**92,3**	**89,0**	**120,0**

* Manjak vode u prosječnoj godini (mm)
** Manjak vode u sušnoj godini (mm)

2.4. Potrebna količina vode

Budući da se u trogodišnjem razdoblju veličina površina u strukturi proizvodnje ne bi mijenjala, izračunate ukupne potrebe za vodom također se ne bi mijenjale. Godišnji manjak vode za svaku kulturu površine jednog hektara kao i ukupni manjak vode po kulturama za površinu predviđenu za navodnjavanje u slučaju pojave prosječne ili sušne godine prikazan je u tablici 6.

Tablica 6. Godišnji manjak vode po kulturama utvrđen po jednom hektaru i ukupni manjak vode za predviđenu površinu u slučaju pojave prosječne ili sušne godine

Kultura	Površina (ha)	Godišnji manjak vode		Ukupne potrebe za vodom	
		Prosječna godina (m^3/ha)	Sušna godina (m^3/ha)	Prosječna godina (m^3)	Sušna godina (m^3)
Lucerna	57	2266	2699	129.162	153.843
Rajčica	43,5	1827	2128	55.984,5	92.568
Kupus	43,5	1895	2583	82.432,5	112.360,5
Vinova loza	116	1035	1200	120.060	139.200
Maslina	150	615	923	92.250	138.450
Breskva	145	890	1200	129.050	174.000
Ukupno godišnje				**608.939**	**810.421,5**

2.5. Hidromodul navodnjavanja

Hidromodul se može definirati kao jedinična potrošnja vode uzgajanih kultura na površini jednog hektara u jedinici vremena, a izražava se u l/s/ha. Značajan je element u projektiranju sustava za navodnjavanje. Hidromodul navodnjavanja se može izračunavati na više načina, te stoga mogu nastati velike razlike u vrijednosti ovog elementa za isti slučaj.

Neto hidromodul je količina vode koju treba neprekidno dovoditi do navodnjavane površine, a može se izračunati prema jednadžbi (3):

$$q(n)=Ud \bullet \frac{10000}{86400} = \frac{Ud}{8,64} \qquad (3)$$

q (n) -neto hidromodul (l/s/ha)

Ud - maksimalni dnevni utrošak vode (mm/dan) - odnosi se na mjesec s maksimalnom evapotranspiracijom kulture i efektivne oborine (Pef) pri vjerojatnosti prekoračenja godišnjih količina oborina od 75% (sušne godine) u mjesecu s maksimalnom evapotranspiracijom

Bruto hidromodul je količina vode koja se neprekidno dovodi do navodnjavane površine i uključuje gubitke vode u distribucijskoj mreži. Uzimajući u obzir navedene gubitke koji se javljaju pri distribuciji vode i gubitke koji se javljaju na opremi, određuju se ukupni gubici kod sustava, odnosno učinkovitost sustava navodnjavanja. Bruto hidromodul može se izračunati prema jednadžbi (4):

$$q(b)=\frac{q(n)}{E} \qquad (4)$$

q(b) - bruto hidromodul (l/s/ha)

E - učinkovitost sustava za navodnjavanje- gubici u distribucijskoj mreži sustava i gubici na opremi za navodnjavanje

Tablica 7. Učinkovitost sustava za navodnjavanje

Kultura	Navodnjavana površina (ha)	Tip opreme	Gubici u distribuciji sustava	Gubici na opremi	Efikasnost sustava za navodnjavanje
Lucerna	57	Kišenje	10%	20%	
Rajčica	43,5	Kap na kap ili minirasprskivači	10%	10%	
Kupus	43,5	Kap na kap ili minirasprskivači	10%	10%	
Vinova loza	116	Kap na kap	10%	10%	
Maslina	150	Kap na kap	10%	10%	
Breskva	145	Kap na kap	10%	10%	
Ukupno	**555**		10%	11,6%	**78,4 % (0,784)**

Radni hidromodul je količina vode koja se dovodi kroz određen broj sati na dan na jedinicu površine. U ovom slučaju predviđeno je navodnjavanje kultura u trajanju od 16 sati. Radni hidromodul predstavlja maksimalni protok vode koji se može pojaviti u bilo kojoj točki distribucijskog sustava. To je značajan podatak potreban za hidrauličko dimenzioniranje distribucijskog cjevovoda i računa se samo za navodnjavanu površinu. Da bi se izračunao radni hidromodul moraju se prethodno izračunati neto i bruto hidromodul. Radni hidromodul izračunava se prema jednažbi (5).

$$q(r)= \frac{q(b)}{t/24} \tag{5}$$

q(r) - radni hidromodul (l/s/ha)

t - vrijeme rada sustava za navodnjavanja (sati)

Ponderiranjem radnog hidromodula navodnjavanja sa zastupljenošću površine pojedine kulture obuhvaćene navodnjavanjem u strukturi proizvodnje izračunava se ponderirani hidromodul navodnjavanja, koji predstavlja sumu maksimalnih ponderiranih radnih hidromodula. To je maksimalni protok vode koji se može pojaviti na crpnoj stanici tijekom godine s obzirom na planiranu strukturu proizvodnje. Značajan je element za dimenzioniranje crpne stanice.

Ponderirani hidromodul je manji u odnosu na radni hidromodul na koji se dimenzioniraju distribucijski cjevovodi te se koristi u slučaju kada crpna stanica ne tlači izravno vodu u cjevovod. Ako crpna stanica tlači izravno vodu u distribucijski cjevovod onda su radni hidromodul cjevovoda i hidromodul crpne stanice jednaki. Vrijednosti neto, radnog i ponderiranog hidromodula prikazani su u tablici 8.

Tablica 8. Veličina površine i % zastupljenosti pojedinih kultura predviđenih za navodnjavanje, neto hidromodul, radni i ponderirani hidromodul navodnjavanja

Kultura	Navodnjavana površina		q(n) max (l/s/ha)	q(r) max (l/s/ha)	q(pond.) (l/s/ha)
	ha	%			
Lucerna	57	10,27	0,341	0,653	0,067
Rajčica	43,5	7,84	0,451	0,863	0,068
Kupus	43,5	7,84	0,397	0,760	0,060
Vinova loza	116	20,90	0,258	0,494	0,103
Maslina	150	27,03	0,202	0,387	0,105
Breskva	145	26,12	0,258	0,494	0,129
Ukupno	**555**	**100,00**		0,609	**0,532**

ZAKLJUČAK

1. Pilot projekt Červar-Porat-Bašarinka, I. faza izgradnje sustava obuhvaća površinu od 605 ha, dok se za navodnjavanje predviđa površina od 555 ha.
2. U trogodišnjem razdoblju od 2016. do 2018. godine, u strukturi poljoprivredne proizvodnje za navodnjavanje su predviđene poljoprivredne kulture lucerna, rajčica, kupus, vinova loza, maslina i breskva, dok se pšenicu i ječam ne bi navodnjavalo.
3. Manjak vode u prosječnoj godini za kulture predviđene u plodoredu iznosio je od 61,5 mm kod masline do 226,6 mm kod lucerne, dok je manjak vode u sušnoj godini iznosio od 92,3 mm kod masline do 269,9 mm kod lucerne.
4. Za navodnjavanje poljoprivrednih kultura koje su predviđene u plodoredu potrebno je u prosječnoj godini osigurati ukupno 608.939 m^3 vode, dok je u sušnoj godini potrebno osigurati 810.421,5 m^3.
5. Za projektiranje distribucijskog cjevovoda vrijednost radnog hidromodula iznosi 0,609 l/s/ha, dok za projektiranje crpne stanice ponderirani hidromodul iznosi 0,532 l/s/ha.

LITERATURA

[1] Allen, R. G., Pereira, L. S., Reas, D., Smith, M. (1998): *Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements*, FAO Irrigation and Drainage paper. No 56, Rome.

[2] Dastane, N. G. (1974): *Effective rainfall in irrigated agriculture*. FAO Irrigation and Drainage paper, No.25, Rome.

[3] Doorenbos, J., Pruitt, N. O. (1998): *Crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage paper, No. 24, Rome.

[4] Petersen, W., Bertino, L., Callies, U., Zorita, E. (2001): *Process identification by principal component analysis of river water-quality data*. Ecological Modelling, 138:193-213.

[5] Smith, M. (1992): *Cropwat-A computer program for irrigation planning and management*. FAO Irrigation and Drainage paper, No. 46, Rome.

[6] Vega, M., Pardo, R., Barrado, E., Deban, L. (1998): *Assesment of seasonal and polluting effects on the river water by exploratory data analysis*. Water Research, 32 (12): 3581- 3592.

AUTORI

prof.dr.sc. Ivan Šimunić [a]
Bariša Matković, dipl.ing.građ. [b]
prof.dr.sc. Milena Moteva [c]
prof.dr. Marija Vukelić-Shutoska [d]

[a] Agronomski fakultet, Zavod za melioracije, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, E-mail: simunic@agr.hr

[b] Hidro-expert d.o.o., Bujska 5, 51000 Rijeka, Hrvatska, E-mail: barisa@hidroexpert.hr

[c] University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Faculty of Geodesy, Department of Land Management and Agricultural Development, Hristo Smirnenski, Blvd, 1046 Sofia, Bulgaria, E-mail: m_moteva@abv.bg

[d] University Ss. Cyril and Methodius, Faculty of Agricultural Sciences and Food, Blvd. Aleksandar Makedonski bb, 1000 Skopje, Republic of Macedonia, E-mail: marijavs@zf.ukim.edu.mk

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 2.42.

REKONSTRUKCIJA HIDROMELIORACIJSKOG SUSTAVA ZA BOLJE KORIŠTENJE POLJOPRIVREDNIH POVRŠINA U SINJSKOM POLJU

Igor Ljubenkov, Berislav Glavaš, Živko Barbarić

SAŽETAK: Sinjsko polje s površinom 6.200 ha je jedno od najvećih hrvatskih krških polja, a smješteno je uz srednji tok rijeke Cetine. Poljoprivreda na ovom polju ima dugu tradiciju. Komasacija i hidromelioracijski radovi u polju započeti su sredinom XX. stoljeća, u sklopu čega su izgrađeni brojni hidromelioracijski objekti: kanali, nasipi, crpne stanice i dr. čime se zaštitilo i uredilo oko 4.000 ha obradivih poljoprivrednih površina.

Polje je većim dijelom u privatnom vlasništvu, izuzev 550 ha u državnom vlasništvu, koje je nekada koristio PIK „Trnovača“ i PZ „Trilj“. Današnje prilike na Sinjskom polju su znatno drugačije nego prije Domovinskog rata. S tehničkog aspekta postojećom kanalskom mrežom potrebno je osigurati pravilnu odvodnju i omogućiti navodnjavanje što je složena zadaća jer se radi o tzv. mješovitom sustavu pa su pojedini proizvođači povremeno izloženi nedostatku ili višku vode. S organizacijskog aspekta poljoprivrednici djeluju individualno, suočeni su s problemom plasmana i otkupa svojih proizvoda, što je jedan od većih razloga smanjenog korištenja (obrade) poljoprivrednih površina. U ovom radu dati će se prikaz postojećeg korištenja Sinjskog polja te će se predložiti mjere i aktivnosti uređenja, izgradnje ili rekonstrukcije hidromelioracijskog sustava kako bi se omogućilo bolje korištenje poljoprivrednih površina.

KLJUČNE RIJEČI: Odvodnja, Navodnjavanje, Sinjsko polje, Uređenje, Poljoprivreda

RECONSTRUCTION OF THE AMELIORATION DRAINAGE SYSTEM FOR IMPROVED UTILIZATION OF AGRICULTURAL LAND IN SINJSKO POLJE

SUMMARY: Sinjsko polje, covering the area of 6,200 ha, is among the largest karst fields in Croatia. It is located along the middle course of the Cetina River. Agriculture has a long tradition in this area, where land consolidation and amelioration drainage works started in mid-20th century with the construction of numerous amelioration drainage facilities (canals, dikes, pumping stations, etc.) to protect and improve about 4,000 ha of arable land. The field is mostly privately owned, with the exception of 550 ha in the state ownership which were previously used by the Agro-Industrial Combine (PIK) “Trnovača“ and the

Farming Cooperative "Trilj". The present conditions in Sinjsko polje significantly differ from those before the Homeland War. From the technical viewpoint, the existing canal network should ensure regular drainage and facilitate irrigation, which is a complex task due to the fact that this is a combined system which occasionally exposes individual farmers to a shortage or excess of water. In terms of organisation, farmers operate individually, which creates problems with product placement and purchase and is a major reason for a reduced farming in the field. This paper will provide an overview of the existing utilization of Sinjsko polje and propose measures and activities for improvement, construction or reconstruction of the amelioration drainage system to enable a better use of agricultural land.

KEY WORDS: Drainage, Irrigation, Sinjsko polje, Improvement, Agriculture

1. UVOD

1.1. Položaj i prirodna obilježja

Sinjsko polje smješteno je u dalmatinskoj zagori u srednjem dijelu toka rijeke Cetine, neposredno uz grad Sinj. S površinom 6.200 ha ubraja se među najveća hrvatska krška polja. Polje se proteže u smjeru sjever-jug u dužini oko 12 km dok mu je (poprečna) širina 5-6 km. Najveći dio polja nalazi se na nadmorskoj visini izmedu 294 i 300 m n.m. Rijeka Cetina dijeli polje na desno (oko 4.300 ha) i lijevo (oko 1.900 ha) zaobalje.

Područje Sinjskog polja je sa svih strana okruženo obroncima dinarsko-planinskog sustava: Dinara sa sjeverne (1.912 m n.m.), Kamešnica sa istočne (1.855 m n.m.), Svilaja sa zapadne (1.508 m n.m.) te nižih brda triljskog kraja s južne strane. Zbog položaja i blizine mora klimatske prilike su složene s obilježjima kontinentalne i mediteranske klime.

Srednja godišnja količina oborina je 1.146 mm (Sinj, 1981.-2010.). Najveće količine oborina javljaju se u jesensko-zimskom razdoblju sa mjesečnim vrijednostima i većim od 300 mm. Najmanje su oborine u ljetnom periodu kada može biti tek nekoliko mm/mj. Najveća zabilježena dnevna oborina bila je 153 mm (13.11.1997.).

U istom periodu (1981.-2010.) temperature su varirale od -21,5 do 39,7°C. Srednja godišnja temperatura je 12,9°C (Sinj). Najviše temperature su od lipnja do kolovoza, a najniže od studenog do ožujka s ranim i kasnim mrazevima. Pored navedenog, potrebno je napomenuti da Sinjsko polje karakterizira i pojava jakih vjetrova.

Polje se od sredine XX. stoljeća intenzivno koristi za poljoprivredu. Najvećim dijelom ono je u privatnom vlasništvu, izuzev 550 ha u državnom vlasništvu, koje je nekada koristio PIK „Trnovača" i PZ „Trilj". Ipak, sadašnja poljoprivredna situacija je nešto drugačija nego prije, jer se sve manje površina obrađuje. Prema procjeni, danas se manje od 40% površine polja koristi. Poljoprivredni proizvođači suočeni su sa tehničkim (odvodnja i navodnjavanje) i organizacijskim (otkup i plasman proizvoda) problemima.

Postojeći sustav kanala koristi se za odvodnju i navodnjavanje (tzv. mješoviti sustav) zbog čega je s kanalskom mrežom potrebno evakuirati višak voda s poljoprivrednih površina u vlažnom dijelu godine, a isto tako i omogućiti navodnjavanje u sušnom dijelu godine. Takve zahtjeve vrlo je teško uspješno održavati jer ovise o čitavom nizu čimbenika kao što su stanje kanalske mreže, režim podzemnih voda, plodored i dr. Za poboljšanje prilika neophodno je poduzeti određene mjere i aktivnosti uređenja, izgradnje ili rekonstrukcije

postojećeg hidromelioracijskog sustava, što će se elaborirati u ovome radu. Svako ulaganje u sustav imat će svoju ekonomsku i socijalnu opravdanost na lokalnoj i regionalnoj razini, dok se na višoj (EU) razini otvara mogućnost korištenja odgovarajućih fondova.

1.2. Podzemna voda

Hidrogeološke odnose šireg područja Sinjskog polja karakterizira krški, pukotinsko-kavernozni vodonosnik u istočnom zaleđu polja i slabo propusne miocenske naslage koje ispunjavaju polje. Kvartarni aluvijalni vodonosnik sa međuzrnskom poroznošću javlja se u naplavinama rijeke Cetine. Debljina mu je nekoliko metara, a snažno ga hrani rijeka Cetina i značajni izvori po istočnom rubu Sinjskog polja (Ruda, Kosinac i dr.). Mnogobrojnim trasiranjem podzemnih voda dokazano je da glavnina voda navedenih izvora potječe iz Livanjskog polja i podrucja Buškog blata (BiH).

Podzemna voda na području Sinjskog polja ima određeno kolebanja tijekom godine s obzirom na hidrološke, geološke i dr. uvjete. U vlažnom jesensko-zimskom periodu (listopad-veljača), u kojem padne polovina oborina, nivo podzemne vode je vrlo visok, gotovo do same površine terena, pogotovo u nižim dijelovima polja. S druge pak strane, u ljetnom periodu (srpanj – rujan), u kojem padne manji dio oborine, profil zemljišta se isuši, barem u površinskom dijelu. Nažalost, ne postoje organizirana i kontinuirana mjerenja nivoa podzemnih voda u Sinjskom polju. Stoga su Hrvatske vode upravo započele aktivnosti kako bi se uspostavio monitoring pdozemnih voda na području polja. Prvi rezultati očekuju se 2015/2016 godine čime će se dobiti bolji uvid u režim podzemnih voda i korisni podaci na rješavanje odvodnje.

Osim oborina, utjecaj na stanje i nivo podzemnih voda u polju imaju i površinske vode kao što su vode u rijeci Cetini i kanalima, koje se infiltriraju u melioracijsko područje. Nivo vode u kanalima je pod utjecajem čovjeka odnosno ovisi o režimu rada vodnih građevina (crpne stanice, vodozahvati, ustave), ali i poljoprivrednim aktivnostima.

2. POVIJESNI RAZVOJ I POSTOJEĆE STANJE MELIORACIJA

Melioracija Sinjskog polja započela je krajem 1930-tih godina produbljenjem i proširenjem korita rijeke Cetine kroz Triljski tjesnac. Radovi su završeni 1947. nakon čega je snižen nivo poplavnih voda za 1,6 m na području polja čime je postignut preduvjet za daljnje melioracijske radove u Sinjskom polju. Zatim je provedena regulacija rijeke Cetine od Trilja do Hana, a izvedeni su i prateći nasipi uz rijeku za velike vode.

Daljnji melioracijski radovi projektirali su se i izvodili posebno za desno i lijevo zaobalje, jer svako od zaoblja čini praktički zasebnu melioracijsku cjelinu. Prioritet je imalo desno zaobalje zbog veličine i značaja. Tako je oko 1950. izveden glavni odvodni kanala (GOK-1) desnog zaobalja sa ustavom na uljevu u rijeku Cetinu, a zatim i glavni odvodni kanal lijevog zaobalja s uljevom u rijeku Rudu i ustavom na kraju kanala. Nekoliko godina kasnije izveden je i desni lateralni kanal u kojeg je usmjrena bujice Gorućica.

U drugoj polovici 1950-tih godina na lijevom zaobalju izveden je nasip uz Rudu, lateralni kanal u gornjoj kazeti s uljevom u Drežnicu i obodni kanal u donjoj kazeti. Također regulirana je i bujica Drežnica, koja dijeli lijevo zaobalje na gornju i donju kazetu. U istom razdoblju izvedene su i crpne stanice Trilj na desnom zaobalju i Vedrine na lijevom te kanalska mreža (kanali II i III reda). Tako da je krajem 1950-tih završeno tzv. prvo

zaokruženo stanje izgrađenosti melioracijskog sustava Sinjskog polja.
Ubrzo se pokazalo da melioracijski sustav ne može osigurati potrebne norme i uvjete za predviđenu poljoprivrednu proizvodnju pa se pristupilo izradi dopunskih radova kako bi se poboljšala odvodnja. Tako je na desnom zaobalju krajem 1960-tih izvedena rekonstrukcija CS Trilj (povećanje kapaciteta), GOK-a i kanala nižeg reda, a dodani su i kanali IV reda.
Početkom 1970-tih pristudilo se dopunskim radovima i na lijevom zaobalju koji su obuhvaćali povećanje kapaciteta CS Vedrine te djelomičnu rekonstrukciju GOK-a i kanala nižeg reda.
Međutim ni nakon provedenih dodatnih radova nije se postiglo očekivano poboljšanje. Problem je bio naročito izražen u depresijama (npr. područje PK Trnovača na desnom zaobalju) u kojima se u vlažnom dijelu godine prekomjerno zadržavala voda.
U periodu 1981-1983 izrađen je Idejni projekt „Melioraciono uređenje Sinjskog polja“ (Hidrozavod, Novi Sad) s kojim je dano sveobuhvatno rješenje odvodnje i navodnjavanja desnog i lijevog zaobalja. Revizija projekta je ukazala da je problematika odvodnje vrlo složena i da se treba rješavati po posebnom projektu uzimajući u obzir sve detalje, specifičnosti i proračune. Stoga su OVP Split i Hidroprojekt Zagreb izradili Idejna rješenja odvodnje desnog (1984) i lijevog zaobalja (1985) prema kojima je 1986. izvedena rekonstrukcija glavnih odvodnih kanala i crpnih stanica Trilj i Vedrine. To je bio samo dio radova predviđenih idejnim rješenjima pa je melioracijski sustav praktički ostao nedovršen.
Što se tiče navodnjavanja nije realizirano ništa od predviđenog po idejnom projektu (1983), pa je i dalje ostao generalni problem nedostatka vode u ljetnom periodu. Sredinom osamdesetih na desnom zaobalju i početkom devedesetih godina prošloga stoljeća na lijevom zaobalju izgrađeni su vodozahvati kao „privremeno rješenje“ čime je omogućeno upuštanje voda iz rijeke Cetine u kanalsku mrežu (gravitacijski sustav) za navodnjavanje. Takvo je stanje ostalo sve do danas gdje poljoprivrednici individulano zahvaćaju vodu za navodnjavanje iz kanala. Pri tome se javlja čitav niz problema jer se ne može u svakom trenutku i na svakom mjestu osigurati voda.
U zadnjih dvadesetak godina provode se radovi gospodarskog i tehničkog održavanja vodnogospodarskih objekata, čime se nastoji omogućiti što bolje funkcioniranje sustava. Međutim zbog tehničkih, ekonomskih i organizacijskih razloga javljaju se poteškoće u upravljaju sustavom pa se traženi zahtjevi ne mogu u potpunosti osigurati. U posljednjih nekoliko godina izražen je problem intenzivnog rasta trave (*Elodea canadensis*) u kanalima koja stvara dodatne probleme u funkcioniranju sustava.
Ipak, u proteklih 75 godina izgarđen je čitav niz vodnih građevina na području Sinjskog polja čime se stanje generalno znatno promijenilo. Melioracijskim radovima omogućeno je korištenje oko 4.000 ha polja za poljoprivredu. Najznačajnije vodne građevine na području Sinjskog polja navode se u nastavku (Tablica 1, Slika 1). Na području Sinjskog polja izvedeno je ukupno 165,4 km kanala za melioracijsku odvodnju i dvije crpne stanice, Trilj i Vedrine, kapaciteta 11,0, odnosno 9,4 l/s. Za zaštitu od vanjskih voda izvedeno je oko 49 km nasipa i oko 21 km lateralnih kanala.

Tablica 1. Vodne građevine u Sinjskom polju

Vodne građevine u Sinjskom polju			
Regulacijske i zaštitne građevine		**Građevine za melioracijsku odvodnju**	
Desni obrambeni nasip r. Cetine	12,7 km	GOK-1 desnog zaobalja	11,6 km
Lijevi obrambeni nasip r. Cetine	11,7 km	GOK-1 lijevog zaobalja	6,3 km
Desni obrambeni nasip r. Rude	4,4 km	GOK-2 lijevog zaobalja	4,2 km
Nasip uz desni lateralni kanal	15,0 km	Kanali III. reda (sabirni)	51,6 km
Nasip uz gornji lijevi lat. kanal	5,0 km	Kanali IV. reda (detaljni)	91,7 km
Desni lateralni kanal	15,0 km	CS Trilj	11,0 l/s
Gornji lijevi lateralni kanal	5,7 km	CS Vedrine	9,4 l/s

3. REKONSTRUKCIJA SUSTAVA

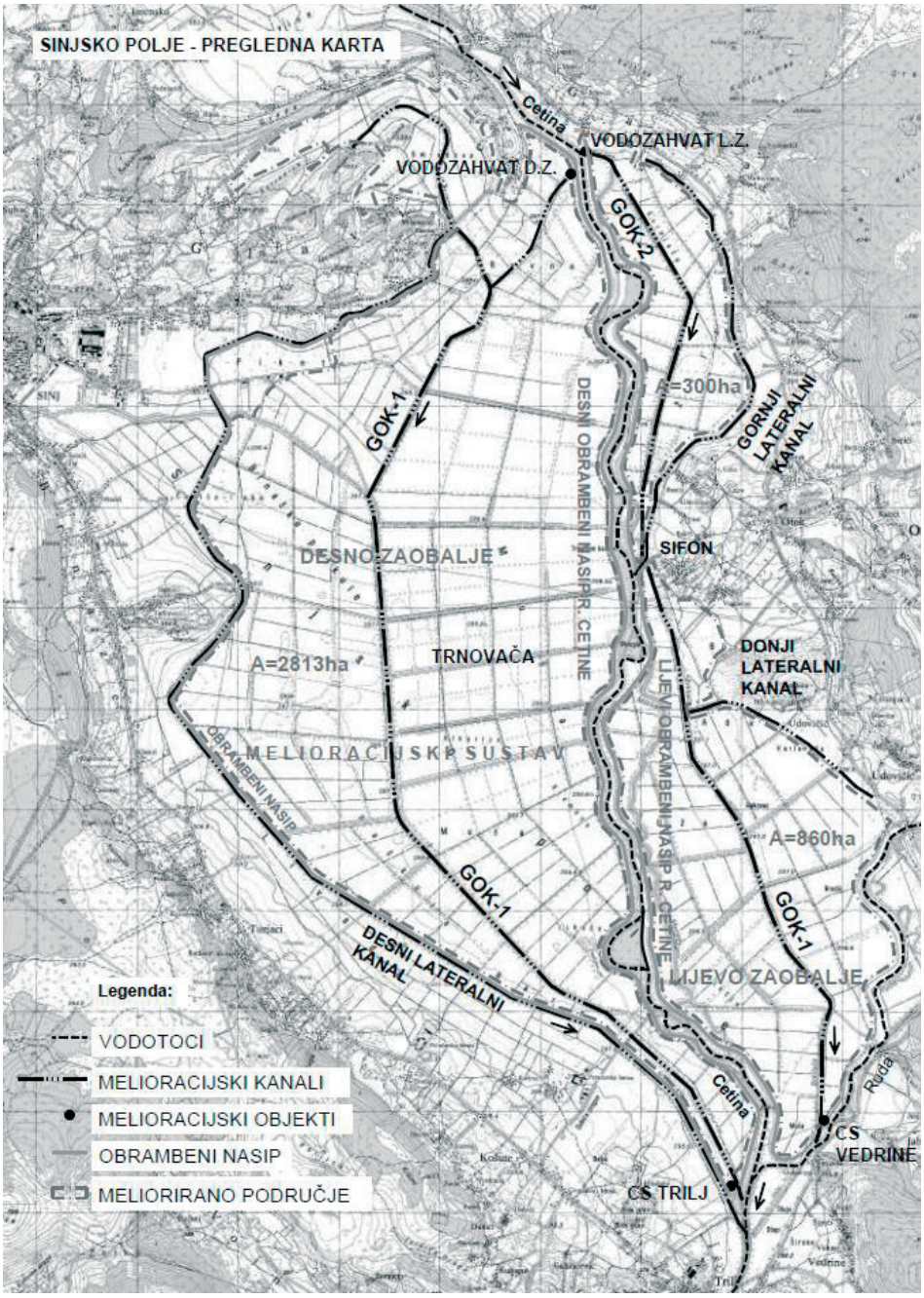
Što se tiče poboljšanja odvodnje Sinjskog u tehničkoj dokumentaciji „Koncepcijsko rješenje melioracijskog uređenja – sustav navodnjavanja Sinjskog polja“ (2014) predložene su tri varijante: A, B i C.

Po Varijanti A predviđa se održavanje i čišćenje kanala sa djelomičnom rekonstrukcijom u skladu s idejnim projektom iz 1984/85. Varijanta B osim navedenih radova iz prethodne varijante uzima u obzir izgradnju dodatnih crpnih stanica i to Košute na desnom zaobalju te Otok na lijevom zaobalju. Također, predviđena je i izgradnja GOK-2 za područje Trnovača. U pojedinim zonama predložena je cijevna i krtična drenaža na oba zaobalja. Varijanta C za razliku od prethodne dvije varijante nudi novu koncepciju sa nekoliko zasebnih areala, poptuno novom dispozicijom glavnih odvodnih kanala i više crpnih stanica za odvodnju. Usporedba varijanti daje se u nastavku (Tablica 2). Također, dana je i procjena troškova izgradnje pojedine varijante. Dakako, ovisno o obimu i složenosti planiranih radova po varijantama troškovi se znatno razlikuju, od 89 milijuna (Varijanta A) do 251 milijun kuna (Varijanta C).

Problematika navodnjavanja Sinjskog polja obrađena je u dokumentaciji „Koncepcijsko rješenje melioracijskog uređenja – sustav navodnjavanja Sinjskog polja“ (2014) u kojoj su razmatrane tri varijante navodnjavanja: 1, 2 i 3.

U Varijanti 1 predviđeno je 6 natapnih sustava, od toga 4 na desnom zaobalju i 2 na lijevom, kod kojih se voda za navodnjavanje zahvaća iz rijeke Cetine dovodnim kanalima, a dalje se distribuira preko crpnih stanica i tlačne mreže do potrošača. Varijanta 2 predstavlja gravitacijski sustav navodnjavanja kako i sada funkcionira. Voda se preko vodozahvata upušta u kanalsku mrežu odakle poljoprivrednici individulano zahvaćaju vodu i navodnjavaju. Takav se sustav u praksi pokazao problematičan jer „nizvodni i dalji“ korisnici često ostaju bez vode. Varijanta 3 predviđa tlačni sustav kao i prva s tim što bi se voda uzimala iz GOK-a.

Troškovi izgradnje su najmanji za Varijantu 2, a iznose oko 6,2 milijuna kuna. Tlačne varijante su znatno skuplje, a iznose 136 milijun (Varijanta 3) i 191 milijun kuna (Varijanta 1). Međutim, predinvesticijska studija je predložila upravo Varijantu 1 kao najbolju. Stoga je izrađen Idejni projekt navodnjavanja 1. faze Sinjskog polja za područje Trnovača (oko 500 ha) prema Varijanti 1, što bi trebao biti pilot-projekt za daljnji razvoj navodnjavanja.



Slika 1. Melioracijski sustav Sinjskog polja

Tablica 2. Varijante odvodnje

Predloženo rješenje	Procjenjeni trošak izgradnje (kn)	Prednosti predloženog rješenja	Nedostaci predloženog rješenja
Varijanta „A“	89 mil.	1) najniži troškovi ulaganja u izgradnju sustava odvodnjavanja 2) predloženo rješenje se uklapa u faznost izgradnje sustava navodnjavanja	1) poteškoće u pravovremenoj pripremi zemljišta 2) mala produktivnost i nesigurna poljoprivredna proizvodnja 3) umanjena financijska dobit
Varijanta „B“	154 mil.	1) niži troškovi ulaganja u izgradnju sustava odvodnjavanja u odnosu na varijantu „C“ 2) predloženo rješenje se uklapa 1. fazu izgradnje sustava navodnjavanja 3) sigurnija poljoprivredna proizvodnja na izdvojenom arealu u melioracijskom području desnog zaobalja	1) nema poboljšanja odvodnjavanja i povećanja produktivnosti na ukupnoj površini melioracijskog područja desnog zaobalja 2) složeno upravljanje sustavom odvodnjavanja u melioracijskom području desnog zaobalja
Varijanta „C“	251 mil.	1) poboljšava se odvodnjavanje na svim arealima melioracijskog područja desnog i lijevog zaobalja 2) sigurnija poljoprivredna proizvodnja 3) odvodnjavanje areala medusobno neovisna 4) jednostavno upravljanje sustavima odvodnjavanja	1) najviši troškovi ulaganja u izgradnju sustava odvodnjavanja 2) predloženo rješenje se ne uklapa u planiranu faznost izgradnje sustava navodnjavanja 3) ukidanje postojećih crpnih stanica „Trilj“ i „Vedrine

ZAKLJUČAK

S obzirom na dosadašnju dokumentaciju u vezi Sinjskog polja, današnje stanje korištenja poljoprivrednih površina kao i problematiku upravljanja hidromelioracijskim sustavom, može se konstatirati da buduće poboljšanje odvodnje može varirati u širokim granicama. Za odgovor na to pitanje trebat će izraditi odgovarajuću tehničku i ekonomsku dokumentaciju. Stoga su se ovdje iznijele samo osnovne varijante odvodnje koje u suštini predstavljaju inicijalne mogućnosti koje dalje treba razraditi.

Što se tiče problematike navodnjavanja, kroz koncepcijsko rješenje i predinvesticijsku studiju utvrdio se smjer budućeg razvoja, a to je formiranje zasebnih zalivnih sustava. Tako je za prvu fazu razvoja navodnjavanja predloženo područje Trnovača sa zahvatom vode iz rijeke Cetine, crpnom stanicom za navodnjavanje i tlačnim sustavom na površini od oko 500 ha.

Nadalje, Hrvatske vode su započele aktivnosti u vezi monitoringa podzemnih voda. Tako bi se uskoro trebalo ugraditi nekoliko pijezometara u polju sa svom pratećom opremom. Rezultati prvih opažanja očekuju se u sezoni 2015/2016. Utvrđivanje režima podzemnih voda trebalo bi doprinjeti uspješnijem rješavanju postavljenih zadaća – odvodnji i navodnjavanju Sinjskog polja.

Na kraju treba ponoviti da se na području Sinjskog polja danas koristi relativno malo površina, po procjeni manje od 40%. Postojeći hidromelioracijski sustav predstavlja

osnovu za korštenje polja, ali sustav treba rekonstruirati i/ili dograditi. Važnu ulogu u daljnjim vodnogospodarskim aktivnostima na području Sinjskog polja imati će i poljoprivreda, odnsono interesi i planovi poljoprivrednih proizvođača kao krajnjih korisnika hidromelioracijskog sustava.

LITERATURA

[1] Hidroprojekt (1984): *Odvodnja desnog zaobalja rijeke Cetine u Sinjskom polju - Dopuna idejnog rješenja.* Zagreb

[2] Hidroprojekt (1985): *Odvodnja lijevog zaobalja rijeke Cetine u Sinjskom polju.* Zagreb

[3] Hidrozavod (1983): *Melioraciono uređenje Sinjskog polja.* Novi Sad

[4] OVP Split (1984): *Odvodnja desnog zaobalja rijeke Cetine u Sinjskom polju.* Split

[5] Regulacije (2014): *Koncepcijsko uređenje melioracijskog uređenja – sustav navodnjavanja Sinjskog polja.* Split

AUTORI

dr.sc. Igor Ljubenkov [a]
Berislav Glavaš, dipl.ing. [b]
Živko Barbarić, dipl.ing. [b]

[a] WATER DEVELOPMENT d.o.o. Split, Kvaternikova 7, 21000 Split, Hrvatska, iljubenkov@gmail.com

[b] Hrvatske vode VGO Split, Vukovarska 35, 21000 Split, Hrvatska, Berislav.Glavas@voda.hr; Zivko. Barbaric@voda.hr

TEMA 3.

SUSTAVI JAVNE VODOOPSKRBE, ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA - STANJE I RAZVOJNI PROJEKTI

Recenzenti:

Sanja Barbalić, Danko Biondić, Zlatko Blažević, Irena Ciglenečki - Jušić, Gorana Ćosić - Flajsig, Barbara Karleuša, Dražen Lušić, Zijah Mahmutspahić, Jure Margeta, Mara Pavelić, Mladen Petričec, Siniša Širac

R 3.01.

VIŠEGODIŠNJI PROGRAM GRADNJE KOMUNALNIH VODNIH GRAĐEVINA 2014. - 2023.

Vesna Grizelj Šimić

SAŽETAK: Provedbu vodno-komunalnih direktiva Europske unije u Republici Hrvatskoj prati Program kojim se utvrđuje okvir za ulaganja, što doprinosi učinkovitijem korištenju financijskih, kadrovskih i informacijsko-dokumentacijskih resursa kojima raspolaže vodno gospodarstvo. Realizacija Programa se, uz mogućnost prilagodbe, odvija kroz duži niz godina uz jasno opisane ciljeve i prioritete te kontrolu aktivnosti. Visoko procijenjeni investicijski troškovi, i pripadajući ostali troškovi, čine organizaciju provedbe vodno-komunalnih direktiva izrazito složenim zadatkom, stoga je organizacijsko/provedbenim aspektima posvećen poseban značaj. Provedba vodno-komunalnih direktiva zahtjevna je za većinu zemalja, i nije karakteristična samo za novije članice Europske unije. Zajednička iskustva govore kako učinkovitost provedbe u manjoj mjeri ovisi o troškovima (ili nedostatku troškova) a u većoj mjeri o uklapanju provedbe u postojeće upravljačke strukture. Ta činjenica dodatno usložnjava već osjetljivo pitanje financiranja i priuštivosti buduće cijene vode. Okrupnjavanje isporučitelja vodnih usluga strateška je odrednica Republike Hrvatske, a očekivani učinci su proširenje opsega i povećanje razine usluga, racionalizacija troškova rada i održavanja javnih sustava te s tim u vezi i povećanje priuštivosti cijene vode koje građani plaćaju.

KLJUČNE RIJEČI: Investiranje, Planiranje, Programiranje, Priuštivost, Vodno-komunalne direktive Europske unije, Okrupnjavanje isporučitelja vodnih usluga

MULTIANNUAL CONSTRUCTION PROGRAMME FOR WATER UTILITY FACILITES 2014-2023

SUMMARY: The implementation of EU water utility directives in the Republic of Croatia is supported by a programme determining the investment framework, which contributes to a more efficient utilization of financial, human, information and documentation resources available to water management. The implementation of the programme, with a space left for adaptation, is carried out over a longer time period and includes clearly described objectives and priorities as well as activity monitoring. Estimated high investment costs, with accompanying other costs, make the organization of water utility directives implementation an extremely complex task, and for this reason the aspects of

organization and implementation are given a special importance. The implementation of water utility directives is demanding for most countries, and it is not characteristic only for more recent members of the European Union. The common experiences indicate that implementation efficiency depends less on costs (or lack of those), but to a higher degree on fitting the implementation into existing management structures. This fact additionally compounds the complexity of the already sensitive issue of financing and affordability of future water price. Consolidation of water service providers is a strategic intent of the Republic of Croatia, and its expected outcomes are the extension of the scope and increase of the level of services, rationalization of operation and maintenance costs of public systems and related improved affordability of water price paid by the citizens.

KEY WORDS: Investment, Planning, Programming, Affordability, EU water utility directives, Consolidation of water services providers

1. UVOD

Planski dokumenti kojima se utvrđuje (i provodi) vodna politika propisani su Zakonom o vodama. Riječ je o nizu međusobno povezanih planskih dokumenata različite razine složenosti. Uz Strategiju upravljanja vodama, zatim Plan upravljanja vodnim područjima i Plan upravljanja rizicima od poplava, koji određuju politiku upravljanja vodama, određena je i izrada programskih dokumenata dugoročnog planiranja direktnih ulaganja/investicija u razvoj vodnih sustava.

Višegodišnji program gradnje komunalnih vodnih građevina (u daljnjem tekstu Program) utvrđuje okvir za ulaganja u izgradnju komunalnih vodnih građevina za javnu vodoopskrbu i javnu odvodnju, što ga čini ključnim dokumentom za odabir i provedbu projekata a njegove dopune i izmjene, kako bi bolje odgovarao novonastalim potrebama ili promijenjenim ulaznim pretpostavkama, obavljaju se prema dogovorenim postupcima. Sustavno praćenje i usporedba rezultata provedbe Programa i postizanja ciljeva pruža kontinuiranu informaciju o stanju realizacije te omogućava prijenos iskustava na sljedeće faze Programa i/ili druge projekte.

Nositelj Programa je ministarstvo nadležno za vodno gospodarstvo, njegov prijedlog izrađuju Hrvatske vode, a donosi ga Vlada Republike Hrvatske nakon provedene strateške procjene utjecaja plana ili programa na okoliš, odnosno ekološku mrežu.

Nacrt Programa objavljen je u listopadu 2014. na mrežnim stranicama Hrvatskih voda (http://www.voda.hr/hr/visegodisnji-programi-gradnje). U studenom 2014. pokrenut je postupak strateške procjene, u sklopu kojeg je provedena te u ožujku 2015. zaključena javna rasprava. Prije stavljanja u postupak donošenja, pri utvrđivanju konačnog prijedloga Programa, uzeti će se u obzir rezultati strateške procjene, mišljenja tijela i/ili osoba određenih posebnim propisom (imenovano savjetodavno stručno Povjerenstvo za stratešku procjenu utjecaja na okoliš, nositelja programa Ministarstva poljoprivrede), te razmotriti primjedbe, prijedlozi i mišljenja javnosti i rezultati prekograničnih konzultacija. Očekuje se da će Vlada Republike Hrvatske prihvatiti Program tijekom 2015.

2. TEHNIČKO ORGANIZACIJSKI ASPEKTI PROGRAMA

2.1. Polazišta

Vodno-komunalne direktive Europske unije čine Direktiva Vijeća o kakvoći voda namijenjenih za ljudsku potrošnju i Direktiva Vijeća o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda. One su transponirane u zakonodavstvo Republike Hrvatske kroz Zakon o vodi za ljudsku potrošnju, Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju, Uredbu o standardu kakvoće vode, te Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda.

Polazište Programa čine prihvaćene i dogovorene aktivnosti i rokovi vezani uz provedbu vodno-komunalnih direktiva Europske unije, sastavni su dio Ugovora o pristupanju, a temelje se na Planu provedbe vodno-komunalnih direktiva kojim je utvrđen pristup uvođenju europskih standarda.

Značajan utjecaj na provedbu vodno-komunalnih direktiva svakako ima i Okvirna direktiva o vodama koja zahtijeva vođenje politike cijena vode prema načelu povrata troškova od vodnih usluga što je osnova za provođenje politike odgovorne i efikasne upotrebe vode kroz štednju vode i prikupljanje sredstava za održavanje i obnavljanje infrastrukture.

2.2. Metodologija izrade

Analiza stanja i zahtjeva rezultirala je uspostavom kriterija za vrstu i obuhvat ulaganja u javnu vodoopskrbu: (i) Kriterij I, osiguranje/unaprjeđenje kvalitete vode za piće u sustavima kojima se opslužuje više 50 stanovnika prema propisanim standardima i rokovima, (ii) Kriterij II, razvoj koji osigurava povećanje priključenosti, naročito u naseljima gdje je ista ispod 80%, te povećanje kvalitete i sigurnosti usluga. Program predviđa ulaganja po Kriteriju I do potpunog zadovoljenja, dočim se ulaganja po Kriteriju II prilagođavaju mogućnostima na uslužnom području.

Kriteriji za vrstu i obuhvat ulaganja u javnu odvodnju: (i) Kriterij I, pročišćavanje otpadnih voda prema propisanim standardima i rokovima, (ii) Kriterij II, razvoj i osiguravanje priključenosti na javne sustave, te povećanje kvalitete i sigurnosti usluga. Program predviđa ulaganja po Kriteriju I do potpunog zadovoljenja u odnosu na postojeće potencijalno opterećenje, dočim se ulaganja po Kriteriju II prilagođavaju mogućnostima na uslužnom području.

Usko povezani, sustavi vodoopskrbe i odvodnje komunalnih otpadnih voda, s međusobno ovisnom izračunu količina isporučenih usluga upućuju na zajedničku analizu provedbe, uključujući utjecaj na cijenu vodnih usluga, koja prije svega mora ovisiti o socijalnoj prihvatljivosti iznosa koji građani plaćaju.

2.3. Stanje sustava obuhvaćenih Programom

Ukupno 156 isporučitelja vodnih usluga (stanje 2013., Izvor: Vijeće za vodne usluge) nadležno je za organiziranje usluga javne vodoopskrbe i odvodnje, od čega 140 za usluge javne vodoopskrbe ili vodoopskrbe i odvodnje, te 16 za usluge javne odvodnje. Opskrbom vode bavi se i veći broj lokalnih vodovoda.

Priključenost stanovništva na usluge javne vodoopskrbe iznosi prosječnih 84% ili 3,5 milijuna stanovnika. U 2013. udio stanovnika koji se opskrbljuju vodom iz lokalnih

vodovoda iznosio je nešto manje od 4% ukupnog stanovništva. Ispravnost vode za piće na javnim i lokalnim vodoopskrbnim sustavima prati Hrvatski zavod za javno zdravstvo (HZJZ). Rezultati se obrađuju i javno objavljuju agregirani na razini županija, ne prikazujući odvojeno obrađene podatke za javnu i lokalnu vodoopskrbu. Nedostatci ovakvog sustava izvješćivanja bitno se unaprjeđuju uspostavljanjem baze podataka o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće svih županijskih zavoda za javno zdravstvo i HZJZ, putem jedinstvenog izvještajnog sustava Hrvatskih voda. Prvo izvješće Europskoj komisiji o provedbi Direktive Vijeća o kakvoći voda namijenjenih za ljudsku potrošnju, a koje će se odnositi na razdoblje 2014. - 2016., omogućit će jednostavan i direktan uvid u kakvoću vode za piće svakog pojedinog lokalnog i javnog vodoopskrbnog sustava. Također, korisnicima vodnih usluga osigurava se dostupnost odgovarajućih i ažuriranih informacija o kakvoći vode za piće, uz dodatne obavijesti u slučaju odstupanja pokazatelja zdravstvene ispravnosti.

Stupanj pokrivenosti uslugom javne odvodnje iznosi u prosjeku 47%. Izgrađeno je 144 uređaja za pročišćavanje (povećanje od 40% u odnosu na 2008.) ukupnog kapaciteta 4,04 mil. ES. Pročišćava se otpadna voda od oko 35% stanovništva ili oko 60% stanovništva priključenog na javni sustav odvodnje.

Cijena vode koju plaćaju kućanstva, uprosječena na razini države u odnosu na broj stanovnika kojem se ista isporučuje, u 2013.g. iznosila je 14,88 kn/m^3. U prosjeku, za troškove javnih vodnih usluga kućanstva odvajaju oko 1,49% svog ukupnog raspoloživog dohotka (u rasponu 1-3%). Informacije o troškovima isporuke na lokalnim vodoopskrbnim sustavima, načinu njihovog podmirivanja, odnosno postojanju cijene vode koju plaćaju korisnici, javno nisu dostupne.

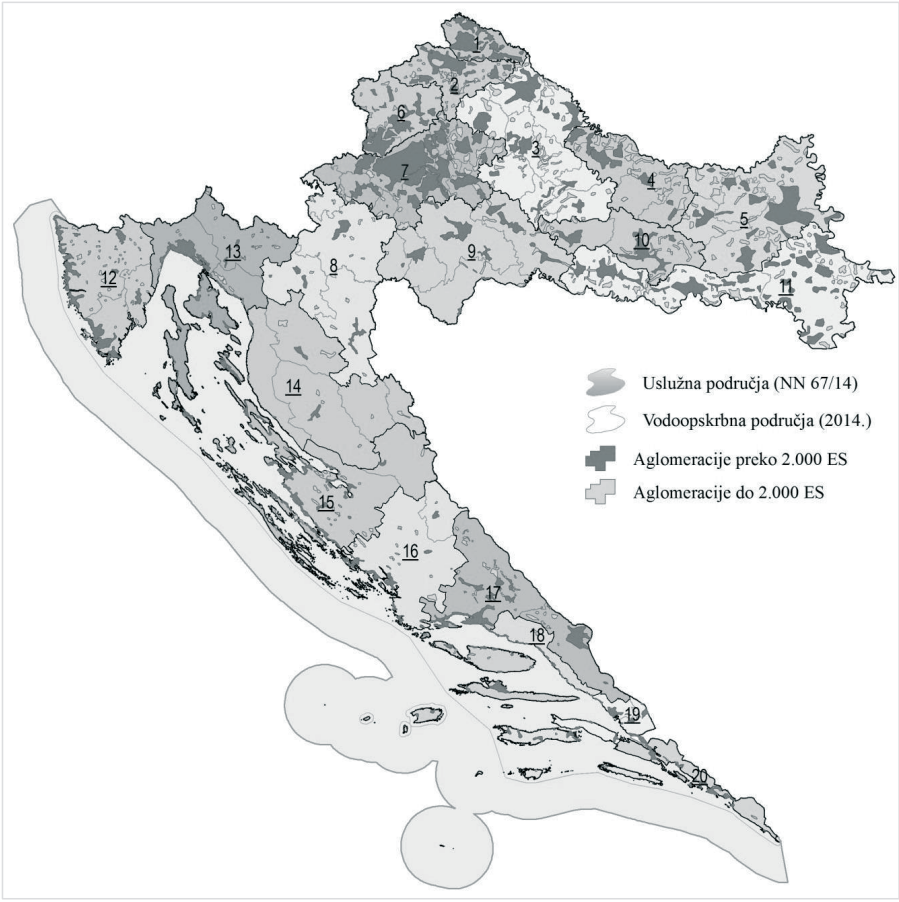
2.4. Okrupnjavanje vodno-komunalnog sektora

Strateški cilj vodnog gospodarstva je tehničko i organizacijsko okrupnjavanje i specijalizacija isporučitelja vodnih usluga, radi unaprjeđenja njihove ekonomske i okolišne učinkovitosti i održivosti. Postupak okrupnjavanja započeo je donošenjem Uredbe o granicama uslužnih područja, kojom je utvrđena granica 20 uslužnih područja. Tijekom 2015. očekuje se izmjena Zakona o vodama koja će utvrditi zakonske kriterije integracije te propisati rokove, ne odstupajući od načela: (i) da su vodne usluge, što su javna vodoopskrba i javna odvodnja, u nadležnosti jedinica lokalne samouprave koje su dužne osigurati njihovu isporuku na svom teritoriju, te (ii) da se djelatnost vodnih usluga obavlja putem javnih isporučitelja vodne usluga, u kojima udjele, odnosno osnivačka prava imaju jedinice lokalne samouprave.

Nakon provedenih početnih analiza komunalnog sektora preciznije se zna kako reagira priuštivost cijene vode na sadašnje i planirano okrupnjavanje isporučitelja vodnih usluga. Isporučitelji sa značajnijim količinama isporučene vode te punim opsegom usluga, u pravilu su učinkovitiji, u prilici su iskoristiti ekonomiju razmjera, pa je stoga tehnološko-tehničko, organizacijsko i financijsko okrupnjavanje isporučitelja usluga, opravdano zadana mjera. Sagledavanjem provedbe Programa na razini uslužnih područja osigurava se dosljedna provjera održivosti pružanja usluga javne vodoopskrbe i odvodnje, te ocjenjuje prihvatljivost iznosa u budućoj cijeni vode za neophodna ulaganja na cijelom području i u svim fazama provedbe Programa.

2.5. Aktivnosti

Aktivnosti u Programu usmjerene su na: (i) 70 vodoopskrbnih područja (ranije definiranih kao vodoopskrbne zone), na kojima se planiraju ulaganja u vodne građevine kojima se poboljšava neodgovarajuća zdravstvena ispravnost vode za piće do 2018, odnosno 2022, i ostala ulaganja u razvoj javnih vodoopskrbnih sustava do 2023, te (ii) 281 aglomeraciju preko 2.000 ES na kojima je planirano unaprjeđenje sustava javne odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda do 2023. uz međurazdoblja do 2018. i 2020.



Slika 1. Prostorni raspored vodoopskrbnih područja i aglomeracije

2.6. Priuštivost cijene vode

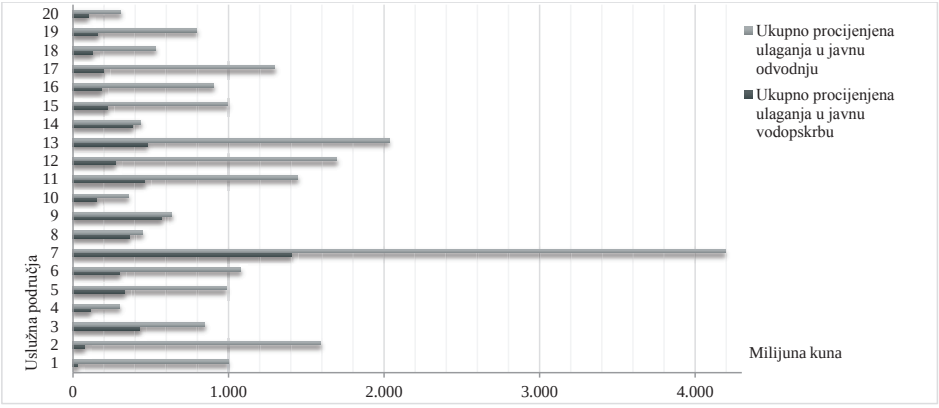
U uskoj vezi s provedbom vodno-komunalnih direktiva je i vođenje politike cijene vode po načelu povrata troškova od vodnih usluga. Primjena tog načela komplicira se ovisnošću udjela bespovratnih sredstava Europske unije i priuštivosti projekta (mjerena udjelom izdataka za vodno-komunalne usluge u neto raspoloživom dohotku, NRD-u). Stoga najveći rizik provedbe upravo predstavlja povećanje cijene vode na račun nužnih novih

troškova pogona, održavanja i amortizacije koji se naplaćuju na projektnom području Priuštivost buduće cijene vode, uz vođenje politike cijena vode po načelu povrata troškova od vodnih usluga, vodeći su razlozi restrukturiranja isporučitelja vodnih usluga koji ima za cilj povećanje razine usluge, smanjenje troškova te s tim u vezi udjela cijene vode u neto raspoloživom dohotku stanovništva. Takav pristup optimizira opterećenje stanovništva novim troškovima uz, poželjno, što veće angažiranje bespovratnih sredstava Europske unije.

3. FINANCIJSKO - PROVEDBENI ASPEKTI PROGRAMA

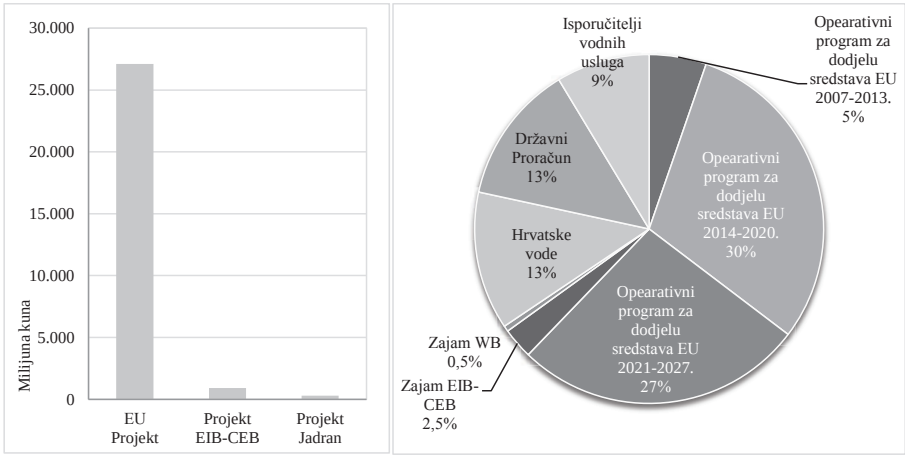
3.1. Procijenjeni troškovi provedbe

Ukupno procijenjena ulaganja u projekte vodno-komunalne infrastrukture u razdoblju 2014. - 2023. iznose 28.264 milijuna kuna. Određeni dio ulaganja odnosi se i na povećanje razine usluge koja se već sada pruža korisnicima (a između ostalog uključuje unaprjeđenje pročišćavanja postojećim uređajima za pročišćavanje, te poboljšanje kakvoće voda koja se isporučuje korisnicima).



Slika 2. Ulaganja u vodno-komunalnu infrastrukturu po uslužnim područjima

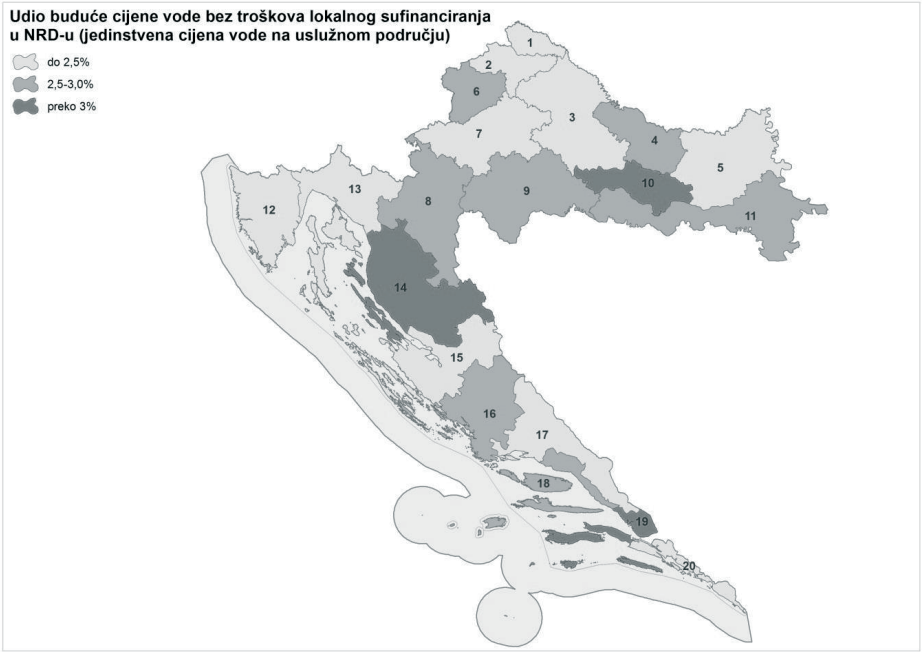
Preko 90% troškova Programa realizira se kroz EU Projekt. Uvjeti korištenja sredstava iz fondova Europske unije na projektnoj razini sažimaju se na temeljne uvjete oblikovanja i namjene projekata koji trebaju biti u funkciji prilagodbe Hrvatske pravnoj stečevini Europske unije, konkretno vodno-komunalnim direktivama, respektirajući načelo povrata troškova od vodnih usluga. Način osiguranja nacionalnog udjela financiranja (prosječno 35% ukupnih troškova) sagledan je 2013. godine i poslužio je kao podloga za podizanje vodne naknade Hrvatskih voda koja se usmjerava na financiranje provedbe vodno-komunalnih direktiva. U podnošenju troška nacionalnog udjela u financiranju, u prosječno istom omjeru sudjeluju i sredstva Državnog proračuna, te u nešto skromnijem omjeru sredstva isporučitelja vodnih usluga, što ovisi o indeksu razvijenosti područja.



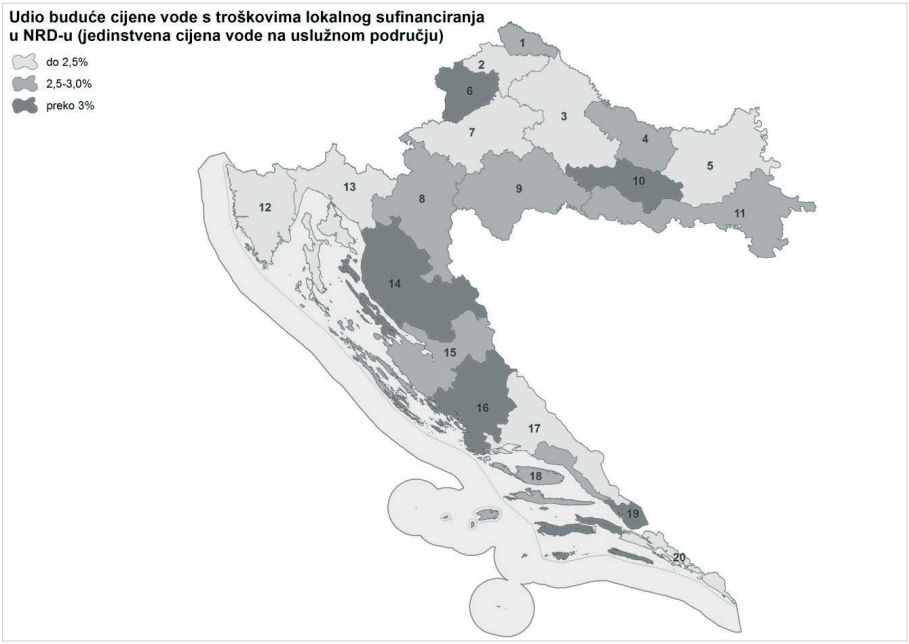
Slika 3. Projektni paketi i izvori financiranja Programa 2014. - 2023.

3.2. Održivost investiranja

Održivost investiranja razmotrena je na razini uslužnih područja, kroz priuštivost buduće cijene vode nakon provedbe EU Projekta.

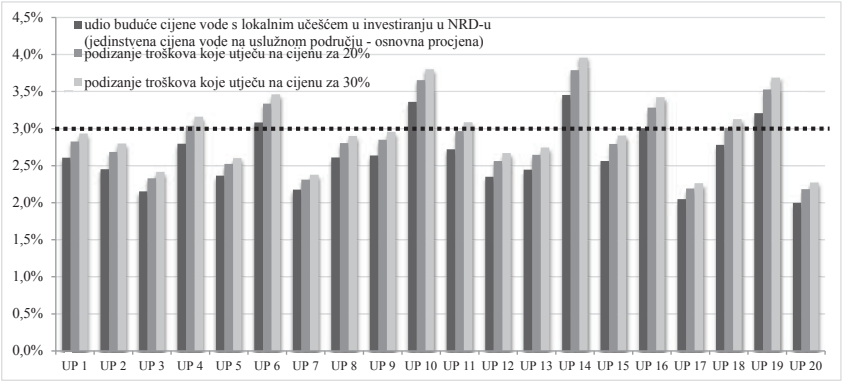


Slika 4. Prostorni raspored udjela procijenjene buduće cijene vode bez troškova lokalnog učešća u NRD-u



Slika 5. Prostorni raspored udjela procijenjene buduće cijene vode s troškovima lokalnog učešća u NRD-u

Broj stanovnika na područjima na kojima je udio buduće cijene vode u NRD-u preko 3,0% je razmjerno nizak:
198.537 stanovnika na 3 uslužna područja (UP 10, 14 i 19, s udjelima od 3,08% do 3,26%) u varijanti bez troškova investiranja u NRD-u, odnosno
502.829 stanovnika na 5 uslužnih područja (UP 6, 10, 14, 16 i 19, s udjelima od 3,01% do 3,45%) u varijanti s troškovima lokalnog učešća u investiranju u cijeni vode (od kojih za 304.292 stanovnika udio ne prelazi 3,1%).
Na područjima gdje se očekuje buduća cijena vode preko 3% udjela u NDR-u posebna pažnja posvećuje se oblikovanju projekata i provedbi cjelokupnog pothvata.
Provjera održivosti investiranja na razini aglomeracije ili projekta, odnosno agregacije niže od uslužnog područja, ukazuje na bitno nepovoljniju situaciju i dovodi u pitanje održivost financiranja. Znatno se povećava broj uslužnih područja na kojima je udio buduće cijene vode (u pojedinim aglomeracijama) u NRD-u preko 3,0%, na 13 uslužnih područja (s udjelom od 3,12% do 6,35%) odnosno 16 uslužnih područja (s udjelima od 3,0% do 6,45%) u varijanti s troškovima lokalnog učešća u investiranju u cijeni vode.
Dodatno, provedena je analiza osjetljivosti procjena, uzimajući u obzir utjecaj povećanja troškova vezanih uz provedbu za 20%, odnosno 30%, na podizanje cijene vode. Analiza je pokazala da čak i s dodatnim/povećanjima troškova, odnosno cijene vode održivost investiranja sagledana na razini uslužnih područja nije znatnije dovedena u pitanje (većina udjela u NRD-u ispod granice 3,0%, ukupno ne prelazi 4,0%).



Slika 6. Analiza osjetljivosti cijene vode na povećanja troškova

3.3. Pokazatelji praćenja i provedbe

Program uspostavlja pokazatelje za praćenje:
rezultata Programa (povećanje stupnja opskrbljenosti stanovništva, smanjenje gubitaka vode iz javnih vodoopskrbnih sustava, povećanje stupnja priključenosti na sustave javne odvodnje, povećanje broja sustava odvodnje u skladu sa standardima),
rezultata Projekta (smanjenje broja stanovnika: na malim vodoopskrbnim sustavima izvan sustava kontrole, smanjenje broja stanovnika na kojima vodoopskrba ne zadovoljava mikrobiološke i/ili kemijske pokazatelje, priključenjem na javne vodoopskrbne sustave, povećanje broja vodnih tijela u dobrom i vrlo dobrom stanju prema pokazateljima organskog opterećenja, smanjenje ukupnog opterećenja godišnjeg opterećenja dušikom), prijelaznih/godišnjih rezultata (broj projekata sa definiranim opsegom, odnosno projektnim zadatkom, broj projekata spremnih za građenje, broj ugovora o građenju, broj izgrađenih sustava i drugo).
Program također predviđa/sugerira donošenje akcijskog plana kojim bi se ojačali zajednički napori u provedbi investiranja, od državne do lokalne razine, s preuzimanjem formalnih obaveza tijekom realizacije s točno definiranim datumima početka i završetka aktivnosti na određenom projektu.

ZAKLJUČAK

Prihvatljivost i provedivost ovakvih dugoročnih programskih dokumenata, koji su po svom sadržaju i opsegu zahtjevni, ovise o koordiniranom radu institucija vodnog sektora i pravovremenom/aktivnom uključivanju dionika i javnosti. Naime, osim što se kroz ovakvu vrstu dokumenata provodi nacionalna politika upravljanja vodama, on ujedno mora pratiti tematske ciljeve i prioritete u investiranju vezane na zaštitu okoliša i/ili upravljanje vodama na razini Europske unije čime se osigurava financijska potpora za njegovu provedbu.
Dugoročnim planiranjem direktnih ulaganja/investiranja uspostavlja se učinkovit sustav dovršavanja pripremnih aktivnosti za sve projekte, koji će u svakom trenutku osigurati odgovarajući broj projekata potpuno spremnih za fazu gradnje. Time se nastoji ostvariti optimalno iskorištenje financijskih sredstava iz namjenskih fondova vodnoga gospodarstva i drugih dostupnih izvora financiranja kao što su državni proračun, fondovi

Europske unije, razni domaći i inozemni krediti, zajmovi i donacije.
Provedba vodno-komunalnih direktiva je institucionalna obveza, ali i poticaj, ne samo za institucionalno i institucijsko prilagođavanje, nego i za tehnološko-tehničko, organizacijsko, kadrovsko i financijsko restrukturiranje hrvatskog vodno-komunalnog gospodarstva.

LITERATURA

[1] Direktiva Vijeća o kakvoći voda namijenjenih za ljudsku potrošnju (Izvornik: Council Directive on the Quality of Water Intended for Human Consummation 98/83/EC of 3 November 1998)

[2] Direktiva Vijeća o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (Izvornik: Council Directive Concerning Urban Waste Water Treatment 91/271/EEC of 21 May 1991, as amended by Commission Directive (98/15/EC of 27 February 1998)

[3] Okvirna direktiva o vodama (Izvornik: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23. October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy)

[4] Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva, http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/plan_provedbe_vodno-komunalnih_direktiva_-_hrvatski.pdf, 27. travnja 2015. (status: izradile Hrvatske vode u suradnji sa ministarstvom nadležnim za vodno gospodarstvo, prihvatila Vlada Republike Hrvatske u studenom 2010.)

[5] Plan upravljanja vodnim područjima (status: izradile Hrvatske vode u suradnji sa ministarstvom nadležnim za vodno gospodarstvo, donijela Vlada Republike Hrvatske 26. lipnja 2013., „Narodne novine“ 82/13)

[6] Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda („Narodne novine“ 80/13, 43/14)

[7] Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju („Narodne novine“ 125/2013, 141/2013)

[8] Strategija upravljanja vodama 2008-2038.g. (status: izradile Hrvatske vode u suradnji sa ministarstvom nadležnim za vodno gospodarstvo, donio Sabor Republike Hrvatske 15. srpnja 2008., „Narodne novine“ 91/08)

[9] Uredba o granicama uslužnih područja („Narodne novine“ 67/2014)

[10] Uredba o standardima kakvoće vode („Narodne novine“ 73/2013, 151/14)

[11] Višegodišnji program gradnje komunalnih vodnih građevina, http://www.voda.hr/sites/default/files/visegodisnji_program_gradnje_komunalnih_vodnih_gradevina.pdf, 27. travnja 2015., Nacrt listopad 2014. (status: Nacrt izradile Hrvatske vode u suradnji sa ministarstvom nadležnim za vodno gospodarstvo)

[12] Zakon o vodi za ljudsku potrošnju („Narodne novine“ 56/13)

[13] Zakon o vodama („Narodne novine“ 153/2009, 130/11, 56/13, 14/14)

AUTORI

Vesna Grizelj Šimić, dipl.ing. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, 10000, Hrvatska, Vesna.GrizeljSimic@voda.hr

R 3.02.

UPRAVLJANJE PROCESIMA – PRIPREMA PROJEKATA

**Stjepan Kamber, Miljenko Čupić, Vedran Žabka,
Dejan Pap, Ivana Mlinjarić, Melita Posavac**

SAŽETAK: Ulaskom u punopravno članstvo Europske unije, Republici Hrvatskoj je omogućeno korištenje sredstava iz europskih fondova, te je stekla pravo pristupa sredstvima kohezijskih i strukturnih fondova. Kroz prezentaciju će biti prikazan pregled osnovnih informacija i organizacija pripreme projekata, te opisane zadaće sudionika u pripremi i prijavi projekta.

KLJUČNE RIJEČI: EU fondovi, Kohezijski fond, Operativni program, Priprema projekata, Projektni timovi, Aktivnosti, Sustav praćenja projekata

PROCESS MANAGEMENT – PROJECT PREPARATION

SUMMARY: By its accession to full membership of the European Union, the Republic of Croatia gained access to the use of funds from the EU funds, including the access to the funds from the Cohesion Fund and structural funds. This paper is presenting the general information and organisation of the project preparation, including an overview of documents necessary for project application from the start to the approval of their application.

KEY WORDS: EU funds, Cohesion Fund, Operational programmes, Project preparation, Project teams, Activities, Project monitoring system

1. UVOD

Hrvatske vode, putem nadležnih javnih isporučitelja vodnih usluga (u daljnjem tekstu JIVU), već duži niz godina ulažu u obnovu i izgradnju vodno komunalne infrastrukture. Uglavnom su to bile manje intervencije. Međutim, zbog potrebe ispunjenja rokova preuzetih iz Ugovora o pristupanju Europskoj uniji, pred Hrvatskim vodama i JIVU stoje veliki izazovi. Provesti tako zahtjevan posao koji je usko povezan sa reformom vodno-komunalnog sektora, uz obvezu kvalitetnog zbrinjavanja mulja sa uređaja za pročišćavanje čini glavne smjernice postupanja.

2. HRVATSKE VODE I JIVU U PRIPREMI I PRIJAVI PROJEKATA

Hrvatske vode, putem nadležnih javnih isporučitelja vodnih usluga (u daljnjem tekstu JIVU), već dulji niz godina ulažu u obnovu i izgradnju vodno-komunalne infrastrukture.

Uglavnom su to bile manje intervencije sukladno mogućnostima osiguranja vlastitih sredstava iz vodnih naknada. Visina skupljenih sredstava nije mogla pratiti sve zahtjevnije uvjete zaštite okoliša koje su propisivane kroz europske direktive. Uz trend povećanja standarda zaštite okoliša, Republika Hrvatska se, kao i većina novih članica Europske unije, suočava sa ekonomskim krizama u svojim gospodarstvima. Djelomično je to posljedica socijalističkog načina planiranja i upravljanja resursima iz kojeg se bilo teško tržišno orijentirati.

Vlada Republike Hrvatske, svjesna potrebe ulaganja u vodno-komunalnu infrastrukturu u postupku pristupanja Europskoj uniji, koristila je sredstva drugih financijskih institucija kao što su Svjetska banka, IPA pretpristupni fond. Putem ovog projekta realiziraju se projekti: Zaštita od onečišćenja Jadranskog mora (Jadranski projekt I i II), te Projekt „Unutarnje vode“, IPA projekti (Knin, Drniš, Sisak i Slavonski Brod). Svrha tih projekata bila je izgraditi osnovnu infrastrukturu (glavne kolektore sanitarne kanalizacije, uređaje za pročišćavanje, poboljšati opskrbu pitkom vodom), te postići bolju kvalitetu usluge i zaštite okoliša. Ovi projekti su se provodili pod jasno definiranom organizacijom koja je bila i uvjetovana. Da bi se postigao što bolji učinak, bilo je potrebno osnovati provedbenu jedinicu i komisioni način vođenja projekata. Hrvatske vode imaju veliko iskustvo u višegodišnjem postupanju s ovim projektima.

2. 1. Ispunjenje uvjeta vodno-komunalnih direktiva

Republika Hrvatska je u procesu pristupanja obavila opsežne analize i pripremila strategije na temelju kojih je osigurala potpore iz europskih fondova potrebne da se uskladi sa standardima vodno-komunalnih direktiva (Direktiva Vijeća EU 98/83/EZ o kakvoći voda namijenjenih za ljudsku potrošnju, Direktiva Vijeća EU 91/271/EEZ o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda). Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva izrađen i usvojen u studenom 2010. godine od Vlade Republike Hrvatske, težak je gotovo 4,2 milijardu eura. Za taj veliki novac potrebno je u potpunosti izgraditi infrastrukturu javne vodoopskrbe, osigurati kvalitetu i stalnu opskrbljenost, izgraditi sustave javne odvodnje te prikupljati, pročišćavati i gospodariti otpadnim muljem sa uređaja za pročišćavanja otpadnih voda.

Sukladno odredbama Okvirne direktive za vode 2000/60/EC, potrebno je osigurati puni povrat troškova iz cijene vodne usluge, a to znatno utječe na visinu investicija. Projekti će biti sufinancirani iz sredstava europskih fondova ako Isporučitelj vodne usluge kroz izradu SI dokaže da ne može osigurati sva investicijska ulaganja, međutim dokazuje da s izgrađenim objektima će moći upravljati, održavati ih i osigurati njihovu obnovu. Sustavi su se do sada uglavnom gradili u etapama, od kojih je posljednja etapa bilo spajanje krajnjeg korisnika. Nestalni izvori financiranja projekta, nominalno veliki početni kapaciteti objekata, nevoljkost krajnjeg korisnika da se spoji na sustave uglavnom su rezultirali time da se ne može postići prihvatljiva cijena vodne usluge (do 2,5% neto raspoloživog dohotka). Projekti su se rijetko sagledavali kao cjelina.

Priprema projekata za sufinanciranje iz europskih fondova nije samo „papirologija“, to je logično osmišljavanje potreba, definiranje opsega i kvalitete usluge te briga za krajnjeg korisnika. Minimum usluga koje svaki JIVU treba udovoljiti definiran je direktivama koje su prenesene u hrvatsko zakonodavstvo. Stoga su JIVU glavni nositelji tih aktivnosti. U tome je bitna razlika od projekata koje su Hrvatske vode provodile putem drugih izvora

financiranja i europskih projekata. Krajnji korisnik sredstava iz EU fondova je JIVU, on mora biti u cijelosti uključen u proces pripreme, provedbe (izgradnje objekata) i upravljanju sustavima. Nakon iskorištenih sredstava slijedi proces monitoringa namjenski utrošenih sredstava, zbog čega se može zatražiti povrat sredstava ukoliko projekt nije udovoljio. Vrlo je značajno da JIVU u svom poslovanju ne bi smio imati iskazanu neopravdanu dobit, što bi upućivalo na preveliku cijenu vode ili možda na nedovoljno ulaganje u obnovu. Oba čimbenika rezultiraju potrebom reguliranja cijene i time ostvaruju bolji uvjeti korisnica za tržišno natjecanje sa svojim uslugama.

2.2. Sektor za podršku pripremi i provedbi EU projekata

Kako bi pojačala apsorbcijsku moć korištenja sredstava EU, te ujednačila cijene vodnih usluga, Republika Hrvatska se opredijelila na drugačiji ustroj i definiranje uslužnih vodnih područja kao cjelina unutar kojih se sagledavaju sve potrebe.

Upravo na ovim principima temelji se osnova za pomoć JIVU da pripremi EU projekt. Hrvatske vode kao ustanova nisu osnovane da na bilo koji način preuzele ulogu JIVU, a JIVU svakako treba izrasti u snažnog i sposobnog pružatelja vodnih usluga. Hrvatske vode su stoga osnovale zaseban odjel: „Sektor za podršku pripremi i provedbi EU projekata“ (u daljnjem tekstu Sektor), sa svojim „Službama za podršku pripremi i provedbi EU projekata“ (u daljnjem tekstu Službe). Ovaj Sektor i Službe započeli su sa radom 1.siječnja 2014.godine. i preuzeli su sve procedure pripreme i provedbe projekata koje su bile raspodijeljene po drugim ustrojstvenim jedinicama. Upravo na dobrim iskustvima provedbe projekata financiranih iz sredstava Svjetske banke, izgrađuje se unutarnja struktura te definiraju procesi. Razlika je u tome što se ovi poslovi ne provode komisiono kako bi se dostigli gore navedeni ciljevi.



Uloga Sektora je:

- podrška IVU u pripremi projektne dokumentacije
- izrada i praćenje realizacije Financijskog plana
- sudjelovanje u pripremi EU projekta
- sudjelovanje u provedbi EU projekta

Upravljanje procesima se stoga svodi na:

- definiranje obuhvata projekta
- definiranje nositelja projekta
- utvrđivanje njegove sposobnosti i kvalifikacije
- definiranje rokova.

Za uspješnu pripremu projekata je potrebna aktivna suradnja JIVU, Hrvatskih voda i izrađivača studijsko projektne dokumentacije. Stoga se priprema projekata provodi putem Projektnog tima. Projektni tim (kraće PT), radi operativnosti, se sastoji od Užeg PT i Šireg PT. Uži PT čine članove predstavnici Hrvatskih voda (zaduženi za provedbe), JIVU, jedinica lokalnih samouprava na čijem se području projekt priprema, a članove Šireg PT čine predstavnici; Hrvatske vode iz temeljnih službi zaštite voda i korištenja voda, iz zemljišno knjižnih odjela zaduženi za imovinsko pravna pitanja, županijskih uprava kad je u pitanju regionalni projekt.

Zadaća je Projektnog tima da:

- pripremi projektnu i tehničku dokumentaciju
- izradi Studiju utjecaja na okoliš (PUO)
- pripremi studiji izvodivosti (SI)
- pripremi Aplikaciju
- bude podrška unutar Imovinsko pravnih odnosa (IPO)
- pripremi Dokumentaciju za nadmetanje (DZN).

Da bi se projekt uspješno provodio svaki član projektnog tima ima svoju ulogu. U svakoj grupi ili u svakom projektu članovi uzimaju određene uloge i funkcije koje se unaprijed odrede, a katkad zbog prirode projekta sazrijevaju tijekom faze razvoja grupe. Projektni menadžer uzima ulogu voditelja projekta a primarni mu je cilj operativno planiranje i vođenje projekta Tako on snosi odgovornost za ostvarivanje termina, zadaća i financijskih ciljeva u okviru izvođenja projekta. U grupi bez hijerarhije su svi članovi jednako važni i zajedno snose odgovornost za ishod projekta, no u grupi zasnivanoj na hijerarhiji, jedan član sa posebnim sposobnostima dobiva specifičnu odgovornost. Projekt se mora uspješno planirati, koordinirati i voditi, a instrumenti za planiranje su: radionice, planiranje projektne strukture, analiza okružja projekta, definicija projekta, planiranje troškova itd. Posebnu ključnu ulogu ima voditelj projektnog tima, te stoga ona mora posjedovati vještine i sposobnosti kako bi projekt uspješno priveo apliciranju.

Voditelj projektnog tima mora:

- neposredno izvještavati Voditelja Službe o izvršavanju odredbi Ugovora, primljenim obavijestima od strane izvoditelja i upozoravati na odstupanjima od odredba Ugovora
- nadgledati postupak nabave usluga koja se financira Ugovorom o sufinanciranju

- kontrolirati izvršenje obveza od strane izvoditelja u skladu s odredbama Ugovora o sufinanciranju
- obavljati dodatnu kontrolu nad računima koje je ovjerio ovlašteni predstavnik Naručitelja, te je ovlašten i dužan osporiti ili ovjeriti iste (ako VPT nije i Ovlaštenik za investicijski nadzor)
- potpisati zapisnik o stanju izrade projektne i druge dokumentacije
- koordinira rad projektnog tima, definira zaključke sastanka, određuje dinamiku realizacije, predlaže aktivnosti i postupke rada PT
- izvještava Voditelja Službe za podršku i potpori EU projekata o problematici
- pravovremeno i redovito unosi podatke o stanju projekta u EU portal „cf", radi propisane izvještaje
- dužan je obavljati druge poslove koje je ovlašten i/ili dužan obavljati prema Ugovoru o sufinanciranju.

Kako se projekt ne bi samo formalno pripremo, članovi projektnog tima trebaju biti sposobni razabrati i kvalitativno sagledavati obradu podataka u studijsko – projektnim dokumentima. Za specifične poslove na raspolaganju im stoje stručni recenzenti i revidenti.

2.3. Prijava projekta do odobrenja aplikacije

Europska komisija je krajem 2014. godine odobrila Operativni program „Konkurentnost i kohezija 2014.-2020". Vodno-komunalni sektor se nalazi pod odabranim tematskim ciljem 06 – Očuvanje i zaštita okoliša i promocija učinkovitosti resursa; odabrani investicijski prioritet 6ii. Novi format Aplikacijskog obrasca objavljen je početkom 2015. i potrebno ga je koristiti za sve Aplikacije financijske perspektive 2014 – 2020. On sadržava sve elemente kao i obrazac koji se odnosio na prethodno razdoblje (2007.-2013.), uz dodatak klimatskih promjena te prihvatljivih aktivnosti i troškova (upravljanje projektom, promidžba i vidljivost).

ZAKLJUČAK

Priprema projekta je upravljanje sa mnogim procesima koji su međusobno povezani kako bi se projekt dogodio. EU projekt nije samo projekt „betona i željeza", to je projekt strukturnih promjena načina ponašanja, nova organizacija i odgovor na postavljenje zahtjeve. On tek počinje punom implementacijom i stvara izazove tijekom cijelog vijeka projekta. To je stalna briga za korisnika vodne usluge i briga za održavanjem dobrog stanja voda. Stoga pred JIVU stoji trajna potreba za upravljanje, usavršavanjem i inovacijama. Uz stvarne vrijednosti uloženih financija u objekte, najveću vrijednost čini organizacija i obučeni ljudi za upravljanje cjelokupnim sustavom. Stoga nije potrebno samo promatrati financijsku stranu projekta, već treba promatrati organizaciju i učinke koje će taj projekt donijeti na društvo i zaštitu okoliša.

AUTORI

Stjepan Kamber, mag.ing.aedif. [a]
Miljenko Čupić, dipl.ing.građ [a]
Vedran Žabka, dipl.ing.građ. [a]
Dejan Pap, struč.spec.oec. [a]
Ivana Mlinjarić, mag.ing.tech.graph. [a]
Melita Posavac, ing.teh. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, stjepan.kamber@voda.hr; miljenko.cupic@voda.hr; vedran.zabka@voda.hr; dejan.pap@voda.hr; ivana.mlinjaric@voda.hr; melita.posavac@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 3.03.

PROVEDBA EU SUFINANCIRANIH PROJEKATA U VODNOM GOSPODARSTVU REPUBLIKE HRVATSKE

Miljenko Čupić, Goran Milaković, Vlatko Kregar

SAŽETAK: Republika Hrvatska (dalje u tekstu RH) korisnik je sredstava fondova Europske unije (dalje u tekstu EU) već niz godina. U početku, prije ulaska RH u EU, sredstva su se koristila putem raznih pretpristupnih fondova, od kojih je najznačajniji i najizdašniji Instrument pretpristupne pomoći (dalje u tekstu IPA) za programsko razdoblje 2007.-2013., a ulaskom u EU kroz Strukturne fondove i Kohezijski fond (dalje u tekstu SKF) za razdoblje 2014.-2020.

Kroz ovaj rad dati će se kratki prikaz pravila koja se odnose na EU projekte, ponajprije na njihovu provedbu, Pravilnik o prihvatljivosti izdataka te osvrnuti na FIDIC-ove međunarodne obrasce ugovora, njihove dokumente za ugovaranje radova - Crvenu i Žutu knjigu, prema kojima se projekti vodno-komunalnog sektora implementiraju, te odredbe glede rješavanja sporova prema istima.

KLJUČNE RIJEČI: EU fondovi, Zajednička nacionalna pravila, Pravilnik o prihvatljivosti izdataka, Provedba projekata, FIDIC ugovori, Inženjer, Potraživanja, Rješavanje sporova

IMPLEMENTATION OF EU COFINANCED PROJECTS IN WATER MANAGEMENT OF THE REPUBLIC OF CROATIA

SUMMARY: The Republic of Croatia has been a beneficiary of European Union (hereinafter refered to as EU) funds for a number of years. In the beginning, prior to Croatia's accession to the EU, funds were used through the various pre-accesion funds, of which the most important and most abundant is Instrument for Pre-accession Assistance (hereinafter refered to as IPA) for the period 2007 - 2013, and after entering EU through the Structural and Cohesian Funds (hereinafter refered to as SKF) for the period 2014 - 2020.

This paper will give a brief overview of rules applying to EU projects, primarily their implementation, and the Rules on eligibility of expenditures. It will further briefly describe FIDIC contracts, both Red and Yellow Books, which are the basis for project implementation in the water utility sector, including their provisions regarding dispute settlement.

KEY WORDS: EU funds, Common National Rules, Rules on eligibility of expenditures, project implementation, FIDIC contracts, Engineer, Claims, Dispute settlement

1. UVOD

Danom stupanja na snagu Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o uspostavi institucionalnog okvira za korištenje strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj (Narodne novine, broj 143/2013), definiran je pojam „Zajednička nacionalna pravila“ (dalje u tekstu ZNP) i njegov obuhvat. Sastavni dio ZNP-a je i Pravilnik o prihvatljivosti izdataka koji se odnose na EU projekte za programsko razdoblje 2007.-2013..

2. ZAJEDNIČKA NACIONALNA PRAVILA

Svrha ZNP-a je da se institucijama/tijelima Sustava upravljanja i kontrole, prijaviteljima i korisnicima prikažu zahtjevi projektne konfiguracije koji se trebaju ispuniti tijekom projektnog ciklusa, za projekte koji su financirani iz financijskih alokacija za RH iz strukturnih instrumenata EU za programsko razdoblje 2007.-2013.
ZNP obuhvaćaju pravilnike i smjernice kojim se definiraju aktivnosti u svim fazama pripreme i provedbe projekata, uspostavu sustava, prognoziranje i praćenje, revizijski trag, odabir projekata i odobravanje sredstava pomoći, provjeru, plaćanja, pa sve do vrednovanja i zatvaranja Operativnih programa.
ZNP definiraju opseg primjene, pravni okvir, opći pravni okvir EU kao i nacionalni pravni okvir. Daju prikaz posebne dokumentacije EU i nacionalno relevantne dokumentacija te slične klauzule uključivo i one koja je relevantna za prijelaz iz provedbenog modaliteta programa IPA u provedbeni modalitet SKF-a.
U općim zahtjevima sadržani su zahtjevi za pripremljenost projekata, administrativni i pravni zahtjevi, tehnički zahtjevi, financijski i ekonomski zahtjevi, zahtjevi za velike projekte, zahtjevi za horizontalne politike, pravila nabave, državne potpore, trajnost, zahtjevi obavještavanja javnosti, dvostruko financiranje. Zahtjevi za pred-provedbenu fazu obuhvaćaju revizorsko izvješće, projektne zahtjeve i uvjete ugovora.

2.1. Zahtjevi za prijelaz IPA projekata u SKF projekte

Do 1. srpnja 2013. (datum pristupanja RH u EU) IPA projekti su provođeni u skladu s odredbama IPA uredbe (Uredba Vijeća 1085/2006).
Zahtjevi za prijelaz IPA projekata u SKF projekte daju pravni okvir slijedom kojih se određuje da će se provedba tih operacija i velikih projekata od 1. srpnja 2013. voditi prema pravilima utvrđenim u Općoj uredbi (Uredba Vijeća 1083/2006). Međutim, svaka postojeća referenca za provedbu projekta pod IPA uredbom (i/ili aktima usvojenim pod istom) se smatra kao referenca za provedbu projekta prema Općoj uredbi.
U Zahtjevima su specificirani razni slučajevi ovisno o dotadašnjem stupnju realizacije projekta te su dana pravila postupanja glede prijelaza iz IPA-e u SKF.

2.2. Zahtjevi za fazu provedbe

a) Zahtjev za predujam

Mogućnost i uvjeti za podnošenje zahtjeva i korištenje predujma određeni su u Ugovoru o dodjeli bespovratnih sredstava. Korisnik mora pripremiti Zahtjev za plaćanje predujma popunjavanjem obrasca Zahtjeva za plaćanje predujma (Aneks 07), koji

će se procijeniti i dalje obraditi zajedno sa svim popratnim dokumentima (ukoliko je zahtijevano, obrazloženje, jamstvo za pred-financiranje). Postupak plaćanja koji se odnosi na predujam provest će se u skladu s odredbama ZNP-a o Plaćanjima.

b) Zahtjev za nadoknadom sredstava

Zahtjev za nadoknadom sredstava (dalje u tekstu ZNS) priprema Korisnik popunjavanjem obrasca ZNS-a. Postupci koji su povezani s podnošenjem i provjerom ZNS-a provodit će se u skladu s odredbama ZNP-a o Provjerama projekata i ZNP-a o Plaćanjima. Učestalost i modalitet podnošenja ZNS-a utvrđuje se Ugovorom o dodjeli bespovratnih sredstava.

c) Plan zahtjeva za nadoknadom sredstava

Inicijalni plan podnošenja ZNS-a utvrđuje se i usuglašava po potpisivanju Ugovora o dodjeli bespovratnih sredstava, čime se određuje vremenski tijek i iznosi planiranih ZNS-a koje Korisnik podnosi. Svrha plana ZNS-a jest prognoziranje iznosa plaćanja i planiranje korištenje sredstava. Ažurirani plan zahtjeva za nadoknadom sredstava podnosi se sa svakim ZNS-om, bez obzira sadrži li ili ne sadrži određene troškove.

d) Izvješća o provedbi

Izvještavanje o napretku projekta se uključuje u proces podnošenja ZNS-a. Korisnik mora pružiti informaciju o napretku provedbe sa svakim pojedinim ZNS-om popunjavanjem za to određenih dijelova Obrasca zahtjeva za nadoknadom sredstava. Učestalost izvještavanja o napretku provedbe podudara se stoga s planom za podnošenje ZNS-a, što znači najmanje svaka tri mjeseca (u slučaju IPA projekata najmanje svakih šest mjeseci), čak i ako se ne potražuje nikakav trošak.

e) Provjera primjerenosti dokumentacijskih dokaza i revizijskog traga

Na razini projekta potrebno je osigurati revizijski trag kako bi se omogučilo da: a) ukupni iznos potvrđenih prihvatljivih izdataka projekta uskladi s detaljnim računovodstvenim zapisima i popratnim dokumentima; b) provjeru sukladnosti potraživanog prihvatljivog izdatka s Uredbama EK koje se primjenjuju i nacionalnim zakonodavstvom; c) provjeru isplate su-financiranih bespovratnih sredstava prema Korisniku; d) provjeru odgovarajuće dokumentacije o odabiru projekta i odobrenju bespovratnih sredstava, njegovoj provedbi, napretku, provedenoj reviziji, nabavi, projektnom računovodstvu itd.

2.3. Zahtjevi za fazu nakon provedbe

Zahtjevi za fazu nakon provedbe definiraju da se izvještavanje nakon provedbe projekta treba obavezno podnositi pet godina nakon završetka projekta, kako bi se osigurala provedba raznih odredbi koje su definirane u Općoj uredbi. Između ostalog, potrebno je postići projektne indikatore koji su definirani kroz Aplikaciju projekta te kroz Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava (u slučaju IPA projekata kroz Dvostrani sporazum o projektu).

Korisnik mora pripremiti Izvješće nakon provedbe popunjavanjem istoimenog obrasca. Učestalost i zahtjevi za podnošenje Izvješća nakon provedbe projekta jasno se utvrđuju u Ugovoru o dodjeli bespovratnih sredstava.

3. PRAVILNIK O PRIHVATLJIVOSTI IZDATAKA

Pravilnik o prihvatljivosti izdataka donesen je 9. siječnja 2014. od strane Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova Europske unije. Ovim Pravilnikom se utvrđuju pravila prihvatljivosti izdataka u okviru projekata sufinanciranih sredstvima strukturnih instrumenata Europske unije i uvjeti pod kojima izdaci mogu biti uključeni u Izjavu o izdacima koju priprema Tijelo za ovjeravanje.
Odredbe ovog Pravilnika ne odnose se na projekte odobrene prije 1. srpnja 2013. na temelju Uredbe Vijeća (EZ) broj 1085/2006, koji se nakon navedenog datuma, u skladu s odredbama članka 105. (a) stavka 4. Uredbe Vijeća (EZ) broj 1083/2006, nastavljaju provoditi u skladu s pravilima za korištenje sredstava strukturnih instrumenata iz članka 2. točka 8. Pravilnika.
U Pravilniku je defnirano je značenje raznih pojmova, dan je popis akata s kojima su odredbe Pravilnika usklađene, definirano je na koga se sve odnosi, odnosno tko ga je sve dužan primjenjivati. Člankom 5. definirani su Opći uvjeti prihvatljivosti izdataka:

1. povezanost s projektom i nastanak u okviru projekta
2. stvarnost nastanka kod Korisnika
3. izvršenje plaćanja Korisnika prema izvođačima radova
4. dokazivost putem računa
5. usklađenost s pravilima o državnim potporama
6. usklađenost s primjenjivim pravilima javne nabave
7. usklađenost s odredbama glede zabrane dvostrukog financiranja.

Člankom 6. definirani su Izdaci koji se smatraju neprihvatljivima (dani u Prilogu 1 Pravilnika) i Izdaci koji se smatraju uvjetno prihvatljivima (dani u Prilogu 2 Pravilnika). Uvjeti prihvatljivosti izdataka primjenjivi u određenom projektu utvrđuju se u Ugovoru o dodjeli bespovratnih sredstava tj. u Dvostranom sporazumu u slučaju IPA projekata.

4. PRIMJENA FIDIC UGOVORA U RH

FIDIC ugovori nisu novost u poslovnoj praksi i na projektima u RH, međutim novost je sve veća primjena FIDIC općih uvjeta na cijelom nizu različitih građevinskih projekata.
U Hrvatskoj su FIDIC ugovori prisutni već duži niz godina te su se prvenstveno počeli upotrebljavati u niskogradnji i to na kapitalnim projektima na izgradnji autocesta početkom 2001.godine, međutim u posljednjih nekoliko godina, FIDIC opći uvjeti počinju se primjenjivati i na složenijim projektima pa tako i na projektima iz vodnog sektora. FIDIC ili Fédération Internationale des Ingénieurs-Conseils (Međunarodna federacija inženjera konzultanata – francuska kratica) je međunarodna organizacija osnovana 1913.godine s ciljem promicanja i implementacije strateških ciljeva industrije inženjera-konzultanata i djelovanje u cilju prikupljanja iskustava svojih članova. FIDIC danas broji 97 zemalja članica.
U cilju promicanja svojih ciljeva i ciljeva svojih članica FIDIC objavljuje međunarodne standardizirane Ugovore za „Klijente“, „Konzultante“, „Podkonzultante“ i „Poslovne udruge“, zajedno s pratećom dokumentacijom kao što su obrasci za izdavanje garancija, sporazumi i pravila za djelovanje, obrasci za Vijeće za rješavanje sporova i sl. FIDIC je standardizirane ugovore (“Žutu” i “Crvenu” knjigu) izdao još davne 1957.godine (i 1963.

godine), međutim novo strukturiranje sustava podjele odgovornosti došlo je tek 1999. godine izdavanjem prvih izdanja četiri nove standardizirane knjige ugovora: "Crvena" knjiga (Uvjeti ugovora o građenju), "Žuta "knjiga (Uvjeti Ugovora za postrojenja i projektiranje i građenje), "Srebrna knjiga" (Uvjeti Ugovora za EPC/projekte „ključ u ruke") i "Zelena" knjiga (Skraćeni oblik Ugovora).

Crvena knjiga primjenjuje se za građevinske radove koje projektira Naručitelj – Klijent ili njegov predstavnik – Inženjer (projektant). Logika ove vrste ugovora jest da Izvođač obavlja radove prema gotovom projektu kojeg mu je osigurao i za kojeg odgovara Naručitelj.

Žuta knjiga se primjenjuje na projektima za izvedbu energetskih i strojarskih postrojenja i to kako za projektiranje samih postrojenja tako i za građenje takvih postrojenja. Specifičnost ovog ugovora jest da Izvođač sam projektira i sam gradi projekt. Ovakva vrsta ugovora vrlo je zanimljiva i pravnoj teoriji obzirom se kroz posebne uvjete mora temeljito mijenjati kako bi bila u skladu s pozitivnim propisima RH. Ugovor podrazumijeva kombinaciju građevinskih, strojarskih, elektrotehničkih i građevinskih radova.

U EU projektima iz vodno-komunalnog sektora „Crvena" knjiga se većinom koristi za izvođenje radova na izgradnji i/ili rekonstrukciji mreža (vodoopskrbe i odvodnje), dok se „Žuta" knjiga koristi za izgradnju raznih uređaja, kako za pročišćavanje otpadne vode tako i raznih uređaja za pitku vodu.

Primjena standardiziranih FIDIC ugovora u RH, kao i u ostalim zemljama civilno pravne tradicije, je posebno zanimljiva problematika obzirom je FIDIC u svojoj osnovi namijenjen za upotrebu u zemljama tzv. "Common Law" pravne tradicije te se standardizirani FIDIC ugovori u Hrvatskoj kroz Posebne uvjete Ugovora mijenjaju i prilagođavaju kako bi cjelokupna ugovorna dokumentacija bila kompatibilna s propisima RH.

5. BITNE ODREDBE FIDIC UGOVORA

Obzirom na kompleksnost i opsežnost ove tematike, u nastavku ćemo se koncentrirati na najbitnije, i u praksi najosjetljivije odredbe FIDIC ugovora, čije odredbe su u svim izdanjima FIDIC-a slične ili čak iste.

5.1. Inženjer

Inženjer je jedan od važnijih subjekata u FIDIC ugovornom odnosu. Inženjer može biti i pravna osoba sa svojim stručnim zaposlenicima te nije ugovorna strana u Ugovoru između Izvođača i Naručitelja, već isti djeluje u skladu s Ugovorom jer ugovor i za njega ima neizravne učinke, a definitivno za njega proizvodi i određene obveze.

Inženjera imenuje Naručitelj te se od njega ne može očekivati nezavisan sud i neovisno držanje u ugovornom odnosu između Naručitelja i Izvođača. Inženjer međutim, ima kontrolu nad izvršenjem radova, ima ovlaštenja da poduzima određene radnje te da daje i donosi odluke. Te odluke mogu biti u obliku odobrenja, kontrole, potvrde, suglasnosti, ispitivanja, upute, obavijesti, prijedloga, zahtjeva, ispitivanja ili sličnih radnji.

Inženjer ne smije i ne može Izvođača osloboditi neke njegove obveze preuzete Ugovorom, ali može izdati Izvođaču upute putem izmijenjenih nacrta potrebnih za izvršenje radova ili otklanjanje nedostataka.

U ovom dijelu moramo i posebno istaknuti kako tzv. FIDIC inženjer nije pojam koji je jednoznačan pojmu Nadzorni inženjer, koji je definiran Zakonom o obveznim odnosima ili

još detaljnije Zakonom o gradnji koji kaže „*Nadzorni inženjer je fizička osoba koja prema posebnom zakonu ima pravo uporabe strukovnog naziva ovlašteni arhitekt ili ovlašteni inženjer i provodi u ime investitora stručni nadzor građenja*." Naime, FIDIC inženjer ima puno šire ovlasti i obveze nego što to ima Nadzorni inženjer sukladno pozitivnim propisima RH, ali kako bi se FIDIC mogao primjenjivati u RH i kako bi isti bio u skladu s pozitivnim propisima, kroz posebne uvjete mora se posebno definirati i Nadzorni inženjer sa svojim ovlastima i obvezama.

Također, u dosadašnjoj praksi u RH nije rijetkost „spajanje" FIDIC inženjera i Nadzornog inženjera u jednu osobu. Naime, isto je moguće jedino kroz Posebne uvjete ugovora, gdje bi se ovlaštenja i obveze FIDIC inženjera proširila na način da FIDIC inženjer podrazumijeva, osim ovlaštenja po Općim uvjetima Ugovora, i ovlaštenja za Nadzornog inženjera sukladno pozitivnim propisima RH, te bi tako na projektu djelovao samo Nadzorni inženjer s proširenim ovlastima. Međutim, dosadašnja praksa nam je pokazala kako je najspretnije rješenje da se kroz Posebne uvjete Ugovora zasebno prepozna i definira Nadzorni inženjer koji tijekom izvođenja radova djeluje zasebno od FIDIC inženjera, dok da se za FIDIC inženjera imenuje (pravna) osoba sa stručnim osobljem koja, iako je plaćena i imenovana od Naručitelja, nije predstavnik Naručitelja na gradilištu, već zasebni kontrolni organ na projektu koji neće odnosno ne bi smio biti „marioneta" Naručitelja, već bi trebao biti „sluga" projekta.

5.2. Potraživanja

Članak 20.1 Općih uvjeta (FIDIC "Crvena" i "Žuta" Knjiga) glasi:

„Ako izvođač smatra da ima pravo na produljenje Roka dovršetka i/ili na dodatno plaćanje prema bilo kojem članku ovih Uvjeta ugovora ili na drugi način u vezi s Ugovorom, o tome će obavijestiti Inženjera i opisati događaj ili okolnost koja opravdava takvo potraživanje, Obavijest će se dati što je prije izvedivo, ali najkasnije u roku od 28 dana nakon što je Izvođač saznao ili je trebao saznati za događaj ili okolnost.

Ako Izvođač ne dostavi obavijest o potraživanju u roku od 28 dana, Rok dovršetka neće se produljiti, Izvođač nema pravo na dodatno plaćanje, a Naručitelj će biti oslobođen od svih obveza u vezi s takvim potraživanjem..."

Iz ove odredbe jasno proizlazi kako Izvođač mora slijediti određenu proceduru i u strogo određenim rokovima ukoliko želi ostvariti svoje pravo na dodatno potraživanje (za dodatno plaćanje i/ili produženje roka dovršetka). S druge strane ako Izvođač ne postupi po gore citiranom, isti gubi svaku mogućnost za naplatu svojeg potraživanja.

Gore citirana odredba FIDIC Općih uvjeta je ujedno i odredba koja je najproblematičnija Izvođačima, a posebice onim Izvođačima koji ne vode urednu i temeljitu dokumentaciju na gradilištu te onim Izvođačima koji nemaju iscrpno iskustvo s FIDIC-om. Naime, često Izvođači projekte koji se izvode po FIDIC-ovim pravilima tretiraju kao i svake druge „obične" građevinske projekte što vrlo često zna rezultirati s kašnjenjima u prijavi dodatnog potraživanja kako po pitanju rokova za dovršenje ugovora tako i po pitanju dodatnog plaćanja i formalnim kršenjima drugih ugovornih obveza formalne naravi.

Nastavno na prekluzivni rok za podnošenje Obavijesti o dodatnom potraživanju u roku od 28 dana od dana saznanja za događaj koji bi mogao rezultirati dodatnim potraživanjem, Izvođač mora u daljnjem roku od 14 dana ili točnije u roku od 42 dana nakon što je Izvođač saznao (ili je trebao saznati) za događaje i okolnosti koje daju pravo na

potraživanje, predati i kvantificirati svoje potraživanje. Iako smo posebno izdvojili ovaj rok te smatramo da je isti vrlo bitan za Izvođača, isti nema prekluzivnu narav. Navedeno znači da ukoliko Izvođač ne postupi u gore navedenom roku od 42 dana, isti neće izgubiti pravo na svoje potraživanje.
Naime, stavak 9. Članka 20.1 navodi kako će se, ako Izvođač ne postupi u skladu s Člankom 20.1. (odnosno ukoliko ne prijavi potraživanje u prekluzivnom roku od 28 dana), kod produljenja roka i/ili dodatnog plaćanja uzeti u obzir mjera u kojoj je taj propust spriječio ili utjecao na pravilno ispitivanje potraživanja. Takvo je stajalište za sada zauzela recentna praksa sudova i arbitraža u RH.
S druge strane, Naručitelj nema ugovorom propisanu prekluziju svojih potraživanja prema Izvođačima pa tako članak 2.5 Općih uvjeta navodi kako Naručitelj mora obavijestiti Izvođača o svojem potraživanju i to što je prije moguće nakon što Naručitelj sazna za događaj ili za okolnost koji su razlog potraživanja. U navedenom članku ugovorni uvjeti ne poznaju rok odnosno točno određen rok kada se to potraživanje može „prijaviti".

5.3. Rješavanje spor(ov)a

Važno je posebno istaknuti i odredbe FIDIC-a koje se odnose na rješavanje sporova. Tako FIDIC Opći uvjeti (za sve knjige) poznaju prethodni korak koji se ima obaviti prije pokretanja postupka pred arbitražom ili sudom. Naime, nakon potpisivanja Ugovora, a prije započinjanja radova, ugovorne strane mogu osnovati tzv. Vijeće za rješavanje sporova (dalje u tekstu VRS) koje se imenuje za cijelo trajanje ugovora ili se najkasnije imenuje do krajnjeg datuma koji je obično naveden u Dodatku ponudi.
FIDIC Opći uvjeti definiraju kako se VRS sastoji od jedne ili tri kvalificirane osobe, pri čemu svaka ugovorna strana imenuje jednog člana (ukoliko se radi o vijeću od 3 člana). Zadatak VRS-a je rješavanja operativnih pitanja i nesuglasica koje se jave tijekom izvođenja ugovora, ali samo nakon što se Ugovorne strane obrate VRS-u sa zahtjevom za rješavanje spora, a nikada na vlastitu inicijativu VRS-a.
VRS je moguće osnovati i "*Ad hoc"*. Imenuje se svaki puta kada iskrsne spor između Naručitelja i Izvođača. VRS odlučuje samo o problemu i sporu zbog kojeg je osnovan. Proceduralno, VRS nakon što zaprimi zahtjev za rješavanje spora od ugovornih strana, mora u roku od 84 dana donijeti detaljno i stručno obrazloženu odluku (VRS može zatražiti da rok za donošenje odluke krene teći s datumom dostave prve dokumentacije od ugovorne strane koja tuži, što je bila praksa na IPA sufinanciranim projektima u vodnom gospodarstvu RH). Načelno govoreći, odluka VRS-a je obvezujuća za ugovorne strane, međutim nezadovoljna strana može u roku od 28 dana, računajući od dana zaprimanja odluke VRS-a, podnijeti drugoj strani obavijest o nezadovoljstvu odlukom VRS-a. Nakon slanja obavijest o nezadovoljstvu, slijedi vrijeme mirovanja u kojem će strane ugovora ponovno pokušati sporazumno riješit spor, a ukoliko ne uspiju nakon isteka 56 dana može se započeti arbitražni ili sudski postupak.
Dosadašnja iskustva u arbitražnim sporovima govore, kako nije procesna pretpostavka za započinjanje arbitražnog ili sudskog postupka (ukoliko tuženik ne prigovori da je tužba preuranjena), da se ugovorne strane prethodno obrate VRS-u. Međutim, ovdje moramo posebno napomenuti kako je poznata i jedna odluka arbitražnog suda u kojem je tužba odbačena kao preuranjena obzirom se stranke nisu prethodno obratile VRS-u. Također, valja napomenuti kako se broj arbitara, jezik i primjenjivo pravo obično posebno uređuju

Posebnim uvjetima, te se uglavnom ugovara nadležnost Stalnog arbitražnog sudišta Hrvatske gospodarske komore u vijeću od 3 arbitra, hrvatsko pravo i hrvatski jezik.
Nadalje, dosadašnja iskustva pokazuju da arbitražni postupci u velikom broju slučajeva potvrđuju Odluku koju je donijelo VRS a što zasigurno treba imati na umu prije započinjanja arbitražnog postupka ponajprije glede vremena trajanja kao i troškova arbitražnog postupka.
Nekada ugovorne strane, odnosno Naručitelj obzirom da isti sastavlja Posebne uvjete ugovora, ugovaraju nadležnost redovnih sudova Republike Hrvatske. Pri takvoj odluci treba svakako voditi računa o složenosti sporova koji proizlaze iz FIDIC ugovora te na potencijalnu dugotrajnost takvog postupka pred sudom jer su sporovi koji proizlaze iz FIDIC-a često vrlo složeni i kompleksni jer podrazumijevaju kako tehničku problematiku spora, tako i posebnu i složenu pravnu problematiku. Redovni sudovi, u većini slučajeva, imaju vrlo malo iskustava s općom problematikom FIDIC ugovora, a također i sudske prakse koja bi dala smjernice za rješavanje sporova jednostavno nema. Stoga je zaključak kako bi postupci pred redovnim sudovima bili izrazito dugotrajni i neizvjesni. S druge strane, ugovaranje arbitraže odnosno Stalnog arbitražnog sudišta pri Hrvatskoj gospodarskoj komori često znači brzo i efikasno rješavanje sporova.

ZAKLJUČAK

Provedba projekta umnogome ovisi o kvalitetnoj pripremi projetka, kvaliteti izrade studijske i projektne dokumentacije, troškovnika i ugovora. Ukratko, svemu onome što prethodi samoj provedbi. Što je kvaliteta izrađene dokumentacije bolja, to je sama provedba brža, lakša, efikasnija i jednostavnija. S ciljem daljnjeg transfera znanja i educiranja svih dionika u EU projektima, kako pripremi tako i provedbi, Hrvatske vode su formirale Sektor za podršku pripremi i provedbi EU projekata. Sektor će nastaviti sa pružanjem podrške krajnjim korisnicima, Javnim isporučiteljima vodnih usluga (JIVU) u raznim segmentima pripreme i provedbi EU projekata. U dijelu provedbe to će biti posebno značajno s obzirom da veliki broj JIVU-a ne raspolaže djelatnicima kvalificiranim za realizaciju potrebnih aktivnosti i implementaciju projekata. Stoga će im, po potrebi, pri provođenju istih „u pomoć priskakati“ djelatnici Hrvatskih voda koji imaju potrebna znanja i iskustva, sve u cilju što brže, bolje i uspješnije realizacije EU projekata odnosno usklađivanja sa europskim vodno-komunalnim direktivama.

LITERATURA

[1] Šunić Z., Karakaš R., Kregar V., (2014.): *Primjena i razvoj FIDIC ugovora u Republici Hrvatskoj – iskusta iz prespektive pravnih savjetnika*

[2] FIDIC (1999.): *Uvjeti Ugovora o građenju za građevinske i inženjerske radove po projektima Naručitelja, Hrvatsko izdanje,* Hrvatska udruga konzultanata, Hrvatska komora inženjera građevinarstva, Udruga konzultantskih društava u graditeljstvu.

[3] FIDIC (1999.): *Uvjeti Ugovora za postrojenja i projektiranje i građenje za elektrotehničke i strojarske, građevinske i inženjerske radove po projektima Izvođača, Hrvatsko izdanje,* Hrvatska udruga konzultanata, Hrvatska komora inženjera građevinarstva, Udruga konzultantskih društava u graditeljstvu

[4] *Pravilnik o prihvatljivosti izdataka,* Programsko razdoblje 2007.-2013.,

[5] http://www.strukturnifondovi.hr/UserDocsImages/kako_do_fondova/korak1/uvjeti/znp1_pravilnikoprihvatljivostiizdataka_nn_5-2014.pdf, (datum preuzimanja: 10. ožujak 2015.)

[6] *Uvjeti za pripremu i provedbu projekata*, Programsko razdoblje 2007.-2013., http://www.strukturnifondovi.hr/vazni-dokumenti, (datum preuzimanja: 10. ožujak 2015.)

[7] *Zakon o uspostavi institucionalnog okvira za korištenje strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj,*

[8] http://www.zakon.hr/z/532/Zakon-o-uspostavi-institucionalnog-okvira-za-kori%C5%A1tenje-strukturnih-instrumenata-Europske-unije-u-Republici-Hrvatskoj, (datum preuzimanja: 10. ožujak 2015.)

[9] *Zakon o gradnji, http://www.zakon.hr/z/690/Zakon-o-gradnji*, (datum preuzimanja: 10. ožujak 2015.)

AUTORI

Miljenko Čupić, dipl.ing.građ. [a]
Goran Milaković. mag.ing.aedif. [a],
mr.sc. Vlatko Kregar, dipl.iur. [b]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, miljenko.cupic@voda.hr; goran.milakovic@voda.hr,

[b] Odvjetničko društvo Šunić i partneri, Donje Svetice 99a, 10000 Zagreb; kregar@sunic-partneri.com

R 3.04.

ULOGA HRVATSKIH VODA KAO POSREDNIČKOG TIJELA U PROCESU UPRAVLJANJA EU SREDSTVIMA

Robert Kartelo, Mojca Lukšić

SAŽETAK: Stjecanjem punopravnog članstva Republike Hrvatske u EU stekla se i mogućnost korištenja europskih sredstava iz Strukturnih i Kohezijskog fonda. Kako bi se omogućilo korištenje ovih sredstva bilo je potrebno uspostaviti sustav upravljanja europskim sredstvima na nacionalnoj razini i izraditi sve potrebne programske dokumente. U radu će se dati kratki opis uspostavljenog sustava upravljanja europskim sredstvima i programskih dokumenata za programsko razdoblje 2017-2013 i dati pregled aktivnosti koje se provode u tom smislu za razdoblje 2014-2020, te detaljno opisati zadaci i ovlasti Hrvatskih voda kao Posredničkog tijela razine 2 u sustavu upravljanja europskim sredstvima u sektoru voda i zajednički rad s korisnicima, vodo-komunalnim tvrtkama. Također će se dati pregled do sada uočenih problema pri korištenju europskih sredstava i način njihovog mogućeg rješavanja.

KLJUČNE RIJEČI: Europski fondovi, Sustav upravljanja europskim sredstvima, Posredničko tijelo razine 2, Korisnici

THE ROLE OF HRVATSKE VODE AS INTERMEDIATE BODY IN EU FUNDS MANAGEMENT PROCESS

SUMMARY: As a full-fledged EU Member State, Croatia now has at its disposal the Structural and Cohesion Funds of the European Union. In order for it to be able to absorb these funds, a system for the management of EU funds had to be established on the national level and all the required programming documents had to be prepared. The paper will outline the established EU funds management system and the programming documents for the 2007-2013 programming period, present the activities implemented in that regard for the 2014-2020 period, describe in detail the tasks and duties of Hrvatske vode as an Intermediate Body level 2 in the EU funds management system in the water sector, as well as joint efforts with the water utility companies as beneficiaries. The paper will also outline the problems encountered so far in the absorption of EU funds and the possible methods of how to resolve these.

KEY WORDS: EU funds, EU funds management system, Intermediate Body level 2, Beneficiaries

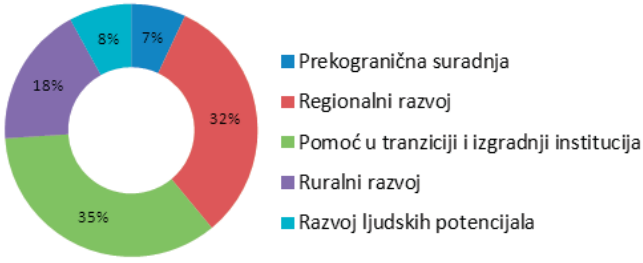
1. UVOD

Ulaskom u punopravno članstvo Europske unije, Republika Hrvatska postala je korisnica sredstava iz europskih fondova. Europski fondovi su zamišljeni kao financijski instrumenti koji podupiru provedbu pojedine politike Europske unije u zemljama članicama, a Republika Hrvatska moći će koristiti sredstva iz Europskog fonda za regionalni razvoj, Europskog socijalnog fonda te Kohezijskog fonda. Hrvatske vode imaju dugotrajno iskustvo u upravljanju EU fondovima počevši od IPA (Instrument for Pre-Accession Assistance) pretpristupnog fonda sve do sadašnjih vrlo izdašnih Strukturnih fondova. Uloga Hrvatskih voda mijenjala se kako se mijenjala uloga svih tijela, odnosno kako su se mijenjale okolnosti i razvoj sustava upravljanja EU sredstvima. Danas Hrvatske vode spadaju u neprofitne državne agencije koje su se najbolje pripremile za zahtjevne uloge i zadatke korištenja EU sredstava, te među rijetkima koje su skoro u potpunosti, naravno u domeni svoje nadležnosti u sektoru voda, zatvorile projektni ciklus od programiranja, planiranja, pripreme projekata, njihovog prihvaćanja, ugovaranja, provedbe, pa sve do preuzimanja projekata.

2. IPA (Instrument for PRE-ACCESSION ASSISTANCE)

Republika Hrvatska kao država kandidatkinja za pristup Europskoj Uniji koristila je financijski instrument Europske komisije (EC) IPA (Instrument for Pre-Accession Assistance). IPA (EC 1085/2006) je kao integralni instrument zamijenio programe koji su prethodno bili dostupni Hrvatskoj – CARDS, PHARE, ISPA i SAPARD. IPA program na raspolaganju je bio od 2007. sve do sredine 2013. godine. IPA se sastojala od 5 komponenti:

1. pomoć u tranziciji i jačanje institucija;
2. regionalna i prekogranična suradnja;
3. regionalni razvoj (područje prometa, zaštite okoliša i regionalne konkurentnosti);
4. razvoj ljudskih potencijala;
5. ruralni razvoj.



Slika 1. IPA komponente

IPA je osigurala financijska sredstva za projekte čija je svrha bila pomoći državnim tijelima u postizanju spremnosti za učinkovitu primjenu nacionalnih zakona usklađenih s pravnom stečevinom EU, te pripremiti državna tijela i korisnike iz nevladinih sektora za upravljanje i korištenje strukturnih i kohezijskih fondova nakon pristupanja Uniji.

Provedba programa IPA, kako je to definirano u IPA Implementing rules (Implementing Council Regulation EC No 1085/2006 establishing an instrument for pre-accession assistance) odvijala se prema tzv. decentraliziranom modelu (DIS system), što podrazumijeva prijenos cjelokupnog upravljanja programom na Republiku Hrvatsku, dok Europska Komisija zadržava pravo kontrole svih postupaka i procedura u svim fazama realizacije. Ovaj se prijenos nadležnosti proveo putem tzv. postupka akreditacije kojom se dokazala puna spremnost za preuzimanje nadležnosti za upravljanje sredstvima EU svih državnih tijela uključenih u operativnu strukturu. *Uredbom Vlade RH o opsegu i sadržaju odgovornosti te ovlastima tijela nadležnih za upravljanje instrumentom pretpristupne pomoći,* od 7. veljače 2007. (NN 18/07), definirala se struktura i institucionalni okvir za provedbu IPA-e u Republici Hrvatskoj. Uredbom su osnovana tijela i uredio se opseg i sadržaj odgovornosti i ovlasti tijela nadležnih za koordinaciju i financijsko upravljanje IPA-om, te tijela nadležnih za upravljanje i provedbu pojedinih komponenti programa IPA.

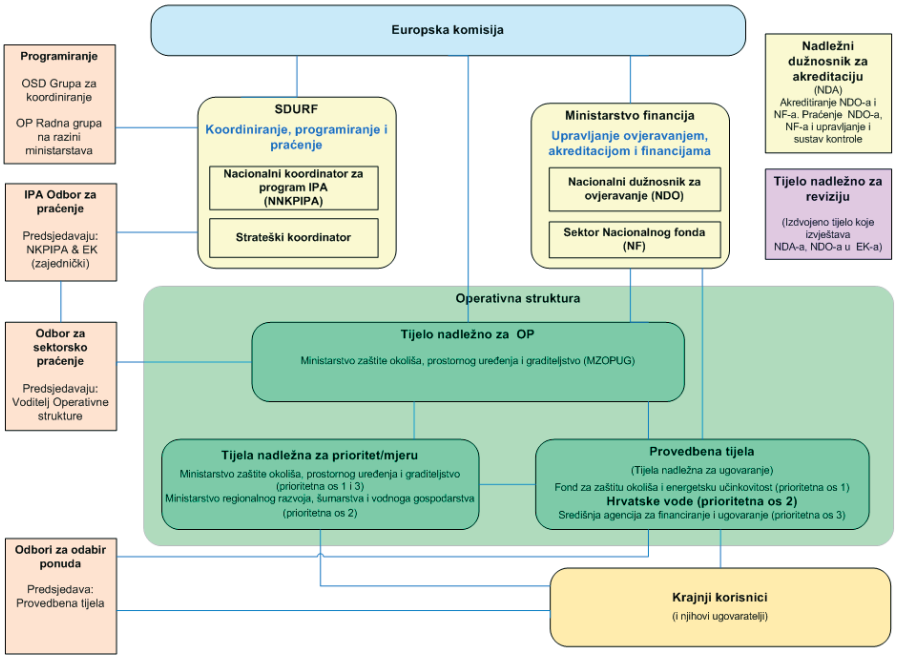
3. OPERATIVNI PROGRAM ZAŠTITE OKOLIŠA 2007 – 2012 – IPA

Korištenje sredstava unutar komponente *IPA-e III - Regionalni razvoj* podupire infrastrukturne projekte u sektorima zaštite okoliša i prometa kao i programe poticanja konkurentnosti i regionalnog razvoja. Korištenje sredstava unutar ove komponente temelji se na višegodišnjim programskim dokumentima tzv. Operativnim programima. Operativni program zaštite okoliša (OPZO) usvojen je 29. studenoga 2007. od strane Europska komisije za trogodišnje programsko IPA razdoblje od 2007. do 2009. godine. OPZO predstavlja programski okvir za korištenje III b komponente programa IPA (Okoliš) na način da određuje prioritete i mjere koje će se sufinancirati u pojedinim sektorskim područjima - sektoru gospodarenja otpadom i sektoru gospodarenja vodama. U lipnju 2010. godine Europska komisija donijela je odluku kojom se odobrava produljenje OPZO-a za razdoblje 2010.-2011. i osiguravaju dodatna financijska sredstva.

Bespovratna IPA pomoć za razdoblje 2007.-2011. za cjelokupni OPZO iznosila 96,7 mil. EUR. Financijski instrument koji je bio na raspolaganju za sektor voda i sufinanciranje infrastrukturnih projekata, a koji je detaljnije uređen Operativnim programom zaštite okoliša za razdoblje 2007. – 2011. iznosio je oko 47,7 mil. EUR bespovratnih sredstava EU.

4. OPERATIVNA STRUKTURA

Upravljanje i provedba Operativnog programa u nadležnosti je *Operativne strukture* kojoj je na čelu Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, a koje u području vodnoga gospodarstva usko surađuje s Ministarstvom regionalnog razvitka, šumarstva i vodnoga gospodarstva. Operativnu strukturu nadležnu za provedbu OPZO-a sukladno članku 31. IPA Provedbene uredbe činilo je Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva (MZOPUG) – tijelo nadležno za prioritetnu os 1 i 3 te za OPZO; Ministarstvo regionalnog razvoja, šumarstva i vodnoga gospodarstva (MRRŠVG) – tijelo nadležno za prioritetnu os 2; Hrvatske vode (HV) – provedbeno tijelo za prioritete i mjere iz prioritetne osi 2; Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (FZOEU) - kao provedbeno tijelo za prioritete i mjere iz prioritetne osi 1; Središnja agencija za financiranje i ugovaranje programa i projekata Europske unije (SAFU) - provedbena agencija za prioritete i mjere iz prioritetne osi 3.



Slika 2. Organigram Operativne strukture (OS-e)

Operativni sporazum između tih tijela potpisan je 20. ožujka 2008. godine. Uredbom Vlade Republike Hrvatske o opsegu i sadržaju odgovornosti te ovlastima tijela nadležnih za upravljanje Instrumentom pretpristupne pomoći od 19. ožujka 2008. Hrvatske vode imenovane su Provedbenim tijelom.

5. ORGANIZACIJSKI USTROJ UNUTAR HRVATSKIH VODA

Krajem prosinca 2006. godine, sukladno Akcijskom planu, interne revizije svake institucije u suradnji s internom revizijom Ministarstva financija obavile su preliminarnu procjena spremnosti svih tijela, pa tako i Hrvatskih voda koje su uključene u IPA-u i 5. siječnja 2007. za Hrvatske vode donesene su slijedeće preporuke:

uspostaviti operativnu strukturu za upravljanje EU financiranih projekata

u pravilniku o unutarnjem ustroju ustrojiti posebnu jedinicu odgovornu za upravljanje EU financiranih projekata

zadaci vezani uz upravljanje EU financiranih projekata moraju biti definirani u pravilniku o unutarnjem ustroju

odrediti voditelja jedinice za upravljanje EU financiranih projekata

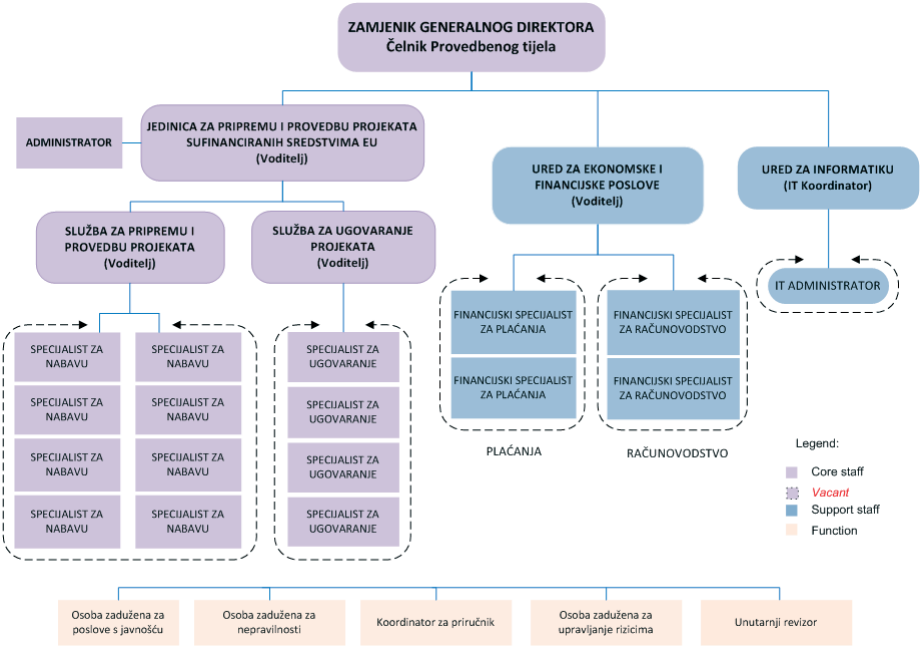
odrediti osobu za nepravilnosti izvan jedinice za upravljanje EU financiranih projekata

izraditi plan treninga uključenih osoba

osigurati uključenim osobama prisustvovanje treninga radi izrade priručnika.

Sukladno prethodnom 14. lipnja 2007. godine, Odlukom generalnog direktora Hrvatskih voda, osnovana je Radna skupina za pripremu i provedbu projekata sufinanciranih sredstvima EU čija je uloga zamišljena kao aktivna pomoć jedinicama lokalne

samouprave i Komunalnim poduzećima u kvalitetnoj pripremi Projekata s indikativne liste Operativnog programa. U 2008. godini Izmjenama i dopunama Pravilnika o unutarnjem ustroju Hrvatskih voda Radna skupina prerasla je u Jedinicu za pripremu i provedbu projekata sufinanciranih sredstvima EU (kolokvijalno nazvana IPA Jedinica), kao posebna ustrojbena jedinica unutar organizacijske strukture Hrvatskih voda kojoj je jedini zadatak bila priprema i implementacija projekata financiranih sredstvima EU.



Slika 3. Organigram HVEU

IPA Jedinica je formirana u direkciji Hrvatskih voda i sastojala se je od 2 odjela zbog potreba odvajanja pojedinih zadataka sukladno zahtjevima EC:

1. Služba za pripremu i provedbu projekata
2. Služba za ugovaranje

U Odjelu za pripremu i provedbu projekata bilo je zaposleno 9 djelatnika, a u Odjelu za ugovaranje 5 djelatnika što zajedno sa administratorom i Voditeljem Jedinice činilo 16 djelatnika koji su radili puno radno vrijeme na poslovima pripreme i provedbe projekata EU.

U sklopu Ureda za ekonomsko - financijske poslove odlukom generalnog direktora imenovano je 5 djelatnika zaduženih za poslove financijske provedbe projekata, a Uredu za informatiku 2 djelatnika zaduženih za poslove održavanja informacijske sigurnosti i potpore u okviru informatičkog sustava i aplikacija. IPA jedinica zajedno s Uredom za ekonomsko-financijske poslove i Uredom za informatiku činili su EU jedinicu Hrvatskih voda (tzv. HVEU jedinica).

Posebnim Odlukama generalnog direktora o poslovima i radnim zadacima, a za potrebe

djelovanja Jedinice, na pojedinim funkcijama, imenovane su i određene osobe:

- osoba zadužena za upravljanje rizicima,
- osoba zadužena za prijavljivanje nepravilnosti,
- osoba zadužena za koordinaciju priručnika,
- osoba za bilježenje iznimki, te
- osoba odgovorna za mjere promidžbe

Posebnim Odlukama su također imenovana 4 voditelja projekata (za projekte koji su bili u provedbi).

6. AKREDITACIJA HRVATSKIM VODAMA - "DOZVOLA ZA RAD"

Provedba programa IPA, odvijala se prema tzv. decentraliziranom modelu (DIS system), što podrazumijeva prijenos cjelokupnog upravljanja programom na RH, dok Europska komisija zadržava pravo kontrole svih postupaka i procedura u svim fazama realizacije. Ovaj se prijenos nadležnosti provodi putem tzv. postupka akreditacije kojom se dokazuje puna spremnost za preuzimanje nadležnosti za upravljanje sredstvima EU svih državnih tijela uključenih u operativnu strukturu. Hrvatske vode su akreditaciju dobile u jesen 2008. godine, odnosno drugim riječima dobivena je *„dozvola za rad"*. Postupak akreditacije koordiniran je od strane Ministarstva financija kao nadležnog tijela koje ima konačnu odgovornost za propisno i zakonito trošenje sredstava EU-a.
Kako bi dobile akreditaciju Hrvatske vode su morale provesti niz aktivnosti i ispuniti vrlo zahtjevne procedure:

- izrada i ažuriranje priručnika za provedbu IPA programa
  Za potrebe akreditacije svaka od institucija Operativne strukture bila je dužna izraditi samostalno svoj *potpuno novi* priručnik o procedurama i načinu djelovanja. Taj sustav je sasvim drugačiji od provođenja projekata kada su izvori financiranja IBRD ili EBRD koje imaju već predefinirane postupke koje je samo potrebno usvojiti. Za te potrebe EU jedinica je izradila kompleksne priručnike koji do detalja opisuju sve procedure i sve postupke. Priručnik ima preko 500 stranica, a napisan je na engleskom i hrvatskom jeziku. Od ožujka 2008. godine (kada je odobrena 1. verzija priručnika) izrađeno je i novelirano nekoliko verzija Priručnika,
- sudjelovanje u revizijama
  Za potrebe akreditacije Hrvatske vode prošle su u 2008. godini nekoliko revizija:
  - vanjska revizija sustava (koju je naručio Nacionalni fond, a provodi renomirana revizorska kuća KPMG.) kao podloga za akreditaciju
  - revizija sustava od strane EU revizora (provođenje akreditacije)
  - interna revizija (obavlja je Služba za internu reviziju i kontrolu Hrvatskih voda)
  - izrada polugodišnje izjave o jamstvu o funkcioniranju sustava i o ustroju sustava i procedura
  - revizija sustava od strane državne agencije za reviziju sustava
  - izrada godišnje izjave o jamstvu o funkcioniranju sustava,
- Za potrebe akreditacije djelatnici zaposleni u EU jedinici prisustvovali su brojnim seminarima, predavanjima i tečajevima, kako bi bili osposobljeni raditi na zahtjevnim i odgovornim poslovima, a u skladu s preporukama EK i nadalje se unaprjeđuje us-

postavljeni sustav, redovito se organiziraju, provode i pohađaju neophodni treninzi,

- Aktivnosti upravljanja rizikom

  Za potrebe akreditacije također je bilo potrebno pokazati da se funkcioniranje sustava provodi na propisani način. Jedan od načina ispravnog upravljanja je i uspostava Registra rizika. Izrađen je i „Akcijski plan" u svrhu reduciranja rizika na najmanju moguću mjeru. Na razini Operativne strukture osnovan je Odbor za upravljanje rizicima (RMP),
- Za potrebe sustava praćenja ugovorena je izrada informatičkog sustava koji će integrirati sve podatke i procese u okviru IPA-e u HV. Obavljene su i konzultacije oko mogućnosti da i ostala tijela u okviru operativne strukture sudjeluju u razvoju i financiranju izrade sustava.

7. PRIPREMA ZALIHE PROJEKATA ZA EU FINANCIRANJE

Paralelno s aktivnostima na akreditaciji sustava, radilo se je i na pripremi projekata za sufinanciranje putem IPA fonda. Prijava Projekata za sufinanciranje sredstvima EU predstavlja izuzetno je složen, dugotrajan i zahtjevan proces. Za uspješnu pripremu i prijavu projekata trebalo je već u ranoj fazi prepoznati potencijalne projekte, ostvariti kvalitetnu komunikaciju na razini lokalnih i državnih institucija, osnovati projektne timove, te pravovremeno educirati osobe zadužene za upravljanje Projektom.
Za potrebe prijave pojedinog projekta bilo je potrebno izraditi sljedeću dokumentaciju: Studija izvodljivosti, Studija utjecaja na okoliš kao i prateću projektnu dokumentaciju (glavne projekte za vodoopskrbni i kanalizacijski sustav kao i idejni projekti uređaja za pročišćavanje otpadnih voda), te osigurati njihovu međusobnu usklađenost i konzistentnost, kako bi sve prezentirane informacije u dokumentima bile jednoznačne.
S obzirom sa spremnost projektne dokumentacije i zrelosti cjelokupnog projekta, sa indikativne liste Operativnog programa zaštita okoliša 2007.-2009. prijavljeno je pet projekata za sufinanciranje sredstvima EU:

1. Sustav vodoopskrbe i odvodnje s uređajem za pročišćavanje otpadnih voda Slavonskog Broda
2. Poboljšanje sustava vodoopskrbe i odvodnje i izgradnja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Kninu
3. Unaprjeđenje vodoopskrbnog i kanalizacijskog sustava s uređajem za pročišćavanje otpadnih voda za grad Drniš
4. Program otpadnih voda grada Siska
5. Sustav odvodnje s uređajima za pročišćavanje otpadnih voda Poreča.

S ovim projektima u potpunosti su alocirana sredstva za IPA 2007 – 2012. koja su bila na raspolaganju do 2012. godine. Ukupna IPA alokacija za navedeno razdoblje za cijeli OPZO iznosi 140,0 mil. EUR.
Navedeni projekti su sveobuhvatni i složeni te se sastoje od izgradnje sustava vodoopskrbe i odvodnje, projektiranja i izgradnje uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, nadzora nad izvođenjem radova te nabave potrebne opreme za održavanja sustava odvodnje.
Proces odobravanja projekata za sufinanciranje od strane Europske komisije prošli su tzv. „veliki projekti" Slavonski Brod, Knin i Sisak. „Mali projekt" Drniš prijavljen je

i odobren od strane Delegacije Europske unije u Republici Hrvatskoj. Po odobrenju projekata potpisani su Dvostrani sporazumi o provedbi projekata između Republike Hrvatske i Europske Komisije te Ugovori o provedbi projekata između Hrvatskih voda i komunalnih poduzeća, Ugovori o sufinanciranju projekata između Ministarstva regionalnog razvitka, šumarstva i vodnoga gospodarstva, jedinica lokalne samouprave, Hrvatskih voda i komunalnih poduzeća.

8. PROVEDBA PROJEKATA

Cjelokupni postupak nabave, koji se sastoji od pripreme dokumenata za nadmetanje, objave natječaja, organiziranja posjeta lokacijama gradnje i pojašnjenja dokumenata za nadmetanje, formiranja ocjenjivačkog povjerenstva, ocjenjivanja ponuda, pojašnjenja ponuda, priprema izvješća ocjenjivačkog povjerenstva, te pripreme i dodjele ugovora, izuzeti su od provođenja javne nabave po našem Zakonu o javnoj nabavi. Ovi postupci nabave odvijali su se sukladno procedurama nabave koje propisuje Europska unija sukladno njihovoj pravnoj regulativi, te sukladno vodiču za provođenje nabave Europske Unije (PRAG). Provode se prema PRAG „Practical Guide to contract procedures for EC external actions" i FIDIC procedurama i predlošcima pod prethodnom kontrolom Delegacije Europske unije (DEU) (tzv. „Ex. ante"). Postojalo je 45 koraka i procesa za koje je potrebna prethodna suglasnost DEU prije no što se postupak može nastaviti. Natječajni postupci provodili su se uz aktivno sudjelovanje komunalnih poduzeća (krajnjih korisnika projekata) i drugih relevantnih državnih tijela.
U periodu od 2008. do polovine 2013. (datum ulaska RH u punopravno članstvo) Godine ukupno je provedeno *21 postupak javne nabave po EU PRAG procedurama* što je rezultiralo sa *cca 6.300 stranica natječajne dokumentacije*, od čega je natječajna dokumentacija za radove prodana u ukupnoj vrijednosti od 106,700.00 EUR. Na navedene natječaje se javilo ukupno 299 ponuditelja. Tijekom svih provedenih procedura samo u postupku javne nabave proizvedeno je približno 20.000 stranica službene dokumentacije.

9. PRIPREMA PROJEKATA ZA STRUKTURNE FONDOVE

Hrvatske vode sukladno svojim nadležnostima, a vodeći računa da imaju ulogu provedbene Agencije u sektoru voda poduzele su potrebne aktivnosti na intenziviranju pripreme pojedinačnih projekata kako bi danom pristupa RH Europskoj uniji mogle odmah krenuti s prijavom drugih projekata i povlačenjem sredstava iz Kohezijskog fonda. Izrađen je prijedlog indikativne liste projekata na kojemu se nalazi 39 projekata.
Za svih 39 projekata s indikativne liste Hrvatske vode osigurale su 100% financiranje izrade projektno studijske dokumentacije. Prema procjenama za pripremu projekata do razine spremnosti za postupak prijavljivanja EU osigurano je približno 220 mil. kn (oko 30 mil. EUR). Ovako pripremljena dokumentacija omogućava izgradnju objekata (vodno/komunalnih građevina) u ukupnoj vrijednost oko 1,1 milijarde EUR-a.
Indikativna lista sastavljena je prema kriterijima sukladnosti s vodnokomunalnim direktivama EU odnosno sukladnosti s pregovaračkim kriterijima RH s EU.
Indikativna lista sastavljena je prema slijedećim kriterijima:

1. sukladnost s vodnokomunalnim direktivama EU,
2. sukladnost s pregovaračkim kriterijima RH s EU (projekti su na područjima aglomer-

acija koje je RH uputila EU kao pregovaračko stajalište),
3. nalaze se na indikativnoj listi projekata iz IPA Operativnog programa za okoliš 2007 – 2009,
4. za njih su već potpisani ugovori o pripremi projekata putem različitih međunarodnih donacija (Francuska donacija, Bavarska donacija, PHARE 2006 projekti i dr.),
5. projekti su od interesa za zaštitu izvorišta voda za piće,
6. projekti su identificirani sukladno procjeni spremnosti za implementaciju napravljenu u travnju 2009. godine za potrebe PHARE 2006 projekta.

Priprema projekata provodila se sukladno slijedećim aktivnostima:
1. Detaljni pregled postojećeg stanja studijsko – tehničke dokumentacije svakog projekta,
2. Analiza potrebne projektno – tehničke dokumentacije,
3. Analiza spremnosti za implementaciju,
4. Prijedlog ocjene spremnosti projekta,
5. Definiranje prioritetnih projekata,
6. Priprema studijsko – planskih dokumenata,
7. Priprema tehničke dokumentacije,
8. Priprema prijave projekta,
9. Rješavanje imovinsko – pravnih odnosa,
10. Ishođenje potrebnih dozvola i akta za građenje,
11. Provođenje postupka prijave projekta,
12. Izrada natječajne dokumentacije za građenje,
13. Osposobljavanje krajnjih korisnika – komunalnih poduzeća.

S obzirom na relativno kratki rok i veliki broj aktivnosti koje su se morale provesti istovremeno, pripremljeni su *Detaljni dinamički planovi* pripreme i realizacije projekata pojedinačno koji prikazuju sve aktivnosti pripreme projektne dokumentacije i aplikacije, pripreme natječajne dokumentacije nakon odobrenja projekta, te provođenja samog projekta i vremenske rokove provođenja svih navedenih aktivnosti za svaki projekt do kraja implementacije svakog od projekta.
Sukladno usvojenoj organizacijskoj shemi, koja je bila dio Plana upravljanja vodama za 2010. godinu, projekti su se pripremali uz temeljnu koordinaciju putem Projektnih timova koji su osnovani za svaki projekt posebno. U timove su imenovani predstavnici Hrvatskih voda, predstavnici komunalnih poduzeća i jedinica lokalne samouprave, te na pojedinim projektima i Ministarstva regionalnog razvoja, šumarstva i vodnog gospodarstva kako bi se osigurala suradnja svih tijela uključenih u projekt i samim time osiguralo uspješno i pravovremeno provođenje svih aktivnosti pripreme projekata.
Koordinaciju svih Projektnih timova obavlja koordinacijsko povjerenstvo sastavljeno od predstavnika Hrvatskih voda predstavnika Ministarstva regionalnog razvoja šumarstva i vodnoga gospodarstva, Ministarstva zaštite okoliša prostornog uređenja i graditeljstva, SDURF-a, te voditelja radne skupine za rješavanje imovinsko – pravnih odnosa.
Kako bi se osigurao jedinstveni pristup svih pripremnih aktivnosti na svim predloženim projektima Hrvatske vode izradile su dokument „Priprema projekata za EU fondove -

Provedbena dokumentacija“, kojim su standardizirani postupci i obrasci putem kojih će se provoditi priprema projekata, a posebice postupak provođenja javne nabave.

10. IPA IT Sustav upravljanja projektima

U svrhu što boljeg praćenja pripreme projekata izrađen je i informatički sustav koji omogućava centralizirano praćenje projekta i lakšu komunikaciju svih projektnih timova, odnosno mogućnost proširenja na druge programe po potrebi.
Cilj je bio omogućiti pristup podacima svim sudionicima projekta sa različitih lokacija. U tu svrhu su aktivirani sustavi *Primavera PM kao IT temelj za upravljanje projektima* i *MS Sharepoint tehnologija* čijom integracijom je dobiveno zajedničko programsko rješenje gdje se koriste najbolje karakteristike oba sustava.
Programsko rješenje *Sharepoint* omogućava centraliziranu pohranu dokumentacije, te izradu njihovih sigurnosnih kopija. Također podržava zajednički rad na dokumentima, atributiziranje, grupiranje, filtriranje i pretraživanje dokumenata. U sustav je integriran i rad sa MS aplikacijama. Sustav Sharepoint omogućuje automatiziranu izradu i objavu IPA priručnika te pohranjivanje specifičnih IPA predložaka kako bi bili dostupni svima uključenima u projekt. Sustav *Primavera* omogućuje efikasnu pripremu i praćenje aktivnosti na projektima, automatiziranu izradu planova i mjesečnih situacija putem MS Excel predloška. Bitan element životnog vijeka EU projekta je i pridržavanje „n+3 pravila“ financiranja što je uvelike olakšano u programu Primavera. Iznimno korisna karakteristika programa je upravljanje ugovornom dokumentacijom, te kompletnom komunikacijom vezanom za projekt (na relaciji izvoditelj – nadzor – HV). Uspostavljena je i web based aplikacija SP2010 koja je od 01.veljače 2011. u funkciji.

11. POTREBNA DOKUMENTACIJA ZA PRIJAVU PROJEKATA EUROPSKOJ KOMISIJI

Europska komisija poznaje tzv „velike“ i „male“ infrastrukturne projekte. Veliki projekti su pojedinačni projekti čija ukupna investicijska vrijednost prelazi 50 mil. EUR, dok se projekti ispod ove granice nazivaju „mali“ projekti.
Za „velike“ projekte Europska komisija propisala je standardni obrazac za prijavu projekata, kao i potrebnu studijsko projektnu dokumentaciju koju je potrebno priložiti, odnosno izraditi kako bi se projekt mogao prihvatiti. Za „male“ projekte Hrvatska je definirala sama svoju proceduru pripreme i obrasce, te načine prihvaćanja svakog projekta.

Prijava svakog velikog projekta treba sadržavati slijedeće elemente:

1. Ispunjen obrazac prijave projekta,
2. Studiju izvodljivosti,
3. Analizu troškova – koristi,
4. Analizu učinka na okoliš,
5. Financijski plan,
6. Ispunjene projektne obrasce.

Ovo je osnovni set dokumentacije koje se predaje pri prijavi projekta. Prethodnim dokumentima dokazuje se da li je projekt prihvatljiv za sufinanciranje od strane EU, kao i iznos alokacije EU sredstva. Kako bi projekt mogao biti prihvaćen mora se pokazati

i tzv. „ozbiljnost ili zrelost“ projekta, odnosno spremnost projekta za implementaciju. To konkretno znači da bi se za sve prijavljene radove na projektu trebalo imati izrađene glavne projekte i ishođene građevinske dozvole, osim za uređaje za pročišćavanje otpadnih voda za koje je dovoljno imati idejni projekt i ishođenu lokacijsku dozvolu (naravno to uključuje i Studiju utjecaja na okoliš).
Jedno od vrlo važnih pitanja spremnosti projekta je i da li su riješeni imovinsko – pravni odnosi na svim objektima projekta. Iskustva drugih zemalja koje su pristupile EU u sklopu proširenja 2004 i 2007. godine pokazuju da brojni projekti „padaju“ baš zbog ovog pitanja.

12. EDIS AKREDITACIJA

Hrvatske vode pripremale su i provodile projekte u uspostavljenom i akreditiranom sustavu upravljanja pretpristupnim fondovima u decentraliziranom sustavu upravljanja (tzv. DIS) uz ex ante (prethodnu) kontrolu od strane Delegacije Europske unije u Republici Hrvatskoj, što znači da se svaki korak u postupku provedbe prethodno odobrava od strane Delegacije.
Postupak dobivanja EDIS (prošireni decentralizirani sustav provedbe) akreditacije započeo je 2012. godine EDIS akreditacija je dodatna akreditacija koju sva tijela uključena u sustav upravljanja EU fondovima u RH morala proći. Ona je logičan nastavak na postojeću tzv. DIS akreditaciju. Nakon dobivanja EDIS akreditacije sve kontrole obavljala su tijela RH i nije više bilo i tzv. Ex ante kontrole od strane EK. Bez dobivanja ove akreditacije nije bilo moguće nastaviti s upravljanjem sredstvima EU. Postupak akreditacije koordiniralo je Ministarstvo financija.
Sustav upravljanja europskim sredstvima je odobren, pa su i Hrvatske vode 24. siječnja 2013. godine pridobile odobrenje Europske komisije o dodatnom prijenosu ovlasti i uspostavi EDIS sustava upravljanja.

13. RAZDOBLJE STRUKTURNIH FONDOVA 2007 – 2013 – NOVE ULOGE

S pristupanjem RH EU i početkom primjene odredbi kohezijske politike došlo je do promjene u strukturi za provedbu Operativnog programa. Sustav upravljanja i kontrole, uspostavljen sukladno Zakonu o uspostavi institucionalnog okvira (NN 78/12, 143/13, 157/13) i Uredbi o tijelima u sustavu upravljanja i kontrole korištenja strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj (NN 97/12), sastoji se od sljedećih institucija i tijela: Upravljačkog tijela (UT) - Ministarstva zaštite okoliša i prirode (MZOIP), Posredničkog tijela razine 1 (PT1) - Ministarstva poljoprivrede (MINPOLJ), Posredničkih tijela razine 2 (PT2) - Hrvatskih voda (HV), Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (FZOEU), Središnje agencije za financiranje i ugovaranje projekata Europske unije (SAFU), Tijela za ovjeravanje - Ministarstva financija (MFIN), Tijela za reviziju - Agencija za reviziju sustava provedbe programa Europske unije (ARPA) i Koordinacijskog tijela - Ministarstva regionalnog razvoja i fondova EU (MRRFEU).
Novim zakonom i pripadajućom uredbom promijenila se uloga Hrvatskih voda koje su od IPA implementacijskog tijela, postalo Posredničko tijelo razine 2. Provođenje projekata dano je u nadležnost komunalnih poduzeća koje su i odgovorne za pružanje predmetnih usluga na projektnom području.

Temeljem usvojenog zakona i uredbi Hrvatske vode provode slijedeće aktivnosti:

1. provodi mjere informiranja i vidljivosti, s posebnim naglaskom na mjere namijenjene korisnicima;
2. provodi savjetodavne mjere, osiguravajući razumijevanje korisnika o njihovim pravima i odgovornostima;
3. osigurava pravilnu provedbu mjera informiranja i vidljivosti od strane korisnika;
4. pomaže Posredničkom tijelu razine 1 u pripremi smjernica za korisnike;
5. obavlja procjenu sukladnosti projekata s primjenjivim pravilima o prihvatljivosti;
6. pruža administrativnu pomoć Posredničkom tijelu razine 1 za ocjenjivanje projekata;
7. zaključuje ugovore o dodjeli bespovratnih sredstava s korisnicima i Posredničkim tijelom razine 1;
8. provjerava isporuke i prihvatljivost izdataka projekata, te obavlja administrativne i provjere na terenu;
9. dostavlja informacije o provjerenim izdacima resornom ministarstvu/instituciji koja je izvršila financiranje kao i Upravljačkom tijelu;
10. nadzire napredak projekata;
11. ispituje sumnje na nepravilnosti;
12. osigurava da korisnici upotrebljavaju poseban računovodstveni sustav za projekte;
13. priprema interne pisane procedure za provedbu svojih funkcija, sukladno pravilnicima koje je odobrilo Koordinacijsko tijelo;
14. unosi odgovarajuće podatke u MIS; 15. čuva dokumente i evidencije o provedbi funkcija radi osiguravanja odgovarajućeg revizijskog traga.

14. RAZDOBLJE STRUKTURNIH FONDOVA 2007–2013 – NOVA AKREDITACIJA

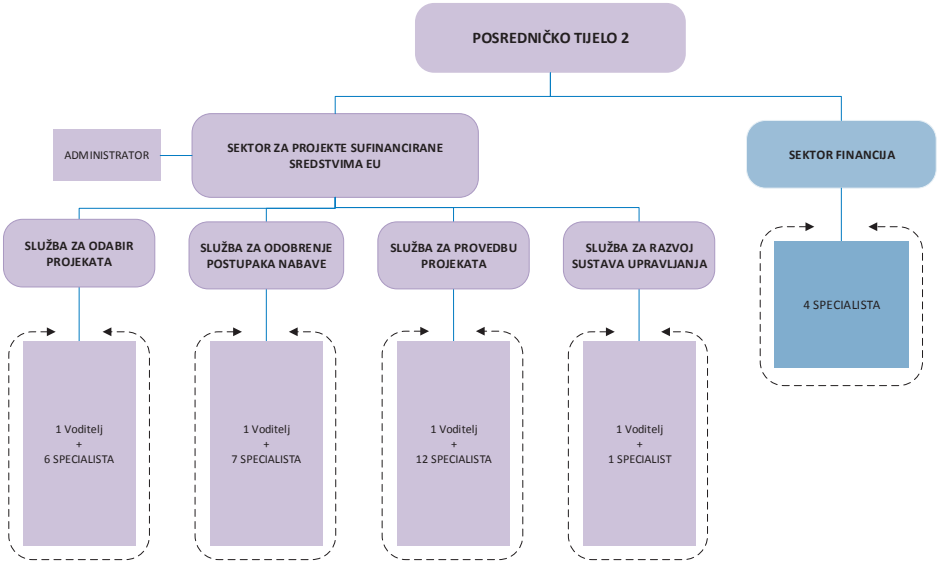
Novi Sustav upravljanja i kontrole morao je udovoljiti zahtjevima iz članaka 58 - 62. Uredbe Vijeća (EZ) 1083/2006 i članka 25. Uredbe Komisije (EZ) 1828/2006 te je provedena procjena usklađenosti.

U svrhu procjene usklađenosti Sustava upravljanja i kontrole uspostavljenog za Operativni program „Zaštita okoliša“, ARPA i revizori Europske komisije su tijekom 2013. proveli postupak ocjene uspostavljenog Sustava. Revizija je obuhvatila sve institucije i tijela u Sustavu upravljanja i kontrole Operativnog programa. Rezultati revizije uključeni su u Izvješće o procjeni usklađenosti Sustava upravljanja i kontrole OPZO-a, kojim je ARPA izrazila nekvalificirano mišljenje za sva tijela u Sustavu, a Finalno izvješće o usklađenosti Sustava s relevantnim propisima Europske unije za programsko razdoblje 2007-2013. podneseno je Europskoj komisiji 9. listopada 2013.

Drugi korak, *fact-finding mission* Europske komisije, proveden je od 14. do 18. listopada 2013, prilikom kojeg su revizori Glavne uprave Europske komisije za regionalnu i urbanu politiku boravili u Zagrebu. Cilj ove revizije bio je uvjeriti se u ispravnost nekvalificiranog mišljenja koje je EK dostavila ARPA. Nakon dostave komentara od strane EK, ponovna procjena obavljena je u razdoblju od 20. siječnja do 18. veljače 2014. i ARPA je 19. veljače 2014. Izvješće o ponovnoj procjeni usklađenosti Sustava dostavila EK.

Dopisom od 10. travnja 2014. Europska komisija potvrdila akreditaciju sustava.

Za potrebe nove akreditacije, sukladno novim zahtjevima proizašlim iz Uredbe Vijeća (EZ) 1083/2006 i članka 25. Uredbe Komisije (EZ) 1828/2006 EU regulative Hrvatske vode morale su prilagoditi svoj unutarnji ustroj. Trećim izmjenama i dopunama Pravilnika o unutarnjem ustrojstvu Hrvatskih voda usvojenog 19.7.2013. godine Jedinica za pripremu i provedbu projekata sufinanciranih sredstvima EU transformirala se u Sektor za projekte sufinancirane sredstvima EU. Zadaća Sektora je obavljanje funkcije Posredničkog tijela za Operativni program „Okoliš" u sektoru voda, poslove odabira i kontrole provedbe projekata sufinanciranih europskim sredstvima i koordinacija aktivnosti Hrvatskih voda i krajnjih korisnika kojima se omogućava učinkovito korištenje europskih sredstava u sektoru voda.
Umjesto 2 službe Sektor sada ima 4 službe s povećanim brojem sistematiziranih radnih mjesta koje još treba do kraja popuniti. Ukupno je sistematizirano 32 radna mjesta. Na dan 31.12.2014 u Sektoru je bilo zaposleno 29 ljudi.



Slika 4. Organigram Posredničkog tijela razine 2

Služba za odabir projekata obavlja poslove vezane uz odabir projekata koji će se sufinancirati sredstvima EU, obavlja poslove vezane uz davanje informacija krajnjim korisnicima vezano uz uvjete koje moraju zadovoljiti projekti da bi se sufinancirali sredstvima europskih fondova te o uvjetima vezanim uz provedbu ovih projekata, pruža stručnu pomoć krajnjim korisnicima u pripremi dokumentacije potrebne za odobrenje projekata (studije izvodljivosti, investicijske studije, financijsko-ekonomske studije, analize troškova i koristi, studije utjecaja na okoliš, itd.), te obavlja sve ostale potrebne aktivnosti informiranja i pomoći krajnjim korisnicima oko pripreme projekata za sufinanciranje sredstvima europskih fondova, priprema ugovore o dodijeli europskih sredstava odabranim krajnjim korisnicima.
Služba za odobrenje postupaka nabave obavlja poslove vezane uz kontrolu/odobrenje postupaka javne nabave. Obavlja poslove vezane uz davanje informacija krajnjim

korisnicima vezano uz uvjete provedbe projekata koji se odnose na odobrenje plana nabave te prethodnog i naknadnog odobrenja postupaka nabave radi provedbe odabranih projekata; pruža stručnu pomoć krajnjim korisnicima u pripremi plana nabave i dokumentacije za nadmetanje, te obavlja sve ostale potrebne aktivnosti informiranja i pomoći krajnjim korisnicima oko provedbe postupaka javne nabave (izrada smjernica, predložaka natječajne dokumentacije); kontrola/odobrenje plana nabave projekata; prethodna kontrola/odobrenje dokumentacije za nadmetanje i izrada naputaka krajnjim korisnicima o potrebnim popravcima dokumentacije za nadmetanje.

Služba za provedbu projekata obavlja poslove vezane uz kontrolu/odobrenje troškova na projektima odobrenima za sufinanciranje europskim sredstvima tijekom njihove provedbe u dijelu kontrole troškova projekata i fizičkog napretka projekata. Služba obavlja poslove vezane uz davanje informacija krajnjim korisnicima vezano uz uvjete provedbe projekata koji se odnose na kontrolu troškova i fizičkog napretka projekta tijekom provedbe odabranih projekata; pruža stručnu pomoć krajnjim korisnicima u pripremi zahtjeva za dostavu sredstava, te obavlja sve ostale potrebne aktivnosti informiranja i pomoći krajnjim korisnicima oko provedbe projekata i kontrole provedbe projekata (izrada smjernica, predložaka izvješća i ostale pripadajuće dokumentacije).

Služba za razvoj sustava upravljanja obavlja poslove vezane uz razvoj sustava Posredničkog tijela i obavlja kontrolu njegovog rada. Obavlja poslove vezane uz pripremu priručnika Posredničkog tijela kojim se određuju procedure i metode rada, a koje su u sukladnosti s relevantnom europskom i nacionalnom legislativom te pravilnicima i ostalim naputcima izdanim od nadležnih tijela. Organizira pripremu tehničkih podloga, metodologija, smjernica, potrebnih za obavljanje poslova Posredničkog tijela; obavlja poslove samo-procjene funkcioniranja sustava Posredničkog tijela i predlaže/provodi mjere poboljšanja sustava; obavlja/organizira potrebne provjere nepravilnosti, te sudjeluje u svim postupcima revizija koje se provode nad Posredničkim tijelom.

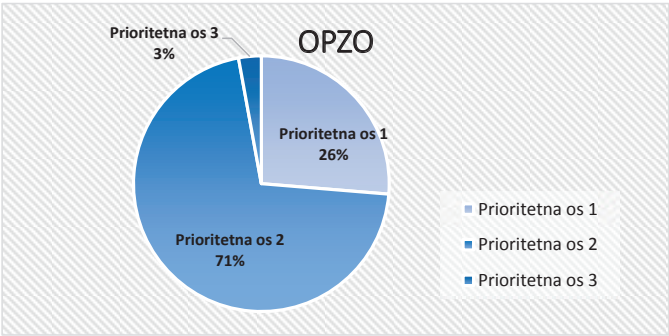
15. OPERATIVNI PROGRAM ZAŠTITE OKOLIŠA 2007 – 2013 –KOHEZIJSKI FOND

Operativni program ”Zaštita okoliša” 2007.-2013. predstavlja nastavak aktivnosti započetih u ranijem IPA sufinanciranom Operativnom programu, ali uz značajno povećanje sredstava Europske unije iz Kohezijskog fonda (KF) nakon pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji 1. srpnja 2013. (dodatna sredstva u iznosu od 149,8 milijuna EUR iz KF). OPZO je odobren 6. rujna 2013. i oslanja se na postojeće EU i nacionalne politike i strategije, s posebnim naglaskom na zahtjeve koji proizlaze iz usklađivanja pravne stečevine u procesu pristupanja te Ugovora između država članica Europske unije i Republike Hrvatske o pristupanju RH EU (NN 05/13).

Sredstva za sufinanciranje projekata raspoređena su na tri prioritetna područja:

- Prioritetna os 1: Uspostava cjelovitog sustava gospodarenja otpadom u Hrvatskoj,
- Prioritetna os 2: Poboljšanje sustava vodoopskrbe te integriranog sustava upravljanja otpadnim vodama,
- Prioritetna os 3: Tehnička pomoć.

Ukupno najveći dio alokacije iz Operativnog programa otpada na Prioritetnu os 2 – sektor voda i to 199.094.853 EUR što čini gotovo 71% ukupne alokacije. Razlog ovakvoj podjeli je stanje spremnosti projekata obzirom da je u sektoru voda veći broj spremnih projekata.



Slika 5. Alokacije iz Operativnog programa po prioritetnim osima (u postocima)

U tablici 1. prikazane su alokacije sredstava po prioritetima (u EUR).

Tablica 1. Alokacije iz Operativnog programa po prioritetnim osima (u EUR)

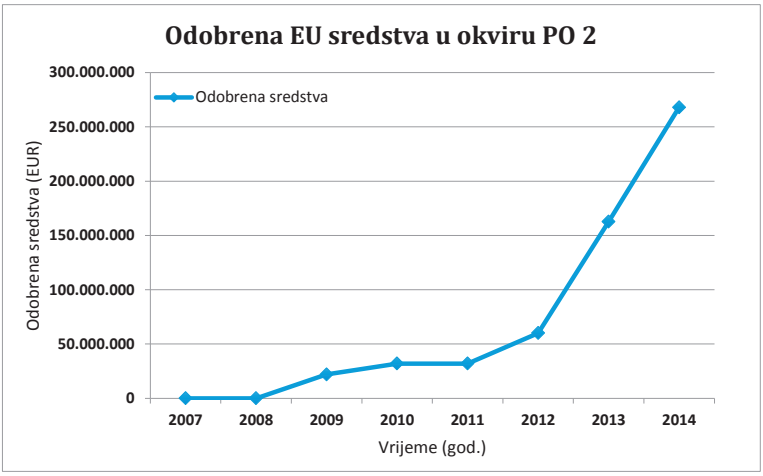
Prioritetna os	Sredstva zajednice KF	Nacionalni dio sredstava	Ukupna sredstva	Stopa sufinanciranja
	(a)	(b)=(c)+(d)	(e)=(a)+(b)	(f)=(a)/(e)
PO 1	73.944.906	13.049.105	86.994.011	85%
PO 2	199.094.853	35.134.386	234.229.239	85%
PO 3	8.059.252	1.422.224	9.481.476	85%
UKUPNO	**281.099.011**	**49.605.715**	**330.704.726**	

16. FINANCIJSKE ALOKACIJE

Iz Kohezijskog fonda je do kraja ožujka 2015. godine ukupno dodijeljeno 312.440.508 EUR (vrijednost raspisanih poziva i odobrenih projekata), što predstavlja 156,9 % od ukupno raspoloživih sredstava, odnosno odobreno je više projekata od raspoložive alokacije. Veći broj odobrenih projekata od raspoložive alokacije osigurati će apsorpciju ukupno dodijeljenih sredstava. Ukupno je odobreno 12 projekata, od čega je do kraja 2014 u implementaciji bilo njih ukupno 8.

Tablica 2. Alokacije iz Operativnog programa po Prioritetnoj osi 2 (u EUR)

PRIORITETNA OS 2 OPERATIVNOG PROGRAMA ZAŠTITA OKOLIŠA		Stanje na 31.03.2015.	% od alokacije
ALOKACIJA 2007-2013	KF	199.094.853	-
	nacionalno	35.134.386	
	UKUPNO	234.229.239	
Vrijednost raspisanih poziva za dodjelu sredstava – kumulativno do 31.03.2015.	KF	312.440.508	156,9
	nacionalno	120.867.515	
	UKUPNO	433.308.023	
Vrijednost odobrenih projekata – kumulativno do 31.03.2015.	KF	268.023.689	134,6
	nacionalno	80.303.192	
	UKUPNO	348.326.881	
Vrijednost potpisanih ugovora o dodjeli sredstava– kumulativno do 31.03.2015.	KF	268.023.689	134,6
	nacionalno	80.303.192	
	UKUPNO	348.326.881	



Slika 6. Odobrena EU sredstva po Prioritetnoj osi 2 (u EUR)

17.REVIZIJE OPERACIJA

Jedna od osnovnih zahtjeva upravljanja EU projektima i dodjelom EU bespovratnih sredstva je uspostava funkcionirajućeg sustava Financijskog upravljanja i kontrole. Provjera funkcioniranja sustava obavlja se ne samo prilikom akreditacije sustava, već kontinuirano.

U skladu s odredbama članka 16. Uredbe Komisije (EZ) 1828/2006, revizijom operacija (projekata) se provjerava da li su ispunjeni kriteriji odabira za Operativni program, da li se operacija provodi se u skladu s o

pno imale 18 revizija prikazanih po godinama i tijelima koje su obavljale reviziju u slijedećim tablicama:
Osim kontrola obavljenih od strane drugih tijela nad radom Hrvatskih voda kao Posredničkog tijela 2, odnosno kao IPA implementacijskog tijela, PT2 su obavile i niz provjera nad projektnim aktivnostima koje se odvijaju na terenu, ukupno je do sada obavljeno 20 kontrola i to nad svim projektima koji su u 2014. godini bili u fazi implementacije.

18. SURADNJA S JASPERS-OM

JASPERS - zajednička pomoć za potporu projektima u europskim regijama ("Joint Assistance in Supporting Projects in European Regions"), je instrument tehničke pomoći Europske komisije kreiran u suradnji s Europskom investicijskom bankom (EIB-om) i Europskom bankom za obnovu i razvoj (EBRD-om) za podršku infrastrukturnim projektima.
Namijenjen je prvenstveno podršci u pripremi velikih infrastrukturnih projekata za sufinanciranje iz EU fondova u iznosu većem od 50 milijuna EUR kao što su to projekti povezani s vodom, otpadom, energijom, cestama, željeznicom, i sl.
JASPERS je s radom u Hrvatskoj započeo 2011. godine, pridonoseći pripremi kako velikih tako i tzv. malih infrastrukturnih projekata. Iste je godine započeo i suradnju s Hrvatskim vodama kao podrška u pripremi projekata izgradnje vodno-komunalne infrastrukture.
Podrška u okviru instrumenta JASPERS uključuje pregled dokumentacije (studije izvedivosti, prijave za dodjelu bespovratnih sredstava), pripremu projekta (analiza troškova i koristi, pitanja zaštite okoliša, planiranje nabave), savjetovanje povezano s poštivanjem

Godina	broj provedenih revizija
2007	1
2008	1
2009	1
2010	1
2011	1
2012	2
2013	4
2014	7
UKUPNO	**18**

Tablica 3. Pregled revizija po godinama

Tijelo koje je obavljalo reviziju	broj provedenih revizija
Europska Komisija	2
Ministarstvo financija	5
Upravljačko tijelo (MZOIP)	2
ARPA	7
Ostala tijela	2
UKUPNO	**18**

Tablica 4. Pregled revizija po tijelima koje su obavljale reviziju

prava EU-a (zaštita okoliša, tržišno natjecanje), kao i druge aktivnosti relevantne za pripremu ovako kompleksnih projekata.
Hrvatske vode su do kraja 2014. godine s JASPERSOM surađivale na pripremi ukupno 40 projekta vodno-komunalne infrastrukture te je u sklopu te suradnje od strane JASPERS-a izdano 57 preporuka u svrhu što kvalitetnije pripreme projekata kako bi se osiguralo njihovo odobravanje za EU sufinanciranje po prijavi istih.
Suradnja s Hrvatskih voda i JASPERS-a nastaviti će se i u sljedećoj financijskoj perspektivi (2014. – 2020.g.).

19. PRIHVAĆANJE PROJEKATA ZA EU FINANCIRANJE

Hrvatske vode kao Posredničko tijelo 2 imaju važnu ulogu u prihvaćanju projekata. Svaki projekt sufinanciran sredstvima EU mora proći postupak prihvaćanja od Upravljačke strukture. Uloga Posredničkog tijela razine 2 je provjera prihvatljivosti svake prijave obzirom na tehničke, financijske, ekonomske ekološke, formalno – pravne uvjete, sve sukladno uvjetima propisanim u svakom pozivu na dostavu projektnih prijedloga kojeg raspisuje Posredničko tijelo razine 1. Propisani uvjeti moraju biti sukladni Kriterijima za odabir projekata za dodjelu darovnice iz EU fondova i državnog proračuna odobrenih su od strane Nadzornog Odbora za praćenje provedbe Operativnog programa.
Do travnja 2015. g. pripremljeno je i objavljeno 8 paketa dokumentacije Poziva na dostavu projektnih prijedloga (Vukovar, Čakovec, Županja, Pipeline 2, Nova Gradiška, Vodice, Regionalni vodoopskrbni sustav Osijek i Virovitica). Za projekte Vukovar, Čakovec, Županja i Pipeline 2 donesene su odluke o financiranju i time su projekti prihvaćeni za sufinanciranje iz sredstava EU. Za projekte Vukovar, Čakovec i Županja potpisani su Ugovori o dodjeli bespovratnih sredstava i Ugovori o sufinanciranju.

20. PRIPREMA NOVE ZALIHE PROJEKATA ZA RAZDOBLJE 2014 - 2020

Obzirom na veliki broj projekata koje je potrebno pripremiti kako bi se uspjeli stići izuzetno kratki rokovi iz Plana provedbe vodno komunalnih direktiva Hrvatske vode pokrenule su pripremu nove zalihe projekta (tzv. Pipeline 2). Financiranje nove liste planirano je putem EU alokacije iz Operativnog programa 2007. – 2013. Ukupno planirani iznos sredstva je 337.500.000 kn.
Postupak dodjele sredstava obavljen je u svemu sukladno procedurama traženim za dodjelu definiranim u Zajedničkim nacionalnim pravilima. Dokumentacija poziva na dostavu prijedloga projekata odobrena je 19. ožujka 2014. od strane Upravljačkog tijela. Poziv na dostavu prijedloga projekata objavljen je u ožujku 2014. Na temelju ograničenog poziva zaprimljeno je 80 projektnih prijava.
U tijeku postupka provjere prihvatljivosti projektnih prijava s kriterijima usklađenosti PT2 je obavilo provjeru prihvatljivosti troškova, te individualne konzultacije sa 77 prijavitelja (s određenima u dva navrata). 18 prijavitelja je odustalo od svojih prijava, te je PT1 za 59 projekta donijelo Odluke o financiranju. PT2 je izradilo i pripremilo konačne verzije svih 59 Ugovora o dodjeli bespovratnih sredstava, kao i ostalih pratećih ugovora (ugovor o sufinanciranju i ugovor o partnerstvu) koji su usuglašeni s PT1.
Od strane PT1 i PT2 do kraja ožujka 2015. godine potpisano je ukupno 55 Ugovora o dodjeli bespovratnih sredstava i Ugovora o sufinanciranju ukupne vrijednosti 312.938.696 kn, od čega bespovratni udio sredstava EU iznosi ukupno 263.997.891 kn.

21. PODRŠKA POSREDNIČKOG TIJELA 2 KRAJNJIM KORISNICIMA

Hrvatske vode kao Posredničko tijelo 2 sukladno svojim obvezama proizašlih iz Zakona i Uredbi osim formalnih postupaka propisanih Zajedničkom nacionalnim pravilima organizirale su i provele niz radionica na kojima su krajnjim korisnicima educirani oko načina prijave projekata, izrade potrebne studijske dokumentacije, popunjavanja prijavnih obrazaca, kao i mjera vidljivosti i promidžbe koje su vrlo važan element svakog projekta. Također su izradile i niz predložaka koje krajnji korisnici koriste u svom radu. Najveću pomoć korisnicima predstavljaju cjeloviti predlošci za sve vrste postupaka javne nabave izrađeni u suradnji s JAPERS stručnjacima. Predlošci za postupke nabave kontinuirano se unapređuju svakom procedurom nabave i na raspolaganju su novim korisnicima. Izrađeni su i posebno prilagođeni Posebni ugovorni uvjeti za FIDIC crvenu kao i za FIDIC žutu knjigu primjenjivi za sve infrastrukturne projekte iz sektora voda, čime se osigurava harmonizirani pristup svim projektima.

Za korisnike kojima se projekt nalazi u fazi implementacije izrađeni su i Priručnici za korisnike posebno za projekte izgradnje, a posebno za izradu projektne dokumentacije. Svakom korisniku stavljen je na raspolaganje i sustav upravljanja projektima razvijen unutar Hrvatskih voda kao posredničkog tijela 2 putem kojeg se cjelovito i integralno prate svi projekti.

22. KONTROLA POSTUPAKA JAVNE NABAVE

Hrvatske vode kao posredničko tijelo 2 provode kontrolu postupaka nabave, koja se sastoji se od tri kontrole na svakom od projekata, odnosno postupaka nabave; kontrola plana nabave na projektu, prethodna kontrola pojedinačnog postupka nabave, i naknadna kontrola svakog pojedinačnog postupka nabave.

Prethodno kontrola pojedinačnog postupka nabave predstavlja kontrolu dokumentacije za nadmetanje prije njegove objave od strane Korisnika projekta. Posredničko tijelo 2 pregledava cjelokupnu dokumentaciju i objavu i izdaje preporuke za poboljšanje dokumentacije za nadmetanje s ciljem uklanjanja mogućih nepravilnosti u ovom dijelu postupka nabave.

Naknadna kontrola svakog pojedinačnog postupka nabave predstavlja kontrolu sve dokumentacije i cjelokupnog postupka nabave koji je proveden od strane korisnika a s ciljem donošenja odluke od strane Posredničkog tijela razine 2 o prihvatljivosti postupka nabave što je preduvjet za bilo kakvu isplatu troškova po sklopljenim ugovorima nastali u pojedinačnim postupcima.

Do travnja 2015. godine na projektima koji su prihvaćeni za sufinanciranje (Osijek, Poreč, Čakovec, Županja, Vukovar i 56 projekata u okviru Pipeline 2) ili su u postupku prihvaćanja (Nova Gradiška, Virovitica Regionalni vodoopskrbni sustav Osijek i Vodice) obavljeno je ukupno 79 prethodnih kontrola dokumentacije za nadmetanje od čega 33 kontrole na infrastrukturnim projektima i 46 na projektima koji se odnose na pripremu dokumentacije potrebne za prijavu projekata (Pipeline 2). Ukupni broj prethodnih kontrola dokumentacija za nadmetanje koje potrebno obaviti kako bi navedeni projekti poštovali traženu proceduru kontrole je 106 prethodnih kontrola od čega je 50 kontrola na infrastrukturnim projektima i 56 kontrola na projektima u okviru Pipeline 2.

Do travnja 2015. godine obavljeno je ukupno 10 naknadnih kontrola postupaka nabave od kojih je 8 na infrastrukturnim projektima i 2 na projektima u okviru Pipeline 2. Ukupni

broj naknadnih kontrola koje je potrebno obaviti kako bi se tražena procedura poštovala i omogućilo povlačenje sredstava je 106 naknadnih kontrola postupaka nabave od kojih je 50 na infrastrukturnim projektima i 56 na projektima u okviru Pipeline 2.
Kao rezultat naknadnih kontrola postupaka nabave od 10 provedenih kontrola 9 postupaka je u cijelosti proglašeno prihvatljivim dok je na jednom postupku donesena odluka o nepravilnosti te je određena financijska korekcija – uskrata dijela sredstava radi nepravilnosti u postupku nabave.

23. KONKURENTNOST I KOHEZIJA 2014-2020 – EUROPSKI FOND ZA REGIONALNI RAZVOJ I KOHEZIJSKI FOND

Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014.-2020. predstavlja novi okvir za nastavak sufinanciranja projekata sektora voda. Europska komisija je službeno odobrila Ugovor o partnerstvu 30. listopada 2014 godine. Operativni program Konkurentnost i kohezija Europska komisija je 12. prosinca 2014. godine službeno odobrila Operativni program.
Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014-2020 ukupne alokacije iz Europskog fonda za regionalni razvoj (ERDF) i Kohezijskog fonda (KF) iznosi 6.881 milijardi EUR. Iz ovog Operativnog programa projekti sektora voda mogu se sufinancirati iz prioriteta 5: Promicanje prilagodbe na klimatske promjene, prevencija i upravljanje rizicima, točnije IP 5b gdje je alocirano ukupno 215.000.000 EUR od kojih je 185.000.000 EUR predviđeno za projekte voda i iz prioriteta 6: Zaštita okoliša i promicanje učinkovitosti resursa osigurava okvir za sufinanciranje projekata sektora voda, točnije IP 6ii gdje je alocirano ukupno 1.049.340.216 EUR koji se u cijelosti odnose na projekte vodokomunalne infrastrukture. Udio alokacije koji je predviđen za projekte sektora voda u cjelokupnom Operativnom programu iznosi 17,9 %. Razlog ovakvoj podjeli je stanje spremnosti projekata i pokazana učinkovitost u dosadašnjem radu.
Zakonom o uspostavi institucionalnog okvira za provedbu europskih strukturnih i investicijskih fondova u RH u financijskom razdoblju 2014 - 2020 (NN 92/2014) i Uredbom o tijelima u sustavu upravljanja i kontrole korištenja europskog socijalnog fonda, europskog fonda za regionalni razvoj i kohezijskog fonda, u vezi s ciljem „Ulaganje za rast i radna mjesta“ (NN 107/2014 i 25/2015) određena je struktura sustava upravljanja i kontrole korištenja strukturnih instrumenata za programsko razdoblje 2014-2020. Strukturni instrumenti Europske unije koji će se koristiti u Republici Hrvatskoj su: Europski fond za regionalni razvoj, Europski socijalni fond i Kohezijski fond.
Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije određeno je koordinacijskim tijelom zaduženim za programiranje, uspostavu sustava upravljanja, donošenje pravila, uspostavu sustava integriranog upravljanja informacijama (MIS), praćenje provedbe na nacionalnoj razini i koordinaciju s Europskom Komisijom.
Agencija za reviziju sustava provedbe programa europske unije (ARPA) određena je kao Revizijsko tijelo, neovisno tijelo od Koordinacijskog tijela i Tijela za ovjeravanje, zaduženo za vanjsku reviziju ispravnosti i učinkovitosti sustava upravljanja.
Ministarstvo financija određeno kao Tijelo za ovjeravanje koje ovjerava izjavu o izdacima i zahtjeve za plaćanja prije upućivanja istih Europskoj Komisiji.
Uz navedena horizontalna tijela koja imaju odgovornosti za sve Operativne programe za svaki od programa (Konkurentnost i kohezija, Učinkoviti ljudski potencijali, itd)

određena su Upravljačka tijela, Posrednička tijela razine 1 i Posrednička tijela razine 2. Hrvatske vode određene su kao Posredničko tijelo razine 2 Uredbom o tijelima u sustavu upravljanja i kontrole korištenja europskog socijalnog fonda, europskog fonda za regionalni razvoj i kohezijskog fonda, u vezi s ciljem „Ulaganje za rast i radna mjesta“ (NN 107/2014 i 25/2015) za prethodno opisane prioritete.

Sukladno Uredbi Posredničko tijelo razine 2 jest nacionalno tijelo koje, u odnosu na prioritetne osi iz svoje nadležnosti, obavlja sljedeće funkcije:

1. surađuje s Koordinacijskim tijelom i Upravljačkim tijelom tijekom provedbe, praćenja i vrednovanja Partnerskog sporazuma i Operativnog programa;
2. upravlja rizicima na razini operacija;
3. sudjeluje u radu Odbora za praćenje;
4. sudjeluje u planiranju proračuna koje je povezano s korištenjem i kontrolom korištenja Fondova;
5. surađuje s Posredničkim tijelom razine 1 u izradi uputa za prijavitelje;
6. sudjeluje u odabiru projekata u skladu s člankom 125. stavkom 3. točkama (a) i (b) Uredbe (EU) br. 1303/2013;
7. potvrđuje, prije no što se operacija odobri, da korisnik sukladno članku 125. stavku 3. točki (d) Uredbe (EU) br. 1303/2013 ima kapacitete za ispunjavanje uvjeta navedenih u dokumentu iz točke (c) istoga stavka;
8. upoznaje korisnika s njegovim pravima i obvezama u vezi sa sufinanciranjem te mu dostavlja dokumente iz članka 125. stavka 3. točke (c) Uredbe (EU) br. 1303/2013;
9. potvrđuje da se u slučaju iz članka 125. stavka 3. točke (e) Uredbe (EU) br. 1303/2013 poštuje pravo primjenjivo na operaciju;
10. ako je primjenjivo, potvrđuje da operacije odabrane za potporu iz Fondova ne uključuju aktivnosti iz članka 125. stavka 3. točke (f) Uredbe (EU) br. 1303/2013;
11. provjerava jesu li ispunjeni uvjeti iz članka 125. stavka 4. točke (a) Uredbe (EU) br. 1303/2013;
12. provjerava vode li korisnici računovodstveni sustav odnosno računovodstvenu kodifikaciju sukladno članku 125. stavku 4. točki (b) Uredbe (EU) br. 1303/2013;
13. ako je primjenjivo, provjerava jesu li ispunjeni uvjeti iz članaka 64. stavka 1. točke (b) Uredbe (EU) br. 1303/2013;
14. u sustav iz članka 125. stavka 2. točke (d) Uredbe (EU) br. 1303/2013 prikuplja, unosi, pohranjuje i razvrstava podatke sukladno točki (e) istoga stavka;
15. u suradnji s Posredničkim tijelom razine 1 prati napredak u provedbi projekata;
16. provodi provjere iz članka 125. stavka 5. točaka (a) i (b) Uredbe (EU) br. 1303/2013;
17. odobrava korisnikove zahtjeve za nadoknadom sredstava, na temelju njih sastavlja zahtjeve za isplatu javnih sredstava korisnicima te ih podnosi Posredničkom tijelu razine 1 na odobrenje;
18. dostavlja informacije o provjerenim izdacima Tijelu za ovjeravanje i Upravljačkom tijelu;
19. surađuje s Posredničkim tijelom razine 1, Upravljačkim tijelom i Tijelom za ovjeravanje u postupku godišnjeg poravnavanja računa i godišnjeg zatvaranja dovršenih operacija ili izdataka Operativnog programa;
20. određuje osobu odgovornu za informiranje i komunikaciju u mrežu za informiranje i

komunikaciju iz članka 6. stavka 2. točke 14. Zakona, koja je u svom radu odgovorna službeniku za informiranje i komunikaciju za ESI fondove iz članka 6. stavka 2. točke 19. Zakona i službeniku za informiranje i komunikaciju na razini Operativnog programa iz članka 5. stavka 3. točke 39. ove Uredbe, te o tome obavještava Koordinacijsko i Upravljačko tijelo;

21. provodi mjere informiranja i komunikacije u skladu s komunikacijskom strategijom za Operativni program, s posebnim naglaskom na mjere usmjerene korisnicima te provjerava provodi li korisnik navedene mjere na razini projekta;
22. po potrebi sudjeluje u provedbi obrazovnih aktivnosti o ESI fondovima za tijela državne i javne uprave, pravne osobe s javnim ovlastima, lokalne i područne (regionalne) samouprave i potencijalne prijavitelje te druge dionike;
23. provodi aktivnosti prevencije, otkrivanja i ispravljanja nepravilnosti te utvrđuje mjere za suzbijanje prijevara, uzimajući u obzir utvrđene rizike, korektivne mjere i povrate nepropisno plaćenih iznosa s kamatama;
24. ako je ujedno i korisnik u okviru Operativnog programa, osigurava odgovarajuće razdvajanje funkcija u skladu s člankom 125. stavkom 7. Uredbe (EU) br. 1303/2013;
25. sudjeluje u aktivnostima zatvaranja Operativnog programa;
26. izrađuje priručnike o internim procedurama i odgovarajućem revizijskom tragu;
27. u sustav iz članka 125. stavka 2. točke (d) Uredbe (EU) br. 1303/2013 prikuplja, unosi, pohranjuje i razvrstava podatke sukladno točki (e) istoga stavka;
28. osigurava čuvanje dokumenata i evidencija o provedbi funkcija radi osiguravanja odgovarajućeg revizijskog traga.

Da bi se mogli obavljati gore navedeni zadaci ponovno se mora proći proces akreditacije. Hrvatske vode provode potrebne aktivnosti za stjecanje akreditacije za dane zadatke koji se odnose na izradu Strategije organizacijskog razvoja, određivanje potrebnog broja zaposlenika za preuzimanje zadataka u programskom razdoblju 2014.-2020., izradi internih procedura i priručnika o radu, pripremi podloga za nadolazeće revizije sustava kojima će se potvrditi ispravnost organizacije i procedura i zadovoljavajući kapacitet Posredničkog tijela razine 2. Interna struktura Sektora za projekte sufinancirane sredstvima EU neće se mijenjati, ipak broj zaposlenika će biti potrebno povećati uvažavajući činjenicu da Sektor istovremeno obavlja funkciju Posredničkog tijela razine 2 za programsko razdoblje 2007.-2013. (projekti se provode do kraja 2016., zatvaranje programa do kraja 2018.) i za programsko razdoblje 2014.-2020. (projekti se provode do kraja 2023., zatvaranje programa do 2025.).

24. UOČENI PROBLEMI

Značajno povećanje projekata koji se pripremaju ukazali su na značajni problem vezan uz raspoložive resurse. Dosadašnje iskustvo pokazalo je da nedostaje dovoljan broj stručnih konzultanata koji su adekvatno educirani i stručni za kvalitetnu pripremu projekata. Sličan je problem i sa projektantima čija je odgovornost bitno veća nego u prethodnim razdobljima obzirom na značajno smanjenje fleksibilnosti u fazi provedbe projekata i mogućnosti ispravljanja napravljenih pogrešaka u fazi pripreme projekata.

Postupci ugovaranja koji se provode po zakonu o javnoj nabavi traju bitno dulje od vremena za koje se može pretpostavljati da bi trebali trajati. Rezultat toga je i u nedovoljnom broju stručnih osoba koji rade na postupcima ocjene ponuda, njihovoj raspoloživosti

kao i na novim zahtjevima koji su vezani na postupak nabave na EU projektima. Bitan element dugotrajnosti postupaka su i brojne žalbe ponuditelja, te s tim u vezi i nedovoljno kvalitetne ponude. Čest je slučaj da ponuditelj angažira veliki broj osoba na kontroli najpovoljnije ponude u fazi žalbe, a da sam to ne osigura za svoju ponudu prije same predaje. U fazi implementacije projekata mogućnosti ispravaka napravljeni pogrešaka u prethodnim fazama je vrlo mala. Studije izvodljivosti su temeljni dokument koji definira opseg i elemente samog projekta, koje je vrlo teško promijeniti u samoj implementaciji. Korisnici često ovog nisu u dovoljnoj mjeri svjesni, te pogrešno povezuju projekt samo s dodijeljenim ukupnim iznosom unutar kojeg smatraju da bez obzira na usvojenu Studiju mogu mijenjati, nadopunjavati ili izbacivali pojedine projektne komponente. Početak implementacije većeg broja projekata ukazuje i na poteškoće kojima se susreću izvođači radova prvenstveno vezanih uz nisku izlicitiranu cijenu, često manju i za preko 30% od ukupnog planiranog proračuna.

ZAKLJUČAK

Uloga Hrvatskih voda mijenjala se kako se mijenjala uloga svih tijela, odnosno kako su se mijenjale okolnosti i razvoj sustava upravljanja EU sredstvima. Danas Hrvatske vode spadaju u agencije koje su se najbolje pripremile za zahtjevne uloge i zadatke korištenje EU sredstava, te među rijetkima koje su skoro u potpunosti, naravno u domeni svoje nadležnosti, zatvorile projektni ciklus od programiranja, planiranja, pripreme projekata, njihovog prihvaćanja, ugovaranja, provedbe, pa sve do preuzimanja projekata, te prošle zahtjevnu proceduru dobivanja dvije akreditacije.

Sve prethodno navedeno osigurava značajnu ulogu Hrvatskim vodama i u korištenju sredstava iz Operativnog programa Konkurentnost i kohezija. Udio alokacije koji je predviđen za projekte sektora voda u cjelokupnom Operativnom programu iznosi 17,9 %, odnosno više od 1,2 mlrd. EUR. Razlog ovakvoj podjeli je stanje spremnosti projekata i pokazana učinkovitost u dosadašnjem radu. Hrvatske vode danas imaju ulogu Posredničkog tijela razine 2 kao sastavnog dijela sustava upravljanja EU projektima u sektoru voda. Značajno povećanje ukupnih aktivnosti vezano uz višestruko povećanje broja projekata koji se nalaze u svim projektnim fazama još više povećavaju potrebu za što boljom suradnjom svih dionika uključenih u pripremu i provedbu projekata. Pomanjkanje resursa na svim razinama svakako će biti jedan od temeljnih problema s kojima ćemo se susretati u budućem radu.

LITERATURA

[1] European Commission (1991): *Direktiva o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEZ od 21. svibnja 1991.)*

[2] European Commission (1998): *Direktiva o kakvoći voda namijenjenih za ljudsku potrošnju (98/83/EZ od 3. studenog 1998.)*

[3] European Commission (2006): *Uredba Komisije (EZ) br. 1828/2006 od 8. prosinca 2006. o utvrđivanju pravila za provedbu Uredbe Vijeća (EZ) br. 1083/2006 o utvrđivanju općih odredaba o Europskom fondu za regionalni razvoj, Europskom socijalnom fondu i Kohezijskom fondu i Uredbe (EZ) br. 1080/2006 Europskog parlamenta i Vijeća o Europskom fondu za regionalni razvoj*.

[4] European Commission (2007): *Practical Guide to contract procedures for EC external actions*, pp. 137.

[5] European Commission (2014): *Operational Programme Competitiveness and Cohesion 2014 – 2020.*

[6] European Commission (2013): *Odluka o prijenosu ovlasti za upravljanje u sustavu bez prethodne kontrole za IPA Komponentu III b – OP Zaštita okoliša, kojom se ukidaju prethodne kontrole Delegacije Europske unije.*

[7] European Council (2006): *Uredba Vijeća (EZ) br. 1083/2006 o utvrđivanju općih odredaba o Europskom fondu za regionalni razvoj, Europskom socijalnom fondu i Kohezijskom fondu i stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 1260/1999*

[8] FIDIC (1999): *Construction Contract 1st Ed (1999 Red Book).*

[9] FIDIC (1999): *Plant and Design-Build Contract 1st Ed (1999 Yellow Book).*

[10] FIDIC (2000): *FIDIC Contracts (1999 editions) Guide 1st Ed (2000).*

[11] FIDIC (2011): *FIDIC Procurement Procedures Guide 1st Ed (2011).*

[12] Hrvatske vode (2008): *Izmjene i dopune Pravilnika o unutarnjem ustroju Hrvatskih voda*.

[13] Hrvatske vode (2010): *Plan upravljanja vodama.*

[14] Hrvatske vode (2010): *Priprema projekata za EU fondove – provedbena dokumentacija.*

[15] Hrvatske vode (2013): *Priručnik o postupanju 2.1.* (posljednja odobrena verzija).

[16] Hrvatske vode (2015): *Priručnik za korisnike EU sredstava (Priručnik za provedbu infrastrukturnih projekata i Priručnik za provedbu projekata pripreme projektne i studijske dokumentacije).*

[17] Official Journal of the European Union (2006): *Implementing Council Regulation EC No 1085/2006 establishing an instrument for pre-accession assistance*, pp. 82-93.

[18] Službeni list Europske unije (2013): *Uredba (EU) br. 1303/2013 Europskog parlamenta i Vijeća od 17. prosinca 2013.*

[19] Vlada RH (2006): *Nacionalni program Republike Hrvatske za pridruživanje Europskoj Uniji.*

[20] Vlada RH (2010): *Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva.*

[21] Vlada RH (2012): *Uredba o opsegu i sadržaju odgovornosti te ovlastima tijela nadležnih za upravljanje instrumentom pretpristupne pomoći,* (NN 18/07, 97/12).

[22] Vlada RH (2013): *Operativni program "Zaštita okoliša" 2007-2013.*

[23] Vlada RH (2013): *Ugovor o pristupanju Republike Hrvatske Europskoj uniji* (NN 05/13).

[24] Vlada RH (2013): *Zakon o uspostavi institucionalnog okvira za korištenje strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj* (NN 78/12, 143/13, 157/13).

[25] Vlada RH (2013): *Zakon o javnoj nabavi (NN 90/11, 83/13, 143/13, Odluka ustavnog suda RH 13/14)*

[26] Vlada RH (2014): *Smjernice o postupanju tijela u Sustavu upravljanja i kontrole korištenja sredstava strukturnih instrumenata Europske unije (verzija 4.1).*

[27] Vlada RH (2014): *Zakon o uspostavi institucionalnog okvira za provedbu europskih strukturnih i investicijskih fondova u RH u financijskom razdoblju 2014 – 2020 (NN 92/2014).*

[28] Vlada RH (2015): *Uredba o tijelima u sustavu upravljanja i kontrole korištenja europskog socijalnog fonda, europskog fonda za regionalni razvoj i kohezijskog fonda, u vezi s ciljem „Ulaganje za rast i radna mjesta" (NN 107/2014 i 25/2015).*

AUTORI

Robert Kartelo, dipl.ing.građ. [a]
Mojca Lukšić, dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, 10000, Hrvatska, rkartelo@voda.hr; mojca.luksic@voda.hr

R 3.05.

DODJELA BESPOVRATNIH SREDSTAVA EUROPSKE UNIJE

Jelena Ambrenac

SAŽETAK: Nakon ulaska u EU, fondovi koji nam stoje na raspolaganju postaju najvažniji financijeri javnih investicija. Pristup planiranju i financiranju razvojnih projekata značajno se mijenja na način da se nacionalna sredstava u puno većoj mjeri moraju preusmjeriti prema osiguranju potrebnih sredstava za pripremu i sufinanciranje EU projekata, za što je nužno uspostaviti sustav definiranja razvojnih prioriteta kroz strateške, planske i programske dokumente, te kandidirati i selektirati potencijalne projekte koji daju najveću dodatnu vrijednost za razvoj. Važno nam je maksimalno iskoristiti sredstva tako da ulažemo u ona područja koja će svim građanima u svim krajevima Hrvatske pružiti nove mogućnosti i poboljšati kvalitetu života. Područja koja se mogu financirati kroz EU fondove su definirana u programskim dokumentima, tzv. Operativnim programima.

KLJUČNE RIJEČI: Kohezijski fond, Operativni programi, Bespovratna sredstava, Poziv na dostavu prijedloga projekata, Provjera prihvatljivosti, Posrednička tijela

ALLOCATION OF GRANTS FROM EU FUNDS

SUMMARY: Post-accession to the EU, Croatia's access to EU funds has become the most important source available for public investments. The approach to planning and financing of development projects is significantly changing in the manner that national funds have to be redirected to a much higher degree towards ensuring necessary funds for preparation and cofinancing of EU projects. The establishment of a system for definition of development projects through strategic, planning and programme documents and nomination and selection of potential projects with development-related highest added value is a necessity. It is important that we maximally absorb the funds to invest into those areas which will offer new possibilities and improve the quality of life for all citizens across Croatia. The areas which can financed from EU funds are defined in programme documents, the so called Operational Programmes.

KEY WORDS: Cohesian fund, Operational programmes, Grants, Call for proposals, Eligibility check, Intermediate bodies

1. UVOD

EU fondovi postaju najvažniji financijeri javnih investicija, te značajna poluga poticanja privatnih investicija. Sredstvima europskih strukturnih i investicijskih fondova želi se osigurati dugoročno održivi gospodarski rast i zapošljavanje. Važno je maksimalno iskoristiti sredstva tako da se ulaže u ona područja koja će svim građanima u svim krajevima Hrvatske pružiti nove mogućnosti i poboljšati kvalitetu života, dok je jedan od prioritetnih ulaganja čist okoliš.

Kohezijski fond je instrument namijenjen najmanje razvijenim državama članicama Europske unije za provedbu projekata kojima se poboljšavaju okoliš i prometna infrastruktura koja je dio transeuropske prometne mreže. Iz tog se fonda mogu financirati veliki infrastrukturni projekti u kojima se sredstva između ostalog izdvajaju za okolišne projekte radi preuzimanja EU standarda zašite okoliša.

O važnosti tog instrumenta svjedoče brojni infrastrukturni projekti koje su provele države članice Europske unije. Slovenija je izgradila sustav zaštite vodnog područja za 12 općina, zatim regionalni centar za prikupljanje otpada u Celju, Letonija je rekonstruirala zračnu luku u Rigi i razvila sustav prikupljanja, distribucije i obrade otpada u regiji Ventspils, a Estonija je razvila putnički terminal u zračnoj luci u Tallinnu.

Izdašnosti Kohezijskog fonda pridonose i visoke stope sufinanciranja, od 80 do 85 posto, a iznos alokacije za pojedinu državu računa se prema dva kriterija - površini i broju stanovnika. Specifičan je po tome što pravo na sufinanciranje imaju samo one države članice čiji je bruto domaći proizvod manji od 90 posto prosjeka Europske unije i koje primjenjuju nacionalni program konvergencije prema gospodarskoj i monetarnoj uniji. Upravo je zato otvoren i novim državama članicama Unije među kojima je i Republika Hrvatska.

2. SPECIFIČNOSTI REPUBLIKE HRVATSKE U KONTEKSTU KORIŠTENJA EU SREDSTAVA

Zbog specifičnosti situacije u kojoj se nalazi Republika Hrvatska kao korisnica sredstava iz EU fondova, u našoj se državi isprepliću dvije financijske perspektive: 2007. - 2013. i 2014. - 2020., odnosno tri različita procesa:

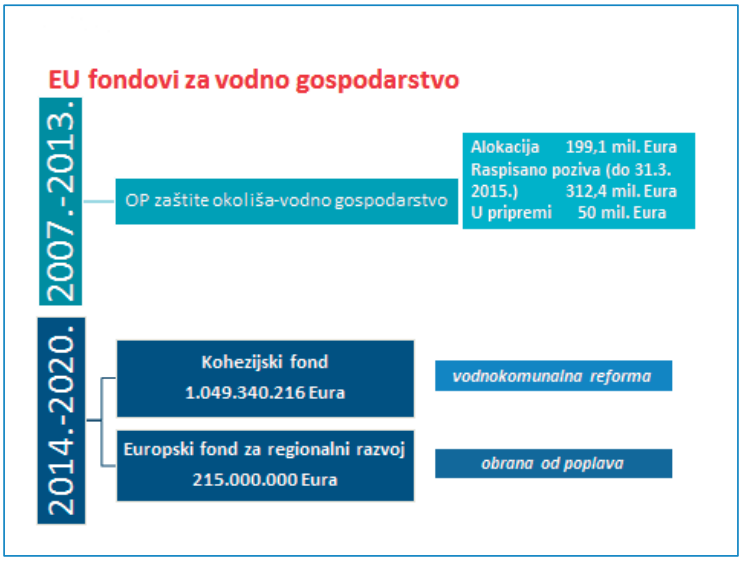
1. Provedba projekata iz IPA programa,
2. Ugovaranje i provedba projekata iz strukturnih instrumenata Europske unije u financijskoj perspektivi 2007. - 2013.,
3. Programiranje i priprema za novu financijsku perspektivu 2014. - 2020.

Ukupna financijska omotnica za Republiku Hrvatsku iz strukturnih fondova i Kohezijskog fonda u financijskoj perspektivi EU 2007. - 2013. godine iznosi 449,4 milijuna eura. Taj je iznos usmjeren na četiri operativna programa koji su programski dokumenti, a kojima se prema pojedinim sektorskim područjima određuju mjere ključne za ostvarivanje utvrđenih prioriteta, te način njihove provedbe. Za potrebe **OP „Zaštita okoliša“** čiji je cilj razvijanje infrastrukture i javnih usluga u području gospodarenja komunalnim otpadom, opskrbe pitkom vodom, obrade komunalnih otpadnih voda, te zaštite vodnih resursa dodijeljeno je **199,1 milijuna eura iz Kohezijskog fonda (KF).**

U novoj financijskoj perspektivi 2014. - 2020. kroz operativni program „Konkurentnost i

kohezija 2014. - 2020.“ Hrvatskoj je na raspolaganju 6,881 milijardi eura EU sredstava za ulaganje u rast i razvoj i to 4,321 milijarda eura iz Europskog fonda za regionalni razvoj te 2,559 milijardi eura iz Kohezijskog fonda.

Sva ulaganja u komunalnu vodnu infrastrukturu trebaju biti usmjerena k postizanju usklađenosti s propisima EU o zaštiti okoliša, pogotovo vodnih resursa (posebice usklađenost s Direktivom o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju i Direktivom o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda) i provedbi obveza preuzetih tijekom procesa pregovora za pristupanje Republike Hrvatske u EU i sadržanih u Ugovoru o pristupanju Republike Hrvatske Europskoj uniji. Ulaganja također mogu obuhvatiti projekte u aglomeracijama i vodoopskrbnim područjima koji se odnose na elemente sustava javne vodoopskrbe/odvodnje pod uvjetom da doprinose ciljevima prioritetne osi, te će doprinijeti implementaciji navedenih Direktiva, a prioritet će biti stavljen na veličinu doprinosa indikatorima iz Operativnog programa.



Slika 1. EU fondovi za vodno gospodarstvo

2.1. Financijsko razdoblje 2007. - 2013.

Operativni program „Zaštita okoliša“ je programski dokument za apsorpciju EU sredstava dodijeljenih Hrvatskoj za provedbu kohezijske politike Europske unije u sektoru zaštite okoliša za sedmogodišnje programsko razdoblje od 2007. - 2013. i naglašava dva ključna cilja koja se namjeravaju ostvariti u okviru Prioritetne osi 2: Zaštita vodnih resursa Hrvatske kroz poboljšanje sustava vodoopskrbe, te integriranog sustava upravljanja otpadnim vodama.

Za svaki operativni program države članice trebaju odrediti upravljačko tijelo, tijelo za ovjeravanje i funkcionalno neovisno revizorsko tijelo. Kako bi se državama članicama omogućila fleksibilnost u uspostavi sustava kontrole, može im se dati mogućnost da dužnosti tijela za ovjeravanje obavlja upravljačko tijelo. Državi članici također bi trebalo dopustiti određivanje posredničkih tijela za obavljanje određenih poslova upravljačkog

tijela ili tijela za ovjeravanje. U tom slučaju države članice trebale bi jasno utvrditi svoje odgovornosti i funkcije.
Zakonom o uspostavi institucionalnog okvira za korištenje strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj (NN 78/12, 143/13) i Uredbom o tijelima u sustavu upravljanja i kontrole korištenja strukturnih instrumenata EU u Republici Hrvatskoj (NN 97/12) definirane su funkcije i odgovornosti tijela koje čine sustav upravljanja i kontrole korištenja sredstava strukturnih instrumenata u sklopu Operativnog programa „Zaštita okoliša".

2.2. Upravljačka struktura

Sustav upravljanja i kontrole korištenja sredstava strukturnih instrumenata sastoji se od Upravljačkog tijela nadležnog za cjelokupni Operativni program, (Ministarstvo zaštite okoliša i prirode), Posredničkog tijela razine 1 za prioritetnu os 2 (Ministarstvo poljoprivrede), Posredničkog tijela razine 2 (Hrvatske vode), Tijela za ovjeravanje (Ministarstvo financija), te Tijela za reviziju (Agencija za reviziju sustava provedbe programa Europske unije).
U okviru svojih djelatnosti Hrvatske vode kao Posredničko tijelo razine 2, između svih poslova koji su im dodijeljeni obavljaju i poslove odabira i kontrole provedbe projekata sufinanciranih europskim sredstvima, poslove vezane uz davanje informacija krajnjim korisnicima vezano uz uvjete koje moraju zadovoljiti projekti da bi se sufinancirali sredstvima europskih fondova te o uvjetima vezanim uz provedbu ovih projekata, pružaju stručnu pomoć krajnjim korisnicima u pripremi dokumentacije potrebne za odobrenje projekata (studije izvodljivosti, investicijske studije, financijsko-ekonomske studije, analize troškova i koristi, studije utjecaja na okoliš i slično), te obavljaju sve ostale potrebne aktivnosti informiranja i pomoći krajnjim korisnicima oko pripreme projekata za sufinanciranje sredstvima europskih fondova, te pripremaju ugovore o dodjeli europskih sredstava odabranim krajnjim korisnicima.

3. POSTUPAK DODJELE BESPOVRATNIH SREDSTAVA

Nakon ulaska u EU značajno se promijenio pristup planiranju i financiranju razvojnih projekata na način da je projekte potrebno pripremati kao sastavne dijelove šireg programa usmjerenog prema jačanju sektora/područja u kojem postoje najveće mogućnosti za ostvarenje međunarodnog uspjeha, a međusobna povezivanja i nadopunjavanja projekata mogu dati značajne sinergijske efekte. Nužno je osposobiti timove stručnjaka iz javnog i privatnog sektora koji će sustavno raditi na identificiranju i razvoju projektnih ideja u skladu s utvrđenim strateškim smjernicama te njihovoj provedbi.
Nadalje, nužno je potrebna otvorenost i suradnja između različitih institucija uključenih u planiranje i provedbu projekata. Bez bržeg rješavanja imovinsko-pravnih pitanja, korištenje sredstava iz EU fondova može biti ozbiljno ugroženo, naročito u području okoliša.
Kako su područja ulaganja koja se mogu financirati kroz EU fondove definirana u programskim dokumentima, odnosno Operativnim programima, to znači da ono što u njima nije određeno ne može se niti financirati. Nije moguće financirati baš svaki projekt sredstvima EU fondova, ma koliko on dobar bio! Projekti se financiraju isključivo putem natječaja.

Načini postupanja u procesu odabira projekata i dodjele bespovratnih sredstava propisani su između ostalog kroz Zajednička nacionalna pravila (u daljnjem tekstu ZNP), te u skladu s tim i Priručnikom o postupanju koje posebno ima svako tijelo.
Da bi se neki projekt uzeo u obzir za financiranje iz EU fondova mora biti raspisan Poziv na dostavu projektnog prijedloga/natječaj koji podržava opće i specifične ciljeve projekta. Pozive na dostavu projektnog prijedloga objavljuju i sredstva dodjeljuju resorna ministarstva, a informacije o svim natječajima su dostupne i putem jedinstvenog portala www.strukturnifondovi.hr.

3.1. Vrste postupaka dodjele bespovratnih sredstava

Otvoreni poziv na dostavu prijedloga projekata - pokreće se javno, ciljajući na što veći broj potencijalnih prijavitelja. Ovaj poziv može biti *trajni* (otvoren na neodređeno vremensko razdoblje, po načelu "tko prvi dođe, prvi dobije", otvoreni sve dok ima dovoljno sredstava na raspolaganju) ili *privremeni* poziv (otvoren samo na ograničeno vremensko razdoblje), a prijave se primaju samo do određenog roka/u isto vrijeme i mogu se procjenjivati paralelno i međusobno uspoređivati.

Ograničeni poziv na dostavu prijedloga projekata - pokreće se izravnim pozivom na dostavu projektnih prijava i šalje se prema jednom ili više unaprijed određenih prijavitelja Svaki Poziv na dostavu prijedloga projekata (u daljnjem tekstu PDP) će definirati specifične uvjete za potencijalne korisnike i potreban komplet dokumentacije koji treba podnijeti. Najvažniji dio dokumentacije su Upute za prijavitelje (u daljnjem tekstu UzP) koje sadrže apsolutno sve informacije potrebne za prijavu projekta: aktivnosti koje se financiraju, potencijalne prijavitelje, rokove i ostale uvjete. Kroz dokumente sadržane u paketu dokumentacije za nadmetanje, prijavitelj se u trenutku prijave može upoznati i s uvjetima provedbe, u slučaju da mu bespovratna sredstva budu dodijeljena.
Europska komisija poznaje tzv „velike" i „male" infrastrukturne projekte. Veliki projekti su pojedinačni projekti čija ukupna investicijska vrijednost prelazi 50 milijuna eura, dok se projekti ispod ove granice nazivaju „mali" projekti. Za „velike" projekte Europska komisija propisala je standardni obrazac za prijavu projekata, kao i potrebnu studijsko projektnu dokumentaciju koju je potrebno priložiti, odnosno izraditi kako bi se projekt mogao prihvatiti. Za „male" projekte Hrvatska je sama definirala svoju proceduru pripreme i obrasce, te načine prihvaćanja svakog projekta.
Postupak dodjele bespovratnih sredstava sastoji se od nekoliko faza i obavlja se sljedećim redoslijedom:

1. Prijem i registracija,
2. Administrativna provjera,
3. Provjera odnosno procjenjivanje prihvatljivosti,
4. Odluka o financiranju.

Na kraju svake faze prijavitelje se mora obavijestiti o statusu prijave projekta, i to u pisanom obliku.
Maksimalna duljina trajanja postupka odabira za ograničene pozive na dostavu prijedloga je 60 kalendarskih dana, a za otvorene pozive ovisno o specifičnostima pojedinog poziva ograničena je na 120 kalendarskih dana. U slučaju trajnog postupka PDP-a rok se određuje dostupnošću sredstava.

3.2. Ograničeni poziv za dostavu prijedloga projekata

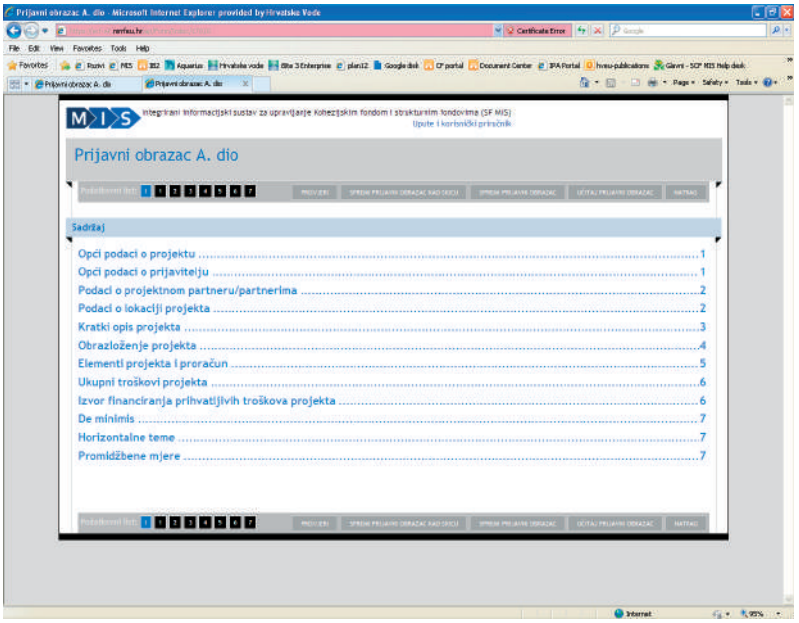
Osnovni preduvjet kod bilo kojeg natječaja za dodjelu bespovratnih sredstva jest prihvatljivost prijavitelja, odnosno partnera (ako ih ima) i projektne prijave u odnosu na sektore ili teme, odnosno na aktivnosti. Najčešće je definirana vrsta pravne osobe koja smije prijaviti projekt. Osim kriterija prihvatljivosti, prijavitelj mora pokazati određene financijske i operativne kapacitete za provedbu projekta.
Financijska stabilnost, odnosno financijski kapaciteti, odnose se na mogućnost provedbe projekta neovisno o transferima plaćanja.
Prijavitelj treba pokazati i dostatne operativne, odnosno tehničke i upravljačke kapacitete za provođenje projekta. Za koordiniranje i upravljanje projektom za vrijeme trajanja provedbe, prijavitelj mora osigurati dostatne upravljačke kapacitete.
S obzirom na specifičnost vodnokomunalnih investicijskih projekata koji se se prijavljuju za sufinanciranje sredstvima EU fondova koji su predefinirani, primjenjuje se postupak ograničenog poziva na dostavu projektnih prijedloga.
Naime, s obzirom da sva ulaganja u komunalnu vodnu infrastrukturu trebaju biti usmjerena ka postizanju usklađenosti s propisima EU o zaštiti okoliša, pogotovo vodnih resursa (posebice usklađenost s Direktivom o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju i Direktivom o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda), te provedbi obveza preuzetih tijekom procesa pregovora za pristupanje Republike Hrvatske u EU i sadržanih u Ugovoru o pristupanju Republike Hrvatske Europskoj uniji, javni isporučitelji vodnih usluga su jedini mogući prijavitelji za prijavu tih projekata i kao takvi su predefinirani. U prilog tome ide dokaz da kao jedini mogući svoj predmet poslovanja i vlasničku strukturu moraju imati usklađenu s člankom 202. Zakona o vodama („Narodne novine“ br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14).

3.3. Pokretanje poziva za dostavu prijedloga projekata

Poziv se pokreće izravnim slanjem definiranim prijaviteljima i moguća su ispravljanja projektnih prijedloga dok se ne postigne zadovoljavajuća kvaliteta. Prijavitelji svakog Poziva na dostavu prijedloga morat će ispuniti:

- Upute za prijavitelje,
- Kratki sažetak Poziva na dostavu prijava,
- Prijavni obrazac za projekt, dio A koji predstavlja standardizirani obrazac za sve projekte koji se financiraju u okviru Operativnih programa, a obuhvaća niz informacija traženih od prijavitelja (Slika 2. Prijavni obrazac A dio),
- Prijavni obrazac za projekt, dio B koji predstavlja nestandardizirani obrazac, a obuhvaća niz informacija traženih od prijavitelja za pojedinačni Poziv na dostavu prijedloga. Sadržaj B dijela mora strukturalno i prema broju priloga sadržavati informacije koje će uzeti u obzir da sve tražene informacije moraju biti neophodne za procjenu prijave i prihvatljivosti partnera, izvodljivosti projekta i usklađenosti sa zahtjevima navedenim u Uputama za prijavitelje; informacija mora biti pripremljena na način da najbolje odgovara potrebama potencijalnih prijavitelja, te za projekte koji generiraju prihode, prijavitelj mora dati odgovarajuće informacije za određivanje maksimalno prihvatljivih troškova projekta i najvišeg iznosa prihvatljivih izdataka za prijavljivanje Europskoj komisiji.

- Za infrastrukturne projekte sadržaj obrasca B određen je prema sadržaju prijavnog obrasca kakav je potrebno dostaviti sa svim dodatnim prilozima u Europsku komisiju (EK) prilikom prijave velikih projekata, te mora sadržavati studiju izvedivosti, analizu troškova i koristi, analizu učinka na okoliš i usklađenosti s ekološkom mrežom, projektne obrasce i financijski plan,
- Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava - opći i posebni uvjeti (u obrascima koji su sastavni dio ZNP-a o uvjetima za pripremu i provedbu projekata),
- svaki relevantni dokument propisan Pozivom na dostavu prijedloga (na primjer Izjavu o nepostojanju dvostrukog sufinanciranja, potpisano pismo namjere, izjave prijavitelja i partnera i drugo).



Slika 2. Prijavni obrazac (A dio)

3.4. Uloga Hrvatskih voda kao Posredničkog tijela razine 2

Raspodjelom aktivnosti između Posredničkih tijela 1 i 2 definirano je da Hrvatske vode kao Posredničko tijelo razine 2 (PT2) sudjeluju u pripremi dokumentacije za poziv i u izboru projekata na način kako je to definirano u Zajedničkim nacionalnim pravilima i Priručniku o postupanju Hrvatskih voda.

Hrvatske vode imaju značajnu ulogu u postupku prihvaćanja projekata. Kao PT2 provode zaprimanje i registraciju projektnih prijava, administrativnu provjeru projektnih prijava i provjeru prihvatljivosti. Provjera prihvatljivosti projektne prijave najzahtjevniji je dio postupka odabira kojeg Hrvatske vode provode nakon bodovanja svake projektne prijave tijekom faze odabira koju provodi PT1. Projektne prijave moraju ispunjavati sve kriterije prihvatljivosti.

Provjera prihvatljivosti svake prijave ocjenjuje se s obzirom na tehničke, financijske,

ekonomske, ekološke, formalno - pravne uvjete, a sve sukladno uvjetima propisanim u svakom pozivu na dostavu projektnih prijedloga kojeg raspisuje Posredničko tijelo razine 1. Na temelju rezultata postupka odabira sukladno kriterijima za odabir projekta provedenim od strane Odbora za odabir projekata i izvješća o prihvatljivosti projektne prijave, ministar poljoprivrede donijeti će Odluku o financiranju, u roku od 10 radnih dana od dana primitka izvješća o prihvatljivosti projekta iz Hrvatskih voda.

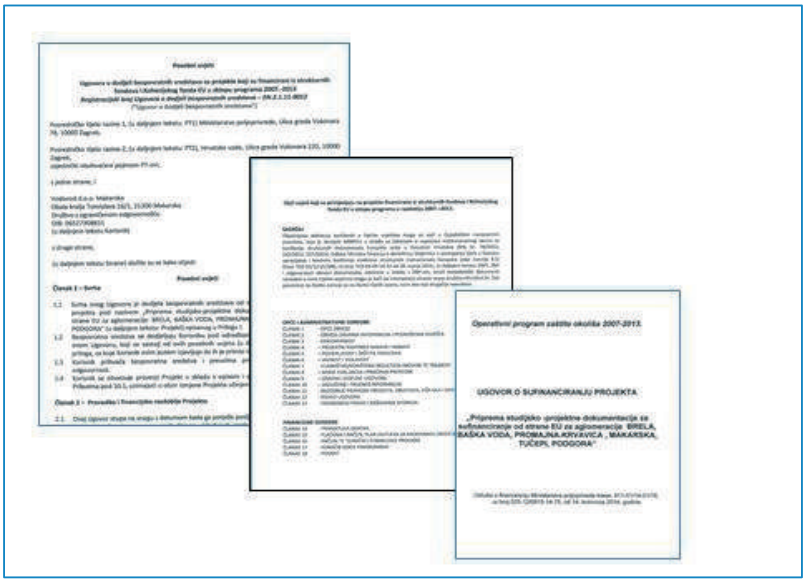
3.5. Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava

Prijavitelj i/ili partner moraju potpisati Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava čiji su potpisnici PT1, PT2 i uspješni prijavitelj. Projektni partneri nisu dužni samostalno potpisati Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava. Partner bi trebao potpisati Ugovor o partnerstvu s Korisnikom, obvezujući se na zadaće i obveze vezane uz provedbu zadaća projekta.

Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava definirat će prava i obveze Korisnika u vezi provedbe projekta. Potrebne funkcije, odgovornosti, zadaci posredničkih tijela i uvjeti za obavljanje zadaća uredit će se prema nacionalnom zakonodavstvu (ZNP i ostalo). Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava sastoji se od Općih i Posebnih uvjeta i privitaka ugovoru (opisa projekta i proračuna temeljenih na prijavnom obrascu). Njih će sastaviti i pripremiti PT2 u skladu s internim priručnicima.

Opći uvjeti su isti za sve Ugovore, dok su posebni uvjeti prilagođeni određenom Ugovoru o dodjeli bespovratnih sredstava i usklađeni sa zahtjevima iz ZNP-a.

Osim ovih Ugovora s prijaviteljem i/ili partnerom PT1 i PT2 zaključuju i Ugovor o sufinanciranju u kojem su regulirana međusobna prava i obveze u vezi sufinanciranja nacionalne komponente odobrenog projekta (slika 3. Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava i Ugovor o sufinanciranju).



Slika 3. Ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava i Ugovor o sufinanciranju

4. UVJETI ZA PRIHVAĆANJE PRIJEDLOGA PROJEKATA

Da bi projekt prošao na natječaju, prvenstveno mora zadovoljiti preduvjete koji se tiču prihvatljivosti prijavitelja, partnera i predloženih aktivnosti. Zatim je bitno zadovoljiti kriterije koji su uobičajeni u većini natječaja, od kojih je možda najvažnija relevantnost. Naime, prijedlog projekata mora udovoljavati obveznim kriterijima:

- o veličini projekta (je li "mali" ili "veliki" projekt),
- o održivosti (mora biti sukladan s EU i nacionalnim normama i standardima),
- o sukladnosti s ciljevima i principima EU politike zaštite okoliša, te
- da se u konačnici ne bi mogao realizirati bez potpore EU.

Prijedlog projekta mora biti spreman za provedbu projektnih aktivnosti, uključujući i pokretanje postupaka nabave koje su važne za pravovremenu provedbu projektnih aktivnosti, te mora pokazati da su izabrana najprihvatljivija rješenja kako s tehničko-tehnološkog, financijsko-ekonomskog i socijalnog aspekta, kako bi se osigurala prihvatljiva razina standarda vodnokomunalne usluge.

Tijekom provjere prihvatljivosti projekta PT2 jamči da su ispunjeni uvjeti za financiranje projekta određujući maksimalni iznos prihvatljivih troškova projekta u skladu s Uredbom Vijeća, Zajedničkim nacionalnim pravilima i odnosnim PDP-om. Naime projektni prijedlog mora pokazati procjenu kojom se utvrđuje je li projekt vrijedan sufinanciranja, i ako jest, treba li sufinanciranje i u kojoj mjeri, odnosno mora sadržavati analizu troškova i koristi koja je napravljena u skladu s Vodičem za analizu troškova i koristi investicijskih projekata (Europska komisija, lipanj 2008.) i nacrtom Vodiča za pripremu analize troškova i koristi vodno-komunalnih projekata u Republici Hrvatskoj (Ministarstvo poljoprivrede i Hrvatske vode, listopad 2012.).

U slučaju projekata koji ostvaruju prihod, prihvatljivi troškovi ne smiju premašiti trenutnu vrijednost investicijskog troška uz odbitak trenutne vrijednosti neto prihoda od ulaganja za specifično referentno razdoblje. U takvim se slučajevima određivanje razine pomoći Zajednice temelji na stopi "financijskog jaza" projekta, odnosno udjela diskontiranog troška početnog ulaganja koje nije pokriveno diskontiranim neto prihodom projekta.

Prijedlog projekta mora imati rješenje da je projekt prihvatljiv za okoliš ili odluku/rješenje da nije potrebna procjena utjecaja na okoliš, te da je prihvatljiv u odnosu na ciljeve očuvanja i cjelovitost područja ekološke mreže. Drugim riječima, prijedlog projekti mora biti usklađen sa zahtjevima Zakona o zaštiti okoliša i Zakona o zaštiti prirode.

Na kraju, rezultati svakog projekta i trajni pozitivni učinak na rješenja problema trebaju biti održivi i nakon završetka projekta. Projekti gospodarenja vodama imaju višestruki efekt - građanima osiguravaju višu razinu kvalitete života i niže troškove, a tvrtkama koje su na projektima angažirane - radna mjesta.

5. UOČENI PROBLEMI TIJEKOM PROVJERE PRIHVATLJIVOSTI VODNOKOMUNALNIH PROJEKATA

Obzirom na veliki broj projekata koje je potrebno pripremiti kako bi se uspjeli stići izuzetno kratki rokovi iz Plana provedbe vodno komunalnih direktiva, a uvažavajući njihove specifičnosti i potrebu usklađenja s nizom europskih i nacionalnih planskih, programskih i strateških dokumenta, priprema tih projekata je dugotrajna i iziskuje

koherentnost i sinergiju svih dionika koji su u tu pripremu uključeni.
Iako je do sada održan niz radionica i edukacija kako domaćih stručnjaka, tako i posebice inozemnih stručnjaka iz područja pripreme projekata, kako bi se omogućila što bolja apsorpciju EU sredstava na području vodnokomunalne infrastrukture, još uvijek se uočavaju veliki problemi prijavljenih projekata u njihovoj usklađenosti i poštivanju temeljnih postavki i principa pripreme projekata.
Tijekom provjere prihvatljivosti prijedloga projekata i dalje se uočava niz problema i okolnosti koje otežavaju doprinos ranije navedenim osnovnim ciljevima i zahtjevima kojima prijedlog projekata mora udovoljiti, odnosno njihovoj dokazivosti kroz dokumente koji su sastavni dio prijave projekata. Posebice se to odnosi na sadržaj prijavnog obrasca - B dijela, koji u sebi sadrži osnovne elemente prijave (prijavni obrazac, studija izvedivosti, analiza troškova i koristi i drugo).
Na razini svakog prijedloga projekata i uvidom u dokumentaciju koja je dostavljena uz prijedlog, generalno se i dalje mogu prepoznati osnovni nedostaci:

- nedostaju glavni elementi i ulazni parametri, kao i inženjerske pretpostavke za odabrano tehničko rješenje,
- u odnosu na zahtjeve održivosti projekta potrebno je napraviti dodatnu optimalizaciju (projekti su po opsegu preveliki),
- projekt je temeljen na nerealnim pretpostavkama razvoja sustava (neutemeljene prognoze porasta broja stanovništva i potrošnje). Analizu potreba temeljiti na realističnim osnovama, a ne nerealnim lokalnim prostornim planovima,
- nedovoljno informacija o postojećem stanju i stupnju priključenosti,
- iako postojeće stanje pokazuje da je sustav podložan velikim gubicima, nedostaje komponenta investicije koja bi poslužila poboljšanju stanja,
- neujednačen pristup opcijskoj analizi i procjeni investicijskih troškova, posebice uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (različiti projekti, različite tehnologije, isti brojevi),
- neujednačen pristup projektiranju (različiti ulazni parametri za projektiranje),
- nedostaje integrirani pristup i za vodoopskrbu i za sustav javne odvodnje,
- financijska analiza nije napravljena temeljem zahtjeva EU.

Ukazivanjem na ove nedostatke koji nisu i jedini, posebice se želi naglasiti potreba da svi dionici koji sudjeluju u pripremi projekata, a svaki u okviru svojih ovlasti, nadležnosti i odgovornosti nužno moraju, odmah i bez zadrške, reagirati i ozbiljno pristupiti radu na poboljšanju kvalitete dokumentacije koja će u konačnici sačinjavati cjelovitu prijavu prijedloga projekata i kao takva biti dostavljena na odobrenje odnosno postupak odabira projekata.
Kako je ranije i navedeno, specifičnost položaja Republike Hrvatske da se nalazi u dva programska odnosno financijska razdoblja, znači i da nova regulative, odnosno novosti u procedurama postupanja koja će se primjenjivati na novo financijsko razdoblje, donosi i neke novitete i različitosti u pristupu. Time se podrazumijeva da da su postojeće regulative i postupanja po njima usvojene i da ih svaka država koja ih je koristila koristi kao "dobro utvrđeno gradivo" na kojem samo dolazi nadogradnja.
Za nove projekte koji se pripremaju za prijavu iz novog financijskog razdoblja (2014. - 2020.) već je održano niz radionica na kojima su predstavljene promjene koje novo

financijsko razdoblje donosi, te način ispunjavanja novih prijavnih obrazaca. Posebno se naglašavaju promjene vezane uz poglavlje F novog aplikacijskog obrasca, a koje se odnosi na analizu utjecaja na okoliš uzimajući u obzir utjecaj klimatskih promjena i ublažavanje katastrofa. Važno je naglasiti da je poglavlje F, kao što je i navedeno već prepoznato i u ovom financijskom razdoblju kao dio prijedloga projkata u kojem su uočeni određeni nedostaci, što zbog nacionalne neusklađenosti u smislu propisa, a što zbog dosadašnjeg pristupa u pripremi projekata kroz koji se priprema ovog dijela prijave projekata u znantoj mjeri minorizirala.

Dodatni problem u novom razdoblju mogu predstavljati i dijelovi aplikacije u kojima je zaista potrebno dokazati sveopću sposobnost prijavitelja kao krajnjeg korisnika (isporučitelja vodne usluge) na način da raspolaže dostatnim brojem kvalificiranih djelatnika, da ima na raspolaganju opremu koju će operativno koristiti i za održavanje sustava (opravdanje ukoliko je kroz projekt predloženo i financiranje nabave opreme koju će prijavitelj koristiti u tu svrhu), ali i financijsku sposobnost kroz koju mora pokazati održivost projekti.

ZAKLJUČAK

Kako bismo dostigli definirane rokove zadane kroz planske i programske dokumente u smislu dostizanja EU standarda u zaštiti okoliša kroz razvoj infrastrukture u području zaštite vodnih resursa i pročišćavanja komunalnih otpadnih voda, kroz usklađenje s Direktivom o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda i Direktivom o kakvoći voda namijenjenih za ljudsku potrošnju, kvalitetna priprema prijedloga projekata koji su predefinirani kroz Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva nužnost je i potreba. Sve interesne strane u postupku pripreme i konačnog prihvaćanja projekta moraju nužno surađivati i snositi odgovornost, svatko u svom području djelovanja. Osnovni je cilj pridonijeti učinkovitoj pripremi projekata te njihovom uspješnijem kandidiranju na pozive za dodjelu bespovratnih sredstava u okviru operativnih programa čija se provedba sufinancira sredstvima Europske unije. Obveza je svih dionika podupirati koordiniranu pripremu integriranih projekata u cilju stvaranja zalihe kvalitetnih projekata, te postizanja bolje povezanosti i usklađenosti različitih programa. Prijaviteljima i nositeljima projekata mora biti jasno da je žurno potrebno osvjestiti činjenicu da je uvođenje i puna primjena EU standarda, postupaka i procedura za pripremu i realizaciju projekata zajdenička sadašnjost, ali i bliska budućnost. Sredstva iz EU fondova zapravo su novac poreznih obveznika Europske unije, stoga se ta sredstva dodjeljuju u svrhu ispunjavanja određenih ciljeva i prema zadanim pravilima. U praksi to znači da se financiraju samo oni projekti koji doprinose razvojnim ciljevima kako Republike Hrvatske, tako Europske unije u cjelini.

LITERATURA

[1] *Ugovor o pristupanju Republike Hrvatske Europskoj uniji* (NN, Međunarodni ugovori, broj 2/2012) (Ugovor o pristupanju).

[2] *Nacionalni strateški referentni okvir 2013*., Republika Hrvatska, Zagreb, lipanj 2013.

[3] *Uredba Vijeća (EZ) br. 1083/2006* od 11. srpnja 2006. kojom se utvrđuju opće

odredbe o Europskom fondu za regionalni razvoj, Europskom socijalnom fondu i Kohezijskom fondu i stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 1260/1999 (SL L 210 / 25, 31.7.2006) (nadalje Opća uredba).

[4] *Uredba (EU) br.1303/2013* Europskog Parlamenta i Vijeća od 17. prosinca 2013.

[5] *Zakon o uspostavi institucionalnog okvira za korištenje strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj* (NN br. 78/2012, 143/2013 i 157/2013).

[6] *Uredba o tijelima u sustavu upravljanja i kontrole korištenja strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj* (NN br. 97/2012).

[7] *Operativni program za okoliš 2007. - 2013.*, Republika Hrvatska, Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, rujan 2013.

[8] European Commission (2014): *Operational Programme Competitiveness and Cohesion 2014 - 2020*

[9] *Zajednička nacionalna pravila* (ZNP).

[10] Official Journal of the European Union (2006): *Implementing Council Regulation EC No 1085/2006 establishing an instrument for pre-accession assistance*, pp. 82-93.

[11] Vlada RH (2010): *Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva*

AUTOR

Jelena Ambrenac, dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Zagreb, Ulica grada Vukovara 220, jelena.ambrenac@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 3.06.

SUSTAVNO UPRAVLJANJE EU PROJEKTIMA

Lidija Šljivarić, Petar Peroš, Mariela Sjekavica

SAŽETAK: Cilj rada je prikazati način upravljanja portfeljem EU projekata, definiranim Planom provedbe vodno-komunalnih direktiva, a koji su u fazi implementacije s pozicije Hrvatskih voda kao Posredničkog tijela razine 2, za prioritetnu os 2 Operativnog programa „Okoliš“, te u skladu s tim, uspostavljanja unificiranog načina izvještavanja o fizičkom i financijskom napretku realizacije projekata. Primjenjena metodologija obuhvaća relevantni presjek korištenih procesa upravljanja projektnim portfeljem, te primjenu opisanog sustava u Hrvatskim vodama, koje kao Posredničko tijelo razine 2 kontroliraju provedbu projekata sufinanciranih sredstvima iz fondova Europske unije. Navedeni portfelj projekata karakterizira veliki broj ugovora različite vrste i vrijednosti, stroge uvjete financiranja i kratke rokove za ispunjenje preuzetih obaveza. Zbog velikog broja interesno-utjecajnih sudionika, projekata, ugovora i njihovih vrsta, osiguran je unificirani sustav praćenja koji ujedno omogućuje kontrolu nad izvršenjem ugovora, kao i nužnu fleksibilnost za izvještavanje prema ostalim tijelima u sustavu provedbe Operativnog programa, ali i planiranje resursa za nadolazeće razdoblje. Ova praksa je vidljiva u poslovanju Hrvatskih voda kao Posredničkog tijela razine 2 pri provedbi projekata vodno-komunalnog sektora, gdje je uspostavljen unificiran način izvještavanja o fizičkom i financijskom napretku projekata korištenjem sustava Oracle Primavera, razvijenim temeljem iskustava na provođenju projekata predpristupnih (IPA) fondova.

KLJUČNE RIJEČI: EU fondovi, Sustav upravljanja, Posredničko tijelo, Primavera, Provedba

SYSTEMATIC MANAGEMENT OF EU PROJECTS

SUMMARY: The aim of this paper is to present portfolio management of the EU projects that are in the implementation phase, as defined by the Implementation plan of Water Utility Directives, from the perspective of Hrvatske vode as the Intermediate Body Level 2, for the Operational Programme ‘Environment’ Priority Axis 2 and, accordingly, the establishment of a unified way of reporting on physical and financial progress of project implementation. The applied methodology includes a relevant section of the processes used in the project portfolio management, presentation of the software solutions management system (Oracle Primavera) in practice and application of the system in Hrvatske vode, which, as the Intermediate body Level 2, control the implementation of projects co-financed from EU funds. This portfolio is characterized by a large number of differ-

ent types and values of contracts, strict financing conditions and short deadlines to fulfil commitments. Due to a large number of stakeholders, projects, contracts and their types, it is necessary to provide a unified data monitoring system that will allow control over the contract execution and necessary flexibility for reporting to other bodies within the OP implementation system as well as resource planning for the upcoming period. This practice is evident in business operations of Hrvatske vode as the Intermediate body Level 2 in the implementation of projects from the water-utility sector, where there is an established unified way of reporting on physical and financial progress of projects by the usage of Oracle Primavera which was developed on the basis of experience in implementation of projects financed from the pre-accession funds (IPA).

KEY WORDS: EU Funds, Management System, Intermediate Body, Primavera, Implementation.

1. UVOD

Zakonom o uspostavi institucionalnog okvira za korištenje strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj (NN 78/12) i Uredbom o tijelima u sustavu upravljanja i kontrole korištenja strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj (NN 97/12), određena je struktura sustava upravljanja i kontrole korištenja strukturnih instrumenata nakon stjecanja punopravnog članstva Republike Hrvatske u Europskoj uniji.

Hrvatske vode, kao Posredničko tijelo razine 2, svojom su pozicijom preuzele uloge odabira projekata u okviru međusobne suradnje s Posredničkim tijelom 1, pripreme ugovora o sufinanciranju odabranih projekata, provjere procedura javne nabave, provjere nastalih projektnih troškova i njihove usklađenosti s europskim i nacionalnim pravilima, te eventualnih nepravilnosti koje iz toga mogu proizaći, praćenja i kontrole projekata, te izvještavanja prema drugim tijelima upravljačke strukture.

U svrhu provođenja poslovnih procesa koje navedene aktivnosti obuhvaćaju, unutar Hrvatskih voda je osnovan Sektor za projekte sufinancirane sredstvima EU koji se trenutno sastoji od četiri službe: Službe za pripremu projekata, Službe za verifikaciju javne nabave i Službe za verifikaciju provedbe projekata, te Službe za razvoj sustava upravljanja.

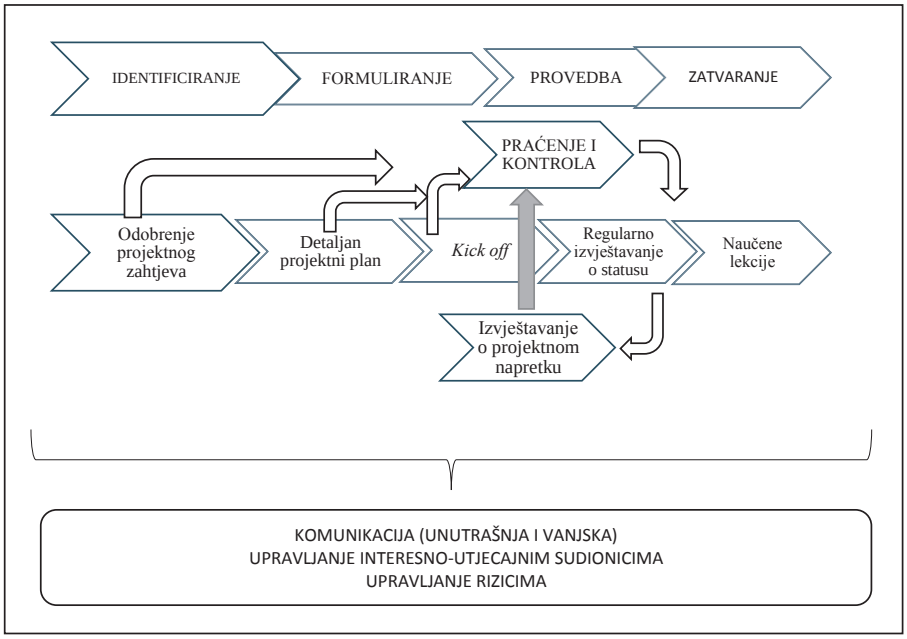
Poslovni projektni portfelj kojim navedeni Sektor upravlja sastoji se od projekata proizišlih iz Plana provedbe vodno-komunalnih direktiva (Vlada Republike Hrvatske, 2010), čijim ispunjenjem će se ostvariti i ciljevi prioritetne osi 2 Operativnog programa „Okoliš“, odnosno postići provedba dogovorenih aktivnosti i rokova vezanih uz provedbu vodno-komunalnih direktiva, konkretno Direktive Vijeća o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEZ od 21. svibnja 1991.) i Direktive Vijeća o kakvoći voda namijenjenih za ljudsku potrošnju (98/83/EZ od 3. studenog 1998.).

Projekti na taj način prolaze različite faze: pripreme, selekcije, nabave, implementacije. U okviru svake od ovih faza nužna je koordinacija, komunikacija i suradnja između Posredničkog tijela 2 i korisnika EU sredstava, odnosno isporučitelja vodnih usluga na teritoriju Republike Hrvatske. Korisnici u okviru tog procesa imaju obveze prema Posredničkom tijelu 2 koje proizlaze iz ugovora o dodjeli bespovratnih sredstava, ugovora o sufinanciranju projekata i sekundarnih ugovora s izvršiteljima. S druge strane,

Posredničko tijelo ima obvezu kontrole i izvještavanja o takvim projektima u okviru cjelovitog procesa upravljanja projektima.
Cilj ovoga rada jest učiniti cjelovit prikaz dobre prakse u sustavnom upravljanju projektnim ciklusima na primjeru vrlo karakterističnih projekata sufinanciranih sredstvima EU. Njihov projektni ciklus prolazi više karakterističnih faza: programiranje; identificiranje projekta; formuliranje projekta kroz pripremu projektno-studijske dokumentacije, dokumentacije za nadmetanje i aplikacije; odabir i prihvaćanje projekta; provedbu projekta uključujući monitoring i kontrolu provedbe projekta sa više operativnih i upravljačkih razina, te u konačnici reviziju i evaluaciju projektnih rezultata (European Commission, 2004). Radom je obuhvaćen prikaz relevantnog literarnog presjeka upravljanja projektnim portfeljem, posebno u smislu kontrole i izvještavanja u fazi provedbe projekta kao važnim aktivnostima projektnog menadžmenta, svrsishodne primjene modernih IT rješenja kao pomoći u upravljanju izvještavanjem o fizičkoj i financijskoj realizaciji projekata, te prikaz prakse korištenja navedenog unutar Hrvatskih voda kao Posredničkog tijela razine 2.

2. UPRAVLJANJE PROJEKTNOM KONTROLOM I IZVJEŠTAVANJEM KAO DIJELOM CJELOVITOG UPRAVLJANJA PORTFELJEM

Skup projekata i programa unutar određene organizacije čini njezin portfelj. Gledajući s aspekta makromenadžmenta, minimalna upravljačka jedinica koordinacije cjelokupnog portfelja predstavlja projekt. Upravljanje projektima jest održavanje ravnoteže između projektnih ciljeva, promjena, rizika i ograničenja (Radujković, 2013). Pri tome su projektni ciljevi vezani za vrijeme, zadovoljstvo korisnika, ostvaren interes projektnih sudionika, troškove, fleksibilnost i prevladane rizike, a razina njihova izvršenja determinira ocjenu cijelog projekta kao (ne)uspješnog (Gepp i dr., 2014).
Značajnu instancu projektnih procesa čini kontrola i praćenje projekata. Ona postaje upravo ključna u fazi projektne implementacije, obzirom da o njenoj kvaliteti i točnosti ovisi vremensko izvršenje, razlika između planiranih i stvarnih troškova izvršenja, vrijednost izvršenog rada, analiza tekuće situacije i trendova, te upravljanje projektnim ograničenjima, rizicima i promjenama. Također, u kontekst utjecaja na izvještavanje i kontrolu projekata ulaze i drugi elementi poput nacionalne kulture (Rodrigues i dr., 2014), složenosti projekta (Whyte i dr., 2015), primjene IT rješenja u projektnom menadžmentu (Kabir i Rusu, 2013) i kompetentne komunikacije projektnog menadžera (Zulch, 2014).
Integriran sustav kontrole i izvješćivanja projekata stoga obuhvaća sve projektne ciljeve i odgovarajuće kriterije uspjeha za određenu fazu projekta, te zahtjeve svih interesnih strana (Skendrović i Burcar Dunović, 2008).
Tipičan proces kontrole projekata sastoji se od praćenja stvarnog izvršenja, njegove usporedbe s planiranim izvršenjem, analizom razlike i predviđanjem budućih ishoda o provedbi kao rezultatu određenih menadžerskih akcija (Kim i Reinschmidt, 2010).
Na slici 1 je vidljiv proces upravljanja projektom, koji se, između ostalog, sastoji i od učinkovitog sustava upravljanja fazom projektne provedbe, te u tu svrhu integriranih poslovno-projektnih aktivnosti praćenja i kontrole. Vidljivo je da one nisu rezervirane samo za fazu projektne implementacije, već su kontinuirano prisutne u svim fazama životnog ciklusa projekta, od projektne selekcije i planiranja nadalje, te učinkovito povezane kvalitetnom projektnom komunikacijom.



Slika 1. Praćenje, izvještavanje i kontrola kao dio cjelovitog procesa upravljanja projektom

Provođenje teorijske i stvarne potrebe za sustavnim upravljanjem projekatima u praksi velik je izazov današnjih tvrtki. Danas se naime poslovne intervencije ne mogu zasnivati samo na nedokazivim, nematerijalnim faktorima, kao što je intuicija tehničkog osoblja ili njihovo emprijsko znanje (Dias, 2014). Razina kontinuiranog unaprijeđenja razine usluge i kvalitete poslovanja prema i između interesnih sudionika u procesu projektnog menadžmenta postala je takva da poslovanje traži konkretne alate za upravljanje odlukama, optimizaciju poslovnih planova ili razvoja odgovora na rizike i/ili promjene. Tu se na poseban način pozicioniraju organizacijska IT upravljačka rješenja. Ona pomažu tvrtkama razviti nove proizvode, usluge, projekte i strateške programe, poboljšavajući njihovu efikasnost i operacijsku fleskibilnost, istodobno održavajući bolju integraciju unutrašnje organizacijske strukture i vanjske okoline poduzeća (López i Salmeron, 2012). Na koji način su takva rješenja integrirana u strukturi Sektora za projekte sufinancirane sredstvima EU kao Posredničkog tijela razine 2, predmet je sljedećeg poglavlja.

3. PRIKAZ PRAKSE UPRAVLJANJA MONITORINGOM I KONTROLOM PROVEDBE PROJEKATA UNUTAR HRVATSKIH VODA KAO POSREDNIČKOG TIJELA 2

U okviru upravljačke strukture, Ugovorom o dodjeli bespovratnih sredstava nastaje poveznica između prikazane strukture (konkretno, Hrvatskih voda kao Posredničkog tijela razine 2 i Ministarstva poljoprivrede kao Posredničkog tijela razine 1) i standardnih sudionika u gradnji: investitora/naručitelja (tj. korisnika EU sredstava - isporučitelja vodne usluge), izvođača, isporučitelja usluge (nadzor, konzultant i/ili projektant), te dobavljača.

Procedure i postupci koje Posredničko tijelo razine 2 (u nastavku: PT2) ima u procesu provedbe projekata sufinanciranih sredstvima EU proizlaze iz Zajedničkih nacionalnih pravila i pripadajućih Aneksa (Zajednička nacionalna pravila, http://www.strukturnifondovi.hr/vazni-dokumenti), napose pravila 07. Provjere projekata. Sukladno njemu, PT2 ima uloge provjere projektnog plana nabave, ex-ante provjere postupaka nabave, provjere Zahtjeva za nadoknadom sredstava, provjere Završnog zahtjeva za nadoknadom sredstava, ispravka prethodno odobrenih izdataka, provjere Zahtjeva za predujam, provjere na licu mjesta, te provjere nakon dovršetka projekta.

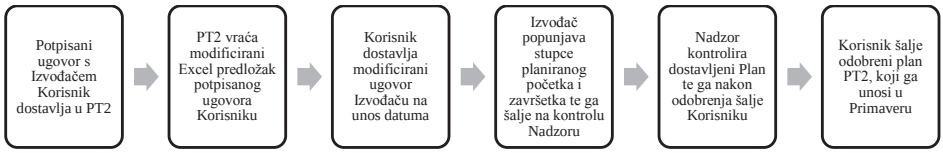
Obveze koje Korisnici imaju na temelju Ugovora o dodjeli bespovratnih sredstava i Ugovora o sufinanciranju projekata, u kontekstu upravljanja praćenjem i kontrolom projekata svode se na obaveze davanja informacija, podnošenja izvješća, omogućavanja slobodnog pristupa informacijama i dokumentima u svrhu tehničkih i financijskih provjera, redovitog ažuriranja plana trošenja financijskih sredstava, te korištenja adekvatnog sustava upravljanja projektom koji mu propiše PT2 (Hrvatske vode, 2015).

Nadzor i Izvođač, temeljem sekundarnih ugovora, također imaju obveze izvještavanja i strukturirane komunikacije prema Korisniku.

Kako bi se gore navedene obaveze mogle konkretizirati u praksi, Hrvatske vode kao PT2 učinile su znatne napore na strukturiranju procesa projektnog praćenja i pružanja konkretne pomoći korisnicima sredstava. Prvenstveno, sustav za upravljanje projektima uspostavljen još u vrijeme predpristupnih fondova, te baziran na principima Upravljanja projektnim ciklusom, PT2 kontinuirano razvija i prilagođava promjenjivim uvjetima iz okoline (nova akreditacija, nove uloge, novi projekti, puno veći broj sudionika). PT2 je unutar svog sustava za upravljanje projektima integrirao softverske alate bazirane na primjeni Oracle Primavere i Sharepointa, te izradio dva Priručnika za korisnike EU sredstava (Priručnik za provedbu infrastrukturnih projekata i Priručnik za provedbu projekata pripreme projektne i studijske dokumentacije) i unutar njih propisao ili dao predloške za sve potrebne procedure, korake, izgled i sadržaj dokumentacije (obrazac Zahtjeva za nadoknadom sredstava, obrazac Izvješća o napretku projekta kojeg je Korisnik dužan dostavljati uz svaki Zahtjev za nadoknadom sredstava, te obrazac mjesečnog Izvješća o napretku ugovora o radovima, kojeg je Nadzorni inženjer dužan dostavljati uz svaku ovjerenu privremenu situaciju), te omogućio dostupnost istih svim potrebnim projektnim sudionicima. Time se postiže jedinstvenost u pristupu prema Korisnicima, ali i dovoljna razina fleksibilnosti potrebna za dinamično planiranje i replaniranje. U navedenom Priručniku opisani su i definirani predlošci za provođenje sljedećih procedura:

- Unos ugovornog troškovnika u sustav Oracle Primavera (odgovornost Korisnika/Naručitelja),
- Unos privremenih mjesečnih situacija (odgovornost Korisnika/Naručitelja),
- Praćenje fizičke realizacije ugovora o radovima i ažuriranje dinamičkog plana (odgovornost Nadzornog inženjera),
- Ažuriranje podataka za Izvještaj o napretku projekta (odgovornost Voditelja projekta imenovanog od strane Naručitelja).

Svaka od ovih procedura se sastoji od određenih koraka, koji su detaljno opisani u navedenom priručniku i za koje su odgovornim sudionicima dostavljeni predlošci od strane PT 2. Na slici 2. su prikazani koraci za proceduru unosa ugovornog troškovnika u sustav Primavera.

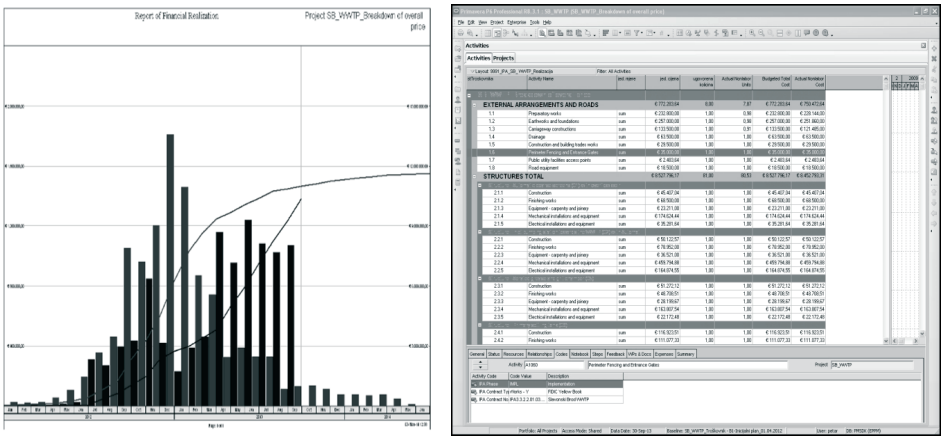


Slika 2. Koraci procedure unosa ugovornog troškovnika u sustav

Nakon što je Ugovor unesen u sustav praćenja, jednostavno se mogu generirati mjesečne situacije za Izvođače, te pratiti napredak izvršenih radova. Situacije su kreirane od strane PT2 na način da onemogućuju Izvođaču bilo kakve izmjene predloška bez prethodnog odobrenja Naručitelja. Jedini podaci koje Izvođač upisuje u situaciju su kumulativna realizacija, te stvarni početak i završetak aktivnosti. Nakon što izvođač popuni Excel predložak on se vrlo jednostavno importira u sustav praćenja, te se nakon toga generira novi Excel predložak za sljedeću situaciju.

Isti Excel predložak se koristi za ispis situacije koju Izvođač dostavlja Nadzoru na kontrolu i odobrenje. Ovakve procedure kreiranja mjesečnih situacija omogućuju Naručitelju izradu različitih korisnih izvještaja za kontrolu provedbe i planiranje daljnje realizacije projekta:

- Izvještaj o fizičkom napretku projekta i/ili ugovora,
- Izvještaj o financijskoj realizaciji projekta i/ili ugovora,
- Plan budućeg trošenja sredstava.



Slika 3. Primjer izještaja o financijskoj (lijevo) i fizičkoj realizaciji (desno)

S druge strane, ovakve procedure su vrlo korisne jer, uključujući i Izvještaje o napretku projekata, omogućuju PT2 sumiranje svih potebnih informacija na razini protfelja odnosno programa, kritičko razmatranje stanja provedbe svakog pojedinog projekta, izradu prognoza povlačenja financijskih sredstava, analizu rizika prekoračenja planiranih rokova i budžeta, te izradu podloga za donošenje odluka na višim menadžerskim razinama. Na temelju podnesenih izvještaja o fizičkoj realizaciji, moguće je napraviti projekciju financijske realizacije, kao i vršiti analizu već završenih aktivnosti u svrhu samokritičke

detekcije eventualnih manjkavosti postojećeg sustava i traženja rješenja za njegovo kontinuirano unaprijeđenje.

ZAKLJUČAK

Uspješno i svrsishodno upravljanje projektima danas predstavlja jedan od najvećih izazova modernog poslovnog svijeta. U tom pogledu, značajan zadatak predstavlja i definiranje, implementacija i unaprijeđenje sustava za upravljanje projektima, posebice u pogledu praćenja i kontrole provedbe projekata.

Obzirom da novi problemi zahtjevaju nove principe njihova rješenja (Hamel i Breen, 2007), Republika Hrvatska se ulaskom u Europsku uniju našla u poziciji savladavanja zadatka otvaranja poslovanja ka tekovinama projektnog menadžmenta na nov i drugačiji način. U Hrvatskim vodama kao Posredničkom tijelu razine 2, taj je zadatak riješen kreiranjem i kontinuiranim unaprijeđenjem sustava cjelovitog upravljanja projektima koji se bazira na modernim IT rješenjima, definiranjem potrebnih procedura, dokumenata i korisničkog priručnika, pružanjem aktivne pomoći Korisnicima u provedbi projekata i drugim aktivnostima, čime se doprinosi postizanju ciljeva iz Direktiva (Direktiva Vijeća o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda 91/271/EEZ od 21. svibnja 1991. i Direktiva Vijeća o kakvoći voda namijenjenih za ljudsku potrošnju 98/83/EZ od 3. studenog 1998.), te stvara jedinstven, prilagođen i zaokružen ciklus upravljanja projektima. Njegovim korištenjem pri provedbi velikih infrastrukturnih projekata financiranih iz EU fondova omogućeno je praćenje dinamike projekata i potrošnje projektnih resursa, planiranje i replaniranje, te fleksibilniji i funkcionalniji menadžment.

LITERATURA

[1] Dias, N., Ferreira, N., Donnelly, A. (2014): *Integration of modelling and monitoring to optimize network control: two case studies from Lisbon*, 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry (CCWI 2013) (Brunone, B.), Elsevier Procedia, Perugia, Italy, PP. 555-562.

[2] European Commission (2004): *Aid Delivery Methods: Volume 1-Project Cycle Management Guidelines*, Brussels, pp.150.

[3] Gepp, M., Hellmutha, A., Schäfflerb, T., Vollmarb, J. (2014): *Success Factors of Plant Engineering Projects*, Procedia Engineering, Vol. 69, pp. 361-369.

[4] *Hamel, G., Breen, B. (2007): The Future of Management, Harvard Business School Press, Cambridge, 288.*

[5] *Hrvatske vode (2015): Priručnik za korisnike EU sredstava, Zagreb.*

[6] Kabira, M. Rusub, L. (2013): *A Framework for IT Project Development in a Large Company*, Procedia Technology Vol. 9, pp. 687-696.

[7] Kim, B.C., Reinschmidt, K.F. (2010): *Probabilistic forecasting of project duration using Kalman filter and the earned value method*, Journal of Construction and Engeenirng Management, Vol. 130, No. 1, pp. 25-32.

[8] López, C., Salmeron, J.L. (2012): *Monitoring software maintenance project risks*, 4th Conference of ENTERprise Information Systems (CENTERIS 2012): Align-

ing Technology, Organizations and People (Varajao, J.), Elsevier Procedia, Algarve, Portugal, pp. 363-368.

[9] Radujković, M. (2013): *Sustav i projekat*, predavanje kolegija Organizacija građenja 1, Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

[10] Rodrigues, J.S., Costa, A.R., Gestoso, C.G. (2014): *Project planning and control: Does national culture influence project success?*, Procedia Technology, Vol.16, pp. 1047-1056.

[11] Skendrović, V., Burcar Dunović, I. (Ur.) (2008): *Hrvatski nacionalni vodič za temeljne sposobnosti upravljanja projektima, verzija 3.0*, Hrvatska udruga za upravljanje projektima, Zagreb.

[12] Vlada Republike Hrvatske (2010): *Plan provedbe (revidirani) vodno-komunalnih direktiva*, Poglavlje 27. Okoliš, Zagreb.

[13] Whyte, J., Stasis, A., Lindkvist, C. (2015): *Managing change in the delivery of complex projects: Configuration management, asset information and 'big data'*, International Journal of Project Management (in press).

[14] *Zajednička nacionalna pravila,* http://www.strukturnifondovi.hr/vazni-dokumenti *(preuzeto 30.09.2014.)*.

[15] Zulch, B.G. (2014): *Communication: The foundation of project management*, Procedia Technology, Vol. 16, pp. 1000-1009.

AUTORI

Lidija Šljivarić, dipl.ing.građ. [a]

Petar Peroš, dipl.ing.građ. [a]

Mariela Sjekavica, mag.ing.aedif. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, 10000, Republika Hrvatska, lidija.sljivaric@voda.hr; petar.peros@voda.hr; mariela.sjekavica@voda.hr

R 3.07.

ANALIZA RIZIKA U UPRAVLJANJU EU PROGRAMSKIM PORTFELJEM PROJEKATA VODNO-KOMUNALNOG GOSPODARSTVA

Mariela Sjekavica, Robert Kartelo, Hrvoje Meštrović, Petar Peroš

SAŽETAK: Cilj rada jest prikazati cjelovit način analize rizika unutar sustava upravljanja portfeljem na studiji slučaja koja se tiče praćenja realizacije projekata prema Planu provedbe vodno-komunalnih direktiva.

Korištena metodologija obuhvaća relevantni literaturni presjek teorije upravljanja poslovnim rizicima, upravljanja programskim portfeljem, prikaz prakse korištenja softverskih rješenja u svrhu unaprjeđenja sustava (*Primavera*), te aplikativnost spomenutih elemenata u kontekstu vođenja projekata sufinanciranih sredstvima iz fondova Europske unije u sustavu Hrvatskih voda.

Portfelj projekata sufinanciranih sredstvima EU karakterizira velika projektna brojnost u relativno kratkom vremenu, te sukladno tome, potreba osiguranja značajnog broja resursa da bi se njima moglo učinkovito upravljati. U svrhu osiguranja resursa različitog, a napose financijskog karaktera, potrebno je u poslovanje integrirati upravljački sustav koji će na temelju procjene dinamičke realizacije vršiti i planiranje financijskog budžeta.

Ta praksa je vidljiva u poslovanju Hrvatskih voda kao Posredničkog tijela razine 2 pri provedbi projekata vodno-komunalnog sektora, gdje je ona učinkovito ostvarena implementacijom modela za analizu rizika.

KLJUČNE RIJEČI: EU fondovi, Programiranje, Analiza rizika, Projektni portfelj

RISK ANALYSIS IN MANAGEMENT OF EU PROGRAM PORTFOLIOS' PROJECTS IN WATER UTILITY SECTOR

SUMMARY: The aim of the study is to present a holistic way of risk analysis within the portfolio management on a case study concerning monitoring of project implementation in accordance with the Implementation plan of water utility directives.

The methodology used consists of relevant literature review dealing with business risks management, program portfolio management, practice of using software solutions with a purpose of systems' improvement (*Primavera*) and applicability of those elements in management of projects co-financed by European Union in the system of Croatian Water, legal entity for water management in the Croatian territory.

Portfolio of projects co-financed by EU funds is characterized by a large number of projects in a relatively short time, and accordingly, by the need to ensure a significant number of resources to help them be effectively managed. In order to ensure resources of different, and especially financial, nature, it is necessary to integrate a business management system that will, on a base of a dynamic realization, also make planning of the financial budget.

This practice can be seen within the business operation of Croatian Water as the Mediation Body of level 2 in the implementation of projects of water-utility sector, where it is efficiently achieved by implementing model for risk analysis.

KEY WORDS: EU funds, Programing, Risk analysis, Project portfolio

1. UVOD

Rizik i upravljanje rizikom su kompleksni, multidimenzionalni, interdisciplinarni, univerzalno primjenjivi i u literaturi naširoko elaborirani pojmovi koje je teško staviti u okrilje strogih definicijskih tokova.

Rizik je imanentan svakoj ljudskoj, pa tako i građevinskoj djelatnosti, od trenutka stvaranja ideje i/ili potrebe za formiranjem nekog građevinskog objekta, preko nebrojenih rizičnih situacija u fazi njegovog koncipiranja i izvođenja, kontinuiranog rizika prekoračenja financijskog budžeta i vremenskog roka, do rizika u uporabi i održavanju građevina.

U kontekstu poslovnog svijeta dobru definiciju rizika daje norma ISO 31000/ISO Guide 73:2009: Rizik je utjecaj neizvjesnosti na ciljeve. Pri tome, utjecaj može biti pozitivan ili negativan, a neizvjesnost je posljedica događaja koji se mogu i ne moraju dogoditi, dvoznačnosti i/ili nedostatka informacija (International Organization for Standardization, 2009).

Gledano iz perspektive poslovnog svijeta i vođenja projekata, cilj(evi) na koje rizik može utjecati predstavljaju ciljeve određenog projekta ili nekog njegovog dijela. U tom je kontekstu upravljanje rizikom važan, vitalan i krucijalan dio cjelovitog i sveobuhvatnog upravljanja projektom, obzirom da:

- Rizik mijenja projektne ciljeve i očekivane rezultate projekta,
- Rizik može dobar projekt pretvoriti u neuspjeh ili potpuni propust,
- Rizik djeluje u svim fazama projekta,
- Rizik i dobit su izrazito proporcionalni (Radujković, 2012),
- Rizik raste s vremenom odgađanja njegova plaćanja (Norris, 2008).

U vidu upravljanja projektima razvoja vodno-komunalne infrasturkture u Republici Hrvatskoj koji se sufinanciraju sredstvima EU, značajan rizik predstavlja prekoračenje razdoblja provedbe pojedinih projekata definiranih Planom provedbe vodno-komunalnih direktiva (Vlada Republike Hrvatske, 2010), koje automatski utječe na ispunjenje preuzetih obaveza iz pristupnog ugovora Republike Hrvatske, kao i na mogućnost korištenja sredstava fondova Europske unije, odnosno prihvatljivost troškova iz financijskih razdoblja EU. Kako bi se scenariji financijskih rizika na adekvatan i efikasan način mogli predvidjeti, i posljedično tome, kako bi se njima moglo upravljati, Sektor za projekte sufinancirane sredstvima EU u okviru Hrvatskih voda koristi softversko rješenje sustava upravljanja projektima Primavera.

Cilj ovog rada je prikaz logike i rezultata cjelovite analize rizika. Naime, uobičajeni način planiranja nedovoljno vodi računa o svim okolnostima pod kojima se projekti moraju implementirati, što dovodi do situacije da se planira statično i u okvirima optimalnih očekivanja, često uvjetovanih vanjskim pritiscima na projekt. Rezultat takvog pristupa dovodi do nepostizanja zacrtanih ciljeva i nedovoljno fleksibilnog pristupa koji bi omogućavao korektivne aktivnosti na projektima, odnosno na cjelokupnom projektnom portfelju. U članku je definiran drugi, dinamički pristup planiranju koji koristi analizu rizika, te sada već širom rasprostranjenije alate procjene projektnih rizika, među koje spadaju i alati IT sustava Oracle Primavera P6.
Korištena metodologija obuhvaća relevantan literaturni presjek područja upravljanja poslovnim rizicima i upravljanja projektnim portfeljem, prikaz rješenja analize rizika u EU sektoru Hrvatskih voda kao Posredničkog tijela razine 2, diskusiju istih, te zaključak.

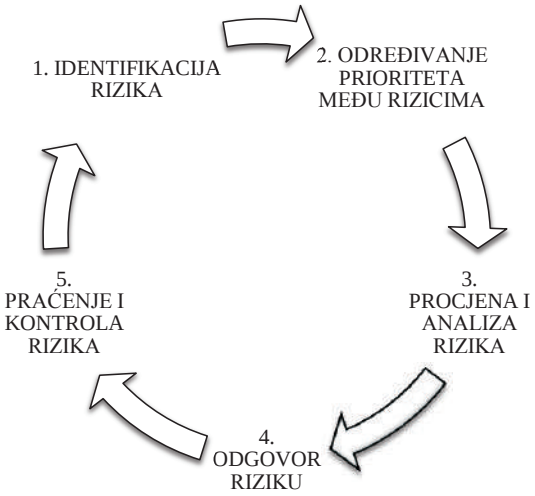
2. UPRAVLJANJE POSLOVNIM RIZICIMA

Postoje brojne definicije, različita tumačenja što pojam rizik podrazumijeva. Šira interpretacija rizika podrazumijeva potencijal dobitka ili gubitka neke vrijednosti koja je dobivena odnosno izgubljena riskiranjem. Pri tome je riskiranje posljedica neke akcije, aktivnosti, neaktivnosti, predviđanja ili nepredviđanja, a vrijednost pojam koji se odnosi na različite aspekte ljudskog života i interesa. U tom je kontekstu svaki ljudski napor rizik, međutim neka ljudska djelovanja su pri tom puno riskantnija od drugih (Hansson, 2014).
Uža definicija veže rizik uz isključivo negativne posljedice istoga, definirajući ga kao izloženost mogućnosti novčanog gubitka, fizičke štete ili odgode kao posljedice pridružene poduzimanju određenog smjera akcija, ali uvijek u negativnom kontekstu (Radujković, 2012). Poslovni rječnik pak definira rizik kao vjerojatnost ili prijetnju štete, ozljede, oštećenja, gubitka ili bilo kojeg drugog negativnog događaja koji je uzrokovan vanjskim ili unutarnjim ranjivostima sustava, i koji je moguće izbjeći preventivnim aktivnostima (Murphy i drugi, 2002). Stoga, djelovanje će biti riskantnije što je vjerojatnije da će se prilikom njega nešto nepovoljno odviti, ili što su posljedice nepovoljnog događaja pogubnije (mjereno novčanim, emocionalnim, fizičkim ili kojim drugim gubitkom).
Imajući na umu najčešće negativan kontekst koji pojam rizika nosi sa sobom, postaje jasno da je neizvjesnost koja s njim dolazi poželjno preduhitriti te na nju utjecati tamo gdje neizvjestan događaj, ako se odigra, ima utjecaj na barem jedan cilj projekta (Project Management Institute, 2008). Stoga se u poduzećima rizikom bave kompetentni i educirani menadžeri rizika sa stručnim timom ljudi. Pronalazak pravog tima za upravljanje rizikom zahtjeva ozbiljna ulaganja u smislu razmišljanja, vremena i truda (Godfrey, 1996).
Oni skrbe o cjelovitom procesu upravljanja rizikom, što je skupni naziv za identifikaciju, procjenu i određivanje prioriteta među rizicima, te posljedično tome koordinirano i ekonomično korištenje resursa ne bi li se vjerojatnost i/ili utjecaj nepoželjnih događaja minimalizirala, nadzirala i kontrolirala ili kako bi se maksimalizirala realizacija mogućnosti iz okoline (Hubbard, 2009).
Proces upravljanja rizikom se odvija pak u sljedećim karakterističnim etapama:

1. Identifikacija rizika,
2. Određivanje prioriteta među rizicima,
3. Procjena i analiza rizika,

4. Odgovor riziku (Hertz i Thomas, 1983).

Često se uz ove korake nalazi i praćenje, izvještavanje i kontrola rizika, iz koje u trenutku kada se identificira novi rizik i/ili promjene pretpostavke o starom, već identificiranom riziku, ponovno proizlazi prvi korak, čime je definiran ciklus upravljanja rizikom, prikazan na slici 1.



Slika 1. Ciklus upravljanja rizikom

Načela uspješnog upravljanja rizikom definirana ISO standardima sastoje se od sljedećih točaka:

- Upravljanje rizicima mora proizvoditi vrijednost. Drugim riječima, trošak dodatnih resursa koji služe kao mjera protiv rizika mora biti manji od posljedica neaktivnosti.
- Upravljanje rizikom je integralni dio organizacijskih procesa i procesa donošenja odluka.
- Upravljanje rizikom mora detaljno i eksplicitno definirati neizvjesnost i pretpostavke.
- Upravljanje rizikom je sistematičan i strukturiran proces.
- Proces upravljanja rizikom se mora bazirati na najboljim mogućim dostupnim informacijama.
- Rizik uvijek mora uključivati i ljudski faktor utjecaja.
- Da bi bio uspješan, proces upravljanja rizikom mora biti mjerljiv, transparentan, dinamičan, iterativan, fleksibilan, te otvoren ka kontinuiranom poboljšanju (International Organization for Standardization, 2007).

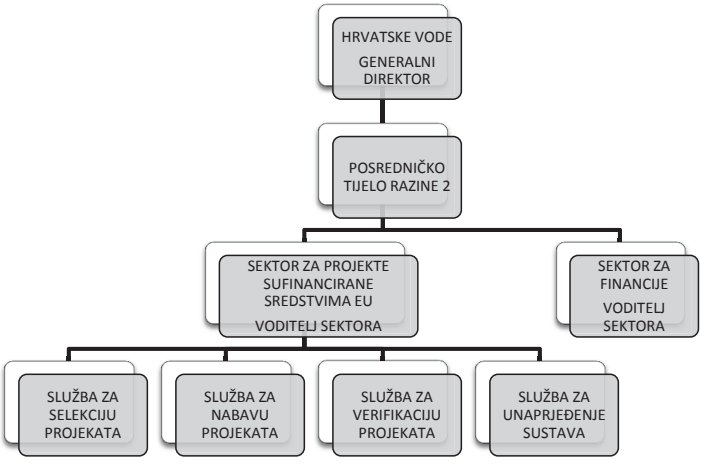
3. UPRAVLJANJE POSLOVNIM PORTFELJEM

Poslovni portfelj predstavlja skup ne nužno povezanih projekata i/ili programa koji se razlikuju po svojoj vrsti, veličini, troškovima, rokovima, rizicima, koristima, novostima, strateškoj važnosti, teritorijalnoj važnosti i slično (Hrvatski nacionalni vodič za temeljne sposobnosti upravljanja projektima, 2008). Portfelj je trajni dio organizacije, sastoji se od prošlih, trenutno aktualnih i/ili planiranih projekata i programa kojima se organizacija

bavi u određenom trenutku svoga djelovanja. Ovisno o tome sastoji li se poslovni portfelj isključivo od projekata ili on sadrži programe (i projekte) razlikuje se projektni i programski portfelj.
Upravljanje projektnim portfeljem pretpostavlja niz metoda za analizu i kolektivno upravljanje grupe aktualnih i/ili predloženih projekata prema nizu ključnih karakteristika, dok se upravljanje programskim portfeljem odnosi na niz metoda za analizu i kolektivno upravljanje grupe aktualnih i/ili predloženih programa i/ili projekata prema nizu ključnih karakteristika. Program je u kontekstu ove definicije nadpojam projektu, obzirom da su njegovi elementi međusobno povezani projekti, koji osim što imaju svoje partikularne ciljeve i ograničene rokove, ispunjenjem istih se uklapaju i u krajnje koristi programa.
Upravljanje poslovnim portfeljom je u svome bitku holistička aktivnost, koja ovisi o strategiji organizacije (Hyväri, 2014). Koliku važnost ova aktivnost ima za poslovanje poduzeća, pokazuje i činjnica da se unutar njih organiziraju projektni sektori, uredi ili odjeljenja specijalizirani za efektivnije vođenje projekata (Bridges i Crawford, 2000).
Usvajanje pristupa upravljanjem portfeljom, kombinirajući ulaganja u projekte na temelju uključenog rizika, može smanjiti cjelokupni nivo rizika (Han i drugi, 2004).
Što predstavlja poslovni portfelj, a što institucionalni okvir u studije slučaja ovoga rada objašnjeno je u sljedećem poglavlju.

4. PORTFELJ PROJEKATA VODNO-KOMUNALNOG GOSPODARSTVA SUFINANCIRAN SREDSTVIMA EU

U smislu institucionalnog okvira koji postoji u svrhu ostvarenja ciljeva iz prioretne osi 2 („Vode“) Operativnog programa „Okoliš“ za kojeg je određena alokacija raspoloživih sredstava Kohezijskih fondova EU, Republici Hrvatskoj dostupnih nakon stjecanja punopravnog članstva u Europskoj uniji, utvrđena je upravljačka struktura. Hrvatske vode su unutar upravljačke strukture određene kao Posredničko tijelo razine 2 (PT2), a organizacijska jedinica Hrvatskih voda čija je zadaća obavljanje poslova PT2 radi učinkovitog korištenja europskih sredstava u sektoru voda jest Sektor za projekte sufinancirane sredstvima EU.



Slika 2. Organizacijska shema ustroja Hrvatskih voda kao Posredničkog tijela razine 2

Plan provedbe vodno-komunanih direktiva je pripremljen nakon provedenih tehničkih konzultacija koje su održane u razdoblju od veljače 2009. do travnja 2010. godine, a sadrži dogovorene aktivnosti i rokove vezane uz provedbu vodno-komunalnih direktiva, konkretno Direktive Vijeća o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEZ od 21. svibnja 1991.) i Direktiva Vijeća o kakvoći voda namijenjenih za ljudsku potrošnju (98/83/EZ od 3. studenog 1998.). Ciljevi Plana provedbe vodno-komunalnih direktiva bit će ostvarivani kroz projekte iz portfelja Hrvatskih voda koji će biti sufinancirani sredstvima EU.

Primjer hijerarhijske i projektne strukture u kontekstu upravljanja projektima čije ostvarenje je nužno kako bi se proveo Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva, predmet je praktičnog dijela ovog rada. U smislu upravljanja tim projektima unutar Sektora za projekte sufinancirane sredstvima EU biti će proučavan segment koji se odnosi na cjelovitu analizu rizika u ciklusu upravljanja rizikom.

Analiza rizika je u upravljanju ovim projektima svakako nužna, obzirom da se radi o jednom specifičnom dijelu programskog portfelja Hrvatskih voda, čije su glavne karakteristike: velika brojnost i financijska vrijednost projekata, relativno kratak rok izvršenja, financijska ovisnost o uvjetovano raspoloživim sredstvima Europske unije.

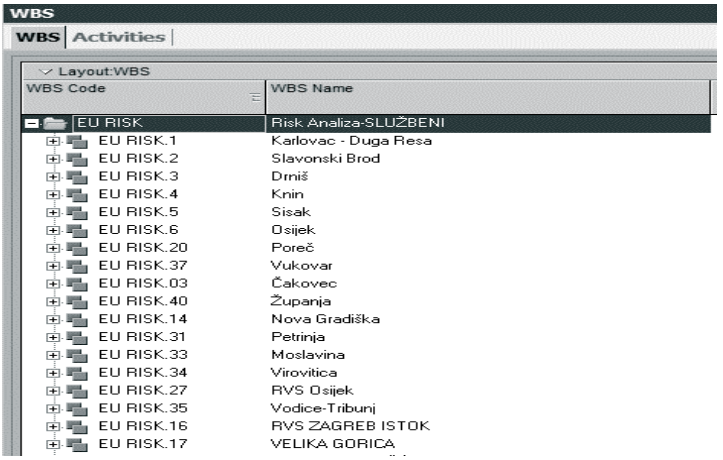
Jasno je da su ovi projekti pod kontinuiranim rizikom prekoračenja rokova, koji automatski predstavlja i rizik u kontekstu smanjenja EU dijela sufinanciranja. Ti rizici za posljedicu imaju neostvarivanje zacrtanih programskih ciljeva u potpunosti, na štetu cjelokupnog, a posebno vodnog gospodarstva Republike Hrvatske.

Kako bi se istima moglo na učinkovit način upravljati, Sektor za projekte sufinancirane sredstvima EU uveo je softversko rješenje (službeni alat Hrvatskih voda za upravljanje EU projektima - Oracle Primavera P6), koje omogućava sveobuhvatno praćenje projekata, s aspekta strukture, vremena, troškova, projektnih timova, povezivanja interesnih sudionika, raščlambe projektnih informacija i dokumentiranja. Ovo se pokazalo osobito korisnim obzirom na više aspekta:

1. Proces upravljanja rizicima u projektima predstavlja racionalno povezan lanac praksi koje poduzimaju voditelji projekata kako bi očuvali implementaciju projekata pod određenim uvjetima (Rodrigues-da-Silvaa i Crispima, 2014).
2. Upravljanje projektima se ne može prepustiti interpretaciji na lokalnoj (korisničkoj) razini, obzirom da je pokazano da je učenje iz prošlih projekata polučilo relativno malo uspjeha i puno kriticizma s aspekta očuvanja okoliša, klimatskih promjena itd. (Hope i Moehler, 2014).
3. Softverski modeli su uobičajeni pri izvještavanju o projektima i portfeljima na različitim nivoima u organizaciji, od najvišeg - direktorskog, preko nivoa projektnih timova i njihovih članova (Hyväri, 2014).

4.1. Primjena softverskog alata (Oracle Primavera Risk Analysis) u procesu analize rizika na modelu

Osnovni cilj analize rizika jest dobiti informacije o rokovima i izvršenjima projekata, te posebno distribuciju potrebnih sredstava u vremenu. Kako bi se izvršila analiza rizika, više od 200 projekata iz Plana provedbe vodno-komunalnih direktiva definirani su u obliku jednog „master projekta“ sa 200+ WBS-ova (engl. work breakdown structure = stukturna raščlamba posla), od kojih je svaki predstavljao pojedini projekt, što je vidljivo na slici 3.



Slika 3. Prikaz razrade master projekta za model rizika u Oracle Primavera P6

Projekti su podijeljeni u grupe na: ISPA projekt, IPA projekte, projekte liste 39 (prioritetni projekti i ostali), projekte liste 7, projekte liste 4+29, te ostale projekte, uzimajući u obzir planske godine izvršenja iz Plana provedbe vodnokomunalne direktive, te trenutni status njihove realizacije.

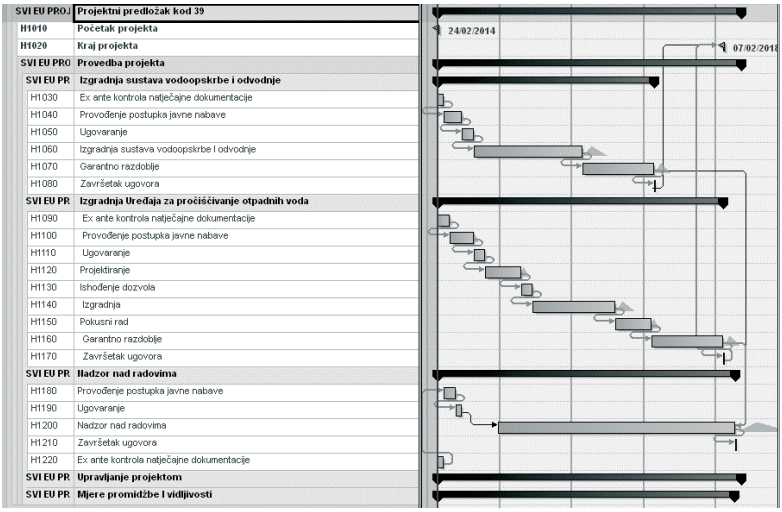
Svakoj grupi je pridružena odgovarajuća planska godina, vodno-gospodarski odjel (VGO), županija kojoj projekt pripada, faza u kojoj se projekt nalazi (priprema, nabava ili implementacija) te lokacijski uvjetovana pojava turističke sezone. Količina raspoloživih informacija je uvjetovala ograničenja i količinu detalja koja se unosila u model analize rizika. Rizici koji su uzimani u obzir su vremenske i prostorne prirode, vezani uz mogućnost produljenja pojedine projektne faze, kao i implementacije onih projekata koji se nalaze u mjestima s propisanom zabranom izvođenja građevinskih radova tijekom turističke sezone. Svaka grupa projekata je dobila određeni projektni predložak s minimalnim zajedničkim skupom informacija. Svaki od projekata je nakon toga ažuriran sa stvarnim dostupnim podacima te svim izmjenama u odnosu na predložak.

Ulazni podaci u modelu rizika su obuhvatili cjelokupan projekt, uključujući i postupke nabave gdje su identificirane odgovarajuće aktivnosti na koje su onda selektivno dodijeljeni pojedini rizici, primjerice kašnjenje početka odnosno trajanja samog postupka nabave.

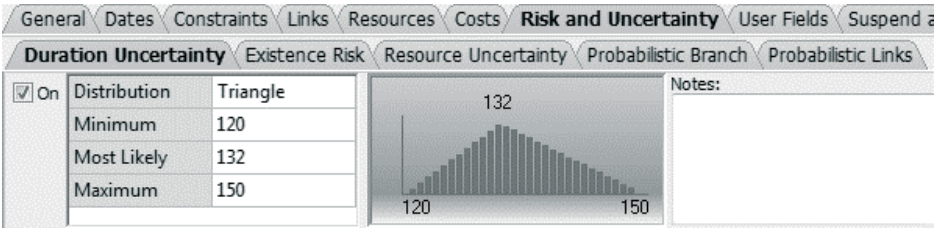
Svaki od predložaka je obuhvatio pojedine specifičnosti projekata, odnosno trajanje projekata je ovisilo o stupnju njegove razrade prema dostupnim informacijama.

Ovako strukturiran, projekt je učitan u zaseban alat Oracle Primavera Risk Analysis. U ovisnosti o pojedinom projektu, definirane su minimalne, maksimalne, te očekivane vrijednosti sljedećih parametara: početak prvih aktivnosti, trajanje aktivnosti, te preostali iznos troškova pojedine aktivnosti. Obzirom na broj i strukturu projekata i njihovih aktivnosti, nisu sve aktivnosti imale iste vrijednosti, niti su u svim slučajevima sve varijable bile promjenjive.

Gledajući strukturu ovih vrijednosti, one predstavljaju njihov mogući raspon, predočen trokutastom („triangl“) distribucijom, vidljivom na slici 5. Najmanja vjerojatnost događaja je minimalnih i maksimalnih vrijednosti, a maksimalna vjerojatnost je očekivanih vrijednosti.



Slika 4. Primjer projektnog predloška (Lista 39)



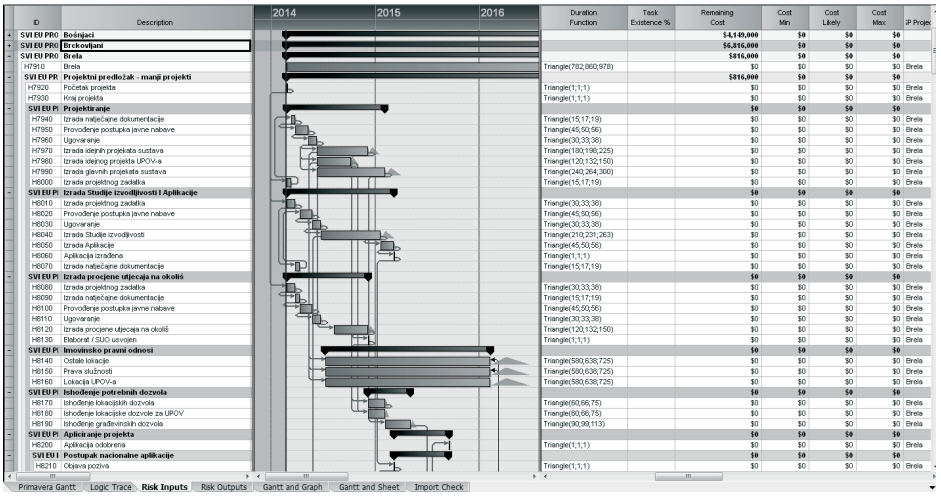
Slika 5. Distribucija nesigurnosti trajanja

Slijedeći ovaj princip, sve aktivnosti su dobile svoje distribuirane vrijednosti: u odnosu na klasičan deterministički plan, gdje postoji samo jedna (u pravilu očekivana) vrijednost, svaka aktivnost je dobila puno širi set informacija uvažavanjem mogućnosti da završi ranije, odnosno kasnije.

Raspon mogućih vrijednosti odstupanja pojedinih aktivnosti je dobiven iskustvenom procjenom, odnosno za svaku od grupa projekata je za pojedine aktivnosti definirano moguće odstupanje, kako u vremenu tako i u iznosu ugovora. Projekti koji su bili dalje u budućnosti, imali su veći raspon vjerojatnosti.

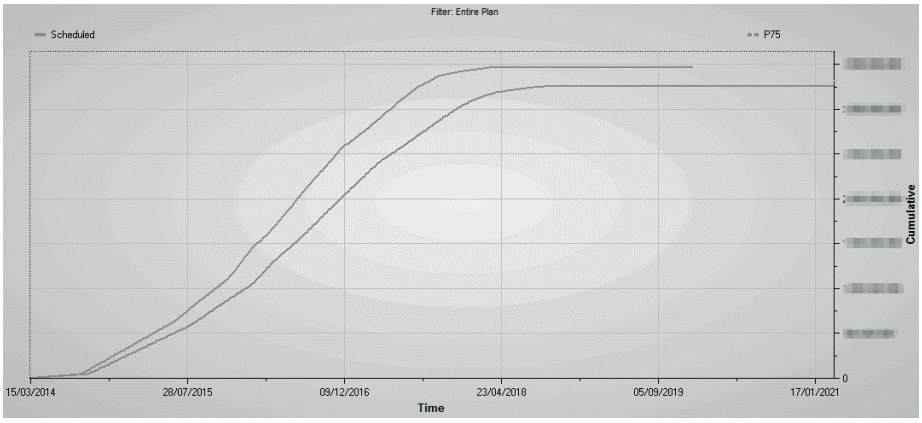
Po unošenju svih informacija, pokrenuta je Monte-Carlo simulacija. Odabrana je opcija s maksimalnih 1000 iteracija, odnosno do konvergencije sustava. Alat u svakoj iteraciji, za svaku aktivnosti i za svaki parametar, sukladno distribuciji vjerojatnosti, uzima određenu vrijednost, te potom izračunava utjecaj na druge aktivnosti, kao i na cjelokupni projekt. Nakon što sustav dođe do točke konvergencije, odnosno one točke u kojoj dodatne iteracije ne utječu na vrijednost rezultata, moguće je dobiti set informacija u vidu izlaznih podataka: vjerojatnost ostvarenja očekivanog (determiniranog kraja projekta), distribucija rokova i troškova, probabilistička krivulja troškova, utjecaj pojedinih projekata odnosno grupe projekata na ukupni rezultat, osjetljivost određenih parametara.

Slika 7. prikazuje krivulju troškova (cash flow) cjelokupnog projekta. Gornja krivulja



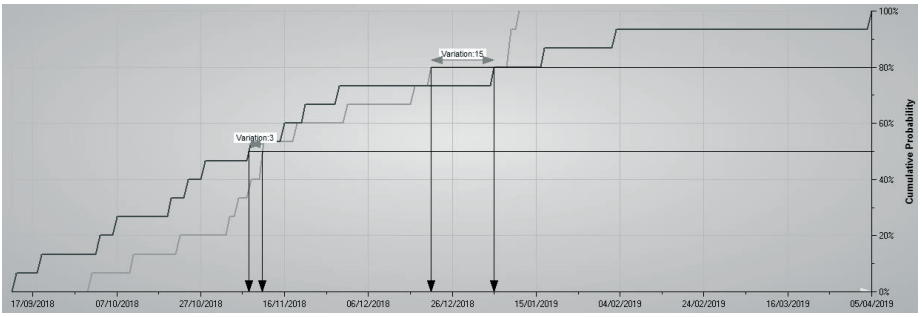
Slika 6. Prikaz ulaznih podataka u risk modelu

predstavlja troškove prema determinističkom planu. Donja krivulja predstavlja prognozu troškova sa 75% -nom vjerojatnošću. Vidljivo je stoga da će se, sukladno Monte Carlo analizi rizika, sredstva trošiti sporije od predviđenog, te je potrebno razmotriti promjenu dugoročnih prognoza ovog portfelja.



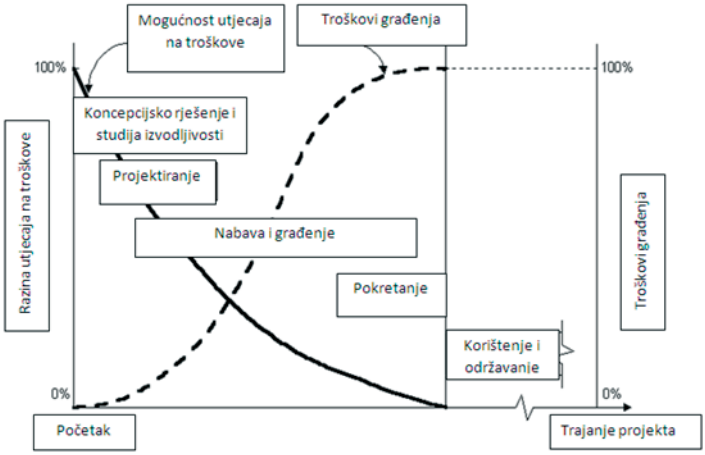
Slika 7. Prikaz usporedbe planirane i 75% vjerojatne krivulje troškova

Pored analize cjelokupnog portfelja moguće je raditi i usporedbe ispunjenja pojednih projekata. Na slici 8. je vidljiv slučaj usporedbe dva projekta, te razlike u konačnom rezultatu. Ako se promotri prvi projekt (tamnija krivulja), s 50% vjerojatnosti, on će završiti ranije. No s 80% vjerojatnosti će završiti kasnije od drugog projekta. Ovakve analize pokazuju da je utjecaj rizika vrlo značajan u evaluaciji projekata, odnosno projekt koji ima povoljnije parametre u konačnosti se može pokazati nepovoljnijim nakon provedene simulacije utjecaja rizika.



Slika 8. Prikaz usporedbe dva projekta i njihove distribucije trajanja

Daljnjim ulaganjem u analizu rizika, povećat će se sposobnost organizacije da na vrijeme reagira i s time ostvari najveće moguće uštede u upravljanju investicijama. Ako se pogleda klasična krivulja utjecaja i troška projekta, jasno je da su najveće uštede moguće u najranijim fazama projekta (Slika 9), u čemu model dinamične analize rizika svakako igra jednu od ključnih uloga.



Slika 9. Prikaz utjecaja na projekt (Hendrickson i Au, 1989)

ZAKLJUČAK

Pregledom literature, ustanovljeno je da je upravljanje projektima, programima i portfeljima rastuće istraživačko i praktično područje, ali još uvijek nije dovoljno zrelo kao što je slučaj s projektnim menadžmentom i praksama (Bernardo, 2014).

Prikazom praktičnog rješenja upravljanja rizicima vidljivo je kako je moguće kategorički pristupiti stalno prisutnom problemu rizika u upravljanju projektnim portfeljem te nakon postizanja svjesnosti o njemu, razviti adekvatnu strategiju odgovora na isti.

U Sektoru za projekte sufinancirane sredstvima EU Hrvatskih voda, ta je praksa pokazana na primjeru raščlambe glavnih projektnih rizika na vremenske i prostorne, koji bi mogli utjecati na ciljeve postizanja zadanih parametara iz definiranih Direktiva.

Primjenom Monte Carlo analize na probabilistički definirane uvjete u projektima, dobila se kvantitativna analiza rizika u cijelom promatranom portfelju. Ulazni podaci su promatrani u okviru trokutaste distribucije gdje je najočekivanija vrijednost bila ona planski predviđena, determinirana. U analizi rezultata bilo je moguće numerički odrediti vjerojatnost ispunjenja planskih vrijednosti, te ukupan kumulativan utjecaj rezultata na planiranu krivlju troškova svih projekata.

U odnosu na početne pretpostavke, odnosno stanje portfelja prije i poslije analize rizika, vidljivo je da su ovako dobivene informacije puno sadržajnije i daju bolju sliku stanja portfelja i pojedinih projekata. Detaljnijom raščlambom podataka moguće je vidjeti koliko su pojedini projekti izloženiji varijacijama nego drugi, te samim time lakše je upravljati cjelovitim portfeljem.

Dobivene informacije se ne mogu koristiti kao isključive i apsolutno precizne, već služe kao pomoć u obrazloženju realnosti određenih procjena, izračunatih drugim metodama.

Za poboljšanje modela analize rizika, potrebno je što kvalitetnije razraditi projekte, odnosno poboljšati kvalitetu i preciznost ulaznih informacija, obzirom da se svaka greška na ulazu, višestruko multiplicira na izlazu, što je vidljivije nego li u determinističkom (klasičnom) planiranju.

Pored planiranja i praćenja terminskih i financijskih parametara, model je moguće proširiti i sa analizom ostalih resursa, posebno ljudskih. S obzirom na potrebne angažmane kritičnih stručnjaka, ovakva analiza može preciznije odrediti potrebne kapacitete za provedbu projekata. U slučaju da su kritični stručnjaci ograničeni, onda oni mogu u modelu predstavljati ograničenje, odnosno mogu povećati rizičnost projekata, te produljiti njihove rokove. Ova logika se može primijeniti za bilo koji tip resursa, analogno kao što je moguće i unijeti dodatne rizike za izvođenje građevinskih radova, poput loših vremenskih prilika.

Sagledavajući ukupnu vrijednost dobivenih informacija, zaključujemo da je iznimno korisno razvijati model analize rizika budući da on omogućava identifikaciju informacija koje služe kao ključne pri donošenju odluka i postizanju značajnih ušteda u realizaciji projekata. Znati koliko, kada i koje projekte odabrati, odgoditi ili zatvoriti, prije nego se dogode svi nepovoljni događaji, od iznimne je koristi za kvalitetno upravljanje portfeljem projekata.

Trend razvoja upravljanja projektima i projektnim portfeljem ide u smjeru predviđanja svih događaja, analize utjecaja i pravovremenog donošenja odluka. Upravo je utjecaj rizika alat kojime se postižu ovi rezultati, odnosno on je nadogradnja svih procesa planiranja i praćenja projekata.

LITERATURA

[1] Bernardo, M.d.R. (2014): *Project Indicators for Enhancing Governance of Projects*, Procedia Technology, Vol. 16, pp. 1065 - 1071.

[2] Bridges, D., Crawford, K. (2000): *How to start up ant roll out a project office*, presented at PMI Annual Seminars & Symposium 2000, Houston, Texas.

[3] Godfrey, P.S. (1996): *Control of Risk: A Guide to the Systematic Management of Risk from Construction*, CIRIA, London, 67.

[4] Han, S.H., Diekmann, J.E., Lee Y., Ock J., H. (2004): *Multicriteria Financial Port-*

folio Risk Management for International Projects, Journal of construction engineering and management, Vol. 130, No. 3, pp.346 - 356.

[5] Hansson, S.O., Zalta, E.N. (Ed.) (2014): *The Standford Encyclopedia of Philosophy*, Standford University, Standford, dostupno na http://plato.stanford.edu/ (14.12.2014.).

[6] Hendrickson, C., Au, T. (1989): *Project Management for Construction: Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects and Builders*, Prentice - Hall, New jersey, 496.

[7] Hertz, D.B. , Thomas, H. (1983): *Risk Analysis and its Applications*, John Wiley & Sons, Chichester, 440.

[8] Hope, A. J., Moehler, R. (2014): *Balancing projects with society and the environment: A project, programme and portfolio approach*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, No. 119, pp. 358 - 367.

[9] Hubbard, D.W. (2009): *The Failure of Risk Management: Why It's Broken and How to Fix It*, John Wiley & Sons, New Jersey, 281.

[10] Hyväri, I. (2014): *Project portfolio management in a company strategy implementation, a case study,* Procedia - Social and Behavioral Sciences*,* No. 119, pp. 229 - 236.

[11] International Organization for Standardization (2007), Committee Draft of *ISO 31000 Risk management*, Geneva.

[12] International Organization for Standardization (2009), ISO 31000, ISO Guide 73:2009, Geneva.

[13] Murphy, M., Mascull, B., Dignen, S. (Ed.) (2002): *Longman Business English Dictionary* (2nd ed.), Longman Publishing Group, London, 594.

[14] Norris, F. (2008): *Profit Without Risk? Not Likely.,* The New York Times, No. 22.08.2008., pp. C1.

[15] Project Management Institute (2008): *A Guide to the Project Management Body of Knowledge* (4th Ed.), Project Management Institute, Pennsylvania, 459.

[16] Radujković, M. (2012): *Upravljanje rizicima*, predavanja iz kolegija „Upravljanje projektima" diplomskog studija građevine, Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

[17] Rodrigues-da-Silvaa, L. H. i Crispima, J. A. (2014): *The project risk management process, a preliminary study*, Procedia Technology, Vol. 16, pp. 943 - 949.

[18] Skendrović, V., Burcar Dunović, I. (Ur.) (2008): *Hrvatski nacionalni vodič za temeljne sposobnosti upravljanja projektima, verzija 3.0*, Hrvatska udruga za upravljanje projektima, Zagreb.

[19] Vlada Republike Hrvatske (2010): *Plan provedbe (revidirani) vodno-komunalnih direktiva*, Poglavlje 27. Okoliš, Zagreb.

AUTORI

Mariela Sjekavica, mag.ing.aedif. [a]
Robert Kartelo, dipl.ing.građ. [a]
mr.sc. Hrvoje Meštrović, dipl.ing.građ. [b]
Petar Peroš, dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, 10000, Republika Hrvatska, mariela.sjekavica@voda.hr; robert.kartelo@voda.hr; petar.peros@voda.hr

[b] Primakon d.o.o., Tratinska 1, Zagreb, 10000, Republika Hrvatska, hrvoje@primakon.hr

R 3.08.

DOSADAŠNJA ISKUSTVA U JAVNOJ NABAVI NA EU PROJEKTIMA

Mojca Lukšić, Robert Kartelo

SAŽETAK: Postupci javne nabave na projektima sufinanciranim europskim sredstvima provode se, nakon stjecanja punopravnog članstva RH u EU, sukladno hrvatskom Zakonu o javnoj nabavi. Vodeći računa da su se postupci nabave prije pristupa RH u EU provodili po posebnim procedurama koje je bilo potrebno svladati, provođenje postupaka javne nabave po hrvatskom Zakonu o javnoj nabavi izgleda kao pojednostavljenje postupka. Ipak, postupci javne nabave na projektima sufinanciranim europskim sredstvima moraju se i dalje provoditi s posebnom pažnjom. Europska komisija je temeljem kontrola provedenih u svim zemljama članicama korisnicima europskih sredstava uočila da se najveći broj nepravilnosti u korištenju europskih sredstava, preko 40%, odnosi na nepravilnosti vezane uz provedbu postupaka javne nabave. Nepravilnosti kod korištenja europskih sredstava sankcioniraju se financijskim korekcijama, točnije oduzimanjem već dodijeljenih sredstava za provedbu pojedinog projekta, programa, odnosno umanjenjem već dodijeljenih sredstava. Hrvatske vode kao Posredničko tijelo razine 2 obavljaju kontrolu postupaka nabave kao dio provjere prihvatljivosti troškova na projektu te je tijekom dosadašnjeg rada uočen niz problema. Potreban je značajan zajednički rad svih tijela u sustavu upravljanja europskim sredstvima, kao i nacionalnih nadležnih tijela odgovornih za sustav javne nabave, i Korisnika europskih sredstava kako bi se izbjegle nepravilnosti u postupcima nabave.

KLJUČNE RIJEČI: Europski fondovi, Postupci javne nabave, Financijske korekcije

EXPERIENCES IN PUBLIC PROCUREMENT FOR EU PROJECTS

SUMMARY: With Croatia now a full-fledged EU Member State, public procurement procedures under projects co-financed from the EU funds are conducted in accordance with the Public Procurement Act (PPA) of the Republic of Croatia. Bearing in mind the fact that before Croatia's accession to the EU public procurement procedures were implemented under specific procedures that had to be mastered, the implementation of public procurement procedures according to the PPA looks like a simplification of the procedure. Nevertheless, public procurement procedures under projects co-financed from the EU funds still have to be implemented with special care. Based on controls carried out in all Member States that are beneficiaries of EU funds, the European Commission has deter-

mined that the largest number (more than 40%) of irregularities in the management of EU funds is related to irregularities concerning the implementation of public procurement procedures. Irregularities in the management of EU funds are sanctioned by financial corrections, i.e. by withdrawing or decreasing already allocated funds for the implementation of a project or a programme. Hvatske vode as Intermediate Body level 2 perform control of procurement procedures as part of the eligibility check of project costs. In the course of work to date, a number of problems have been observed. Considerable joint efforts of all bodies involved in the management of European funds, including the national authorities responsible for the public procurement system and the beneficiaries of the EU funds, are necessary to avoid irregularities in the procurement procedures.

KEY WORDS: EU funds, Public procurement procedures, Financial corrections

1. UVOD

Zakonom o uspostavi institucionalnog okvira za provedbu europskih strukturnih i investicijskih fondova u RH u financijskom razdoblju 2014 - 2020 (NN 92/2014) i Uredbom o tijelima u sustavu upravljanja i kontrole korištenja europskog socijalnog fonda, europskog fonda za regionalni razvoj i kohezijskog fonda, u vezi s ciljem „Ulaganje za rast i radna mjesta“ (NN 107/2014 i 25/2015) određena je struktura sustava upravljanja i kontrole korištenja strukturnih instrumenata za programsko razdoblje 2014-2020. Strukturni instrumenti Europske unije koji će se koristiti u Republici Hrvatskoj su: Europski fond za regionalni razvoj, Europski socijalni fond i Kohezijski fond. Navedenim zakonom i uredbom Hrvatske vode su određene Posredničkim tijelom razine 2, kako je to bio slučaj i za programsko razdoblje 2007-2013. Hrvatske vode kao sastavni dio obavljanja funkcija Posredničkog tijela razine 2 obavljaju i kontrolu postupaka nabave. Kontrola postupka nabave je preduvjet za isplatu europskih sredstava traženih od strane Korisnika po troškovima nastalim po ugovorima sklopljenim po provedenim postupcima te negativna odluka vezana uz prihvatljivost postupka nabave pokreće postupak određivanja financijskih korekcija, odnosno uskratu isplate već dodijeljenih sredstava. Postupci javne nabave na europskim projektima moraju se provoditi s posebnom pažnjom obzirom da nepravilnosti mogu imati za posljedicu i financijske korekcije u 100% iznosu vrijednosti ugovora sklopljenog po provedenom postupku nabave.

2. PROVEDBA IPA PROJEKATA – POSTUPCI UGOVARANJA

Tijekom predpristupnog razdoblja Hrvatske vode, kao Provedbeno tijelo za prioritetnu os 2 IPA Operativnog programa Okoliš bile su ujedno i tijelo za ugovaranje, odnosno Naručitelj odgovoran za provedbu postupaka nabave.

Cjelokupni postupak nabave, koji se sastoji od pripreme dokumenata za nadmetanje, objave nadmetanja, organiziranja posjeta lokacijama gradnje i pojašnjenja dokumentacije za nadmetanje, formiranja ocjenjivačkog povjerenstva, ocjenjivanja ponuda, pojašnjenja ponuda, priprema izvješća ocjenjivačkog povjerenstva, te pripreme i dodjele ugovora, bili su izuzeti od provođenja javne nabave po hrvatskom Zakonu o javnoj nabavi. Postupci nabave na projektima sufinanciranim sredstvima EU provodili su se po posebnim pravilima – Practical Guide to Contract Procedures for EU external actions (PRAG) i FIDIC procedurama i predlošcima u DIS („decentralized implementation system“)

sustavu upravljanja europskim sredstvima, točnije pod prethodnom kontrolom Delegacije Europske unije (DEU) (tzv. „Ex. ante“) i na engleskom jeziku. Postojalo je 45 koraka i procesa za koje je bila potrebna prethodna suglasnost DEU prije no što se postupak može nastaviti.

Postupci nabave provodili su se uz aktivno sudjelovanje komunalnih poduzeća (krajnjih korisnika projekata) i drugih relevantnih državnih tijela.

U razdoblju od 2008. do polovine 2013. godine (do datuma punopravnog članstva) Hrvatske vode provele su 21 postupak nabave i sklopile 25 ugovora. Ukupan broj ponuditelja koji se javio na ova nadmetanja je oko 300, dakle pregledano je i ocijenjeno oko 300 ponuda.

Provedbom ovih postupaka stvoreni su preduvjeti za povlačenje svih sredstava koja su bila raspoloživa sektoru voda u IPA programu.

Sustav upravljanja europskim sredstvima, pa i Hrvatske vode su 24. siječnja 2013. godine pridobile odobrenje Europske komisije o dodatnom prijenosu ovlasti i uspostavi EDIS („extended decentralized implementation system”) sustava upravljanja kojim su prethodno navedene kontrole koje su obavljanje od strane Delegacije Europske unije prestale i ukupna odgovornost je prenesena na nacionalna tijela sustava upravljanja europskim sredstvima. Postupci ugovaranja i dalje su se provodili po posebnim pravilima – Practical Guide to Contract Procedures for EU external actions (PRAG), FIDIC procedurama i predlošcima, na engleskom jeziku.

3. PROVEDBA PROJEKATA NAKON STJECANJA PUNOPRAVNOG ČLANSTVA, PROGRAMSKO RAZDOBLJE 2007-2013 – POSTUPCI UGOVARANJA

Stjecanjem punopravnog članstva postupci nabave se više ne provode po posebnim procedurama već se provode sukladno hrvatskom Zakonu o javnoj nabavi koji je usklađen s relevantnim europskim direktivama o javnoj nabavi i na hrvatskom jeziku. Dokumentacija za nadmetanje za radove i dalje uvažava odredbe FIDIC ugovornih predložaka.

U novo uspostavljenom sustavu upravljanja europskim sredstvima u Republici Hrvatskoj Hrvatske vode nisu više Provedbeno tijelo, i ujedno, i tijelo za ugovaranje, odnosno Naručitelj koji je odgovoran za provedbu postupaka nabave. Hrvatske vode u novo uspostavljenom sustavu obavljaju funkciju Posredničkog tijela razine 2 a kako je to određeno člankom 11. Zakona o uspostavi institucionalnog okvira za korištenje strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj (NN 78/12, 143/13 i 157/13). Zadatak Posredničkog tijela razine 2 je kontrola postupka nabave i to u tri osnovna koraka: kontrola projektnog plana nabave, prethodna (ex-ante) kontrola pojedinačnih dokumentacija za nadmetanje i naknadna (ex-post) kontrola svakog pojedinačnog postupka nabave.

Korisnici projekata, u slučaju projekata iz sektora voda to su isporučitelji vodnih usluga; vodo-komunalne tvrtke su Naručitelj u smislu Zakona o javnoj nabavi.

Kako su raspoloživa sredstva bitno povećana, broj projekata je bitno povećan, broj Korisnika je bitno povećan, te je slijedom toga i bitno povećan broj postupaka nabave koje je potrebno provesti od strane Korisnika projekata i za koje je potrebno provesti kontrole postupka nabave od strane Posredničkog tijela razine 2 kao jedan od preduvjeta odobrenja isplate europskih sredstava.

Prethodna kontrola pojedinačnog postupka nabave predstavlja kontrolu dokumentacije za nadmetanje i obrasca objave postupka prije njegove objave od strane Korisnika projekta. Posredničko tijelo 2 pregledava cjelokupnu dokumentaciju i objavu i izdaje preporuke za poboljšanje dokumentacije za nadmetanje s ciljem uklanjanja mogućih nepravilnosti u ovom dijelu postupka nabave.
Naknadna kontrola svakog pojedinačnog postupka nabave predstavlja kontrolu sve dokumentacije i cjelokupnog postupka nabave koji je proveden od strane korisnika, a s ciljem donošenja odluke od strane Posredničkog tijela razine 2 o prihvatljivosti postupka nabave što je preduvjet za bilo kakvu isplatu troškova po sklopljenim ugovorima nastalih u pojedinačnim postupcima.
U najkraćim crtama, svaki pojedinačni postupak nabave kontrolira se dva puta za postupke nabave velike vrijednosti, dok se postupci nabave male vrijednosti moraju kontrolirati barem jednom; naknadna kontrola, a o tome da li će postupak prethodne kontrole biti obavljen donosi odluku Posredničko tijelo razine 2 temeljem analize rizika provedene tijekom odobrenja plana nabave projekta.
Do travnja 2015. godine na projektima koji su prihvaćeni za sufinanciranje (Osijek, Poreč, Čakovec, Županja, Vukovar i 56 projekata u okviru Pipeline 2) ili su u postupku prihvaćanja (Nova Gradiška, Virovitica Regionalni vodoopskrbni sustav Osijek i Vodice) obavljeno je ukupno 79 prethodnih kontrola dokumentacije za nadmetanje od čega 33 kontrole na infrastrukturnim projektima i 46 na projektima koji se odnose na pripremu dokumentacije potrebne za prijavu projekata (Pipeline 2). Ukupni broj prethodnih kontrola dokumentacija za nadmetanje koje potrebno obaviti kako bi navedeni projekti poštovali traženu proceduru kontrole je 106 prethodnih kontrola od čega je 50 kontrola na infrastrukturnim projektima i 56 kontrola na projektima u okviru Pipeline 2.
Do travnja 2015. godine obavljeno je ukupno 10 naknadnih kontrola postupaka nabave od kojih je 8 na infrastrukturnim projektima i 2 na projektima u okviru Pipeline 2. Ukupni broj naknadnih kontrola koje je potrebno obaviti kako bi se tražena procedura poštovala i omogućilo povlačenje sredstava je 106 naknadnih kontrola postupaka nabave od kojih je 50 na infrastrukturnim projektima i 56 na projektima u okviru Pipeline 2.
Kao rezultat naknadnih kontrola postupaka nabave od 10 provedenih kontrola 9 postupaka je u cijelosti proglašeno prihvatljivim dok je na jednom postupku donesena odluka o nepravilnosti te je određena financijska korekcija – uskrata dijela sredstava radi nepravilnosti u postupku nabave.

4. FINANCIJSKE KOREKCIJE RADI NEPRAVILNOSTI U POSTUPCIMA NABAVE

Kontrola postupka nabave jedna je od kontrola prihvatljivosti troška za koji se potražuje povrat europskih sredstava sukladno Ugovoru o dodijeli bespovratnih sredstva i Ugovora o sufinanciranju projekta. Nakon provedenog postupka nabave i potpisanog ugovora s pružateljem usluge, izvođačem radova ili isporučiteljom opreme, obavlja se kontrola postupka nabave i donosi Odluka o prihvatljivosti istoga.
Ovaj postupak naknadne (ex-post) kontrole provodi se sukladno proceduri propisanoj od strane Ministarstva regionalnog razvoja i fondova Europske unije, konkretno sukladno Nacionalnom pravilu 7 Provjere projekata koja je prenesena u Priručnikom o postupanju Hrvatskih voda. Provjeru sačinjavaju tri osnovne grupe: (1) provjera objava, provjera

dokumentacije za nadmetanje koja uključuje i postupak i tehničku specifikaciju, provjeru pojašnjenja dokumentacije za nadmetanje od strane potencijalnih ponuditelja i danih odgovora od strane Naručitelja, odnosno provjeru eventualnih žalbi na dokumentaciju za nadmetanje; (2) provjera postupka otvaranja i pregleda i ocjene ponuda i eventualnih žalbi na odluku o odabiru i (3) pregled sklopljenog ugovora po provedenom postupku nabave.

Horizontalna poveznica pregleda su odredbe Ugovora o dodijeli bespovratnih sredstava, odredbe Zakona o javnoj nabavi i odredbe relevantnih europskih direktiva o javnoj nabavi. Europska komisija je 19. prosinca 2013. donijela novu – primjenjivu odluku, naputak o načinu određivanja financijskih korekcija za nepravilnosti u provedbi postupaka javne nabave koju Posrednička tijela razine 2 u sustavima upravljanja europskim sredstvima u zemljama članicama moraju primjenjivati prilikom kontrole postupaka nabave. Navedena odluka detaljno opisuje tipove nepravilnosti, daje poveznicu na pojedine članke relevantnih direktiva o javnoj nabavi (koje su transponirane u zemlje članice) i određuje postotak uskrate sredstava, financijsku korekciju radi uočene nepravilnosti.

Dodatno na spomenutu odluku Ministarstvo financija je u travnju 2014, donijelo naputak o proceduri i načinu određivanja financijskih korekcija u postupcima javne nabave koji se sufinanciraju europskim sredstvima u kojima još detaljnije propisuje način postupanja Posredničkih tijela razine 2.

Tipovi nepravilnosti u ovim dokumentima su grupirani na nepravilnosti koje se odnose na objave i dokumentaciju za nadmetanje, postupak ocjene ponuda i provedbu ugovora. Postotak financijskih korekcija u načelu iznosi od 100%-25% vrijednosti ugovora sklopljenog po predmetnom postupku nabave. U nekim, iznimno rijetkim slučajevima, financijska korekcija može biti propisana i u manjem iznosu od 10 do 5% uz posebno obrazložene „olakotne“ okolnosti.

5. KONTROLA POSTUPAKA NABAVE OD STRANE NACIONALNE REVIZIJE, TIJELA U SUSTAVU I REVIZIJA TIJELA EUROPSKE KOMISIJE

Jedna od osnovnih zahtjeva upravljanja EU projektima i dodjelom EU bespovratnih sredstva je uspostava sustava Financijskog upravljanja i kontrole. Provjera funkcioniranja sustava obavlja se ne samo prilikom akreditacije sustava, već kontinuirano.

U skladu s odredbama članka 16. Uredbe Komisije (EZ) 1828/2006, revizijom operacija (projekata) se provjerava da li su ispunjeni kriteriji odabira za Operativni program, da li se operacija provodi se u skladu s odlukom o odobrenju i ispunjava sve primjenjive uvjete vezano uz njezinu funkcionalnost i uporabu ili ciljeve koje treba ostvariti, da li prijavljeni izdaci odgovaraju računovodstvenim podacima i pratećoj dokumentaciji koju posjeduje korisnik, da li su izdaci koje prijavljuje korisnik u skladu su s pravilima Zajednice i nacionalnim pravilima, kao i da li je javni doprinos plaćen je korisniku u skladu sa člankom 80. Uredbe (EZ) br. 1083/2006.

Sukladno članku 62. Uredbe (EZ) br. 1083/2006. i članku 7. Zakona o uspostavi institucionalnog okvira za korištenje strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj (NN 78/12, 143/13 i 157/13), Agencija za reviziju sustava provedbe programa Europske unije (ARPA) provodi kontrolu rada Hrvatskih voda kao Posredničkog tijela razine 2 i kontrolu Korisnika bespovratnih sredstava. ARPA provodi redovite kontrole

Hrvatskih voda od 2007 godine, kako za pridobivanje akreditacije tako i vezano uz kontinuiranu kontrolu sustava, ali i kontinuiranu kontrolu provjere troškova koji su ovjereni od strane Hrvatskih voda. Do sada, tijekom pretpristupnog razdoblja i u razdoblju nakon punopravnog članstva Hrvatske vode nisu imale ni jedan blokirajući nalaz koji bi uzrokovao suspenziju i zaustavljanje isplate europskih sredstava po ovjeri od strane Hrvatskih voda.

Također revizori tijela Europske komisije dolaze u kontrole sustava upravljanja europskim sredstvima, pa tako i u Hrvatske vode kao dio tog sustava. Tijekom 2013. godine revizori Glavne uprave Europske komisije za regionalnu i urbanu politiku proveli su reviziju operacija sukladno članku 72. stavak 2. Uredbe Vijeća (EZ) 1083/2006. Cilj revizije bio je osigurati razumno uvjerenje da su postupci javne nabave u okviru OP Zaštita okoliša provedeni prema odredbama PRAG-a nakon obustave *ex-ante* kontrole PRAG procedura od strane Delegacije Europske unije te prema nacionalnom zakonodavstvu u području javne nabave nakon ulaska RH u EU, ispravno provedeni. Revizijom su obuhvaćeni postupci objave poziva za nadmetanje, kao i postupci otvaranja ponuda, ocjenjivanja i dodjele ugovora. Ukupna vrijednost revidiranih projekata i ugovora iznosila je 31.028.731 eura. Nalaz revizora bio je pozitivan.

Ministarstvo financija, Ministarstvo zaštite okoliša i prirode kao tijela u sustavu također provode kontrole postupanja Hrvatskih voda. O značaju revizija, dovoljno govori i činjenica da su Hrvatske vode kao dio akreditiranog sustava upravljanja EU sredstvima od 2007 do sada ukupno imale 18 revizija.

Postupci revizija uključuju provjeru rada Hrvatskih voda i eventualno dobivanje negativnog mišljenja od strane revizija može uzrokovati suspendiranje/oduzimanje akreditacije Hrvatskim vodama, što posljedično znači suspendiranje/oduzimanje isplate europskih sredstava za projekte nad kojima Hrvatske vode provode kontrole projekata, pa i kontrole postupaka nabave.

Hrvatske vode koje su od 2007. godine uključene u sustav provedbe i upravljanja europskim sredstvima stekle su znanje i iskustvo u pripremi i provedbi projekata, postupaka javne nabave te su slijedom toga osposobljene za uspostavu sustava kontrole postupaka javne nabave koje provode Korisnici.

Kontrola postupaka nabave je jedan od fokusa kontrole revizija obzirom da je Europska komisija temeljem kontrola provedenih u svim zemljama članicama korisnicima europskih sredstava uočila da se najveći broj nepravilnosti u korištenju europskih sredstava, preko 40%, odnosi na nepravilnosti vezane uz provedbu postupaka javne nabave.

6. PROBLEMI UOČENI KOD KONTROLE POSTUPAKA NABAVE

Problemi uočeni kod kontrole postupaka nabave mogu se grupirati na slijedeći način: horizontalni problemi koji se odnose na transpoziciju relevantnih EU direktiva u nacionalni Zakon o javnoj nabavi uključujući i nacionalnu praksu provedbe Zakona o javnoj nabavi; problemi uočeni na strani Korisnika; naručitelja, problemi uočeni na strani ponuditelja; problemi uočeni na strani Hrvatskih voda.

Republika Hrvatska je prije stjecanja statusa punopravnog članstva bila dužna u cijelosti uskladiti svoje nacionalno zakonodavstvo s europskim, dakle nacionalno zakonodavstvo o postupcima javne nabave u cijelosti je trebalo biti usklađeno s relevantnim europskim direktivama o javnoj nabavi. Obveza usklađivanja nacionalnog zakonodavstva je trajna

obveza, obveza i nakon stjecanja punopravnog članstva; za očekivati je da skore izmjene Zakona o javnoj nabavi slijedom donošenja novih europskih direktiva iz područja javne nabave.

Slijedom navedenog za očekivati je da Korisnici koji provode postupak javne nabave sukladno važećem hrvatskom zakonodavstvu istovremeno provode postupak nabave i sukladno europskim direktivama o javnoj nabavi obzirom da su direktive transponirane u nacionalno zakonodavstvo. Dosadašnjim iskustvom na kontroli postupaka nabave i slijedom kontrola obavljenih od strane revizora Europske komisije, pokazalo se da postoje nedorečenosti u ovom smislu te da je kod provedbe kontrola postupaka nabave od strane Hrvatskih voda potrebno intenzivno konzultirati odredbe direktiva. Važno je naglasiti da se nepravilnosti u postupcima nabave referiraju na pojedinačne odredbe direktiva i da revizori Europske komisije koji pregledavaju postupke nabave ni ne ulaze u pojedinačne odredbe nacionalnog zakonodavstva nego se njihova kontrola bazira na kontroli poštivanja odredbi direktiva i temeljem takvog pregleda donose svoje mišljenje. Iako u manjoj mjeri postoje nedorečenosti vezane uz transpoziciju europskih direktiva u većoj mjeri je uočen problem nacionalne prakse primjene određenih, ispravno transponiranih, odredbi Zakona o javnoj nabavi. Način provedbe Zakona o javnoj nabavi i način provedbe kako je to predviđen europskim direktivama o javnoj nabavi nije u velikom broju slučajeva usklađen, te se ovakva neusklađenost prakse od strane europskih revizora ocjenjuje nepravilnošću koja za posljedicu ima financijsku korekciju. Ovaj problem je uočen i od strane koordinacijskog tijela Ministarstva regionalnog razvoja i fondova Europske unije koje je osnovalo mrežu koordinatora za javnu nabavu u tijelima sustava upravljanja europskim sredstvima koja zajedno s predstavnicima Uprave za javnu nabavu pri nadležnom ministarstvu i predstavnicima Državne komisije za kontrolu postupaka javne nabave (DKOM) raspravljaju kako horizontalna, tako i pojedinačna pitanja koja se odnose na transpoziciju europskih direktiva, tako i na nacionalnu praksu.

Konkretna pitanja koja se mogu navesti su pitanja sudjelovanja stranih tvrtki i stranih stručnjaka u postupcima nabave, točnije način njihova sudjelovanja i vrsta dokumenata koje strani ponuditelji trebaju dostaviti u postupku nabave kako bi dokazali svoju sposobnost, a uvažavajući jedno od temeljnih prava slobode kretanja ljudi, robe i kapitala, izrada tehničkih specifikacija kako iste ne bi bile diskriminirajuće i ne bi izazvale ograničavanje tržišta; način formuliranja uvjeta tehničke sposobnosti i povezanost ovih uvjeta kako s predmetom nabave tako i s načelom nediskriminacije; pitanje nepotrebnog administrativnog troška za potencijalne ponuditelje prilikom pripreme ponuda, provođenje postupka ocjene ponuda i izrade zapisnika o ocjeni ponuda, tretiranje pojašnjenja dokumentacije za nadmetanje, kao i pojašnjenja ponuda tijekom postupka pregleda i ocjene istih, itd.

Iako se ova pitanja mogu kategorizirati kao uobičajena pitanja u postupcima javne nabave ista moraju u kontekstu korištenja europskih sredstava biti promatrana s razine europskog tržišta i s razine uvažavanja zajedničkih pravila, onih koja su određena europskim direktivama o javnoj nabavi.

Problemi uočeni na strani Korisnika u velikoj mjeri se odnose na njihov kapacitet za provedbu ovakvih postupaka nabave, točnije nedovoljan broj zaposlenika s adekvatnim znanjima potreban za pregled izrađene dokumentacije za nadmetanje kako u administrativnom tako i u tehničkom smislu, pregled i ocjenu zaprimljenih ponuda, kao i na nerazumijevanje

okvira u kojem se europski projekti provode. Nedovoljan broj zaposlenika s adekvatnim znanjima na strani Korisnika uzrokuje pogreške i značajna kašnjenja. Nerazumijevanje okvira u kojem se europski projekti provode, točnije nerazumijevanje, neprihvaćanje kontrole postupaka nabave koja se provodi od strane Posredničkog tijela razine 2, ali i ostalih tijela u sustavu upravljanja europskim sredstvima predstavlja u nekim slučajevima veliki problem pri provedbi postupaka nabave. Postupci javne nabave na EU projektima mogu se kategorizirati kao složeni postupci. Postupci uključuju složene predmete nabave, koji u sebi uključuju radove, robe i usluge – projektiranje, izgradnju, opremanje, obučavanje po principu ključ u ruke koji se obavljaju kao jedan predmet nabave, opsežna i složena dokumentacija za nadmetanje, dugotrajan postupak nabave, u pravilu sudjeluju strani ponuditelji iz država članica EU, postupci su predmet naknadne kontrole tijela odgovornih za upravljanje europskim sredstvima. Sve navedene karakteristike postupaka nabave zahtijevaju posebnu pažnju Naručitelja pri provedbi postupaka nabave. Pogreške koje su uočene su; nejasna i kontradiktorna dokumentacija, prilikom traženja referenci stručnjaka i potvrda o urednom izvršenju ugovora traže se, kumulativno prezahtjevni uvjeti, prilikom davanja pojašnjenja i izmjena dokumentacije za nadmetanje često se narušava integritet izvorne dokumentacije što onemogućava kvalitetan postupak pregleda i ocjena pristiglih ponuda, kod pregleda i ocjene ponuda pogrešno se primjenjuju odredbe o upotpunjavanju ponuda, a i pregled i ocjena ponuda se ne obavljaju sukladno zahtjevima iz dokumentacije za nadmetanje, itd.

Problemi uočeni na strani ponuditelja mogu se u grubo opisati na način da se nedovoljno koristi mogućnost traženja pojašnjenja dokumentacije za nadmetanje, ponude nisu sastavljene u skladu s uvjetima iz dokumentacije za nadmetanje, ponude imaju formalne pogreške (npr. potpisivanje dokumenata od strane zakonom ovlaštenih osoba, uvez, pogreške pri numeraciji), itd.

Problemi uočeni na strani Hrvatskih voda također se odnose na kapacitet Hrvatskih voda. Iako Hrvatske vode jesu dokazale svoj kapacitet, obzirom da je isto bilo predmet postupka akreditacije potrebno je na razini Hrvatskih voda osigurati veći broj zaposlenika koji su upoznati s opisanim procedurama kontrole za koje je potrebno osigurati stjecanje dodatnih znanja vezano uz europske direktive o javnoj nabavi i načinima njihove provedbe, kao i znanja o načinu pripreme i provedbe europskih projekata. Vodeći računa da će raspoloživa sredstva u programskom razdoblju 2014.-2020. biti bitno povećana u odnosu na prethodno programsko razdoblje i da će slijedom toga biti bitno povećan i broj projekata i broj postupaka nabave učinkovitost rada zaposlenika Hrvatskih voda Posredničkog tijela razine 2 je ključna kako u kontroli postupaka javne nabave tako i u usmjeravanju rada Korisnika radi osiguranja povlačenja raspoloživih europskih sredstava.

ZAKLJUČAK

Postupci javne nabave na projektima sufinanciranim europskim sredstvima provode se, nakon stjecanja punopravnog članstva RH u EU, sukladno hrvatskom Zakonu o javnoj nabavi. Vodeći računa da su se postupci nabave prije pristupa RH u EU provodili po posebnim procedurama koje je bilo potrebno svladati, provođenje postupaka javne nabave po hrvatskom Zakonu o javnoj nabavi izgleda kao pojednostavljenje postupka. Ipak, postupci javne nabave na projektima sufinanciranim europskim sredstvima moraju se i dalje provoditi s posebnom pažnjom. Europska komisija je temeljem kontrola

provedenih u svim zemljama članicama korisnicima europskih sredstava uočila da se najveći broj nepravilnosti u korištenju europskih sredstava, preko 40%, odnosi na nepravilnosti vezane uz provedbu postupaka javne nabave. Nepravilnosti kod korištenja europskih sredstava sankcioniraju se financijskim korekcijama, točnije oduzimanjem već dodijeljenih sredstava za provedbu pojedinog projekta, programa, odnosno umanjenjem već dodijeljenih sredstava. Hrvatske vode koje su od 2007. godine uključene u sustav provedbe i upravljanja europskim sredstvima stekle su znanje i iskustvo u pripremi i provedbi projekata, postupaka javne nabave te su slijedom toga osposobljene za uspostavu sustava kontrole postupaka javne nabave koje provode Korisnici. Nacionalna praksa provedbe postupaka javne nabave nije u potpunosti usklađena s praksom koja je određena provedbom europskih direktiva. Također, kapaciteti Korisnika europskih sredstava, Naručitelja nisu na zadovoljavajućoj razini kako bi se osigurali pravilno i brzo provedeni postupci javne nabave koji tijekom postupka kontrole provedenog od strane Hrvatskih voda neće biti predmet financijskih korekcija. Pogreške na pojedinačnim postupcima nabave sankcionirane od strane Hrvatskih voda predstavljaju pogrešku Korisnika. Pogreške napravljene od strane Hrvatskih voda predstavljaju pogrešku sustava upravljanja europskim sredstvima i smatraju se većom pogreškom od prethodno navedene. Potreban je značajan zajednički rad svih tijela u sustavu upravljanja europskim sredstvima, kao i nacionalnih nadležnih tijela odgovornih za sustav javne nabave, i Korisnika europskih sredstava kako bi se izbjegle nepravilnosti u postupcima nabave.

LITERATURA

[1] COMISSION DECISION of 19.12.2013 on setting out approval of the guidelines for determinimg financial corrections to be made by the Commission to expenditure financed by the Union under shared management, for noncompliance with the rules on public procurement.

[2] *Pravilnik o prihvatljivosti izdataka* (NN 5/14),

[3] *Pravilnik o prihvatljivosti izdataka* (NN 143/14),

[4] *Uredba Vlade RH o opsegu i sadržaju odgovornosti te ovlastima tijela nadležnih za upravljene instrumentom pretpristupne pomoći* (NN 18/07),

[5] *Uredba o tijelima u sustavu upravljanja i kontrole korištenja strukturnih instrumenata u Republici Hrvatskoj* (NN 97/12),

[6] *Zakon o uspostavi institucionalnog okvira za korištenje strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj* (NN 78/12, 143/13 i 157/13),

[7] *Zakon o uspostavi institucionalnog okvira za provedbu europskih strukturnih i investicijskih fondova u RH u financijskom razdoblju 2014 - 2020* (NN 92/2014),

[8] www.strukturnifondovi.hr.

AUTORI

Mojca Lukšić, dipl,ing.građ. [a]
Robert Kartelo, dipl. ing. građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220. 10 000 Zagreb, Hrvatska,
Mojca.Luksic@voda.hr, Robert.Kartelo@voda.hr

R 3.09.

INFORMIRANJE I KOMUNIKACIJA PRI KORIŠTENJU SREDSTAVA STRUKTURNIH INSTRUMENATA EUROPSKE UNIJE

Jelena Ambrenac

SAŽETAK: Jedna od temeljnih obveza Republike Hrvatske kao nove zemlje članice Europske unije (u daljnjem tekstu: EU) i time korisnice sredstava iz Strukturnih instrumenata EU (u daljnjem tekstu: SI) jest osigurati transparentnost sustava korištenja navedenih fondova kroz različite mjere informiranja i vidljivosti EU fondova, kao i uloge EU u predmetnoj pomoći. Važno je predstaviti postignuća fondova široj javnosti i podići svijest o ciljevima kohezijske politike. Građani bi trebali imati pravo znati kako se ulažu financijska sredstva Unije. Odgovornost za predstavljanje odgovarajućih informacija javnosti trebali bi imati i upravljačka tijela i korisnici. Kako bi se osigurala veća učinkovitost u komuniciranju sa širom javnosti te veća sinergija između komunikacijskih aktivnosti na inicijativu Komisije, sredstva dodijeljena za komunikacijske aktivnosti trebala bi doprinijeti i pokrivanju korporativne komunikacije o političkim prioritetima Unije, u mjeri u kojoj su povezani s općim ciljevima Uredbe (EU) br. 1303/2013 Europskog Parlamenta i vijeća od 17. prosinca 2013.

KLJUČNE RIJEČI: Strukturni instrumenti, Komunikacijska strategija, Operativni programi, Komunikacijski akcijski planovi, Zahtjevi i obveze EU za komunikaciju i vidljivost, Mjere informiranja i vidljivosti

INFORMATION AND COMMUNICATION IN THE USE OF FUNDS FROM THE STRUCTURAL INSTRUMENTS OF THE EUROPEAN UNION

SUMMARY: A fundamental obligations of the Republic of Croatia as a new member-state of the European Union (EU) and therefore the beneficiary of funds from the Structural Instruments (SI) is to ensure transparency of the system for utilization of financing from the funds through different information and visibility activities foreseen under EU funded projects as well as the EU role in this form of assistance. It is important to present achievements brought about by the use of the funds to the general public and raise awareness of the Cohesion Policy objectives. The citizens should have a right to know how the EU funds are used. The presentation of adequate information to the public should be the responsibility of both management bodies and beneficiaries. In order to obtain higher

efficiency in communication with the general public and a greater synergy between communication activities, as initiated by the European Commission, the funds allocated for communication activities should contribute to cover corporate communication about EU political priorities to the extent in which they are related to the general objectives of the Regulation (EU) No 1303/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 December 2013.

KEY WORDS: Structural instruments, Communication strategy, Operational Programmes, Communication action plans, EU requirements and obligations for communication and visibility, Information and visibility measures

1. UVOD

Pristupanjem u članstvo Europske unije, Republici Hrvatskoj su na raspolaganju Strukturni instrumenti - Europski fond za regionalni razvoj, Europski socijalni fond i Kohezijski fond.

Programski dokumenti za korištenje sredstava iz navedenih fondova, a koje usvaja Europska komisija nakon provedenih konzultacija s državom članicom, jesu Nacionalni strateški referentni okvir (NSRO) i Operativni programi (OP).

NSRO je krovni strateški i programski dokument kojim se utvrđuju prioriteti korištenja sredstava iz strukturnih instrumenata. Dokument obuhvaća razdoblje od datuma pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji do 31. prosinca 2013. godine. NSRO je osmišljen tako da u jedinstvenom dokumentu razmotri specifičnu situaciju u kojoj se Hrvatska nalazi zbog pristupanja na kraju financijske perspektive EU-a 2007. - 2013., kao i istovremeno korištenje sredstava dostupnih nakon pristupanja i onih dostupnih u sklopu Instrumenta za pretpristupnu pomoć (IPA) od 2007. godine do 30. lipnja 2013. godine.

Cilj mu je osigurati usklađenost pružene pomoći kako s ciljevima i smjernicama Europske unije, tako i s nacionalnim. NSRO je referentni dokument za pripremu Operativnih programa za razdoblje od 2007. do 2013. godine, kojima se određuju prioriteti koji će se zajednički financirati iz sredstava EU-a i nacionalnih sredstava. Općenito, Nacionalni strateški referentni okvir 2013. obuhvaća sektore koji predstavljaju nastavak financiranja III. i IV. komponente pretpristupnog programa IPA: Regionalnog razvoja i Razvoja ljudskih potencijala.

Ukupna financijska omotnica za RH iz strukturnih fondova i Kohezijskog fonda u financijskoj perspektivi EU 2007. - 2013. godine iznosi 449,4 milijuna eura. Taj je iznos usmjeren na četiri operativna programa koji predstavljaju upravo četiri ključna sektora: OP Promet, OP Regionalna konkurentnost, OP Razvoj ljudskih potencijala i **OP Okoliš.** Za potrebe OP Okoliš čiji je cilj razvijanje infrastrukture i javnih usluga u području gospodarenja komunalnim otpadom, opskrbe pitkom vodom, obrade komunalnih otpadnih voda te zaštite vodnih resursa dodijeljeno je **149,8 milijuna eura iz Kohezijskog fonda (KF).**

Operativni programi su programski dokumenti kojima se prema pojedinim sektorskim područjima određuju mjere ključne za ostvarivanje utvrđenih prioriteta te način njihove provedbe.

Jedna od temeljnih obveza Republike Hrvatske kao nove zemlje članice Europske unije (u daljnjem tekstu: EU) i time korisnice sredstava iz Strukturnih instrumenata EU (u

daljnjem tekstu: SI) jest osigurati transparentnost sustava korištenja navedenih fondova kroz različite mjere informiranja i vidljivosti EU fondova, kao i uloge EU u predmetnoj pomoći.
Dokumenti koji definiraju zahtjeve vezane uz informiranje i promidžbu strukturnih i Kohezijskog fonda za razdoblje od 2007. do 2013. godine u zemlji članici, uključujući obveze korisnika bespovratnih sredstava iz navedenih fondova, su:

- Uredba (EU) br. 1303/2013 Europskog Parlamenta i vijeća i provedbeni akti,
- Zajedničko nacionalno pravilo br. 13. Informiranje i vidljivost - pravilnik o postupanju tijela u sustavu upravljanja i korištenja sredstava iz strukturnih i Kohezijskog fonda,
- Opći i Posebni uvjeti Ugovora o dodjeli bespovratnih sredstava.

2. KOMUNIKACIJSKA STRATEGIJA

Sukladno Uredbi vijeća o utvrđivanju zajedničkih odredbi za korištenje dostupnih fondova svaka država članica ili upravljačka tijela moraju pripremiti komunikacijsku strategiju za svaki operativni program. Zajednička komunikacijska strategija može se pripremiti za nekoliko operativnih programa. Komunikacijska strategija uzima u obzir opseg dotičnog operativnog programa ili više njih u skladu s načelom proporcionalnosti. Komisija donosi provedbene akte o tehničkim svojstvima mjera informiranja i komunikacije o operacijama, kao i upute za kreiranje simbola te definiranje standardnih boja.
Ministarstvo regionalnoga razvoja i fondova Europske unije (u daljnjem tekstu: MRRFEU) kao nacionalni koordinator informativnih i edukativnih aktivnosti vezanih uz EU fondove je izradilo i donijelo Komunikacijsku strategiju (u daljnjem tekstu: KS) u svrhu informiranja i promoviranja EU fondova.
Zbog specifičnosti situacije u kojoj se nalazi RH kao korisnica sredstava iz EU fondova, a u kojoj se isprepliću dvije financijske perspektive, odnosno tri različita procesa:

1. Provedba IPA programa,
2. Ugovaranje i provedba projekata iz strukturnih instrumenata Europske unije u financijskoj perspektivi 2007. - 2013.,
3. Programiranje i priprema za novu financijsku perspektivu 2014. - 2020.

"Komunikacijska strategija - Strukturni instrumenti Europske unije u Republici Hrvatskoj 2007. - 2013." (u daljnjem tekstu: KS) sadržajno obuhvaća sve navedene procese. U tom smislu KS predstavlja blagi prijelaz s IPA komunikacijske strategije, obuhvaća razdoblje korištenja strukturnih instrumenata dostupnih Republici Hrvatskoj ulaskom u EU od 1. srpnja 2013. godine te pokriva razdoblje do početka 2016. godine, kada će biti zamijenjena s novom KS, koja će većim dijelom biti usmjerena na mjere informiranja i vidljivosti strukturnih instrumenata u novoj financijskoj perspektivi 2014. - 2020.

Osnovni ciljevi KS su:

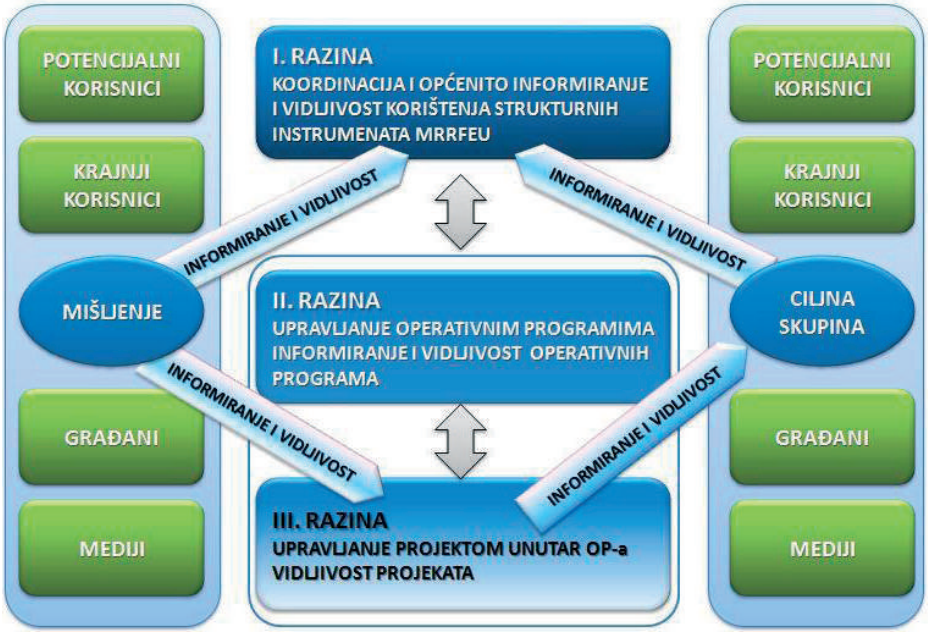
- osigurati transparentnost sustava i načina korištenja sredstava iz Strukturnih instrumenata EU,
- informirati potencijalne korisnike o dostupnim mogućnostima financiranja za različite vrste projekata,
- informirati opću javnost o projektima koji se financiraju te o procesu programiranja i pripremama za buduću financijsku perspektivu,

- povezivanje i usklađivanje brojnih mjera informiranja i vidljivosti planiranih od strane različitih tijela iz sustava korištenja strukturnih instrumenata s različitim društvenim faktorima na nacionalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini - jedinice lokalne i regionalne samouprave, različite poduzetničke organizacije i udruženja, organizacije civilnog društva, znanstveni sektor i drugi, a u svrhu što šire diseminacije informacija,
- informiranje, povezivanje i suradnja s medijima u svrhu što boljeg i učinkovitijeg informiranja i promidžbe strukturnih instrumenata.

U svrhu ostvarivanja ciljeva strategije, pojedinačni komunikacijski akcijski planovi (u daljnjem tekstu: KAP) razradit će mjere koje će pridonijeti ispunjavanju zadanih ciljeva. Za operativnu provedbu KS-a i pratećih KAP-ova odgovorna je mreža osoba za informiranje i vidljivost. Naime, s ciljem što kvalitetnije koordinacije i provedbe mjera informiranja i vidljivosti, tijela iz sustava bila su obvezna imenovati osobu za informiranje i vidljivost strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj (*eng. Publicity officer, u daljnjem tekstu: PO*).

U svrhu ispunjavanja ciljeva KS-a, komunikacija će se odvijati na tri razine: I. Informiranje i vidljivost strukturnih instrumenata općenito za sve operativne programe, II. Informiranje i vidljivost operativnog programa i III. Informiranje i vidljivost pojedinih projekata u okviru operativnih programa.

Za svaku od navedenih razina komunikacije odgovorno je odgovarajuće tijelo, ovisno o svojoj ulozi i nadležnosti koju ima u cjelokupnom sustavu upravljanja i korištenja strukturnih instrumenata. Učinkovita interna komunikacija i izvještavanje među tijelima u sustavu nužna je kako bi se uspješno ostvarili ciljevi KS-a i to pokazuje sljedeći dijagram: 3 razine Informiranja – Vidljivosti.



Slika 1. Dijagram 3 razine informiranja - vidljivosti

U provedbu KS-a uključena su sljedeća tijela:

1. Samostalna služba za informativno-obrazovne aktivnosti (SSIOA) u MRRFEU,
2. Tijela državne uprave i agencije, koji čine sustav upravljanja i kontrole korištenja strukturnih instrumenata (upravljačka tijela, posrednička tijela razine 1 i 2),
3. Tijela s posebnim ovlastima u sustavu: Ministarstvo financija - Nacionalni fond, Ministarstvo financija - Samostalni odjel za suzbijanje nepravilnosti te Agencija za reviziju sustava provedbe programa Europske unije,
4. Regionalni koordinatori (Regionalne razvojne agencije),
5. Korisnici sredstava iz strukturnih instrumenata.

Sveukupnu koordinaciju procesa informiranja i vidljivosti korištenja EU fondova u Republici Hrvatskoj, kao i rad mreže PO-a provodi MRRFEU koje je izradilo dokumente koji reguliraju ovo područje na nacionalnoj razini: *Pravilnik za informiranje i vidljivost* i *Upute za korisnike sredstava vezano uz informiranje i vidljivost projekata financiranih iz strukturnih fondova i Kohezijskog fonda za razdoblje 2007. - 2013.*
Uspostavljen je jedinstvena mrežna stranica (web portal) *www.strukturnifondovi.hr* koji sadrži pregled natječaja, vodič kako do EU fondova i edukativni kutak s prikazom svih edukacija koje organiziraju državna i javna tijela te regionalne razvojne agencije. Na istoj mrežnoj stranici nalaze se i sve informacije o strukturnim fondovima i Kohezijskom fondu, najčešća pitanja, vijesti i primjeri uspješnih projekata.

2.1. Pravilnik za informiranje i vidljivost

Zakonom o izmjenama i dopunama Zakona o uspostavi institucionalnog okvira za korištenje strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj (Narodne novine, broj 143/2013) uveden je pojam „Zajednička nacionalna pravila“ (u daljnjem tekstu: ZNP). Skup zajedničkih nacionalnih pravila o postupanju tijela u sustavu kojima se utvrđuju uvjeti korištenja strukturnih instrumenata odnosi se na sva tijela u sustavu i sve OP-ove. Neizravno se odnose i na postupanja (potencijalnih) korisnika sredstava. ZNP se sastoje od 16 pravilnika koji detaljno opisuju procedure u postupanju svih tijela u sustavu.
Svrha Pravila br. 13. (*Pravilnik za informiranje i vidljivost*) jest jasno razdvojiti komunikacijske zadaće i funkcije na različitim razinama upravljanja i provedbe te objasniti korake koje je potrebno poduzeti u fazi pripreme i provedbe Komunikacijske strategije i Komunikacijskog akcijskog plana. Detaljno je opisana raspodjela zadaća i odgovornosti između Koordinacijskog tijela (KT-a), Upravljačkih tijela (UT-a) i Posredničkih tijela (PT-a) te Korisnika. Ovaj dokument uključuje i smjernice za izradu nacrta, provedbu, praćenje i izvještavanje, kao i ocjenjivanje Komunikacijskog akcijskog plana te nudi moguća rješenja za financiranje komunikacijskih aktivnosti koje se trebaju provesti u skladu s Komunikacijskim akcijskim planom.

2.2. Upute za korisnike sredstava vezano uz informiranje i vidljivost projekata financiranih iz strukturnih fondova i Kohezijskog fonda za razdoblje 2007. – 2013.

Ove upute za korisnike, vezane uz mjere informiranja i vidljivosti projekata financiranih iz strukturnih fondova i Kohezijskog fonda u razdoblju od 2007. do 2013. godine, od 7. listopada 2013. obvezujuće su za sve korisnike sredstava, uključujući i one čiji su ugovori potpisani prije 1. srpnja 2013., a do 7. listopada 2013. godine još nisu završeni.
Upute su sastavljene kako bi se osiguralo da projekti koje sufinancira Europska unija uključuju aktivnosti informiranja i vidljivosti, čiji je cilj podizanje svijesti specifične ili opće javnosti o razlozima za određeni projekt te o potpori EU projektu, kao i o rezultatima i učinku te podrške.
Upute služe kao pomoć korisnicima sredstava iz strukturnih fondova i Kohezijskog fonda prilikom ispunjavanja njihovih obveza vezanih uz informiranje i vidljivost projekata sufinanciranih iz navedenih fondova, a koje su propisane relevantnim regulativama Europske komisije i nacionalnim dokumentima.
Upute obuhvaćaju pregled svih obveza i zahtjeva vezanih uz informiranje i vidljivost projekata, smjernice vezane uz provedbu nekih od najčešćih komunikacijskih alata koji se koriste u svrhu informiranja i vidljivosti projekata te ispravan prikaz grafičkih elemenata koje svaki informativni i promidžbeni materijal mora uključivati i mogućnost njihova preuzimanja.

3. KOMUNIKACIJSKI AKCIJSKI PLANOVI

Sastavni dijelovi KS su Komunikacijski akcijski planovi (u daljnjem tekstu: KAP) pojedinog operativnog programa. Komunikacijski akcijski plan za OP "Zaštita okoliša za razdoblje 2007. – 2013." (u daljnjem tekstu: OPZO) detaljno razrađuje aktivnosti i mjere informiranja i vidljivosti korištenja sredstava iz Kohezijskog fonda na operativnoj razini. Komunikacijskim akcijskim planom za OPZO utvrđeni su ciljevi, ciljne skupine, indikativni vremenski slijed aktivnosti, indikativan proračun za provedbu komunikacijskih planova te postupci upravljanja i provedbe, kao i praćenje i evaluacija provedenih aktivnosti u skladu s Uredbom Komisije (EZ) br. 1303/2013. Ministarstvo zaštite okoliša i prirode kao Upravljačko tijelo za OPZO odgovorno je za informiranje i promidžbu sukladno Komunikacijskom akcijskom planu.
Osnovni ciljevi KAP-a su usmjereni na jačanje svijesti javnosti o kohezijskoj politici, a s tim u vezi i transparentnost i vidljivost OPZO-a. KAP-ovi će biti ažurirani najmanje jednom godišnje. KS i prateći KAP-ovi bit će usklađeni s Pravilnikom za informiranje i vidljivost.
Očekivani rezultati provedbe mjera informiranja i promidžbe opisanih u KAP-u su:

- povećana svijest opće javnosti o mogućnostima financiranja iz Kohezijskog fonda za projekte u području zaštite okoliša s naglaskom na sektore gospodarenja otpadom i vodama,
- povećana svijest i vidljivost o OPZO-u i infrastrukturnim projektima financiranim u okviru Operativnog programa i njihov pozitivan utjecaj na kvalitetu života,
- učinkovito uspostavljena komunikacija među svim tijelima u Sustavu upravljanja i kontrole strukturnim instrumentima te u tijelima koja sudjeluju u upravljanju Operativnim programom,

- bolji stupanj pripremljenosti budućih infrastrukturnih projekata i bolje prihvaćanje lokalnih zajednica projekata iz područja gospodarenja otpadom i upravljanja vodama,
- povećana svijest javnosti o pitanjima zaštite okoliša.

Aktivnosti informiranja su usmjerene na četiri ciljne skupine:
- opća javnost,
- korisnici i potencijalni korisnici projekata te njihovi partneri,
- kreatori javnog mišljenja i mediji, s posebnim naglaskom na vodeće ekonomske i financijske novine, vodeće TV kuće i ključne lokalne medije,
- donositelji odluka.

4. ZAHTJEVI I OBVEZE VEZANI UZ INFORMIRANJE I VIDLJIVOST PROJEKATA

Informiranje i vidljivost projekata sufinanciranih iz strukturnih fondova i Kohezijskog fonda odgovornost su i obveza korisnika sredstava. Korisnik provodi informativne i promidžbene aktivnosti u skladu s potpisanim ugovorom o dodjeli bespovratnih sredstava. Informativne i promidžbene aktivnosti moraju biti proporcionalne sadržaju projekta.
Korisnik navodi te aktivnosti u aplikacijskom obrascu i predviđa potreban iznos u projektnom budžetu. Po sklapanju ugovora o dodjeli bespovratnih sredstava, te informacije postaju sastavni dio ugovora o dodjeli bespovratnih sredstava. Navedene aktivnosti korisnik je dužan provesti -i dokumentirati (primjerice, novinski isječci, fotografije i slično) te o tome informirati nadležna tijela u izvješćima o provedbi projekta.
Aktivnosti informiranja i vidljivosti trebaju biti usmjerene na korisnike projektnih rezultata, opću javnost i medije. Povrh aktivnosti definiranih u ugovoru o dodjeli bespovratnih sredstava, na zahtjev Posredničkog tijela razine 2 korisnik je dužan provoditi i/ili sudjelovati u dodatnim aktivnostima vezanim uz informiranje i vidljivost projekta. Potpisivanjem ugovora o dodjeli bespovratnih sredstava, korisnik ujedno prihvaća da informacije o njegovom nazivu, nazivu projekta i iznosu javnog sufinanciranja projekta budu javno objavljene.
Svi materijali namijenjeni informiranju i vidljivosti moraju uključivati osnovne elemente vidljivosti vezano uz EU fondove.

5. PROVEDBA MJERA INFORMIRANJA I VIDLJIVOSTI

S ciljem informiranja javnosti o korištenju Kohezijskog fonda u Republici Hrvatskoj i o mogućnostima financiranja u okviru Operativnog programa „Zaštita okoliša“, korišteni su različiti komunikacijski alati. Pri tome je dužnost u svim aktivnostima jasno naznačiti da projekt/-e koji/-e se provodi/-e sufinancira Europska unija, navodeći pri tom operativni program i fond EU u okviru kojeg je financiran.

5.1. Infrastrukturni projekti - informacijska i trajna ploča

Informacijske ploče s navedenim sadržajem postavljaju se uz prilazne pravce lokaciji projekta. Njihov sadržaj treba biti jasno vidljiv kako bi prolaznici mogli pročitati i razumjeti značajke projekta. Informacijske ploče postavljaju se na početku provedbe projekta, odnosno po potpisivanju ugovora. Kada je provedba projekta završena, a

najkasnije u roku od 6 mjeseci, informacijska ploča zamjenjuje se trajnom pločom. Primjer se može vidjeti na slikama 3.,4 i 5.

5.2. Mrežna stranica

Mrežna stranica je jedno od osnovnih sredstava javnog informiranja. U dijelu stranice koji se odnosi na informiranje o projektu treba uključiti osnovne elemente vidljivosti te postaviti poveznicu na mrežnu stranicu www.strukturnifondovi.hr i poveznicu na stranicu operativnog programa, ako postoji. Ukoliko je mrežna stranica korisnika ili projekta izrađena u sklopu projekta, osnovni elementi vidljivosti trebaju se nalaziti na naslovnici mrežne stranice. Logotip (zastavica Europske unije te napomena da je izradu mrežne stranice sufinancirala Europska unija i naziv fonda iz kojeg je stranica sufinancirana) ponavljat će se na svakoj podstranici mrežne stranice.

5.3. Priopćenje

Priopćenje je jedan od najčešćih alata za komunikaciju s medijima. Može se koristiti u različitim fazama provedbe projekta, kao što su: početak provedbe projekta, značajni pomaci u provedbi projekta ili informiranje o projektnim rezultatima i slično. Vizualno, priopćenje treba sadržavati osnovne elemente vidljivosti, a u tekstu je potrebno uključiti informaciju o ukupnoj vrijednosti projekta i iznosu EU potpore.
Preporuka je da priopćenje odgovara na temeljna novinarska pitanja: tko, što, gdje, kada i zašto.
Najčešći razlozi neobjavljivanja priopćenja su:

- Zastarjelost (vijest je već objavljena) i/ili nije relevantno,
- U priopćenju uopće nema vijesti. Priopćenje je nejasno,
- Priopćenje je pretenciozno (superlativi, samoreklama),
- Priopćenje je puno pravopisnih ili gramatičkih pogrešaka,
- Netočni kontakt podaci.

5.4. Konferencija za medije

Najčešće se organizira u svrhu informiranja o značajnijim pomacima ili događajima u provedbi projekta ili o značajnijim projektnim rezultatima. Poziv za medije i ostali popratni materijali vezano uz konferenciju trebaju uključivati osnovne elemente vidljivosti. U prostoriji u kojoj se održava konferencija treba biti izvješena EU i hrvatska zastava (samostojeće ili one prilagođene za stol) ili biti obilježena posterima/banerima vezanima uz projekt. Tijekom konferencije, korisnik je dužan napomenuti da projekt sufinancira Europska unija te pružiti informaciju o financijskoj vrijednosti projekta (posebno navesti EU udio u financiranju) te fondu i operativnom programu unutar kojeg se projekt financira.
Preporuke su sljedeće:

- Tema konferencije mora biti relevantna!
- Ne trošite vrijeme novinara uzalud - konferencija za medije mora biti održana bez ikakvih problema i zastoja i mora biti do u detalje isplanirana!

Najčešće pogreške su sljedeće:

- Ne prezentira se novina/vijest,
- Nejasan cilj izlaganja/previše nepotrebnih informacija,
- Loša organizacija/nepotrebna ili neprikladna vizualna pomagala,
- Neuvjerljiva ili nervozna izlaganja. Ne komplicirati osim ako nije nužno!
- Monoton glas + neuvjerljiv nastup,
- Čitanje izlaganja + predugačka izlaganja,
- Previše govornika.

5.5. Informativna i edukativna događanja (izložbe, sajmovi, info dani, seminari i slično)

Pozivnice i popratni materijali moraju sadržavati osnovne elemente vidljivosti. Korisnik mora osigurati da sudionici događanja budu svjesni da je događanje organizirano u okviru projekta kojeg sufinancira Europska unija, postavljanjem EU i hrvatske zastave, pomoću postera ili banera vezanog uz projekt ili na neki drugi prikladan način.

5.6. Publikacije (letci, brošure, priručnici i slično)

Naslovna stranica publikacija mora jasno identificirati da je izrađena u okviru projekta kojeg sufinancira Europska unija (EU logotip (zastavica), logotip Strukturni i investicijski fond te logotip operativnog programa). Informacija o sufinanciranju projekta i fondu može biti smještena na naslovnoj ili na prvoj sljedećoj stranici publikacije. Isključenje odgovornosti može biti smješteno na prvoj ili zadnjoj unutarnjoj stranici publikacije. Publikacije također trebaju uključivati kontakte za više informacije (naziv, adresa, telefon, fax i mrežna stranica korisnika projekta, kontakte relevantnih institucija iz sustava upravljanja EU fondovima, mrežna stranica www.strukturnifondovi.hr za više informacija).

5.7. Naljepnice za opremu i vozila

Naljepnica treba biti smještena na vidljivom mjestu predmeta ili vozila koje je nabavljeno u okviru projekta. Veličina naljepnice ovisit će o veličini predmeta/vozila koje se označava. Prostorije koje su opremljene i/ili prilagođene iz projekta također trebaju biti adekvatno označene, pomoću naljepnice ili ploče na kojima će se nalaziti osnovni elementi vidljivosti.

5.8. Fotografije i audiovizualne produkcije

Fotografija je dobar način ilustracije projekta u različitim informativno-promidžbenim materijalima, stoga je poželjno i na taj način dokumentirati razvojne faze projekta i značajne događaje vezane uz projekt.
Audiovizualne produkcije (video-prilozi, jingleovi) također trebaju uključivati neke od osnovnih elemenata vidljivosti.

6. AKTIVNOSTI KOJE SU PROVELE HRVATSKE VODE KAO POSREDNIČKO TIJELO RAZINE 2

Upravljačka struktura i pripadajuća tijela OPZO-a strukturnih instrumenata prate operativnu strukturu IPA Operativnog programa Okoliš, čime se osigurava nastavak već započetih aktivnosti u pretpristupnom razdoblju. Hrvatske vode su u pretpristupnom razdoblju i u legislativnom okviru IPA programa obavljale funkciju Provedbenog tijela za prioritetnu os 2 Operativnog programa „Okoliš". Upravljačkom strukturom OPZO strukturnih instrumenata, Hrvatske vode su određene Posredničkim tijelom razine 2 za prioritetnu os 2 i obavljaju funkcije koje im je prenijelo Upravljačko tijelo. Funkcije koje Posredničko tijelo razine 2 obavlja su određene člankom 11. Zakona o uspostavi institucionalnog okvira za korištenje strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj.

Kao Posredničko tijelo razine 2, Hrvatske vode obavljaju delegirane funkcije u skladu s već spomenutom regulativom EU i Republike Hrvatske, u koje spada i provedba mjera informiranja i vidljivosti s posebnim naglaskom na mjere namijenjene korisnicima te savjetodavne mjere osiguravajući upoznavanje korisnika s njihovim pravima i odgovornostima u vezi s financiranjem, te provedbom mjera informiranja i vidljivosti, a sve kako bi se osiguralo da mjere informiranja i vidljivosti koje provodi korisnik udovoljavaju nacionalnim pravilima i pravilima Europske unije tijekom cijelog razdoblja provedbe i trajanja projekta.

Posebna je uloga i odgovornost Hrvatskih voda kao Posredničkog tijela razine 2 u uspješnoj pripremi i provedbi mjera informiranja i vidljivosti u sklopu SF i KF projekata o čemu u konačnici ovisi i uspješnost provedbe svih projekata iz područja voda unutar cjelokupnog OPZO-a, a koja uvjetuje odobrenje sredstava za tekuće i nove projekte. Stoga je nužno da Hrvatske vode kao Posredničko tijelo razine 2 u sklopu svoje funkcije provedu edukaciju korisnika o mjerama informiranja i vidljivosti, što će doprinijeti održivosti svih projekata. Kroz edukaciju se korisnike upoznaje s njihovim pravima i odgovornostima u skladu s nacionalnim pravilima i pravilima Europske unije te ih se osposobljava da samostalno provode mjere u budućnosti, što ukazuje na održivost projekta (kao važan element za Europsku uniju) u dijelu koji se odnosi na provedbe mjera informiranja i vidljivosti.

Aktivnosti koje su provedene ili su još uvijek u tijeku provedbe:

a) **Utvrđivanje razine vidljivosti** - ulazno i izlazno utvrđivanje razine vidljivosti (na početku i na kraju provedbe ugovora) na nacionalnoj razini za područja gdje se provode projekti. Anketna ispitivanja provedena su na uzorku od 600 ispitanika na 8 projekata kao osnova za daljnju edukaciju.

b)**Edukacija trenutnih i budućih korisnika sredstava** - izrada detaljnih smjernica za trenutne korisnike o provođenju mjera javnosti i vidljivosti. Kroz smjernice je potrebno osigurati da su svi elementi iz EU Uputa za korisnike obuhvaćeni i prilagođeni svakom projektu zasebno te da ukazuju na pravni okvir i metode provedbe mjera (u svim fazama projekta), kako bi se osiguralo da trenutni korisnici provode mjere informiranja i vidljivosti u skladu s nacionalnim pravilima i EU pravilima. Smjernice također trebaju obuhvaćati i upute za izradu svih projektnih izvješća o kojima ovisi prihvatljivost troškova s projekta te praktične primjere izrade projektnih materijala.

c) **Provedba radionica za buduće korisnike** o provedbi mjera što uključuje definiranje ciljeva i segmenata radionice, izradu svih potrebnih materijala za radionicu (prezentaci-

ja, materijali za sudionike), izradu i provedbu evaluacije radionice (izrada i definiranje upitnika, evaluacijsko izvješće), spajanje teorijskih znanja i praktičnih vještina, analize studije slučaja kao relevantan primjer iz prakse te moderiranje radionice. S obzirom na to da su budući projekti još uvijek u fazi pripreme i/ili čekaju na odobrenje, potrebno je osigurati da su svi elementi provedbe mjera obuhvaćeni na način da se obuhvate aktivnosti predviđene za početnu fazu projekta (potpisivanje ugovora) kao i one za provedbu i završetak istog, uključujući i pripremu svih projektnih izvješća o kojima ovisi prihvatljivost troškova projekta.

d) **Projektni materijali - brošura** "*Hrvatske vode i Europska unija"* (prvi dio) o uspješnosti povlačenja EU sredstava. Sadržajno, brošura obuhvaća presjek dosadašnjeg djelovanja Hrvatskih voda u segmentu povlačenja sredstava iz EU fondova, ostvarene rezultate te planove za novo financijsko razdoblje. Trenutno je u pripremi i drugi dio ove brošure. Također, u pripremi je i brošura za edukaciju novinara koja će poslužiti kao pokazatelj izvrsnosti Posredničkog tijela razine 2 u pripremi i provedbi EU projekata.

e) **Projektni materijali - roll-up displayi** (samostojeći plakati) koji su za svaki projekt izrađeni u tri primjerka (za Hrvatske vode, Korisnika i jedinicu lokalne uprave/samouprave s područja obuhvata projekata) prikazani na slici 7.

f) **Projektni materijali – info letci** (slika 6. Projektni letci) u odgovarajućoj nakladi, za projekte čija je provedba u visokom stupnju gotovosti kao i za projekte koji su u tijeku (za 10 projekata).

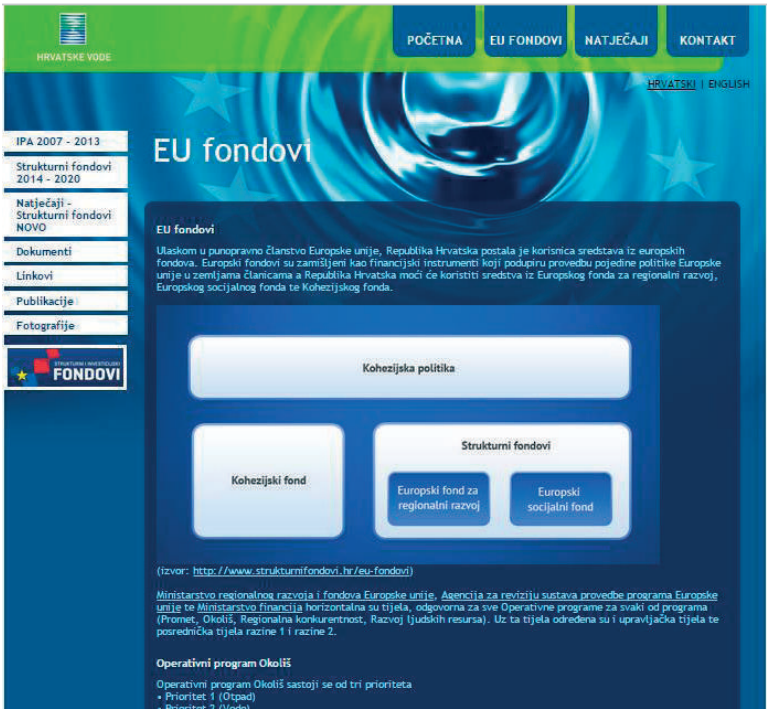
g) **Redovito ažuriranje i administriranje mrežne stranice** Posredničkog tijela razine 2 u sklopu mrežne stranice Hrvatskih voda (slika 2 Naslovnica mrežne stranice Posredničkog tijela razine 2).

h) **Organizacija događanja** koja uključuje izradu hodograma, prezentacije i scenarija događanja te informiranje javnosti (pozivanje i koordinacija medija, korištenje svih informativnih alata i kanala, priprema materijala za objavu). Pripremljeno je preko 20 događanja vezanih uz predstavljanje rezultata ciljeva definiranih kroz Operativni program s razine Posredničkog tijela 2, predstavljanja rezultata i statusa korištenja strukturnih instrumenata dionicima u cilju daljnje edukacije, obilazak terena s dionicima na područjima provedbe lokalnih komunalnih projekata u cilju daljnje edukacije.

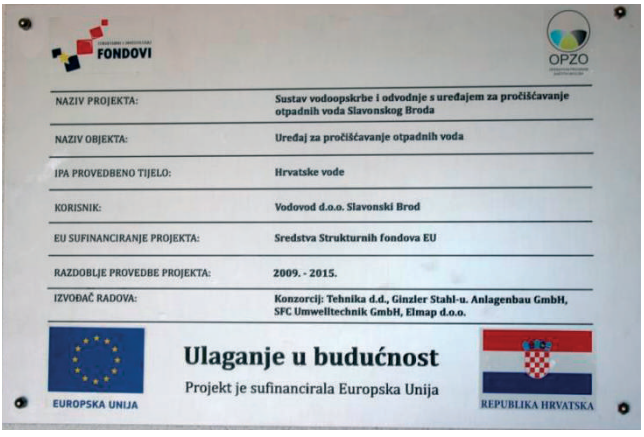
i) **Redovito ažuriranje baze novinara** relevantnih za aktivnosti Posredničkog tijela razine 2 te izrada mape dionika u svrhu identifikacije sudionika izobrazbe, definiranja ciljeva edukacije i prilagodbe edukacijskih metoda za postizanje uspješne edukacije sudionika i osnaživanja njihovih kapaciteta da provode mjere u skladu s nacionalnim i EU pravilima te na taj način ostvare prihvatljive troškove.

j) **Pisani materijali** namijenjeni predstavljanju projekta; izrada preko 40 prezentacija, objava, predložaka i izvješća. Samo u razdoblju od ulaska Republike Hrvatske u EU, pa do listopada 2014. godine zabilježeno je ukupno 320 medijskih objava samo o EU projektima Hrvatskih voda od kojih je gotovo 80 % bilo pozitivnog tonaliteta, dok je samo 7 % objava imalo negativan tonalitet.

Primjeri projektnih komunikacija



Slika 2.Naslovnica mrežne stranice Posredničkog tijela razine 2 (trenutno u fazi redizajna)



Slika 3. Trajna informacijska ploča za UPOV u Slavonskom Brodu



Slika 4. Informacijska ploča za projekt Čakovec



Slika 5. Gradilišna ploča za projekt Županja



Slika 6. Projektni letci za projekte Slavonski Brod, Drniš, Knin i Sisak



Slika 7. Roll-up display za projekt Vukovar

ZAKLJUČAK

Kohezijska politika najvažnije je investicijsko sredstvo Europske unije (za razdoblje 2014. - 2020. predloženo je 351,8 milijardi eura) za postizanje ciljeva strategije Europa 2020. Davanje informacija i obavijesti o ciljevima, mogućnostima financiranja i rezultatima programa i projekata kohezijske politike stoga je ključni zadatak upravnih tijela i korisnika u zemljama članicama, koji će ispuniti postavljajući pitanja kao što su: Koje su postojeće mogućnosti ulaganja? Kako korisnik može riješiti pitanja publiciteta? Tko se financira i u koju svrhu?

Informiranje potencijalnih korisnika o mogućnostima financiranja presudni je dio vođenja programa. Da bi se osiguralo da kohezijska politika ulaže u najvažnije i inovativne projekte, potrebno je informirati što veći broj potencijalnih korisnika. To se može napraviti ne samo isticanjem mogućnosti ulaganja, nego i objavom postignutih rezultata. Upravna tijela, zajedno s korisnicima projekta, moraju rezultate tih ulaganja pokazati građanima regije, kao i medijima i političarima na svim razinama.

Porezni obveznici EU-a imaju pravo znati na što se troši njihov novac. Pozitivna je popratna pojava da kohezijska politika EU-a može pridonijeti jačanju podrške javnosti Europskoj uniji kao cjelini ističući pozitivan utjecaj brojnih projekata u svakoj od 274 regije EU-a.

LITERATURA

Nacionalni strateški referentni okvir 2013., Republika Hrvatska, Zagreb, lipanj 2013.

[1] Strukturni instrumenti Europske unije u Republici Hrvatskoj 2007. - 2013. Komunikacijska strategija, Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova EU, Zagreb, siječanj 2014.

[2] *Operativni program za okoliš 2007. - 2013*., Republika Hrvatska, Ministarstvo zaštite okoliša i prirode, rujan 2013.

[3] Uredba Vijeća (EZ) br. 1083/2006 od 11. srpnja 2006. kojom se utvrđuju opće odredbe o Europskom fondu za regionalni razvoj, Europskom socijalnom fondu i Kohezijskom fondu i stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 1260/1999 (SL L 210 / 25, 31.7.2006) (nadalje Opća uredba).

[4] Uredba (EU) br.1303/2013 Europskog Parlamenta i Vijeća od 17. prosinca 2013.

[5] Ugovor o pristupanju Republike Hrvatske Europskoj uniji (NN, Međunarodni ugovori, broj 2/2012) (Ugovor o pristupanju).

[6] *Zakon o uspostavi institucionalnog okvira za korištenje strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj* (NN br. 78/2012, 143/2013 i 157/2013).

[7] *Uredba o tijelima u sustavu upravljanja i kontrole korištenja strukturnih instrumenata Europske unije u Republici Hrvatskoj* (NN br. 97/2012).

[8] *Zajednička nacionalna pravila* (ZNP).

[9] Osiguravanje vidljivosti kohezijske politike: *Pravila o informacijama i komunikaciji za razdoblje 2014. - 2020*., Europska komisija, ožujak 2014.

[10] *Informiranje i vidljivost projekata financiranih iz strukturnih i Kohezijskog fonda*

2007. - 2013. Upute za korisnike sredstava, Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova EU, listopad 2013.

[11] *Smjernice za komunikacijske aktivnosti za ugovore o informiranju i jačanju vidljivosti EU projekata za SF/KF*, Hrvatske vode, prosinac 2014.

AUTOR

Jelena Ambrenac, dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, Hrvatska, jelena.ambrenac@voda.hr

R 3.10.

EIB / CEB: PROJEKT „FINANCIRANJE VODNO – KOMUNALNE INFRASTRUKTURE“

Marko Veselčić

SAŽETAK: U okviru programa suradnje Razvojne banke vijeća Europe (CEB) i Republike Hrvatske, te Europske investicijske banke (EIB) i Republike Hrvatske provodi se projekt pod nazivom „Financiranje vodno-komunalne infrastrukture“ (Projekt).

Ukupni iznos zajma iznosi 150,0 milijuna €, od čega je 75,0 milijuna € zajam Europske investicijske banke, a 75,0 milijuna € zajam Razvojne banke vijeća Europe.

KLJUČNE RIJEČI: EIB, CEB, zajam

EIB / CEB: PROJECT „MUNICIPAL WATER FINANCING FACILITY“

SUMMARY: Within the cooperation program between the Council of Europe Development Bank (CEB) and Republic of Croatia, and the European Investment Bank (EIB) and Republic of Croatia, the project “Municipal water financing facility” was carried out (Project). The total loan amount equals € 150.0 million, of which € 75.0 million is a loan from the European Investment Bank, and 75.0 million € is a loan from the Council of Europe Development Bank.

KEY WORDS: EIB, CEB, loan

1. UVOD

U okviru programa suradnje Razvojne banke vijeća Europe (CEB) i Republike Hrvatske, te Europske investicijske banke (EIB) i Republike Hrvatske provodi se projekt pod nazivom „Financiranje vodno-komunalne infrastrukture“.

Projekt se bavi prioritetnim ulaganjima usmjerenima na razvoj i proširenje sustava vodoopskrbe, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda širom Republike Hrvatske.

Glavna svrha Projekta je dovesti postojeće sustave vodoopskrbe i odvodnje na definiranim područjima u dobro radno stanje, te riješiti prijetnje za zdravlje ljudi i okoliš. Izgradnjom vodno-komunalne infrastrukture ostvaruju se preduvjeti za razvoj gospodarstva i doprinosi razvoju lokalne zajednice, te potiču investicije.

Za financiranje predmetnim zajmovima nominirani su potprojekti u jedinicama lokalne samouprave, koje nemaju dovoljno vlastitih sredstava za financiranje infrastrukturnih projekata vodno-komunalnog sektora i gdje postojeći objekti još uvijek nisu odgovarajući ili nisu dovoljno izgrađeni.

Od ukupnog iznosa zajma koji iznosi 150,0 mil. EUR, 75,0 mil. EUR predviđeno je investirati u projekte vodoopskrbe, a 75,0 mil. EUR u projekte zaštite voda.

2. PROJEKT

2.1. Općenito o Projektu

Implementacija Projekta provodi se kroz partnerski pristup aktivnog sudjelovanja državnih institucija, Ministarstva financija – MF (Zajmoprimac), Ministarstva poljoprivrede, Uprave vodnoga gospodarstva – MP (Promotor projekta), Hrvatskih voda, Jedinice za provedbu nacionalnih vodnogospodarskih projekata – HV-JPP (Provedbeno tijelo) i javnog sektora tj. Javnog isporučitelja vodne usluge – JIVU (Krajnji korisnik, Investitor). Uloge i zadaci pri provedbi Projekta definirane su Ugovorima o zajmovima EIB/CEB-a, a međusobne obveze u provedbi Projekta reguliraju se Ugovorom o Projektu između Ministarstva financija, Ministarstva poljoprivrede i Hrvatskih voda, kojim se Hrvatske vode obvezuju u potpunosti poštivati i provoditi Projekt prema uvjetima i obvezama iz Ugovora EIB/CEB-a.

Projekt „Financiranje vodno-komunalne infrastrukture“ provodi se pod nadležnošću Ministarstva poljoprivrede, a Hrvatske vode su odgovorne za provedbu Projekta kroz uspostavu Jedinice za provedbu nacionalnih vodnogospodarskih projekata.

Okvirni ugovor o zajmu između Republike Hrvatske i Razvojne banke Vijeća Europe za projekt „Financiranje vodno-komunalne infrastrukture“ potpisan je u Zagrebu 27. lipnja 2012. godine i u Parizu 29. lipnja 2012. godine.

Hrvatski Sabor donio je na sjednici 18. srpnja 2012. godine Odluku o proglašenju Zakona o potvrđivanju Okvirnog ugovora o zajmu između Republike Hrvatske i Razvojne banke vijeća Europe za projekt „Financiranje vodno-komunalne infrastrukture“.

Ugovor o financiranju između Republike Hrvatske i Europske investicije banke za projekt „Financiranje vodno-komunalne infrastrukture“ potpisan je u Luksemburgu 18. listopada 2011. godine i u Zagrebu 18. listopada 2011. godine.

Hrvatski Sabor donio je na sjednici 4. studenog 2011. godine Odluku o proglašenju Zakona o potvrđivanju Ugovora o financiranju između Republike Hrvatske i Europske investicije banke za projekt „Financiranje vodno-komunalne infrastrukture“.

Ugovor o Projektu potpisan je 21. svibnja 2013. godine u Zagrebu.

2.2. Tehnička provedba Projekta

Početnu fazu pripreme Projekta tj. fazu predlaganja liste potprojekata proveli su Sektor korištenja voda i Sektor zaštite voda unutar Hrvatskih voda obzirom na njihove osnovne nadležnosti u provedbi nacionalnih programa investiranja Hrvatskih voda u gradnju objekata korištenja i zaštite voda, kroz sufinanciranje aktivnosti u obliku bespovratnih sredstava.

Kroz Financijski plan Hrvatskih voda, odnosno Plan upravljanja vodama, u okviru sufinanciranja programa gradnje sustava javne vodoopskrbe i javne odvodnje, prihvatljivi su potprojekti koji su u skladu sa Zakonom o vodama i Zakonom o financiranju vodnoga gospodarstva, a za koje se osigurava provedba aktivnosti putem procedura propisanih Zakonom o javnoj nabavi, dok je provedba aktivnosti na terenu u skladu sa Zakonom o prostornom uređenju, Zakonom o gradnji i drugim odnosnim zakonima i podzakonskim

aktima, ukoliko udovoljavaju slijedećim uvjetima:
- Potprojekti imaju spremnu tehničku projektnu dokumentaciju (što podrazumijeva: idejna rješenja, idejne projekte, glavne projekte, izvedbene projekte),
- Investitor je uredno ispunio sve financijske obveze prema Hrvatskim vodama s naslova njenih izvornih prihoda u prethodnim godinama,
- proveden je postupak javne nabave ili je u namjeri provedba postupka javne nabave u skladu s propisima o javnoj nabavi,
- Investitor je osigurao udio vlastitog sufinanciranju potprojekta, o čemu dostavlja pisanu potvrdu,
- Investitor nije ujedno i projektant odnosno suprojektant dokumentacije koja se sufinancira,
- projektna dokumentacija potprojekta je revidirana (kada je to propisano),
- Investitor je ishodio akt kojim se dozvoljava građenje (kada je to propisano) i druge posebne upravne akte (uvjete uređenja prirode i dr. kada je to propisano).

Javni isporučitelji vodnih usluga su temeljem pozivnog pisma Hrvatskih voda iskazali potrebe investiranja u sustave javne vodoopskrbe i odvodnje komunalnih otpadnih voda. Temeljem iskazanih potreba JIVU-a izvršeno je selektiranje potprojekata prema gore navedenim principima, vodeći računa i o dosadašnjem izvršenju preuzetih obveza od strane JIVU-a u provođenju sličnih programa. Ovu preliminarnu selekciju proveli su Sektor korištenja voda i Sektor zaštite voda.

Provjeru potprojekata Projekta s kriterijima usklađivanja prioriteta s uvjetima Ugovora EIB/ CEB-a, provodi Jedinica za provedbu nacionalnih vodnogospodarskih projekata u Hrvatskim vodama, vodeći računa o postupcima prijavljivanja potprojekata Bankama, prema veličini potprojekta i u skladu sa sljedećim procedurama:
- za svaki potprojekt čiji je investicijski trošak veći od 3.000.000,00 EUR, odnosno specifični trošak veći od 3.000,00 EUR per capita, unaprijed će se dostaviti sažeta informacija o potprojektu, temeljem koje će Banke izvršiti provjere temeljene na podacima iz upitnika, uz mogućnost pojedinačne ocjene od strane službi Banaka,
- za svaki potprojekt (ali u svakom slučaju prije svake daljnje isplate), čiji je trošak do 3.000.000,00 EUR i specifični trošak do 3.000,00 EUR per capita, Bankama će se naknadno dostaviti odgovarajuće informacije o potprojektu.

Za odobrene potprojekte od strane Banaka, potpisuju se Ugovori o sufinanciranju između Javnih isporučitelja vodnih usluga i Hrvatskih voda u kojima se određuju obveze potpisnika, te naznačuje potprojekt, rokovi i izvršenja preuzetih obveza prema uvjetima zajmova, načini sufinanciranja i drugo.

Uz svaki Ugovor o sufinanciranju imenovat će se Ovlaštenik Hrvatskih voda za investicijski nadzor. Ovlaštenik za investicijski nadzor sudjeluje u provođenju postupaka javne nabave koji se sufinanciraju Ugovorom, ovjerava nesporne zahtjeve za doznaku sredstava s računima za plaćanje, provodi kontrolu dokumentacije, kontrolira namjensko trošenje sredstava Hrvatskih voda, te terenskim obilaskom utvrđuje usklađenost izvedenih radova i dostavljene privremene/okončane situacije.

Ovlaštenik za investicijski nadzor redovito će izvještavati HV-JPP o stanju na terenu.

Obveze po potprojektima izvršavat će se u skladu s pozitivnom zakonskom regulativom RH, projektnom dokumentacijom, aktom kojim se odobrava građenje, te predviđenim

planom realizacije i terminskim planom, uz pravovremeno osiguranje stručnog kadra potrebnog za opseg i dinamiku realizacije predmetnog posla.
Svi odobreni potprojekti moraju imati sve potrebne suglasnosti i dozvole za gradnju koje je ishodio Investitor. U slučajevima kada JIVU organizira i financira izradu tehničke dokumentacije (studije izvedivosti, idejni projekt, glavni projekt, građevinsku dozvolu, izvedbeni projekt i troškovnik i dr.), preuzima odgovornost za njenu ispravnost i točnost, a u slučaju bilo kojih nedostataka ili nedorečenosti iste, snosi sve eventualne dodatne troškove time prouzročene, bilo troškove nastale u otklanjanju utvrđenih nedostataka u samoj dokumentaciji, bilo troškove nastale prilikom izgradnje odnosno realizacije zahvata u prostoru.
Za ugovore o sufinanciranju projektne dokumentacije, Ovlaštenik za investicijski nadzor procjenjuje potrebu dodatne kontrole projektne dokumentacije. Ukoliko se projektna dokumentacija proslijedi na dodatnu kontrolu, trošak dodatne kontrole je prihvatljivi trošak Projekta, a trošak ispravka i dorade dokumentacije snosi projektant. Bez pozitivnog očitovanja ugovorne ovlaštene tvrtke/ustanove na ispravljenu i dorađenu projektnu dokumentaciju, projekt ne može ići u realizaciju.
JIVU-i, kao krajnji korisnici potprojekata, provodit će procedure javne nabave za odabir izvoditelja radova i odabir usluga stručnog nadzora nad provedbom radova, provodit će postupke ugovaranja i pratiti tehničku i financijsku provedbu potprojekta, te su uključeni u realizaciju potprojekta i kao investitori.
Stručni nadzor ima obvezu izvještavanja JIVU-a / Hrvatskih voda najmanje jedanputa mjesečno o stanju radova, po potrebi i češće.
Nadzorni inženjeri provode kontrolu nad opsegom i kvalitetom izvođenja radova, kontrolu usklađenosti izvedenog i projektiranog stanja, pregled atestne dokumentacije, kontrolu rezultata ispitivanja materijala i konstrukcija dobivenih u laboratorijima, ovjeravaju mjesečne situacije, sudjeluju u konačnom obračunu, te tehničkom pregledu i primopredaji objekata. Osim navedenog, bave se izradom i praćenjem planova realizacije i terminskih planova, ažuriranjem istih i intervencijama tijekom provedbe projekta. Po realiziranim aktivnostima izrađuju se potrebna izvješća o izvršenim radovima, te se dostavljaju zajedno s ovjerenom situacijom za izvedene radove.
Prije odobrenja isplate ovjerenih računa uz Zahtjev za doznaku sredstava ispostavljen od Investitora, nakon provjere Ovlaštenika za investicijski nadzor, te verifikacije od strane nadležnog Vodnogospodarskog odjela Hrvatskih voda i HV-JPP-a, administrativnu nadkontrolu provedenih aktivnosti unutar Hrvatskih voda, provest će Sektor planiranja i tehničke kontrole. Ovjereni Zahtjev potpisuje generalni direktor ili njegovi ovlaštenici, a Sektor financija provodi isplatu i potrebna knjiženja.
HV-JPP provodi puno upravljanje nad provedbom Projekta, što između ostalog podrazumjeva praćenje provedbe potprojekata s aspekta javne nabave, upravljanja i financija, te tehničke provedbe u skladu sa zakonskom regulativnom i dobrom građevinskom praksom i načelima zaštite okoliša i prirode, kao i kontrolu namjenskog trošenja dodjeljenih sredstava zajmova i izradu izvješća o napretku i završetku Projekta.
Obzirom na velike potrebe u ulaganja u vodno gospodarstvo, te ograničena nacionalna sredstva, tijekom 2012. godine započeli su postupci nabave na potprojektima koji se nominiraju za EIB/CEB, dodjelu I. tranše zajmova. Dio ovih potprojekata završen je tijekom 2012. godine, a dio se nastavio i u 2013. godini. Obje Banke su prihvatile

retroaktivno financiranje ovih potprojekata koji su bili usklađeni s uvjetima Ugovora o zajmovima. Obzirom na već provedene aktivnosti na terenu tijekom 2012. godine kroz tada raspoloživa sredstva, u provedbi potprojekata bili su uključeni ostali sektori Hrvatskih voda, dok je HV-JPP izvršila završnu obradu podataka za ove potprojekte, te se uključila u administrativno prikupljanje podataka i dokaza o prihvatljivim troškovima za odobrene potprojekte.

2.3. Financiranje Projekta

Projekt se financira zajmovima Europske investicijske banke - EIB i Razvojne banke vijeća Europe - CEB, u ukupnoj vrijednosti zajmova od 150,0 milijuna eura, do ukupno 90% neto investicije potprojekta, a svaka Banka sudjeluje s jednakim iznosom sredstava od po 75,0 milijuna eura tj. svaku pojedinu aktivnost na Projektu Banke financiraju u jednakim iznosima do ukupno 90% neto investicije potprojekta. Ostalih 10% investicije financira se sredstvima krajnjih korisnika. Krajnji korisnici odnosno Javni isporučitelji vodnih usluga i/ili Jedinice lokalne samouprave osiguravaju 10% iznosa vrijednosti investicije što iznosi 16,7 milijuna €. Trošak poreza na dodanu vrijednost (PDV) nije prihvatljiv trošak za financiranje sredstvima zajmova, a osigurat će ga krajnji korisnici.
Ukupno predviđen iznos za financiranje projekta „Financiranje vodno-komunalne infrastrukture“ je 166,7 milijuna €.
Sredstva zajmova povlačit će se u raspoloživom razdoblju dodjele sredstava do 31.12.2017., u najmanje četiri tranše s tim da minimalan iznos tranše pojedinačnog zajma iznosi 10,0 mil EUR-a. Prije isplate svake pojedinačne tranše zajmova Ministarstvo financija s Bankama određuje iznos, kamatne stope, valutu, datum isplate i razdoblje otplate.
U svrhu prihvaćanja dodjeljenih tranši zajmova Ministarstvo financija otvara račun u HNB-u, a Ministarstvo poljoprivrede otvara stavku u državnom proračunu i u okviru Računa financiranja planira u svom razdjelu, primitke iz zajma EIB-a i CEB-a, te izdatke na stavci “dani zajmovi drugim razinama vlasti”. Hrvatske vode otvaraju račun posebne namjere sa svrhom korištenja kreditnih sredstava tj. specijalni račun Hrvatskih voda otvoren za ovaj Projekt.
Odobrene tranše zajmova Banaka uplaćuju na račun Ministarstva financija otvorenom u HNB-u, a Ministarstvo financija ova sredstva putem Ministarstva poljoprivrede isplaćuje Hrvatskim vodama na specijalni račun Hrvatskih voda otvoren za Projekti i stavlja ih na raspolaganje Hrvatskim vodama u u obliku zajma.
Dodijeljena sredstva zajmova EIB/CEB-a Hrvatske vode koristit će isključivo u svrhu financiranja prihvatljivih izdataka Projekta u skladu s Ugovorima o zajmovima, a za odobrene potprojekte od strane Banaka.
Međusobne obveze i odgovornosti u provedbi potprojekata između Hrvatskih voda i krajnjih korisnika –JIVU-a, uređuju se odredbama Ugovora o sufinanciranju. Hrvatske vode namjenski dodjeljuju sredstva zajmova EIB/CEB-a za odobrene i prihvaćene potprojekte od strane EIB/CEB-a krajnjim korisnicima, u obliku bespovratnih sredstava. Hrvatske vode osiguravaju i povrat zajma iz sredstava naknade za korištenje voda i naknade za zaštitu voda, prikupljenih prema Zakonu o financiranju vodnoga gospodarstva.
Financijske uvjete otplate tranši zajmova odredit će Ministarstvo financija pojedinačno s EIB-om i CEB-om, zasebno za svaku tranšu prilikom njenog povlačenja, te će o tome

izvijestiti Ministarstvo poljoprivrede i Hrvatske vode.
Po potvrdi Banaka o ispunjenju uvjeta za povlačenje tranši zajma započinje postupak povlačenja sredstava zajmova EIB-a i CEB-a. O ispunjenju uvjeta EIB/CEB obavještava Ministarstvo financija, koje ovu informaciju upućuje Hrvatskim vodama putem Ministarstva poljoprivrede.
Hrvatske vode izrađuju prijedlog Zahtjeva za povlačenje sredstava u skladu s odredbama Ugovora o zajmovima, te ga putem Ministarstva poljoprivrede dostavljaju Ministarstvu financija.
Ministarstvo Financija zaprima zahtjev za povlačenje sredstava zajmova, te ga nakon pregleda i ocjene mogućnosti povlačenja sredstava tranši zajmova (u MF uključeni su Sektor za Europsku uniju i međunarodne financijske odnose i Državna riznica), uz prateću dokumentaciju, upućuje EIB/CEB-u. U zahtjevu prema EIB/CEB-u traži da se iznosi povlačenja tranši doznače na račun MF-a otvoren u HNB-u.
S računa u HNB-u dostavljena sredstva tranši zajmova EIB/CEB-a spuštaju se, preko razdjelne stavke državnog proračuna Ministarstva poljoprivrede, na specijalni račun Hrvatskih voda otvoren za ovaj Projekt. Hrvatske vode sredstva s navedenog računa isplaćuju na račun Izvođača putem Ugovora o cesiji, i to samo za potprojekte za koje su Banke dale prethodnu suglasnost.
Razdoblje otplate svake pojedinačne tranše neće biti dulje od dvadeset (20) godina od dana povlačenja tranše, uključujući do pet (5) godina počeka na otplatu.
Ministarstvo financija je u obavezi otplatiti EIB-u i CEB-u sredstva zajmova povučena u tranšama zajedno s pripadajućim kamatama i eventualnim naknadama u skladu s uvjetima navedenima u Ugovorima o zajmovima.
Ministarstvo financija će u roku od pet (5) radnih dana od dana dospijeća obveza dostaviti Hrvatskim vodama zahtjev za refundaciju plaćenih obveza u kunskoj protuvrijednosti prema srednjem tečaju Hrvatske narodne banke koji se primjenjuje na dan dospijeća obveza.
Hrvatske vode će Ministarstvu financija refundirati sredstva po osnovi plaćenih obveza u roku od sedam (7) radnih dana od dana zaprimanja zahtjeva za refundaciju.
Hrvatske vode će osigurati sredstva potrebna za refundaciju iz namjenskih sredstava naknada za korištenje voda i naknada za zaštitu voda.
Za potprojekte koji se nalaze na odobrenoj listi potprojekata raspoložive tranše zajmova, JIVU dostavlja Hrvatskim vodama Zahtjev za doznaku sredstava s dokazima o izvršenim aktivnostima po pojedinom ugovoru potprojekta.
Nakon procedure verifikacije Zahtjeva za doznaku sredstava od strane Ovlaštenika za investicijski nadzor, nadležnog Vodnogospodarskog odjela Hrvatskih voda, HV-JPP-a, i Sektora planiranja i tehničke kontrole, generalni direktor Hrvatskih voda ovjerava Zahtjev za doznaku sredstava, te potom voditelj Sektora financijskih poslova potpisuje nalog za isplatu traženih sredstva sa specijalnog računa Hrvatskih voda. Investitor uz Zahtjev za doznaku sredstava prilaže Ugovor o cesiji s izvođačem, te se sredstva za sufinanciranje usmjeravaju na Izvođačev poslovni račun.

2.4. Javna nabava

Budući da su Direktive Europske unije transponirane u hrvatsko zakonodavstvo donošenjem Zakona o javnoj nabavi, javna nabava ugovora u okviru potprojekata

Projekta provodi se u skladu sa Zakonom o javnoj nabavi (NN 90/11, 83/13, 143/13, 13/14). U slučajevima kada pojedini Ugovori u okviru potprojekata Projekta dostignu pragove Europske unije, dodjela Ugovora provodi se putem međunarodnih natječaja, uz prethodnu suglasnost „no-objection" Banaka (CEB službenika za procedure nabave) na natječajnu dokumentaciju i nabavu za taj ugovor, sukladno Direktivi 2004/17/EC Europskoga parlamenta i Vijeća od 31. ožujka 2004. kojom se usklađuju postupci nabave subjekata koji djeluju u sektoru vodnoga gospodarstva, energetike, prometa i poštanskih usluga i Direktivi 2004/18/EC Europskoga parlamenta i Vijeća od 31. ožujka 2004. o koordinaciji postupaka za dodjelu ugovora o javnim radovima, ugovora o javnoj nabavi robe, te ugovora o pružanju javnih usluga, s dopunama na dan potpisivanja Ugovora i zahtjeva međunarodnu objavu u službenom listu Europske unije putem web-a u Official Journal of the European Union. Trenutno su na snazi slijedeće granične financijske vrijednosti dopuštenih pragova EU, koje za vodnokomunalni sektor iznose: za radove do 5.186.000 EUR bez PDV-a, za usluge i nabavu robe 414.000 EUR bez PDV-a.

Kroz godišnji Plan upravljanja vodama planira se sufinanciranje Ugovora za izvođenje radova po potprojektima za koje se natječajni postupci tj. objava natječaja raspisuje od 2013. godine, a provode je Javni isporučitelji vodnih usluga prema Zakonu o javnoj nabavi (NN 90/11, 83/13, 143/13, 13/14), uz nadzor i kontrolu Ovlaštenika Hrvatskih voda, iz VGO-a i HV-JPP-a. Nakon prihvaćanja ovih potprojekata od strane Banaka, HV-JPP će preuzeti potrebnu dokumentaciju, te nadzor i kontrolu nad provedbom ugovora, odnosno potrebnu dokumentaciju radi dokazivanja namjenskih isplata i izvješćivanja prema Bankama.

Za natječaje tj. procijenjene vrijednosti ugovora u potprojektima koji premašuju granične vrijednosti dopuštenih pragova EU-a, HV-JPP će kroz korespondenciju s Bankama ishoditi suglasnosti („no objection") od Banaka. Radi ishođenja suglasnosti Banaka, JIVU će pripremiti set natječajne dokumentacije i Poziv na nadmetanje na hrvatskom jeziku, te prevesti na engleski jezik taj dio natječajne dokumentacije - Instructions to Bidders i Procurement Notice, te svu navedenu dokumentaciju dostaviti HV-JPP-u, koja će je uputiti prema Bankama.

Nakon suglasnosti („no objection") Banaka na Plan nabave, koji uključuje i predmetni Ugovor, HV-JPP će obavjestiti Investitora – JIVU, da bez odgađanja objavi javnu nabavu sukladno odredbama Zakona o javnoj nabavi, dok će se HV-JPP pobrinuti da se ova nabava sinkronizirano međunarodno objavi putem službe nabave CEB-a u službenom listu Europske unije, putem web-a u Official Journal of the European Union.

2.5. Izdvojeni potprojekti

Potprojekt Ogulin - Izgradnja kanalizacijskih kolektora i crpnih stanica zona BB i BC odvodnog sustava Ogulin.

Na području grada Ogulina izgrađeno je 23.500 m¹ kanalizacijskog sustava s uređajem za pročišćavanje otpadnih voda. Kako bi na uređaj dolazila dostatna količina otpadnih voda, a ujedno kako bi s odvodnjom bilo obuhvaćeno što više stanovništva, kroz projekt „Financiranje vodno-komunalne infrastukture" nastavlja se izgradnja kanalizacijskih kolektora u Ogulinu i to u zonama BB i BC u duljini od 14.400 m¹. Cjelokupnim projektom izvođenja i održavanja sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda upravlja tvrtka Vodovod i kanalizacija d.o.o. Ogulin.

Kako se Ogulin nalazi u krškom području, izgradnja kanalizacijskog sustava je važna iz razloga što je potrebno zaštititi podzemne vode od zagađenja.
Kanalizacijski kolektori zone BB ukupne su duljine gravitacijskih kolektora 5.612 m¹, profila cijevi 200, 250 i 315 mm u sklopu kojeg je potrebno izgraditi 7 crpnih stanica.
Kanalizacijski kolektori zone BC ukupne su duljine gravitacijskih kolektora 8.804 m¹, profila 200, 250 i 315 mm u sklopu kojeg je potrebno izgraditi 8 crpnih stanica.
Ugovor o građenju skopljen je na iznos od 29.896.377,81 kn. Izvođač radova je GIP-Pionir d.o.o. Zagreb. Uslugu stručnog nadzora obavlja zajednica ponuditelja: Sedra-Građenje d.o.o. Zagreb i Orion-Projekt d.o.o. Vinkovci.
Planirano razdoblje provedbe projekta je od lipnja 2014. do svibnja 2016. godine. U 2014. godini realizirano je 18,5 mil. kn za izvođenje radova.



Slika 1. Izgradnja kanalizacijskih kolektora i crpnih stanica zona BB i BC sustava Ogulin

Potprojekt Županja - Rekonstrukcija glavnih vodopskrbnih cjevovoda od azbest-cementnih cijevi u gradu Županji – I. faza.
Ukupna duljina rekonstrukcije glavnih vodopskrbnih cjevovoda u gradu Županji za I. fazu iznosi 12.990,28 m¹. Predviđeni su zamjenski vodoopskrbni cjevovodi od PEHD vodovodnih cijevi DN 225 mm, DN 160 mm, DN 110 mm i DN 90 mm. Na trasi cjevovoda predviđeno je 29 zasunskih okana. Ugrađena armatura i fazonski komadi u zasunskim oknima izvode se od nodularnog lijeva (GGG 40). Buduća protupožarna zaštita grada Županje riješena je nadzemnim hidrantima koji se postavljaju i zamjenjuju postojeće podzemne hidrante. Na trasi predmetnih cjevovoda predviđena je ugradnja 61 nadzemnog hidranta.
Ugovor o građenju skopljen je na iznos od 7.291.341,93 kn. Izvođač radova je Vodoprivreda Vinkovci d.d. Vinkovci. Uslugu stručnog nadzora obavlja Puljić d.o.o. Županja. Projekt je započeo u lipnju 2014. godine, a završen je u prosincu 2014. godine.



Slika 2. Rekonstrukcija glavnih vodoopskrbnih cjevovoda u gradu Županji – I. faza

ZAKLJUČAK

Provedba Projekta predviđena je u razdoblju od 2013. do 2017. godine.
Do sad je povučeno 108,0 milijuna EUR-a zajma Banaka (CEB - 54,0 mil EUR, EIB – 54,0 mil EUR) u tri tranše:

1. Tranša zajma 2013. godine u iznosu od 21,0 mil EUR-a (CEB – 10,5 mil EUR, EIB – 10,5 mil EUR),
2. Tranša zajma 2014. godine u iznosu od 39,0 mil EUR-a (CEB – 19,5 mil EUR, EIB – 19,5 mil EUR),
3. Tranša zajma 2015. godine u iznosu od 48,0 mil EUR-a (CEB – 24,0 mil EUR, EIB – 24,0 mil EUR).

U razdoblju do 2017. godine planira se povući preostalih 42,0 mil EUR-a zajma.
Do kraja 2014. godine realizirano je 56,0 mil EUR zajma, odnosno ostalo je neutrošeno oko 4,0 mil EUR zajma iz 2. Tranše.
U 2015. godini planirano je realizirati oko 400,0 mil kuna zajma, odnosno 52,0 mil EUR-a.

LITERATURA

[1] *UGOVOR O FINANCIRANJU IZMEĐU REPUBLIKE HRVATSKE I EUROPSKE INVESTICIJSKE BANKE ZA PROJEKT »FINANCIRANJE VODNO-KOMUNALNE INFRASTRUKTURE«* (Narodne Novine - međunarodni ugovori, br. 15/2011 od 18.11.2011) http://narodne-novine.nn.hr/clanci/medunarodni/2011_11_15_159.html

[2] *OKVIRNI UGOVOR O ZAJMU IZMEĐU REPUBLIKE HRVATSKE I RAZVOJNE BANKE VIJEĆA EUROPE ZA PROJEKT »FINANCIRANJE VODNO-KOMUNALNE INFRASTRUKTURE* (Narodne Novine - međunarodni ugovori, br. 7/2012 od 31.08.2012.) http://narodne-novine.nn.hr/medunarodni/default.aspx

AUTOR

Marko Veselčić, univ.spec.oecoing. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, 10 000, Hrvatska, marko.veselcic@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 3.11.

PRAĆENJE I USPOREDBA POKAZATELJA UČINKOVITOSTI POSLOVANJA JAVNIH ISPORUČITELJA VODNIH USLUGA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Mario Obrdalj

SAŽETAK: U Hrvatskim vodama je u tijeku provedba Projekta uspostave praćenja i usporedbe pokazatelja učinkovitosti poslovanja za sve javne isporučitelje vodnih usluga u Republici Hrvatskoj. Ovim sustavom omogućit će se kontinuirana i pouzdana analiza poslovanja te razmjena najboljih praksi poslovanja JIVU. Tako uspostavljen sustav koristit će se za usmjeravanje poslovnih odluka uprava pojedinih javnih isporučitelja vodnih usluga o budućim ulaganjima u sustave vodoopskrbe i odvodnje, optimizaciju poslovanja javnih isporučitelja vodnih usluga te potpori reformi sektora vodnih usluga sa posebnim naglaskom na praćenje stanja poslovanja JIVU u smislu uvjeta iz posebnih propisa koji određuju učinkovitost poslovanja JIVU i njihovo licenciranje.

KLJUČNE RIJEČI: Usporedba učinkovitosti poslovanja, Benchmarking, Javni isporučitelji vodnih usluga, Pokazatelji, Varijable, Projekt zaštite mora od onečišćenja u priobalnim gradovima, IBNET, IWA

MONITORING AND COMPARISON OF PERFORMANCE INDICATORS FOR PUBLIC PROVIDERS OF WATER SERVICES IN THE REPUBLIC OF CROATIA

SUMMARY: Hrvatske vode is currently implementing the project for establishment of monitoring and comparison of performance indicators for all public providers of water services in the Republic of Croatia. This system will enable a continuous, reliable performance analysis and exchange of best business practices among public providers of water services. The system established in this manner will be used for providing guidance to individual public providers of water services on how to make business decisions about future investments into water supply and sewerage systems. It will further enable optimization of their performance and provide support to the reform of the water services sector, with a special emphasis on performance monitoring in view of special regulations governing performance monitoring and licencing of public providers of water services.

KEY WORDS: Performance comparison, Benchmarking, Public providers of water services, Indicators, Variables, Coastal Cities Water Pollution Control Project, IBNET, IWA

1. POČETAK USPOSTAVE

Prvi koraci u uspostavi sustava praćenja i usporedbe pokazatelja učinkovitosti poslovanja javnih isporučitelja vodnih usluga u Republici Hrvatskoj napravljeni su putem Program praćenja Projekta i sustav uspoređivanja poslovanja za lokalna komunalna poduzeća pod Projektom zaštite od onečišćenja voda u priobalnom području 2 (u daljnjem tekstu „Projekt Jadran“). „Benchmarking projekt Jadran“ kao podkomponentu Projekta Jadran provodile su Hrvatske vode putem Jedinice za provedbu projekta zaštite od onečišćenja u priobalnim gradovima i to u suradnji sa 22 javna isporučitelja vodnih usluga od srpnja 2011. godine do kraja lipnja 2012. godine.

Projekt je izveden u suradnji s izabranim konzultantom „Zajednicom ponuditelja“: GWCC, General Water Consult Corp. Water Engineering and Environmental Technologies (vodeći partner) & GRAZ UNIVERSITY of TEHNOLOGY Institute of Urban Water Management and Landscape Water Engineering te hrvatskim partnerom tvrtkom IMGD d.o.o., Samobor.

Provedba „Benchmarking projekta Jadran“ obuhvaćala je određivanje kriterija za odabir pokazatelja (indikatora) u skladu s potrebama Hrvatskih voda ali samo u području odvodnje otpadnih voda i pročišćavanja otpadnih voda na Jadranu. Poštujući te kriterije odabrano je ukupno 22 pokazatelja koji se izračunavaju iz 31 varijable čije vrijednosti dostavljaju javni isporučitelji vodnih usluga (u daljem tekstu JIVU). Također, projekt je uključivao izradu i implementaciju softverskog rješenja, tzv. SIGMA 3 sustava, u koji su uvedena 22 komunalna poduzeća (priobalnog područja) sa pripadajućom serverskom i mrežnom aplikacijom. Ovaj sustav predstavljao je središnji informacijski sustav kojim se prikupljaju, analiziraju, verificiraju svi podaci nužni za učinkovito praćenje poslovanja JIVU. Ovaj softver predstavljao je i ključni alat za procjenu i ocjenu kakvoće dostavljenih podataka.

Putem Benchmarking projekta Jadran provedena je stručna edukacija osoblja JIVU kroz organizaciju 6 radionica i prikupljeni su te analizirani podaci za razdoblje poslovanja 2008-2011 godine.

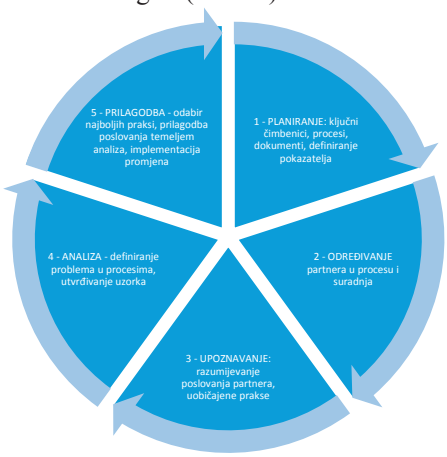
Ciljevi Benchmarking projekta na Jadranu definirani su tada kao kratkoročni, srednjoročni i dugoročni. Kratkoročni ciljevi su bili odrediti kriterije prihvatljivosti koji će se koristiti za pružanje tehničke pomoći komunalnim poduzećima i klasificirati komunalna poduzeća u skladu s njihovim potrebama za tehničkom pomoći. Srednjoročni cilj je bio uvesti sustav uspoređivanja poslovanja komunalnih poduzeća i u odnosu jednog prema drugom i u odnosu na komunalna poduzeća u susjednim državama. Dugoročni cilj je postavljen na način da se pripremi platforma korištenja podataka poslovanja JIVU kako bi se olakšalo donošenje odluka o budućim ulaganjima i reformi vodnokomunalnog sektora i sustav usporedbe proširio na područje cijele Republike Hrvatske.

2. ŠTO JE BENCHMARKING

„Benchmarking“ kao stručni izraz ima svoje podrijetlo iz engleske riječi za referentnu točku na nekom terenu (primjenjivano npr. u geodeziji), a smislu usporedbe poslovanja predstavlja referentnu vrijednost s kojom se drugi mogu poistovjetiti i usporediti. “Benchmark” je, drugim riječima u izvornom značenju „referentna točka“.

Benchmarking kao izraz kasnije je postao opći pojam za usporedbu određene izvedbe proizvoda i njegovih značajki (npr. vrlo često u informatičkoj industriji kod usporedbe

računalnih komponenti ili cijelih konfiguracija) odnosno učinkovitosti poslovanja (različite vrste proizvodnih i drugih djelatnosti i njihove produktivnosti).
Opća definicija Benchmarkinga je da predstavlja kontinuirani i sustavni proces, u kojem se praćenje i usporedba kakvoće i značajki proizvoda ili procesa provodi kako bi se u odnosu sa sličnim proizvodima ili procesima u smislu produktivnosti, kvalitete, značajki proizvoda i procesa rada odredili proizvodi ili tvrtke koje ih predstavljaju najbolje.
U literaturi posvećenoj ovom procesu često se može vidjeti prikaz ove definicije putem tzv. „ciklusa procesa Benchmarkinga“[1] (Slika 1).



Slika 1. Benchmarking ciklus – prikaz pet ključnih koraka

U daljem tekstu neće se koristiti izraz „Benchmarking“ (osim kod službenih naziva ranije provedenih aktivnosti) već praćenje i usporedba pokazatelja poslovanja JIVU obzirom da se sustav koji ovdje prikazujemo odnosi upravo na poslovanje JIVU kao vrlo specifičnog i značajnog sektora javnih usluga u Republici Hrvatskoj.

3. NASTAVAK USPOSTAVE SUSTAVA

Kako je u 2012. godini dovršen podprojekt „Benchmarking Jadran“ kao dio pripreme za uvođenje sveobuhvatnog sustava praćenja i usporedbe poslovanja svih JIVU (njih 166 u Republici Hrvatskoj), Hrvatske vode su pokrenule nastavak projekta i to za sve vrste pokazatelja obzirom da je u prethodnom projektu određeno da se pokazatelji odnose isključivo na sustave javne odvodnje i sustave pročišćavanja otpadnih voda.
Projektni zadatak za novi projekt završen je u veljači 2014. godine nakon čega je proveden postupak nabave i ugovaranja. Ugovor o uslugama je potpisan 18.09.2014.
Novi sustav praćenja i usporedbe pokazatelja učinkovitosti poslovanja JIVU ima za cilj prikupljanje novih podataka o poslovanju sukladno standardima Međunarodne mreže za komunalna poduzeća za vodoopskrbu i odvodnju (IBNET) te dodatnih pokazatelja

1 Sjøvold, F; Sand, K., Røstum, J., Andersen, B., Fleten, S-E., Skjetne, J.H., Johnsen S.G. (2003) VAR-FIN - Utredning om informasjonssystem og finansieringsregime for VA-sektoren. Trondheim, Norway, STF50 A03302, www.odin.dep.no (Norwegian)

koje odrede nadležna tijela i to prvenstveno Hrvatske vode i Ministarstvo poljoprivrede, Uprava za vodno gospodarstvo.
Ovaj sustav se tako, sukladno ciljevima, treba promatrati kao temelj za reformu vodnokomunalnog sektora ali i kao temelj za određivanje kriterija financiranja, izrade podzakonskih i zakonskih akata i praćenja stanja poslovanja od strane nadležnih tijela državne uprave.
Svakom sustavu usporedbe pokazatelja poslovanja cilj je pružanje informacija a temelji se na nekoliko elemenata ovisno o njihovoj prirodi koji se mogu podijeliti na slijedeći način:

- Varijable (V - Variables): varijable su podaci koji se mogu koristiti kako bi se definirali i izračunali pokazatelji poslovanja ili uspješnosti (PI – Performance Indicators). Potpuna definicija varijable sastoji se od vrijednosti (mjerna vrijednost ili zapis iz baze podataka) izražene u specifičnim mjernim jedinicama, te ocjenom kvalitete koja izražava kvalitetu podataka predstavljenih varijablom.
- Pokazatelji poslovanja (PI – Performance Indicators): su mjera učinkovitosti i djelotvornosti pružanja usluga od strane isporučitelja vodnih usluga. Oni se sastoje od vrijednosti (koja je rezultat računskih operacija na nekoliko varijabli) i ocjene kvalitete, koja izražava kvalitetu podataka predstavljenih pokazateljem (indikatorom).
- Opisne informacije (CI - Context Informations): pružaju informacije o karakteristikama isporučitelja vodnih usluga, što olakšava uočavanje razlika između sustava.

3.1. Pokazatelji i varijable učinkovitosti poslovanja

Posebnom odlukom generalnog direktora osnovana je Radna skupina za provedbu projekta u kojoj su zastupljeni predstavnici Ministarstva poljoprivrede, Hrvatskih voda i JIVU putem svoje udruge HGVIK (Hrvatska Grupacija Vodovoda i Kanalizacije).

Putem Radne skupine određene su osnovne kategorije pokazatelja u novom sustavu koji se odnose na djelatnosti vodoopskrbe i odvodnje:

- Bilanca vode (djelatnost vodoopskrbe)
- Ljudski resursi (djelatnost vodoopskrbe)
- Fizička svojstva mreže (djelatnost vodoopskrbe)
- Operativni podaci (djelatnost vodoopskrbe)
- Demografski podaci i podaci o kupcima (djelatnost vodoopskrbe)
- Podaci o kvaliteti usluge (djelatnost vodoopskrbe)
- Financijski podaci
- Podaci o periodu analize (djelatnost vodoopskrbe)
- Podaci o usluzi odvodnje
- Ljudski resursi (djelatnost odvodnje)
- Fizička svojstva mreže (djelatnost odvodnje)
- Operativni podaci (djelatnost odvodnje)
- Demografski podaci i podaci o kupcima (djelatnost odvodnje)
- Podaci o kvaliteti usluge (djelatnost odvodnje)
- Financijski podaci (djelatnost odvodnje)

Svaka kategorija je detaljno prikazana sa svim varijablama koje sadrže IWA code, naziv varijable, definiciju i detaljan opis varijable sa komentarom za lakše "razumijevanje" varijable tj. za prikupljanje podataka na isti način kod svih isporučitelja vodnih usluga.
Pokazatelji poslovanja (PI – Performance Indicators): su mjera učinkovitosti i djelotvornosti pružanja usluga od strane isporučitelja vodnih usluga. Oni se sastoje od vrijednosti (koja je rezultat računskih operacija na nekoliko varijabli) i ocjene kvalitete, koja izražava kvalitetu podataka predstavljenih pokazateljem (indikatorom).
Pokazatelji poslovanja izraženi su u relativnim (%) ili u apsolutnim jedinicama (npr HRK, m^3).
Svrha pokazatelja uspješnosti poslovanja je usporedba vrijednosti s prethodnim vrijednostima istog pokazatelja ili usporedba sa drugim isporučiteljima vodnih usluga. Iz tog razloga potrebna su jasno definirana pravila obrade varijabli za svaki pokazatelj, navodeći sve potrebne varijable i njihovu algebarsku jednadžbu po kojoj se izračunavaju. Treba navesti da je većina pokazatelja definirana temeljem standardiziranog pristupa analizi iz iskustva većine zemalja EU i šire. Ovi pokazatelji su definirani i odabrani iz već spomenutog IBNET sustava po IWA metodologiji (koja ima 182 pokazatelja poslovanja za odvodnju i 170 za vodoopskrbu). Ukupan broj pokazatelja u ovom Projektu je sada utvrđen na 30, a broj varijabli koji se unose u pravilu jednom godišnje i iz kojih se pokazatelji automatski izračunavaju je 130 i znatno je manji od ukupnog opsega IBNET sustava.
Svi navedeni pokazatelji i varijable iz kojih se iz njih izračunavaju biti će uneseni putem Sigma3 sustava i dostupni za obradu JIVU u Republici Hrvatskoj putem mrežne aplikacije.

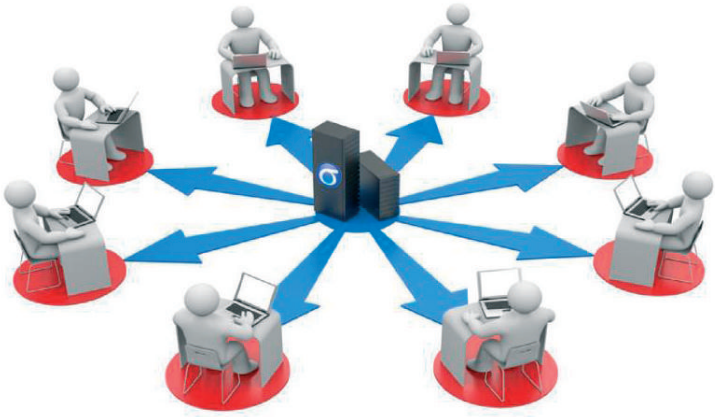
3.2. Opisne informacije

Opisne informacije (CI - Context Informations): pružaju informacije o karakteristikama isporučitelja vodnih usluga, što olakšava uočavanje razlika između sustava i tumačenje dobivenih vrijednosti pokazatelja poslovanja. Osim toga opisne informacije olakšavaju grupiranje isporučitelja vodnih usluga zbog sličnosti objektivnih okolnosti u kojima se nalaze. Na taj način moguće je dobiti kvalitetnije rezultate usporedbe poslovanja.

Postoje dvije različite vrste opisnih informacija:
Informacije koje opisuju vanjske čimbenike za upravljanje sustavom. Ove informacije ostaju relativno konstantne kroz vrijeme (demografske, geografske, itd) te u svakom slučaju ne utječu na odluke uprave.
Informacije koje se ne mogu mijenjati u kratkom ili srednjem roku upravljačkim odlukama, ali politika upravljanja može dugoročno utjecati na njih (primjerice stanje infrastrukture).
Opisne informacije su osobito korisne kada se uspoređuju pokazatelji iz različitih sustava.

4. O SIGMA 3 SOFTVERU

Sigma 3 softver koji se razvija u okviru ovog projekta je temeljni dio sustava za prikupljanje i obradu podataka pojedinih varijabli. Arhitektura je zasnovana na serverskoj aplikaciji do koje pojedini JIVU pristupaju putem mrežnog preglednika unosom odgovarajuće adrese i podataka o korisničkim imenima i zaporkama (vidi Slika 2).
Svi uneseni podatci vidljivi su samo JIVU čiji je korisnički račun i samom klijentu koji podatke prikuplja i koristi. Svi podaci se pohranjuju se na serveru Hrvatskih voda i zaštićeni su od neovlaštenog korištenja.



Slika 2. Shema serverske arhitekture Sigma softvera

Hrvatske vode imaju administratorski pristup sustavu i upravljaju sa klijentskim aplikacijama, pokazateljima, pripadajućim izvještajima i slično. Softver predviđa i osnovne kontrole unosa i procjenu pouzdanosti i kvalitete unesenih podataka.



Slika 3. Izgled Sigma 3 portala nakon prijave u sustav

Nakon unosa svih varijabli i izračuna pokazatelja bilo direktnim unosom u polja bilo učitavanjem predložaka proračunskih tablica, Sigma 3 omogućava izradu pojedinačnih vrlo specifičnih izvještaja za pojedinog JIVU ali također i opće izvještaje o stanju poslovanja svih JIVU u Republici Hrvatskoj.

5. OPĆENITO O IWA METODOLOGIJI U GUBICIMA VODE

Smanjenje gubitaka temeljni je čimbenik učinkovitosti u obavljanju vodnokomunalne djelatnosti i sastavni je dio ovog sustava usporedbe. Visoka razina curenja vode u distribucijskoj mreži traži konkretne akcije temeljene na dugoročnoj strategiji koju treba primijeniti na takav način da se u konačnici postigne ekonomski održiva razina curenja, a to direktno utječe na tehničku i investicijsku stabilnost JIVU.

IWA metodologija predlaže 170 različitih pokazatelja poslovanja u usluzi vodoopskrbe (performance indicators) i 232 vezane varijable za njihov izračun podijeljenih u nekoliko grupa kao što su: Tehnički pokazatelji, operativni pokazatelji, ekonomski i financijski pokazatelji, pokazatelji kvalitete usluge i pokazatelji ljudskih potencijala. U ovom prikazu, ograničit ćemo se samo na tehničke pokazatelje stanja vodoopskrbnih sustava obzirom da se osim pitanja vezanih za financijske varijable, velika većina pitanja predstavnika JIVU nakon provedenih radionica odnosila upravo na ovu problematiku.

5.1. Bilanca vode

IWA metodologija pruža standardizirani pristup analizi a temelji se na najboljoj praksi iz mnogih zemalja. Na taj način postaje koristan alat za analizu različitih komponenti proizvodnje vode, skladištenja i distribucije. Kroz ovu analizu određuje se veličina problema gubitaka vode, a na temelju komponenti bilance vode moguće je postaviti prioritete i korektivne mjere za sanaciju.

Prije svega važno je razumjeti odnosno ustanoviti strukturu potrošnje vode tj. bilancu vode (eng. Water balance).

Temeljna novina koju donosi nova bilanca vode je izračunavanje svih komponenti neprihodovane vode i standardiziranje (unificiranje) pojedinih komponenti i terminologije. U svijetu a i kod nas do sada je u praksi bilo mnogo različitih metoda obračuna bilance vode što je imao za rezultat nemogućnost međusobnog razumijevanja i uspoređivanja.

5.2. Stvarni i prividni gubici

Posebna novina je i izračun stvarnih i prividnih gubitaka. Kroz poznavanje točnih količina ovog dijela bilance vode moguće je i pravilno planiranje mjera i aktivnosti na njihovom smanjivanju.

5.3. Proširena bilanca vode (IWA metodologija):

Radi lakšeg prikaza i mogućnosti uspoređivanja sa drugim sustavima (ili vlastitim podsustavima) u svjetskoj praksi ustanovljena su dva osnovna načina prikaza stvarnih gubitaka vode (i podrazumijevaju vrijednost u vremenu kada je sustav pod tlakom) a predstavlja se skraćenicom CARL (engl. Current annual real losses odnosno postojeći godišnji stvarni gubici):

- prikaz stvarnih gubitaka u m^3/km cjevovoda / dan (u primjeni uglavnom u slučajevima kada imamo broj priključaka <20 / km cjevovoda)
- prikaz stvarnih gubitaka u litra / priključni vod / dan (u primjeni uglavnom u slučajevima kada imamo broj priključaka >20 / km cjevovoda).

Istjecanja vode iz sustava uvjetovana su sa nekoliko poznatih čimbenika. Jedan vrlo

važan je broj priključnih vodova u sustavu.

<table>
<tr><td rowspan="2">Količina iz vlastitih izvora</td><td rowspan="11">Količina vode koja ulazi u sustav, s ispravljenim poznatim pogreškama u mjerenjima</td><td>Isporučena voda</td><td></td><td></td><td></td><td>Fakturirana isporučena voda</td></tr>
<tr><td rowspan="10">Dobavljena voda</td><td rowspan="3">Ovlaštena potrošnja</td><td rowspan="2">Fakturirana ovlaštena potrošnja</td><td rowspan="3">Prihodovana voda</td><td>Fakturirana mjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td rowspan="9">Preuzeta voda</td><td>Fakturirana nemjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td>Nefakturirana ovlaštena potrošnja</td><td rowspan="8">Neprihodovana voda</td><td>Nefakturirana mjerena potrošnja</td></tr>
<tr><td rowspan="7">Gubici vode</td><td rowspan="2">Nefakturirana nemjerena potrošnja</td><td>Neovlaštena potrošnja</td></tr>
<tr><td>Prividni gubici</td><td>Netočnost vodomjera potrošača</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Stvarni gubici</td><td>Curenja na cjevovodima</td></tr>
<tr><td>Prelijevanja u vodospremama</td></tr>
<tr><td>Curenja na priključcima korisnika do točke mjerene potrošnje</td></tr>
</table>

U novoj metodi važno je istaći da se koristi pojam priključni vod i on predstavlja samo prvi priključak tj. prvi vodomjer iza kontrolnog ventila koji je spojen sa jednom priključnom cijevi (iza ugradbene garniture ili direktnog priključka na ulični cjevovod), jer je to i dio cjevovoda pod ingerencijom tvrtke koje održava sustav.
Ukoliko iz prvog (glavnog) vodomjera postoji više internih vodomjera oni se ne uzimaju u kalkulaciju stvarnih gubitaka (isti je slučaj ukoliko u oknu nakon uličnog cjevovoda ima više vodomjera ali samo jedan priključni cjevovod).
Ovaj način prikaza gubitaka vjernije prikazuje problem gubitaka a i planiranje smanjenja gubitaka odnosno praćenje efikasnosti provođenja programa uklanjanja gubitaka je transparentnije i lakše.
Još napredniji način prikaza stvarnih gubitka uključuje i primjenu faktora tlaka u sustavu jer o njemu značajno ovise gubici u sustavu no ovdje ovaj prikaz neće biti obrazložen obzirom da izlazi izvan okvira zadane teme.

5.4. Utvrđivanje iznosa neizbježnih gubitaka

Jedan od važnih koraka za utvrđivanje ciljeva u smanjenju stvarnih gubitaka je utvrđivanje neizbježnih ili pozadinskih gubitaka (engl. Background losses ili UARL – Unavoidable annual real losses, neizbježni godišnji stvarni gubici). Ovo su gubici vode koji nastaju

uslijed istjecanja vode na cjevovodima ali veoma malog intenziteta koje je gotovo nemoguće pronaći primjenom uobičajenih metoda i uređaja osim slučajno ili kada se njihov intenzitet s vremenom poveća. To znači da je nemoguće imati sustav bez stvarnih gubitaka vode.
Provedenim međunarodnim istraživanjima u 27 različitih vodoopskrbnih sustava u 19 zemalja (izvor WHO – Svjetska zdravstvena organizacija) utvrđeno je da su ovi gubici između 20 i 142 litre /priključak / dan (pri sljedećim prosječnim okolnostima: tlak u sustavu od 2 do 6 bara, gustoća priključaka od 20 do 100 po km cjevovoda, vodomjer potrošača udaljen od 0 do 20 metara od uličnog cjevovoda).
Pored predstavljenog prosječnog podatka neizbježnih gubitaka u sustavu njih je moguće i točnije procjenjivati na temelju sljedeće formule koja je ustanovljena od strane IWA WLTF – Water Losses Task Force (grupa za rješavanje gubitaka vode pri Međunarodnom udruženju za vode):

$$UARL\ (litra/priključak / dan) = ((18 \times Lm + 0{,}8 \times Nc + 25 \times Lp) \times P)/Nc$$

(u primjeni uglavnom u slučajevima kada imamo broj priključaka >20 / km cjevovoda)

ili

$$UARL\ (m^3/km / dan) = ((18 \times Lm + 0{,}8 \times Nc + 25 \times Lp) \times P)/ Lm$$

(u primjeni uglavnom u slučajevima kada imamo broj priključaka <20 / km cjevovoda)

gdje su UARL = neizbježni gubici; Lm = duljina cjevovoda (km); Nc = broj priključaka; Lp = duljina cjevovoda od granice zemljišta korisnika do prvog vodomjera (km); P = prosječan tlak (m)
Lp kao veličina može biti problematična za definiranje ali sa napretkom u rješavanju problematike gubitaka i detaljnijem utvrđivanju stanja sustava i nju je moguće sve preciznije procijeniti.
Uključivanje ovog podatka (UARL) u proračun stvarnih gubitaka važno je iz razloga planiranja realno ostvarivih ušteda odnosno troškova radi postizanja zadanih ciljeva. Vrijednost UARL specifična je za svaki sustav i jasno utvrđuje granicu do koje se u idealnim okolnostima mogu smanjiti gubici vode.
Kada imamo izračunate podatke o CARL i UARL jednostavno je izračunati i ILI faktor sustava koji predstavlja njihov omjer.
U odnosu na sve prezentirano, Hrvatski sustav praćenja poslovanja uzima CARL podatak kao jedan od ključnih u tehničkoj usporedbi učinkovitosti vodoopskrbnih sustava.
Osnovni problem ovog pristupa nije u metodologiji kao takvoj već u neobučenosti djelatnika JIVU da precizno i kvalitetno definiraju bilancu vode u svojim sustavima. Iz tog je razloga današnja razina poznavanja stanja u sustavima vodoopskrbe vrlo različita od jednog do drugog JIVU što bi se moglo i trebalo izmijeniti značajnijim angažmanom Hrvatskih voda po tom pitanju.

6. AKTIVNOSTI U TIJEKU

Projektne aktivnosti teku visokim tempom i sukladno vremenskom planu. Održane su četiri radionice za sve JIVU po regionalnom načelu podjele (Istočna Slavonija, Jadran, Sjeverno primorje, Središnja Hrvatska) na kojima je sudjelovalo preko 80% JIVU koji su pozvani na iste.

Izrađen je pilot elaborat sa procjenom stanja poslovanja jednog JIVU po svim pokazateljima koji predstavlja osnovnu uputu o načinu osiguranja podataka, njihove verifikacije i ocjene kvalitete do dostave u Sigma 3 sustav.
Nakon radionica u tijeku je unos podataka o poslovanju iz 2013.
Nakon toga svaki JIVU će dobiti pristup potpuno uređenom Sigma 3 klijentskom sustavu sa detaljnim uputama, preveden na hrvatski jezik nakon čega će krenuti unos podataka (varijabli) iz 2014. godine.
U suradnji sa konzultantom, ovlašteni djelatnici Hrvatskih voda biti će obučeni o načinu i metodologiji analize svih podataka, procjene njihove pouzdanosti i preciznosti te izrade godišnjih ili parcijalnih izvještaja koji će biti dostavljani JIVU ili dostupni javnosti što je jedan o važnijih ciljeva uspostave.
Projekt završava do kraja 2015. godine nakon čega će se pojedine komponente projekta mijenjati samo temeljem zakonskih ili reformskih promjena u sektoru javnih usluga vodoopskrbe, odvodnje i pročišćavanja komunalnih otpadnih voda.

ZAKLJUČAK

Sustav prikupljanja i usporedbe pokazatelja učinkovitosti poslovanja JIVU svakako nije samo informacijski sustav prikupljanja sa čime se vrlo često pogrešno poistovjećuje.
Prikupljanje varijabli je samo prvi korak u izračunu, analizi i usporedbi pokazatelja uspješnosti poslovanja nakon čega bi trebale slijediti konkretne mjere u povezivanju pojedinih JIVU po klasterima, razmjeni najboljih praksi i znanja vezanih za pojedine poslovne procese.
Glavni ciljevi konačnog sustava praćenja i usporedbe učinkovitosti poslovanja su korištenje usporednih rezultata za olakšanje „učenja“ između komunalnih poduzeća, potpora u donošenju odluka vezanih za politiku poslovanja i ulaganja u osnovna sredstva, kvantitativno i kvalitativno prikazivanje trendova poslovanja tijekom više godina, usporedba učinka sa sličnim komunalnim poduzećima u Europi i u svijetu.
Uspostavom ovog sustava, JIVU dobit će snažan alat za bolje definiranje i usavršavanje svojih poslovnih procesa, a nadležna tijela u upravljanju vodama ključan izvor informacija za bolje poznavanje ovog važnog sektora u Republici Hrvatskoj te alat kontinuiranog nadzora razine poslovanja u pružanju javnih usluga vodoopskrbe i odvodnje.
Naglašava se da bez suradnje sa Hrvatskim vodama u smislu početne procjene stanja poslovanja njihovih sustava javne vodoopskrbe i odvodnje biti će vrlo teško dobiti pouzdane i točne rezultate u sustavu usporedbe, što je bio jedan od osnovnih zaključaka i predstavnika JIVU nakon održanih radionica.
Važno je naglasiti da izrada izvještaja po svim pokazateljima poslovanja na razini jednog JIVU ili svih JIVU-a u Republici Hrvatskoj (nrp. godišnji izvještaj) nije trivijalan zadatak i ovaj dio sustava neće biti moguće dovršiti bez kvalitetno obučenih i iskusnih stručnjaka. Drugim riječima bez ispunjenja tog uvjeta neće biti niti moguće sustav usporedbe „održati u životu“ i smatrati ga kvalitetnim i pouzdanim.

AUTOR

Mario Obrdalj, dipl. ing. građ. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, mario.obrdalj@voda.hr

R 3.12.

TRENDOVI URBANOG RAZVOJA I ODRŽIVO UPRAVLJANJE URBANIM VODNIM SUSTAVOM

Željko Rozić

SAŽETAK: U radu se ukazuje na problem povećane potrošnje vode u kontekstu smanjenja vodnih resursa odnosno smanjenja vode za gradove. Radi se o trendu povećanja gradova, urbane površine, populacije i urbanizaciji, koja ima za posljedicu s jedne strane povećanje potražnje za vodom, a s druge strane povećanje količine otpadnih voda. Problem rada, funkcioniranja i upravljanja urbanih vodnih sustava (u daljem tekstu: UVS) treba naravno sagledati i rješavati integralno u kontekstu šireg društveno-ekonomskom sustava, kao i u okviru pravnog, zakonskog i institucionalnog okvira. Održivi razvoj je glavna optimalizacijska funkcija, koja se može razložiti na niz pod-ciljnih funkcija koje se dalje mogu rješavati određenom matematskom i optimalizacijskom metodom. Bitno je naglasiti da se mora prije svega definirati određena funkcionalna izravna ili neizravna povezanost između glavne dvije pod-ciljne funkcije: potrošnja vode i zahvat iz vodnih resursa. U radu je prikazan jedan matematički princip povezanosti ove dvije funkcije, te mogući način optimalizacije održivog razvoja i očuvanja aktivnog stanja vodnih resursa. Na kraju su dane smjernice, pravci i mogući razvoj alata za rješavanje problema upravljanja UVS-om kao i za optimalno upravljanje vodnim resursima. Kompleksnost i rizičnost u rješavanju ovog problema su konstantne veličine, te ih kao takve treba i predvidjeti i uzeti u proračun. Sinkronizacija i optimalizacija upravljanja UVS-om i vodnim resursima je očito potrebna i poželjna na svim razinama, kako vertikalnim tako i horizontalnim integracijskim strukturama. Treba tražiti nove okvire, principe, alate i metodologije za rješavanje problema rada i upravljanja urbanim vodama, koji će pratiti sadašnji i budući trend naglog razvoja i sve većih promjena u gradovima.

KLJUČNE RIJEČI: urbani vodni sustav, vodni resursi, optimalizacija, alati za modeliranje i upravljanje, održivi razvoj

TRENDS OF URBAN DEVELOPMENT AND SUSTAINABLE URBAN WATER SYSTEM MANAGEMENT

SUMMARY: The paper points to the problem of increased water consumption in the context of reduction of water resources, i.e. reduction of water for cities. This is related to the trend of cities, urban areas, population and urbanization increase, which, on the one hand, results in growing water and, on the other, increased amount of waste water. The

problem of operation, functioning and management of urban water systems (further in the text: UWS) should indeed be both considered and solved integrally in the context of the broader socio-economic system and also within the legal, regulatory and institutional framework. Sustainable development is the main function of the optimization which can be broken down into a series of sub-functions which can be solved by a mathematical and optimization method. It is important to emphasize that, first of all, a certain functional direct or indirect connection between the two main sub-target function (water consumption and abstraction from water resources) must be defined. In this paper, a mathematical principle of the connection between the two functions as well as a possible optimization of sustainable development and conservation of the active state of water resources are shown.

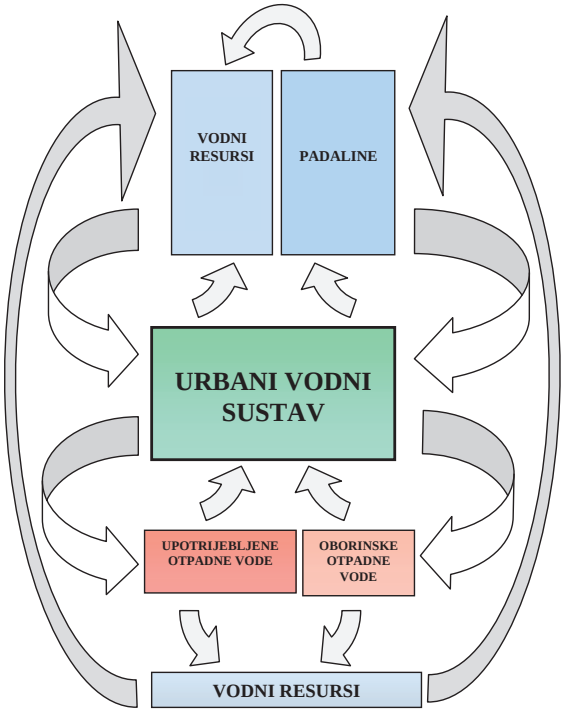
Finally, guidelines, directions and possible development of tools for the solution of the UWS management issues and optimal management of water resources are provided. The complexity and risk in solving this problem are constant values and as such should be predicted and taken into budget considerations. Synchronization and optimization of the UWS and water resources management is evidently necessary and desirable at all levels, in view of both vertical and horizontal integration structures. New frameworks, principles, tools and methodologies for the solution of the UWS operation and management must be investigated and follow the current and future trend of rapid development and ever increasing changes in the cities.

KEY WORDS: urban water system, water resources, optimization, modeling and management tools, sustainable development

1. UVOD

Urbani vodni sustav je kompleksan i složen hidrotehnički sustav, koji obuhvaća prirodne i izgrađene dijelove podsustava, kao i cijeli niz drugih strukturnih i nestrukturnih elemenata s kojima je izravno ili neizravno u funkcionalnoj ovisnosti. Jedan od oblika korištenja vode i vodnih resursa u naseljima i gradovima je potreba za vodom odgovarajuće količine i kvalitete na mjestu potrošnje. Problem se svodi na zadovoljenje svih zahtijeva vezanih za potražnju vode, a da se s druge strane ne ugrozi ekološki sustav i dobije ekonomična cijena kvalitetne vode. Zadatak time postaje jako složen te je za rješenje potrebno izgraditi cijeli niz skupih objekata za dovod, poboljšanje kvalitete i raspodjelu vode (Rozić, 2007). U urbanome društvu infrastruktura opskrbe pitkom vodom, odlaganja otpadnih i oborinskih voda od izuzetne je važnosti (slika 1). UVS jednako je važan za ekonomiju kao i za ljudsko zdravlje. Tijekom ovog stoljeća globalna potrošnja vode povećala se dvostruko više nego što se povećao broj stanovnika, koji je također u znatnom porastu. Posebice se to odnosi na urbana područja – gradove koji se naglo razvijaju (sve veća koncentracija stanovništva u gradovina) i predstavlju sve više neodrživo područje kako s aspekta rada UVS-a, tako i s aspekta drugih vitalnih funkcija grada. Posljedica toga je da su svi aspekti održivosti (ekonomski, zdravstveni, socijalni i ekološki) kritični u razmatranju nadograđivanja, proširenja i razvoja ili pak konstruiranja novog vodnog sustava. Nedostaju metode i prikladni alati za procjenjivanje aspekata održivosti ovog sustava. Cilj ovog rada je opisati i ukazati na različite pristupe u rješavanju problema rada i upravljanja UVS-a, kao i predložiti metode i alate koje se mogu koristiti u procjenjivanju

održivosti rada ovog sustava, čime bi se stvorile pretpostavke i smjernice te osigurale prikladne informacije o mogućem funkcionalnom i održivom upravljanju UVS-om.
Cilj je osigurati dugoročne potrebe svih korisnika za vodom, ali i kvalitetnu zaštitu voda u smislu odvodnje i pročišćavanje otpadnih i oborinskih voda. Time se dobiva jedan funkcionalan integritet cijelog slivnog područja, koji je bitan segment cjelokupnog urbanog života (društva) i njegovog održivog razvoja. Upravljanje takvim složenim urbanim vodnim sustavom je zahtjevan zadatak, koji podrazumijeva skup aktivnosti, odluka i mjera u svrhu poboljšanja rada sustava (optimalnog rada sustava), odnosno ostvarivanje jedinstva optimalnog vodnog režima na cijelom urbanom području. Pozitivan rezultat uspješnog gospodarenja i upravljanja UVS-om ima za posljedicu višeznačajan i višenamjenski karakter.

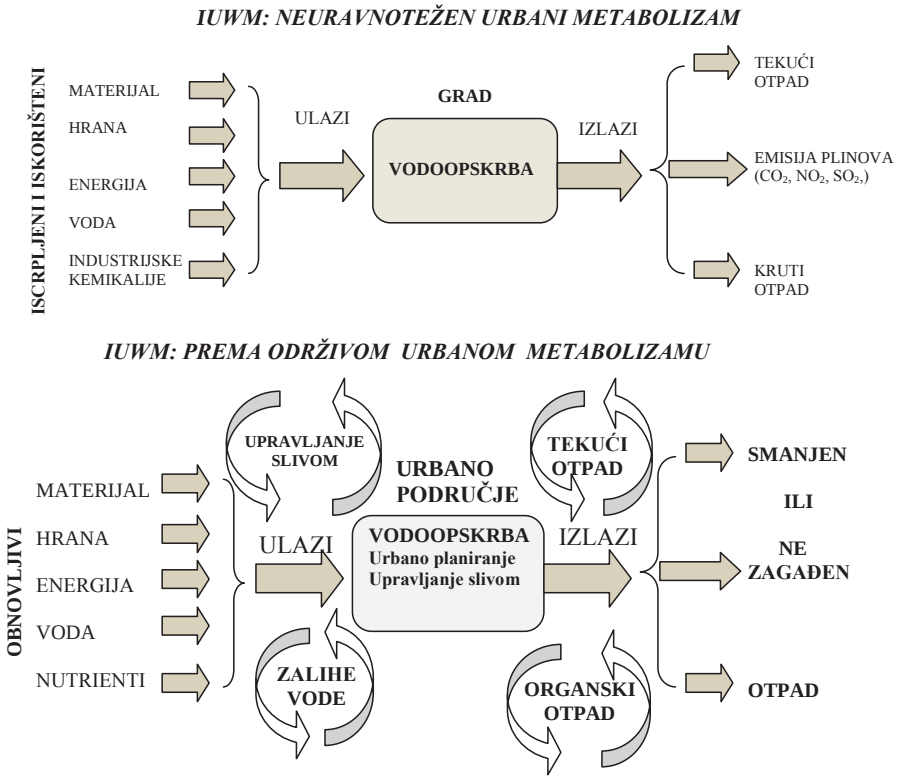


Slika 1. Kretanje vode u UVS-u i odnosi s vodnim resursima

2. PROMJENE I TRENDOVI RAZVOJA GRADOVA

Urbani problemi se mijenjaju i povećavaju. Nameću se nova pitanja glede upravljanja vodnim resursima u budućnosti: gradovi mogu postati iznimno ovisni o ruralnim izvorima te može doći do nedostatka vode što je potencijalno štetno za proizvodnju hrane, izmjenu hranjivih tvari i vodne resurse. Dakle, potrebno je već u startu staviti naglasak s opskrbe korisnika resursa na upravljanje resursima, odnosno mijenjanje obrazaca njihove potrošnje, gospodarenja otpadom te planiranjem bilance voda. Težište se prebacuje na optimalno i integralno upravljanje vodom za gradove, uključujući i njihovu okolinu i sve druge resurse čime se stvara poticajno okruženje za model integralnog upravljanja

urbanim vodama (Bahri, 2012).
Integrirano upravljanje urbanim vodama (IUWM [a]) je temeljeno na balansiranju ciljeva i prioriteta tijekom različitih rokova i poduzimanju praktičnih mjera raspoređenih nizom organizacija. To zahtijeva institucionalni kontekst u kojem javni i privatni subjekti mogu raditi zajedno, podržani od strane koherentnog zakonodavnog i političkog okvira. Uspjeh IUWM počiva na ispreplitanju razmjera i međusektorske povezanosti i nije djelokrug samo gradova i sektora za vode. Visoki stupnjevi interne integracije i usklađivanja između različitih razina upravljanja resursima su karakteristika nastajanja „održivih gradova'' (slika 2).



Slika 2. IUWM doprinosi za rebalans urbanog metabolizma (Novotny, 2010; Browder 2011.)

Generalno su uočene sljedeće promjene UVS-a, koje su povezane s općom krizom koju karakteriziraju: klimatske promjene, veliki prijelomi, rastući društveno-ekonomski metabolizam koji troši raznovrsne resurse stvarajući velike količine raznovrsnog otpada, društveno-politička povezanost, prekogranična ovisnost, brzi razvoj tehnologije i drugo. Kriza je odraz sljedećih promjena i utjecaja (Margeta, 2011):

- globalizacijom i međusobnom ovisnosti: svjetska ekonomija, održivi razvoj, globalna ranjivost, itd.;

a IUWM - Integrated Urban Water Management

- siromaštvom okoliša i resursa: voda, energija, materijali, ekologija, prostorna neravnoteža, itd.;
- strukturnim promjenama: stanovništvo, urbanizacija, društvene strukture, tehnološki napredak, bio-inženjering, itd.;
- institucionalnim pomacima: ekonomski, politički, nejednakost, radna snaga, zdravlje, obrazovanje, itd.;
- transformacijom vrijednosti: pomaci u ponašanju, kulturne promjene, društvena aktivnost, itd.

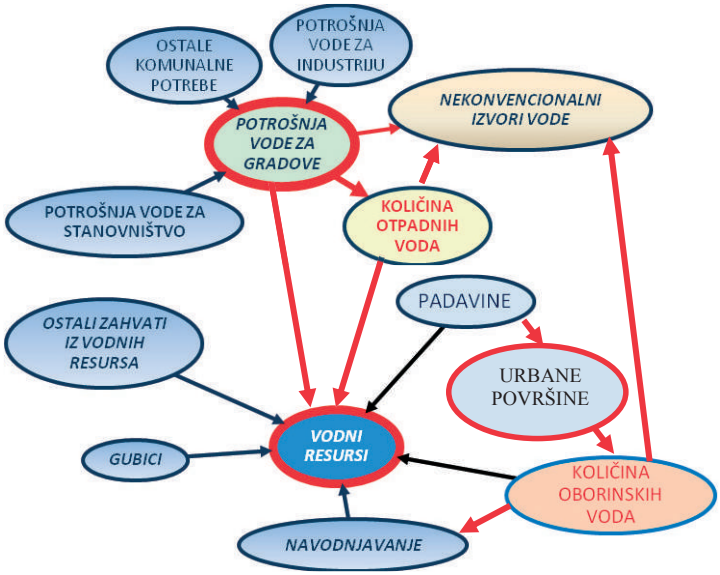
Temeljem ovih utjecaja i očitih promjena stvaraju se nova i drukčija okruženja u kojem UVS treba raditi i razvijati se. Posebice su izražena tri tipa promjena: (i) promjene vrijednosti (kultura ponašanja i institucije); (ii) morfološke promjene (stanovništvo, tehnologija, biologija), (iii) vanjske promjene (klimatske promjene, međuovisnost).
Osim što promjene donose kompleksnost, rizičnost i složene turbulencije u urbanim sredinama, stvaraju se osjećaji sve veće nesigurnosti rada i življenja. Time problem postaje složeniji i stvaraju se potrebni i dovoljni uvjeti za promjenom u pristupu i rješavanju složenih zadataka. Nesigurnost, kompleksnost i rizičnost u rješavanju treba uskladiti i prilagođavati novim okvirima i principima s izrazito promjenjivim uvjetima: prirodnim, društveno-ekonomskim, tehnološkim, urbanim (Margeta, 2011).

3. ODRŽIVOST UVS-A I VODNIH RESURSA

Osnovni ciljevi kod održivosti za većinu urbane infrastrukture, a samim time i za pokretanje značajnih integralnih odnosa na razini "grad – urbano područje (ekosustav) – slivno područje – okoliš" mogu se opisati kao:

a) težnja k netoksičnim (nezagađenim) okolišem
b) poboljšanje zdravlja i higijene
c) očuvanje ljudskih resursa
d) očuvanje prirodnih resursa
e) očuvanje financijskih resursa

Pri tome se mogu definirati i dodatni zahtjevi za održivi UVS. Traži se da je sustav na visokom stupnju glede funkcionalnosti i fleksibilnosti, da je prilagođen lokalnim uvjetima te da se potakne racionalno ponašanje korisnika. Potrebne su nove analize, istraživanja i novi pristupi u rješavanju održivosti UVS-a i vodnih resursa. Generalnu analizu treba raditi po principu sustavnog postupka, uključujući nove istraživačke programe, metode i alate za stvaranje pozitivne osnove optimalizacije sustava. Analiza treba biti doprinos različitih utjecaja na okoliš i korištenja resursa urbanog vodnog sustava u odnosu na utjecaj društva u cjelini. Rezultat istraživanja i analize je i potreba da se točno odrede najvažniji kriteriji kod održivog razvoja s obzirom na upravljanje urbanim vodama.
Problemi vezani za održivo upravljanje UVS-om su prije svega posljedica prethodno navedenih promjena i utjecaja koji za posljedicu imaju čitav niz poremećaja u sustavu rada i upravljanja UVS-om. Trendovi povećanja gradova i gradske infrastrukture koji se događaju u posljednje vrijeme predstavljaju ozbiljan teret u funkcionalnom životu gradova.



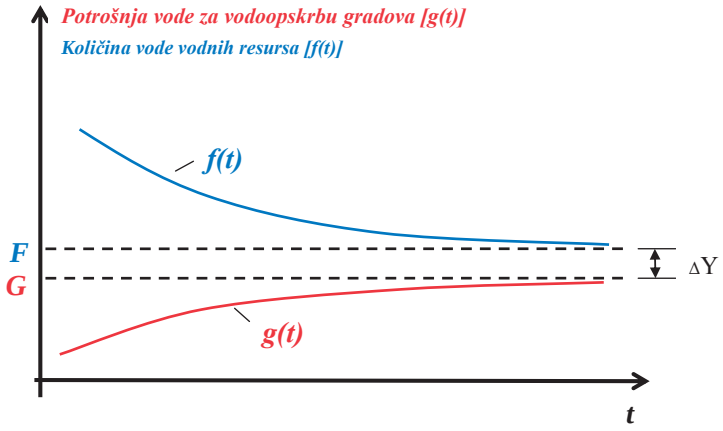
Slika 3. Potrošnje vode za gradove i vodni resursi (Rozić,2009)

Ako se analiziraju dva bitna parametra: povećanje ljudske populacije u urbanim sredinama i povećanje urbane površine, može se definirati i njihov utjecaj na vodne resurse (slika 3):

- ***povećanje ljudske populacije*** implicira sljedeće:
  - povećanje vodoopskrbe stanovništva, vode u industriji i vode za navodnjavanje
  - povećanje ukupne potrošnje vode,
  - povećanje zahvata iz vodnih resursa,
  - povećanje rizika od suša,
  - povećanje količine otpadnih upotrijebljenih voda,
  - povećanje kapaciteta uređaja za pročišćavanje otpadnih voda,
  - povećanje količine krutog otpada,
  - promjena kakvoće vodnih resursa (povećanje zagađenja ili pogoršanje kakvoće vode),
  - smanjenje količine čiste vode u vodnim resursima (vode za piće),
  - povećanje troškova zahvata i transporta vode (zahvati postaju udaljeniji od mjesta potrošnje),
  - povećanje ukupnih investicijskih troškova izgradnje sustava,
  - povećanje investicijskih troškova izgradnje kanalizacijskog sustava odvodnje i pročišćavanja otpadne vode,
  - povećanje cijene vode (zbog općeg povećanja troškova rada, upravljanja i održavanja UVS-a),
  - ostali utjecaji;
- ***povećanje gradova i urbanizacija*** što implicira sljedeće:
  - povećanje urbane površine,

- povećanje vodonepropusne (ili slabo propusne) gradske površine,
- povećanje broja vozila i voznih površine,
- povećanje količine oborinskih otpadnih voda,
- povećanje zagađenosti oborinskih voda,
- povećanje kapaciteta uređaja za pročišćavanje oborinskih voda,
- povećanje zagađenosti vodnih resursa,
- povećanje rizika od poplava,
- povećanje investicijskih troškova: podsustav prikupljanja, podsustav transporta i podsustav pročišćavanja i ispuštanja oborinskih voda,
- povećanje troškova rada i održavanja sustava,
- ostali utjecaji.

Na temelju odnosa "UVS ↔ VODNI RESURSI", prikazanog na slici 3, može se definirati funkcionalni matematički prikaz (slika 4). Održivo upravljanje UVS-om definitivno ima utjecaj na zahvate vode iz vodnih resursa jer su gradovi u većini zemalja najveći potrošači vode (stanovništvo + industrija). Navodnjavanje spada u izvanurbana područja, pa je komponenta navodnjavanja definirana zasebno (za neka područja i najveći potrošači). Dakle, izravno povećanje ili smanjenje potrošnje vode u gradovima ima za posljedicu povećanje ili smanjenje zahvata vode iz vodnih resursa čime se mijenjaju količine vodnih resursa. Kako optimalno upravljati tim odnosom, koji očito predstavlja ključ problema?



Slika 4. Funkcije potrošnje vode i količine vode vodnih resursa

$$Y = \lim_{t\to\infty} f(t) = F \tag{1}$$

$$Y' = \lim_{t\to\infty} g(t) = G \tag{2}$$

$$\Delta Y = Y - Y' \tag{3}$$

Temeljem prethodne analize definirane su dvije funkcije, koje su odraz trenutnog stanja i trenda u svijetu:

a.) Funkcija $Y = \lim_{t\to\infty} f(t) = F$ je funkcija količine vode vodnih resursa i upotrebljivih voda za vodoopskrbu gradova, koja je u trendu pada i definirana je kao limes funkcija koja teži k minimalnoj mogućoj granici - količini vode vodnih resursa (označena kao asimptota F) do koje se može uzimati voda iz vodnih resursa, kada $t \to \infty$ (t-vrijeme), uzimajući u obzir:

- minimalni ekološki protok (ekološke uvjete)
- količinu i kakvoću vode za buduće generacije (prema definiciji održivog razvoja)

b.) Funkcija $Y' = \lim_{t\to\infty} g(t) = G$ je funkcija količine ukupne potrošnje vode za gradove (uzimajući i stvarnu potrošnju vode za stanovništvo i industriju i gubitke vode), koja je u trendu porasta i definirana je kao limes funkcija koja teži k maksimalnoj mogućoj granici - količini potrošnje vode (označena kao asimptota G) do koje može rasti potrošnja voda, kada $t\to\infty$, uzimajući u obzir:

- porast broja stanovnika u gradovima,
- specifičnu potrošnju vode,
- korištenje drugih nekonvencionalnih izvora vode.

Time se, prema slici 4, dobije aproksimativni dijagram ovih funkcija i njihovih asimptota, gdje se uočava razlika ovih asimptota, označena kao ΔY i predstavlja onu količinu vode koja ostaje konstantna kada $t \to \infty$ za buduće generacije i funkcionalne ekološke potrebe. Prema tome, iz prethodne analize može se definirati generalna funkcija cilja, u smislu optimalnog upravljanja kako urbanim vodnim sustavom, tako i stanjem vodnih resursa na području zahvata vode, odnosno slivom. Neka je definirana funkcija Φ, koja je prema (3) jednaka:
Iz ove generalne funkcije cilja slijede dvije podciljne funkcije:

$$\Phi = max\ \Delta Y = max\ (Y - Y') = max\ [\lim_{t\to\infty} f(t) - \lim_{t\to\infty} g(t)]; \tag{4}$$

- funkcija količine vodnih resursa namijenjenih za vodoopskrbu gradova;

$$\Phi' = max\ [\lim_{t\to\infty} f(t)]; \tag{5}$$

- funkcija potrošnje vode u gradovima.

$$\Phi'' = min\ [\lim_{t\to\infty} g(t)]; \tag{6}$$

Optimalno upravljati UVS-om i vodnim resursima u kontekstu održivog razvoja i integralne povezanosti šireg sustava (urbani vodni sustav, urbani ekosustav, sliv i okoliš) znači osigurati dovoljne količine kvalitetne vode za buduće generacije. U matematičkom smislu, ako se primatraju samo dvije funkcije: potrošnja vode i količina vodnih resursa, cilj je sljedeći:

- maksimizirati funkciju ΔY koja predstavlja razliku asimptota, označenih s F i G (slika 4) ili odrediti dovoljno potrebne razlike koja predstavlja jamstvo održivog sustava upravljanja vodnim resursima.

U ovom slučaju analizirane su podciljne funkcije kojima se izravno i neizravno preko niza utjecajnih parametara i elemenata može utjecati na optimalizaciju sustava (slika 4), a da se pri tome održi aktivno stanje vodnih resursa.
Minimiziranje potrošnje vode može se definirati kroz sljedeće funkcije:

- smanjenje potrošnje vode,
  - smanjenje broja stanovnika (ne može se utjecati),
  - smanjenje specifične potrošnje (moguća optimalizacija – minimalizacija kroz sljedeće parametre: cijena vode, racionalizacija potrošnje, promjena navika i svijesti o značenju vode za piće u svijetu i ostali utjecaji),
- industrije:
  - minimiziranje potrošnje vode za piće (više korištenje cirkulacijskih sustava),
  - promjena tehnologije u industrijskim pogonima,
  - promjene navike i racionalizacija potrošnje,
  - ostali utjecaji,
- ostale potrebe:
  - racinalizacija potrošnje,
  - štednja,
  - korištenje tehničke vode,
  - ostali utjecaji,
- korištenje nekonvencionalnih izvora vode:
  - korištenje kišnice,
  - desalinizacija vode,
  - korištenje reciklirane vode,
  - povećanje obnovljivih izvora energije (voditi računa o energetskoj učinkovitosti i racionalizaciji energetske potrošnje),
  - ostali izvori.

Maksimiziranje količine vode vodnih resursa, odnosno minimiziranje svih zahvata iz vodnih resursa (svih izlaza) može se definirati kroz sljedeće funkcije:

- smanjenje zahvata vode iz vodnih resursa,
- potrošnje vode za gradove, prema (2),
- navodnjavanje:
  - racionalizacija potrošnje,
  - odabir optimalnih kultura i površina za navodnjavanje,
  - odabir sustava za navodnjavanje koje koriste male količine vode,
  - korištenje sekundarne vode za navodnjavanje,
  - ostali utjecaji,
- sve veća uporaba nekonvencionalnih izvora vode,
- povećanje kakvoće ispuštenih otpadnih i oborinskih voda (optimalno pročišćavanje vode),
- povećanje količine ispuštenih otpadnih pročišćenih voda ili povećanje ponovnog korištenja takvih voda u UVS-u,

- povećanje korištenja obnovljivih izvora energije (voditi računa o energetskoj učinkovitosti i racionalizaciji energetske potrošnje).

4. MOGUĆI RAZVOJ ALATA ZA OPTIMALNO UPRAVLJANJE (OPTIMALIZACIJU) UVS-A I VODNIH RESURSA

Uvažavajući prethodno, postoji potreba za razvojem novih metodologija, tehnika i alata za upravljanje UVS-om, koji uzimaju u obzir cjeloviti rad urbanog vodnog ciklusa, njihovu unutarnju i vanjsku funkcionalnu povezanost s drugim sustavima. Time analiza UVS-a s aspekta integralnog koncepta i održivog razvitka postaje složenija, ali se s druge strane dobiva slika stvarnog stanja sustava, čime su rezultati modeliranja pouzdaniji i precizniji. Izrada modela rada i upravljanja UVS-om, u smislu traženja novih alternativa za poboljšanje rada UVS-a je imperativ za očuvanje i razvoj urbanih područja općenito (održivih gradova), te zahtijeva ozbiljan znanstveno – istraživački rad (Rozić, 2011).
Do danas su razne metode, alati i tehnike korištene za rješavanje složenih hidrotehničkih sustava, kako UVS-a, tako i vodno-gospodarskih problema općenito, počevši od spekulativnih, preko metoda baziranih na osmatranjima do eksperimentalnih i teoretskih. Da bi se razumjelo probleme i sustavno počelo rješavati iste, neophodno je u budućnosti pronalaziti nove alate i tehnike korištenjem sofisticiranih tehnologija za manipuliranje informacijama. Suvremeni trendovi ukazuju na značaj i sve šire korištenje računalnih mreža, lako pristupnih bazi podataka, računalnih aplikacija i sustava za podršku odlučivanja, zatim objektnog programiranja i korištenja dinamičkih simulacija kao mogući slijed razvoja novijih tehnika i alata (Simonović, 2003).
Za daljnju analizu potrebno je prije svega klasificirati probleme vezane za upravljanje UVS-om i vodnim resursima. Uočene su dvije glavne grupe problema:

a.) Urbana i vodno-gospodarska problematika

- nagli porast stanovništva i urbanih površina,
- poljoprivreda, industrijska proizvodnja, vodoopskrba stanovništva, hidro-energetska proizvodnja i vodni promet su pet socio ekonomskih sektora koji izravno ovise od raspoloživih vodnih resursa,
- stalni porast potreba za vodom,
- interdisciplinarni pristup,
- direktno učešće šireg stanovništva u proces rješavanja urbanih voda i vodo-gospodarskih problema,
- institucionalne promjene, obrazovanje, tehnička obuka i kooperacija na svim nivoima upravljanja.

b.) Problemi tehničke prirode

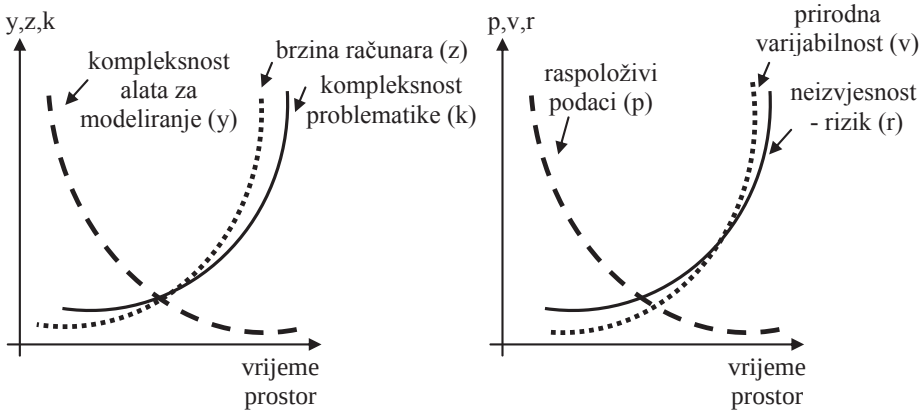
- integralni pristup planiranju i upravljanju vodama baziran na korištenju sustavnog pristupa pokazao se kao veoma efikasan u rješavanju kompleksnih vodo-gospodarskih problema,
- matematičko modeliranje ima značajnu ulogu u strateškom vodnom gospodarstvu i odlučivanju,
- kompjutorizirani sustavi za podršku odlučivanju i optimalizacijski modeli nalaze sve veću primjenu u upravljanju urbanim i vodnim sustavima,

- dobro koordinirane baze podataka su jako značajne za vodno-gospodarsko planiranje i odlučivanje kao i dobri matematički modeli,
- kompleksan proces urbanog i vodno-gospodarskog odlučivanja zahtjeva tehničku pomoć i potporu drugih gospodarskih subjekata,
- tehničko obrazovanje i razvijene institucije imaju značajnu ulogu u praktičnoj primjeni optimalnih strategija za upravljanje urbanim i vodno-gospodarskim sustavima.

Temeljem ovakvih iskustvenih spoznaja i podataka, razvijena su dva principa koje oblikuju alate za budući razvoj urbanih i drugih vodno-gospodarskih analiza (Simonović, 2003):

1.) Princip kompleksnosti,
2.) Princip neizvjesnosti (rizik).

Težnja budućih urbanih i vodno-gospodarskih problema je sve veća kompleksnost (slika 5) jer razvoj gradova te urbane i gospodarske problematike postaje sve složenija. Nastavak rasta stanovništva, klimatske promjene i zahtjevi za reguliranjem voda, kao i težnja za korištenjem obnovljivih izvora energije izravno utječu na porast kompleksnosti vodoprivrednih problema. Razvoj novih i složenijih vodnih sustava i njihova infrastruktura se planiraju za dulje vremensko razdoblje kako bi se uzele u obzir potrebe sljedećih generacija.
Druga bitna komponenta principa kompleksnosti je ubrzan i snažan, porast brzine, moći i rada računala i programske tehnike (slika 5). Korištenje računala se proširuje na druga područja, uključujući i procesiranje i informacija i znanja. Danas je korištenje računala u vodoprivredi u konstantnom i naglom porastu, a uvođenje računala u aktivno donošenje odluka leži u činjenici da se prema informacijama danas postupa kao prema šestom ekonomskom resursu (pored ljudi, strojeva, novca, materijala, i menadžmenta) (Brooke i drugi, 1996).



Slika 5. a.) Shematski prikaz principa kompleksnosti; b.) Shematski prikaz principa neizvjesnosti – rizika (Simonović, 2008)

Treći strukturni element principa kompleksnosti je redukcija kompleksnosti matematičkih alata koji se koriste za planiranje i upravljanje urbanim i vodno-gospodarskim sustavima (slika 5). Može se sa sigurnošću već danas konstatirati da je učinjen veliki pomak i napredak u vodoprivredi uvođenjem sustavne analize u planiranje i upravljanje složenih i zahtjevnih hidrotehničkih i vodno-gospodarskih sustava, kao i općenito u upravljanje i planiranje vodnih resursa.

Generalno, temeljem razmatranja i traženja pogodnih i prikladnih alata za uspješno i funkcionalno modeliranje i upravljanje složenim sustavom (UVS), a i onoga što je u posljednje vrijeme predloženo od strane stručnih eksperata u ovoj problematici, uključujući i moguće pravce razvoja u budućnosti, može se uočiti sljedeće grupe alata:

a.) alati temeljeni na programskoj simulaciji objekata (objektno orijentirano programiranje),

b.) alati koji koriste simulacijske i optimalizacijske tehnike (linearno i dinamičko programiranje i druge optimalizacijske metode u kombinaciji i integraciji s:

1.) prostornom analizom - matematički modeli i GIS (eng. *Geographic Information System*) paketi,

2.) matematičkom primjenom teorije fazi skupova b[1]

c.) drugi alati na principima novih razvojnih alata i tehnika (primjerice evolucijsko programiranje, LCA (eng. *Life-Cicle Assessment*) analize itd.).

Navedeni alati mogu biti smjernice i osnova za daljnja istraživanja u ovom području, za koje se već sada može reći da predstavlja značajni segment ljudskog razvoja i održivosti ljudske populacije općenito.

ZAKLJUČAK

U radu su ukazani i apostrofirani problemi u rješavanju upravljanja i odlučivanja kod složenih urbanih i vodno-gospodarskih sustava, uključujući moguće alate i tehnike koje se koriste u tu svrhu. Dan je presjek i način primjene pojedinih alata i tehnika, te predložene smjernice budućeg razvoja primjene alata za rješavanje složene vodno-gospodarske problematike. Održivo upravljanje zahtijeva prije svega, krajnje ozbiljan, stručan i znanstven pristup i traži nadogradnju okvira za rješavanje ovih složenih problema.

Prema tome, nekadašnja praksa upravljanja vodnim resursima pokazala se nedostatnom

1 Radi se suvremenoj matematičkom području temeljenom na fazi skupovima, tj. teoriji fazi skupova. Riječ fazi je engleskog porijekla i označava neodređen, neprecizan pojam. U matematičkom okruženju prvi put se javila1965. godine u radu Fuzzy sets: Information and control profesora Zadeha (Lotfi A. Zadeh). Osnovni cilj definiranja ovog pojma je da se na matematički, formalan način predstavi i modelira neodređenost i nepreciznost prisutna u svakodnevnom životu. Zahvaljujući uvođenju pojma fazi, omogućeno je da se nekom iskazu dodijeli vrijednost koja varira između potpuno netočno do potpuno točno. Kod klasičnih skupova postoji jasna granica pripadnosti skupu, točnije element ili pripada ili ne pripada danom skupu, dok kod fazi skupova ta granica nije jasno određena. Fazi skup predstavlja uopćenje klasičnog skupa, jer se za svaki element određuje stupanj pripadnosti skupu. Pripadnost elementa se može okarakterizirati brojem iz intervala [0,1] i funkcija kojom se opisuje ta pripadnost se naziva funkcija pripadnosti (eng. membership function). Upravo fleksibilnost pri izboru oblika funkcije pripadnosti omogućava lakše prilagođavanje fazi sistema realnim situacijama i to je jedan od osnovnih razloga zbog kojih fazi sistemi u sve većoj meri postaju zamjena klasičnim inženjerskim sistemima. Kao nadogradnja teorije fazi skupova razvijena je teorija fazi brojeva, te i fazi aritmetika (Vidović, 2011).

u mnogim pitanjima današnjice uzrokovanom brojnim demografskim, ekonomskim i industrijskim promjenama, kao što su naglo povećanje proizvodnje, koncentracija stanovništva u gradovima, koje dalje za sobom uzrokuju niz posljedica kao povećano korištenje količine vode, zagađivanje voda i okoliša, potreba za većom kvalitetom vode i sl. U radu je dan putokaz i mogući principi rješavanja ovih problema. Polazište je integralno i održivo upravljanja vodama koje najkraće rečeno predstavlja princip cjelovitosti, odnosno u obzir uzima međudjelovanje urbanog vodnog sustava s njegovim okolišem i svim drugim sustavima koji zajedno čine integralni koncept UVS-a. Uzimajući u obzir navedeno, integralnim upravljanjem vodama nastoji se osigurati dovoljna količina kvalitetne pitke vode za javnu vodoopskrbu stanovništva, neophodna količina vode odgovarajuće kvalitete za različite privredne potrebe, zaštita života ljudi i materijalnih dobara od štetnog djelovanja voda, te postići i očuvati dobro stanje voda zbog zaštite vodnih i o vodi ovisnih ekosustava. Da bi se ovo uspjelo, potrebno je usuglasiti mjere upravljanja vodama s mjerama upravljanja vodnim resursima (zahvatom), prostorom i zemljištem te osigurati dobar društveno-ekonomski i pravni status. Izrada optimalizacijskih modela rada i upravljanja sustavom na ovim principima i na svim razinama upravljanja, daju prije svega dobru i realnu osnovu za razumijevanje problema, pozitivan i agresivniji pristup za daljnja istraživanja i razvoj novih tehnika i alata.

LITERATURA

[1] Bahri, B, A. (2012): *Integrated Urban Water Management,* Global Water Partnership Technical Committee (TEC), SE-111 51 Stockholm, Sweden,

[2] Brooke, A, D. Kendrik, and A Meeraus (1996): *GAMS: A User s Guide,* The Scientific Press, Redwood City, California, USA

[3] Browder, G. (2011): *Blue water, green cities. An initiative from the World Bank for integrated urban water managemenmt in Latin America*, Presentation at the 2011 World Water Week. August 24, 2011.

[4] Margeta, J. (2011): *Promjene u svijetu i gospodarenje urbanim vodnim sustavom*, *Građevinar 63*, 12, 1069-1077, Zagreb.

[5] Rozić, Ž. (2011): *Primjena simulacije i optimalizacije u radu UVS-a*, 5. Hrvatska konferencija o vodama, Opatija, Hrvatska

[6] Rozić, Ž. (2009): *Optimalizacija rada urbanog vodnog sustava*, Doktorska disertacija, Mostar, Građevinski fakultet, 24.02. 2009, 255 str. Voditelj: Margeta, Jure.

[7] Rozić, Ž. (2006): *Upravljanje UVS-om primjenom OOM-a*, magistarski rad. Split : Građevinsko -arhitektonski fakultet, 15. 03. 2006., 181 str. Voditelj: Margeta, J.; Knezić, S.

[8] Simonović, S. (2008): *Managing water resources: methods and tools for a systems approach,* Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Western Ontario,London, ON, Canada N6A 5B9

[9] Simonović, S. (2003): *Oruđe za vodoprivredne analize:jedno viđenje budućnosti*, Građevinski fakultet, Univerzitet zapadnog Ontarija, London, Kanada

[10] Vidović, M. (2011): *Osnove fazi aritmetike i fazi "pert metod",* Univerzitet u Novom sadu, Prirodno-matematički fakultet, Magistarski rad, Novi Sad

AUTOR

doc.dr.sc. Željko Rozić [a]

[a] Građevinski Fakultet Sveučilišta u Mostaru, Matice hrvatske bb, Mostar, 88000, BiH, zeljko.rozic@tel.net.ba

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 3.13.

MOGUĆNOSTI PRIMJENE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE ZA CRPLJENJE VODE U URBANOM VODNOM SUSTAVU

Jure Margeta, Bojan Đurin

SAŽETAK: U radu se opisuje moguća primjena obnovljivih izvora energije (OIE) u urbanom vodnom sustavu (UVS). Zbog sve većih potreba smanjenja ispuštanja stakleničkih plinova, primjena OIE postaje sve zastupljenija, kako u mnogim industrijskim sustavima, tako i u urbanim vodnim sustavima. U radu se opisuju mogući koncepti primjene OIE za crpljenje vode, te njihove prednosti i nedostatci. Nužni uvjet za lokalno korištenje OIE je postojanje odgovarajućeg rješenja za spremanje energije. Utvrđeno je da je za lokalno korištenje u UVS najprihvatljivija fotonaponska (FN) energija koja se može integrirati s vodospremama koje funkcioniraju kao spremnici energije. U radu se elaborira jedan primjer primjene FN energije za crpljenje vode u vodovodu. Temeljem dobivenih rezultata utvrđeno je da je primjena FN energije izvediva i prihvatljiva, posebno u turističkim područjima hrvatskog priobalja.

KLJUČNE RIJEČI: urbani vodni sustav, obnovljivi izvori energije, crpljenje vode, fotonaponska energija, održivost, staklenički plinovi

POSSIBILE UTILIZATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR WATER PUMPING IN URBAN WATER SYSTEMS

SUMMARY: This paper describes possible utilization of renewable energy sources in urban water systems. Due to the growing needs for reduction of greenhouse gas emissions, the application of renewable energy sources is becoming increasingly present in many industrial and urban water systems. This paper describes possible application concepts for the use of renewable energy sources for water pumping, including their advantages and disadvantages. A necessary prerequisite for local use of renewable energy sources is the existence of a suitable solution for electric energy storage. Photovoltaic energy was determined to be the most suitable for local utilization of renewable energy sources because it can be integrated with water tanks which function as energy storage. In the paper, an example of photovoltaic energy utilization for water pumping in a pipeline is elaborated. Based on the obtained results, it was found that the application of photovoltaic energy is feasible and acceptable, particularly in tourist areas on the Croatian coast.

KEY WORDS: urban water system, renewable energy sources, water abstraction, photovoltaic energy, sustainability, greenhouse gases

1. UVOD

U sve urbaniziranijem svijetu gradovima treba upravljati na način da postaju sve više održivi. To ujedno vrijedi i za urbanu infrastrukturu uključujući i vodnu. Najveći izazov kod upravljanja urbanim vodnim sustavima (UVS) je osiguravanje trajne opskrbe vodom i odvodnje otpadnih voda, uz prihvatljivu cijenu i bez ugrožavanja urbanog i šireg okoliša. To se može ostvariti na različite načine, a jedan od njih je korištenje obnovljivih izvora energije (OIE), (UN, 2012.). Energija se u UVS koristi za različite namjene, a najviše za crpljenje vode jer se oko 60 – 80% troškova rada UVS-a odnosi na potrošnju energije (Judith, 2008). Korištenje energije ujedno ima i negativan utjecaj na klimu, jer se glavnina energije proizvodi korištenjem fosilnih goriva što rezultira ispuštanjem CO_2. Zbog toga je jedan od važnih ciljeva u upravljanju UVS-om smanjenje potrošnje energije i time smanjenje ispuštanja CO_2.

Najveći potrošač energije je glavna crpna stanica vodovoda, na koju otpada 80 do 90 % ukupne potrošnje. Potrošnja energije nije zanemariva ni kod crpnih stanica u slučaju crpljenja otpadnih voda (30 %), (Brandt i ostali, 2011.). Planovi za smanjenje potrošnje energije i smanjenje ispuštanja CO_2 iz UVS uključuju klasične mjere kao što su: (i) mjere povećanja energetske učinkovitosti i smanjenja gubitaka vode, (ii) smanjenje potrošnje vršne energije, te sve više (iii) korištenje obnovljivih izvora energije.

U ovom radu se obrađuje problematika korištenja OIE za crpljenje vode u UVS. Korištenje OIE za crpljenje vode nije novost, posebno korištenje fotonaponske (FN) energije. U radu će naglasak biti upravo na primjeni FN sustava. Osim tehnoloških značajki, analizirat će se ekonomski, ekološki i socijalni utjecaji primjene ovog OIE.

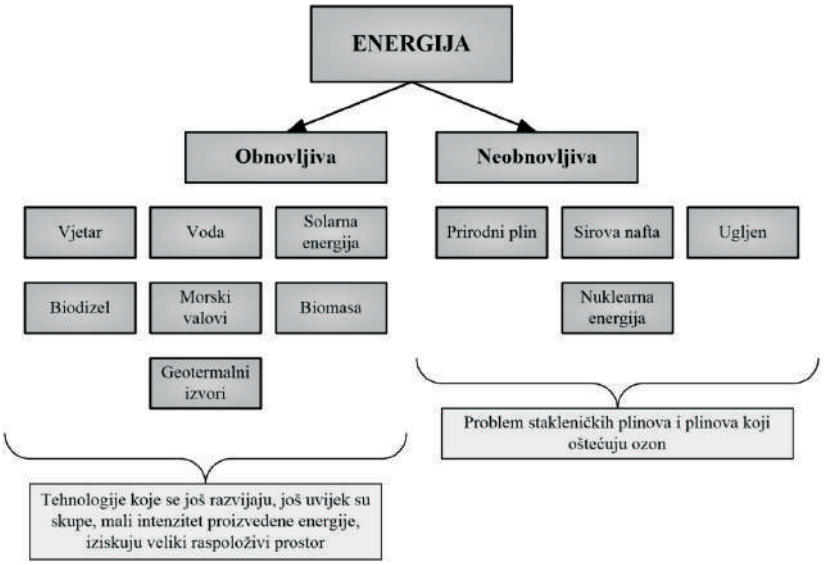
2. ODRŽIVOST, OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I URBANI VODNI SUSTAV

Energija je nužna za dopremu vode iz vodnih resursa do naših domova, te za odvodnju upotrijebljenih voda iz naših domova do vodnih resursa. Jedna od značajki potrošnje energije u UVS je da potrošnja vode, te protok otpadnih voda ima sličan režim kao i potrošnja energije, i to tijekom dana i godine. To znači da se značajan dio energije tijekom dana troši u periodu kad je energija najskuplja. Regionalizacijom i integracijom vodoopskrbnih i kanalizacijskih sustava u veće sustave, te nužnim unaprjeđenjem sustava upravljanja i kontrole, potrošnja energije u UVS stalno raste. Uz to, za očekivati je da će i cijena energije kontinuirano rasti, što će zajedno neminovno utjecati na održivost rada UVS. UVS će zbog toga sve više negativno utjecati na okoliš i na ispuštanje stakleničkih plinova. Zbog toga se već danas zahtjeva da UVS svojim radom doprinese smanjenju ispuštanja stakleničkih plinova (Water UK, 2010.).

Smanjenje troškova energije i smanjenje utjecaja na klimatske promjene u principu se ostvaruje smanjenjem ukupne potrošnje energije, izbjegavanjem korištenja skuplje vršne energije i korištenjem OIE. Opskrba energijom u UVS mora biti održiva, s minimalnim rizikom u odnosu na prekid opskrbe. Ovaj zahtjev postavlja visoke kriterije za moguće korištenje OIE, Slika 1. Osnovna značajka obnovljive energije je u tome što se ista

redovito obnavlja pa je tako supstitut za održivu energiju. Postavlja se pitanje da li, te koji bi OIE mogli biti prihvatljivi za UVS. Isto tako bi trebalo znati je li OIE povoljnije koristiti kao samostojeći izvor za različite korisnike u UVS-u (crpne stanice, uređaji, itd.) ili putem energetske mreže, ili oboje.

Sadašnje korištenje OIE još uvijek nije potpuna i produktivna zamjena konvencionalnim izvorima. Razlog je u tome što se najvažniji OIE, vjetar i Sunce (OIE-I), ne mogu samostalno i direktno upotrijebiti jer nemaju stalnu proizvodnju, te biti trajni i stabilni izvor kao što su hidro-energija, geotermalna ili biomasa (OIE-C). Povremeni izvori (OIE-I) su dostupni skoro svugdje gdje ljudi žive, dok kontinuirani (OIE-C) nisu, te se stoga ne mogu smatrati univerzalnim izvorima za UVS. Energija iz Sunca se može proizvoditi samo kad Sunce isijava, a iz vjetra kad vjetar puše. Znači OIE-I ne mogu kontinuirano proizvoditi i korisnike opskrbljivati energijom, tako da ih je potrebno povezati s konvencionalnim izvorima ili primijeniti jedan od tipova spremnika za energiju (SE). Zbog toga SE ima veliku važnost za primjenu zelene energije u UVS. Postoji cijeli niz tehnologija izvedbe spremnika energije (baterije različite izvedbe, tlačni spremnici, zamašno kolo) različitih u veličini, troškovima, učinkovitosti, trajnosti i drugim značajkama (ESA, 2009.). Danas se uglavnom koriste litium-ion baterije zbog povoljne cijene u odnosu na druge ES (PowerTech Systems, 2015.). Zato se može reći da je za manje korisnike problem korištenja OIE riješen jer je cijena baterija malih kapaciteta podnošljiva. Problem su veliki potrošači energije jer su troškovi izvedbe baterija vrlo visoki.



Slika 1. Energetski izvori i osnovne značajke (Twidell, 2006.)

Iz svega izloženog proizlazi da je najbolje koristiti energiju iz zelene energetske mreže. Na žalost, cjeloviti ‘’Zeleni energetski sustavi’’ još uvijek ne postoje, tako da je to eventualno buduće rješenje. Normalno, postavlja se pitanje postoji li lokalno rješenje korištenja koje bi zadovoljavalo stroge kriterije vezane uz pouzdanost rada UVS, te doprinijelo ostvarenju ciljeva održivosti UVS-a. To je rješenje koje bi koristilo lokalno dostupne OIE, te vlastitu

infrastrukturu kao energetski spremnik, a po mogućnosti i izvor energije. Znači da bi se OIE-I, vjetar i Sunčeva energija, mogli koristiti zajedno s hidro-energijom, biomasom i drugim stabilnim izvorima (OIE-C), ako se nalaze relativno blizu objekata UVS-a. Takvo rješenje očito zahtjeva pouzdano i ekonomski prihvatljivo rješenje energetskog spremnika tako da je postojanje pouzdanog ES preduvjet za realizaciju.
Uobičajeni objekt kojim se regulira režim crpljenja vode i potrošnje vode u vodoopskrbnoj mreži je vodosprema. Isto tako se otjecanje vode u sustavu odvodnje otpadnih i oborinskih voda regulira različitim tipovima retencijskih bazena. Vodospreme kao i retencijski bazeni, omogućavaju vremenski pomak rada crpne stanice i time korištenje energije iz vršnog u period niže tarife. Optimalizacija ovakvih rješenja se bazira na procjeni troškova potrošnje energije, troškova crpne stanice i vodospreme, te drugih koristi i troškova koji iz takovog rada proizlaze. Cilj je ostvariti održivi rad sustava. Isti se koncept i ciljevi žele ostvariti i korištenjem OIE i spremnika/vodosprema u UVS.

3. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I MOGUĆA PRIMJENA U UVS-u

Vjetar je izvor energije dostupan na brojnim lokacijama, ali s različitim značajkama trajanja i snage o kojima bitno ovise korištenje i ekonomski efekti. Raspoloživa energija u vjetru varira s trećim eksponentom brzine vjetra (Burton i drugi, 2011.). Međutim, ne postoji lokacija na kojoj vjetar puše dovoljno velikom brzinom konstantno tijekom godine i tako iz godine u godinu. Prekidi proizvodnje su stoga realnost, a pojava i trajanje prekida krajnje nepredvidivi, zbog čega se vjetar vrlo rijetko lokalno samostalno koristi, pa i za potrebe UVS.
S druge strane, Sunčeva energija je dostupna svaki dan u godini te je stoga značajno prihvatljiviji i pouzdaniji izvor energije za lokalno korištenje. Veličina Sunčeve energije izvan atmosfere je približno konstantna, oko 1366 W/m^2, a na površini Zemlje je manja što je posljedica geometrijskih značajki i filtracije koja se odvija kroz atmosferu na nekom prostoru. Znači, energija iz sunca se može generirati svaki dan svugdje na Zemlji, ali s različitim jakostima i trajanjima. Iako dostupan samo tijekom dana, dok Sunce isijava, to je zbog konstantnosti pouzdaniji lokalni izvor nego vjetar.
Danas se koriste dva tipa solarnih generatora: fotonaponski (FN) sustavi i termalni sustavi (TS) (Goswami i drugi, 2000.). FN sustav transformira Sunčevu energiju u električnu. To je vrlo jednostavan i lako primjenjiv tehnološki sustav. Struja je dostupna tijekom dana, a tijekom noći se mora koristiti SE ili neki drugi izvor. TS sustavi koriste Sunce kao izvor topline. Toplina se hvata, koncentrira i koristi za pokretanje toplinskih strojeva i generatora struje. To su složeni sustavi bazirani na klasičnim tehnologijama termalnih elektrana. Ove elektrane mogu generirati struju samo tijekom dana kada Sunce isijava, što im je najveća slabost jer zahtijevaju sustav podrške za noćni rad i ponovni rad tijekom dana. Zato se isti moraju integrirati s nekim drugim izvorom, lokalno ili putem energetske mreže, ili koristiti ES. Sunčeva energija se ne plaća i dostupna je u periodu dana kada je električna energija iz mreže najskuplja. Isto tako se poklapaju porast jakosti i trajanja Sunčevog zračenja i potrošnja vode tijekom godine, a posebno u hrvatskim turističkim područjima, što je dobar preduvjet za korištenje.
OIE-C koji se mogu lokalno koristiti u UVS su geotermalna, biomasa i male hidroelektrane. To su specifični izvori energije koji su, uglavnom, dostupni ponegdje. Geotermalna energija je rezultat toplinske energije Zemlje koja se koristi za proizvodnju pare koja

pokreće parne turbine i generatore (Academic press, 2009.). Preduvjet za korištenje ovog izvora je lokalno dostupna geotermalna energija, što je rijetkost. Biomasa uključuje bilo koju organsku tvar koja je obnovljiva i redovito dostupna u određenim vremenskim ciklusima. Bio-energija se može generirati iz bio plinova, krutina i tekućine. To je široko dostupna energija, a iz nje se može dobiti toplina, ali i gorivo za pokretanje motora. To su drveća, usjevi, ostaci organske mase, stajski otpaci, mulj s bioloških uređaja i drugo. Biomasa, plinovita, se već tradicionalno koristi u UVS-u, odnosno na biološkim uređajima za pročišćavanje otpadnih voda. Izvor energije je bio-metan generiran iz energije spremljene u mulju u procesima anaerobne digestije mulja. To je potvrđena tehnologija koja se široko koristi kao toplinska i/ili za proizvodnju električne energije (Rulknes, 2008.). Međutim raspoložive količine su ograničena.

Hidro-energija je klasičan i dobro poznati OIE. Rijetko se realizira samo za potrebe UVS. Međutim svaki UVS, odnosno vodoopskrbni sustav, može ima hidroenergetski potencijal pogodan za manju proizvodnju energije (Carravetta i drugi, 2013.; ESHA, 2010.). Naime, raspoloživa energija protoke u glavnim vodoopskrbnim cjevovodima može se koristiti za proizvodnju energije. To je unutrašnja energija vodoopskrbnih sustava nastala kao posljedica realizacije sustava u skladu s pravilima struke kojima se sustav dimenzionira na vršne kritične uvjete rada. Zbog toga sustav u ostalim periodima rada raspolaže viškom energetskog potencijala koji se može iskoristiti. Osim proizvodnje energije ovakva rješenja služe i za smanjenje/kontrolu tlaka u sustavu.

Sumirajući navedeno može se zaključiti da je za UVS kao vanjski izvor OIE najprihvatljivija PV tehnologija, a unutrašnja koja je generirana samim sustavom, je biomasa i hidro-energija. Prema tome, dugoročno najpouzdanija "Zelena energija" za UVS je Sunčeva energija, a tehnologija fotonaponski sustavi. Prosječni godišnji rast PV industrije je oko 40 % što zorno potvrđuje valjanost ove tehnologije (EREC, 2010.). Od 1980 cijena silikonskih modula i paketa spremnih za korištenje je pala za više od 90 % (Powel i drugi, 2012.). Predviđeno je da će u 2017. cijena silikonskih panela biti oko 0.65 $/W (CleanTechnica, 2015.). Uz to, brzi rast učinkovitosti PV ćelija (trenutni raspon vrijednosti je od 17 do 21 %) čini ovaj izvor obećavajućim za komercijalnu upotrebu u UVS (CleanTechnica, 2015.).

4. PRIMJENA PV GENERATORA ZA CRPLJENJE VODE U UVS

Glavni elementi klasičnog koncepta korištenja Sunčeve energije su fotonaponski generator određenog kapaciteta, invertor i baterija, te dodaci za poboljšanje izlaznih karakteristika električne energije. Najveći problem ovog sustava su baterije koje služe za premošćivanje perioda kada Sunce ne sija ili je nedovoljne jačine i trajanja u odnosu na zahtjeve. Zbog toga se ovo rješenje još uvijek ne koristi za veće potrošače energije, već jedino za manje na izoliranim lokacijama udaljenim od elektroenergetske mreže.

Međutim, ako se može izbjeći potreba instaliranja baterija tada je moguća primjenjivost značajno povoljnija jer je sustav jednostavniji i jeftiniji. To je slučaj crpljenja vode u vodovodima i kanalizacijama povezanim primjenom vodosprema i retencijskih bazena. U ovakvim slučajevima vodospreme i retencijski bazeni funkcioniraju kao spremnik energije jer bilanciraju ulaznu i izlaznu energiju/vodu. Znači, kad god je crpna stanica povezana na ulazu ili izlazu s vodospremom (čiste ili sirove vode, otpadnih, mješovitih ili oborinskih voda) vodosprema se može iskoristiti za premošćivanje perioda rada kada

Sunce ne isijava ili je nedovoljno jako.

Dva su osnovna tipa integracije vodospreme i PV generatora, Slika 2:

- Tip I. Crpljenje u vodospremu (npr. u vodovodima);
- Tip II. Crpljenje iz vodospreme (npr. crpljenje iz retencijskih bazena u kanalizaciji).

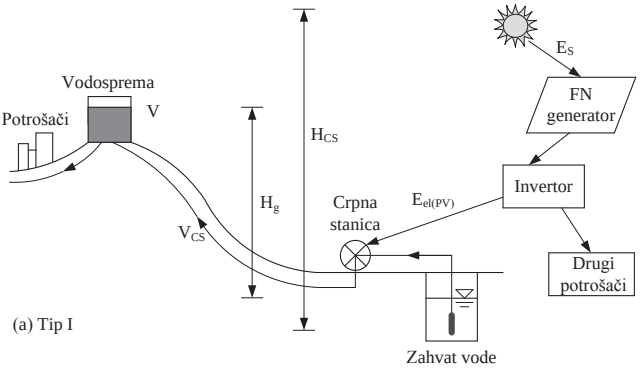
Potrebni volumen vodospreme određuju ulazna i izlazna vremenska serija protoke u planskom periodu. Za tip I jednadžba stanja sustava se može izraziti kao:

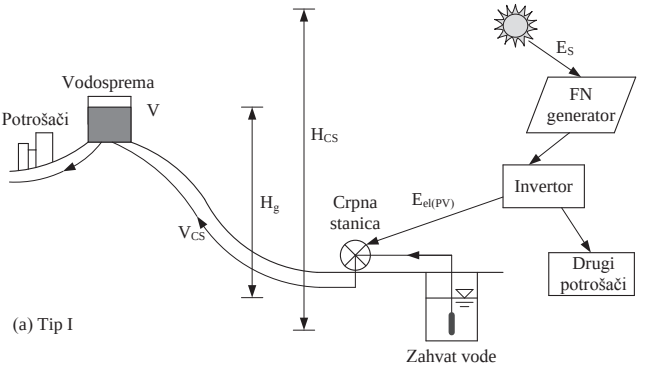
$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + V_{CS(t)} - V_{IZL(t)} - V_{gubici(t)} \tag{1}$$

gdje je vremenski korak t = 1 to N (N ukupni broj računskih koraka, dan, sat); $V_{(t-1)}$ i $V_{(t)}$ volumen vodospreme u (t-1) i t (m^3/t); $V_{CS(t)}$ dotok iz crpne stanice CS u periodu t (m^3/t); $V_{IZL(t)}$ voda koja otječe iz vodospreme u periodu t (m^3/t), a $V_{gubici(t)}$ su mogući gubici u vodospremi. Ako se analizira gradska vodosprema u vodovodu tada je izlaz pretpostavljena potrošnja vode u naselju, ulaz je dotok vode koju crpna stanica precrpljuje u vodospremu, dok su gubici zanemarivi. Količina vode $V_{CS(t)}$(m^3) koja se može teoretski precrpiti u vodospremu uz jakost insolacije $E_{S(t)}$(kWh/m^2) uz određenu snagu FN sustava $P_{el,FN}$ (kW) je (Đurin i Margeta, 2014.):

$$V_{FN(t)} = \frac{\eta_{FN}\,\eta_{MPI} E_{S(t)}}{2.72 H_{CS(t)}} P_{el,FN} \tag{2}$$

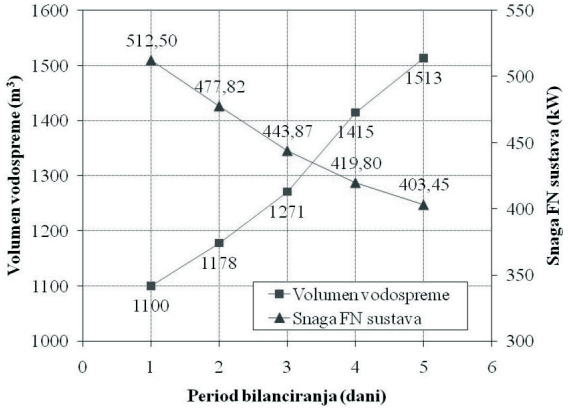
gdje je $H_{CS(t)}$ (m) ukupna manometarska visina, η_{PV} učinkovitost FN sustava, η_{MPI} je prosječna učinkovitost crpke i invertora. Znači, crpna stanica pogonjena električnom energijom iz FN sustava će crpiti vodu u skladu s raspoloživom veličinom insolacije tijekom dana i odabranom snagom FN sustava, nekad više, a nekad manje, te također u skladu s odabranim kapacitetom crpki.





Slika 2. Primjeri integracije FN sustava i vodosprema u UVS-u: (a) Tip I – Crpljenje u vodospremu (direktno crpljenje);(b) Tip II –Crpljenje iz vodospreme

Sustav se dimenzionira metodom kritičnog perioda u odabranom planskom periodu (Đurin i Margeta, 2014). Kritični period za izbor snage FN sustava, kapaciteta crpne stanice i volumena vodospreme je različit i ovisi o periodu bilanciranja. Temeljem dosadašnjeg iskustva u analizi ovakvog rješenja za vodovode (Đurin i Margeta, 2014.) utvrđeno je da je za snagu PV generatora kritičan zimski period, zbog slabe insolacije, a za vodospremu ljetni period, zbog najveće potrošnje vode. Ova metoda i ponašanje sustava osigurava visoku sigurnost rada sustava jer tijekom zime značajno veći raspoloživi volumen vodospreme osiguravaju rezervu za sve incidentne situacije u odnosu na nedovoljnu insolaciju, a ljeti je FN sustav značajno veći od potrebnog i omogućava precrpljivanje većih količina vode ako se potrošnja povećava ili ako je insolacija slabija. Snaga FN sustava i volumen vodospreme međusobno su zavisne varijable u funkciji perioda bilanciranja. Produljenjem perioda bilanciranja smanjuje se potrebna snaga FN sustava, a povećava volumen vodospreme. Kako je cijena FN sustava značajno veća od cijene vodospreme proizlazi da je povoljnije primijeniti što dulje periode bilanciranja. Rezultati za jedan primjer s ekonomskom analizom prikazani su na Slici 3. i Tablici 1., a detalji se mogu naći u (Đurin i Margeta, 2014.).



Slika 3. Potrebna snaga FN sustava i volumen vodospreme u funkciji perioda bilanciranja

Tablica 1. Rezultati za primjer u kojem je analiziran planski period od 25 godina

PRIMJER: Naselje na Jadranu; 9000 stanovnika, q_{spec} = 160 l/stan/dan; manometarska visina dizanja H_{cs} =82 m; koeficijent dnevne neravnomjernosti K_D = 1.65; koeficijent satne neravnomjernosti K_S = 2.5; η_{FN} = 15 %, η_{CS} = 90 %.						
$P_{el(PV)}$ (kW)	V (m^3)	P_{CS} (kW)	Godišnji višak energije (kWh)	Smanjenje CO_2 (t) u 25 god.	*LCC** (KN), period 25 god.	Zarada (KN) u 25 god.
403.45	1513	99.71	826482	26072	16.837.024	4.769.592

*LCC – Life-cycle-cost (ukupni trošak u životnom ciklusu postrojenja)

Postupak je isti i za Tip II, s tim da je jednadžba sustava drugačija:

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} - V_{CS(t)} + V_{DOT(t)} - V_{gubici(t)} \quad (4)$$

gdje je VDOT(t) dotjecanje vode u retenciju/vodospremište iz sustava (npr., kanalizacije).

ZAKLJUČAK

Na temelju dosadašnjeg iskustva može se reći da je primjena FN sustava (bez korištenja baterija) u vodoopskrbnim sustavima, posebno na izoliranim lokacijama crpnih stanica realna. Rješenje je jednostavno i pouzdano jer vodosprema svojim volumenom može osigurati potrebne rezerve vode za sve incidentne situacije. Najskuplji dio rješenja je FN postrojenje, čija cijena konstantno pada tako da će isti biti sve konkurentniji. Utvrđeno je da se produženjem perioda bilanciranja crpnog sustava i vodospreme bitno povećava pouzdanost rada, te smanjuju troškovi FN sustava. Posebno je povoljna primjena u turističkim područjima kod kojih ljeti potrošnja vode višestruko raste, ali ujedno raste i insolacija, tako da se potrebna električna energija osigurava znatno manjim snagama FN sustava. U ovakvim područjima FN sustav može funkcionirati i kao dopunski izvor energije za vršnu potrošnju tijekom dana i sezone, bez ulaganja u energetsku mrežu (otoci). Korištenje OIE je poticano državnim subvencijama, a s veličinama smanjenja ispuštanja CO_2 se može trgovati. Naime, osim ekonomskih ušteda, primjena OIE značajno doprinosi smanjenju ispuštanja stakleničkih plinova i time održivosti življenja ljudi. Primjena FN sustava u kanalizaciji bez korištenja baterija je dosta složenija, iako moguća. Problem je u tome što je dulje zadržavanje otpadnih voda u retencijama nepovoljno zbog bioloških procesa, stvaranja plinova, kore i taloga. Međutim, primjena je prihvatljiva tijekom dnevnog perioda rada, kada je električna energija ujedno i najskuplja. Mogućnosti primjene FN energije u UVS-u su brojne, posebno za manje korisnike kod kojih se mogu koristiti baterije. Njihova primjena se potiče u svim strategijama održivog razvoja EU i u strategijama Hrvatske, te bi stoga bilo korisno razmotriti njihovu primjenu u UVS-u.

LITERATURA

[1] Academic press, (2009): *Renewable Energy Focus Handbook*, Elsevier Inc. London, Velika Britanija.

[2] Brandt, M., Middleton, R., Wheale, G., Frans Schulting, F., (2011): Energy efficiency in the water industry, a global research project, Water Practice & Technology, (2), 1-15.

[3] Burton, T., Jenkins, N., Sharpe, D., Bossanyi E. (2011): *Wind Energy Handbook*, Wiley, London, Velika Britanija.

[4] Carravetta, A., Del Giudice, G., Fecarotta, O., Ramos, H. M., (2013): *Pump as Turbine (PAT) Design in Water Distribution Network by System Effectiveness*, Water, (5), 1211-1225. European Small Hydropower Association – ESHA (2010): *Energy Recovery in Existing Infrastructure with Small Hydropower Plants: Multipurpose Schemes-Overview and Examples*, Bruxelles, Belgija.

[5] CleanTechnica, (2015): http://cleantechnica.com/ (14.02.2015.).

[6] Đurin, B., Margeta ,J., (2014): *Analysis of possible use of solar photovoltaic energy in urban water supply systems*. Water, (6), 1546-1561.

[7] Electricity Storage Association (ESA) - Energy storage technologies, (2009): *Technologies & Applications – Technology Comparisons*. http://energystorage.org/energy-storage/energy-storage-technologies (16.02.2015.).

[8] European Renewable Energy Council (EREC), (2010): *Renewable energy in Europe: markets, trends, and technologies*, Bruxelles, Belgija.

[9] Goswami, D. Y., Kreith, F., Kreider, J. F. (2000): *Principles of Solar Engineering*, CRS press, Taylor & Francis group, London, Velika Britanija.

[10] Judith, A. B., (2007): *WATERGY: Energy and Water Efficiency in Municipal Water Supply and Wastewater Treatment; Cost-effective savings of water and energy*, Alliance to save energy, 2007., Washington, SAD.

[11] Powell, D. M., Winkler, M. T., Choi, H. J., Simmons, C. B., Berney Needleman, D., Buonassisi, T., (2012): Crystaline silicon photovoltaic: a cost analysis framework for determining technology pathways to reach baseload electricity costs. *Energy & Environmental Science*, (5), 5874-5883.

[12] PowerTech Systems, (2015): http://www.powertechsystems.eu/en/technics/lithium-ion-vs-lead-acid-cost-analysis/, (11.02.2015).

[13] Rulknes, W., (2008): *Sewage sludge as a biomass resource for the production of energy: overview and assessment of the various options*, Energy & Fuels, (22), 9-15.

[14] Twidell, J., Weir, T. (2006): *Renewable Energy Resources*, Taylor and Francis, London, Velika Britanija.

[15] United Nations, (2012): *The Future We Want: Rio 20+20*, Outcome Document, United Nations, New York, https://sustainabledevelopment.un.org/futurewewant.html (15.02.2015.).

[16] Water UK, (2011): *Sustainability indicators 2010/11*, www.water.org.uk/home/news/press-releases/indicators2010-11/water-uk---sustainability-report-2010-11.pdf. (14.02.2015.).

AUTORI

prof. dr. sc. Jure Margeta, dipl. ing.građ. [a]
dr.sc. Bojan Đurin dipl.ing.geot. [b]

[a] Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 21000 Split, Matice Hrvatske 15, Hrvatska, margeta@gradst.hr

[b] Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, 42000 Varaždin, Hallerova Aleja 7, Hrvatska, bojan@gfv.hr

R 3.14.

KONCEPT SUSTAVNOG SMANJENJA VODNIH GUBITAKA U VODOOPSKRBNIM SUSTAVIMA

Martina Tadić

SAŽETAK: Vodni gubici su aktualna tema u Hrvatskoj u zadnjih nekoliko godina. Smanjenju vodnih gubitaka se pristupa sve aktivnije zbog zahtjeva strateških dokumenata Republike Hrvatske, zahtjeva EU[11], a time i Studija izvodljivosti koje su podloge za Aplikaciju za sufinanciranje iz EU fondova te učinkovitosti poslovanja komunalnih tvrtki.

Uspješno detektiranje i rješavanje vodnih gubitaka podrazumijeva korištenje IWA[2] metodologije, no i niz drugih aktivnosti koje je potrebno poduzeti kako bi se zagospodarilo vodoopskrbnim sustavom. Borba protiv vodnih gubitaka uključuje međusobnu suradnju mnogih struka i sudioništvo stručnog kadra svih stručnih sprema, te zahtjeva aktivno uključenje političara, građanstva i medija. Koncept sustavnog smanjenja gubitaka podrazumijeva izvrsno poznavanje vodoopskrbnog sustava uključujući kontinuirano ažuriran GIS[3], kalibrirane matematičke modele sustava, pro-aktivno održavanje sustava, formiranje DMA[4] i PMA[5] zona, kontinuirano prikupljanje i obradu podataka (NUS[6]) te cjeloživotni program edukacije djelatnika komunalnih tvrtki i potrošača. Ovim radom se željelo ukazati na važnost sustavnog pristupa rješavanja problematike vodnih gubitaka. U radu je prikazan primjer začetka koncepta sustavnog smanjenja gubitaka na vodoopskrbnom sustavu Slavonskog Broda.

KLJUČNE RIJEČI: Vodni gubici, Kontrola sustava, IWA metodologija, Sustavni pristup, Vodoopskrbni sustav Slavonskog Broda

THE CONCEPT OF SYSTEMATIC REDUCTION OF WATER LOSSES IN WATER SUPPLY SYSTEMS

SUMMARY: Water losses have been a topical issue in Croatia in the past several years. The approach to water losses is becoming increasingly more active due to the require-

1 EU – Europska Unija
2 IWA – eng. International Water Association
3 GIS – Geografski Informacijski Sustav
4 DMA – eng. District Metered Area
5 PMA – eng. Pressure Management Area
6 NUS – nadzorno-upravljački sustav

ments of the national strategic documents and EU requirements, including the requirements of feasibility studies which are the basis for application of projects for EU co-financing, and the requirements for efficient performance of utility companies.

Successful detection and resolution of water losses implies the application of the IWA methodology, but also of a number of other activities that need to be carried out in order to control water supply systems. The battle against water losses includes mutual cooperation of different professions and participation of qualified personnel with different education and training levels, and requires active involvement of politicians, citizens and the media. The concept of systematic reduction of losses implies excellent knowledge about the water supply system, including continuously updated GIS, calibrated mathematical models of the system, proactive system maintenance, establishment of DMAs and PMAs, continuous collection and processing of data (SCADA), and a life-long learning programme for the employees of utility companies and consumers. The purpose of this paper is to point to the significance of a systematic approach to resolving the issue of water losses. The paper illustrates the beginnings of the systematic loss reduction concept in the water supply system of Slavonski Brod.

KEY WORDS: Water losses, System control, IWA methodology, Systematic approach, Water supply system of Slavonski Brod

1. UVOD

Vodni gubici u vodoopskrbnom sustavu aktualna su tema u Hrvatskoj zadnjih nekoliko godina. Poznato je da je sustav upravljanja vodama dugoročno neodrživ ukoliko se ne riješi problematika vodnih gubitaka u vodoopskrbnim sustavima te da ih je potrebno što prije svesti na prihvatljivu mjeru.

Potreba za smanjenjem gubitaka proizlazi iz strateških dokumenata Republike Hrvatske. Prema Strategiji upravljanja voda (NN 91/08) cijena vode ne bi smjela sadržavati neracionalnosti u komunalnim djelatnostima poput velikih vodnih gubitaka u sustavu te se zahtjeva smanjenje vodnih gubitaka na prihvatljive vrijednosti 15-20% po uzoru na europske zemlje. Smanjenje vodnih gubitaka je jedan od ciljeva postavljen Operativnim programom Konkurentnost i kohezija 2014. - 2020. Rješavanju problema vodnih gubitaka pristupa se i u sklopu studijske dokumentacije koja služi kao podloga za Aplikaciju za sufinanciranje za EU fondove. Studijom izvodljivosti potrebno je prikazati na koji način i u kojoj mjeri će se riješiti problem gubitaka na pojedinom vodoopskrbnom sustavu, što se može učiniti samo uz sustavnu analizu vodoopskrbnog sustava. Uz navedene razloge za rješavanje problema gubitaka, dovoljan poticaj bi trebao biti i znatne financijske uštede za komunalnu tvrtku koja upravlja vodoopskrbnim sustavom.

2. SUSTAVNO SMANJENJE GUBITAKA U VODOOPSKRBNIM SUSTAVIMA

2.1. Vodni gubici u Hrvatskoj

Prema Izvješćima o obavljenoj reviziji Ekonomska opravdanost razlika u cijeni javne vodoopskrbe za 2012. godinu na području županija u Republici Hrvatskoj može se zaključiti da je stanje u Hrvatskoj još uvijek poprilično loše u pogledu vodnih gubitaka

(Tablica 1). U gotovo svim izvješćima ističe se da je potrebno poduzeti mjere smanjenja vodnih gubitaka. U izvješćima su navedeni podaci o omjeru neisporučene i zahvaćene vode za Istarsku županiju (cca 27%), Koprivničko-križevačku (cca 10%), Međimursku

Tablica 1.Odnos neisporučene i zahvaćene količine vode u pojedinim županijama 2012. godine (Izvor: Izvješća o obavljenoj reviziji Ekonomska opravdanost razlika u cijeni javne vodoopskrbe za 2012.)

ŽUPANIJA	ZAHVAĆENA VODA	ISPORUČENA VODA	NEISPORUČENA VODA	NEISPOR./ZAHV.
	m^3	m^3	m^3	%
Bjelovarsko-bilogorska	5.248.617	3.147.713	2.100.904	40%
Brodsko-posavska	8.788.853	5.157.469	3.631.384	41%
Dubrovačko-neretvanska	21.884.252	12.455.076	9.429.176	43%
Grad Zagreb	120.000.000	61.200.000	58.800.000	49%
Krapinsko-zagorska	9.085.420	4.503.129	4.582.291	50%
Osječko-baranjska	20.235.948	12.465.344	7.770.604	38%
Požeško-slavonska	4.931.506	2.884.731	2.046.775	45%
Primorsko-goranska	3.407.845	2.354.821	1.053.024	31%
Sisačko-moslavačka	14.197.146	7.712.313	6.484.833	46%
Šibensko-kninska	22.809.091	9.815.874	12.993.217	57%
Virovitičko-podravska	4.735.300	2.899.528	1.835.772	37%
Vukovarsko-srijemska	12.745.389	8.708.606	4.036.783	32%
Zadarska	37752924	12694932	25.057.992	66%

(cca 28%), Zagrebačku (cca 25%). Potrebno je naglasiti da nije ispravan način promatrati vodne gubitke kroz količine zahvaćene i neisporučene vode jer takav način ne daje realnu sliku problema. Uvid u učinkovitost upravljanja vodoopskrbnim sustavom sa stajališta gubitaka vode se može dobiti preko ILI indikatora[77]. Vodoopskrbni sustav Međimurske županije je 2006. godine počeo primjenjivati ILI indikator. U 2012. godini ILI indikator u međimurskom vodoopskrbnom sustavu iznosi 1,97 što svrstava vodoopskrbni sustav u prvu skupinu uspješnosti.

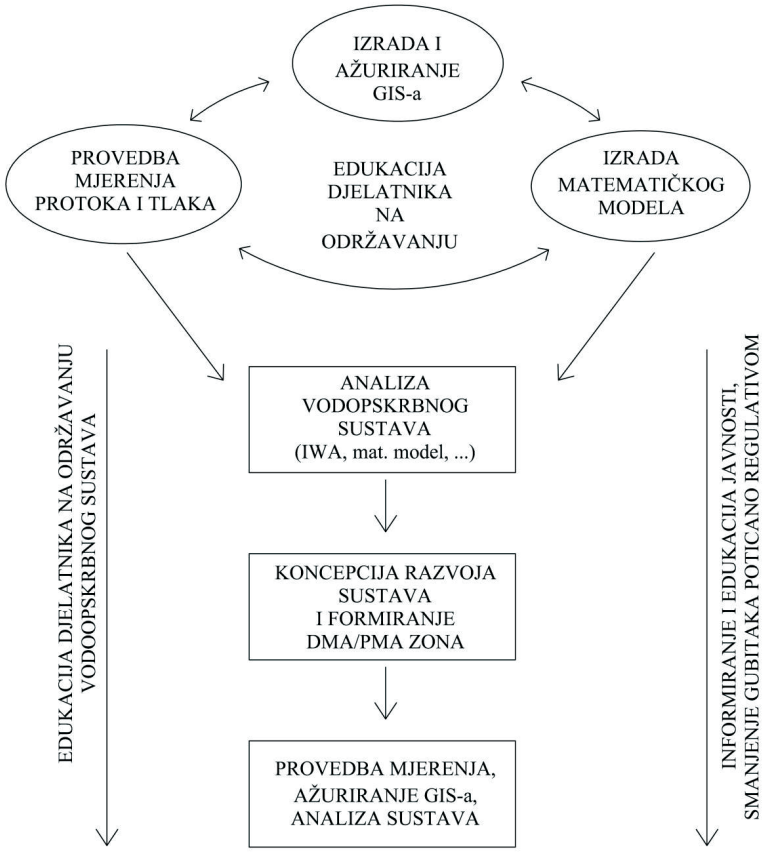
Kako bi se riješio problem vodnih gubitaka u Hrvatskoj pristupilo se raznim projektnim programima kojima će se sustavno rješavati vodni gubici u sustavu. U nastavku se daje koncept takvog pristupa rješavanja problema vodnih gubitaka u vodoopskrbnim sustavima.

2.2. Sustavno smanjenje vodnih gubitaka u vodoopskrbnom sustavu

Cjelovita analiza vodoopskrbnog sustava u cilju smanjenja vodnih gubitaka podrazumijeva implementaciju GIS-a (napredno upravljanje svim podacima i informacijama), analizu mjerenja protoka i tlaka dobivenih iz NUS-a, provedbu dodatnih mjerenja protoka i tlaka s analizom preliminarnih DMA/PMA zona, matematičko modeliranje vodoopskrbnog sustava, kalibraciju matematičkog modela postojećeg stanja vodoopskrbnog sustava na temelju dobivenih mjerenja, analizu sustava, planiranje i formiranje DMA/PMA zona u skladu s planskim dokumentima, matematičko modeliranje planiranog stanja vodoopskrbnog sustava s formiranim DMA/PMA zonama, projektiranje i izvedbu mjernih i mjerno-regulacijskih mjesta i najvažnije od svega educiranje djelatnika komunalnih

7 ILI – eng. Infrastructure Leakage Index

tvrtki i formiranje stalnog tima koji će biti zadužen isključivo za rješavanje problematike vodnih gubitaka na vodoopskrbnom sustavu. Nakon cjelovite analize vodoopskrbnog



Slika 1.Sustavni koncept smanjenja gubitaka

sustava i izvedbe DMA/PMA zona program smanjenja vodnih gubitaka ne završava već je potrebno nastaviti aktivno raditi na sustavu. Osposobljena ekipa za održavanje treba nastaviti pratiti stanje tlakova i protoka u DMA/PMA zonama, vršiti mjerenja protoka i tlaka prijenosnom opremom prema planu, analizirati stanje sustava prema IWA metodologiji te provoditi sve potrebne mjere kako bi se vodni gubici smanjili i održavali na zadovoljavajućem stupnju. Važno je spoznati da sustavno smanjenje gubitaka nije projekt koji završava određenim datumom tj. programom analize vodnih gubitaka nego je proces koji traje koliko traje i sustav (Slika 1.).

Implementacija sustava za upravljanje prostornim podacima i pridruženim im osobinama ili geoinformacijskog sustava (GIS) bitan je korak u rješavanju problema, jer gubici se mogu smanjiti samo ako se poznaje sustav i svi njegovi elementi. GIS je osmišljen na način da se pomoću njega mogu kreirati baze podataka o vodoopskrbnom sustavu i dijelovima vodoopskrbnog sustava koje se mogu pohraniti u željenom obliku. Baze podataka su lako

dostupne te se s njima može manipulirati, podaci se mogu analizirati i interpretirati kako bi se bolje shvatila njihova međusobna povezanost, obrasci ponašanja i trendovi. Osim tehnologije (programi/software i uređaji/ hardware) pojam GIS obuhvaća i strategiju za obradu podataka i informacija. GIS obuhvaća unos i prikupljanje podataka, pohranjivanje podataka, analizu podataka i ispis dobivenih rezultata (Tutić i drugi, 2002.). Prednost korištenja GIS-a je u tome što su baze podataka kompatibilne s raznim računalnim programima, aktivno korištenje GIS-a i ažuriranje podataka omogućava učinkovitije i ekonomičnije planiranje sustava. Korist i isplativost ovakvog načina upravljanja sustavom se može postići samo ako se aktivno radi na GIS-u, tj ako se kontinuirano ažurira, jer zastarjeli podaci i informacije su neupotrebljivi, a da bi se doveli u stanje upotrebljivosti potrebno je uložiti dosta vremena i truda (kontrola postojećih podataka, verifikacija, nadopuna i sl.). Ažuriran GIS olakšava upravljanje informacijama, povećava učinkovitost upravljanja sustavom, daje kvalitetnije analize te pomaže pri donošenju odluka, omogućava bolju komunikaciju svih korisnika GIS sustava. Implementacijom GIS-a u rad vodoopskrbnog sustava poboljšavaju se i drugi segmenti funkcioniranja sustava.

Daljinski nadzor i upravljanje vodoopskrbnim sustavom (NUS) sastavni je dio vodoopskrbnog sustava, no uz postojeća mjerenja i mjerna mjesta potrebno je izvršiti dodatna mjerenja protoka i tlaka kako bi se preciznije utvrdilo stanje u sustavu, te kako bi se definirale preliminarne DMA/PMA zone. Mjerenja protoka i tlaka prijenosnom opremom su značajna zbog dobivanja podataka za kalibraciju modela, utvrđivanja noćnih protoka i otkrivanje nestacionarnih stanja u sustavu (pojavu vodnog udara), a popratna pojava prilikom mjerenja je da se pronalaze i saniraju puknuća na cjevovodu. Mjerenjima i izlascima na teren utvrđuje se stanje pojedinih zasuna (otvorenost/zatvorenost), te mogućnost za formiranje DMA/PMA zona u smislu odabira lokacije ulaza i izlaza u zonu, te postavljanja granice pojedine zone. Navedene informacije su veoma značajne prilikom kreiranja DMA/PMA zona u matematičkom modelu.

Na temelju izvršenih mjerenja može se izraditi bilanca vode prema IWA metodologiji i utvrditi stvarni gubici u sustavu. Određivanjem ILI indikatora predviđaju se mjere sanacije vodnih gubitaka. Provedbom programa mjerenja vrši se i edukacija zaposlenika komunalne tvrtke na održavanju. Zaposlenici koji će nastaviti raditi na mjerenjima i održavanju sustava nakon obuke biti će u stanju sami izvršiti sva mjerenja, obraditi ih i prepoznati problem u sustavu kako bi se u što kraćem roku izvršila sanacija.

Definiranje matematičkog modela postojećeg stanja vodoopskrbnog sustava na temelju podataka preuzetih iz GIS-a i kalibracija istog na temelju mjerenja protoka, tlaka i razina vode u vodospremnicima dobivenih iz SCADA-e i mjerenja protoka i tlaka dobivenih prijenosnom opremom omogućava analizu stvarnog stanja u sustavu i otkrivanje problematičnih lokacija. Pronalaze se sva nelogična stanja koja odstupaju od normalnog režima rada sustava i time upućuju na pojavu prekomjernih gubitaka vode. Matematičkim modelom analizira se i starost vode u sustavu na temelju postojećih mjerenja rezidualnog klora. Ovakav pristup omogućava formiranje DMA/PMA zona na najbolji i najučinkovitiji način. Formiranje DMA/PMA zona uz pomoć matematičkih modela podrazumijeva zoniranje sustava sagledavanjem najekstremnijih situacija i predviđanje najboljih rješenja kako bi se izbjegla iznenađenja. Matematički model omogućava i otkrivanje kritičnih točaka u sustavu te formiranje zona koje će zadovoljiti sve potrebe za vodom, imati dostatne

tlakove u svim situacijama s minimalnim zadržavanjem vode u zoni tj. odgovarajućom starosti vode. Uz analizu i formiranje zona na postojećem stanju vodoopskrbnog sustava sagledava se i planirano stanje sustava. Matematički model postojećeg stanja vodoopskrbnog sustava nadograđuje se planiranim cjevovodima i objektima u kojem se definira buduća potrošnja privrede i kućanstava s očekivanim gubicima u sustavu. Na tako formiranom i uravnoteženom matematičkom modelu analizira se utjecaj planiranih DMA/PMA zona na buduće stanje vodoopskrbnog sustava. DMA/PMA zone formirane na postojećem stanju moraju zadovoljavati i odgovarati svojom strukturom i funkcijom vodoopskrbnom sustavu i u budućnosti. Rezultati i analiza matematičkih modela su ključni pri odabiru optimalne opreme koja će se ugrađivati u mjerno-regulacijska i mjerna okna, koja predstavljaju ulaze i izlaze u DMA/PMA zone.

Matematičkim modelima vodoopskrbnog sustava definiraju se parametri za projektiranje mjero-regulacijskih i regulacijskih okana. Zabilježeni podaci mjerenja tlaka i protoka sa mjernih mjesta šalju se u kontrolno-upravljački centar, a svako zabilježeno mjerenje koje izlazi izvan okvira predviđenog ponašanja se javlja kao alarmantno kako bi ekipa na održavanju vodoopskrbnog sustava mogla pravovremeno reagirati.

Program sustavnog smanjenja gubitaka ne smije završiti samo na radu stručnjaka na vodoopskrbnom sustavu. Važni akteri u vodoopskrbnom sustavu su i potrošači. Potrebno je podići svijest svih potrošača o održivosti sustava upravljanja vodama, ukazati im na njihovu ulogu u vodoopskrbnom sustavu te ih potaknuti da se uključe u borbu protiv vodnih gubitaka u vodoopskrbnim sustavima. Aktivnu politiku smanjenja gubitaka potrebno je iznositi kroz medije i druge izvore informiranja javnosti. Potrošači trebaju postati svjesni da su količine pitke vode ograničene, da trebamo racionalno postupati s resursima te iste štiti gdje god je to moguće i kad god je to moguće.

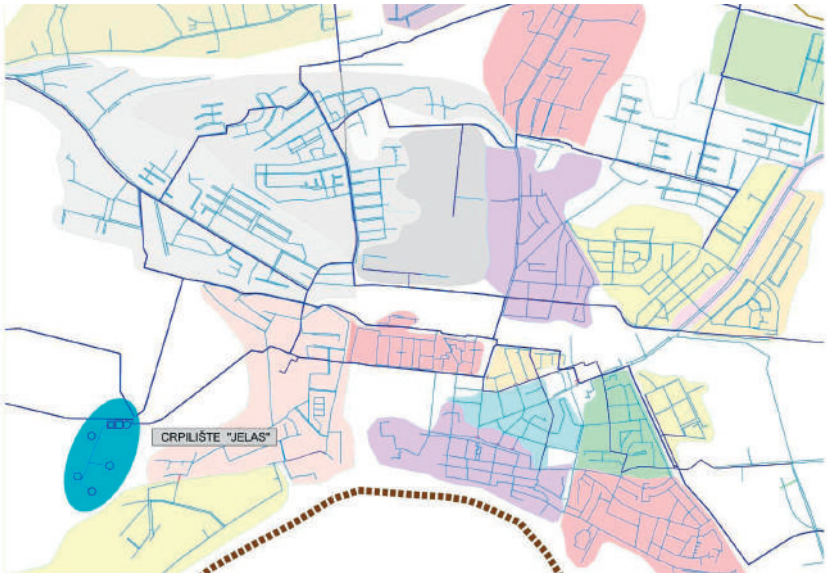
2.3. Primjer sustavnog pristupa smanjenju vodnih gubitaka na distributivnom području Slavonskog Broda

Važnost sustavnog pristupa smanjenju vodnih gubitaka prepoznale su mnoge komunalne tvrtke u Hrvatskoj. Tako je i komunalna tvrtka Vodovod d.o.o. Slavonski Brod prepoznala prednosti ovakvog pristupa smanjenju vodnih gubitaka, te je krajem 2014. godine započela s uvođenjem istog. Program je trenutno u fazi izrade, a konačni rezultat će biti plod suradnje stručnjaka na području hidrotehnike, strojarstva, elektrotehnike i ekonomije.

Na temelju postojećeg GIS-a, obilaska terena te kontinuiranom komunikacijom djelatnika komunalne tvrtke i izrađivača programa smanjenja gubitaka (Aqua Libera i Hidroprojekt-ing) ažurirana je baza podataka postojećeg stanja vodoopskrbnog sustava. Izrađen je katastar vodova, definirana su postojeća mjerna mjesta, priključenosti i pokrivenost distribucijskog područja. Izrađen je matematički model postojećeg stanja te su definirane lokacije na kojima su izvršena mjerenja protoka i tlaka koja su kasnije služila za kalibraciju matematičkog modela postojećeg stanja i definiranje DMA/PMA zona. Izrađena je proširena bilanca sustava i analiza sustava prema IWA metodologiji.

Projektnim programom analizirani su sadašnji trendovi potrošnje vode potrošača svih kategorija kako bi se izvršila procjena budućih potreba za vodom. Primijenjena metodologija za izradu detaljne analize potreba za vodom za period od 30 godina temeljena je na Vodiču za analizu troškova i koristi investicijskih projekta (06/2008), važećim hrvatskim propisima, EU direktivama, projekciji broja stanovnika u budućnosti,

projekciji razvoja gospodarstva i industrije u budućnosti, projekciji specifične potrošnje u budućnosti, iskustvu projektanata i opće priznatim smjernicama iz tehničke literature. Matematički model postojećeg stanja nadograđen je svim planiranim cjevovodima i objektima i očekivanom vršnom potrošnjom koja će se javiti u budućem razdoblju slijedećih 30 godina. Na tako formiranom modelu ispitana je funkcionalnost formiranih DMA/PMA zona. (Slika 2.)



Slika 2. Prikaz DMA zona u Slavonskom Brodu

Analizirati će se dvije jednako vrijedne i usporedive varijante te na temelju CBA analize odabrati će se najpovoljnija varijanta. Za odabranu varijantu izvršiti će se detaljna analiza budućeg stanja vodoopskrbnog sustava. U ovoj fazi izrade projekta dati će se smjernice za budući razvoj vodoopskrbnog sustava, definirati će se optimalan rad sustava u smislu tlakova u mreži i algoritma rada energetskih potrošača (crpne stanice), omogućiti će se optimalan protok vode u sustavu (biti će spriječeno zadržavanje vode na rubnim dijelovima zona), dati će se procjena smanjenja gubitaka, prijedlog prioritetnih mjera i zahvata te faznost izvođenja istih.

Konačno, ishod projektnog programa dati će koncepcijsko rješenje DMA/PMA zona i NUS-a. Ovim rješenjem će biti točno definirane lokacije, hidraulički parametri i tehnički zahtjevi za projektiranje i izvođenje mjernih i mjerno-regulacijskih okana.

Ovako izrađen projektni program smanjenja gubitaka odlična je podloga za Studiju izvodljivosti i Aplikaciju za sufinanciranje iz EU fondova. Za kvalitetan izračun smanjenja gubitaka neophodno je provesti ovakav program kojim će se utvrditi stanje u sustavu i na temelju detaljnih analiza donijeti procjena smanjenja gubitaka te učinkovitost i isplativost provedbe DMA/PMA zona.

ZAKLJUČAK

Ovim radom napravljen je osvrt na stanje u Hrvatskoj u pogledu vodnih gubitaka. Ustanovljeno je da je potrebno još mnogo truda uložiti da sve komunalne tvrtke dosegnu prihvatljivu količinu vodnih gubitaka, tj. zadovoljavajuću veličinu ILI indikatora. Definiran je koncept sustavnog smanjenja vodnih gubitaka te su istaknute koristi koje mogu proizaći iz takvog pristupa.

Potrebitost kontrole vodoopskrbnog sustava proizlazi iz želje za očuvanjem prirodnih resursa, financijskim uštedama i učinkovitijem vođenju vodoopskrbnog sustava. Ovakav pristup smanjenju gubitaka potreban je i kao podloga za izradu Studija izvodljivosti i planske dokumentacije vodoopskrbnih sustava.

ZAHVALA

Autor zahvaljuje na suradnji kolegi Jurici Kovač iz tvrtke Aqua Libera d.o.o. koja je vršila mjerenja, djelatnicima komunalne tvrtke Vodovod d.o.o. Slavonski Brod na komunikaciji, suradnji i pruženim informacijama, te kolegama u tvrtki Hidroprojekt-ing projektiranje d.o.o.

LITERATURA

[1] Izvješća o obavljenoj reviziji - *Ekonomska opravdanost razlika u cijeni javne vodoopskrbe* (za županije), Republika Hrvatska Državni zavod za Reviziju, 2013.

[2] Kovač, J., Fantozzi, M. (2014.), *IWA metodologija upravljanja gubicima vode – put prema smanjenju i uspješnoj kontroli gubitaka vode*, 2014/2, 46-51

[3] Tutić, D., Vučetić, N., Lapaine, M., (2002.), *Uvod u GIS*, SVEUČILIŠTE U ZAGREBU GEODETSKI FAKULTET, Zagreb

[4] Vouk, D., Malus, D., Vuković, Ž., Halkijević, I., (2012.), *Metodologija analize vodnih gubitaka u vodoopskrbnim sustavima*, Aktualna problematika u vodoopskrbi i odvodnji (Beslić M., Ban D.), Revelin d.o.o., Bol, otok Brač, 121-130

AUTOR

Martina Tadić, dipl.ing.građ. [a]

[a] HIDROPROJEKT-ING projektiranje d.o.o., Draškovićeva 35/1, Zagreb, 10000, Hrvatska, mtadic@hp-ing.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 3.15.

METODA OPTIMALNOG TLAKA - KOREKCIJA VRIJEDNOSTI ULAZNIH PARAMETARA U ANALIZI GUBITAKA PREMA IWA METODOLOGIJI

Igor Dundović

SAŽETAK: Analiza gubitaka u vodoopskrbnim sustavima prema metodologiji Radne skupine za gubitke vode pri Međunarodnom udruženju za vodu (engl. International Water Association - Water Loss Specialist Group, IWA WLSG) postala je standard u Republici Hrvatskoj. Prvi pokazatelj koji je definiran na način da pruži bolji uvid u učinkovitost upravljanja pojedinim vodoopskrbnim sustavom, odnosno prikaže uspješnost komunalnog poduzeća u rješavanju problema vodnih gubitaka je ILI pokazatelj. Ovim radom nastojalo se dokazati kako standardizirani prikaz ILI pokazatelja ima svoje nedosljednosti, odnosno kako se doslovnom interpretacijom može doći do krivih zaključaka. Radom se predlaže korekcija vrijednosti neizbježnih godišnjih stvarnih gubitaka (UARL) korištenjem metode optimalnog tlaka (MOT). MOT metoda prvi se put uvodi ovim radom te predstavlja dodatni postupak koji se provodi nakon fizičkih mjerenja na terenu, a prije provedbe izračuna vrijednosti ILI pokazatelja prema IWA metodologiji. Postupak se sastoji od izrade detaljnog hidrauličkog modela sustava te kalibracije istog korištenjem mjerenih podataka. Takav model ima svrhu definirati optimalni radni tlak. Na ovaj se način sustav dovodi u optimalno stanje funkcioniranja te se analiza ILI pokazatelja provodi na takvom stanju. MOT metoda pronalazi svoju primjenu u analizi vodoopskrbnih sustava koji nemaju implementiran sustav upravljanja radnim tlakovima, odnosno u kojima stvarni radni tlakovi nisu optimalni.

KLJUČNE RIJEČI: IWA, UARL, ILI, vodni gubitci, MOT metoda, tlak

OPTIMAL PRESSURE METHOD - CORRECTION OF INPUT PARAMETER VALUES IN THE CALCULATION OF REAL LOSSES USING THE IWA METHODOLOGY

SUMMARY: The analysis of real losses in water supply systems using the IWA WLSG (International Water Association - Water Loss Specialist Group) methodology became the standard analysis in the Republic of Croatia. The first defined indicator that shows efficiency of the WSS regarding real losses is the ILI (Infrastructure Leakage Index). This paper's goal was to prove that standardised presentation of the ILI value has its inconsistencies and that literal interpretation can lead to wrong conclusions. This paper suggests

a correction of the Unavoidable Annual Real Losses - UARL by using the Optimal Pressure Method - OPM. The OPM is introduced in this paper for the first time and represents an additional process carried out after the physical measurement and before the final ILI calculation. The process consists of designing a detailed mathematical model calibrated using measured data. The calibrated model is then the basis for optimization of real working pressure. In this way, the system leads to an optimal state of functioning and the ILI indicator calculation is performed on that condition. the OPM method finds its application in the analysis of water supply systems that have no pressure management system and where the actual operating pressure ranges are not optimal.

KEY WORDS: IWA, UARL, ILI, real losses, OPM method, pressure

1. UVOD

Analiza gubitaka u vodoopskrbnim sustavima prema metodologiji Radne skupine za gubitke vode pri Međunarodnom udruženju za vodu (engl. International Water Association - Water Loss Specialist Group, IWA WLSG) postala je standard u Republici Hrvatskoj. Rezultat spomenute analize pojedine mjerne zone (eng. District Metering Area, DMA) vodoopskrbnog sustava je pokazatelj istjecanja (engl. Infrastructure Leakage Index, ILI) koji predstavlja konačnu ocjenu uspješnosti rješavanja stvarnih gubitaka u cjelovitom sustavu ili dijelu sustava. Ovisno o vrijednosti ILI pokazatelja provode se određene mjere smanjenja i kontrole gubitaka te predlažu investicije po pitanju sanacije mreže, nabave nadzorno-upravljačke opreme, ugradnje sustava upravljanja tlakovima itd. Osnovni parametar za izračun ILI pokazatelja je vrijednost neizbježnih godišnjih stvarni gubitaka (engl. Unavoidable Annual Real Losses, UARL), za čiji izračun bitnu stavku čini tlak u sustavu. Tlakovi u pojedinim sustavima nisu optimalno postavljeni pogotovo tamo gdje se dobava vode vrši gravitacijski i nema utroška energije po pitanju podizanja tlaka. Visoki tlakovi uzrokuju veća istjecanja na vodoopskrbnim cjevovodima. Cilj je ovog rada prikazati konkretne primjere u kojima doslovno tumačenje rezultata ILI pokazatelja može dovesti do pogrešnih zaključaka.

S obzirom da ILI pokazatelj predstavlja konačnu ocjenu uspješnosti pojedinog vodoopskrbnog sustava, vrlo je bitno provesti izračun koji će u konačnici dati vjerodostojne rezultate. U tu se svrhu radom predlaže uvođenje analitičkog postupka nazvanog metoda optimalnog tlaka (MOT) prije samog provođenja izračuna ILI pokazatelja.

2. POKAZATELJI UČINKA PREMA IWA-i

U vremenu kada voda počinje predstavljati jedan od strateških resursa pojedinih regija i država, pojavljuje se i potreba za aktivnim očuvanjem toga resursa. Pokazatelji učinka (PU) povezani s gubitcima u vodoopskrbnim mrežama neizravno pomažu razumijevanju ponašanja pojedinog sustava. PU pokazuju aktivnosti koje pružatelji usluga obavljaju poglavito po pitanju upravljanja tlakovima, aktivne kontrole istjecanja te upravljanja imovinom. Ovi pokazatelji predstavljaju najbolju praksu za područje vodoopskrbe te je bitno razviti trajne standarde, povećati učinkovitost te tako osigurati vodu za budućnost (Amoatey, 2014). Pokazatelji učinka također su korisni u definiranju i postavljanju ciljeva unaprjeđenja, mjerenja i uspoređivanja učinka, usklađivanja procesa praćenja te definiranja prioritetnih ulaganja (Alegre i Cabrerra, 2011; Farley i drugi, 2008).

IWA je razvila metodologiju izračuna bilance voda (BV) za vodoopskrbne sustave (VS) koristeći, uz Međunarodnu standardiziranu IWA bilancu voda (Vouk i drugi, 2012), set od 170 PU-a podijeljenih u 6 osnovnih skupina (Tablica 1.) (Lambert, 2002; Alegre i drugi 2006) zasnovanih na 232 varijable koje je potrebno redovito promatrati (Kanakoudis i drugi, 2011).

Tablica 1. 170 IWA PU (Alegre i drugi, 2006)

Rb	PU	Broj pokazatelja
1	Vodni resursi	4
2	Osoblje	26
3	Kvaliteta usluge	34
4	Operativni	44
5	Fizički	15
6	Financijski	47
	UKUPNO	**170**

U svrhu pojednostavljenja analize te postavljanja prioritetnih osi po pitanju analize pokazatelja, u svijetu se pojavljuju i druge metode utemeljene na osnovnoj IWA metodologiji. Jedna od njih je, karakteristična za mediteransku regiju, i „WATERLOSS-Management of water losses in a drinking supply system“. Radna skupina ovog projekta definirala je, uz 11 preuzetih iz originalne metodologije, 30 novih pokazatelja koji uključuju energetske pokazatelje, emisiju ugljika itd., što daje ukupno 41 PU. No, za procjenu ovih novih 41 PU-a potrebno je definirati barem 22 nove varijable (Kanakoudis i drugi, 2011).

Vidljivo je da je za potpunu analizu stanja jednog vodoopskrbnog sustava potrebno uložiti veliki broj radnih sati, financijskih sredstava za definiranje potrebnih varijabli te pronaći optimalnu metodologiju definiranja PU-a.

Prema dosadašnjoj praksi u Republici Hrvatskoj, osnovni pokazatelj koji je definiran na način da pruži bolji uvid u učinkovitost upravljanja pojedinim vodoopskrbnim sustavom, odnosno prikaže uspješnost distributera u rješavanju problema vodnih gubitaka je ILI pokazatelj koji predstavlja odnos trenutnih godišnjih stvarnih gubitaka (engl. Current Annual Real Losses, CARL) i neizbježnih godišnjih stvarnih gubitaka (engl. Unavoidable Annual Real Losses, UARL) (Vouk i drugi, 2014).

Metodologija izračuna ILI pokazatelja obrađena je u velikom broju stručnih radova kao npr. Vouk i drugi, 2012, Kovač, 2010 te Lambert i McKenzie, 2002. „IWA priručnik za najbolju praksu - pokazatelji učinka za vodoopskrbne sustave“ (Alegre i drugi, 2006) daje cjeloviti prikaz provedbe analize vodoopskrbnih sustava i izračuna pokazatelja učinka. Treće izdanje istog priručnika planira se izdati 2015. godine te bi se u njemu prikazale dorađene metode analize na osnovi dugogodišnje prakse provedbe mjerenja i analiza prema metodologiji iz prva dva izdanja (Liemberger i drugi, 2007).

Unatoč provedenim terenskim mjerenjima te analizama, praksa potvrđuje da ILI pokazatelj nema veliki utjecaj u odlučivanju prioriteta za smanjenje gubitaka i definiranja investicijskog programa. To nepovjerenje proizlazi i iz činjenice da je za određivane vrijednosti ILI pokazatelja potrebno prikupiti veliki broj terenskih informacija koje u većini slučajeva pružatelji usluga nemaju, a u projektima analize gubitaka nisu predviđena

sredstva za prikupljanje tih podataka. Da ILI pokazatelj nije u svakom slučaju pouzdan te da je potrebno provesti dodatne analize, pokazuje i rad „Da li je ILI pokazatelj pouzdan pokazatelj uspješnosti upravljanja vodnim gubitcima?“ (Vouk i drugi, 2014) gdje se dokazuje potreba provođenje dodatnih ekonomskih analiza vodnih gubitaka.
Ovim radom prikazat će se analitička metoda korekcije ulaznih vrijednosti za izračun ILI pokazatelja, poglavito za korekciju neizbježnih godišnjih stvarnih gubitaka (u daljnjem tekstu UARL).
Ukoliko ILI pokazatelj postane osnova za bitne financijske odluke, kao što je naplata zahvaćene vode u odnosu na učinkovitost nekog sustava ili prioriteti prilikom definiranja investicijskih paketa za provođenje mjera smanjenja gubitaka, potrebno je transparentno definirati vrijednost ILI pokazatelja bez mogućnosti manipulacije.

3. KOREKCIJA UARL VRIJEDNOSTI

Dosadašnjom praksom analize gubitaka na vodoopskrbnim sustavima, vidljivo je da veliku ulogu u definiranju ILI pokazatelja ima tlak u mreži. IWA metodologija te sve njene izvedenice prikazane u prethodnom poglavlju imaju polazišnu osnovu u činjenici da je tlak u sustavu optimiziran. Među 170 pokazatelja u IWA metodologiji postoji pokazatelj QS1 Prikladnost tlaka opskrbe (engl. Pressure supply adequacy), no on nema nikakvog utjecaja prilikom izračuna vrijednosti ILI pokazatelja.

3.1. Vrijednosti ILI pokazatelja na primjerima iz prakse

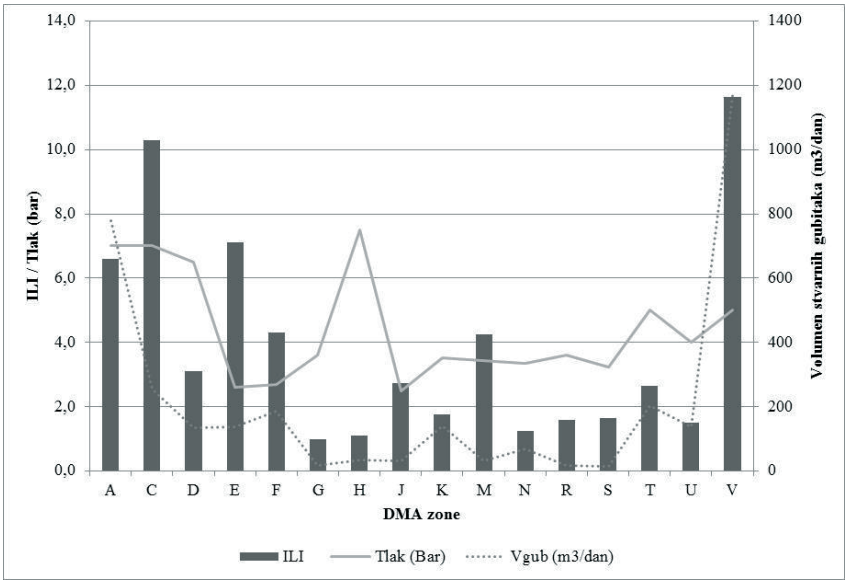
Provođenjem terenskih mjerenja te izračunom ILI pokazatelja (Tablica 2.), može se izvršiti detaljna usporedba svih čimbenika te pristupiti dubljoj analizi vrijednosti ILI pokazatelja. Napomena: terenska mjerenja provođena su u razdoblju od 2010. – 2015. godine na DMA zonama definiranim za 13 naselja u ravničarskom području (naseljenost 300 do 12000 stanovnika) te 4 na jadranskoj obali (naseljenost 500 do 2000 stanovnika sa sezonskim povećanjem do 5 puta). Rezultati za svaku DMA zonu prosjek su višednevnih mjerenja. Ukupna duljina cjevovodne mreže kućnih priključaka, od granice parcele do vodomjera, procijenjena je na 5 m za svaku DMA zonu.

Tablica 2. Izračun ILI pokazatelja na primjerima iz prakse

DMA	Mreža (km)	Br. pri.	Tlak (Bar)	UARL	Qsr/dan (l/s)	Qsr/noć (l/s)	Vgub (m^3/dan)	Vpotr (m^3/dan)	Učinak (%)	CARL	ILI
A	10,0	1605	7,0	74,0	10,40	9,01	778	120	13%	484,9	6,6
B	6,8	962	3,5	37,5	15,41	13,97	1207	101	8%	1254,5	33,4
C	2,8	321	7,0	77,2	3,44	2,94	254	43	14%	791,9	10,3
D	7,1	568	6,5	76,0	2,43	1,54	133	77	**38%**	234,5	3,1
E	12,0	556	2,6	34,8	3,07	1,99	138	128	48%	247,3	7,1
F	24,8	1210	2,7	35,6	6,38	2,68	185	366	66%	153,1	4,3
G	6,2	361	3,6	45,3	1,16	0,23	16	85	84%	44,1	1,0
H	8,6	239	7,5	129,8	1,21	0,50	34	70	67%	143,4	1,1
I	10,7	155	4,4	97,2	0,42	0,06	6	31	86%	35,6	0,4
J	7,8	344	2,5	34,0	1,46	0,46	32	94	74%	93,0	2,7
K	16,4	2073	3,5	38,2	8,55	2,06	139	600	81%	66,9	1,8
L	0,4	106	3,5	35,6	2,18	1,89	163	25	13%	1542,0	43,5
M	0,5	225	3,4	33,7	0,99	0,37	32	53	62%	143,3	4,2
N	51,0	781	3,3	71,4	4,36	0,80	69	308	81%	88,0	1,2
O	0,4	17	3,4	46,3	0,10	0,00	0	8	100%	1,3	0,0
P	1,0	107	3,1	34,9	0,36	0,01	1	30	97%	8,8	0,3
Q	1,7	408	3,5	35,7	1,90	0,11	9	154	94%	23,2	0,7
R	1,7	273	3,6	38,0	0,95	0,19	16	66	80%	60,1	1,6
S	2,5	209	3,2	37,7	0,78	0,15	13	54	80%	62,0	1,6
T	35,0	957	5,0	80,7	8,33	2,89	204	515	71%	213,4	2,6
U	25,0	1934	4,0	47,2	9,86	1,85	137	715	84%	70,9	1,5
V	24,0	1660	5,0	60,4	19,55	15,02	1168	521	**31%**	703,6	11,6
Z	30,0	1650	3,0	38,3	23,16	17,46	1358	643	**32%**	822,8	21,5

Iz Tablice 2. vidljivo je da DMA zone s najvećom vrijednosti ILI pokazatelja (zone B, C, L, V i Z) pokazuju izuzetno loše stanje na mreži s očigledno velikim istjecanjima. Tijekom analize nekih od prikazanih DMA zona, konkretno zone L, provedena je dodatna terenska analiza te je pronađena puknuta cijev koja je bila izvor istjecanja. Nakon sanacije ILI vrijednost smanjila se na 1,5.

U većini slučajeva, identifikacija kritičnih DMA zona završava definiranjem vrijednosti ILI pokazatelja, kako je vidljivo u Tablici 2. Slika 1. prikazuje utjecaj pojedinih čimbenika na konačnu vrijednost ILI pokazatelja (isključene DMA zone s najvišim i najnižim ILI vrijednostima).



Slika 1. Odnos vrijednosti ILI pokazatelja i utjecajnih čimbenika

Ukoliko se bolje pogledaju rezultati ILI vrijednosti u odnosu na ostale pokazatelje, vidljiva je određena nedosljednost. Usporedbom DMA zona D, V i Z, vidimo da učinkovitost opskrbe iznosi 31% - 38%, ali ILI pokazatelj poprilično se razlikuje (Tablica 2.).
DMA zona D pokazuje najmanju vrijednost ILI pokazatelja zbog kratke duljine mreže te visoke vrijednost UARL-a uzrokovanog visokim tlakom. DMA zone V i Z imaju gotovo iste karakteristike po pitanju duljine mreže i broja priključaka, no veliku razliku UARL vrijednosti i u konačnici ILI pokazatelja (11,6 za zonu V i 20,5 za zonu Z). Upravo ta nedosljednost, gdje se za istu količinu istjecanja, odnosno stvarnih gubitaka ILI vrijednost u potpunosti razlikuje zbog razlike UARL-a, dovodi do nepovjerenja u ILI pokazatelj kao osnovu za aktivnosti smanjenja gubitaka. U ovom slučaju, vrijednost ILI pokazatelja kritična je za obje DMA zone, no vidljiva razlika za gotovo isti stupanj istjecanja postavlja pitanje koja od ovih zona treba biti prioritetna za provođenje mjera smanjenja gubitaka.

3.2. Korekcija UARL-a metodom optimalnog tlaka

Ako uzmemo u obzir da su sve varijable proizišle iz terenskih mjerenja, dovodi se u pitanje mogućnost provođenja ikakvih korekcija. U nekim slučajevima, DMA zone su dosta velike, no sve između 500 i 3000 priključaka predstavlja zadovoljavajuću veličinu (ovisno radi li se o sredinama s gušćom ili rjeđom naseljenošću). Duljina mreže izravno ovisi o veličini DMA zone te se kao takva ne može korigirati. Podatci o potrošnji, prosječna minimalna noćna potrošnja te ukupni dnevni volumen ne mogu se mijenjati niti korigirati jer su izmjereni i kao takvi predstavljaju najprecizniji podatak. Prosječni tlak u pojedinoj zoni također je izmjeren i predstavlja realan podatak. No, upravo je tlak u mreži varijabla koja može predstavljati mogućnost definiranja realnije ILI vrijednosti. Tablica 3. pokazuje utjecaj tlaka na izračun ILI vrijednosti za DMA zone D, V i Z navedene u

Tablica 3. Utjecaj tlaka na vrijednost ILI pokazatelja

DMA	Mreža (km)	Priključci	Tlak mjereni (Bar)	Tlak korigirani (bar)	UARL	UARL nakon korekcije tlaka	CARL	ILI	ILI nakon korekcije tlaka
D	7,1	568	6,5	3,0	76,0	35,1	234,5	3,1	6,7
V	24,0	1660	5,0	3,0	60,4	36,2	703,6	11,6	19,4
Z	30,0	1650	3,0	3,0	38,3	38,3	822,8	21,5	21,5

Ako se u obzir uzmu pretpostavke iz prethodnih poglavlja, gdje je spomenuto kako bi vrijednost ILI pokazatelja mogla u budućnosti biti osnova za financijske aktivnosti (naplata zahvaćene vode, investicije itd.), a vidljivo je koliki utjecaj radni tlak ima na samu vrijednost, dovodi se u pitanje mogućnost manipulacije konačnim rezultatima. Pod manipulacijom smatra se izbjegavanje optimizacije radnog tlaka u svrhu povećanja vrijednosti UARL-a što dovodi do smanjenja ILI vrijednosti, kako je vidljivo u Tablici 3. Iz gore navedenih razloga, predlaže se korekcija tlaka prilikom izračuna vrijednosti ILI pokazatelja. U tu se svrhu ovim radom uvodi metoda optimalnog tlaka (eng. Optimal Pressure Method – OPM) kao jedan od načina korekcije tlaka s kojim se ulazi u proračun UARL-a.

Metoda optimalnog tlaka (u daljnjem tekstu MOT) jedan je od načina kojim se povezuju fizička mjerenja i analitička metoda korekcije tlaka u svrhu realnijeg definiranja vrijednosti ILI pokazatelja. Kako je spomenuto u prethodnim poglavljima, preporuke za provedbu analize prema IWA metodologiji i svim njezinim izvedenicama za polazišnu točku imaju sustave s optimalnim radnim tlakom. Pod optimalnim radnim tlakom smatra se minimalni radni tlak koji je potreban za nesmetanu vodoopskrbu. Vodoopskrbni sustavi razvijenih zemalja Europske unije uglavnom imaju implementirane sustave upravljanja tlakovima. Ukoliko se radi o sustavima gdje se tlak podiže stanicama za podizanje tlaka, optimizacijom rada samih stanica štedi se energija te povećava radni vijek crpki i ostale opreme. Kod sustava gdje se radni tlak postiže gravitacijskim tokom, postavljaju se ventili i oprema za smanjenje tlaka kako bi se smanjila učestalost kvarova uzrokovana visokim tlakovima. Iz Tablice 2. vidljivo je kako tlakovi u nekim DMA zonama prelaze 5 bara, a kreću se i do 7,5 bara.

Minimalni radni tlak definira se prema reljefu terena, strukturi naselja te razvedenosti sustava. Prema smjernicama nekih razvijenih zemalja svijeta, trebalo bi težiti smanjenju tlakova i ispod 3,0 bara (Vouk i drugi, 2012).

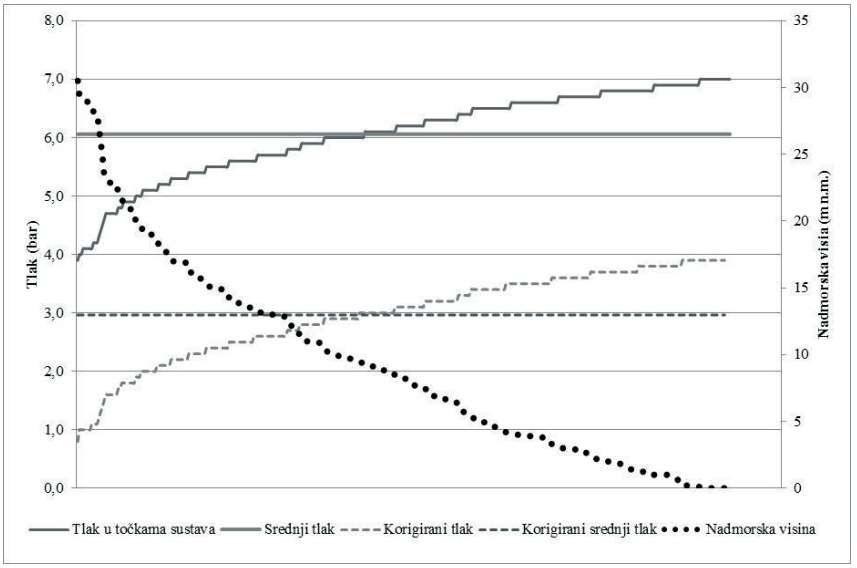
Jasno je da se korekcijom tlaka mijenjaju stvarne vrijednosti te da bi, ukoliko bi tlak u sustavu zaista bio manji, bili manji i stvarni gubitci. No, ovom se metodom izbjegavaju nedosljednosti prilikom interpretacije ILI vrijednosti koje mogu dovesti do krivih zaključaka i ozbiljnih posljedica. Ako još jednom usporedimo DMA zone V i Z (Tablica 2.), vidimo da su stvarni gubitci u zonama gotovo jednaki. Problem nastaje kod interpretacije ILI pokazatelja. Ukoliko treba odlučiti koji od ta dva sustava treba prioritetno staviti u program smanjenja gubitaka, odabrat će se sustav Z zbog veće ILI vrijednosti. Ako promatramo koji je sustav učinkovitiji po pitanju upravljanja vodnim resursom, očito je sustav V jer ima manju ILI vrijednost. Oba su zaključka u jednu ruku točna, no jasno je vidljivo da oba sustava, s gotovo istom duljinom mreže i istim brojem priključaka, imaju skoro istu količinu stvarnih gubitaka što neminovno dovodi do potrebe

za realnijim prikazom ILI vrijednosti.
Ovim se radom po prvi put uvodi MOT metoda. Ovom se metodom, prije početka izračuna vrijednosti ILI pokazatelja, radni tlak korigira i svodi na optimalni tlak definiran analitički, preko matematičkog modela predmetnog vodoopskrbnog sustava. Vodoopskrbni sustavi uglavnom nemaju optimalan radni tlak te bi u praksi prvo trebalo optimizirati tlakove, a tek onda izvršiti mjerenja i analizu gubitaka. S obzirom da to nije stvarna praksa u Republici Hrvatskoj, potrebno je pronaći analitičke načine za postizanje boljih procjena stanja sustava. MOT metoda, s obzirom da nema stvarne optimizacije tlaka, simulira optimizaciju na terenu te s analitičkim, odnosno korigiranim podacima ulazi u izračun ILI pokazatelja. Tablica 4. pokazuje elemente te radni tijek izračuna ILI pokazatelja prema metodi optimalnog tlaka.

Tablica 4. Elementi MOT metode

RB.	PROCES	REZULTAT	VARIJABLE
1.	**Terenska mjerenja**	➢ stvarni protoci ➢ stvarni tlakovi	o prosječni radni tlak o dnevni volumen o srednji dnevni protok o srednji minimalni noćni protok o dnevni potrošeni volumen o dnevni volumen stvarnih gubitaka
2.	**Matematički model i analiza**	➢ kalibrirani model ➢ definiranje optimalnih tlakova ➢ FAVAD metoda	o minimalni potrebni tlakovi o smanjenje gubitaka u odnosu na smanjenje tlaka
3.	**IWA metodologija**	➢ realnija vrijednost ILI pokazatelja kao pokazatelja učinka sustava	o optimizirani UARL o optimizirani CARL

Ukoliko ne postoje dovoljno dobri podatci za proračun smanjenja gubitaka prema FAVAD metodi (eng. Fixed and Variable Area of Discharge Paths) (May, 1994; Thronton, 2003), smanjenje gubitaka može se provesti i u sklopu nekog od programa za matematičko modeliranje kao što je EPA Epanet gdje postoji integrirani izraz za izračun istjecanja u ovisnosti o tlaku (Rossman i drugi, 2000).
Na primjeru DMA zone V (Tablica 3.) provedena je optimizacija radnog tlaka na osnovi hidrauličkog modela. Prilikom provedbe analize gubitaka na predmetnoj DMA zoni, izrađen je detaljan hidraulički proračun, a ovdje su prikazani samo rezultati radnih tlakova.



Slika 2. Rezultati optimizacije tlaka za DMA zonu V

Iz Slike 3. vidljiva je razlika najniže i najviše točke sustava od 30 m (točkasta linija) što rezultira maksimalno potrebnim tlakom od 4,0 bara. No, srednji tlak u mreži iznosi 6,1 bar dok maksimalni iznosi 7,0, što je daleko više od potrebnog tlaka. Optimizacijom tlaka došlo se do rezultata prikazanih na Slici 3. crtkanim linijama. Rezultat izračuna vrijednosti ILI pokazatelja korištenjem korigiranog tlaka prikazan je u Tablici 3. iz koje je vidljivo da se ILI vrijednost za zonu V povećala te približila vrijednosti za zonu Z. Takav postupak puno realnije interpretira ILI vrijednosti i omogućava vjerodostojniju analizu.
Veliki broj vodoopskrbnih sustava nema provedenu optimizaciju tlaka na terenu, no analitičkim metodama moguće je provesti takav postupak. Kada se u praksi izrađuje plan upravljanja tlakovima, provode se isti postupci simulacije utjecaja smanjenja tlaka na funkcionalnost sustava i smanjenje gubitaka kao što se radilo i ovdje u sklopu MOT metode.
MOT metoda u osnovi objedinjuje fizička mjerenja na terenu i analitičke proračune kroz matematičke modele vodoopskrbnih sustava. Ovim se načinom korištenjem maksimalnih mogućnosti današnjih računalnih programa kroz kalibraciju hidrauličkih modela stvarno mjerenim podacima omogućuje simulacija onoga što bi svaki sustav već trebao imati. Optimizacija radnog tlaka je osnova kvalitetnog funkcioniranja vodoopskrbne mreže jer smanjuje potencijalne kvarove, produljuje radni vijek infrastrukture, štedi energiju, racionalizira korištenje vodnih resursa itd. Provedena računalna simulacija daje podatke koji prikazuju realniju vrijednost ILI pokazatelja.

ZAKLJUČAK

Ovim se radom dokazalo kako standardizirani prikaz ILI pokazatelja ima svoje nedosljednosti, odnosno kako se doslovnom interpretacijom može doći do krivih zaključaka. Radom se predlaže korekcija vrijednosti neizbježnih godišnjih stvarnih

gubitaka (UARL), korištenjem metode optimalnog tlaka (MOT). MOT metoda dodatni je postupak koji se provodi nakon fizičkih mjerenja na terenu, a prije provedbe izračuna vrijednosti ILI pokazatelja prema IWA metodologiji. Postupak se sastoji od izrade detaljnog hidrauličkog modela sustava te kalibracije istog korištenjem mjerenih podataka. Nakon provedbe kalibracije, modelom se simulira stanje u mreži koje bi nastupilo kada bi se provela optimizacija radnih tlakova. Rezultat provedene simulacije korigirana je vrijednost srednjeg radnog tlaka, a ukoliko dostupni ulazni podatci to omogućuju, tada je rezultat i korigirana vrijednost trenutnih godišnjih stvarnih gubitaka - CARL.
Na ovaj se način sustav dovodi u optimalno stanje funkcioniranja te provodi analiza ILI pokazatelja na takvom stanju.
Ova metoda ima svoju najveću primjenu kada se vrijednost ILI pokazatelja koristi u svrhu definiranja financijskog aspekta, npr. poticanjem distributera na racionalno korištenje vodnih resursa u smislu cijene zahvaćene vode ili kod određivanja prioritetnih DMA zona za ulaganje u mjere smanjenja stvarnih gubitaka.
Metoda optimalnog tlaka po prvi se put predstavlja upravo ovim radom te je potrebno provesti dodatne analize i provjere u svrhu potvrđivanja vjerodostojnosti ovakvog postupka korekcije ulaznih parametara. Autor intenzivno radi na računalnim simulacijama optimizacije radnog tlaka te se u predstojećim mjesecima planira provođenje terenske usporedbe rezultata simulacije i stvarne optimizacije radnog tlaka. Ukoliko se pokaže da računalne simulacije daju dobru osnovu za definiranje optimalnog tlaka, MOT metoda može ući u primjenu za analizu onih vodoopskrbnih sustava gdje ne postoji kvalitetno upravljanje radnim tlakovima.
Korištenjem predložene metode neće se uvoditi novi hipotetski ILI pokazatelj, već će se provjeriti vjerodostojnost stvarnog. Ukoliko se pokaže da stvarno izračunati ILI pokazatelj nije vjerodostojan za provođenje zaključaka, a samim time i za predlaganje konkretnih mjera, može se uspostaviti mehanizam odlučivanja u provođenju nove analize ILI pokazatelja, ali nakon provođenja stvarnih mjera optimizacije tlaka ili prihvaćanja hipotetskog ILI pokazatelja izračunatog MOT metodom kao osnovom za daljnje zaključke i provođenje mjera. S obzirom da je ova metoda još u eksperimentalnoj fazi, konkretni mehanizmi primjene i područja valjanosti tek se trebaju utvrditi.

LITERATURA

[1] Alegre, H., Baptista, J.M., Cabrera Jr, E., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W., Parena, R. (2006): *Performance Indicators for Water Supply Services - IWA Manual of Best Practice*, IWA Publishing - 2nd edition, 312.

[2] Alegre, H., Cabrera, E. (2011): *Performance Indicators*, IWA - WaterWiki, http://iwawaterwiki.org/xwiki/bin/view/Articles/PerformanceIndicators (02/2015).

[3] Amoatey, P. K., Minke, R., Steinmetz, H., (2013): *Leakage estimation in water networks based on two categories of night-time users: A case study of a developing country network*, Water Science & Technology: Water Supply, 10.2166/ws.2013.201, 329-336.

[4] Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z. B., Istandar, A. and Singh, S., (2008): *The Manager's Non-Revenue Water Handbook A guide to Understanding Water Losses*, Ranhill Utilities Berhad and USAID Publication, 1-110.

[5] Kanakoudis, V., Tsitsifli, S., Samaras, P., Zouboulis, A., Demetriou, G. (2011): *Developing appropriate performance indicators for urban water distribution systems evaluation at Mediterranean countries*, Water Utility Journal, 1/2011, 31-40.

[6] Kovač, J. (2010): Uvod u IWA-WLSG metodologiju analize gubitaka vode, http://juricakovac.com/images/.nsSpace/Documents/Uvod_u_IWA_WLTF_metodologiju _analize_gubitaka_vode_v231210v1.pdf (2/2015).

[7] Lambert, A. (2002): International Report on Water Losses Management and Techniques: Report to IWA Berlin Congress,Water Science and Technology: Water Supply 2(4), 1-20.

[8] Lambert, A. O., McKenzie, R. D. (2002): *Practical Experience in Using the Infastructure Leakage Index*, IWA Conference in Leakage Management, Lemesos, Cipar

[9] May, J. (1994): *Leakage, Presssure and Control*, BICS International Conference on Leakage Control, London.

[10] Rossman, L.A. (2000): EPANET 2 – *Users Manual,* EPA/600/R-00/057, Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, USA.

[11] Thornton. J. (2003): *Managing Leakage by managing pressure: A practical approach*, Water 21, 43-44.

[12] Vouk, D., Malus, D., Baričić, D., (2014): *Da li je ILI pokazatelj pouzdan pokazatelj uspješnosti upravljanja vodnim gubitcima?*, Aktualna problematika u vodoopskrbi i odvodnji, Beslić, M., Ban, D., Velika Gorica, Revelin d.o.o., 133-144.

[13] Vouk, D., Malus, D., Vuković, Ž., Halkijević, I. (2012): *Metodologija analize vodnih gubitaka u vodoopskrbnim sustavima, Aktualna problematika u vodoopskrbi i odvodnji*, Beslić, M., Ban, D., Velika Gorica, Revelin d.o.o., 121-130.

AUTOR

Igor Dundović, mag.ing.aedif. [a]

[a] Hidroing d.o.o., T. Smičiklasa 1, Osijek, 31000, Republika Hrvatska, igor.dundovic@hidroing-os.hr

R 3.16.

IDENTIFICATION OF MAIN MICROBIAL GROUPS IN SAND FILTERS FOR DRINKING WATER PRODUCTION

Sanin Musovic, Hans-Jørgen Albrechtsen

SUMMARY: We investigated the abundance, diversity and distribution of microbial groups, which are suggested to be involved in the main processes occurring in rapid sand filters, such as the oxidation of ammonium, nitrite, iron and methane. We developed a molecular toolbox, which gave us a deeper insight in the microbial communities at rapid sand filters. Ammonium oxidizing bacteria were suggested to be the dominant ammonium oxidizing prokaryote in sand filters, being 100-fold more abundant than ammonium-oxidizing archaea in the top layers, where the most NH_4 were removed. The main nitrite oxidizing bacteria belonged to the Nitrospira genus, being up to three orders of magnitude more abundant than bacteria belonging to Nitrobacter genus. Iron oxidizing-, and reducing bacteria were detected at the level of 10^6 - 10^7 cells per gram sand, while the dominant methane oxidizing bacteria belonged to MOB type I group.

KEY WORDS: Bacteria, Archaea, Nitrification, Sand filters

IDENTIFIKACIJA GLAVNIH GRUPA MIKROBA U PJEŠČANIM FILTERIMA ZA PROIZVODNJU VODE ZA PIĆE

SAŽETAK: Bavili smo se istraživanjem brojnosti, raznolikosti i distribucije grupa mikroba za koje se pokazalo da su uključene u glavne procese koji se odvijaju u brzim pješčanim filterima, kao što su oksidacija amonijaka, nitrita, željeza i metana. Razvili smo grupu molekularnih alata koji su nam omogućili bolji uvid u mikrobne zajednice u brzim pješčanim filtrima. Ispostavilo se da su dominantne bakterije koje oksidiraju amonijak u pješčanim filterima prokarioti, te da su oni 100-struko brojniji od arheja u gornjim slojevima gdje se eliminira većina NH_4. Glavne bakterije koje oksidiraju nitrite pripadaju rodu Nitrospira, i do tri reda veličine su brojnije od bakterija roda Nitrobacter. Bakterije koje oksidiraju i reduciraju željezo su otkrivene u količinama od 10^6 - 10^7 ćelija po gramu pijeska, dok dominantne bakterije koje oksidiraju metan pripadaju u grupu MOB tip I.

KLJUČNE RIJEČI: Bakterije, arheje, nitrifikacija, pješčani filteri

1. INTRODUCTION

Rapid sand filtration is a conventional method used for drinking water production at thousands of waterworks across Europe and worldwide. It is, in compare to alternative chemical and physical (e.g. membrane filtration) based technologies, a very sustainable approach. Rapid sand filtration consists mainly of three steps: quick aeration, pre-filtration and post-filtration, where several pollutants (e.g. NH_4^+, Mn^{2+}, Fe^{2+}, CH_4) from groundwater are removed to the large extant by a combined physical, chemical and biological processes. The presence of microorganisms in rapid sand filters and their essential contribution to removal of the pollutants has been acknowledged. For instance, it is well known that removal of ammonium from the ground water is a full biological process, run by ammonium oxidizing prokaryotes (AOP), Bacteria and Archaea converting ammonium to nitrite by amoA gene encoded enzyme, ammonium monooxygenase (Rotthauwe et al., 1997). However, the composition and spatial distribution of microbial communities including the rate of microbial processes etc. in rapid sand filter is still very poorly understood. The lack of crucial knowledge makes it difficult to solve the filter start-up problems and the occasional occurring operational issues with the insufficient contaminant removal. The common trials to solve these issues and regain the pollutant removal capacity in rapid sand filter are mainly based on "a rule of thumb" and include random changes of physical parameters (e.g. flow rate, water retention time, backwash regimes etc.). These efforts, however, not always solve the problem, indicating that a rapid sand filter is indeed a complex biological system. A better understanding of the microbial community in rapid sand filters, microbial abundance, distribution and ecophysiological properties might improve filter management, performance and ensure compliance with increasingly stringent with drinking water regulations.

In present study, we aimed to develop a new molecular toolbox, in order to get a deeper insight in the abundance, diversity and spatial distribution of several microbial groups responsible for a range of core biological reactions in rapid sand filters. The developed toolbox, consisting of phylogenetic- and functional gene specific molecular approaches, was then used to investigate microorganisms responsible for ammonium-, nitrite-, iron and methane oxidation in the sand filters at waterworks.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Sampling Rapid Sand Filters

The sediment material was collected from different layers in rapid sand filters at a Danish waterworks located 10 km away from Copenhagen. The ground water at these waterworks was subjected to aeration, prefiltration, and after-filtration in sand bed filters with coarse-grained sand supported by a gravel media layer. The recovered core sample from random after-filtration sand bed filters were divided in subsamples (0-10 cm; 10-20 cm etc.) and stored for molecular analyses. All samples were homogenized and stored at -20 ºC.

2.2. DNA isolation

A half gram drained wet weight (dww) sand material was used for genomic DNA extraction using a MP FastDNA™ SPIN Kit (MP Biomedicals LLC., USA) according to manufacturer's instructions. The purity of extracted DNA was measured by a NanoDrop™ spectrophoto-meter (NanoDrop Products, Wilmington, DE).

2.3. qPCR standards

qPCR standards were generated by cloning of the PCR amplified specific-gene fragments into a pCR®4-TOPO® vector using the TOPO-TA cloning kit (Invitrogen Ltd. UK) and transformed into One Shot® Chemical Competent E. coli. The plasmid DNA was purified from cultured cells by a Plasmid Mini kit (A&A Biotechnology).

2.4. Real time qPCR bacterial enumeration

The extracted DNA from sand filter material was used for quantification of Ammonia Oxidizing Bacteria and Archaea (AOB, AOA), Nitrite Oxidizing Bacteria (NOB genera; Nitrospira and Nitrobacter), Iron Oxidizing Bacteria (IOB) and Iron Reducing Bacteria (IRB), Methane Oxidizing Bacteria (MOB), as well as all Eubacteria (Eub) cell abundance in sand filter by real-time qPCR. The target genes and primer-sets used for qPCR enumerations are listed in Table 1. Quantitative PCR analyses were conducted in a Chromo4 thermocycler operated by the Opticon Monitor 3 software (Bio-Rad). Each qPCR reaction (25ul) contained 12.5 µl of 2× iQ SYBR Green Supermix, 400 nM of each primer, DNA template (10 ng) and MolBio water. The optimal thermal cycling condition for each primer-set were identified by a gradient-qPCR, looking for the optimal annealing temperature (range 50-65ºC) for an optimal amplification efficiency and a single peak after a melting curve analysis (gradient 0.2 ºC/s, range 60-95ºC). The amplification programs used were as follow: an initial 10 min denaturation at 95ºC, followed by 40 cycles of 1 min at 94ºC, 30-45 s at 54-60ºC (primer-set dependent, see references) and 30 s extension at 72ºC. The fluorescence was read after each extension step and a melting curve analysis was run after the 40th cycle (gradient 0.2 ºC/s, range 60-95ºC) to confirm the amplification of a single specific product. The analysis of each sample was performed in triplicate, and a no-template control was included in every run. The gene-copy number was obtained by the software, interpolating the obtained cycle threshold (Ct) values of the sample reaction against the standard curve with the known gene copy concentration. The values were subsequently converted into the number of bacterial cells per gram of wet-drained sand, with the assumption that one gene copy represents one bacterial cell, as for instance reported by a recent study showing one-to-two 16S rRNA gene copies per cell for the most of bacteria (Lee et al . 2009).

Table 1. The target genes and primers used for enumeration of microbial groups. F and R represent forward and revers primers, respectively.

	Group	Gene	Primers
Eubacteria	All Bacteria	16S rRNA	1055f-1392r
Ammonium Ox. Bacteria	AOB	16S rRNA)	CTO189-RT1
Nitrit Ox. Bacteria	Nitrospira	16S rRNA	Nspra 675-746
Nitrit Ox. Bacteria	Nitrobacter	16S rRNA	FGPS872-1269
Ammonia Ox. Archaea	AOA	amoA	amoAF-AR (Francis)
Ammonia Ox. Archaea	AOA	amoA	CrenamoA23F-A616R
Iron Ox. Bakteria	Leptothrix-lineage	16S rRNA	Psp6f-Dsp6r
Iron Red. Bakteria	Geobacter-lineage	16S rRNA	Geo 564f-825r
Metan Ox. Bakteria	Methanotrophs	pmoA	A189f-mb661

2.5. Microbial diversity analysis

The diversity of AOB, NOB, AOA and MOB were investigated by cloning of the respective PCR products on genomic DNA from sand filters into a pCR®4-TOPO® vector (see above). The purified vectors from clones were subjected for sequencing reactions with specific primers (GATC, Germany). The quality of obtained sequences was evaluated by BioEdit software (Hall, T. A. 1999) and sequences were examined against the NCBI nucleotide database using the BLAST program (www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST) in order to identify the closest related species. The sequences were mutual aligned and phylogenetic trees constructed by Mega5 software (Tamura et al, 2011). A phylogenetic tree for recovered Archaeal amoA gene sequences obtained by two primers sets AF-AR and A23-A616R (Francis et al., 2005, Tourna et al., 2008) is illustrated in Figure 1.

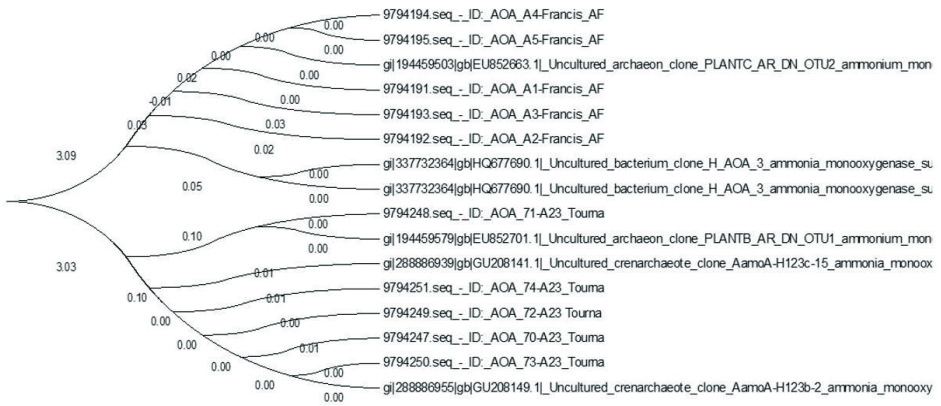


Figure 1. The diversity of Archaeal amoA gene, inferred by cloning of PCR products using two different amoA AOA specific primer sets AF-AR and A23-A616R (Francis et al., 2005, Tourna et al., 2008).

3. RESULTS AND DISCUSSION

We investigated the abundance, diversity and spatial distribution of the microbial groups involved in a range of biological processes at rapid sand filters (RSF), at a typical waterworks treating groundwater for potable water in Denmark.

The microbial biomass in RSF, estimated as the concentration of extractable DNA per gram of RSF sediment, was heterogeneously distributed. It decreased approx. 5-fold as a function of depth, ranging from 104 ng DNA/g sand at the top five centimeter to 2x103 in the deepest layers (50 cm). The rapid sand filters were rich in bacteria (Eubacteria), harboring up to 8 x 109 copies/gram sediment at the filter surface, which was reduced ca. five-fold as the function of filter depth (Figure 2). The observed bacterial abundance was equivalent to the microbial abundance found in much more nutrients rich environments such as soil (Whitman et al., 1998) indicating that for microorganisms rapid sand filters might not be that oligotrophic environment as hitherto believed.

Microbial conversion of ammonium to nitrite by amoA gene encoded enzyme is specific for a group of ammonium oxidizing prokaryotes, Bacteria and Archaea. The ammonium oxidizing bacteria (AOB) were quite abundant in the top layers of sand filters, where they represented ca. 1 % of all Eubacteria. However, the density of AOB decreased by more than 250 times as a function of filter depth (Figure 2). The abundance of AOB in the upper layers was up to 100-fold higher than the abundance of AOA, suggesting that in these layers the main AOP could be the AOB group. Interestingly, at the filter depths of around 30 cm, the abundance of AOB and AOA seemed to be comparable, whereas in the deeper layers (30-50cm) the abundance of AOA turned to be 10-fold higher than abundance of AOB. The contribution of AOA in the nitrification process has recently been documented in a range of different ecosystems, such as agricultural soils (Leininger et al., 2006) and some studies have even suggested a quantitative dominance of AOA over AOB in a soil (Jia, Z.J. & Conrad, R. 2009). The specificity of two tested primer sets targeting Archaeal amoA gene (Francis et al., 2005, Tourna et al., 2008), suggests the importance of using both primer-sets for amoA-based AOA quantification in rapid sand filters, as these primers set seemed to have tendency to target different archaeal amoA subgroups, as illustrated in Figure 1.

The abundance of bacteria belonging to Nitrobacter and Nitrospira (NOB) genera showed a quite similar pattern to AOB above, being most abundant at the top, followed by a one-to-two orders of magnitude reduction as a function of filter depth (Figure 2). The similar arrangement of AOB and NOB in sand filters is expected, as the product of AOB`s ammonium oxidation (nitrite) is essential for NOB growth. However, as the abundance of nitrite oxidizing bacteria belonging to Nitrobacter genus was three orders of magnitude lower then the abundance of nitrite oxidizing bacteria belonging to Nitrospira genus, it might suggest that the overall contribution of Nitrobacter genus in removal of nitrite in these rapid sand filters seems to be small. The sufficient abundance of nitrite oxidizing bacteria in RSF is essential for a successful nitrification process, as an insufficient nitrification due to instability of NOB community might lead to a toxic level of nitrite in drinking water.

The existence of Iron oxidizing (IOB), Iron reducing (IRB) and Methane oxidizing (MeOB) bacteria in the RSF was confirmed by quantitative qPCR analysis. Using the existing primer sets, the IOB (Lepthotrix-lineage) and IRB (Geobacter-lineage) bacteria

were detected in top filter layer at the level of ca. 106 cell copies per gram sediment. Presence of IOB in subsurface aerated groundwater was recenly also revealed by de Vet (de Vet et al. 2012).

Diversity of MOB bacteria investigated by a cloning approach revealed that MOB group in RSF was dominated by species most similar to *Methylovulum miyakonense* (*Methylobacter sp.*), which belongs to MOB type I group. However MOB clones closest related to Methylocystis parvus and *Methylosinus sporium* (MOB type II group) were also observed in current study investigating few microcosms experiments using sand filter sediment as a solo sediment starting material (data not shown).

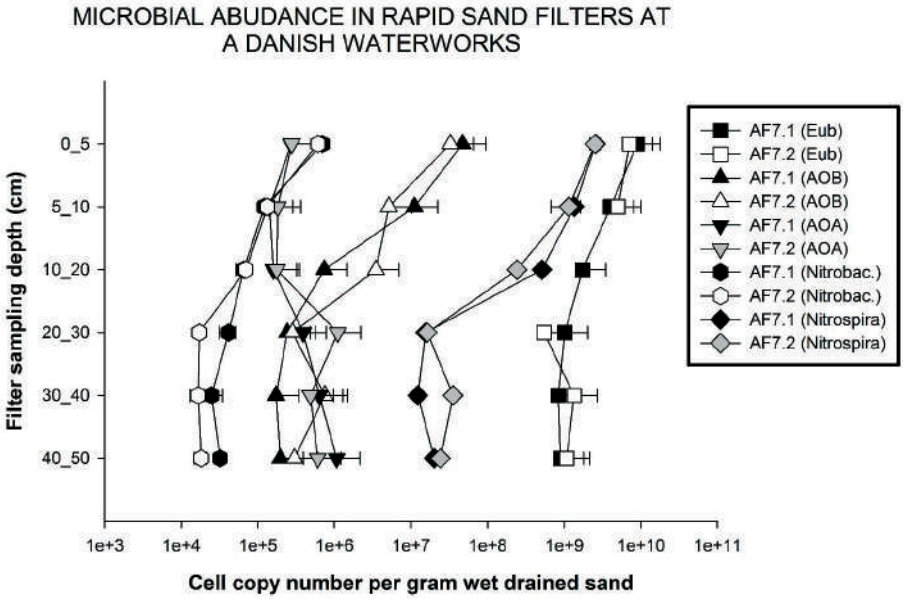


Figure 2. Quantitative qPCR inferred gene densities (Eubacteria, AOB, AOA and NOB) as a function of depth profiles, in a Rapid Sand Filter at Danish Waterworks near Copenhagen. All bacteria (Eub), ammonium oxidizing bacteria (AOB), ammonium oxidizing archaea (AOA), nitrite oxidizing bacteria, Nitrobacter genus (Nitrobac.) and Nitrospira genus.

CONCLUSION

The results from current study indicates that the microbial potential for ammonium-, and nitrate oxidation is highest in the top layer of sand filter. The bacterial AOB seemed to be the most important ammonium oxidizing prokaryotes in sand filters, as they were 3 orders more abundant in the top layers than AOA, where a parallel chemical study has shown that >95% of ammonium is removed (data not shown). However, a higher AOA abundance in deeper filter layers might suggest that AOA could stay for removal of NH_4 leftovers that escapes AOB bacteria in the top layers. Nitrospira genus was the main group of nitrite oxidizing bacteria, being up to three orders of magnitude more abundant than nitrite oxidizing bacteria belonging to Nitrobacter genus. The presence of

IOB suggests a presence of a biological iron oxidation potential, which beside the well-studied chemical iron oxidation upon the aeration step, could be an important biological process at sand filters. The surprising presence of IRB might suggest the instability of the formed oxidized iron. The novel set molecular diagnostic tools can be used to check the microbial status in rapid sand filters in order to predict and/or improve the process stability and pollutant removal in drinking water production systems.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Danish Council for Strategic Research via DW-Biofilters project.

REFERENCES

[1] de Vet, W.W.J.M. De, Dinkla, I.J.T., Abbas, B. a, Rietveld, L.C., and Loosdrecht, M.C.M. Van (2012) Gallionella spp. in trickling filtration of subsurface aerated and natural groundwater. Biotechnol. Bioeng. 109: 904–12.

[2] Francis CA, Roberts KJ, Beman JM, Santoro AE, Oakley BB. (2005). Ubiquity and diversity of ammonia-oxidizing archaea in water columns and sediments of the ocean. Proc Natl Acad Sci USA 102: 14683–14688.

[3] Hall, T. A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucleic Acids Symp. Ser. 41:95-98

[4] Jia ZJ & Conrad R (2009) Bacteria rather than archaea dominate microbial ammonia oxidation in an agricultural soil. Environ Microbiol 11: 1658–1671.

[5] Lee, C., Kim, J., Shin, S. G. & Hwang, S. (2006). Absolute and relative QPCR quantification of plasmid copy number in Escherichia coli. J Biotechnol 123, 273-280

[6] Leininger S, Urich T, Schloter M, Schwark L, Qi J, Nicol GW, Prosser JI, Schuster SC & Schleper C (2006) Archaea predominate among ammonia-oxidizing prokaryotes in soils. Nature 442: 806–809.

[7] Könneke, M., Bernhard, A.E., de la Torre, J.R., Walker, C.B., Waterbury, J.B., and Stahl, D.A. (2005) Isolation of an autotrophic ammonia-oxidizing marine archaeon. Nature 437: 543–546.

[8] Rotthauwe, J.H., Witzel, K.P. and Liesack, W. (1997) The ammonia monooxygenase structural gene amoA as a functional marker: Molecular fine-scale analysis of natural ammonia-oxidizing populations. Applied and Environmental Microbiology 63(12), 4704-4712.

[9] Tamura K, Peterson D, Peterson N, Stecher G, Nei M, and Kumar S (2011) MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and MaximumParsimony Methods. Molecular Biology and Evolution 28: 2731-2739.

[10] Tourna M, Freitag TE, Nicol GW & Prosser JI (2008) Growth, activity and temperature responses of ammonia-oxidising archaea and bacteria in soil microcosms. Environ Microbiol 10: 1357–1364.

[11] Whitman, W.B., et al., (1998), Prokaryotes: The unseen majority: Proc. Nat. Acad. Sci. USA, v. 95, p. 6578-6583. Diversity: Silverman, N., and Paquette, N., 2008, The right resident bugs: Science, v. 319, p. 734, citing Eckburg, P.B., et al., 2005, Science, v. 308, p. 1635.

AUTHORS

Sanin Musovic, PhD.Doc.Dr.Sc. [a,b]

Hans-Jørgen Albrechtsen, PhD.Prof.Sc. [b]

[a] DTI Life Science, Danish Technological Institute, Chemistry and Biotechnology, Kongsvang Allé 29, 8000 Aarhus C, Denmark, smu@teknologisk.dk

[b] DTU Environment, Technical University of Denmark, Department of Environmental Engineering, 2800 Lyngby, Denmark

R 3.17.

PROVJERA RADNIH KARAKTERISTIKA UTRAFILTRACIJSKE MEMBRANE PRI OBRADI KIŠNICE RAZLIČITE KVALITETE

Slaven Dobrović, Maja Zebić Avdičević, Roko Roksandić

SAŽETAK: Korištenje kišnice za kućnu upotrebu nije samo nužnost u područjima van vodoopskrbnih mreža, nego sve češće izbor za podmirivanje dijela potreba za vodom zbog ekonomskih i tehničkih razloga. Primjenom ultrafiltracijskih membrana za obradu kišnice standardno se rješava problem suspendiranih tvari i mikrobiologije (Baker, 2004) pa se filtrat može koristiti za gotovo sve kućne potrebe.

U radu su prezentirani rezultati obrade triju vrsta kišnice pomoću ultrafiltracijske (UF) membrane u pogledu promjene permeabilnosti tijekom filtracijskog ciklusa i mogućnosti regeneracije. Ispitivana membrana je izrađena od polietersulfona (PES) u formi vlakna s višestrukim šupljinama (engl. multibore). Kišnice se razlikuju po lokaciji prikupljanja (gradsko i prigradsko područje) i po načinu prikupljanja i čuvanja. Ustanovljen je veliki utjecaj kvalitete kišnice na radne karakteristike membranskog sustava. Kod prerade gradske kišnice pad permeabilnosti membrane šest puta je brži u odnosu na kišnicu iz prigradskog područja lošije kvalitete s obzirom na sadržaj suspendiranih tvari. Za trajan rad membranskog sustava, nužna je njegova opremljenost sustavom za čišćenje membrane.

KLJUČNE RIJEČI: kišnica, ultrafiltracija, obrada kišnice, permeabilnost membrane

PERFORMANCE EVALUATION OF THE ULTRAFILTRATION MEMBRANE WITH RAINWATER OF DIFFERENT QUALITY

SUMMARY: The use of rainwater in households located in areas outside water supply networks is not only a necessity, but increasingly more often a choice for covering at least part of the water needs, due to economic and technical reasons. The ultrafiltration membrane treatment of rainwater solves the problem of suspended solids and microbiology, so that the filtrate can be used for almost entire household supply.

The aim of this paper is to present the treatment results for three different rainwater types with ultrafiltration membrane with regard to its permeability decline during the filtration cycle and recovery. The tested membrane was made out of polyethersulfone (PES) in the form multibore fiber. The experiments were conducted using different rainwater samples in view of the sampling location (urban and suburban area) and method of collection

and storage. The quality of the tested water had a major influence on the performance of the membrane system. Filtration of urban rainwater causes six times faster decrease of permeability compared to suburban water of lower quality with regard to the content of suspended solids. For continuous operation of the membrane system, it must to be equipped with a cleaning system.

KEY WORDS: rainwater, ultrafiltration, rainwater treatment, membrane permeability

1. UVOD

Porastom broja stanovnika i onečišćenjem postojećih izvora pitke vode povećane su potrebe za čistom vodom stoga se sve češće susrećemo sa sustavima za obradu kišnice u kućanstvu (Sample i Liu, 2014; Thomas i drugi, 2014). Na sastav i kvalitetu kišnice utječu mnogi faktori kao što su: geografska lokacija, vrste slivnog materijala, vremenski uvjeti, sastav plinova i onečišćenja prisutnih u atmosferi, veličina prihvatnih spremnika, mjesto crpljenja vode, te životinjski svijet (Thomas i drugi, 2014). Kišnica se koristi za navodnjavanje vrtova, voćnjaka i travnjaka, kao voda za stoku, te u kućanstvu za pranje posuđa, odjeće, za grijanje i kao sanitarna voda. Sustav za prikupljanje kišnice sastoji se od krova za skupljanje slivne kišnice, filtra za uklanjanje tvari iz vode koje u vodu dospijevaju kao posljedica interakcije vode i površine krova, zatim spremnika (cisterne) i crpke kojom se omogućuje opskrba sustava (Sample i Liu, 2014). Kvalitetu prikupljene kišnice moguće je poboljšati upotrebom sustava kod kojeg su slivnici, cijevi i spremnici sačinjeni od netoksičnih materijala koje je moguće redovito čistiti i održavati (Lee i drugi, 2010). Kišnica može sadržavati patogene mikroorganizme (Lee i drugi, 2012) te da bi se mogla primijeniti kao voda za piće potrebno ju je prethodno dezinficirati.

Razne organske i anorganske tvari kao što su prašina, biljni materijal, te materijal kojeg donose ptice i insekti nalazimo na samoj površini krova i slivnika, te one onečišćuju kišnicu i uzrokuju stvaranje sedimenta na dnu prihvatnog spremnika. Suspendirane tvari uzrokuju zamućenje vode i služe kao „sklonište“ mikroorganizmima. Neodržavanje sustava za prikupljanje kišnice dovodi do kontaminacije vode bakterijama, virusima i protozoama (Lee i drugi, 2010), a voda poprima neugodan miris i postaje zamućena.

Sve je češća primjena membranske tehnologije u procesima pročišćavanja površinskih voda. Membrane djeluju kao fizičke barijere koje omogućuju učinkovito uklanjaju suspendiranih tvari, čestica koje uzrokuju mutnoću, koloidnih tvari, bakterija, algi, parazita, virusa, prirodnih organskih tvari, te brojnih drugih tvari koje nalazimo u vodi, a izravno ili neizravno nepovoljno utječu na zdravlje ljudi (Baker, 2004; Guo i drugi, 2009; Peiris i drugi, 2013). Najveća prednost membranskih tehnologija je stroga definiranost veličine pora membrane što omogućuje selektivno uklanjanje pojedinih onečišćujućih tvari i postizanje željene kvalitete vode (Guo i drugi, 2009; Xia i drugi, 2004). Primjena membranskog sustava za obradu vode ograničena je zbog smanjenja permeabilnosti uslijed blokiranja pora membrana nakupljenim tvarima na njihovoj površini i unutar samih pora što povećava troškove održavanja sustava, te zahtjeva učestalo fizikalno-kemijsko čišćenje (Ates i drugi, 2009; Mierzwa i drugi, 2008; Peiris i drugi, 2013; Xia i drugi, 2004).

U ovom radu dan je prikaz rezultata obrade triju vrsta kišnice pomoću ultrafiltracijske membrane od polietersulfona (PES) u formi vlakna s višestrukim šupljinama (engl.

multibore) s obzirom na promjenu permeabilnosti membrane i mogućnosti njene regeneracije. Učinkovitost separacije je utvrđena na temelju rezultata fizikalno-kemijske analize kišnice i filtrata.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Karakteristike kišnica

Eksperimenti su provedeni s tri različita uzorka kišnice koji se međusobno razlikuju prema podrijetlu i načinu prikupljanja. Uzorak 1 je kišnica iz otvorenog spremnika od polietilena visoke gustoće (PEHD) prikupljena u prigradskom području (Zagreb, Čučerje), uzorak 2 je kišnica iz zatvorenog betonskog spremnika prikupljena u prigradskom području (Zagreb, Čučerje), a uzorak 3 je gradska kišnica iz zatvorenog spremnika od polietilena visoke gustoće (PEHD) (Zagreb, Špansko). Kvaliteta ispitanih uzoraka kišnice dana je na temelju fizikalno-kemijske analize, a rezultati su dani u Tablici 1.

Tablica 1. Karakteristike ispitanih uzoraka kišnice

Uzorak	1	2	3
Mutnoća [NTU]	2,28	0,407	11,80
pH	6,78	7,50	5,55
Električna vodljivost [μS/cm]	24,70	60,00	15,90
TOC [mg/L]	1,711	1,661	10,905
Ukupne suspendirane tvari [mg/L]	1,25	0,30	10,48

Na temelju prikazanih vrijednosti može se zaključiti da je kišnica prikupljena u gradskom području znatno više opterećena suspendiranim tvarima, mutnoćom te organskim tvarima u odnosu na kišnicu prikupljenu u prigradskom području.

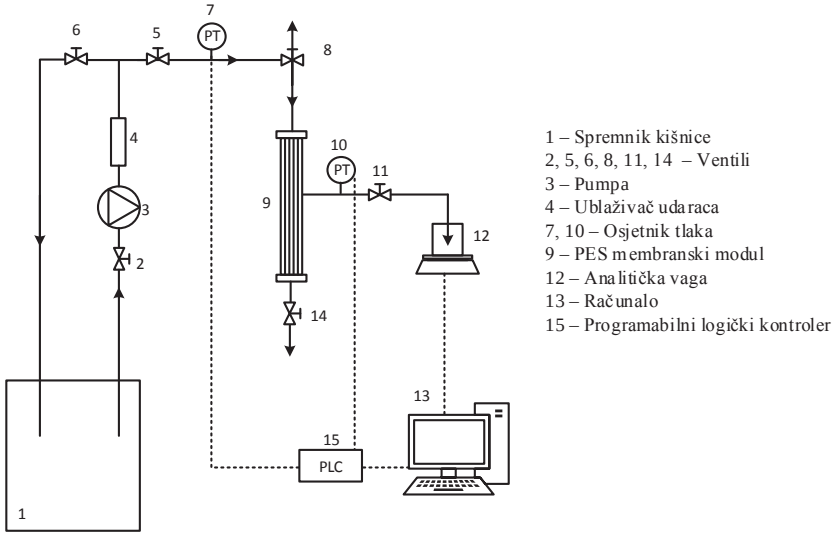
2.2. Analitičke metode

Električna vodljivost mjerena je pomoću Knick Portamess konduktometra, a pH vrijednosti su određene pomoću pH metra Mettler Toledo. Koncentracija ukupnih otopljenih organskih tvari izraženih kao otopljeni organski ugljik (engl. *dissolved organic carbon, DOC*) određena je NPOC metodom (engl. *non-purgable organic carbon*) pomoću uređaja za mjerenje ukupnog organskog ugljika (engl. *total organic carbon, TOC*) SHIMADZU TOC-VCPH. Ukupne suspendirane tvari su određene gravimetrijskom metodom prema metodi Standard Methods 2540 D, a mutnoća je određena sa uređajem HACH 2100 AN.

2.3. Membranski sustav za obradu kišnice

Eksperimenti su provedeni pomoću laboratorijskog membranskog sustava čiji shematski prikaz je dan na *Slici 1*. Membranski sustav se sastoji od spremika sirove vode, pumpe Prominent Concept Plus, ublaživača udaraca (Damper Prominent plus) i membranskog modula. Sustav je opremljen osjetnicima tlaka (Danfoss MB 3000; 060G3857; 0-6 bar) na ulazu u membranu i na izlazu permeata koji su spojeni na programabilni logički kontroler (engl. *Programmable Logic Controller, PLC*) jedinicu (Allan Bradley MicroLogix 1400). Osjetnici tlaka omogućuju izravno mjerenje tlaka ulaznog toka pF i izlaznog toka vode

pR (retentata) pomoću PLC jedinice spojene na računalo. Transmembranski tlak (TMP) se dobiva iz razlike tlakova između ulaza i izlaza iz membranskog modula uz korekciju hidrostatskog tlaka uslijed razlike visine osjetnika. Sustav ima ugrađene ventile pomoću kojih se omogućuje istostrujno (engl. *forward flush*) i protustrujno ispiranje (engl. *backwash*) membrane.



Slika 1. Shematski prikaz laboratorijskog UF sustava

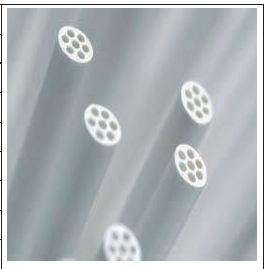
Filtracijski eksperimenti su provedeni sa ultrafiltracijskom membranom od polietersulfona (PES) u formi vlakna s višestrukim šupljinama (INGE dizzer Multibore) definirane veličine pora od 20 nm, ukupne filtracijske površine 0,06373 m^2. Karakteristike membrane dane su u *Tablici 2*. Protok permeata je određen gravimetrijski pomoću analitičke vage (Mettler PM 6000), a kumulativna masa permeata je zabilježena pomoću računala spojenog sa RS-232 spoja. Fluks permeata je izračunat pomoću jednadžbe (1).

$$J_P = \frac{V_P}{A \cdot t} \tag{1}$$

Gdje J_p (L m^{-2} h^{-1}) je fluks permeata, V_p (L h^{-1}) je volumni protok, A (m^2) aktivna površina filtracije i t (h) vrijeme filtracije. Volumni protok je izračunat na temelju promjene mase i gustoće filtrata.

Tablica2. Karakteristike UF membrane

Proizvođač	INGE
Kemijski sastav membrane	PES
Broj vlakna	14
Broj kapilara na vlaknu	7
Duljina vlakna	230 mm
Vanjski promjer vlakna	4 mm
Unutarnji promjer vlakna	0,9 mm
Površina membrane	0,06373 m^2
Dozvoljen interval pH-vrijednosti	1-13



2.4. Postupak ultrafiltracije i regeneracije membrane

Uzorci kišnice su filtrirani izravno bez dodataka ili prethodne obrade u načinu rada bez odvajanja toka koncentrata (engl. dead-end) pri 20°C i u trajanju od 120 min., odnosno do maksimalnog pada permeabilnosti od 60%. Prije i poslije svakog eksperimenta određena je inicijalna permeabilnosti membrane koja je mjerena filtracijom čiste demineralizirane vode. Inicijalna permeabilnost je određena ne temelju izmjerenih vrijednosti fluksa (JW) za različite vrijednosti TMP-a. Vrijednost fluksa vode raste sa porastom vrijednosti TMP-a, a nagib pravca dobiven iz dijagrama fluks - TMP odgovara vrijednosti inicijalne permeabilnosti (L_W; L m^{-2} h^{-1} bar^{-1}) čiste vode prema Darcy-evom zakonu danom jednadžbom (2):

$$J_W = L_P \cdot TMP \quad (2)$$

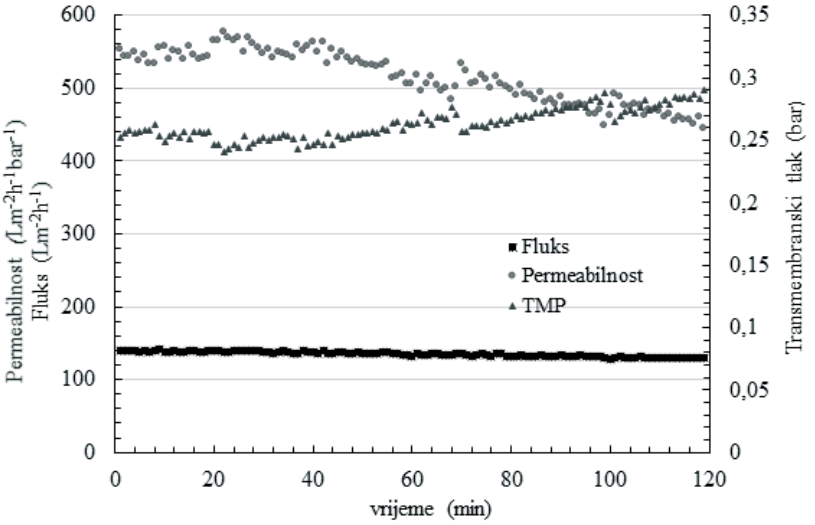
Permeabilnost za uzorke kišnice (LR) određena je na isti način prije i poslije provođenja eksperimenta.

Regeneracija permeabilnosti membrane provodila se postupkom čišćenja i to na tri moguća načina: 1/ tangencijalno ispiranje tlačne strane membrane sirovom vodom, 2/ protustrujno ispiranje membrane filtratom i 3/ kemijski potpomognuto pranje (engl. *Chemically enhanced backwash* CEB). Postupak kemijski potpomognutog pranja se provodio tako da se lužnata otopina sa 0,1 % NaOH i/ili 0,01% NaOCl unijela u sustav te se nakon 10 minuta namakanja obavilo ispiranje filtratom. Nakon svakog eksperimenta sa pojedinom vrstom kišnice, membrana se regenerirala navedenim postupcima i to upravo tim redom.

3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1. Ultrafiltracija kišnice iz otvorenog spremnika

Rezultati ultrafiltracije kišnice iz otvorenog spremnika prikazani su na Slici 2.

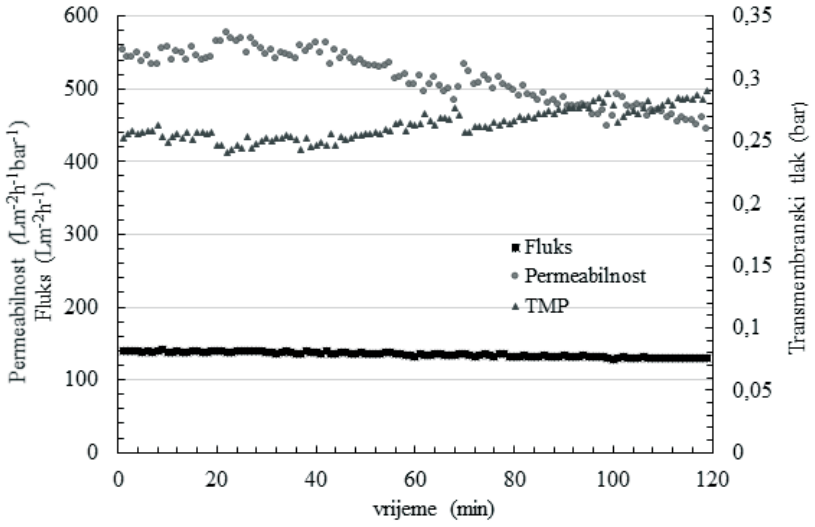


Slika 2. Ultrafiltracija kišnice iz otvorenog spremnika (Uzorak 1)

Iz prikazanih rezultata može se vidjeti da tijekom ultrafiltracije dolazi do pada permeabilnost membrane sa 290 L m^{-2} h^{-1} bar^{-1} na 175 L m^{-2} h^{-1} bar-1 nakon 120 minuta filtracije. Vrijednost TMP-a znatno raste s proteklim vremenom, dok pad fluksa nije zabilježen.

3.2. Ultrafiltracija kišnice iz zatvorenog spremnika

Ultrafiltracija kišnice iz zatvorenog spremnika prikazana je na *Slici 3*.

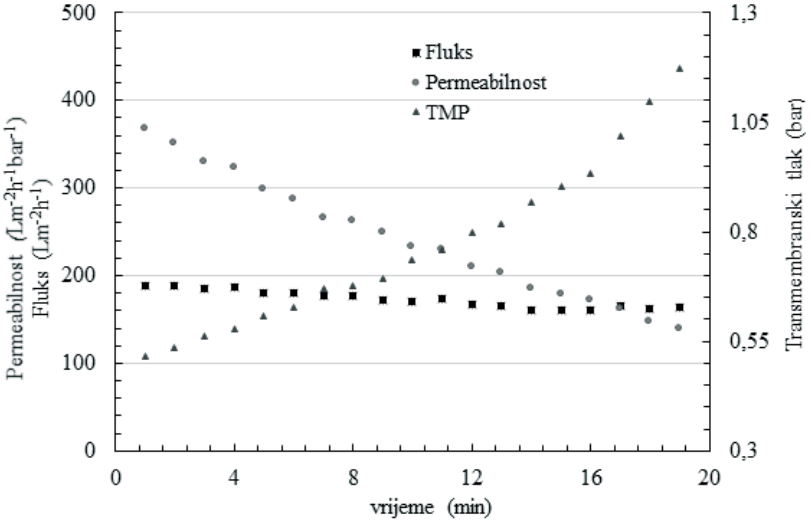


Slika 3. Ultrafiltracija kišnice iz zatvorenog spremnika (Uzorak 2)

Na temelju prikazanih rezultata može se vidjeti da tijekom eksperimenta dolazi do pada permeabilnost membrane sa 550 L m^{-2} h^{-1} bar^{-1} na 430 L m^{-2} h^{-1} bar^{-1}. Vrijednost TMP-a raste s proteklim vremenom, dok znatan pad fluksa nije zabilježen.

3.3. Ultrafiltracija gradske kišnice

Ultrafiltracija gradske kišnice provedena u načinu rada bez odvajanja toka koncentrata pri 20° C tijekom 20 minuta prikazana ja na *Slici 4*.



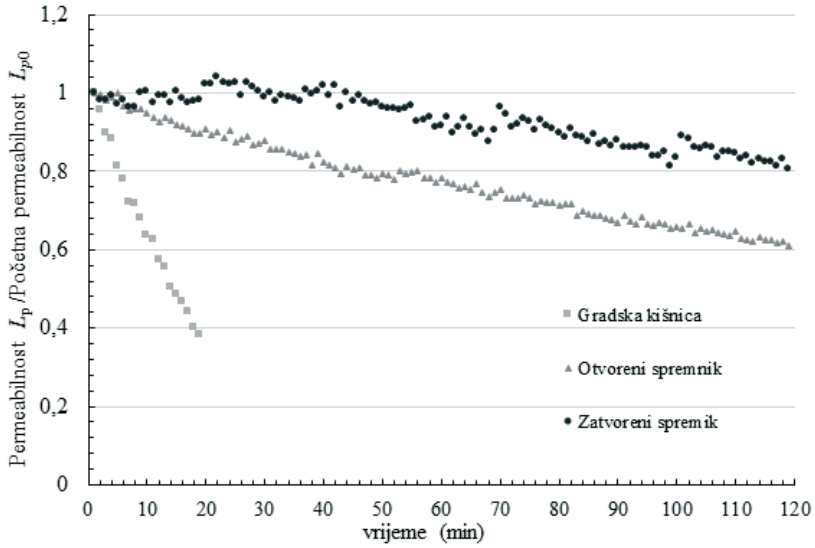
Slika 4. Ultrafiltracija gradske kišnice (Uzorak 3).

Prema dobivenim rezultatima može se vidjeti da nakon 20 minuta filtracije dolazi do pada permeabilnosti membrane sa 380 L m^{-2} h^{-1} bar^{-1} na 120 L m^{-2} h-1 bar^{-1}, te je pokus prekinut kako bi se izbjeglo eventualno oštećenje membrane porastom tlaka uslijed blokiranja pora. Vrijednost TMP-a tijekom pokusa značajno raste, dok je pad fluksa slabije izražen. Pad permeabilnosti kod sve tri provedene filtracije uzrokuje blokiranje pora na površini membrane koje je uzrokovano prisutnim suspendiranim tvarima. Nakon provedenih eksperimenata uzeti su uzorci filtrata, a rezultati fizikalno kemijske analize istih dan je u *Tablici 2*.

Tablica 2. Rezultati fizikalno kemijske analize filtrata

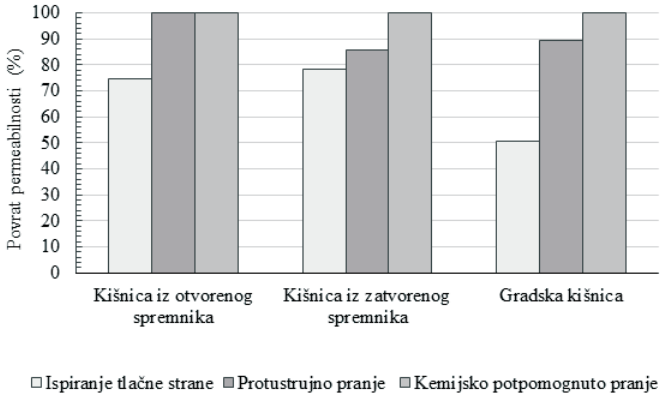
Uzorak	1	2	3
Mutnoća [NTU]	0,201	0,114	0,17
pH	6,89	7,35	5,70
Električna vodljivost [µS/cm]	24,3	61,1	15,90
DOC [mg/L]	1,526	1,461	8,961
Ukupne suspendirane tvari [mg/L]	0,00	0,00	0,00

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da je uklanjanje suspendiranih tvari potpuno, kao što se i očekuje za ovaj tip membrane. Što se vrijednosti mutnoća filtrata tiče, mutnoćom kao optičkim parametrom kvalitete vode teže se dokazuju vrlo niske vrijednosti te se u ovim slučajevima pribjegava točnijoj metodi ukupne suspendirane tvari. Kao što je i očekivano, utjecaj ultrafiltracije na mineralni sadržaj, odnosno vodljivost nije zabilježena, dok su vrijednosti DOC-a neznatno smanjene (12%-17%). Veći stupanj separacije DOC-a bilo bi moguće postići uz predobradu vode koagulacijom i flokulacijom, ili primjenom membrane manje veličine pora, odnosno nanofiltracijom.
Na Slici 5. dana je usporedba rezultata provedenih pokusa ultrafiltracije kišnica. Na temelju prikaza može se zaključiti da je pad relativne permeabilnosti (L_P/L_{P0}) najviše izražen za slučaj gradske kišnice i to više od 60 % u 20 minuta filtracije, dok je za kišnicu iz zatvorenog spremnika najmanje izražen.



Slika 5. Usporedba rezultata provedene ultrafiltracije uzoraka kišnica

Regeneracija membrane provodila se pomoću sva tri prethodno opisana postupka čišćenja. Za svaki postupak pranja izmjerena je efikasnost u pogledu regeneracije membrane, rezultati su prikazani na Slici 6.



Slika 6. Stupanj povrata permeabilnosti membrane s obzirom na vrstu pranja

Povrat permeabilnosti ispiranjem tlačne strane kod filtracije kišnice iz otvorenog i zatvorenog spremnika podjednako je uspješan, te iznosi 75 % odnosno 78 %, dok za slučaj gradske kišnice iznosi 50 %. Protustrujno pranje je učinkovitije u odnosu na ispiranje tlačne strane u sva tri slučaja filtracije, te iznosi 85-94 %. Za slučaj gradske kišnice regeneracija membrane protustrujnim pranjem je dva puta veća u odnosu na istostrujno. Potpuni povrat permeabilnosti postignut je primjenom kemijski potpomognutog pranja sa 0,1 % NaOH i/ili 0,01% NaOCl.

ZAKLJUČAK

Provedena je ultrafiltracija triju vrsta kišnica s obzirom na lokaciju i način prikupljanja pomoću laboratorijskog ultrafiltracijskog uređaja. Ustanovljeno je da se membranskom ultrafiltracijom uspješno uklanjaju suspendirane tvari te da se postiže voda vrlo niske mutnoće, što omogućuje njenu primjenu za mnoge kućne ili industrijske potrebe. Međutim, radni parametri membranskog sustava u pogledu fluksa i pada tlaka doživljavaju nejednake promjene, ovisno o kvaliteti sirove kišnice. Najveći pad permeabilnosti zabilježen je u slučaju filtracije gradske kišnice i on je šest puta brži u odnosu na kišnicu iz prigradskog područja s većim sadržajem suspendiranih tvari.

Iako se djelomična regeneracija permeabilnosti membrane postiže i tehnički jednostavnim ispiranjem s tlačne strane, pouzdan i samostalan rad membranskog uređaja zahtijeva uključivanje opreme za mehaničko i kemijski potpomognuto pranje membrane. Tada je osigurana povremena potpuna regeneracija membrane, odnosno trajna funkcionalnost membranskog sustava.

LITERATURA

[1] Ates, N, Yilmaz, L, Kitis, M, Yetis, U, (2009): *Removal of disinfection by-product precursors by UF and NF membranes in low-SUVA waters*: Journal of Membrane Science (328), 104-112.

[2] Baker, R W, (2004): *Membrane technology and applications*, John Wiley & Sons, Chichester,West Sussex, 538.

[3] Guo, X, Zhang, Z, Fang, L, Su, L, (2009): *Study on ultrafiltration for surface water by a polyvinylchloride hollow fiber membrane*, Desalination (238), 183-191.

[4] Lee, J Y, Bak, G, Han, M, (2012): *Quality of roof-harvested rainwater e Comparison of different roofing materials*, Environmental Pollution (162), 422-429.

[5] Lee, J Y, Yang, J S, Han, M, Choi, J (2010): *Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources*, Science of the Total Environment (408), 896–905.

[6] Mierzwa, J C, Hespanhol, I, da Silva, M C C, Rodrigues, L D B, Giorgi, C F, (2008): *Direct drinking water treatment by spiral-wound ultrafiltration membranes*, Desalination (230), 41-50.

[7] Peiris, R H, Budman, H, Moresoli, C, Legge, R L, (2013): *Fouling control and optimization of drinking water membrane filtration process with real-time model parameter adaptation using fluorescence and permeate flux measurements*, Journal of Process Control (23), 70-77.

[8] Sample, D J, Liu, J, (2014): *Optimizing rainwater harvesting systems for the dual purposes of water supply and runoff capture*: Journal of Cleaner Production (75), 174-194.

[9] Thomas, R B, Kirisits, M J, Lye, D J, Kinney, K A, (2014): *Rainwater harvesting in the United States: a survey of common system practices*, Journal of Cleaner Production (75), 166-173.

[10] Xia, S, Li, X, Liu, R, Li, G, (2004): *Study of reservoir treatment by ultrafiltration for drinking water production*, Desalination (167), 23-26.

AUTORI

Izv.prof.dr.sc. Slaven Dobrović [a]

Maja Zebić Avdičević, dipl. kem. ing. [a]

Roko Roksandić, mag. ing. mech. [a]

[a] Fakultet strojarstva i brodogradnje, Ivana Lučića 5, Zagreb, 10000 Hrvatska, slaven.dobrovic@fsb.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 3.18.

ANALIZA HRVATSKO-SLOVENSKE PREKOGRANIČNE VODOOPSKRBE U SKLOPU PROJEKTA DRINKADRIA

Barbara Karleuša, Primož Banovec, Ivana Radman, Nevena Dragičević

SAŽETAK: Strateški projekt Networking for Drinking Water Supply in Adriatic Region / Umrežavanje za opskrbu pitkom vodom u Jadranskoj regiji (akronim DRINKADRIA) sufinanciran je sredstvima Europske Unije u okviru programa IPA Adriatic Cross Border Cooperation 2007 – 2013. Započeo je 1. studenog 2013. i trajat će 29 mjeseci. Ukupna vrijednost Projekta iznosi 6.600.000 EUR.

Cilj je Projekta razviti podloge za strategije i procedure sigurne prekogranične vodoopskrbe imajući istovremeno u vidu upravljanje vodnim resursima u prekograničnom kontekstu, klimatske promjene i specifični socio-ekonomski kontekst regije. Značajni financijski resursi uložiti će se u unaprjeđenje postojećih vodoopskrbnih sustava u regiji te razmotriti mogućnosti prekograničnog povezivanja postojećih vodoopskrbnih sustava.

U projekt je uključeno sedamnaest partnerskih institucija iz zemalja Jadranske regije: Italija, Slovenija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Crna Gora, Srbija, Albanija i Grčka.

U radu su prikazani primjeri prekogranične vodoopskrbe (u prošlosti i danas) između Republike Hrvatske i Republike Slovenije te mogućnosti prekograničnog povezivanja postojećih vodoopskrbnih sustava u budućnosti.

Primjeri prekogranične vodoopskrbe između Hrvatske i Slovenije kao i između drugih država Jadranske regije, ali i između regija unutar iste države, bit će podloga za razvoj protokola i procedura za efikasnu prekograničnu vodoopskrbu te planiranje prekograničnih vodoopskrbnih sustava u Jadranskoj regiji.

KLJUČNE RIJEČI: prekogranična vodoopskrba, upravljanje vodnim resursima, projekt DRINKADRIA

ANALYSIS OF CROATIAN-SLOVENIAN CROSS-BORDER WATER SUPPLY WITHIN THE DRINKADRIA PROJECT

SUMMARY: The strategic project Networking for Drinking Water Supply in the Adriatic Region (acronym DRINKADRIA) is co-financed by the European Union within the IPA Programme Adriatic Cross Border Cooperation 2007 – 2013. It started on November 1, 2013, and it will last for 29 months. The total value of the Project is 6.600.000 EUR.

The Project aim is to develop a basis for strategies and procedures for secure cross-border water supply, with a specific emphasis on water resources management in the transboundary context, including the climate change and specific socio-economic aspects of the Adriatic region. Significant financial resources will be invested in improvement of the existing water supply systems in the region. The possibilities of cross-border connection of the existing water supply systems will be analysed.

Seventeen partner institutions from the countries in the Adriatic region are involved in the Project: Italy, Slovenia, Croatia, Bosnia and Herzegovina, Montenegro, Serbia, Albania and Greece.

This paper provides examples of cross-border water supply (past and present) between the Republic of Croatia and Republic of Slovenia as well as possibilities of cross-border connection of the existing water supply systems.

Examples of cross-border water supply between Croatia and Slovenia and between other countries in the Adriatic region, including regions within a country, will be the basis for development of protocols and procedures for efficient cross-border water supply and planning of cross-border water supply systems in the Adriatic region.

KEY WORDS: cross-border water supply, water resources management, DRINKADRIA Project

1. UVOD

Strateški projekt Networking for Drinking Water Supply in Adriatic Region / Umrežavanje za opskrbu pitkom vodom u Jadranskoj regiji (akronim DRINKADRIA) započeo je 1. studenog 2013. i trajat će 29 mjeseci (slika 1).



Slika 1. Logo projekta DRINK ADRIA (www.drinkadria.eu)

Projekt je sufinanciran sredstvima Europske Unije u okviru Programa IPA (eng. Instrument for Pre-Accession Assistance) prekogranične jadranske suradnje 2007-2013 (eng. IPA Adriatic Cross Border Cooperation 2007 – 2013), (www.adriaticipacbc.org). Vrijedan je ukupno 6.600.000 EUR.

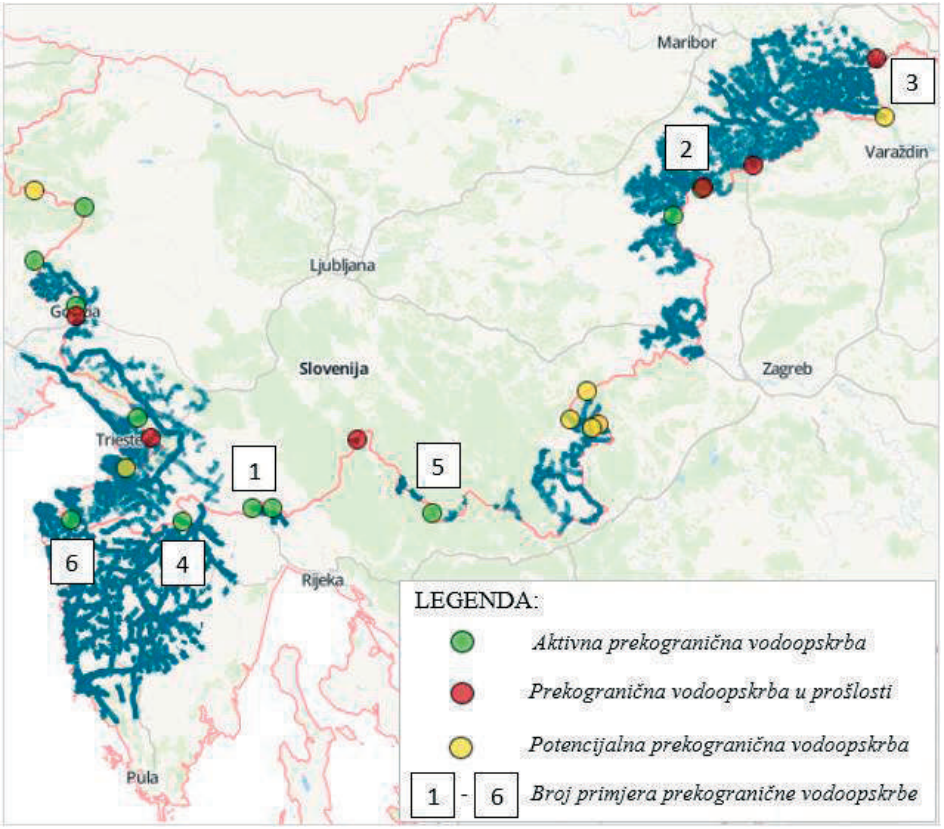
U Projektu sudjeluje osam zemalja Jadranske regije: Italija, Slovenija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Crna Gora, Srbija, Albanija i Grčka.

Vodeći partner u Projektu je Consulta d'Ambito per il Servizio Idrico Integrato Orientale Triestino (CATO) / Area Council for Eastern Integrated Water Service of Trieste, iz Italije. Osim vodećeg partnera sudjeluje i šesnaest partnera iz navedenih zemalja, od kojih su četiri iz Hrvatske: VERITAS Joint Stock Company (Italija), Optimal Territorial Area Authority n.3 Central Marche – Macerata (Italija), Italian National Council - Water Research Institute (Italija), Water Utility of Nova Gorica (Slovenija), University of

Ljubljana (Slovenija), Istarska županija (Hrvatska), Istarski vodovod d.o.o. (Hrvatska), Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci (Hrvatska), Hrvatski geološki institut (Hrvatska), Institute for Development of Water Resources „Jaroslav Cerni" (Srbija), Water Supply and Sewerage Association of Albania - SHUKALB (Albanija), Hydro-Engineering Institute of Civil Engineering Faculty University of Sarajevo (BiH), P.C. Utility Neum (BiH), Public Utility „Vodovod i kanalizacija" Nikšić (Crna Gora), Region of Ionian Islands (Grčka) i University of Thessaly (Grčka).
Iz Hrvatske su u Projekt uključene i tri suradničke institucije: Hrvatske vode, Istarski vodozaštitni sustav d.o.o. i Primorsko-goranska županija.
Cilj DRINKADRIA projekta je izraditi podloge za razradu strategija za sigurnu prekograničnu vodoopskrbu u Jadranskoj regiji. Projekt se bavi problematikom upravljanja prekograničnim vodnim resursima, prekograničnom vodoopskrbom, te pilot akcijama (investicijama) za unaprjeđenje vodnih usluga. Značajni financijski resursi će se uložiti u unaprjeđenje infrastrukture postojećih vodoopskrbnih sustava (monitoring, smanjenje gubitaka, rekonstrukcija ili izgradnja), te razmotriti potencijalne mogućnosti prekograničnog povezivanja postojećih vodoopskrbnih sustava.
Neki od problema koje će Projekt obuhvatiti su zastarjela vodoopskrbna infrastruktura i gubitci vode, klimatske promjene, sezonske varijacije u potražnji vode, pritisci na vodne resurse, nedostatak odgovarajućeg pravnog okvira za upravljanje prekograničnim vodnim resursima i sustavima vodoopskrbe itd.

2. PREKOGRANIČNA VODOOPSKRBA

Projekt DRINKADRIA se provodi kroz šest radnih paketa (eng. work package, WP). Radni paket 5 (WP5) bavi se temom upravljanja prekograničnim vodoopskrbnim sustavima, a voditelj tog paketa je Sveučilište u Ljubljani (Univerza v Ljubljani - Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo).
Upravljanje prekograničnim vodoopskrbnim sustavima tema je o kojoj se redovito raspravlja među zemljama jadranskog područja, kao i među regijama. Zakonodavstvo Europske unije specifično ne pokriva stanje i operativna pravila za prekogranične vodoopskrbne sustave i jedini okvir koji definira neke aspekte je Europska direktiva o kritičnoj infrastrukturi (Council Directive 2008/114/EC). Stoga je jedan od ciljeva Projekta dati prijedlog standardnih protokola s općim pravilima za upravljanje svim pitanjima u vezi tih sustava.
Glavne aktivnosti u WP5 su: pregled povijesnog razvoja prekograničnih vodoopskrbnih sustava, razvoj protokola za učinkovitu prekograničnu vodoopskrbu, dugoročno planiranje prekogranične vodoopskrbe i ekonomski model za regionalnu vodoopksrbu.
U sklopu navedenog paketa analiziraju se primjeri prekogranične vodoopskrbe, i to oni koji su postojali u prošlosti, oni koji su danas aktivni te potencijalne mogućnosti za razvoj prekogranične vodoopskrbe u budućnosti. Na taj način želi se dobiti uvid u pozitivna i negativna iskustva u prekograničnoj vodoopskrbi.
U ovom radu prikazat će se nekoliko primjera (označenim na slici 2 brojevima 1-6) prekogranične vodoopskrbe između Hrvatske i Slovenije, za koje je su projektni partneri uspjeli prikupiti podatke.



Slika 2. Prekogranična vodoopskrba između Hrvatske i Slovenije, (www.drinkadria.eu)

2.1. Primjeri prekogranične vodoopskrbe između Hrvatske i Slovenije

Primjer prekogranične vodoopskrbe broj 1 obuhvaća suradnju poduzeća Liburnijske vode d.o.o. (Hrvatska) i Javnog podjetja Komunala Ilirska Bistrica d.o.o. (Slovenija).
Voda zahvaćena na izvorima u Sloveniji isporučuje se u hrvatska mjesta Brdce, Pasjak i Šapjane, te se u nastavku dostavlja u slovenske Jelšane i okolicu. Hrvatska mjesta Rupa i Klana također se opskrbljuju vodom iz Slovenije, ali samo u sušnom periodu. U prošlosti (do 70-ih) ova se isporuka odvijala sve do Ćikovića i Matulja na hrvatskoj strani.
Godine 1937. izgrađen je vodoopskrbni sustav: Buzet - Starod - Šapjane - Jelšane - Klana - Mučići. Godine 1962. smjer opskrbe vodom promijenjen je na sljedeći način: Ilirska Bistrica - Starod - Šapjane - Jelšane - Klana - Mučići - Matulji.
Danas se manji broj kuća na hrvatskoj strani opskrbljuje vodom iz Slovenije, te postoji trend smanjenja potrošnje. Iz tog razloga isporučuje se maksimalno 19 l/s, a vodoopskrba se provodi trajno.
Navedena komunalna poduzeća surađuju vrlo dobro. Ako se ukaže potreba, tehničko osoblje se međusobno savjetuje i sastaje na terenu. Svaka strana posjeduje infrastrukturu na nacionalnom prostoru, te brine o njezinom održavanju.
Mjerenje količine isporučene vode provodi se na dvije lokacije. Prva lokacija, na kojoj

se mjeri količina vode koja se isporučuje u Hrvatsku, nalazi se na graničnom prijelazu Pasjak, a druga, na kojoj se mjeri količina vode koja se isporučuje u slovenske Jelšane, se nalazi na granici blizu Šapjana.
Količina vode koja se naplaćuje Liburnijskim vodama definirana je tako da se od količine vode koja je distribuirana u Hrvatsku odbije količina vode koja se dostavlja u Jelšane (i to uvećana za 15% zbog manipulativnih troškova i troškova održavanja). Uz to se naplaćuju i naknade za vodovodnu mrežu i vodomjere.
Nakon rekonstrukcije vodovoda u Hrvatskoj, otvorena je nova mogućnost, jer bi se s tim vodovodom hrvatska i slovenska naselja mogla opskrbiti vodom s hrvatskih izvorišta. U tom slučaju Hrvatska bi postala izvoznik.
Sve donedavno postojao je problem zbog visoke cijene slovenske vode. Problem nije riješen tako da se prethodno spomenutim rekonstuiranim vodovodom isporučuje voda s hrvatskih izvorišta, jer bi tada cijena vode iz Hrvatske bila previsoka za slovensku stranu. Stoga da bi se zadržalo postojeće stanje, Liburnijske vode su zatražile nižu cijenu. Nakon toga, JP Komunala Ilirska Bistrica snizila je cijenu vode, a zauzvrat su se Liburnijske vode obvezale da će vodu iz Ilirske Bistrice i dalje isporučivati u Jelšane preko hrvatskog teritorija.

Primjer broj 2 obuhvaća suradnju poduzeća Humkom d.o.o. (Hrvatska) i OKP Rogaška Slatina d.o.o. (Slovenija). U ovom slučaju, za vodoopskrbu dijela općina Hum na Sutli i Zagorska Sela (Harina Žlaka) u Krapinsko-zagorskoj županiji, Humkom d.o.o. kupuje vodu od slovenskog poduzeća.
Godišnje se isporučuje oko 15.000 m³ vode, a mjerenje isporučenih količina izvodi se očitanjem vodomjera. Sezonska dinamika u potrebama za vodom ne predstavlja problem. Suradnja ovih poduzeća je dobra, a odnos im je reguliran ugovorom. U planu je da se spomenuti dijelovi općina Hum na Sutli i Zagorska Sela opskrbe vodom s hrvatskih izvora. To će se postići s izgradnjom vodoopskrbnog sustava na hrvatskoj strani, nakon čega će isporuka vode iz Slovenije biti prekinuta.

Primjer broj 3 obuhvaća suradnju poduzeća Međimurske vode d.o.o. Čakovec (Hrvatska) i Komunalno podjetje Ormož d.o.o. (Slovenija).
Prekogranična vodoopskrba provodila se u prošlosti. Do 1995. godine šezdesetak kuća u hrvatskom naselju Banfi (Općina Štrigova) dobivalo je vodu od Komunalnog podjetja Ormož iz Slovenije. Od 1995.godine opskrba tih kuća osigurava se putem vodovoda kojim upravljaju Međimurske vode d.o.o.
Vezano uz navedena poduzeća, postoji i primjer potencijalnog razvoja prekogranične vodoopskrbe, jer bi Međimurske vode d.o.o. mogle isporučivati vodu Komunalnom podjetju Ormož d.o.o. Razlog tome je poseban postupak pročišćavanja vode kojeg u regiji Podravje provodi Komunalno podjetje Ormož, kako bi voda postala pogodna za piće. Taj je postupak vrlo zahtjevan i skup. S druge strane, vodu s međimurskog vodocrpilišta nije potrebno pročišćavati, te se ona samo preventivno klorira. Međutim, zasad sa slovenskom stranom još nije bilo pregovora vezanih uz opskrbu vodom s hrvatskih vodocrpilišta.

Primjer broj 4 obuhvaća opskrbu dijela slovenskog naselja Rakitovec vodom s izvora blizu sela Brest u hrvatskoj Općini Lanišće.
Za vrijeme izgradnje pruge Divača-Pula 1876.godine, izgrađen je i vodovod Brest-Željeznička stanica Rakitovec radi opskrbe vodom parnih lokomotiva. Taj vodovod i

danas postoji, te se njime opskrbljuju vodom i željeznička stanica Rakitovec i obiteljske zgrade u neposrednoj blizini.
Navedeni vodovod ne spada pod niti jedno komunalno društvo. Kako bi sustav bio u dobrom stanju, o njemu brinu mještani sela Brest i Općina Lanišće. S obzirom da ovaj vodovod postoji već mnogo godina, potrebna mu je sanacija podzemnih i nadzemnih dijelova. Nažalost, općina i mještani nemaju vlastita financijska sredstva s kojima bi mogli izvršiti sanaciju.

Primjer broj 5 obuhvaća suradnju poduzeća Komunalac-VIO d.o.o. Delnice (Hrvatska) te Hydrovod d.o.o. i Komunala Kočevje d.o.o. (Slovenija). Za opskrbu vodom slovenskog mjesta Kuželj voda se isporučuje iz Hrvatske. Također, i otpadne vode iz Hrvatske odvode se u Sloveniju gdje se nalazi uređaj za pročišćavanje.
U ovom primjeru ne postoji ugovor o isporuci vode. Također, niti cijena vode nije definirana, odnosno voda se ne naplaćuje.
Svaka je strana vlasnik infrastrukture na nacionalnom području, te brine o njezinom održavanju. Nadzor sustava provodi svatko na svojoj strani, i ako je potrebno, izmjenjuju se podaci.
Trenutno se ne mjeri količina isporučene vode, jer se radi o vrlo malim količinama koje je teško izmjeriti. Uz to, i broj stanovnika se smanjuje.
Kontinuitet vodoopskrbe ne predstavlja problem, jer je izgrađen zahvat koji po potrebi dovodi vodu s drugog izvora. Iz istog razloga niti sezonska dinamika u potrebama za vodom nije problem. Gubici vode su svedeni na minimum jer je cjevovod saniran.

Primjer broj 6 obuhvaća suradnju poduzeća Istarski vodovod d.o.o. Buzet (Hrvatska) i Rižanski vodovod Koper (Slovenija). Voda sa hrvatskog izvora Gradole isporučuje se i Rižanskom vodovodu radi vodoopskrbe slovenskog priobalja.
Suradnja ovih dvaju poduzeća traje već dugi niz godina. Dosadašnje ugovore i sporazume, zamijenio je novi dvogodišnji ugovor za razdoblje od 01. travnja 2013. do 01. travnja 2015. godine. Moguće je sklopiti aneks za još najviše 5 godina. Potpisivanjem ugovora prestali su važiti svi ranije potpisani sporazumi i ugovori (Karleuša i drugi, 2014).
Količina isporučene vode prema ugovoru je minimalno 500.000 m^3/god, a maksimalno 150 l/s. Svaka strana posjeduje infrastrukturu na nacionalnom teritoriju, i brine o njezinom održavanju. Prije ulaza u vodospremu Gabrijeli koja se nalazi na slovenskoj strani, postavljen je elektromagnetni mjerač protoka za mjerenje isporučene vode. Ljeti se višestruko povećava količina isporučene vode. U 2013. godini gubici vode su iznosili manje od 17%.
Praćenje kakvoće vode u navedenim primjerima provodi svaka strana u okviru nacionalnih propisa.

ZAKLJUČAK

Cilj ovoga rada bio je predstaviti dio aktivnosti koje se provode u sklopu strateškog projekta Networking for Drinking Water Supply in Adriatic Region / Umrežavanje za opskrbu pitkom vodom u Jadranskoj regiji (akronim DRINK ADRIA), koji je sufinanciran sredstvima Europske Unije u okviru Programa IPA prekogranične jadranske suradnje 2007-2013 (eng. IPA Adriatic Cross Border Cooperation 2007 – 2013).
Naglasak je stavljen na radni paket 5 (WP5) koji se bavi problematikom upravljanja

prekograničnim vodoopskrbnim sustavima. U sklopu tog paketa prikupljali su se podaci o primjerima prekogranične vodoopskrbe između zemalja koje sudjeluju u Projektu. Ti će primjeri poslužiti kao podloga za razvoj protokola za učinkovitu prekograničnu vodoopskrbu.

U ovom radu prikazano je nekoliko primjera prekogranične vodoopskrbe između Hrvatske i Slovenije. Ti su primjeri pokazali da je stanje raznoliko. Tako primjerice ugovori o isporuci vode ne postoje u svim slučajevima, a u nekim se i voda uopće ne naplaćuje. S druge strane prikazani su i slučajevi s točno definiranim cijenama i ugovorima. Kako je odnos između dva partnera u prekograničnoj suradnji za opskrbu pitkom vodom veoma kompleksan, a desetljećima se treba održavati u dogovorenim okvirima, važno je da se odnos odgovarajuće stručno definira, kako bi obje strane bile uvjerene u stabilnost isporuke dogovorenih količina vode, odgovarajuće kakvoće, za odgovarajuću cijenu vode.

Prikupljeni podaci kao i rezultati budućih istraživanja provedenih u sklopu projekta bit će dostupni na službenoj web stranici DRINKADRIA projekta (http://www.drinkadria.eu/).

ZAHVALA

Istraživanje za potrebe izrade rada provedeno je u sklopu projekta DRINKADRIA (IPA Adriatic CBC 2007-2013).

Objava rada sufinancirana je od strane Sveučilišta u Rijeci (naslov istraživanja: Razvoj novih metodologija u gospodarenju vodama i tlom u krškim, osjetljivim i zaštićenim područjima, broj potpore 13.05.1.3.08).

Podatke o vodoopskrbnim sustavima ustupili su Istarski vodovod d.o.o., Liburnijske vode d.o.o., Komunalac-VIO d.o.o. Delnice, Međimurske vode d.o.o. Čakovec, Općina Lanišće i Humkom d.o.o., te im se ovim putem zahvaljujemo.

LITERATURA

[1] Council Directive 2008/114/EC of 8 December 2008 on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection.

[2] Karleuša, B., Brajković, M., Dravec, Lj., Terzić, J., (2014): *Iskustva u prijavi i provedbi međunarodnog projekta DRINKADRIA*, Zbornik stručno-poslovnog skupa s međunarodnim sudjelovanjem: Aktualna problematika u vodoopskrbi i odvodnji (Urednik - Beslić, M., Ban, D.), Revelin d.o.o., Velika Gorica, 57-66.

[3] www.adriaticipacbc.org (pristupljeno 13.02.2015.)

[4] www.drinkadria.eu (pristupljeno 13.02.2015.)

AUTORI

Barbara Karleuša [a]
Primož Banovec [b]
Ivana Radman [a]
Nevena Dragičević [a]

[a] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci; Radmile Matejčić 3, Rijeka, 51000, Hrvatska, barbara.karleusa@uniri.hr; ivana.radman@uniri.hr; nevena.dragicevic@uniri.hr

[b] Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Jamova cesta 2, Ljubljana, 1000, Slovenija, primoz.banovec@fgg.uni-lj.si

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 3.19.

PONUDA I POTRAŽNJA ZA VODOM NA ZADARSKIM OTOCIMA KAO ELEMENTI ODRŽIVOG RAZVITKA

Alena Vlašić, Siniša Širac

SAŽETAK: Nalazimo se u vremenu kada voda postaje neotuđivi element tržišta a da pri tome nije izgubila značajnu socijalnu, političku ali iznad svega i ekološku ulogu. Jedan od osnovnih koncepata ekonomike prirodnih resursa i okoliša jest koncept održivog razvitka. Bit održivog razvitka je da se vodni resursi moraju koristiti na način da ih jednako ili bolje mogu koristiti buduće generacije. Za održivost vodnog sustava nužna je ravnoteža između ponude i potražnje za vodom. U turističkim područjima, posebno na otocima u vrijeme sezonskog povećanja stanovništva povećana je potražnja za vodom te često dolazi do nedostatka vode za ukupne potrebe. Kako postići ravnotežu između ponude i potražnje za vodom odnosno njene raspoloživosti i potrošnje na otocima u vrijeme i nakon turističke sezone? Jedno od rješenja možebiti korištenje alternativnih izvora vode kao što su desalinacija bočate i morske vode i ponovno korištenje pročišćenih otpadnih voda. Alternativni izvori vode igrati će sve veću ulogu u budućnosti i sve više koristiti za različite namjene u vodoopskrbi, poljoprivredi, protupožarnoj zaštiti kao i za rekreativne i druge svrhe. Upravljanje ponudom i potražnjom za vodom kao elementima održivog razvitka ima za cilj štednju ograničenih ili skupih vodnih resursa te optimalizaciju iskorištavanja postojećih.

KLJUČNE RIJEČI: održivi razvitak, vodni resursi, otoci, alternativni izvori vode, desalinacija vode, korištenje pročišćenih otpadnih voda, dobro stanje voda

WATER SUPPLY AND DEMAND IN THE ZADAR ARCHIPELAGO AS ELEMENTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

SUMMARY: We live in a time when water is becoming an inherent market element which kept its significant social, political and primarily environmental role. One of the basic concepts of the economics of natural resources and environment is the concept of sustainable development. The essence of sustainable development is to use water resources in such a way that future generations can use them in the same or better way. The sustainability of the water system requires a balance between water supply and demand. Tourist areas, particularly islands, during seasonal population increase, are faced with increased water demand and frequent shortages of water for general needs. The purpose of the paper is to analyse how to achieve the balance between water supply and demand, i.e.

the balance between the availability and consumption of water on the islands during and after the tourist season. One solution can be to use alternative sources of water such as desalination of brackish water and saltwater and wastewater reuse. Alternative sources of water will have an ever growing role in the future and will be increasingly used for different purposes in water supply, agriculture, fire protection, recreation, etc. The objective of managing water supply and demand as the elements of sustainable development is to save the limited or expensive water resources and to optimize the use of existing water resources.

KEY WORDS: sustainable development, water resources, islands, alternative water sources, water desalination, wastewater reuse, good water status

1. UVOD

Voda je temeljni prirodni i strateški resurs. Jedan od osnovnih koncepata ekonomike prirodnih resursa i okoliša jest koncept održivog razvitka. Kad se govori o vodnim resursima, bit održivog razvitka je da se isti moraju koristiti na način da ih jednako ili bolje mogu koristiti buduće generacije. Temeljno načelo Mediteranske strategije (2005.) je da se održivost treba temeljiti na međusobnoj ovisnosti njena tri stupa: gospodarskom razvitku, socijalnoj pravednosti i zaštiti okoliša, kao i na unaprijeđenom upravljanju. U skladu s tim, održivi razvitak vodnih resursa zahtijeva poštivanje hidrološkog ciklusa tako da se kapacitet obnovljivih vodnih resursa ne smanji nakon dugotrajnog korištenja. Za održivost vodnog sustava nužna je ravnoteža između ponude i potražnje za vodom. U područjima gdje postoji nedostatak vode za ukupne potrebe jedno od rješenja može biti korištenje alternativnih izvora vode. To su uglavnom turistička područja koja u vrijeme sezonskog povećanja stanovništva imaju povećanu potražnju za vodom. Na primjerima nekih otoka sa razvijenim turizmom, na kojima postoje navedeni problemi, dovođenje vode s kopna vrlo je skup tehnički poduhvat koji rješava potražnju za vodom u periodu od tri ljetna mjeseca. Izvan tog perioda tolika količina vode nije potrebna. Za postizanje ravnoteže između ponude i potražnje za vodom na tim područjima jedno od rješenja je korištenje alternativnih izvora vode kao što su desalinacija bočate i morske vode i ponovno korištenje pročišćenih otpadnih voda. Iste alternativne izvore vode moguće je koristiti i za potrebe individualne poljoprivredne proizvodnje. Na otocima i u priobalnim područjima, korištenje alternativnih izvora vode je u skladu s gospodarenjem vodama prema načelima održivog razvitka, a istovremeno je jedna od mjera očuvanja i poboljšanja kakvoće mora. U Strategiji upravljanja vodama (2008.) posebna pozornost dana je racionalnijem korištenju voda na otocima. Stoga se kao problem nameće pitanje: Kako postići ravnotežu između ponude i potražnje za vodom odnosno njene raspoloživosti i potrošnje na otocima u vrijeme i nakon turističke sezone?

2. VODOOPSKRBA NA OTOCIMA U SUSTAVU ODRŽIVOG RAZVITKA

Vodno gospodarstvo na otocima jedan je od ključnih čimbenika u ostvarivanju njihovog razvitka, budući da su osiguranje količina vode za stanovništvo i gospodarske djelatnosti posebno turizam i poljoprivredu uz očuvanje morskog okoliša strateški prioriteti za ostvarivanje željenih ciljeva. Vodoopskrba je svakako jedan od najvažnijih faktora održivoga razvitka turizma na otocima. Turizam igra ključnu ulogu u razvitku otoka ali

ima i utjecaj na raspoložive vodne resurse pogotovo tijekom ljetne sezone. Zbog sve većeg broja turista i postizanja više kategorije turističkih usluga očekuje se povećanje potražnje za vodom. U vrijeme sezonskog povećanja stanovništva, česte su situacije da su to i razdoblja minimalne ili niske obnove prirodnih resursa. Suše imaju važan utjecaj na regionalno gospodarstvo, okoliš i kvalitetu života. Mogu dovesti do gubitaka u poljoprivredi i problema s opskrbom vodom. Očekuje se da će se zbog klimatskih promjena smanjiti raspoloživost vode i povećati zahvaćanje vode za navodnjavanje u mediteranskim područjima.

Veliki i kopnu bliži otoci uglavnom su povezani podmorskim cjevovodima na krške izvore na kopnu. U posebno nepovoljnom položaju površinom manji i od kopna udaljeniji otoci zbog nedovoljno razvijene infrasktrukture što je razlog pojačane depopulacije. Razvitkom turizma na navedenim otocima dolazi do velike razlike u potražnji za vodom u ljetnom i zimskom periodu. Održivi razvitak omogućuje skladno suglasje čovjeka i prirode u kojem će korištenje prirodnih bogatstava biti samo do one razine da ih ne ugrožava i ne iskorijeni. Kako su vodni resursi temeljni elementi kvalitete života, gospodarstva i turizma, potrebno je njima sustavno i odgovorno upravljati pa tako i u složenim klimatskim uvjetima osigurati potrebne količine vode pogotovo u razdoblju turističke sezone.

Taj vrlo specifičan problem zahtijeva posebnu infrastrukturu i strategiju upravljanja vodnim resursima koja se može suočiti sa navedenom situacijom. Zato je od izuzetne važnosti dobro planiranje vodnih resursa na otocima obzirom na potrebe turizma a i prilagođavanje strategije razvoja turizma obzirom na raspoloživost vodnih resursa.

3. KORIŠTENJE ALTERNATIVNIH IZVORA VODE

3.1. Iskustva u zemljama Mediterana

U zemljama sa nedovoljnim obnovljivim vodnim resursima, alternativni izvori vode čine dio sustava ukupnih vodnih resursa. Posljednjih godina mediteranske zemlje se suočavaju s velikim pritiscima koji su pretežito od ljudskih aktivnosti, što se posebno odražava na obalnom području i otocima. Nedostatak vode i povećane potrebe za vodom povezani s nekontroliranim razvitkom, intenzivnom poljoprivredom, masovnim turizmom, prenapučenošću i prevelikom uporabom vode, rezultirali su složenošću međusobno povezanih problema koji utječu na socijalne, ekonomske i prirodne aspekte svakodnevnoga života. U zemljama Mediterana najčešće se koriste dvije vrste alternativnih izvora vode: desalinacija bočate vode i morske vode te korištenje pročišćenih otpadnih voda.

Postupci desalinacije poznati su već dugo a njihova šira primjena počela je u drugoj polovici dvadesetog stoljeća što je povezano razvojem uređaja i postupaka kojima se iz slane vode može dobiti pitka voda na ekonomični način. Tako je morska i bočata podzemna voda postala najvažniji izvor vode za piće u nekoliko zemalja koje oskudijevaju vodnim resursima. Prema najnovijim podacima koje su objavili International Desalination Association (IDA) i Global Water inteligence (GWI) u zadnjih pet godina kapacitet uređaja za desalinaciju se povećao za 57%. Kapacitet uređaja za desalinaciju u svijetu iznosi 78,4 milijuna m3/d u odnosu na 47,6 milijuna m3/d na kraju 2008. godine. Prema njihovom predviđanju očekuje se još veći porast kapaciteta uređaja tijekom sljedećih godina. Danas je desalinacija komercijalno u cijelosti primjenjiva metoda osiguranja

potrebnih količina vode u mnogim područjima, a posebno na manjim, udaljenim otocima koje karakterizira oskudica vode u ljetnim mjesecima, kada je ujedno i najveća potreba za njom, kako za turizam tako i za poljoprivredu. Brzina gradnje, modularnost koja je sukladna gospodarskom razvitku te znatno niži investicijski troškovi stavljaju proces desalinacije u prioritetni položaj zadnjih godina.

Pomoću desalinacije problem opskrbe svojih otoka vodom za piće rješavaju mediteranske zemlje poput Grčke, Španjolske, Malte i Italije. Egejski otoci vrlo su slični hrvatskim otocima po površini, geologiji, geomorfologiji, reljefu, klimi, hidrologiji i biljnom pokrovu. Malta, s druge strane, odličan je primjer otoka koji nema dostatne vlastite resurse te pored bočate vode desalinira i morsku vodu. Na Malti i Egejskim otocima turizam se sve više razvija kao i u Hrvatskoj pa u ljetnim mjesecima imaju povećanu potražnju za vodom.

Korištenje pročišćenih otpadnih voda važna je sastavnica strategije očuvanja vodnih resursa. Buduća situacija s održivim vodnim resursima u osnovi će ovisiti o stanju obnove vodnih resursa na što će djelovati klimatske promjene i onečišćenje kao i o pritisku na zahvaćanje vode koji ovisi o korištenju voda, turizmu, rastu broja stanovnika i razvoju industrije. Korištenje pročišćenih otpadnih voda važno je iz dva razloga. Prvo, predstavlja alternativni vodni resurs a samim tim smanjuje se ispuštanje otpadnih voda te štiti okoliš. Praksu korištenja pročišćenih otpadnih voda slijede mnoge zemlje u Europi poput Francuske, Cipra, Italije, Grčke, Španjolske i Malte. Neke od njih imaju i smjernice o korištenju pročišćenih otpadnih voda za navodnjavanje. Nužne su europske smjernice kao pomoć u održivom korištenju vodnih resursa o čemu govori i Direktiva o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda. Pročišćena otpadna voda može se koristiti u poljoprivredne svrhe za navodnjavanje, potrebe industrije, korištenje u naseljima u svrhe koje nisu za piće (poput pranja ulica, protupožarne zaštite), prihranjivanje podzemnih voda, rekreativne svrhe te za sanitarne potrebe. Primjena naprednijih tehnologija svakako je dobro rješenje i za korištenje pročišćenih otpadnih voda i za zaštitu vodnih resursa.

3.2. Stanje i mogućnosti korištenja voda na malim udaljenim otocima u Republici Hrvatskoj

Trenutačno stanje u Republici Hrvatskoj pokazuje da unatoč pojedinim primjerima korištenja pročišćenih otpadnih voda i postupka desalinacije u turističkim područjima odnosno otocima, korištenje alternativnih izvora vode još uvijek nije dovoljno rašireno jer se voda još uvijek shvaća kao bezgraničan resurs.

Budući da je desalinator na otoku Lastovu prvi takav uređaj u Republici Hrvatskoj te nije bilo prijašnjih iskustava sa tom tehnologijom, susretalo se sa većim troškovima a izgradnja je trajala duže od vremena potrebnog za to. Ali danas je situacija drugačija, nakon dobrog iskustva u praksi, počele su se raditi analize isplativosti primjene postupka desalinacije. Kod analize četiri različita načina opskrbe otoka Lastova pitkom vodom: dovođenja vode brodovima vodonoscima, dovođenja vode podmorskim cjevovodom, desalinacije bočate vode i desalinacije morske vode reverznom osmozom, pokazalo se da je najisplativiji i ekološki najprihvatljiviji način vodoopskrbe desalinacija bočate vode (Dobrović i drugi, 2011). Vodoopskrba na otoku Lastovu dobar je primjer primjene postupka desalinacije na udaljenim otocima sa velikom razlikom u potrošnji vode tijekom i van sezone zbog povećanog broja stanovnika. Na otoku Mljetu postoje desalinatori na tri lokacije različitog kapaciteta.

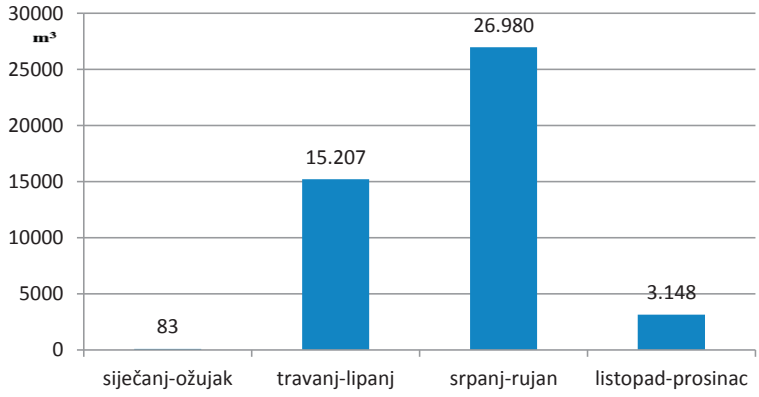
Za vodoopskrbu malih, udaljenih, naseljenih otoka naročito su značajni vlastiti resursi kao i postojeći vodoopskrbni objekti-vodoospreme koje su u većini slučaja u lošem stanju. Prema Nacionalnom programu razvitka otoka, utvrđeno je da na njima postoji nedostatak vode (za piće, za sanitarne i poljoprivredne potrebe) i to osobito ljeti kada se i iskazuje najveća potreba za njom. Sagledavajući potrebe za vodom na malim i udaljenim otocima, nedvojbeno je utvrđeno da se tradicionalnim prikupljanjem kišnice ne mogu zadovoljiti postojeće potrebe kao i to da se ovim načinom prikupljanja voda ne može temeljiti značajniji gospodarski razvitak otoka. Kao kvalitetno rješavanje vodoopskrbe otoka smatralo se isključivo rješenje priključivanjem na kopneni vodoopskrbni sustav tako da nisu razmatrani alternativni izvori voda kao što su desalinacija raspoloživih vodnih resursa i korištenje pročišćenih otpadnih voda za ostale potrebe. Kako se turizam sve više razvija to je razlika u potrošnji u sezoni i van nje sve veća.
U zimskim mjesecima potražnja za vodom vrlo je mala. Stvarne cijene isporuke vode brodovima vodonoscima su previsoke pa država subvencionira veći dio za otočna domaćinstva. Ali pitanje je vremena do kad će država to moći subvencionirati. Neki od otoka imaju svoje vlastite izvore pitke vode, ali se oni slabo koriste ili se uopće ne koriste. Veliki otoci povezani su podmorskim cjevovodima na krške izvore na kopnu. Kako se turizam sve više razvija to je razlika u potrošnji u sezoni i van nje sve veća. U zimskim mjesecima potražnja za vodom vrlo je mala te se postavlja pitanje optimalnih rješenja vodoopskrbe na malim i udaljenim otocima.
Preko projekta „Izgradnja objekata komunalne i društvene infrastrukture na hrvatskim otocima“ (2004.) za zajam Razvojne banke Vijeća Europe i Republike Hrvatske financirala se izgradnja dodatnog desalinatora na otoku Lastovu, dio otočnog cjevovoda na Mljetu te izgradnja novih i rekonstrukcija starih vodospremnika na Silbi, Premudi i Molatu. Cilj Projekta bio je poboljšanje sveukupne kvalitete života na otocima i stvaranje preduvjeta za održivi razvitak na malim, slabo naseljenim i udaljenim otocima. Među većim problemima na otocima su i nepostojeća ili nedovoljno izgrađena vodoopskrba i odvodnja. Kroz poboljšanje životnih uvjeta na otocima prevladao bi se i problem koji je naročito prisutan na otocima - depopulacija koja je uglavnom posljedica loše prometne povezanosti, neriješene (nepostojeće ili nedovoljno izgrađene) komunalne, prometne i društvene infrastrukture a samim tim i poteškoća u gospodarsko-socijalnom razvoju.
Ulaskom Hrvatske u Europsku uniju sve su stroži kriteriji za ispuštanje otpadnih voda. Otpadne vode iz svih objekata sakupljaju se u septičkim jamama koje su obično izgrađene nekvalitetno s propusnim stjenkama i dnom pa se otpadne vode gube u podzemlju i otječu prema moru. Iz svega rečenog, nužno je odrediti optimalni način odvodnje, lokaciju uređaja za pročišćavanje s prijedlogom tehnologije. Odvodnja otpadnih voda trebala bi se rješavati za svaki otok pojedinačno. U Hrvatskoj postoji nekoliko primjera korištenja otpadnih voda dobivenih pročišćavanjem membranskom tehnologijom u turističkim područjima poput kampova i hotela. Te vode služe za zalijevanje teniskih terena i zelenih površina te kao sanitarna voda u auto kampu.

4. ANALIZA STANJA I POTREBA ZA VODOM NA ZADARSKIM OTOCIMA

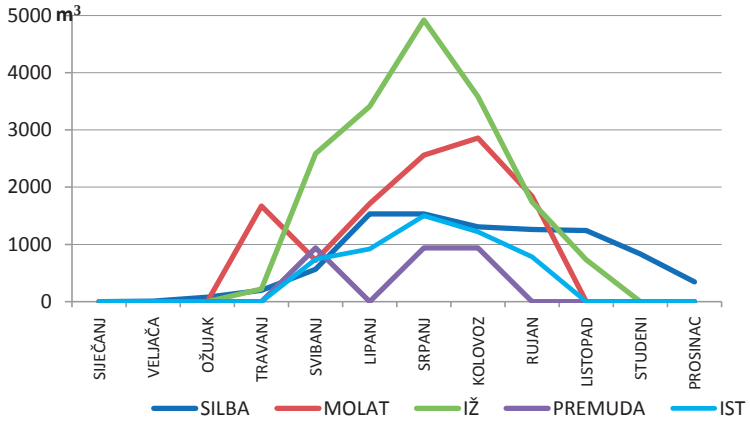
Najveći problemi sa vodoopskrbom javljaju se na manjim, slabo naseljenim i udaljenim otocima u ljetnim mjesecima s dolaskom turista i nedostatkom padalina. Zadarski otoci Silba, Premuda, Ist, Molat i Iž susreću se s tim problemima. Klima zadarskih otoka

je mediteranska s izrazito suhim ljetom i blagom zimom. Radi se o malim naseljenim otocima na kojima se turizam intenzivno razvija zadnjih godina. Vodni resursi na otocima nisu dovoljni za potrebe stanovništva. Problem je još izraženiji u sezoni kad se potrebe za vodom povećaju višestruko. Danas se taj nedostatak rješava dovozom vode brodovima vodonoscima iz grada Zadra. Ako je sušna godina kao što su to bile 2011. i 2012. godine, vodospremnici se moraju napuniti jer su se ispraznili zbog nedovoljnih padalina. Uvijek postoji problem da se u razdoblju vrha turističke sezone obustavi dovoz vode. Dakle, u vrijeme kad je voda najpotrebnija i za stanovnike i razvitak turizma kao i za poljoprivredu, vrlo je moguć njen nedostatak. Gospodarenje vodnim resursima odnosno potražnjom za vodom prioritetni je zadatak održivog razvitka na ovim otocima. U svrhu revitalizacije hrvatskih otoka, a posebice onih manjih kojima prijeti potpuna depopulacija, uvidjelo se da je jedan od glavnih uzroka nedostatak vode za piće. Zbog toga je 2000. godine tadašnje Ministarstvo za javne radove, obnovu i graditeljstvo Republike Hrvatske u suradnji s Hrvatskim vodama pokrenulo istraživanja u svrhu pronalaženja rezervi slatke i bočate vode na otocima koje bi se mogle koristiti za javnu vodoopskrbu. Vodoistražni radovi su pokazali mogućnost zahvaćanja manjih količina podzemne vode za potrebe javne vodoopskrbe. Stoga je predviđeno da se za vodoopskrbu svakog otoka u prvom redu iskoriste postojeći resursi podzemnih voda. Kako se radi uglavnom o malim otocima na kojima vjerojatno ne postoje dovoljne količine slatke vode, mogu se koristiti i određene količine bočate vode koja se može desalinirati.

Prema podacima nadležnog poduzeća ukupna godišnja količina isporučene vode u 2012. godini na navednih pet zadarskih otoka iznosila je dostruko više u odnosu na godinu ranije. Ovaj podatak samo govori o rastu potražnje za vodom tijekom cijele godine. Zapaža se velika neravnomjernost potražnje za vodom prema kvartalima tijekom godine. Važno je napomenuti da je potražnja za vodom u sezoni oko 60-70% od ukupne godišnje količine. Sve navedeno pokazuje da je potrebno naći optimalno rješenje vodoopskrbe za male i udaljene otoke sa velikom neravnomjernošću u potražnji za vodom tijekom godine.



Slika 1 Ukupne isporučene količine vode (m^3) na predmetnim otocima po kvartalima



Slika 2 Isporučene količine vode (m^3) na otocima po mjesecima

Na svim otocima izneseni podaci jasno govore o izrazitim sezonskim razlikama u potrošnji vode. Prema podacima iz nadležnog poduzeća u periodu od 2010. do 2012. godine isporučene količine vode na svim predmetnim otocima su povećane dva do tri puta u odnosu na godinu ranije a taj trend se i dalje nastavlja. Uzevši tu činjenicu u obzir potrebno je pronaći najprihvatljivije rješenje vodoopskrbe u ekonomskom, okolišnom a prvenstveno u pogledu održivog razvitka samih otoka.

ZAKLJUČAK

Na osnovu navedenog Hrvatske vode su pokrenule projekt izrade studije „Valorizacija vodoopskrbnih rješenja na otocima“. Za svaki otok predložiti će se optimalno rješenje vodoopskrbe obzirom na vlastite resurse voda, infrastrukturu i potrebe na temelju detaljne analize svih prihvatljivih rješenja korištenja voda uzimajući u obzir razliku između potražnje za vodom u sezoni i van nje. Pri tome se vodi računa da je svaki otok poseban slučaj na koji se teško mogu primijeniti iskustva i rješenja s nekog drugog otočnog prostora. Prema načinu korištenja ovisno o potrebama Studija će razlučiti koje rješenje korištenja voda će se moći primijeniti na svakom od predmetnih otoka uzimajući u obzir što povoljnije tehničke, ekološke i ekonomske pokazatelje. Stručni doprinos ovog istraživanja je dobivanje smjernica za pronalaženje rješenja vodoopskrbe na manjim i udaljenim otocima sa velikim turističkim potencijalom u vrijeme i nakon turističke sezone a sve u cilju postizanja ravnoteže između ponude i potražnje za vodom odnosno njene raspoloživosti i potrošnje. Rezultati ovog Projekta biti će i podloga za daljnje aktivnosti vezano uz ovu problematiku. Jedna od strateških odrednica u okviru upravljanja vodama je da treba težiti tome da se što više vodne infrastrukture izgradi uz potporu bespovratnih sredstava koja Republici Hrvatskoj stoje na raspolaganju kroz fondove Europske unije.
Bogatstvo vodnih resursa svakako se odražava na grane gospodarstva poput turizma i poljoprivrede. Potražnja vode svake godine raste s povećanjem broja turista i nikako ne bi smjela predstavljati ograničavajući čimbenik u razvitku ovog gospodarskog sektora. Povećanje korištenja alternativnih izvora vode utječe na buduću ponudu vode u Republici

Hrvatskoj. Upravljanje ponudom i potražnjom za vodom je metoda održivog razvitka vodnih resursa.

Uporabom neke od naprednijih tehnologija pročišćavanje otpadnih voda riješilo bi se nekoliko problema: vodoopskrbe, zaštite voda, možda čak i depopulacije. Ne bi došlo do precrpljivanja izvorišta bočate vode jer bi se voda dobivena postupkom desalinacije koristila samo za kućanstva. Na mnogim otocima to je i jedina mogućnost razvitka značajnije poljoprivredne aktivnosti tijekom sušnog razdoblja. Voda, koja se ponekad dovodi s velike udaljenosti nakon jednokratne uporabe ispušta se u more pa je za daljnju uporabu izgubljena voda. Na mnogim otocima ima poljoprivrednih zemljišta koja bi se mogla koristiti za pojačanu proizvodnju poljoprivrednih kultura, ali je nedostatak vode ograničavajući čimbenik. Korištenje pročišćenih otpadnih voda bilo bi u skladu s gospodarenjem vodama prema načelima održivog razvitka, a istovremeno bi bila jedna od mjera zaštite vodnih resursa od onečišćenja jer je učinkovito pročišćavanje otpadnih voda osnovni preduvjet za njihovo korištenje. Korištenje pročišćenih otpadnih voda smatra se najekonomičnijim dopunskim izvorom vode i očekuje se da će u budućnosti imati još veću primjenu. U Republici Hrvatskoj nema normi, niti pravilnika za korištenje pročišćenih otpadnih voda. Postoje norme i standardi Svjetske zdravstvene organizacije (WHO), zatim Organizacije za prehranu i poljoprivredu (FAO) kao i drugih međunarodnih organizacija koji se primjenjuju u svijetu i služe kao referentni standardi za razvoj nacionalnih norma. Treba očekivati da će se i u Hrvatskoj u skoroj budućnosti u planove upravljanja vodama uključiti i ovaj način korištenja voda te tako slijediti politiku europskih zemalja koje svojim zakonodavstvom te mjerama i poticajima postižu iznimne rezultate u području vodoopskrbe iz alternativnih izvora. Razvitka pa prema tome i budućnosti hrvatskih otoka nema bez stabilne opskrbe vodom, koja doslovno život znači. Rješenja se nikako ne smiju a vjerojatno i ne mogu tražiti u izgradnji isključivo jednog sustava opskrbe vodom. Neophodno je istražiti doslovno sve moguće otočne vodne resurse te ih stalno uspoređivati i usuglašavati s potrebama razvitka, koji se sukladno raspoloživim vodnim resursima mora pažljivo i znanstveno planirati. Pri tome se mora voditi računa da je svaki otok poseban slučaj na koji se teško mogu primijeniti iskustva i rješenja s nekog drugog otočnog prostora.

LITERATURA

[1] Dobrović, S. i drugi.(2011.): *Analiza mogućnosti opskrbe vodom otoka Lastova pitkom vodom korištenjem LCA metodologije*, Zbornik radova, Peta hrvatska konferencija o vodama: Hrvatske vode pred izazovom promjena, Opatija, str.1031-1038.

[2] International Desalination Association (IDA) i Global Water inteligence (GWI); www.globalwaterintel.com/desalination-industry, 10.03.2015.

[3] Mediteranska strategija održivog razvitka (2005): *Okvir za održivost okoliša i zajednički prosperitet/zajedničko blagostanje*, UNEP/MAP, Atena.

[4] *Strategija održivog razvitka Republike Hrvatske* (2009.), Narodne novine br.30/09.

[5] *Strategija upravljanja vodama* (2008.), Narodne novine br. 91/08.

AUTORI

mr.sc.Alena Vlašić, dipl.ing.bioteh. [a]
doc.dr.sc.Siniša Širac, dipl.ing.kem. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, alena.vlasic@voda.hr; sinisa.sirac@voda.hr

R 3.20.

UREĐAJI ZA PROČIŠĆAVANJE KOMUNALNIH OTPADNIH VODA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Mara Pavelić, Zrinka Molak Milić

SAŽETAK: Analiziran je broj uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda (UPOV) u aglomeracijama većim od 2.000 ES prema informacijama za izradu izvještaja za EK po čl. 17. Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (DOPKOV). Obuhvat granica aglomeracija nije stalan, a njihova veličina izražava se kroz ekvivalent stanovnika (ES). U Republici Hrvatskoj ima 281 aglomeracija sa 87 UPOV-a ukupno instaliranog kapaciteta 3.942.263 ES koje generiraju oko 5,1 mil. ES. Zahtijevani stupanj pročišćavanja prema DOPKOV-u ima 32 uređaja ukupno priključenog opterećenja od oko 4,6%. Od njih su 4 UPOV-a u aglomeracijama s rokom provedbe krajem 2018. godine: Karlovac-Duga Resa, Koprivnica, Zadar i Našice (u probnom radu) koje čine 3,4% ukupnog generiranog opterećenja svih aglomeracija RH. Na vodnom području Dunava ima 39 UPOV-a instaliranog kapaciteta 2.341.200 ES (59,4% u RH). Na Jadranskom vodnom području ima 48 uređaja instaliranog kapaciteta 1.601.063 ES (40,6% u RH). Rađene su i analize, tj. podjela UPOV-a u aglomeracijama prema vodnogospodarskim odjelima i županijama. Izvan funkcije je 8 UPOV-a. U Brodsko-posavskoj županiji nije izgrađen niti jedan uređaj do kraja 2013. godine. Izvještaj može poslužiti kao podloga za promišljanje kod donošenja odluka vezanih za daljnje aktivnosti na ispunjenju zahtjeva.

KLJUČNE RIJEČI: Uređaji za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda (UPOV), Aglomeracije, Kapaciteti, Zahtjevi Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (DOPKOV), Usklađenost

WASTEWATER TREATMENT PLANTS IN THE REPUBLIC OF CROATIA

SUMMARY: A number of wastewater treatment plants (WWTPs) in agglomerations of over 2000 PE was analysed based on the information provided in the preparation of reports for the EC pursuant to Article17 of the Urban Wastewater Treatment Directive. The scope of agglomerations is not permanent, and their size is expressed as a person equivalent (PE). In the Republic Croatia, there are presently 281 agglomerations with 87 WWTPs of the total installed capacity of 3,942,263 PE, and which generate approximately 5.1 million PE. 32 WWTPs with the total connected load of about 4.6% have the required treatment level in compliance with the Urban Wastewater Treatment Directive.

Of these, there are 4 WWTPs in agglomeration whose implementation deadline is by the end of 2018: Karlovac-Duga Resa, Koprivnica, Zadar and Našice (in the trial period), which represents 3.4% of the total generated load of all agglomerations in the Republic of Croatia. In the Danube River Basin District, there are 39 WWTPs with the installed capacity of 2,341,200 PE (59.4% in the Republic of Croatia). In the Adriatic River Basin District, there are 48 WWTPs with the installed capacity of 1,601,063 PE (40.6% in the Republic of Croatia). Additionally, analyses were carried out for the WWTPs in agglomerations per water management departments and counties. 8 WWTPs are out of operation. In the Brod-Posavina County, no WWTPs had been constructed prior to the end of 2013. This report can serve as a basis for consideration in decision making with regard to further activities aimed at the compliance with the requirements.

KEY WORDS: WWTPs, agglomerations, capacities, requirements of the Council Directive 91/271/EEC concerning urban waste-water treatment (Urban Wastewater Treatment Directive), compliance

1. UVOD

Republika Hrvatska ima obvezu ispunjenja zahtjeva iz Direktive Vijeća 91/271/EEZ od 21. svibnja 1991. o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda sukladno definiranim rokovima u predpristupnim pregovorima za članstvo u Europsku uniju. Zahtjevi su usmjereni prvenstveno na rješavanje pitanja odvodnje i pročišćavanja komunalnih otpadnih voda na području aglomeracija sa generiranim opterećenjem većim od 2.000 ES. Ovaj rad izrađen je u svrhu sagledavanja postojećeg stanja aglomeracija generiranog opterećenja većeg od 2.000 ES zaključno sa 31.12.2013. godine, a može poslužiti kao podloga za promišljanje kod donošenja odluka vezanih uz daljnje aktivnosti na ispunjenju zahtjeva. Temelji se na informacijama koje su korištene prilikom izrade izvješća za EK po članku 17. Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda, prema programu njene primjene. Informacije su dobivene na osnovi podataka prikupljenih sredinom 2014. godine, od javnih isporučitelja vodnih usluga, u svrhu izvješćivanja EK po članku 15. Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda i utvrđivanja postojećeg stanja u 2012. godini (referentna godina za izvješćivanje). Ove informacije proširene su izgrađenim uređajima do kraja 2013. godine.

U radu su obrađene osnovne dostupne informacije o izgrađenim komunalnim uređajima za pročišćavanje otpadnih voda u postojećim aglomeracijama, što može poslužiti kao baza za izradu cjelovitog izvješća prema članku 16. po kojem se izvješćuje javnost o postojećem stanju, što je također obveza Republike Hrvatske.

2. OPĆENITO O AGLOMERACIJAMA I UREĐAJIMA

Definiranje granica obuhvata aglomeracija kontinuirani je proces koji ovisi o koncentraciji opterećenja na nekom području, a integralni je dio planiranja i upravljanja aktivnošću odvodnje u skladu s načelima zaštite vode, s ciljem maksimalizacije učinaka na vodni okoliš, ali s minimalnim troškovima za korisnika. Opterećenje aglomeracija i njihove granice mijenjaju se s obzirom na demografske prilike, životni standard, ekonomske trendove, prostorne uvjete i druge čimbenike.

Veličina aglomeracije izražava se kroz ekvivalent stanovnika (ES), s tim da jedan

ekvivalent stanovnika znači biorazgradivo organsko opterećenje koje ima petodnevnu biokemijsku potrošnju kisika (BPK_5) od 60 g kisika dnevno. Opterećenje aglomeracije izraženo u ES izračunava se na temelju maksimalnog prosječnog tjednog opterećenja koje dolazi na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda tijekom godine, isključujući izvanredne situacije poput velikog intenziteta oborina. Podaci o opterećenju prikupljeni su za četiri osnovne kategorije: stanovništva (podaci o popisu stanovništva, kućanstava i stanova u Republici Hrvatskoj iz 2011. godine, od Državnog zavoda za statistiku), industriju, turizam (nekomercijalnog i komercijalnog) te ostale ustanove i djelatnosti (npr. vojni kompleksi i sl.).

Prema Revidiranom Planu provedbe vodno - komunalnih direktiva iz studenog 2010. godine, odabran koncept identifikacije aglomeracija u Republici Hrvatskoj podrazumijeva da se područje jedne aglomeracije opslužuje s jednim sustavom za prikupljanje i jednim uređajem za pročišćavanje otpadnih voda.

Razina, odnosno stupnjevi pročišćavanja komunalnih otpadnih voda definiraju se s obzirom na veličinu organskog biorazgradivog opterećenja aglomeracije (izraženo u ES), vrstu prihvatnog vodnog tijela i osjetljivost područja prihvata.

2.1. Aglomeracije i uređaji na području Republike Hrvatske

Na području Republike Hrvatske nalazi se 281 aglomeracija koja ima generirano opterećenje jednako ili veće od 2.000 ES, sa 87 uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda ukupnog instaliranog kapaciteta 3.942.263 ES. Ovim aglomeracijama obuhvaćeno je oko 89% stanovništva Republike Hrvatske, koji žive na oko 38% ukupnog broja naselja. Aglomeracije veće od 2.000 ES generiraju oko 5,1 mil. ES, s tim da ukupno priključeno opterećenje iznosi oko 4,6% od čega se 4,4% aktivno pročišćava u komunalnim uređajima zahtijevanog stupnja pročišćavanja.

2.2. Kapaciteti UPOV-a

Cijelo Vodno područje rijeke Dunav osjetljivo je područje. Na njemu se nalaze prijemnici 152 aglomeracije (generiranog opterećenja 2.913.804. ES), dok je preostalih 129 na Jadranskom vodnom području, od čega 91 aglomeracija ima ispust u području normalne osjetljivosti (generiranog opterećenja 1.728.704 ES).

Na Vodnom području rijeke Dunav nalazi se 39 uređaja instaliranog kapaciteta od 2.341.200 ES što čini 59,4% ukupnog instaliranog kapaciteta uređaja u Republici Hrvatskoj. Preostala 48 uređaja nalaze se na Jadranskom vodnom području s instaliranim kapacitetom od 1.601.063 ES što čini 40,6% ukupnog instaliranog kapaciteta uređaja u Republici Hrvatskoj (Tablica 1.).

Od 87 izgrađenih uređaja, 5 ima kapacitet manji od 2.000 ES, a 13 ih je kapaciteta većeg od 50.000 ES, (od čega je 5 uređaja većih od 100.000 ES: Rijeka - Delta, Split - Solin - Stupe, Zagreb, Belišće i Varaždin). Izgrađeno je najviše uređaja s 2. stupnjem pročišćavanja (36 uređaja), ali ih je 8 izvan funkcije. Najmanje je izgrađeno uređaja sa 3. stupnjem pročišćavanja (8 uređaja) od kojih su dva veća od 50.000 ES (UPOV Koprivnica sa 100.000 ES i UPOV Karlovac - Duga Resa sa 98.500 ES).

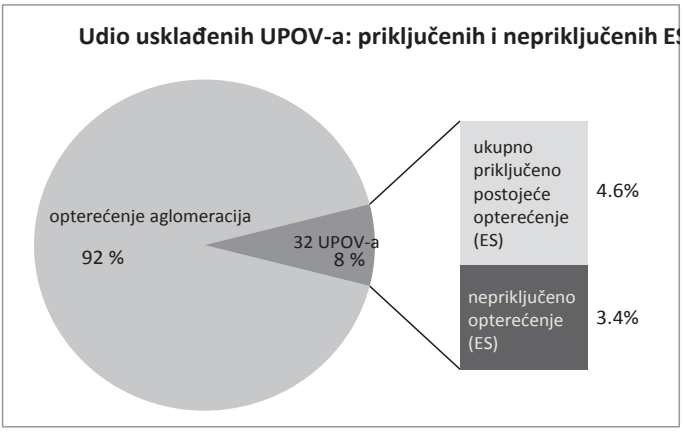
Tablica 1. Popis uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u aglomeracijama > 2.000 ES u Republici Hrvatskoj

PRELIMINARNI			1. STUPANJ			2. STUPANJ			3. STUPANJ		
ID	Naziv uređaja	ES	ID	Naziv uređaja	ES	ID	Naziv uređaja	ES	ID	Naziv uređaja	ES
1116	Rijeka-Delta	540.000	4009	Zaprešić	61.000	4008	Zagreb	1.200.000	5021	Koprivnica (NP)*	100.000
1131	Split-Solin-Stupe	150.000	1081	Opatija-Lovran	58.100	7004	Bešišće	240.000	4040	Karlovac-Duga Resa (NP)*	98.500
101105	Rovinj-Kuvi	64.900	1124	Pula Centar-Valkane	50.000	5035	Varaždin	140.000			
1058	Makarska-Sv. Petar	50.100				1171	Zadar-Centar	100.000			
1024	Dubrovnik	50.000				101339	Čakovec	91.000			
						6008	Bjelovar	50.000			
1037	Kaštela-Trogir	40.000	6064	Požega	33.500	7050	Vinkovci-Jošine	43.000	5004	Našice	15.000
1107	Šibenik	35.000	1076	Novigrad	33.000	4010	Velika Gorica	35.000			
1079	Omiš	32.210	1062	Malostonski zaljev	30.000	4002	Rugvica	25.000			
1006	Biograd na moru-Kumenat	27.325	1169	Vrsar-Petalon	22.000	6012	Daruvar	23.000			
1094	Poreč Jug-Debeli rt	26.000	4048	Križevci	20.300	2052	Imotski	10.000			
1027	Hvar	25.000	4051	Kutina	20.000						
1156	Umag	20.000	4037	Ivanić Grad	20.000						
1109	Punat	19.240	1074	Novalja-Vrtić	14.500						
1126	Sinj	15.000	6047	Lipik Pakrac-Dobrovac	13.500						
1121	Savudrija	15.000									
1108	Pula Sjever-Peroj	14.000									
1052	Lopar	14.000									
1003	Baška-Zarok	12.000									
1086	Pag	10.000									
1084	Orebić	10.000									
1015	Cavtat	9.928	5118	Pitomača	7.500	1123	Senj	9.900	5012	Đurđevac (NP)*	9.500
1117	Rogoznica	9.000	2163	Delnice	6.660	7034	Otok (Vinkovci)	8.500	5001	Donji Miholjac	8.000
1082	Opuzen	9.000	7071	Nuštar	5.000	7003	Beli Manastir	8.000	3056	Kanfanar (NP)*	8.000
1001	Banjole-Bumbište	7.000	4045	Krapinske Toplice	3.000	7060	Ilok	8.000	2003	Ogulin	7.500
1144	Sutivan	2.000				7029	Ivankovo	8.000	5060	Podturen	5.900
						3099	Pazin	8.000			
						3068	Labin	7.500			
						3026	Buzet	7.200			
						6025	Garešnica	7.000			
						7021	Cerna	6.000			
						2186	Gospić	5.200			
						2245	Otočac	5.000			
						5038	Virje	5.000			
						2137	Vrgorac	5.000			
						5045	Donji Kraljevec	4.500			
						3024	Buje	4.000			
						1150	Trilj	3.500			
						2011	Benkovac	3.500			
						5018	Jalžabet	3.000			
						7009	Kneževi Vinogradi	2.500			
						4075	Sveti Ivan Zelina	2.000			
						4036	Hum na Sutli	2.000			
1164	Vis-Luka	1.800				6040	Kaptol-Komarovci	1.000			
101294	Primošten	1.000									
						101127	Križ-Novoselec	500			
						1031	Jadranovo	500			

U tablici su označeni uređaji koji su u probnom radu ili nisu u funkciji.

2.3. UPOV-i s obzirom na ispunjenje zahtjeva iz Direktive

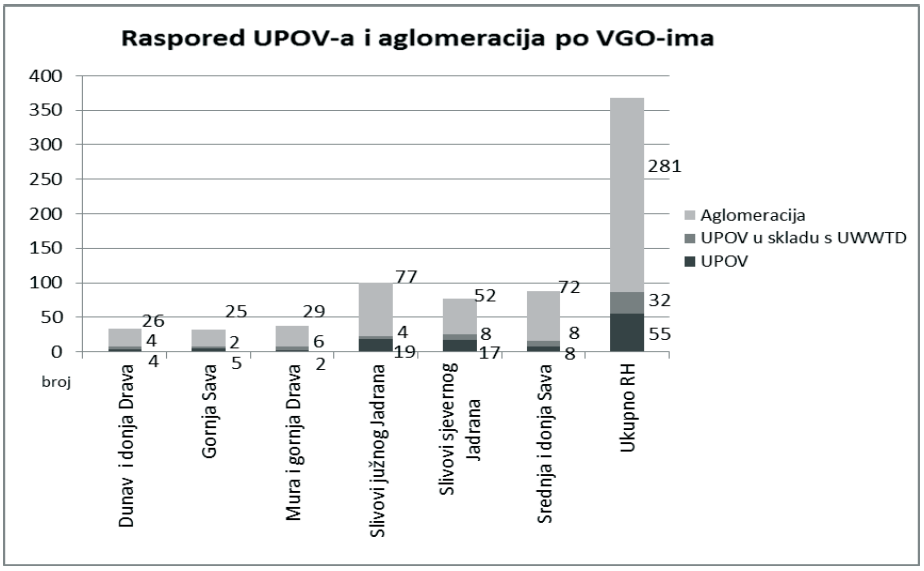
Samo 32 uređaja ima zahtijevani stupanj pročišćavanja. Ove aglomeracije generiraju 402.639 ES, s tim da je ukupno priključeno opterećenje 233.840 ES (4,6% ukupnog generiranog opterećenja svih aglomeracija u Republici Hrvatskoj). Od toga samo je 4 uređaja u aglomeracijama s ispunjenim zahtjevima vezano za stupanj pročišćavanja otpadnih voda kod kojih je rok provedbe 2018. godina (Karlovac - Duga Resa, Koprivnica, Zadar i Našice koji je u probnom radu). Ove aglomeracije sa priključenih 174.561 ES čine 3,4% ukupnog generiranog opterećenja svih aglomeracija u Republici Hrvatskoj. Na njima su izgrađena tri UPOV - a s 3. stupnjem pročišćavanja i jedan sa 2. stupnjem. Za ostale aglomeracije na kojima nisu ispunjeni navedeni zahtjevi rok provedbe je 2023. godina (Slika 2.).



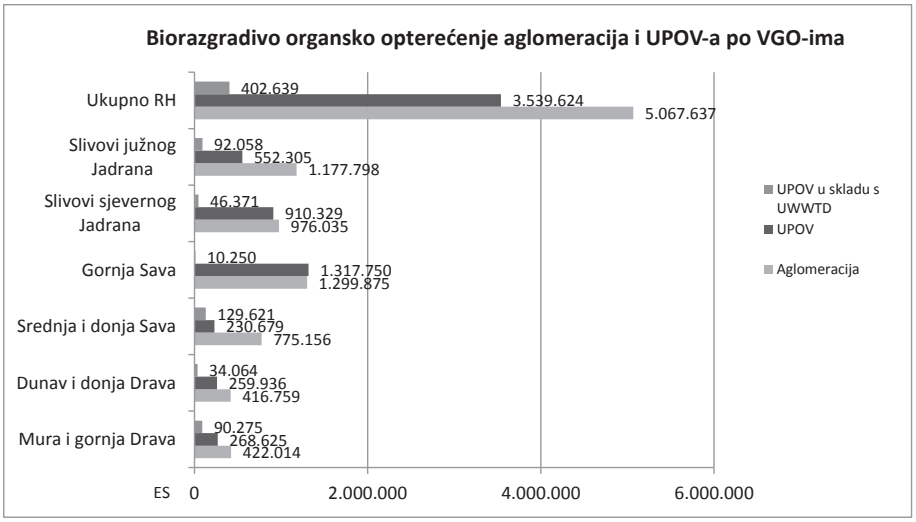
Slika 2. Udio priključenog opterećenja uređaja sa zahtijevanim stupnjem pročišćavanja otpadnih voda u odnosu na ukupno generirano opterećenje aglomeracija većih od 2.000 ES

2.4. Uređaji i aglomeracije po vodnogospodarskim odjelima Hrvatskih voda

Najveći broj izgrađenih uređaja u odnosu na broj aglomeracija je na području Vodnogospodarskog odjela za slivove sjevernog Jadrana (oko 48%), dok je najmanji broj na području Vodnogospodarskog odjela za srednju i donju Savu (oko 22%). Na području Vodnogospodarskog odjela za gornju Savu najmanje ih je aktivnih. Najbolji je odnos izgrađenih uređaja i uređaja koji ispunjavaju zahtjeve iz Direktive na području Vodnogospodarskog odjela za srednju i donju Savu, dok je najmanji broj uređaja koji ispunjavaju zahtjeve na području Vodnogospodarskog odjela za gornju Savu (Slike 3. i 4.).



Slika 3. Aglomeracije i uređaji za pročišćavanje otpadnih voda po VGO–ima



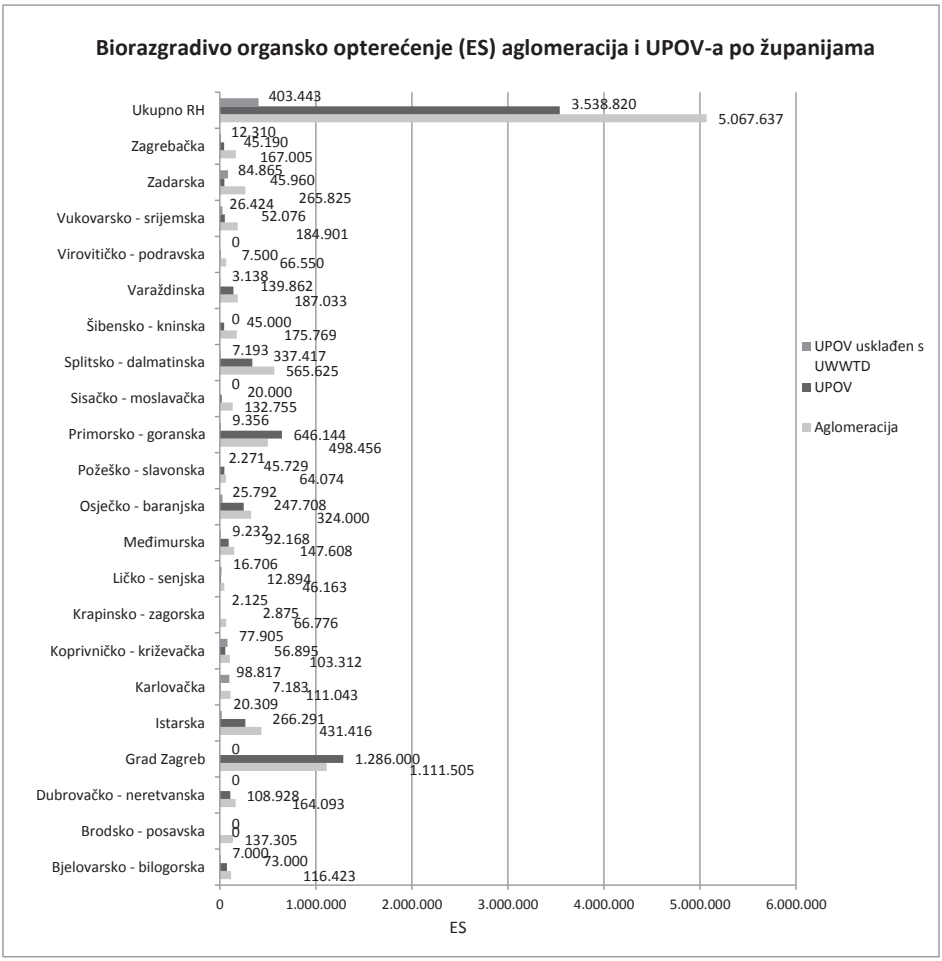
Slika 4. Biorazgradivo organsko opterećenje uređaja i aglomeracija po VGO–ima

Najmanje biorazgradivog opterećenja aglomeracije generira se na području Vodnogospodarskog odjela za Dunav i donju Dravu, iako je na tom području jedan od četiri najvećih gradova u Republici Hrvatskoj. Ovo se može razmatrati kroz sporiji razvoj ratom zahvaćenog područja.

2.5. Uređaji i aglomeracije po županijama

U Republici Hrvatskoj su 4 županije s aglomeracijama većim od 150.000 ES. To su Grad Zagreb (11%), Osječko-baranjska (7%), Primorsko-goranska (4%) i Splitsko-dalmatinska (3%) županija u kojima su smješteni i najveći gradovi (Zagreb, Osijek, Rijeka, Split). One čine tek 1% svih aglomeracija u Republici Hrvatskoj. Najviše aglomeracija pripada veličinskoj kategoriji od 2.000 do 10.000 ES, što čini ukupno 68 % na nivou Republike Hrvatske. Broj aglomeracija i komunalnih uređaja nije ravnomjerno raspoređen. Najviše aglomeracija je na području Splitsko-dalmatinske županije (33 aglomeracije), što čini 11.7% svih aglomeracija u Republici Hrvatskoj. Slijede Primorsko-goranska županija (28 aglomeracija), Vukovarsko-srijemska (22 aglomeracije) te Zadarska županija (18 aglomeracija). Najviše uređaja izgrađeno je u Istarskoj županiji (14 uređaja) koja ujedno ima i najbolji odnos broja izgrađenih uređaja i aglomeracija. U Brodsko-posavskoj županiji nije izgrađen niti jedan komunalni uređaj za pročišćavanje do kraja 2013. godine. Uređaji preliminarnog pročišćavanja izgrađeni su na području županija na Jadranskom vodnom području, dok su u najvećoj mjeri uređaji višeg stupnja pročišćavanja (2. i 3.) izgrađeni na području županija na Vodnom području rijeke Dunav.

Aglomeracija Zagreb ima najveće biorazgradivo organsko opterećenje, a kapacitet uređaja doprinosi sa 33% kapacitetu svih komunalnih uređaja na području Republike Hrvatske i 22% biorazgradivog organskog opterećenja svih aglomeracija. Zagrebački uređaj (kapaciteta 1.200.000 ES) čini 24% ukupnog biorazgradivog organskog opterećenja aglomeracija u Republici Hrvatskoj. Slijedi Splitsko-dalmatinska županija sa 11% opterećenja svih aglomeracija ali 7% kapaciteta svih uređaja u RH, te Primorsko-goranska županija sa 10% opterećenja svih aglomeracija i oko 17% kapaciteta svih uređaja Republike Hrvatske. U Istarskoj i Vukovarsko-srijemskoj županiji najveći broj uređaja ispunjava zahtjeve iz Direktive, dok je u Karlovačkoj županiji najveće biorazgradivo organsko opterećenje uređaja iznosa 98.817 ES koji ispunjavaju zahtjeve iz Direktive (Slika 5.).



Slika 5. Biorazgradivo organsko opterećenje uređaja i aglomeracija po županijama

ZAKLJUČAK

Na području Republike Hrvatske u 2013. godini nalazi se 281 aglomeracija veća od 2.000 ES. Generirano opterećenje iznosi oko 5,1 mil. ES, a samo se 4,6% pročišćava u komunalnim uređajima zahtijevanog stupnja pročišćavanja. Izgrađeno je 87 uređaja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda ukupnog instaliranog kapaciteta 3.942.263 ES, od kojih 32 ispunjavaju zahtjeve Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda, s tim da su izgrađena samo 4 uređaja s rokom provedbe do kraja 2018. godine (Karlovac - Duga Resa, Koprivnica, Zadar i Našice koji je u probnom radu). Preostalih 28 uređaja koji ispunjavaju zahtjeve odnosi se na aglomeracije s rokom ispunjenja zahtjeva do kraja 2023. godine, dok ni jedna aglomeracija s rokom ispunjenja do kraja 2020. godine ne ispunjava zahtjeve. S obzirom na vrlo kratak rok (2018. i 2020. godina) za ispunjenje zahtjeva iz Direktive o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda za 90 aglomeracija, javni isporučitelji vodnih usluga i jedinice lokalne samouprave trebale bi intenzivirati

aktivnosti u svrhu ispunjenja navedenih zahtjeva u skladu s ugovorenim rokovima u predpristupnim pregovorima. U tu svrhu potrebno je tehnički i financijski ojačati sadašnja trgovačka društva, odnosno ubrzati reformu komunalnog sektora. U prijelaznom razdoblju Hrvatske vode trebaju pružiti i financijsku i stručnu pomoć, ali na način da javni isporučitelji budu nositelji aktivnosti kako bi im se olakšalo praćenje realizacije druge faze provedbe projekta - izgradnje, a kasnije i samog upravljanja cjelokupnim sustavom. Pri tom, realno je očekivati vršenje pritisaka kod pojedinih projekata kako bi se unutar zakonskih mogućnosti izbjegli određeni postupci radi postizanja rokova. Rizike takvih odluka ne bi trebale preuzimati Hrvatske vode, već bi odluke trebalo prepustiti javnim isporučiteljima vodnih usluga i jedinicama lokalne samouprave. Posebnu pažnju trebalo bi posvetiti kvaliteti dokumentacije, budući da u relativno kratkom roku veoma mali broj izrađivača treba isporučiti značajan broj projekata.

LITERATURA

[1] Direktiva 91/271/EEZ Vijeća o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (SL L135, 30.05.1991.),

[2] *Nacrt Višegodišnjeg programa gradnje komunalnih vodnih građevina 2014. -2023.* (srpanj 2014.),

[3] *Odluka o određivanju osjetljivih područja* (Narodne novine br. 81/10),

[4] *Plan upravljanja vodnim područjima* (Narodne novine br. 82/13)

[5] Pojašnjenje sadržaja modula „Modul odvodnje i pročišćavanja u sklopu WEB aplikacije SOV“ iz svibnja 2014.

[6] *Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda* (Narodne novine br.80/13 i 43/14.),

[7] *Revidirani Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva* (poglavlje 27. okoliš,studeni 2010.),

[8] *Uredba o uslužnim područjima* (Narodne novine br. 67/14),

[9] *Zakon o vodama* (Narodne novine br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14).

AUTORI

dr. sc. Mara Pavelić, dipl. ing. bioteh. [a]
mr. sc. Zrinka Molak Milić, dipl. ing.biol. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica Grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, Hrvatska, mara.pavelic@voda.hr; zrinka.molak@voda.hr;

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 3.21.

IZAZOVI U RJEŠAVANJU IMOVINSKO-PRAVNIH ODNOSA U SKLOPU REALIZACIJE EU PROJEKTA AGLOMERACIJA ČAKOVEC

Dario Ban, Lidija Car-Peti, Sonja Breka Tkalec

SAŽETAK: Međimurske vode d.o.o. Čakovec, kao javni isporučitelj vodnih usluga, u suradnji sa Hrvatskim vodama pristupile su realizaciji EU projekta AGLOMERACIJA ČAKOVEC, a preduvjet čega je rješavanje imovinsko-pravnih odnosa. Ovim člankom nastoji se približiti problematika i izazovi koji idu uz rješavanje imovinsko-pravnih odnosa, a koji su od značaja za čitatelja te će mu koristiti u njegovom svakodnevnom radu sa istovjetnom materijom. Ukratko, daju se konkretni primjeri i prikazane su konkretne situacije rješavanja imovinsko-pravnih odnosa na koje smo naišli u rješavanju imovinsko-pravnih odnosa i to od provedbe natječaja za izradu projektne dokumentacije, pripremanja dokumentacije za izdavanje lokacijske dozvole, izrade parcelacijskih elaborata, elaborata nepotpunog izvlaštenja, prijavnih listova za upis nerazvrstanih cesta, postupak izvlaštenja i dr.

KLJUČNE RIJEČI: Aglomeracija, Imovinsko-pravni odnosi, Izvlaštenje

CHALLENGES TO THE RESOLUTION OF PROPERTY RELATIONS WITHIN THE IMPLEMENTAITON OF THE EU PROJECT AGGLOMERATION ČAKOVEC

SUMMARY: Međimurske vode d.o.o. Čakovec, as the public provider of water services, has started with the implemention of the EU project AGGLOMERATION ČAKOVEC in cooperation with Hrvatske vode, for which resolved property relations were a prerequisite. This paper attempts to describe the issues and challenges which one faces in the process of the resolution of property relations, i.e. concrete examples and situations, from implementation of a tender for project documentation, preparations of documents for location permit issue, development of plot plans, incomplete expropriation plan, registration forms for unclassified roads, expropriation procedure, etc.

KEY WORDS: Agglomeration, Property relations, Expropriation

1. UVOD

Republika Hrvatska je potpisom Ugovora o pristupanju Republike Hrvatske Europskoj uniji u dijelu IV. KAKVOĆA VODA preuzela obveze iz Direktiva Vijeća 91/271/EEZ od 21. svibnja 1991. o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda i Direktiva Vijeća 98/83/EZ od 3. studenoga 1998. o kakvoći vode namijenjene za ljudsku potrošnju. U cilju određivanja prioriteta mjera i projekta, kao i operacionalizacije strateških smjernica u zaštiti okoliša, a radi odgovora na zahtjeve koji se postavljaju pred Republiku Hrvatsku od strane Europske Unije u području zaštite okoliša i radi potrebe korištenja europskih sredstava izrađuju se Operativni programi za zaštitu okoliša za razdoblje od 1.7. – do kraja 2013, odnosno za financijsko razdoblje 2014-2020. Priprema Operativnog programa za zaštitu okoliša podrazumijeva i uvažavanje Plana Provedbe vodokomunalnih direktiva i Plana upravljanja vodnim područjima te pripremu liste projekata koji se namjeravaju prijaviti za EU sufinanciranje. Na pripremljenoj listi projekata identificirane su i aglomeracije s područja Međimurske županije te su stoga Međimurske vode pokrenule projekt Aglomeracije Čakovec kojim je obuhvaćena rekonstrukcija dijela postojećeg sustava odvodnje na području grada Čakovca i naselja Šenkovec, rekonstrukcija i modernizacija pripadnog uređaja za pročišćavanje u Čakovcu, te izgradnja nove kanalizacijske mreže u preostalim naseljima aglomeracije Čakovec (*»aglomeracija«* je područje na kojem su stanovništvo i/ili gospodarske djelatnosti dovoljno koncentrirani da se komunalne otpadne vode mogu prikupljati i odvoditi do uređaja za pročišćavanje otpadnih voda ili do krajnje točke ispuštanja – čl. 3 Zakona o vodama), koja još nemaju kanalizaciju. Na taj način će se postići povećanje priključenosti unutar cjelokupne aglomeracije i povećati standard pročišćavanja otpadnih voda (rekonstrukcijom i modernizacijom uređaja za pročišćavanje predviđeno povećanje stupnja pročišćavanja do trećeg stupnja), a uz to, osigurava se i viši standard odvodnje uz zaštitu podzemnih i površinskih voda na cijelom području aglomeracije, a što ima direktni utjecaj i na zaštitu voda šireg područja s naglaskom na zaštitu zaliha podzemnih voda kojima se pitkom vodom opskrbljuje najveći dio Međimurja. Cjelokupni projekt se financira sredstvima EU kohezijskog fonda. Dakle, predmetnim projektom predviđena je izgradnja odvodnog sustava na teritorijalnom području više općina sa odvodnjom do postojećeg uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Čakovec. Uz Grad Čakovec u aglomeraciju Čakovec uključene su i slijedeće općine: Nedelišće, Šenkovec, Sveti Juraj na Bregu, Pribislavec i Strahoninec.

Sukladno Planu provedbe vodno – komunalnih direktiva, Međimurske vode d.o.o. Čakovec, kao javni isporučitelj vodnih usluga na području Međimurske županije, u suradnji sa Hrvatskim vodama, tijekom 2010. godine pristupile su realizaciji EU projekta AGLOMERACIJA ČAKOVEC. Prvi korak u pripremi cjelokupne investicije bila je provedba javnog nadmetanja za izradu studijske dokumentacije i projektne dokumentacije. Javnu nabavu provele su Hrvatske vode u suradnji sa Međimurskim vodama. Temeljem provedenih postupaka nabave sklopljeni su Okvirni sporazumi između Hrvatskih voda, Međimurskih voda i konzultanta/projektanta. Studijskom dokumentacijom bila je obuhvaćena izrada Studije izvodljivosti i aplikacije za prijavu projekta za kohezijski fond EU kao i izrada Studije utjecaja na okoliš dok je projektnom dokumentacijom bila obuhvaćena izrada još nedostajućih projekata s područja aglomeracije Čakovec. S obzirom da su Međimurske vode već 2005. godine namjenskim uvođenjem naknade za razvoj (koja se prikuplja u cijeni vode) aktivno krenule s izradom projektne dokumentacije odvodnih

sustava na području cijele županije, to je većina projekata za područje aglomeracije Čakovec već bila izrađena te su bile ishođene i pripadne lokacijske i građevinske dozvole.

2. SUSTAV ODVODNJE AGLOMERACIJE ČAKOVEC

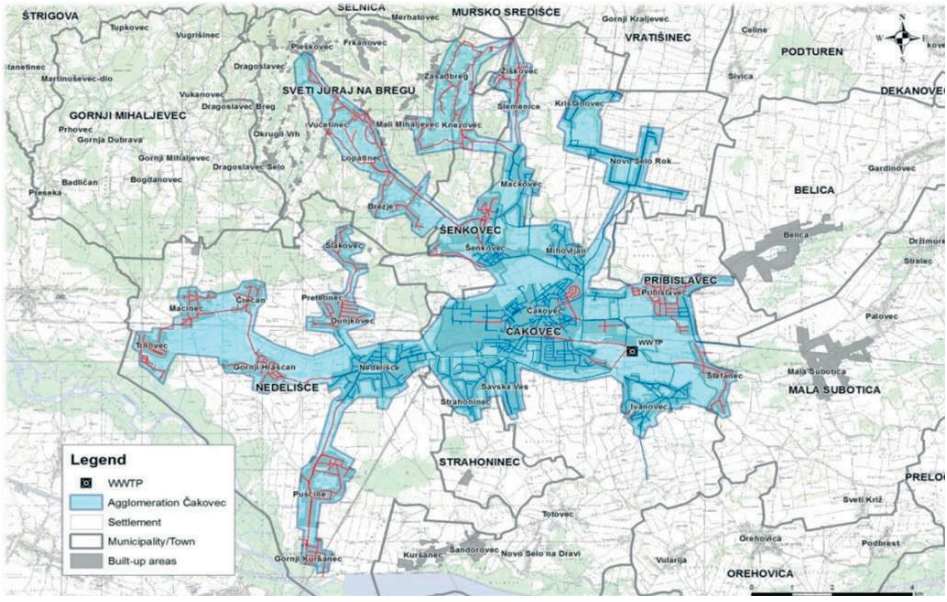
2.1. Stanje sustava odvodnje

Sustav odvodnje u aglomeraciji Čakovca trenutačno uključuje glavni sustav odvodnje Čakovca i podsustave u okolnim naseljima: Ivanovec, Krištanovec, Knezovec, Mačkovec, Mihovljan, Nedelišće, Novo Selo Rok, Pribislavec, Savska Ves, Strahoninec i Šenkovec. Sustavi odvodnje u naseljima Pribislavec, Dunjkovec i Pretetinec su pred završetkom izgradnje, dok je još u tijeku gradnja kanalizacije u naseljima Mali Mihaljevec, Slemenice i Žiškovec. Izgrađeni kanalizacijski sustav odvodnje otpadnih voda aglomeracije Čakovec uglavnom je mješovitog tipa, dok se zadnjih desetak godina sukladno usvojenoj Studiji odvodnje Međimurja ("Hidroprojekt-ing" Zagreb, 2002.) kao dugoročnom razvojno planskom dokumentu, krenulo u izgradnju razdjelnih sustava odvodnje. Dosad je na području aglomeracije Čakovec izvedeno cca 215 km mješovite i sanitarne kanalizacijske mreže te cca 50 km oborinske kanalizacije. Izvedeno je oko 10.070 priključaka, a priključeno oko 30.200 stanovnika, odnosno oko 57 % cjelokupnog stanovništva na području aglomeracije. Okosnicu cjelokupnog sustava odvodnje grada Čakovca čine četiri glavna kanalizacijska kolektora - kolektor I, kolektor II, kolektor III i kolektor IV. Kolektori I i II izgrađeni su u užem gradskom području i predstavljaju osnovu odvodnje tog područja. Oni spadaju među starije objekte gradskog javnog sustava odvodnje. Kolektori III i IV izgrađeni su u razdoblju 2003.-2005. godine, s ciljem prikupljanja otpadnih voda iz sjevernih (kolektor IV) i južnih odnosno zapadnih prigradskih područja (kolektor III). Sve prikupljene otpadne vode odvode se prema centralnom uređaju za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu, koji je u funkciji od 1999. godine i od tada radi bez prekida. Uređaj je projektiran i izgrađen kao konvencionalni uređaj za drugi stupanj pročišćavanja otpadnih voda (mehaničko-biološki stupanj pročišćavanja otpadne vode).



Slika 2. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda Čakovec

Za sve potprojekte aglomeracije Čakovec izrađena je cjelokupna projektna dokumentacija koja obuhvaća izgradnju 77 km novih kanalizacijskih cjevovoda sa 34 crpne stanice, 20 km rekonstrukcije i sanacije postojećeg sustava odvodnje s izgradnjom 5 crpnih stanica, rekonstrukciju kišnih preljeva s dogradnjom retencijskih bazena, te rekonstrukciju i nadogradnju postojećeg uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.
Za svaki pojedini potprojekt izrađeni su Idejni i Glavni projekti te su ishođene pripadne Lokacijske i Građevinske dozvole/Potvrde glavnog projekta. Ukupno je tako ishođeno 17 Lokacijskih dozvola, 22 izmjene i dopune lokacijskih dozvola, 1 Načelna dozvola i 23 Građevinske dozvole/Potvrde glavnog projekta.
Temeljem raspisanog ograničenog poziva Ministarstva poljoprivrede u siječnju 2014. godine, Međimurske vode su predale službenu prijavu za dodjelu sredstava za izgradnju Aglomeracije Čakovec, s obzirom da su kompletna studijska i projektna dokumentacija kao i aplikacija za prijavu bile izrađene. Prijava je službeno bila prihvaćena, te su temeljem toga su u sklopu operativnog programa "Zaštita okoliša" u Vukovaru 28. listopada 2014. godine potpisani ugovori o dodjeli bespovratnih sredstava, ugovori o sufinanciranju te ugovori o partnerstvu za infrastrukturne projekte iz područja voda. Projekt „Sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda aglomeracije Čakovec" vrijedan je više od 273 milijuna kuna. U sufinanciranju sudjeluju Europska unija (72,95%), Ministarstvo poljoprivrede (9,92%), Hrvatske vode (9,92%) i jedinice lokalne samouprave (grad Čakovec te općine Nedelišće, Pribislavec, Strahoninec, Sveti Juraj na Bregu i Šenkovec, 7,21%). Predvidivo trajanje projekta je do polovice 2017. godine, odnosno do polovice 2018. godine (uključivo i garancijski period).



Slika 3. Prikaz aglomeracije Čakovec

U skladu s gore navedenim potpisanim ugovorima, Međimurske vode su tijekom 2014. godine pokrenule procedure javne nabave za ugovaranje planiranih radova, robe i usluga, za provedbu projekta, sve sukladno zahtjevima svake pojedine komponente projekta. Tako su do kraja 2014. godine potpisani Ugovor o uslugama nadzora nad provedbom projekta i Sporazum o izvođenju radova na rekonstrukciji i sanaciji postojećeg sustava odvodnje dok su početkom 2015. potpisani Sporazum o izvođenju radova na izgradnji nove mreže odvodnje i Sporazum o izvođenju radova na rekonstrukciji i modernizaciji uređaja za pročišćavanje u Čakovcu. Za potrebe provedbe postupka javnog nadmetanja za nabavu opreme za održavanje sustava odvodnje (specijalnog vozila) izrađena je kompletna dokumentacija za nadmetanje, te se očekuje objava javnog nadmetanja u tijeku 2015. godine.

Provedbom ovog projekta očekuje se priključenje više od 8.400 novih korisnika na sustav javne odvodnje. Stvorit će se uvjeti za podizanje ukupne razine sigurnosti i kvalitete života građana, pridonijet će se poboljšanju stanja voda kao jedne od najznačajnijih sastavnica okoliš, a ujedno će projekt pozitivno utjecati na više gospodarskih aktivnosti koje trebaju pridonijeti održivom razvitku te zaštiti prostora i okoliša.

3. PROBLEMATIKA RJEŠAVANJA IMOVINSKO-PRAVNIH ODNOSA U AGLOMERACIJI ČAKOVEC

U sklopu realizacije navedenog projekta izdane su sve potrebite dozvole te je slijedeći korak bio rješavanje imovinsko-pravnih odnosa, a koji moraju biti riješeni do početka gradnje. Izgradnja sustava odvodnje, u ovom konkretnom slučaju aglomeracija Čakovec, obuhvaća široko područje koje uključuje 1388 katastarskih čestica, a za koje je bilo potrebno riješiti imovinsko-pravne odnose (osnivanje prava služnosti, prava građenja, otkup dijela i/ili cijelih parcela). Rješavanje imovinsko-pravnih odnosa u pravilu je vrlo složen, zahtjevan i nerijetko dugotrajan proces, a samim time i financijski značajan. U rješavanje imovinsko-pravnih odnosa uključeno je puno različitih subjekata čiji rad je ovisan jedan o drugome, stoga je od presudnog značaja u rješavanju imovinsko-pravnih odnosa zajednička koordinirana suradnja svih uključenih subjekata.

3.1. Problematika neupisanih cesta

U većini slučajeva prilikom projektiranja, poštujući pritom pravila struke, nastoji se da trasa kanalizacije prelazi preko zemljišta u javnom vlasništvu (u pravilu su to javne ceste), ali nerijetko je slučaj i kada trasa kanalizacije prelazi preko zemljišta koje se nalazi u privatnom vlasništvu. Kod aglomeracije Čakovec je jedan od najvećih problema bio upravo nesređeno zemljišno-knjižno stanje u pogledu vlasništva cesta. Usprkos tome što se nastojalo da jedinice lokalne samouprave i Županijska uprava za ceste krenu u rješavanje upisa cesta u zemljišne knjige, najveći problem je bio da u datom trenutku nisu bila osigurana sredstva za rješavanje tog problema (godišnjim planovima, programima i proračunima nije bio predviđen taj izdatak), te se u cilju bržeg rješavanja pristupilo tom problemu na način da se pravo služnosti osnivalo na temelju sporazuma sa privatnim osobama na koje su stajale čestice, a koje su u naravi bile dio ceste. Na taj način su riješeni imovinsko-pravni odnosi i upisano pravo služnosti za korist Međimurskih voda, dok je sama cesta upisana tek godinu i pol nakon toga. U tom slučaju ostaje jedino upitno upisano

pravo služnosti na privatnom zemljištu, a koje je ostalo upisano i nakon evidentiranja ceste. Naime, nakon provedenog postupka evidentiranja cesta, koje su se obzirom na nedorečenost propisa rješavalo na različite načine (ponekad se provodilo kao parcelacija i ispravak površine i privatnih čestica koje graniče sa cestom i upisom čestice ceste sa stvarno evidentiranom površinom, a drugi način rješavanja je bilo samo evidentiranje ceste u katastru i gruntovnici, bez ispravljanja površina privatnih čestica koje graniče sa česticom ceste), ostalo je upisano pravo služnosti na privatnim česticama, a koje faktički nakon promjene katastra (evidentirane ceste) više nije egzistiralo na privatnim česticama, ali je služnost i dalje ostala upisana te je isto tako i isplaćena naknada. U pravilu takvih slučajeva je bilo tek nekoliko, jer se nakon utvrđenog stanja stvari odlučilo da se kod osnivanja prava služnosti na cestama koje nisu imovinsko-pravno riješene, pričeka sa upisom prava služnosti do upisa cesta, radi izbjegavanja takvog nepotrebnog upisa prava služnosti na privatnim česticama.

3.2. Problematika uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Čakovec

Kod rješavanja imovinsko-pravnih odnosa sa vlasnicima u javnom sektoru (javno vodno dobro – Hrvatske vode, željezničke pruge – Hrvatske željeznice, državno vlasništvo – Republika Hrvatska – DUUDI/Državni ured za upravljanje državnom imovinom, javne ceste – Hrvatske ceste d.d. ili Županijska uprava za ceste, odnosno nerazvrstane ceste – JLS, itd. - sve su to zemljišta u vlasništvu ili Republike Hrvatske sa raznoraznim upraviteljima ili pak u vlasništvu JLS) – u pravilu nema neizvjesnosti, u smislu stvarne realizacije projekta. Za rješavanje imovinsko-pravnih odnosa propisane su određene procedure, te ukoliko se iste slijedi, nema zapreke za rješavanje. Jedini, ali ujedno i najveći problem koji uvelike otežava rješavanje imovinsko-pravnih odnosa, podjednako i u pravnom i u privatnom sektoru, je nesređeno zemljišnoknjižno stanje. Međutim, kako smo naglasili „u pravilu“ nema problema, ali zato u aglomeraciji Čakovec postoji značajan problem kod rješavanja imovinsko-pravnih odnosa na česticama u vlasništvu Republike Hrvatske. Međimurske vode predale su još 2003. godine zahtjev za otkup nekretnina u vlasništvu Republike Hrvatske za potrebe proširenja postojećeg uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Čakovec. Sredinom 2013. godine predmetni je zahtjev preinačen u zahtjev za darovanje nekretnine, a uz obrazloženje da je uređaj za pročišćavanje otpadnih voda građevina za javnu odvodnju, a koja građevina spada u komunalne vodne građevine te da su komunalne vodne građevine javna dobra u javnoj uporabi i u vlasništvu su javnog isporučitelja vodne usluge, sve vezano na izmijenjenu lokacijsku dozvolu. Predmet još uvijek nije riješen. Krajem 2014. godine je u Prijedlogu plana upravljanja imovinom u vlasništvu Republike Hrvatske za 2015. godinu pobrojan projekt aglomeracije Čakovec kao EU PROJEKT za proračunsko razdoblje 2007. – 2013., ali je nejasno zašto predmetni zahtjev nije uvršten u Godišnji plan rješavanja imovinskopravnih odnosa s jedinicama lokalne i područne (regionalne) samouprave, „Projekti jedinica lokalne samouprave koji se financiraju iz fondova Europske unije“, a pod kojom točkom je uvršten identični zahtjev javnog isporučitelja vodne usluge Vodovoda Vukovar. Glede navedenog godišnjeg plana provedena je javna rasprava te su Međimurske vode dale svoje primjedbe. Vezano na to, u tekstu Prijedloga plana upravljanja navedeno je kako je radi zaštite dugoročnih interesa Republike Hrvatske, cilj da što više nekretnina bude aktivirano kroz osnivanje prava građenja, što će omogućiti korištenje prema namjeni, povećati prihode proračuna,

a predmetne nekretnine nakon isteka ugovora ostat će u vlasništvu RH te da će to ujedno omogućiti i kontrolu privođenja nekretnine ugovorenoj namjeni, spriječiti zloupotrebe te jačati institut korištenja. Kako se u konkretnom slučaju radi o uređaju za pročišćavanje otpadnih voda, koji ima pravni status javnog dobra u javnoj uporabi te prema zakonu može biti isključivo u vlasništvu javnog isporučitelja vodne usluge, te obzirom da bi eventualno osnivanje prava građenja na predmetnoj nekretnini (umjesto darovanja nekretnine) bilo sukladno pozitivnim propisima RH nenaplatno, pa izostaje element povećanja prihoda proračuna, ne vidimo razloga u neprihvaćanju zahtjeva za darovanjem, a isto tako ne vidimo opravdanja u nejednakom postupanju prema identičnim zahtjevima. U nastavku teksta daje se citirano obrazloženje neprihvaćanja primjedbi Međimurskih voda: „Zahtjev Međimurskih voda d.o.o. nije moguće prihvatiti iz razloga što temeljem Zakona o vodama (NN 153/09, 130/11, 56/13 i 14/14) za izgradnju vodnih građevina u korist komunalnih društava primjenjuje se institut prava građenja, odnosno prava služnosti. Darovanje je moguće isključivo jedinicama lokalne samouprave sukladno izdanoj lokacijskoj dozvoli. Ujedno se napominje da je navedeni projekt uvršten u Plan upravljanja imovinom u vlasništvu RH u poglavlju 6.- godišnji plan rješavanja imovinskopravnih i drugih odnosa vezanih uz projekte obnovljivih izvora energije te ostalih infrastrukturnih projekata, kao i eksploataciju mineralnih sirovina sukladno propisima koji uređuju ta područja.“ Dakle, primjedba Međimurskih voda je „paušalno“ odbijena, uz potpuno promašeno obrazloženje, dok je najvažnije pitanje nejednakog postupanja ostalo i dalje aktualno - zašto se Vodovodu Vukovar u identičnom primjeru može darovati zemljište u vlasništvu Republike Hrvatske i tu nema nikakvih dilema da li se radi o nedopuštenim potporama ili pravu građenja, dok to isto ne vrijedi za Međimurske vode d.o.o.

3.3. Problematika postupka izvlaštenja

Kao najveći izazov glede rješavanja imovinsko-pravnih odnosa u aglomeraciji Čakovec je nedvojbeno rješavanje imovinsko-pravnih odnosa sa privatnim subjektima. Nepovredivost vlasništva jedna je od najviših vrednota ustavnog poretka Republike Hrvatske. Proklamirana načelna nepovredivost prava vlasništva u Ustavu RH je ograničena javnim interesom - čl.50. Ustava RH navodi kako je zakonom moguće u interesu Republike Hrvatske ograničiti ili oduzeti vlasništvo, uz naknadu tržišne vrijednosti. Upravo je ta ustavna odredba temelj za donošenje Zakona o izvlaštenju i određivanju naknade. Građevine za javnu odvodnju (kanali za prikupljanje i odvodnju otpadnih voda, mješoviti kanali za odvodnju otpadnih i oborinskih voda, kolektori, crpne stanice, uređaji za pročišćavanje otpadnih voda, uređaji za obradu mulja nastalog u postupku pročišćavanja otpadnih voda, lagune, ispusti u prijemnik i druge građevine pripadajuće ovim građevinama, uključujući sekundarnu mrežu) su komunalne vodne građevine koje imaju pravni status javnog dobra u javnoj uporabi, i u vlasništvu su i pod upravljanjem javnoga isporučitelja vodne usluge. Zakonom o vodama propisano je da se u svrhu građenja i održavanja komunalnih vodnih građevina provodi postupak izvlaštenja sukladno Zakonu o izvlaštenju. Dosada se kod postupka izvlaštenja uvelike naglašavala nedovoljna zaštita vlasnika zemljišta i netransparentost samog postupka. „Najviše se prigovaralo da se izvlaštenje koristi kao redovni postupak, umjesto da se koristi samo u iznimnim slučajevima i u malom postotku, a što su ujedno i polazišta na kojima se zasniva novi Zakon o izvlaštenju i određivanju naknade”. Izvlaštenje je

regulirano Zakonom o izvlaštenju i određivanju naknade, a koji zakon je objavljen u Narodnim novinama broj 74 dana 18.6.2014. godine, a na snazi je od 26.6.2014. godine, izuzev čl.57., 58. i 59. koji stupaju na snagu 01.01.2016. godine. Prije tog zakona predmetna materija bila je regulirana Zakonom o izvlaštenju (NN 9/94, 35/94, 112/00, 114/01, 79/06, 45/11, 34/12, 74/14), a koji zakon je bio predmet kritika, posljedično čemu je i donijet novi Zakon. Jedna od zakonskih pretpostavki za izvlaštenje je utvrđen interes Republike Hrvatske za izgradnju građevine ili izvođenje radova, a koji interes za građenje i održavanje vodnih građevina je propisan Zakonom o vodama. Rješavanje imovinsko-pravnih odnosa podrazumijeva osnivanje prava stvarne služnosti vodova na nekretnini preko koje prelazi trasa kanalizacije, dakle, sukladno Zakonu o izvlaštenju i određivanju naknade, investitor kao korisnik izvlaštenja daje nadležnom uredu državne uprave prijedlog za nepotpuno izvlaštenje. Nepotpunim izvlaštenjem ograničava se pravo vlasništva na nekretnini ustanovljenjem stvarne služnosti. Stvarna služnost je stvarno pravo svagdašnjega vlasnika određene nekretnine (povlasna nekretnina) da se za potrebe te nekretnine na određeni način služi nečijom nekretninom (poslužna nekretnina), čiji svagdašnji vlasnik to mora trpjeti ili mora propuštati određene radnje glede svoje nekretnine koje bi inače imao pravo činiti. Služnost koja je po svojoj naravi stvarna može se osnovati na poslužnoj nekretnini i u korist određene osobe (nepravilna služnost). Kod osnivanja prava služnosti vodova u svrhu izgradnje kanalizacije radi se upravo o pravnom institutu tzv. nepravilne služnosti, budući da se zasniva pravo stvarne služnosti na teret poslužne nekretnine, ali ne u korist druge povlasne nekretnine, već u korist osobe, a to je upravo investitor. Pravo stvarne služnosti vodova osniva se temeljem pravnog posla vlasnika poslužne nekretnine (ugovor o osnivanju prava stvarne služnosti vodova) ili odluke (rješenje o izvlaštenju) upravnog tijela u postupku izvlaštenja u korist određene osobe na teret određene stvari kao poslužne. Člankom 33. Zakona o zemljišnim knjigama propisano je da se kod upisa služnosti moraju sadržaj i opseg prava što određenije upisati, a ukoliko se želi izvršavanje služnosti ograničiti na određene prostorne granice, te se granice moraju točno odrediti te se smatra da su granice točno određene ako su ucrtane u nacrtu koji je priložen ispravi na temelju koje se zahtijeva upis. Obzirom na navedenu zakonsku odredbu, za provođenje upisa prava služnosti vodova uvijek se prilaže zemljišno-knjižnom sudu, uz ugovor ili rješenje o izvlaštenju i geodetski elaborat nepotpunog izvlaštenja. Kod rješavanja imovinsko-pravnih odnosa u aglomeraciji Čakovec služnost je definirana kao pravo ukopavanja cjevovoda s izgradnjom pratećih komunalnih vodnih građevina u korist Međimurskih voda d.o.o., što obuhvaća nesmetano korištenje koje uključuje pristup, izgradnju i rekonstrukciju kanalizacije, pristup i redovito održavanje i popravke cjevovoda kanalizacije i pratećih komunalnih vodnih građevina te obvezu vlasnika nekretnine da u pojasu služnosti ne sadi trajne nasade, niti gradi trajne objekte, a u skladu s ucrtanom trasom cjevovoda.

Geodetski elaborat nepotpunog izvlaštenja sastoji se od dva dijela. Prvi dio geodetskog elaborata sadržava popis svih katastarskih i zk čestica preko kojih prelazi trasa kanalizacije zajedno s popisom vlasnika i posjednika, posjedovne listove, zk izvatke, identifikaciju čestica, površinu pojasa služnosti odnosno površinu nepotpunog izvlaštenja. Drugi dio geodetskog elaborata sastoji se od grafičkog prikaza / kopije katastarskog plana s ucrtanom trasom kanalizacije i pojasom služnosti. Najznačajniji aspekt izvlaštenja je određivanje naknade za ustanovljenje služnosti koja se određuje u iznosu za koji je zbog ustanovljenja služnosti umanjena tržišna vrijednost nekretnine. Vezano na to došlo je do promjena u

metodologiji procjene vrijednosti nekretnina, ali neke stvari nisu se promijenile, naime interesi korisnika izvlaštenja i vlasnika nekretnine i dalje će ostati suprotstavljeni kada je u pitanju visina naknade, jer vlasnik nekretnine logično priželjkuje visoku naknadu, a korisnik izvlaštenja nada se platiti što manju naknadu, što će i dalje u praksi izazivati poteškoće i sporove.

Kako smo već naveli na početku, aglomeracija Čakovec obuhvaća ukupno 1388 katastarskih čestica preko kojih prelazi trasa kanalizacije. Do danas Međimurske vode su riješile 1336 čestica (upisano u zemljišne knjige pravo služnosti i isplaćena naknada, odnosno pravo građenja, otkupljene cijele ili dijelovi zemljišta), a što predstavlja 96%. Preostale čestice za riješiti su ceste za koje je postupak upisa u tijeku, te čestice u vlasništvu Hrvatskih voda, Hrvatskih željeznica, jedinica lokalne samouprave i Republike Hrvatske (pročistač), a za koje nije moguće predvidjeti konačno rješavanje obzirom da su za pojedine čestice pokrenuti sudski postupci (pojedinačni zemljišnoknjižni ispravni postupak), a koji u pravilu mogu trajati i više godina.

ZAKLJUČAK

Predmetna problematika i ovdje iznesena iskustva Međimurskih voda u rješavanju iste uvelike premašuju svojim obimom i zahtjevnošću okvire ovog stručnog rada i jednostavno je nemoguće cjelokupnu tematiku obraditi unutar zadanih okvira. Stoga treba kao zaključak konstatirati da su iskustva djelatnika Međimurskih voda i kod toga postignuti uspjesi u rješavanju predmetne problematike praktično nemjerljivi jer predstavljaju rezultat timskog rada više djelatnika, uz svesrdnu pomoć svih stručnih službi. Kod toga treba istači i izuzetnu angažiranost pojedinaca koji su direktno uključeni u provedbu svih potrebnih aktivnosti i bez čijeg entuzijazma i posvećenosti k postizanju krajnjeg cilja ova "MISIJA" ne bi bila moguća. Provedene aktivnosti i postignuti rezultati svjedoče o izuzetnom značaju same problematike i sigurno je da je o ovome potrebno voditi izuzetnu brigu i kod planiranja, ali i provedbe svih budućih projekata, bez obzira na njihovu veličinu, namjenu ili vrijednost.

Svoja iskustva u pripremi i provedbi ovakve vrste projekata, a također i u organizaciji i provedbi imovinsko-pravne problematike spremni smo podijeliti s svima zainteresiranima, a sve u cilju da realizacije budućih projekata budu što kvalitetnije i efikasnije pripremljene i u maksimalnom obimu provedene. Stoga nam se slobodno obratite kako bi pomogli i razmijenili iskustva.

LITERATURA

[1] Ugovor o pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji (NN 2/12 od 28. ožujka 2012. godine – dodatak MEĐUNARODNI UGOVORI)

[2] Ustav RH (NN 56/90, 135/97, 113/00, 28/01, 76/10, 5/14)

[3] Zakon o vodama (NN 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14)

[4] Zakon o vlasništvu i drugim stvarnim pravima (NN 91/96, 68/98, 137/99, 22/00, 73/00, 114/01, 79/06, 141/06, 146/08, 38/09, 153/09, 90/10)

[5] Zakon o zemljišnim knjigama (NN 91/96, 68/98, 137/99, 114/01, 100/04, 107/07, 152/08, 126/10, 55/13, 60/13)

[6] www.duudi.hr/wp-content/uploads/2014/11/2015-Savjetovanja-sa-zainteresiranom-javnoscu.pdf

[7] www.mvep.hr/custompages/static/hrv/files/120522_Ugovor_o_pristupanju.pdf

[8] www.poslovni /hr.Hina

[9] www.strukturnifondovi.hr/eu-fondovi

[10] www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/plan_provedbe_vodno-komunalnih_direktiva_-_hrvatski.pdf

AUTORI

Dario Ban, dipl.ing.građ. [a]
Lidija Car-Peti, dipl.ing. [a]
Sonja Breka Tkalec, mag.iur. [a]

a Međimurske vode d.o.o. Matice hrvatske 10, Čakovec, 40000, Hrvatska, dario.ban@medjimurske-vode.hr; lidija.car-peti@medjimurske-vode.hr; sonja.brekatkalec@medjimurske-vode.hr

R 3.22.

PREGLED RAZVOJNIH PROJEKATA VODOOPSKRBE I ODVODNJE NA PODRUČJU VODNOGOSPODARSKOG ODJELA ZA GORNJU SAVU, ZA PRIJAVU KORIŠTENJA SREDSTAVA IZ FONDOVA EU

Višnja Grubišić, Renata Kolačević, Andrino Petković

SAŽETAK: Osnovni dokumenti EU kojima se uređuje područje javne vodoopskrbe i javne odvodnje su Direktiva Vijeća 1998/83/EZ o kvaliteti vode namijenjene za ljudsku potrošnju i Direktiva Vijeća 91/271/EEZ o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda.

U svrhu usklađenja s navedenim direktivama, Vlada RH donijela je Plan provedbe vodno-komunalnih direktiva s definiranim rokovima. Za realizaciju istog potrebna su velika financijska ulaganja, pa je Republici Hrvatskoj, kao članici EU, dana mogućnost korištenja sredstava iz Strukturnih fondova i Kohezijskog fonda EU. Priprema i provedba infrastrukturnih projekata ključna je za postizanje ciljeva Strategije upravljanja vodama (NN 91/08), odnosno osiguranja dovoljnih količina kvalitetne pitke vode za vodoopskrbu stanovništva, kao i postizanja i očuvanja dobrog stanja voda zbog zaštite vodnih i o vodi ovisnih ekosustava.

Na području Vodnogospodarskog odjela za gornju Savu, u tijeku je priprema 9 EU projekata (Zagreb, Zagreb-istok, Velika Gorica, Rugvica-Dugo Selo, Vrbovec, Zaprešić, Samobor, Krapina i Zabok-Zlatar). Investicijske vrijednosti, glavni ciljevi i problematika predmetnih EU projekata obrađeni su ovim radom.

KLJUČNE RIJEČI: EU projekti, direktive, studijska i projektna dokumentacija, aglomeracija, vodoopskrbno područje, Strukturni fondovi i Kohezijski fond EU, investicijske vrijednosti

OVERVIEW OF WATER SUPPLY AND SEWERERAGE DEVELOPMENT PROJECTS IN THE AREA MANAGED BY THE WMD FOR THE UPPER SAVA RIVER FOR APPLICATION FROM THE EU FUNDS

SUMMARY: The main documents of the European Union which regulate public water supply and public sewerage are the Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption and the Council Directive 91/271/EEC concerning urban waste-water treatment.

For the purpose of compliance with these directives, the Government of the Republic of Croatia adopted the Implementation Plan for Water Utility Directives with defined deadlines. As sizable funds are necessary to implement this Plan, the Republic of Croatia as an EU member-state was given the opportunity to apply for funds from the EU Structural Funds and the Cohesion Fund. The preparation and implementation of infrastructure projects is of key importance for the achievement of goals form the Water Management Strategy (OG 91/08), i.e. for the provision of sufficient quantities of quality drinking water for population water supply and for the achievement and maintenance of good water status for protection of aquatic and water-dependent ecosystems.

In the area managed by the Water Management Department for the Upper Sava River there are 9 ongoing EU projects (Zagreb, Zagreb-East, Velika Gorica, Rugvica-Dugo Selo, Vrbovec, Zaprešić, Samobor, Krapina and Zabok-Zlatar), whose investment values, primary objectives and issues are dealt with in this paper.

KEY WORDS: EU projects, directives, study and project documentation, agglomeration, water supply area, EU Structural Funds and the Cohesion Fund, investment values

1. UVOD

Izrada studijsko-projektne dokumentacije za EU projekte na području VGO-a za gornju Savu započela je 2010. godine (osim Zaprešića – 2012. i Zagreba - 2013.) kada su sklopljeni okvirni sporazumi definiranjem izrade studija izvodljivosti (u tekstu: SI) s aplikacijskim paketima i izrade idejnih i glavnih projekata. Kroz izradu SI definirao se i obuhvat EU projekta koji se za neka područja i značajnije promijenio (EU projekt Zabok Zlatar, EU projekt Velika Gorica) u odnosu na aglomeracije definirane Planom provedbe vodnokomunalnih direktiva (u tekstu: Plan provedbe). Studijama su se revidirali, a nekad i promijenili prijemnici pročišćenih otpadnih voda (EU projekt Vrbovec), kao i opterećenja otpadnih voda vezano za kapacitete komunalnih uređaja (EU projekt Vrbovec, EU projekt Zaprešić). Sukladno tome, promijenile su se i Planom definirane investicijske vrijednosti EU projekata.

Iz tabličnog prikaza EU projekata vidljivo je da su se investicijske vrijednosti znatno mijenjale kroz studijske dokumente, a obzirom da SI još uvijek nisu prihvaćene (ili novelirane), očekuju se daljnje promjene (najtočniji su podaci za Zagreb-istok, Veliku Goricu i Vrbovec). Iz tog razloga, ukupni iznos prikazan je samo za vrijednost prema Planu provedbe, a za svaki EU projekt je dana usporedna vrijednost (Plan provedbe-SI). Izuzetak je aglomeracija Zagreb za koju se ne navodi investicijska vrijednost prema SI, jer još nije utvrđena investicijska vrijednost prema prioritetima za obvezu ispunjenja direktiva do 2018. godine. Stvarne vrijednosti iz SI utvrdit će se izradom konačnog teksta za svaku Studiju.

Svi EU projekti ušli su u financijsko razdoblje Europske unije 2014.-2020. i moraju se uskladiti s novim Operativnim programom „Konkurentnost i kohezija“ (prihvaćen od Vlade RH i EK 12. prosinca 2014). Usklađivanje se odnosi na procjenu kapaciteta korisnika, klimatske promjene, procjenu rizika.

Tablica 1. Tabelarni prikaz investicijskih vrijednosti po EU projektima, s usporednim vrijednostima iz Plana provedbe vodno-komunalnih direktiva u odnosu na vrijednosti prema SI

EU projekt	Investitor	Investicijska vrijednost prema Planu provedbe vodno-komunalne direktive (€)	Investicijska vrijednost prema Studiji izvodljivosti (€)	Napomena
RVS Zagreb-istok	Vodoopskrba i odvodnja Zagrebačke županije d.o.o.	70.301.000	70.027.661	ukupni iznos iz Plana provedbe prema vodoopskrbnim zonama
Velika Gorica	VG Vodoopskrba d.o.o. za vodoopskrbu i odvodnju Velika Gorica	32.599.000	55.000.000	u obuhvat je ušao i dio aglomeracije Veleševec
Zagreb	Vodoopskrba i odvodnja d.o.o. Zagreb	327.372.000		CUPOV-om upravlja koncesionar (2000-2028); Studija je u izradi
Rugvica-Dugo Selo	Dukom d.o.o. Dugo Selo	26.790.000	21.231.323	u izradi je novelacija Studije izvodljivosti
Vrbovec	Vodoopskrba i odvodnja Vrbovec d.o.o.	19.374.000	15.864.459	CUPOV je bez PIK-a Vrbovec
Zaprešić	Vodoopskrba i odvodnja Zaprešić d.o.o.	59.498.000	50.000.000	podaci će se mijenjati zbog uključenja CUPOV-a
Samobor	Odvodnja Samobor d.o.o.	41.086.000	23.948.000	u izradi je novelacija Studije izvodljivosti
Krapina	Krakom vodoopskrba i odvodnja d.o.o. Krapina	11.109.000	23.300.000	u izradi je novelacija Studije izvodljivosti
Zabok-Zlatar	Zagorski vodovod d.o.o. Zabok	60.117.000	72.700.000	prema Planu provedbe obuhvat čine aglomeracije: Zabok, Bedekovčina, Konjščina, Marija Bistrica i Zlatar
UKUPNO		**648.246.000**		



Slika 1. Karta područja VGO-a za gornju Savu s prikazom EU projekata

2. PREGLED EU PROJEKATA

2.1. Glavni ciljevi

Temeljni dokumenti EU kojima se uređuje područje javne vodoopskrbe i javne odvodnje su Direktiva o kvaliteti vode namijenjene za ljudsku potrošnju (1998/83/EZ) i Direktiva o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (1991/271/EEZ).

EU projekt Zagreb-istok je projekt razvoja regionalnog vodoopskrbnog sustava, a kroz EU projekt Zagreb razmatraju se potrebe za vodoopskrbom i odvodnjom na području aglomeracije Zagreb. Prema Direktivi (1998/83/EZ), ciljevi su osiguranje dovoljnih količina vode odgovarajuće kakvoće te osiguranje pouzdane isporuke i redovite kontrole vode za piće. RH je zatražila prijelazno razdoblje do 31. prosinca 2018. za provedbu Direktive u pogledu mikrobioloških pokazatelja. Sa zahtjevima Direktive trebaju se uskladiti područja s više od 50 stanovnika ili s potrošnjom vode većom od 10 m^3/dan, te područja s komercijalnom ili javnom vodoopskrbom s manje od 50 stanovnika ili potrošnjom manjom od 10 m^3/dan.

Projekti odvodnje otpadnih voda su EU projekti: Velika Gorica, Rugvica-Dugo Selo, Vrbovec, Zaprešić, Samobor, Krapina i Zabok-Zlatar. Prema Direktivi (1991/271/EEZ), potrebno je razviti sustav prikupljanja i pročišćavanja otpadnih voda na način da se osigura dostatna razina zaštite okoliša, kao i pouzdanost pružanja usluga i redovite kontrole. Cilj je povećati priključenost stanovnika i vodonepropusnim sustavima odvodnje otpadnih voda odvesti otpadne vode do pripadajućih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, a u svrhu zaštite površinskih i podzemnih voda od onečišćenja. Predmetni EU projekti pripadaju vodnom području rijeke Dunav koje je u cijelosti proglašeno slivom osjetljivog područja prema Odluci o određivanju osjetljivih područja /NN 81/2010/ s obvezom primjene III stupnja pročišćavanja otpadnih voda (uklanjanje dušika i fosfora na aglomeracijama većim od 10.000 ES). Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda u predmetnim aglomeracijama mora se riješiti do 31. prosinca 2018. (osim aglomeracije Krapina koja obveze mora ispuniti do 31. prosinca 2020, a Zlatar se priprema u sklopu EU projekta Zabok-Zlatar, pa se rok ispunjenja definira prema Zaboku - 2018.).

Planom provedbe definirana je i reforma vodno-komunalnog sektora s ciljem ujednačenja i unaprjeđenja kakvoća usluge i učinkovitijeg upravljanja sustavima javne vodoopskrbe i odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda na području RH.

Za sada je obavljen dio reforme koji se odnosi na registriranje isporučitelja vodnih usluga samo za obavljanje djelatnosti javne vodoopskrbe i javne odvodnje.

Reforma koja se odnosi na obavljanje djelatnosti sukladno Uredbi o uslužnim područjima (NN 67/2014) za sada nije provedena, a iziskuje i velike promjene u vodno-komunalnom sektoru na koje isporučitelji vodnih usluga i jedinice lokalne samouprave/uprave još nisu spremni. Isto je značajno, jer je sastavni dio studijske dokumentacije analiza i procjena sposobnosti krajnjeg korisnika, kao i CBA (cost benefit analiza) kojom se utvrđuje prihvatljivost projekta za apliciranje.

2.2. Opisi, ciljevi i problematika na EU projektima

U opisima problematike svakog EU projekta zasebno, slijedi a) prikaz tehničkih podataka i b) ciljevi projekta. Nakon toga dat je i kratak osvrt na problematiku.

2.2.1. EU projekt RVS Zagreb-istok (projekt vodoopskrbe)

a) Tehnički podaci:

- izgradnja vodocrpilišta Kosnica – 450 l/s (900 l/s)
- izgradnja vodoopskrbnih cjevovoda u dužini od cca 424 km, 4 vodotornja, 16 pre/crpnih stanica i priključci (VZ Dugo Selo, VZ Ivanić Grad, VZ Sv. Ivan Zelina, VZ Vrbovec)

b) Ciljevi projekta:

- rješavanje vodoopskrbe dijela Zagrebačke županije na području više vodoopskrbnih zona (Dugo Selo, Ivanić Grad, Sv. Ivan Zelina, Vrbovec) s uključivanjem lokalnih vodovoda u sustave javne vodoopskrbe i priključivanjem 15.205 stanovnika (Dugo Selo 51, Vrbovec 12.824, Sveti Ivan Zelina 2.330)
- povećanje priključenosti na vodoopskrbu sa 55% na 71%
- smanjivanje gubitaka iz vodoopskrbnih sustava od 28% na 19% nakon investicije
- regionalizacija vodoopskrbnih sustava i optimalizacija poslovanja kroz udruženje isporučitelja vodnih usluga u jedno poduzeće;
- povećanje sigurnosti zahvata vode uspostavom rezervnih izvora/smjerova dobave vode.

Izgradnja vodocrpilišta Kosnica planirana je s kapacitetom od 900 l/s prema sporazumu Grada Zagreba i Zagrebačke županije, ali je kroz svoju SI Grad Zagreb utvrdio da ne treba dodatne količine vode iz vodocrpilišta Kosnica, pa se Studija za RVS Zagreb-istok revidira (450 l/s).

2.2.2. EU projekt Velika Gorica (projekt odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda)

a) Tehnički podaci:

- izgradnja 115 km i rekonstrukcija 12,15 km gravitacijskih cjevovoda, izgradnja 26,6 km i rekonstrukcija 0,38 km tlačnih cjevovoda, izgradnja 45 crpnih stanica i precrpnih okana i rekonstrukcija 1 crpne stanice.
- rekonstrukcija i dogradnja postojećeg UPOV-a s povećanjem kapaciteta i izgradnjom III stupnja pročišćavanja (74.000 ES).

b) Ciljevi projekta:

- povećanje priključenosti stanovništva sa 57 % na 86%
- poboljšanje kakvoće voda u rijeci Savi rekonstrukcijom i dogradnjom uređaja.

Prihvaćeno je tehničko rješenje zasebnog uređaja u Velikoj Gorici (rekonstrukcija postojećeg uređaja, a ne izgradnja novog), nakon detaljne analize i usporedbe s rješenjem odvođenja otpadnih voda Velike Gorice na zagrebački sustav i pročišćavanjem na zajedničkom uređaju.

2.2.3. EU projekt Zagreb (projekt vodoopskrbe, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda)

a) Tehnički podaci:

- vodoopskrba: proširenje mreže na rubna područja sjeveroistočno i zapadno od Zagreba u dužini od oko 34 km, rekonstrukcija oko 65 km mreže i smanjivanje tlaka proširenjem nulte zone /Šalata ili Vinogradska/
- odvodnja: proširenja mreže u dužini od 460 km u svrhu priključivanja oko 20.000 stanovnika, rekonstrukcija kanalizacijskog sustava kako bi se riješile specifične kritične točke u mreži, revitalizacija sustava rekonstrukcijom 100 km sustava, izdvajanje potoka iz sustava odvodnje otpadnih voda
- pročišćavanje: nadogradnja trećeg stupnja pročišćavanja otpadnih voda (1.200.000 ES)

b) Ciljevi projekta:

- vodoopskrba: osigurati kakvoću vode za stanovništvo na lokalnim sustavima i riješiti gubitke u mreži
- odvodnja: provesti dogradnje sustava vezano za priključenje otpadnih voda na sustav i CUPOVZ
- poboljšati kakvoću vode u rijeci Savi dogradnjom III stupnja pročišćavanja na CUPOVZ.

Upitna je provedivost projekta u segmentu odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda jer je usluga pročišćavanja na postojećem uređaju s II stupnjem povjerena tvrtki iz privatnog sektora temeljem dugoročnog koncesijskog ugovora (2000. – 2028.). Provedba predloženih zahvata navedenih u tehničkim podacima bi, zbog velike investicijske vrijednosti (cca 350 milijuna €), povukla i veliki dio raspoloživog financijskog doprinosa dodijeljenog sektoru vodoopskrbe i odvodnje, pa će se kroz SI utvrditi nužni obuhvat prioritetnih aktivnosti koje su obveza prema Direktivi EU do 31.12.2018.

2.2.4. EU projekt Rugvica-Dugo Selo (projekt odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda)

a) Tehnički podaci:

- izgradnja 79 km cjevovoda, 15 crpnih stanica, 5 kišnih preljeva, rekonstrukcija 2,6 km postojećih cjevovoda
- dogradnja uređaja s III stupnjem pročišćavanja (25.000 ES s mogućnošću proširenja na 50.000 ES)

b) Ciljevi projekta:

- povećanje priključenosti stanovništva sa 38 % na 73%, a u dugoročnom razdoblju (2040) na 89 %
- poboljšanje kakvoće voda u rijeci Savi dogradnjom uređaja s III stupnjem pročišćavanja.

Imovinsko-pravni odnosi su većim dijelom riješeni, ali treba novelirati SI i ishoditi nove građevinske dozvole, jer su zbog proteka vremena, potvrde na glavne projekte istekle, pa je u tijeku ishođenje građevinskih dozvola po novom Zakonu o gradnji (NN 153/13).

2.2.5. EU projekt Vrbovec (projekt odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda)

a) Tehnički podaci:

- izgradnja gravitacijskih i sabirnih kanala u duljini od cca. 40 km, tlačne kanalizacije u duljini od cca. 12 km i izgradnja 18 crpnih stanica
- izgradnja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda za I fazu, s III stupnjem pročišćavanja, kapaciteta 15.205 ES

b) Ciljevi projekta:

- povećanje priključenosti stanovništva sa 31 % na 66%
- poboljšanje kakvoće voda izgradnjom uređaja s III stupnjem pročišćavanja.

Na EU projektu Vrbovec promijenjen je prijemnik za prihvat pročišćenih otpadnih voda iz komunalnog uređaja (umjesto kanala Zlenin, koji je u lošem stanju i nema stalnu protoku, definiran je kanal koji preuzima male vode rijeke Lonje i transportira ih do rijeke Lonje).

2.2.6. EU projekt Zaprešić (projekt odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda)

a) Tehnički podaci:

- izgradnja kolektora u dužini od 95 km (projektiranje u tijeku); 79 km kolektora je ranije isprojektirano i dio je izgrađen; izgradnja 2 retencije (820 m^3 i 350 m^3); izgradnja 13 crpnih stanica (5l/s ili više) i 47 CS (1-2 l/s)
- dogradnja II i III stupnja UPOV-a: 70.000 ES (+ 35.000 ES prema potrebi)

b) Ciljevi projekta:

- povećanje priključenosti stanovništva sa 54% (Zaprešić, Brdovec i Bistra) na 90%
- poboljšanje kakvoće površinskih voda (rijeka Sava) i podzemnih voda izgradnjom vodonepropusnog sustava i uređaju III stupnja pročišćavanja.

U obuhvat SI ulazi i izgradnja II i III stupnja uređaja (CUP Zajarki), obzirom da je raskidom ugovora o koncesiji riješen status uređaja. Novom SI revidirat će se i postojeće stanje.

2.2.7. EU projekt Samobor (projekt odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda)

a) Tehnički podaci:

- izgradnja kolektora u dužini od 43 km, 8 crpnih stanica
- izgradnja uređaja za pročišćavanje kapaciteta 40.000 ES s III stupnjem pročišćavanja

b) Ciljevi projekta:

- poboljšanje kakvoće podzemnih voda (vodocrpilište Strmec) i površinskih voda (Rakovica) izgradnjom CUPOV-a III stupnja pročišćavanja
- povećanje stope priključenosti na sustav odvodnje sa 76% na 86%.

Potrebno je definirati status korisnika, jer je isporučitelj vodnih usluga registriran samo za odvodnju otpadnih voda, a distribucija vode je u nadležnosti druge tvrtke (ViO Zagreb).

2.2.8. EU projekt Krapina (projekt odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda)

a) Tehnički podaci:

- izgradnja 22,5 km novih glavnih kolektora; 34,0 km sekundarne mreže; 2,0 km tlačnih cjevovoda; 14 novih crpnih stanica; 3 000 kućnih priključaka; retencijski bazen ukupnog volumena 1100 m^3
- izgradnja UPOV-a kapaciteta 22. 175 ES

b) Ciljevi projekta:

- povećanje priključenosti stanovništva na području cijele aglomeracije od 26% na 82%.
- poboljšanje kakvoće voda (rijeka Krapinica) izgradnjom uređaja III stupnja.

Vezano za napredovanje EU projekta Krapina, potrebno je ubrzati rješavanje imovinsko-pravnih odnosa.

2.2.9. EU projekt Zabok Zlatar (projekt odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda)

a) Tehnički podaci:

- sustav Zabok: izgradnja 180 km kolektora, 36 CS i 29 preljevnih građevina s uređajem III stupnja pročišćavanja u Oroslavju, kapaciteta 56.117 ES
- sustav Zlatar: izgradnja 90 km kolektora i 13 CS, s uređajem za pročišćavanje (III stupanj) na području Zlatar Bistrice kapaciteta 24.959 ES

b) Ciljevi projekta:

- sustav Zabok: povećanje priključenosti stanovništva sa 28 % na 72 %; poboljšanje kakvoće podzemnih i površinskih voda izgradnjom sustava i uređaja s III stupnjem
- sustav Zlatar: povećanje priključenosti stanovništva sa 19% na 78%; poboljšanje kakvoće podzemnih i površinskih voda izgradnjom sustava i uređaja s III stupnjem.

Na EU projektu Zabok-Zlatar nisu se poštivali ugovoreni rokovi za izradu projektne dokumentacije, pa se kasni s planiranom dinamikom.

3. OSVRT NA PROBLEMATIKU U PRIPREMI EU PROJEKATA

U dosadašnjem razdoblju u provedbi aktivnosti na pripremi realizacije EU projekata uočene su odgovarajuće slabosti kao npr.:

- isporučitelji vodnih usluga, zbog pokretanja EU projekata kroz komisijsko vođenje od strane Hrvatskih voda koje su osigurale gotovo kompletna sredstava, ne prepoznaju sebe kao investitore iako su krajnji korisnici.
- neadekvatna stručna ekipiranost isporučitelja vodnih usluga
- slabe financijske mogućnosti jedinica lokalne samouprave za nužni dio sredstava vlastitog učešća, naročito za troškove rješavanja imovinsko-pravnih odnosa.
- istovremeno ugovaranje izrade SI, Studija utjecaja na okoliš, Aplikacija, te projektiranja idejnih i glavnih projekata s ishođenjem potrebnih dozvola, a sukladno projektnim

zadacima koji su bili općeniti i nedovoljno jasni, za posljedicu ima znatno produljenje rokova završetka izrada studijsko-projektne dokumentacije

- na istom uslužnom području istovremeno se provode aktivnosti na više EU projekata, a sukladno sadašnjoj organiziranosti i nadležnosti isporučitelja vodnih usluga, s napomenom da se i sada, zbog tehničkih karakteristika postojećih sustava, dio nadležnosti preklapa (sustav odvodnje otpadnih voda Velike Gorice i Grada Zagreba)
- nedovoljna stručna ekipiranost projektnih timova, nedostatak iskusnih voditelja projekata, nedovoljno jasno definirane nadležnosti voditelja i članova projektnih timova.
- kašnjenje u realizaciji ugovorenih konzultantskih usluga zbog nedovoljnog kapaciteta konzultantskih timova (u pravilu istovremeno angažiranih na više EU projekata), kao i zbog nedovoljnog iskustva u obavljanju složenih i specifičnih poslova u pripremi EU projekata.
- neugovaranje izvedbenih projekata za objekte/cjevovode/kolektore može za posljedicu imati nedovoljno detaljne troškovnike za izvedbu, a time i bitno utjecati na rokove i cijenu izgradnje.
- nova uredba o uslužnim područjima i predstojeća reorganizacija vodno-komunalnog sektora može usporiti rokove za početak realizacije EU projekata ukoliko se ukaže potreba usklađivanja SI i Aplikacija s novim/budućim isporučiteljima vodnih usluga (investitorima/krajnjim korisnicima).

ZAKLJUČAK

Iz predmetnog prikaza može se zaključiti da spremnost EU projekata nije zadovoljavajuća u odnosu na rokove postavljene okvirnim sporazumima sklopljenima za pripremu većine EU projekata još 2010. Navedena problematika produžila je pripremu EU projekata na višegodišnje razdoblje u kojem je došlo do sljedećih promjena:

- promjena građevinskog zakonodavstva iz 2014. u smislu (ne)mogućnosti produljenja rokova lokacijskih i građevinskih dozvola
- ulazak u novo programsko razdoblje (2014-2020 godina) - Operativni program „Konkurentnost i kohezija“ definira i promjene u sadržaju i izradi potrebnih dokumenata (SI, Studija utjecaja na okoliš i Aplikacija).

Za bolju učinkovitost i bržu realizaciju EU projekata nužno je unaprijediti efikasnost svih aktivnosti na pripremi EU projekata, a naročito:

- kod svih budućih angažiranja konzultanata/projektanata pripremiti projektne zadatke s preciznije definiranim opsegom i rokovima traženih usluga, a natječajnu dokumentaciju (i ugovor) pripremiti na način da se osigura maksimalna moguća kontrola izvršenja ugovorenih poslova
- unaprijediti rad projektnih timova za vođenje EU projekata
- osigurati bolju stručnu ekipiranost investitora/krajnjih korisnika
- osigurati sredstva za troškove rješavanja imovinsko-pravnih odnosa
- sagledati potrebu pokretanja aktivnosti na objedinjavanju SI i posljedično svih drugih pripremnih aktivnosti sukladno budućem ustrojstvu isporučitelja vodnih usluga (nova uslužna područja).

Zaključno se može utvrditi da, unatoč ulaganju znatnih napora na aktivnostima pripreme EU projekata, a koja je u skladu s direktivama EU, postoje problemi u realizaciji istih. Uočene probleme trebalo bi uvažiti i koristiti u svrhu iznalaženja rješenja za unaprjeđenje efikasnosti i brže realizacije EU projekata.

LITERATURA

[1] Hidroinženiring d.o.o., Dippold &Gerold – Hidroprojekt 91 d.o.o. (lipanj 2014.): *Projekt ulaganja u vodoopskrbu i odvodnju u Vrbovcu* – Studija izvedivosti, konačna radna verzija, Zagreb

[2] Hidroinženiring d.o.o., Dippold &Gerold – Hidroprojekt 91 d.o.o., Sl consult (svibanj 2014): *Projekt regionalnog vodoopskrbnog sustava Zagrebačke županije – „Zagreb-istok"* – Studija izvedivosti od 26.05.2014., Zagreb

[3] Hidroinženiring d.o.o. (lipanj 2014*.): Sustav odvodnje i uređaj za pročišćavanje otpadnih voda aglomeracije Velika Gorica* – Studija izvedivosti – „radna verzija -06/2014", Zagreb

[4] Hidroprojekt – ing, Sl consult (studeni 2013.): *Projekt Zagreb – razvoj sustava vodoopskrbe i odvodnje* – uvodno izvješće, Zagreb

[5] Hidroprojekt – ing, Sl consult (lipanj 2014.): *Projekt Zagreb - razvoj sustava vodoopskrbe i odvodnje* - analiza postojećeg stanja (revizija 3), Zagreb

[6] Jaspers, Projekt Zagreb*: Razvoj sustava vodoopskrbe i odvodnje (prosinac 2014.);* Naputak br.1; Beč

[7] Konzalting d.o.o., , VPB d.d., Hidroprojekt Consult d.o.o. (prosinac 2010.)*: Projekt razvoja sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda Grada Dugog Sela i Općine Rugvica, knjiga 12* – Studija izvodljivosti Dugo Selo – Rugvica, Zagreb

[8] Nipsa Iberinsa Consortium, VPB d.d. (December 2012*): Preparation of Waste Water Projects (Sewerage and Treatment) in Krapina-Zagorje County* – feasibility study: System Krapina, Zagreb

[9] Nipsa Iberinsa Consortium, VPB d.d. (October 2012): *Preparation of Waste Water Projects (Sewerage and Treatment) in Krapina-Zagorje County* – feasibility study: System Zabok & System Zlatar – Zlatar Bistrica - Marija Bistrica – Konjščina – Lobor, Zagreb

[10] *Odluka o određivanju osjetljivih područja* -lipanj 2010., Narodne novine br. 81/2010

[11] Proning DHI d.o.o. (rujan 2010.)*: Izgradnja sustava odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda Grada Samobora* – Studija izvodljivosti, Zagreb

[12] The European Union Phare Programme for Croatia (November 2010): feasibility study - *Zaprešić Wastewater Infrastructure Improvement Project,* Zagreb

[13] *Uredba o uslužnim područjima* – svibanj 2014., Narodne novine br. 67/2014

[14] Vlada RH (studeni 2010):*Plan provedbe (revidirani) vodno-komunalnih direktiva,* Zagreb

[15] *Zakon o gradnji* – prosinac 2013., Narodne novine br. 153/13

AUTORI

Višnja Grubišić, dipl. ing. biol. [a]
Renata Kolačević, dipl. ing. geol. [a]
Andrino Petković, dipl.ing.građ. [a]

[a] Hrvatske vode, VGO za gornju Savu, Ulica Grada Vukovara 271, 10000, Zagreb, gvisnja@voda.hr; krenata@voda.hr; Andrino.Petkovic@voda.hr

R 3.23.

RAZVOJ SUSTAVA ODVODNJE GRADA ZAGREBA NA VALU EU FONDOVA

Dubravko Filipan, Mirela Šahinović

SAŽETAK: Stručni rad prikazuje izgrađenost i način odvodnje otpadnih voda Grada Zagreba, te njegove osnovne nedostatke u smislu nedovoljne izgrađenosti po pojedinim područjima, po pojedinim dijelovima nedovoljne protočnosti i neadekvatnog koncepta, starosti sustava i po dijelovima loše kvalitete. Objašnjavaju se obveze društva da ukloni postojeće nedostatke u svrhu podizanja kvalitete življenja i održivog razvoja, te obveze preuzete pristupanjem Republike Hrvatske u Europsku uniju. Iznose se potrebne aktivnosti u svrhu uklanjanja nedostataka, odnosno iznosi se strategija kojom bi se postiglo kvalitetno i funkcionalno rješavanje sustava odvodnje Grada Zagreba što sukladno svemu navedenom dovodi do aplikacije tih aktivnosti za sufinanciranje putem EU fondova.

KLJUČNE RIJEČI: sustav odvodnje, Grad Zagreb, izgradnja, zaštita, kvaliteta, funkcionalnost, EU fondovi

CITY OF ZAGREB SEWAGE SYSTEM DEVELOPMENT ON THE WAVE OF EU FUNDS

SUMMARY: The professional paper presents the construction level and type of sewage system in the City of Zagreb, and its main deficiencies in terms of inadequate construction level in individual city areas, including insufficient flow and inadequate concept, age of the system and its poor quality. An explanation is given in terms of a utility's obligations to resolve existing shortcomings, all in order to improve the quality of life and sustainable development and also to fulfil assumed responsibilities resulting from the accession of the Republic of Croatia to the European Union. The paper also gives an overview of necessary activities needed to remove the present shortcomings, i.e. a strategy for the achievement of a high quality, functional solution for the sewage system of the City of Zagreb, which then leads to the application of these activities for cofinancing from the EU funds.

KEY WORDS: Sewage system, City of Zagreb, construction, protection, quality, functionality, EU funds

1. UVOD

Primarni zadatak odvodnje oborinskih i otpadnih voda Grada Zagreba je zaštita i očuvanje Savskog aluvija, odnosno Zagrebačkog vodonosnika s ciljem dugotrajne i nesmetane odvodnje stanovništva Grada Zagreba i Zagrebačke županije. Ostvarenje primarnog zadatka sprovodi se kroz izgradnju, rekonstrukciju, nadzor i upravljanje kanalizacijskim sustavom.

U 21. stoljeću mora se omogućiti svakom stanovniku Grada Zagreba visoka kvaliteta življenja i stanovanja, a samim time, između inih uvjeta je i uvjet nesmetanog priključenja na sustav odvodnje Grada Zagreba.Prihvnaćanjem navedenog zadatka i realizacijom strateškog plana ostavriti će se 98% pokrivenost kanalizacijskom mrežom do 2025. godine, a cijelokupna pokrivenost kanalizacijskom mrežom Grada Zagreba do 2035. godine.

Sustav odvodnje mora biti u funkcijama vodonepropusnosti i protočnosti, kako za hidrološko-hidrauličke parametre, tako i u funkciji konstruktivne stabilnosti i sigurnosti kolektora, kanala i hidrotehničkih objekata u sustavu odvodnje.

Navedeni primarni zadatak moguće je ostvariti isključivo osiguranjem kvalitetnog upravljanja sustavom odvodnje, svim njegovim kolektorima i kanalima, kao i hidrotehničkim objektima na sustavu, te potocima Medvednice koji su centralnim dijelom, centralnim slivovima, sastavni dio sustava odvodnje Grada Zagreba.

Osnovne mjere i prvi koraci na dugotrajnom putu realizacije strategijskog plana razvoja sustava odvodnje Grada Zagreba je stvaranje uvjeta za pračenjem i upravljanjem sustavom odvodnje, a što u konačnici ima zadatak formiranje nadzorno-upravljačkog centra.

Razvojnu strategiju i osnovu planskog razvoja sustava odvodnje, moraju sačinjavati studije i projekti usklađeni sa svim prostornim planovima Grada Zagreba, strategijom razvoja Grada Zagreba kao i potrebama za osvarenjem kvalitetne i funkcionalne odvodnje na cijelokupnom području Grada Zagreba.

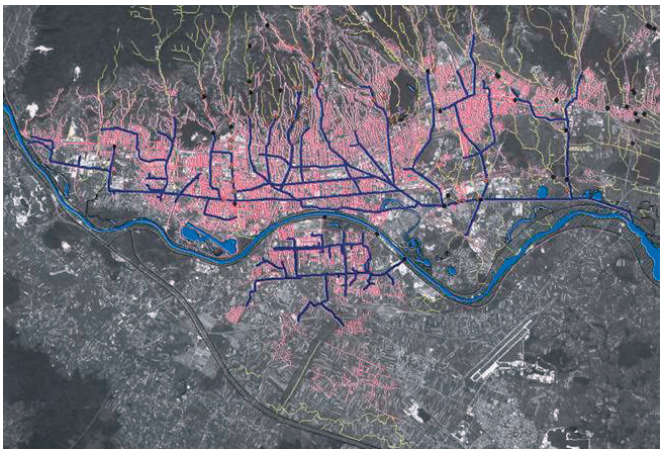
2. POSTOJEĆE STANJE SUSTAVA ODVODNJE

Kanalizacija u Zagrebu datira svoje početke još u 17. stoljeću. Tada je sustav predviđen kao jedinstven, sa jednim glavnim sabirnim kanalom do rijeke Save kao recipijenta.

Izgradnja sustavne kanalizacije počinje 1892. godine i razvija se uporedo s razvojem grada, da bi nakon stagnacije za vrijeme drugog svjetskog rata izgradnja kanalizacije zaostala za naglim razvojem grada.

Razvojem i širenjem grada ukazala se potreba za premještanjem glavnog odvodnog kanala s ušćem na nizvodnijem dijelu rijeke Save, a što je učinjeno. U vrijeme poslijeratne obnove, razvoj kanalskog sustava grada naglo raste, da bi se 1953. godine, izgradnjom novog Velesajma na desnoj obali rijeke Save i širenjem grada na toj obali, počeo razvijati i zasebni kanalski sustav Novog Zagreba.

Današnja kanalizacija Grada Zagreba ima oko 2.000 km kolektora, sabirnih kanala i mreže kanala, pri čemu valja napomenuti da se od 1982. godine izgradilo preko 800 km kanala. Stupanj priključenosti stanovništva na kanalizacijski sustav Grada Zagreba iznosi 84%.



Slika 1. Orto-foto grada Zagreba s prikazom kolektora i sabirnih kanala

Također je nužno napomenuti da je do sada kanalizacija izgrađivana s gravitacijskim režimom tečenja, podređena uzdužnom padu dna (nivelete kanala) i da je kao komunalni objekt u smislu prostornog vođenja najkruća instalacija te najskuplja u realizaciji - izgradnji.

Danas, na području djelatnosti Sektora odvodnje (područje prijašnjih deset općina i naselja Sesveta, a sada 17 gradskih četvrti) razvila su se dva neovisna kanalizacijska sustava (Slika 1.): Lijeva obala rijeke Save (gradskog područja na lijevoj obali rijeke Save,sjeverni Zagreb i Sesvete) i Desna obala rijeke Save (gradskog područja na desnoj obali rijeke Save, Novi Zagreb i Brezovica)

Na sustav javne odvodnje Grada Zagreba priključuju se i sustavi grada Sveta Nedelja i Općina Stupnik. Naselja južnog dijela Grada Zagreba – Odra, Hrašće, Mala Mlaka i Veliko Polje spojena su na sustav javne odvodnje grada Velike Gorice.

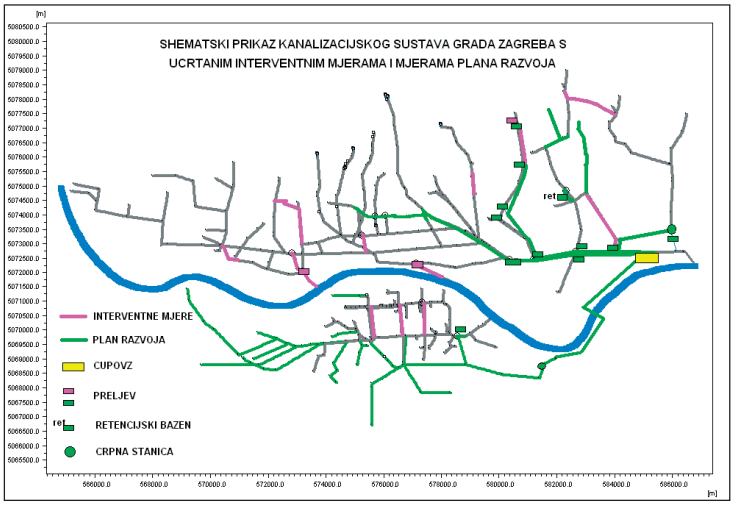
Mješoviti sustav odvodnje izgrađuje se na području Grada Zagreba, dok se razdjelni (polurazdjelni) sustav izgrađuje na području perifernih naselja i na obroncima Zagrebačke gore.

Pretežna zastupljenost mješovitog sustava na području grada ima osnov u počecima izgradnje sustavne kanalizacije kada je grad bio malen, bez značajnije industrije pa otpadne vode nisu bitnije zagađivale rijeku Savu, a izgradnjom kanalizacije rješavani su i drugi hidrotehnički problemi i samo uređenje grada.

Postojećim kanalizacijskim sustavima odvodi se otpadna i oborinska voda gradskog područja i upušta se - za sada bez priključka Sesvete – u zatvoreni sustav GOK-a, te južnim ili sjevernim dovodnim kanalom, u količini dvostrukog sušnog dotoka (2Qs) dovodi na Centralni uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (u daljnjem tekstu CUPOVZ), dok se preljevne čiste oborinske vode Glavnim odvodnim kanalom upuštaju izravno u rijeku Savu kod Hruščice.

CUPOVZ trenutno ima izgrađen I. i II. stupanj pročišćavanja, gdje je prijemnik pročišćenih otpadnih voda rijeka Sava, a obveza prema EU direktivama je izgrađen III. Stupanj pročišćavanja do 2018. Godine. Kapacitet izgrađenog CUPOVZ-a iznosi 1,2 milijuna ES i količinu otpadnih voda od 330.080 m^3/d (442.370 m^3/d). Kapacitet CUPOVZ-a može se

prema potrebi proširiti na 1,5 milijuna ES.
Trenutna priključenost stanovništva Grada Zagreba na CUPOVZ iznosi 78%.
Južni Zagreb preljevne čiste oborinske vode ispušta u rijeku Savu u Jakuševcu, dok se otpadne vode sprovode putem sabirnog kanala (MCP – Južni Zagreb) i crpne stanice Mičevac na CUPOVZ.
Razvojem i urbanizacijom Grada Zagreba, te izgradnjom CUPOVZ-a, kao i težnjom za racionalizacijom i poboljšanjem tehničkih, tehnoloških i ekoloških učinaka na funkcioniranje kanalizacijskog sustava izrađen je Projekt Optimalizacije Kanalizacijskog Sustava Grada Zagreba (POKSGZ I i II etapa, PRONING – DHI d.o.o., Zagreb) sa temeljnim smjernicama kako za kratkoročno tako i za dugoročno planiranje razvoja kanalizacijskog sustava grada Zagreba.
Prihvaćanjem smjernica POKSZG-a kratkoročnim planom rješavaju se najurgentniji problemi u interesu funkcioniranja pojedinih kolektora rješavajući prvenstveno tzv. "uska grla" u sustavu odvodnje, pod čim se podrazumjevaju zahvati na postojećoj mreži (sigurnosni ispusti, rasterećenja i odušni kanali) koji u kontekstu vremena predstavljaju apsolutni prioritet (shematski prikaz je prikazan na slici 2.).



Slika 2. Shematski prikaz kanalizacijskog sustava grada Zagreba

Uočeni problemi u sustavu su: starost kanalizacijskog sustava, loša kvaliteta dijelova kanalizacijskog sustava preuzetih od lokalne samouprave koji su građeni bez nužnih tehničkih standarda, loša konstruktivna stabilnost dijela objekata odvodnje, ugradnja neadekvatnog cjevovodnog materijala u prošlosti, neizgrađenost kanalizacije na prilivnim područjima vodocrpilišta, hidraulička propusnost postojećeg sustava odvodnje (plavljenja), centralni potoci Medvednice su u sustavu javne odvodnje, ne postoji mogućnost upravljanja sustavom odvodnje, postojanja prostornih prirodnih ograničavajućih faktora kod povezivanja sustava odvodnje, nedostatna mjerna oprema za praćenje potoka, oborina i dotoka potoka koji su u sustavu javne odvodnje (klimatske promjene), nepostojanje adekvatnog hidrološko-hidrauličkog matematičkog modela, nepostojanje nadzorno-upravljačkog centra (NUC) za praćenje i upravljanje sustavom

odvodnje u realnom vremenu, nedovoljna opremljenost opremom i mehanizacijom za održavanje sustava odvodnje, nemogućnost pristupa dijelu dolinskih kanala u svrhu kontrole i održavanja (nepostojanje servisnih puteva za održavanje).

3. STRATEGIJA RAZVOJA SUSTAVA ODVODNJE

Iz svega gore navedenog proizlazi strateški cilj Vodoopskrbe i odvodnje d.o.o. koji obuhvaća dovođenje postojećeg sustava odvodnje u tehnički zadovoljavajuće stanje, uklanjanje rizika od plavljenja iz sustava odvodnje i omogučavanje prikupljanja otpadnih voda na čitavom distributivnom području sa dovodom na CUPOVZ odgovarajućeg stupnja pročišćavanja.
Posebni ciljevi kojima se ostvaruje strateški cilj su:

3.1. Rasterećenje sustava odvodnje od oborinskih i potočnih voda

Za realizaciju navedenog cilja potrebno je izvršiti izgradnju i projektiranje objekata nužnih za poboljšanje funkcioniranja i omogučavanja veće protočnosti, odnosno povećanje kapaciteta postojećeg sustava. Ostvaruje se ispuštanjem oborinskih voda iz sustava odvodnje u prirodne recipijente, te izuzimanjem potočnih voda centralnih potoka Medvednice iz sustava odvodnje, a krajnji rezultat je dovođenje „čistih“ otpadnih voda na CUPOVZ, kao i veća sigurnost za slučaj elementarnih i ratnih nepogoda (sigurnosni ispusti i rasterećenja).

3.2. Poboljšanje funkcioniranja postojećeg sustava odvodnje

Poboljšanje funkcioniranja sustava ostvaruje se izgradnjom i projektiranjem kolektora, odušnih i sabirnih kanala kojima se sustav povezuje u funkcionalnu cjelinu s ciljem povećanja kapaciteta i smanjenjem rizika od plavljenja vodama iz kanalizacijskog sustava usljed pojave oborina ekstremnog intenziteta.

3.3. Revitalizacija i razvoj sustava odvodnje s ciljem zaštite Zagrebačkog vodonosnika

Realizacijom razvojnih projekata odvodnje, do konca 2025. godine, pokrivenost kanalizacijskom mrežom sa prihvatnim kapacitetima, na području Grada Zagreba iznositi će 98%, odnosno 98%-tnom broju stanovništava Grada Zagreba biti će omogućeno priključenje na javni sustav odvodnje grada, pri čemu rizik od plavljenja usljed ekstremnih oborina, mora biti sveden na minimum.
Jedan od temeljnih zadataka je pristup sanaciji i rekonstrukciji kanalizacijske mreže grada Zagreba. Cilj revitalizacije je postizanje zadovoljavajućeg nivoa strukturalnih i radnih uvjeta kao i održanje odgovarajućih uvjeta zaštite okoliša postojećeg kanalizacijskog sustava. Sanirat će se oštećeni, uništeni ili hidraulički preopterećeni kanalizacijski kolektori. Sanacija će se vršiti u smislu obnove, popravka ili zamjene kolektora, njegovih dionica i objekata na njima. Sve će se vršiti po unaprijed određenom planu i programu, prema unaprijed utvrđenoj metodologiji, tehnološkim pomagalima i sa poznatim očekivanim rezultatima.

3.4. Optimalna kontrola i upravljanje (NUC) sustavom odvodnje u realnom vremenu

Strategija prvenstveno podrazumjeva izvedbu budućeg nadzorno upravljačkog centara zagrebačke kanalizacije (NUCO) koji treba bit "mozak" cijelog sustava. Sustav će se osmisliti s naslova stručnog tima koji će raditi u njemu (tip stručnjaka, razina obuke i strućnosti, odgovornosti, protokoli ponašanja, itd.), računalna, mjerna i druga oprema, programi za katastar, nadzor i upravljanje, simulacije na hidrološko-hidrauličkom matematičkom modelu, provjere i dojave mjerenih podataka, a sve u cilju kontrole i upravljanja nad sustavom odvodnje u realnom vremenu (eng. RTC).

4. RAZVOJ SUSTAVA ODVODNJE NA VALU EU FONDOVA

Prepoznavši potrebu za cjelovitim rješavanjem problema prikupljanja i pročišćavanja otpadnih voda na području aglomeracija Zagreb i Glavničica, Vodoopskrba i odvodnja d.o.o., Zagreb je pripremila i aplicirala izradu projektno – studijske dokumentacije i aplikacijskog paketa za sufinanciranje od strane EU za aglomeraciju Zagreb i aglomeraciju Glavničica, a Ministarstvo poljoprivrede donjelo je Odluku o financiranju iz fondova Europske unije od 08. kolovoza 2014. pod šifrom poziva: EN 2.1.11. – 0078. Odobrena sredstva za izradu projektne dokumentacije iznose 36.751.900,00 kn, od čega su 31.239.115,00 kn bespovratna sredstva.

Projekt obuhvaća pripremu projektne dokumentacije i aplikacijskog paketa za sufinanciranje od strane EU u programskom razdoblju strukturnih fondova 2014-2020 za aglomeraciju Zagreb i aglomeraciju Glavničica sa svrhom postizanja usklađenosti vodnokomunalne infrastrukture sa Direktivom o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (91/271/EEZ) i Direktivom o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju (98/83/EC), odnosno usklađenja s propisima EU o zaštiti okoliša.

U sklopu zasebnog ugovora je za aglomeraciju Zagreb i aglomeraciju Glavničica u izradi Studija izvodljivosti „Projekt Zagreb – razvoj sustava vodoopskrbe i odvodnje" (izrađivači: „Hidroprojekt – ing, Zagreb, i „SL – CONSULT", Ljubljana), s ugovorenim okončanjem izrade 2015. godine. , te je istoj cilj prikazati ekonomski najučinkovitiji razvoj sustava, odnosno izrada Aplikacije za financiranje projekta putem EU.

Trenutno su Studijom izvodljivosti analizirana varijantna tehnička rješenja razvoja sustava, te su odabrana optimalna tehnička rješenja razvoja sustava, čije je daljnje projektiranje (idejni i glavni projekti te natječajna dokumentacija za prijavu projekta u programskom razdoblju strukturnih fondova 2014-2020.) predmet prijave EN.2.1.11.-0078.

U svrhu usklađenja: povećanja broja priključenih stanovnika na sustav javne odvodnje; priključenja postojećih priključenih, novopriključenih stanovnika i postojećih ostalih zagađivača (industrija), u smislu ispuštanja otpadnih voda, na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda odgovarajućeg stupnja pročišćavanja; zaštite podzemlja i Savskog vodonosnika; zaštite postojećih vodotoka; zaštite vodotoka koji su prijemnici otpadnih voda; smanjenja rizika plavljenja objekata i sadržaja, a sve u cilju zaštite okoliša i održivog razvoja, projekt obuhvaća slijedeće podprojekte:

1. Objekti sustava odvodnje za koje je potrebna izrada projektne dokumentacije

1.1. Aglomeracija Zagreb: Izgradnju III stupnja pročišćavanja postojećeg centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Grada Zagreba (CUPOVZ), proširenje

kanalizacijske mreže istočnog područja Gradske četvrti Sesvete (sliv potoka Črnec), proširenje kanalizacijske mreže naselja Mikulići, Fratešćica, Lukšić i Bijenik, izgradnju kolektora II paralela, projekt stanja kanalizacijskog sustava

1.2. Aglomeracija Glavničica: Izgradnju sustava odvodnje sjeveroistočnog područja Gradske četvrti Sesvete (aglomeracija Glavničica) sa spojem na postojeći sustav grada Zagreba, odnosno na CUPOVZ

2. Objekti sustava odvodnje sa pripremljenom (ili u izradi) projektno - studijskom dokumentacijom (investitir ViO)

2.1. Aglomeracija Zagreb: Dovod otpadnih voda Sesveta – istok na CS Vuger potok (CS1 i CS2), preljevni kanal od preljeva Črnomerec do ispusta u rijeku Savu, kolektor produžena Islandska, sabirni kanal Dubravica, kolektor Čulinečka – dionica od Trnave do Slavonske avenije rekonstrukcija kolektora u ulici Gata sa izgradnjom preljevne građevine, crpne stanice i odvodnog kanala za otpadne vode naselja Jakuševec do glavnog sakupljača otpadnih voda Novog Zagreba, kanalizacijska mreža Lučko – Ježdovec (I etapa), Kupinečki Kraljevec – sabirni kanali naselja Kupinečki Kraljevec s 4 precrpne stanice i I. Etapa izgradnje kanalizacijske mreže , primarna kanalizacija dijela naselja Hrvatski Leskovac, sustav odvodnje područja Pantovčak – Donje Prekrižje – Kraljevec

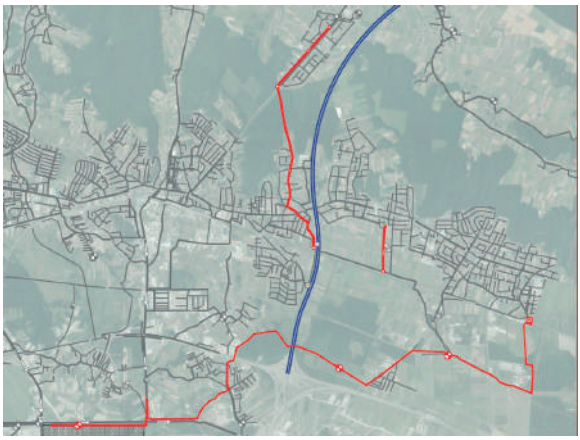
4.1. Objekti sustava odvodnje za koje je potrebna izrada projektno - studijske dokumentacije EN.2.1.11.-0078

4.1.1. Izgradnja III. stupnja pročišćavanja postojećeg centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Grada Zagreba (CUPOVZ)

Prema Planu provedbe vodno-komunalnih direktiva, a u okviru pregovora o pristupanju Republike Hrvatske Europskoj Uniji (Poglavlje 27 - Okoliš) utvrđeno je da za aglomeracije veće od 10000 ES, u Crnomorskom slivu (osjetljiva područja), uređaji III. stupnja pročišćavanja, moraju biti u radu do 31.12.2018. godine.

Predmet projektnog zadatka je u osnovi izrada idejnog projekta za ishođenje lokacijske dozvole za dogradnju III. stupnja pročišćavanja otpadnih voda Grada Zagreba na CUPOVZ-u. Međutim, predmet projektnog zadatka su i sve potrebne radnje i elaborati koji su potrebni za definiranje optimalnog tehničkog rješenja i koncipiranja potrebnih zahvata (varijantna koncepcijska rješenja s analizom raspoloživih tehnoloških i tehničkih varijanti, geotehnički istražni radovi, geodetski radovi i dr.), kao i tehnički dio dokumentacije za nadmetanje za projektiranje i izgradnju/dogradnju III. stupnja pročišćavanja.

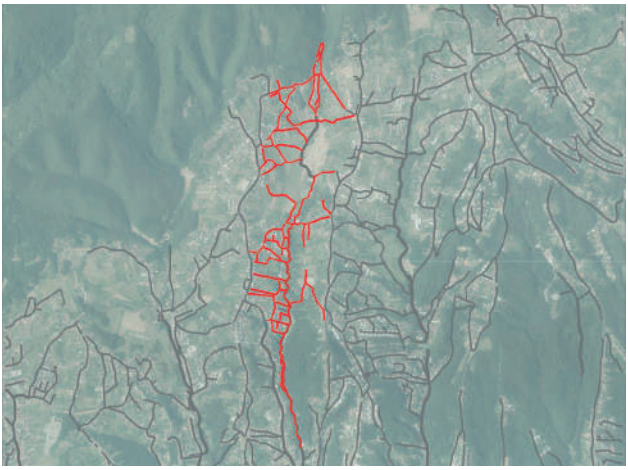
4.1.2. Proširenje kanalizacijske mreže istočnog područja Gradske četvrti Sesvete (sliv potoka Črnec)



Slika 3. Dovod Sesveta na CUPOVZ

Postojeći sustav odvodnje ovog područja nastao je zacjevljenjem lokalnih oborinskih jaraka bez valjane dokumentacije, odnosno strategije, te isti ne zadovoljava tehničke uvjete i otpadne vode redovito završavaju u pritocima potoka Črnec i potoku Črnec.
Znatan dio interne odvodnje kućanstava priključen je na sabirne (septičke jame) koje isto tako ne zadovoljavaju tehničke uvjete i redovito su sa ispustom u pritoke potoka Črnec.
Sukladno svemu navedenom, predmetno područje, odnosno navedeni nedostaci postojeće kanalizacijske mreže i načina odvodnje otpadnih voda predstavljaju izrazitu opasnost za zagađenje okoliša, kako podzemlja, tako i postojećih vodotoka, potoka Črnec i njegovih pritoka, i na kraju samog prijemnika otpadnih voda Grada Zagreba, rijeke Save.
Rijeka Sava, kao i njezine pritoke su vodotoci koji su prema Odluci o određivanju osjetljivih područja (NN 81/2010) sastavni dio vodnog područja rijeke Dunav, odnosno pripadaju Crnomorskom slivu, proglašenim u cijelosti slivom osjetljivog područja.
Glavni cilj i rezultat predmetnog projekta je priprema projektne dokumentacije za izgradnju kanalizacijske mreže čija se duljina predviđa približno 65000 m, sa svim pripadajućim objektima sustava odvodnje (retencijski bazeni, preljevne građevine, crpne stanice..), te u sklopu razrade projekta uz predviđenu izgradnju sustava odvodnje predviđa se i higijensko sanitarno zbrinjavanje postojeće neadekvatne kanalizacije, čime bi se osigurala zaštita okoliša, kako podzemlja, tako i postojećih vodotoka, potoka Črnec i njegovih pritoka, i na kraju samog prijemnika otpadnih voda Grada Zagreba, rijeke Save.
Ujedno, predviđa se priključenje približno 40 000 stanovnika na javni sustav odvodnje Grada Zagreba, sa spojem na CUPOVZ (slika 3).

4.1.3. Proširenje kanalizacijske mreže naselja Mikulići, Fratešćica, Lukšić i Bijenik



Slika 4. Kanalizacijska mreža na slivu „Velikog potoka“

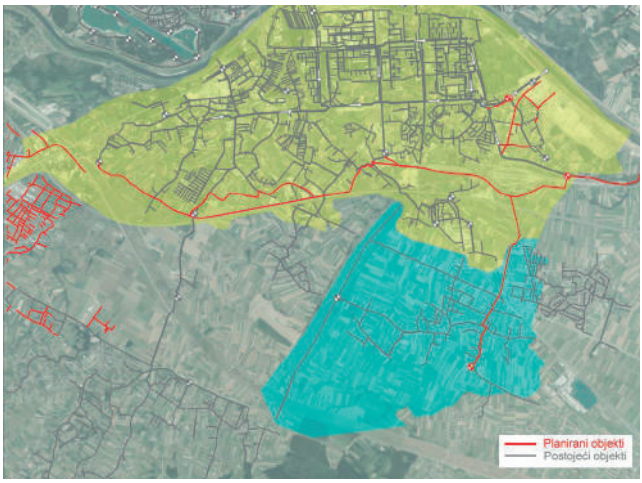
Sjeverno područje Gradske četvrti Črnomerec (sliv potoka „Veliki potok“), naselja Mikulići, Fratešćica, Lukšić i Bijenik, u velikoj mjeri nema izgrađenu kanalizacijsku mrežu, odnosno interna odvodnja kućanstava provodi se uglavnom putem sabirnih (septičkih) jama koje ne zadovoljavaju tehničke uvjete, a redovito su sa ispustom otpadnih voda u potok „Veliki potok“ i njegove pritoke, a sve u konačnici završava u potoku Črnomerec, odnosno u rijeci Savi. Cijelokupno područje smješteno je na obroncima Zagrebačke gore, a gdje su do danas registrirana tri aktivna i niz potencijalnih klizišta čija sanacija je u tijeku.

Glavni cilj i rezultat predmetnog projekta je izgradnja kanalizacijske mreže predviđene duljine približno 10000 m sa spojem na dolinski kanal „Veliki potok“, sa svim pripadajućim objektima sustava odvodnje (retencijski bazeni, preljevne građevine...), te u sklopu izgradnje iste, u koridorima postojećih prometnica rekonstrukcija vodoopskrbne mreže predviđene duljine približno 3500 m (slika 4.). Potoci „Veliki potok“ i nastavno potok „Črnomerec“, te rijeka Sava su vodotoci koji su prema Odluci o određivanju osjetljivih područja (NN 81/2010) sastavni dio vodnog područja rijeke Dunav, odnosno pripadaju Crnomorskom slivu, proglašenim u cijelosti slivom osjetljivog područja. Ujedno, zbog navedenih registriranih aktivnih i niza potencijalnih klizišta nameće se prioritet izgradnje kanalizacije u predmetnim naseljima, gdje će se ostvariti kontinuirana i kontrolirana odvodnja kako domaćinstava tako i slivnih i procjednih voda na slivu „Velikog potoka“ u svrhu sprječavanja nastanka istih.

Sa svime dosad navedenim biti će podignuta i kvaliteta življenja lokalnog stanovništva, te se u konačnici predviđa priključenje približno 8000 stanovnika na javni sustav odvodnje grada Zagreba, sa spojem na CUPOVZ.

4.1.4. Izgradnja kolektora II paralela – Novi Zagreb

Izgradnja kolektora II Paralela ostvaruje rasterećenje sustava odvodnje desne obale rijeke Save (Novi Zagreb), od rasteretnog objekta Mičevec na istoku, trasiran južno od ranžirnog kolodvora, te nastavno do naselja Botinca na zapadu.
Njegova namjena je prihvat cijelokupnog dotoka iz smjera Klare i Buzina, te omogućavanje prihvata otpadnih voda naselja Botinec, dotoka Brezovice, te prvenstveno naselja Odra, Hrašće, Mala Mlaka i Veliko polje koje danas imaju odvodnju rješenu spojem na Velikogorički sustav.
Treba napomenuti da se predmetna naselja nalaze u prvoj zoni zaštite vodocrpilišta „Mala mlaka“ te samim tim su i zahtjevi za tehničkim i funkcionalnim uvjetima odvodnje iznimno visoki. U konačnici sve se dovodi do CS Mičevec, te nastavno dovodnim cjevovodom do CUPOVZ-a. Prvenstveni cilj izgradnje je rasterećenje postojećeg sustava odvodnje čime se rizici od plavljenja svode na minimum, kao i omogućavanje povezivanja naselja uz predviđenu uspostavu tehnički ispravne kanalizacijske mreže u naseljima Odra, Hrašće, Mala Mlaka i Veliko polje, na sustav odvodnje Grada Zagreba sa dovodom otpadnih voda na CUPOVZ (slika 5.).



Slika 5. Kolektor II paralela – Novi Zagreb

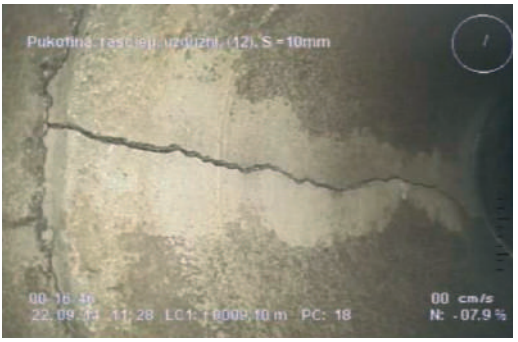
4.1.5. Projekt stanja kanalizacijskog sustava

Cilj realizacije projekta je izrada studije ocjene stanja kanalizacijskog sustava za racionalno i funkcionalno upravljanje rehabilitacijom postojeće kanalizacije u potpunosti sukladno EU normama, projektu CityNet, te CARE-S metodologiji, sa definiranjem neupitne izvedbene projektne dokumentacije za rehabilitaciju, a koja će biti nominirana, te za istu, u konačnici, osigurano financiranje putem EU fondova.
Realizacijom projekta pridonosi se zaštiti i očuvanju vodnih resursa Savskog aluvija.
Predviđa se izvršiti kontrola cca 20% sustava odvodnje metodologijom vjerojatnosti i statistike, raspoređenih po svim definiranim kategorijama s obzirom na postavljene tehničke parametre (materijal, profil, godina izgradnje, tip otpadne vode, nivo podzemne

vode, promet i dr.), iz ćega će proizaći 100000 m' projekata sanacije i rekonstrukcije sustava odvodnje.
Svi uočeni nedostaci CCTV inspekcijom kodirati će se po važećoj normi HRN EN 13508, sa evidentiranjem u GIS tehničkom informacijskom sustavu. Primjer uočenih nedostataka CCTV inspekcijom dan je na slikama 6. i 7.



Slika 6. Snimak CCTV



Slika 7. Snimak CCTV



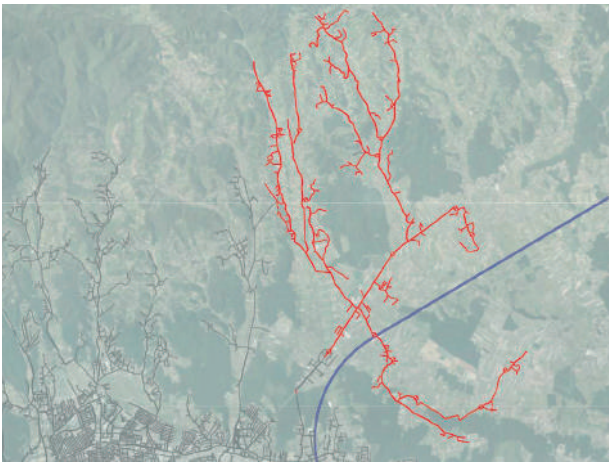
Slika 8. Prikaz saniranja kanalizacije primjenom novih tehnologija – bez iskopa

Cilj projekta je informatičkom potporom i terenskim radovima stvoriti okuženje u kojem će se optimalno upravljati budućim dugoročnim i financijski zahtjevnim procesom rehabilitacije sustava odvodnje. Projekt ujedno rezultira inicijalnom strategijom rehabilitacija, tj. definiranjem prioriteta rehabilitacija, tehnologija rehabilitacija te projekcijom troškova. Prikaz saniranja kanalizacije primjenom novih tehnologija dan je na slici 8.

Općenito, cilj rehabilitacije je postizanje zadovoljavajućeg nivoa strukturalnih i radnih uvjeta kao i održanje odgovarajućih uvjeta zaštite okoliša postojećeg kanalizacijskog sustava. Sanirati će se oštećeni, uništeni ili hidraulički preopterećeni kanalizacijski kolektori.

Navedeno će se vršiti po unaprijed određenom planu i programu prema unaprijed utvrđenoj metodologiji, tehnološkim pomagalima i sa poznatim, očekivanim rezultatima.

4.1.6. Izgradnja sustava odvodnje sjeveroistočnog područja Gradske četvrti Sesvete (aglomeracija Glavničica) sa spojem na postojeći sustav grada Zagreba, odnosno na CUPOVZ



Slika 9. Aglomeracija Glavničica - sustav odvodnje – Sesvete sjeveroistok

Aglomeracija Glavničica nalazi se na sjeveroistoku Gradske četvrti Sesvete, Grada Zagreba, te slivu gravitiraju naselja Kašina, Blaguša, Glavnica Gornja, Glavnica Donja, Moravče, Adamovec, Jesenovec, Belovar, Lužan, Prepuštovec, Paruževina (dio), Vurnovec, Gajec, Soblinec, Žerjavinec, Šašinovec, Drenčec, Budenec (dio), Cerje (dio) I Glavničica.

Sjeveroistočno područje Gradske četvrti Sesvete (aglomeracija Glavničica) u velikoj mjeri nema izgrađenu kanalizacijsku mrežu, odnosno interna odvodnja kućanstava provodi se uglavnom putem sabirnih (septičkih) jama koje ne zadovoljavaju tehničke uvjete, a redovito su sa ispustom otpadnih voda u potok Kašinu i njegove pritoke.

Postojeća kanalizacija je izgrađena samo u pojedinim ulicama naselja Šašinovec, te ista ne zadovoljava tehničke uvjete i sa nekontroliranim je ispustom otpadnih voda u potok Kašinu.

Glavni cilj i rezultat predmetnog projekta je izgradnja kanalizacijske mreže predviđene u duljini približno 100 000 m', sa svim pripadajućim objektima sustava odvodnje, te u sklopu razrade projekta uz predviđenu izgradnju sustava odvodnje treba predvidjeti i higijensko sanitarno zbrinjavanje postojeće neadekvatne kanalizacije, čime bi se osigurala zaštita okoliša, kako podzemlja, tako i postojećih vodotoka, potoka Kašine i njegovih pritoka.
Potok Kašina i njegove pritoke su vodotoci koji su prema Odluci o određivanju osjetljivih područja (NN 81/2010) sastavni dio vodnog područja rijeke Dunav, odnosno pripadaju Crnomorskom slivu, proglašenim u cijelosti slivom osjetljivog područja. U konačnici, predviđa se priključenje s planiranim prirastom, približno 14 000 stanovnika na javni sustav odvodnje sa spojem na CUPOVZ (slika 9.).

ZAKLJUČAK

Realizacijom i sustavnom izgradnjom svega predhodno navedenog, te sanacijom sustava odvodnje, ostvaruje se kvalitetno i funkcionalno rješavanje sustava odvodnje u cilju poboljšanja uvjeta življenja i očuvanja Zagrebačkog vodonosnika, kao i zaštita i očuvanje Crnomorskog sliva, kojim će se nastojati maksimalno racionalizirati učinke rada kanalizacijskog sustava kao cjeline u tehničkom i ekonomskom smislu, a u kontekstu relevantnih vodopravnih, urbanističkih, ekoloških i drugih planova i legislative.
Sve navedene aktivnosti proizašle su iz Studije izvodljivosti, te će se navedena izgradnja i rekonstrukcije aplicirati na EU struktrne fondove, čiji početak izgradnje se očekuje početkom 2017.godine, izuzev dogradnje III stupnja pročišćavanja, čiji je početak izgradnje planiran u 2016. godini.
Planirana ulaganja u izgradnju sustava odvodnje, kao i ulaganja u potrebitu rekonstrukciju odnosno rehabilitaciju kanalizacije za predhodno prezentirane projekte, iznose oko 1.400.000.000,00 kn.

LITERATURA

[1] Proning DHI d.o.o., (1995.-1998.), *Projekt Optimalizacije Kanalizacijskog Sustava grada Zagreba (POKS) I. i II. etapa*, Zagreb, M. Sc. Božidar Deduš, dipl. Ing. građ.

[2] Proning DHI d.o.o., (2006.), *Informacijski sustav za operativni plan za provedbu mjera u slučaju iznenadnog zagađenja na području kanalizacijskog sustava Grada Zagreba*, Zagreb

[3] Proning DHI d.o.o., (2007.), P*ristup i metodologije sanacija kanalizacijskog sustava Grada Zagreba*, Zagreb

[4] Proning – DHI d.o.o., (2006.), *Projekt optimalizacije kanalizacijskog sustava Grada Zagreba – III ETAPA – Idejni projekti po podslivovima kanalizacijskog sustava*, Zagreb

[5] Proning DHI d.o.o., (2012.), *SCADA kanalizacijskog sustava grada Zagreba – Idejni projekt*, Zagreb, M. Sc. Božidar Deduš, dipl. Ing. građ.

AUTORI

Dubravko Filipan, dipl.ing.građ. [a]
Mirela Šahinović, dipl.ing.građ. [a]

[a] Vodoopskrba i odvodnja d.o.o., Ulica Frana Folnegovića 1, Zagreb, 10000, Republika Hrvatska, dubravko.filipan@vio.hr; mirela.sahinovic@vio.hr

R 3.24.

ODVODNJA CESTOVNIH PROMETNICA

Dejan Kovačević, Stjepan Kordek

SAŽETAK: U radu je opisan sustav prikupljanja, transporta i obrade oborinskih voda s autocesta kao i kriteriji za odvodnju prometnica. U tehničkim rješenjima prikupljanja opisani su sustavi odvodnje: unutarnja i vanjska odvodnja sa građevinama koje se koriste za tu namjenu (rubnjak, rigol, segmentni rigol, slivnik, kontrolno okno, kolektor, jarci i propusti). Obrađeni su i separatori i zaštitna građevina za obradu oborinskih voda (laguna s produženom retencijom).

KLJUČNE RIJEČI: Cestovna odvodnja, Pročišćavanje oborinskih voda

ROAD DRAINAGE

SUMMARY: The paper presents the system for collection, transport and treatment of stormwater from motorways, including the criteria for road drainage. The drainage systems are described in the technical solutions: internal and external drainage with dedicated structures (curb stone, side ditch, segmental side ditch, drain, inspection hole, collector, road ditches and culverts), as well as separators and protective structure for stormwater treatment (extended retention pond).

KEY WORDS: Road drainage, Stormwater treatment

1. UVOD

Cestovni promet je izvor onečišćenja koje nastaje u međusobnom djelovanju vozila i prometnice. Oborinski dotoci s prometnice opterećeni su različitim vrstama onečišćenja od kojih su za okoliš najopasnija ulja, masti, gorivo, suspendirana tvar, hranjiva i teški metali. Odvodnju oborinskih voda s prometnica dijelimo na: unutarnju i vanjsku odvodnju. Osnovna koncepcija unutarnje odvodnje oborinskih voda s kolnika cestovnih prometnica zasniva se na načelu da se oborinske vode prihvate i kontrolirano odvedu sustavom kanala te ispuste. Prihvaćena oborinska voda, ovisno o postavljenim uvjetima i mjerama zaštite područja kroz koje cesta prolazi, pročišćava se na uređajima za čišćenje, a u posebno osjetljivim slučajevima i zaštitnim građevinama u kojima se još dodatno čisti prije konačnog ispuštanja. U posebnu osjetljiva područja svrstavaju se površinske vode podložne eutrofikaciji, vode koje se koriste za vodoopskrbu odnosno vodozaštitne zone. Ovisno o tome propisuje se blagi, umjereni ili strogi režim zaštite. Za sigurnu odvodnju cestovne prometnice potrebno je kod projektiranja predvidjeti odgovarajuće uzdužne

i poprečne padove za kolnik, ali i za posteljicu ceste uz posebnu pažnju na dužinu vitoperenja poprečnog presjeka za krivinu – pravac i krivinu – kontra krivinu. Oborinske vode s okolnog terena koje se slijevaju prema prometnici, bilo da se trasa nalazi u usjeku ili nasipu prihvaćaju se u sustav vanjske odvodnje. Vanjska odvodnja obuhvaća obodne kanale kako na rubu usjeka tako i u nožici nasipa te propuste kojima se voda transportira ispod trase prometnice (Malus, 2002; GI – FGZ Zagreb, 1990; Malus, 1995).

2. UNUTARNJA ODVODNJA

2.1. Kriteriji za odvodnju prometnice

Kod projektiranja odvodnje cestovnih prometnica koriste se hrvatski standardi koji se odnose na:

- intenzitet kiše (HrN U.C4.020)
- vrijeme dotjecanja vode (HrN U.C4.022)
- količinu otjecanja vode (HrN U.C4.024)

Za autoceste propisan je period ponavljanja P = 10 godina, a za ostale ceste P = 5 godina. Da bi se provelo dimenzioniranje elemenata sustava odvodnje potrebno je utvrditi mjerodavnu količinu vode.

Proračun mjerodavnih količina oborinske vode provodi se prema izrazu (Margeta, 2009):

$$Q = c\ i\ A\ (l/s) \tag{1}$$

gdje je :
Q - količina vode (l/s)
c - koeficijent otjecanja
i - intenzitet oborine (l/s/ha)
A - pripadna površina sliva (ha)

Koeficijent otjecanja iznosi prema HrN U.C4.22:

- c= 0,2 za zelene površine
- c= 0,6 za pokose usjeka
- c= 0,7 za cestovne prometnice bez kolovozne konstrukcije
- c= 0,9 za csetovne prometnice s kolovoznom konstrukcijom

Intenzitet oborine u ovom slučaju predstavlja srednju vrijednost vjerojatnoće pojave u vremenskom periodu jednakom vremenu dotjecanja, a utvrđuje se temeljem odgovarajućih hidroloških podataka (ITP krivulje) koje se dobiju na temelju studije oborina promatranog područja. Vezano uz utvrđivanje mjerodavnog intenziteta potrebno je kod provođenja proračuna za svaku slivnu površinu proračunati vrijeme dotjecanja odnosno trajanje mjerodavne kiše koje je jednako:

$$t = t_k + t_p\ (min) \tag{2}$$

Gdje je:
t - trajanje mjerodavne kiše u minutama
t_k - vrijeme tečenja vode kolektorom od njegovog početka do presjeka koji se promatra, u minutama
t_p - vrijeme dotjecanja potrebno da voda stigne do kolektora, u minutama (t_p= 5 – 15 min.)

Potrebne dimenzije kolektora utvrđuju se temeljem dobivene količine vode i odabranog uzdužnog nagiba cijevi J korištenjem Colebrook – Whiteove formule za prijelazni režim tečenja u skladu s iterativnim postupkom rješavanja racionalne metode proračuna kanalizacijskih sustava. Za dimenziniranje separatora potrebno je utvrditi tzv. kritičnu oborinu, odnosno protoku koju ona proizvodi (Q_{krit}). Kritična oborina je posljedica kritičnog intenziteta (i_{krit}) koji predstavlja 85 % trajanja. Kritični intenzitet kod nas se definira u odnosu na režim zaštite pojedinog područja. Režim zaštite definira se u odnosu na hidro-geološke prilike i može biti:

- blagi režim s kritičnim intenzitetom od 15 l/s/ha
- umjereni režim s kritičnim intenzitetom od 20 l/s/ha
- strogi režim s kritičnim intenzitetom od 25 l/s/ha

Kritični dotok (Qkrit) određen je temeljem uvjetovanog kritičnog intenziteta i dodatnih 100 l/s tekućine lakše od vode u slučaju havarije.

$$Q_{krit} = A_{red} \, x \, i_{krit} + 100,0 \quad (l/s) \tag{3}$$

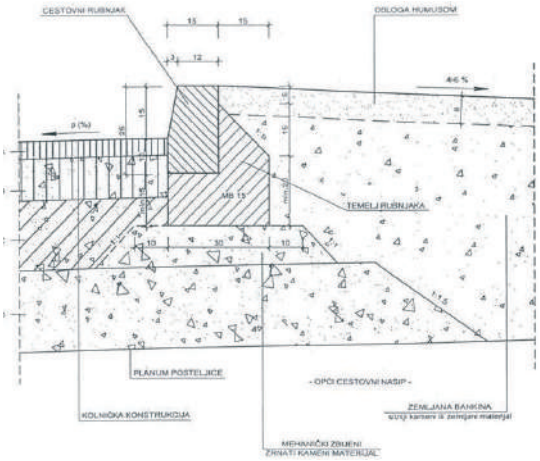
$$A_{red} = A \, x \, c \qquad (ha) \tag{4}$$

2.2. Tehnička rješenja prikupljanja, transporta i obrade oborinskih voda

Oborinska voda s kolnika ceste, bankina i pokosa usjeka prihvaća se elementima površinske odvodnje: rubnjak, rigol, segmentni rigol i slivnik te se putem kontrolnih okana uvodi u kanalizaciju (zatvoreni ili otvoreni odvodni sustav). Oborinska voda ovisno o postavljenim uvjetima i mjerama zaštite područja kroz koje prometnica prolazi pročišćava se na uređajima za pročišćavanje (separator ulja i masti), a u posebno osjetljivim područjima primjenjuju se građevine najbolje prakse upravljanja (Best Management Practices): laguna s produženom retencijom, infiltracijski jarak, infiltracijski spremnik, pješčani filter, biljni pojas, zatravljeni jarak i biljni uređaj (Malus, 2002; GF Zagreb, 1997; IGH d.d., 2001).

2.2.1. Rubnjak

Rubnjaci služe za kanaliziranje površinskih voda s kolnika na dionicama sa zatvorenim sustavom odvodnje i sprečavaju otjecanje zagađenih voda izvan kolnika prometnice. Razlikujemo rubnjake betonirane na licu mjesta i rubnjke kao gotove elemente dužine 1,0 m. Vrh rubnjaka je uobičajeno izdignut iznad kolnika 15 cm (Rijekaprojekt niskogradnja, 1998).

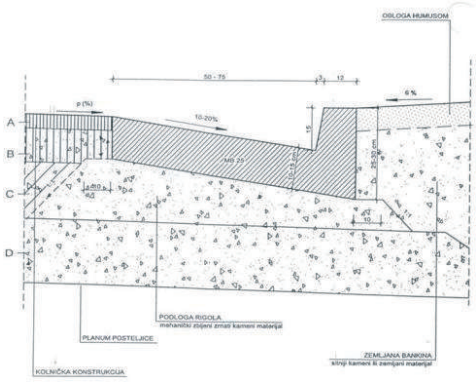


Slika 1. Rubnjak

2.2.2. Rigol

Rigoli služe za prihvat i kanaliziranje površinskih voda s kolnika na dionicama sa zatvorenim sustavom odvodnje i sprečavaju otjecanje zagađenih voda izvan kolnika prometnice.

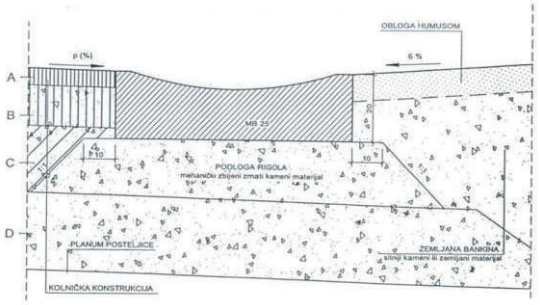
Razlikujemo rigole betonirane na licu mjesta i asfaltne rigole. Širina rigola iznosi od 50 do 75 cm. Poprečni pad rigola 10 – 20 %, uobičajeno 15 %. U rigolu se na određenom razmaku ugrađuju slivnici ili se izvode poprečni izljevi. Minimalni uzdužni nagib za betonske rigole je 0,20 % iznimno 0,10 %, a za asfaltne 0,30 %. Ispust iz rigola odnosno slivnici ne smiju biti na razmaku većem od 200 m (Rijekaprojekt niskogradnja, 1998).



Slika 2. Betonski rigol

2.2.3. Segmentni rigol

Razlikujemo segmentne rigole betonirane na licu mjesta, gotove betonske elemente i asfaltne segmentne rigole. Širina protočnog profila rigola iznosi od 50 do 100 cm. Dubina rigola iznosi 5 – 15 cm. U rigolu se na određenom razmaku ugrađuju slivnici ili se izvode poprečni izljevi. Minimalni uzdužni nagib za betonske rigole je 0,20 % iznimno 0,10 %, a za asfaltne 0,30 %. Ispust iz rigola odnosno slivnici ne smiju biti na razmaku većem od 200 m (Rijekaprojekt niskogradnja, 1998).



Slika 3. Betonski segmentni rigol

2.2.4. Slivnik

Slivnik služi za skupljanje oborinske vode s površine kolnika, mehaničko taloženje čestica i odvod vode s kolnika u sustav odvodnje. Slivnik može biti monolitni i montažni. Minimalni svijetli otvor slivnika je 50 cm. Dubina taložnice je min. 80 cm. Slivnik i njegov spoj na kontrolno okno odnosno na kanalizacijski kolektor mora biti izveden vodonepropusno. Slivnička rešetka, pripadne nosivosti C 250 ili D400 (ovisno o položaju slivnika u odnosu na cestovno opterećenje) prema HrN EN 124, postavlja se na okno slivnika u cementnom mortu i zalijeva se masom za zalijevanje razdjelnica. Slivničke rešetke moraju biti postavljene prije polaganja asfaltnog zastora.

2.2.5. Kontrolno ili revizijsko okno

Kontrolno ili revizijsko okno omogućuje pregled stanja, održavanje i intervenciju unutar kanalizacijskog sustava. Kontrolna okna postavljaju se na svim horizontalnim i vertikalnim lomovima trase kolektora te na mjestima spajanja cjevovoda. Koriste se u sustavima zatvorene odvodnje i kod drenažnih sustava. Minimalni svijetli otvor okna je uobičajeno 100 cm. Kontrolna okna mogu biti montažna i monolitna betonirana na licu mjesta. Okno treba imati uređenu kinetu za prolaz vode. Silazak u kontrolno okno je preko otvora u pokrovnoj ploči minimalne veličine 60 x 60 cm ili promjera 60 cm. Poklopac na oknu je lijevano željezni, nosivosti A50, B150, C250 i D400 kN. Nosivost poklopca prema HrN EN 124 ovisi o položaju kontrolnog okna u odnosu na cestovno opterećenje.

2.2.6. Kolektori – kanalizacijske cijevi

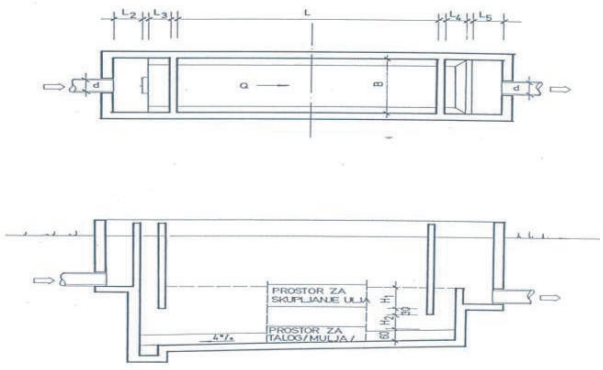
Kolektori služe za prihvat vode s prometne površine putem slivnika i njezin daljnji transport do uređaja za čišćenje odnosno do recipijenta. Kolektori se izvode od gotovih elemenata – cijevi. Cijevi su okruglog poprečnog presjeka promjera minimum 20 cm (spoj slivnika i kontrolnog okna) odnosno 30 cm kod kolektora. Minimalni uzdužni nagib cijevi ovisi o promjeru cijevi i minimalnoj brzini vode koja osigurava transport vode bez taloženja suspendiranih čestica.

2.2.7. Separator ulja i masti

Separator ima najveću učinkovitost u uklanjanju plivajuće tvari (ulja, masti, gorivo, plivajući krupni otpad), u taloženju lako taloživog materijala (šljunak, sipina ,pijesak), a vrlo skromnu u uklanjanju teško taložive i otopljene tvari. Posebno je efikasan u zadržavanju velikih volumena lakih tekućina koje mogu istjecati iz autocisterni prevrnutih u prometnim incidentima. Separator ulja i masti izvodi se sa ili bet prethodnog rasterećenja. Korisna površina separatora separatora dimenzionira se na temelju utvrđenog kritičnog dotoka (Q_{krit}) uz dozvoljeno hidrauličko opterećenje od 36 m3/m2/h ili 0,01 m/s. U isto se vrijeme iznad te površine treba osigurati volumen za prihvat 15 m3 tekućine lakše od vode.

U slučaju protočnog tipa separatora za maksimalni dotok oborinske vode potrebno je osigurati brzinu proticanja ispod zadnje pregrade od najviše 0,3 m/s. Na taj način spriječava se ispiranje taloga s dna separatora. Voda iz separatora ovisno o režimu zaštite područja ispušta se u vodotok, podzemlje ili postojeći sustav odvodnje uz dodatno čišćenje. Za dodatni stupanj čišćenja primjenjuju se građevine najboljih postupaka upravljanja (Best Management Practices). Kod separatora s prethodnim rasterećenjem moguće je sve dotoke iznad kritičnog dotoka direktno rasteretiti putem preljeva zaštićenog uronjenom pregradom koja sprečava prolaz plivajuće tvari.

Separator ulja i masti može se izvesti kao armiranobetonska građevina ili kao montažni objekt proizveden u radionici. Separatori su objekti koje u eksploataciji treba održavati. Samo stalna kontrola količine izdvojenih štetnih tvari i njihovo pravovremeno pražnjenje i odvoženje osigurati će pravilno funkcioniranje uređaja (Malus, 2002).



Slika 4. Separator bez rasterećenja

2.2.8. Laguna s produženom retencijom

Korisni volumen lagune jednak je prvom oborinskom dotoku od 13 ili 25 mm oborine s pripadnog sliva uz zadržavanje od 24 – 48 sati. Kroz navedeno vrijeme laguna se isprazni, a iz vode se učinkovito istalože suspenzije i metali, a nešto slabije fosfor i dušik. Učinkovitost se može povećati uređenjem dijela lagune u močvaru. Laguna može poslužiti kao regulacijska građevina za prihvat velikih voda. Srednja dubina korisnog volumena lagune je 0,9 m, a odnos duljine prema širini j 4:1 ili više (Malus, 2002).



Slika 5. Izljevna građevina lagune

Tablica 1. Kakvoća oborinske vode nakon pročišćavanja na separtoru i laguni izmjerena na AC A1 Zagreb-Split, Čvor Bosiljevo 2 – čvor Sveti Rok (Meštrović i drugi, 2014)

LOKACIJA 23 – REZULTATI ZA PERIOD 08/2005-12/2005						
	ULAZ	IZLAZ				
PARAMETAR		MDK	N	C	C_{min}	C_{max}
Temperatura:	16,0	(°C)	5	13,5	5,0	18,5
pH	8,14	6,5-8,5	5	8,13	7,71	8,32
Alkalitet-ukup. (kao $CaCO_3$)	37,5	- mg/l	5	37,0	30,0	40,0
Otopljeni kisik	9,57	- mgO_2/l	5	9,3	8,0	11,5
KPK	35	125 mgO_2/l	5	18	12	25
BPK_5	5,00	25 mgO_2/l	5	2,13	1,40	2,73
Amonij ion	0,03	10 mgN/l	5	0,05	0,02	0,14
Nitrati	0,22	10 mgN/l	5	0,27	0,13	0,61
Ukupni dušik	0,74	21 mgN/l	5	0,94	0,55	1,17
Ukupni fosfor	0,12	1 mgP/l	5	0,15	0,11	0,22
Ukup.masnoće	1,14	25 mg/l	5	0,97	0,53	2,04
Fenol	0,005	0,1 mg/l	5	0,008	0,003	0,012
Kloridi	2,00	nije prop. mg/l	5	26,65	1,25	120,00
Olovo	1,1	200 µg/l	5	2,7	1,0	5,6
Kadmij	<0,10*	- µg/l	5	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Živa	<0,10*	- µg/l	5	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Bakar	2,8	100 µg/l	5	4,1	1,8	10,0
Cink	45,4	1000 µg/l	5	52,4	27,9	85,8
Krom	<1,0*	1000 µg/l	5	1,3	< 0,10 (zaN:2)	2,2
Nikal	<1,0*	1000 µg/l	5	1,7	< 0,10 (zaN:4)	4,4
Ukup.koliformi	2500	Br/100ml	5	1286	500	2100
Fekal.koliformi	1700	Br/100ml	5	546	140	1500

3. VANJSKA ODVODNJA

3.1. Odvodni jarci

Odvodni jarci izvode se po potrebi za odvod površinske oborinske vode. Po načinu izvedbe mogu biti bez obloge ili s oblogom. Vrsta obloge jarka ovisi o karakteru jarka, protoci i uzdužnom padu jarka. Po obliku korita jarka razlikuju se segmentni, trapezni i trokutasti jarci. Položaj jarka može biti u nožici nasipa, na vrhu usjeka, u bermi usjeka i u kruni zida. U slučaju malih uzdužnih nagiba s protokom malih brzina izvode se jarak bez obloge (zemljani jarci). Širina dna nije manja od 30 cm. Nagib pokosa 1:3 – 1:1. Uzdužni nagib 0,5 – 3,00 %. U slučaju uzdužnih nagiba 3,00 – 10,00 % i više izvodi se jarak s oblogom. Obloga može biti od betona, lomljenog kamena, betonskih elemenata ili se jarak izvodi od gotovih profiliranih betonskih elementa. Širina dna nije manja od 30 cm. Nagib pokosa 1:3 – 1:1 ili strmije.

3.2. Propusti

Propusti su elementi vanjske odvodnje na cestovnim prometnicama kojima se skupljena voda provodi ispod trupa prometnice kako bi se dalje transportirala do recipijenta. Propusti svijetlog otvora većeg od 4,0 m smatraju se objektima u trupu prometnice. Propusti mogu biti: cijevni, svođeni, pločasti i okvirni. Svijetli otvor propusta u trupu prometnice ovisno o njenoj kategoriji i količini vode koja se propušta kroz trup prometnice. Kod autocesta, zbog dužine propusta koja je redovito veća od 25,0 m, minimalni promjer propusta ne bi trebao biti ispod 1,0 m zbog njegovog održavanja. Propust se sastoji od uljevne građevine, tijela propusta i izljevne građevine. Uljevna i izljevna građevina oblikuju se shodno uvjetima na terenu na način da se uklope u okoliš. Da bi se onemogućio pronos nanosa kroz propust u uljevnoj građevini izvodi se dio koji služi kao taložnica. Propusti su objekti koji zahtijevaju redovitu kontrolu i održavanje.

ZAKLJUČAK

Odvodnja cestovnih prometnica je jedan od ključnih faktora za sigurno odvijanje prometa. Za siguran i učinkovit rad potrebno je pravilno projektirati i održavati sve elemente sustava. Jednako bitna uloga odvodnje je i zaštita okoliša. U dosadašnjoj praksi se pridavala velika važnost izgradnji građevina za obradu otpadnih voda te se sa sigurnošću može ustvrditi da je dosegnut nivo Europske unije koji će se zasigurno i nastaviti. U tablici 1 je dat je prikaz učinka pročišćavanja vezano uz maksimalne dozvoljene količine MDK ispuštanja (Meštrović i drugi, 2014). Na dijelovima gdje trasa prolazi kroz „osjetljivo područje“ potrebno je izvesti kontroliranu odvodnju.

LITERATURA

[1] Malus, D., (2002): *Pročišćavanje otpadnih oborinskih voda pri projektiranju prometnica*, Građevinski fakultet, Zagreb.

[2] GI – FGZ Zagreb, (1990): *Utjecaj izgradnje auto-cesta na kvalitet podzemnih voda*, Zagreb.

[3] Malus, D., (1995): *Optimalni kriteriji za odvodnju prometnica*, Građevinski fakultet, Zagreb.

[4] GF Zagreb, (1997): *Naputci za projektiranje odvodnje prometnica*, Građevinski fakultet, Zagreb.

[5] Rijekaprojekt niskogradnja, (1998): *Knjiga detalja za projektiranje autocesta*, Rijeka.

[6] Malus, D., (2002): *Odvodnja prometnica – Zaštita okoliša od negativnog djelovanja*, Građevinski fakultet, Zagreb.

[7] IGH d.d., (2001): *Opći tehnički uvjeti za radove na cestama*, Zagreb

[8] Meštrović, A., Roudnicky, E., (2014): *Praćenje kakvoće (monitoring) oborinskih i otpadnih voda na ACA1 Zagreb-Split, Čvor Bosiljevo 2 – čvor Sveti Rok,* Zagreb

[9] Margeta, J., (2009): *Kanalizacija naselja – odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda*, Sveučilište u Splitu, građevinsko-arhitektonski fakultet, Split.

AUTORI

Dejan Kovačević, dipl. ing. građ. [a]

Stjepan Kordek, dipl. ing. građ. [a]

[a] Institut IGH d.d., Janka Rakuše 1, 10000, Zagreb, Hrvatska, dejan.kovacevic@igh.hr; stjepan.kordek@igh.hr

R 3.25.

ODRŽAVANJE SUSTAVA ODVODNJE NA PROMETNICAMA

Dejan Kovačević, Stjepan Kordek, Zvonko Varga

SAŽETAK: Oborinski dotoci s prometnice opterećeni su različitim vrstama onečišćenja od kojih su za okoliš najopasnija ulja, masti, gorivo, suspendirana tvar, hranjiva i teški metali. Osim utjecaja na okoliš odvodnja prometnice ima utjecaj na sigurnost odvijanja prometa. Sustav odvodnje potrebno je održavati u projektiranom stanju, tj. redovitim pregledima, vođenjem očevidnika i formiranjem „katastra". Redovitim održavanjem potrebno je spriječiti loše funkcioniranje istog s neželjenim posljedicama. Sva oštećenja nastala u periodu eksploatacije treba sanirati prema projektima sanacije i dovesti u tehnički ispravno stanje čime se osigurava dobro funkcioniranje odvodnog sustava. Posebnu pažnju posvetiti ekološki osjetljivim područjima (vodozaštitna područja, eko rezervati i sl.) kroz koja prolazi trasa prometnice.

KLJUČNE RIJEČI: Sustav odvodnje, Održavanje, Čišćenje, Pregled

MAINTENANCE OF ROAD DRAINAGE SYSTEMS

SUMMARY: Stormwater from the roads contains different types of pollution, of which the most environmentally harmful are oils, grease, fuel, suspended solids, nutrients and heavy metals. Apart from environmental impacts, road drainage influences the safety of the traffic flow. Drainage systems must be maintained in the designed state, with regular inspections, register keeping register and establishment of a "cadastre". Regular maintenance is necessary to prevent poor operation with undesired consequences. All damage occurring in the utilization period must be rehabilitated according to the rehabilitation projects and returned to the technically proper state which ensures good operation of the drainage system. Special attention must be paid to sensitive areas (drinking water protection zones) crossed by the road routes.

KEY WORDS: Drainage system, Maintenance, Cleaning, Inspection

1. UVOD

Pod pojmom održavanje obuhvaćene su mjere očuvanja i uspostave zahtjevanog stanja, kao i one za utvrđivanje i ocjenu postojećeg stanja sastavnih dijelova sustava odvodnje. U to se ubrajaju svi postupci održavanja, nadzora i uklanjanja kvarova na odvodnom

sustavu (u građevinama, pri čemu se u okviru uklanjanja kvarova mogu provoditi mjere popravaka, sanacije i rekonstrukcije). Zbog opasnosti od poplavljivanja, urušavanja i istjecanja štetnih tvari u podzemne vode i tlo, trošni, defektni i hidraulički preopterećeni kanali za odvodnju oborinskih otpadnih voda predstavljaju moguće izvore opasnosti za okoliš.

Program održavanja je sprečavanje nastanka kvarova i smanjenje učestalosti nastanka kvara. Time se mogu izbjeći skupi troškovi uklanjanja pojedinačnih i posljedičnih kvarova i povećati sigurnost uklanjanja. Temeljem ovog programa mogu se djelotvorno i povezano planirati potrebne mjere održavanja, lakše se mogu koordinirati termini, a budžet za mjere se može unaprijed rasporediti.

Pri izradi programa održavanja potrebno je podjednako uzeti u obzir tehničke, ekonomske i logističke interese. Program mora odgovarati pravnim i ekološkim zahtjevima.

Važno sredstvo za razvoj programa održavanja je vođenje i redovito aktualiziranje katastra odvodnog sustava, po mogućnosti sa što više informacija o odvodnom sustavu za pojedinu cjelinu, tj. sektor ceste ili autoceste. Treba napomenuti da su sustavi na cestama i autocestama predviđeni u konačnom obimu – nema povećavanja sustava, osim kod cesta gdje se očekuje proširenje prometnih trakova i povećanje slivne površine (IGH d.d., 20011; Hrvatska norma, HRN EN 1610:2002; Hrvatska norma, HRN EN 752-2:2005).

Odvodni se sustav prikazuje u planu s oznakom položaja, materijala i dimenzija, na osnovi analognog ili digitalnog katastra, te se taj plan povezuje s bankom podataka o kanalima/cjevovodima, u kojoj se pohranjuju sve važne informacije. U te informacije se ubrajaju npr. dosadašnje kontrole, prethodni hidraulički izračuni, podaci o prethodnim kontrolama, rezultati ranijih ispitivanja u obliku kategorizacije kvarova kao i podaci o hidrauličkom stanju, zakonski zahtjevi, pogonski i troškovni podaci, razine podzemne vode, slivne površine, stanje tla itd.

2. ČIŠĆENJE I ODRŽAVANJE ODVODNIH SUSTAVA

2.1. Općenito

Redovito čišćenje i održavanje odvodnih sustava posebno je važno za nesmetano funkcioniranje odvodnog sustava iz slijedećih razloga:

Taloženja, zagađenja, inkrustacija, kao i uraštanje korijenja dovode u kanalizacijskim građevinama do sužavanja protočnog presjeka, u najgorem slučaju do potpunog začepljenja poprečnog presjeka, zbog čega dospjele količine više ne mogu otjecati te može doći do pojave uspora, a u ekstremnom slučaju do poplavljivanja prometnih površina.

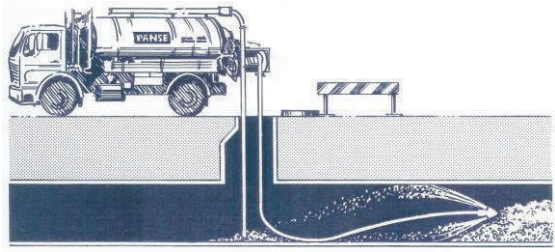
Čišćenje odvodnih sustava trebalo bi se odvijati prema vremenski i prostorno određenom programu čišćenja. Vremenski razmaci za čišćenje ravnaju se prema područnim terenskim i klimatskim prilikama. U to se kod kanala ubrajaju geometrijski i hidraulički parametri koji određuju brzinu protjecanja a time i vučnu silu protoka otpadne vode. Uz to mogu lokalne prilike poput veće zakrivljenosti trasa, prigušne dionice ili rešetke pogodovati nastanku taloga, a što iziskuje češće radove čišćenja i održavanja.

Općenito se kod kanala/cjevovoda pri normalnim pogonskim uvjetima preporuča čišćenje jednom godišnje. Nadalje, čišćenja se moraju provoditi u svakom slučaju prije provjera i prije otklanjanja kvara u odvodnom sustavu (Hrvatska norma, HRN EN 752-5:2005; Hrvatska norma, HRN EN 13508-1:2005).

2.2. Metode čišćenja

2.2.1. Visokotlačni postupak ispiranja

Specijalnim uređajem na vozilu putem kontrolnog okna u kanal se uvodi, suprotno smjeru tečenja, visokotlačno crijevo, na čijem prednjem kraju je sapnica s provrtima okrenutim prema unatrag, te se kanal ispire vodom pod tlakom od 60 do 150 bara. Sapnica sa crijevom pokretana tlakom vode kreće se u trzajevima prema naprijed i pri tom razrahljuje talog. Kod motornog povlačenja crijeva za ispiranje unatrag ispiru se talozi u smjeru tečenja prema oknu. Isprani materijal se iz kontrolnog okna u daljnjem slijedu usisava specijalnim uređajem na vozilu i odvozi na odgovarajuću deponiju (Hrvatska norma, HRN EN 752-7:2005; Veit, 2006).



Slika 1. Princip rada specijalnog vozila za čišćeje taloga iz cijevi (Federal Highway Administration, 2013)

2.2.2. Mehaničko čišćenje

Mehanički postupak čišćenja koristi se kod uklanjanja očvrsnulih taloga, kod priključaka koji strše u kanalu ili umjetnih prepreka i korijenja. Ručno čišćenje moguće je samo u prohodnim kanalima/cjevovodima. Za neprohodne kanale koriste se posebni samohodni uređaji, daljinski upravljani univerzalni roboti.
U skladu s principom njihova rada specijalne sprave se mogu svrstati u slijedeće kategorije:

* Udarne /vibracijske/ naprave
* Bušilice i glodalice (zakretne, zakretno-vibracijske)
* Rezni strojevi (mehanički, visokotlačni vodeni mlaz)
* Aparati za pjeskarenje

Kanalski roboti opremljeni su prihvatnom glavom za razne nastavke. Upotrebljavaju se naprave za rezanje korijenja, zahvatna kliješta, pneumatski čekići i pile. Nadgledanje i upravljanje radovima omogućeno je s jednog poslužnog mjesta pomoću TV kamere montirane na robotu.

2.2.3. Kemijsko/biološko čišćenje

Postupci kemijskog i biološkog čišćenja primjenjuju su kod posebnih zahtjeva u pojedinačnim slučajevima. Korištenjem kemijskih pomoćnih sredstava mogu se odstraniti npr. inkrustacije i uraslo korijenje, a postupci biološkog čišćenja služe za otapanje masnoća i vlaknastih materijala.

2.3. Očevidnik o čišćenju

Za nadzor sustava odvodnje potrebno je formirati očevidnik kojeg vodi odgovorna osoba za održavanje sustava odvodnje pojedine Tehničke jedinice za održavanje.
U očevidnik se upisuje datum pregleda i svi podaci o svakoj pojedinoj građevini koji utječu na poduzimanje određenih aktivnosti vezanih za održavanje i sigurno funkcioniranje odvodnog sustava. Kontrolom moraju biti obuhvaćeni svi dijelovi sustava odvodnje. Nakon svakog pregleda donosi se procjena stanja sustava odvodnje te na temelju iste se pristupa radovima održavanja-čišćenja. Čišćenje se poduzima na cjelokupnom odvodnom sustavu ili dijelu sustava koji svojim stanjem ugrožava normalno funkcioniranje odvodnog sustava. Bez obzira na procjenu potrebno je jedanput godišnje obaviti čišćenje cjelokupnog sustava odvodnje visokotlačnim strojevima. U očevidniku o čišćenju moraju se obuhvatiti provedeni radove čišćenja uz navođenje najvažnijih informacija kao što su očišćena dionica kanala s podacima o mjestu, nadnevku, količini taloga kao i o uočenim podacima o stanju kanala i okana. Temeljem sakupljenih informacija mogu se provoditi radovi koji slijede ciljano, djelotvorno i uz niže troškove. Svakako treba nedostatke koji se stalno ponavljaju zabilježiti u katastru kanala (Hrvatska norma, HRN EN 13508-2:2005).

3. TEHNOLOŠKO I POGONSKO ODRŽAVANJE

3.1. Općenito

Održavanje sustava odvodnje cesta i autocesta u uvjetima normalnog korištenja, podrazumijeva radnje i postupke na održavanju tehnološke i pogonske ispravnosti sustava za predviđeno funkcionalno stanje.
Elementi odvodnje cesta i autocesta održavaju se u cilju da se:

* omogući nesmetana i što brža odvodnja kolnika i kontrolirana odvodnja u kanale - skupljače oborine
* omogući učinkovito dreniranje trupa autoceste kroz sustav drenaže
* zaustavi što veća količina taloživih tvari u slivnicima.

3.2. Elementi sustava odvodnje cesta i autocesta

Sustavom odvodnje cesta i autocesta smatra se skup građevina kojima se kišne i snježne oborine kontrolirano odvode s užeg ili šireg područja ceste i autoceste, te se ovisno o zahtijevanom stupnju zaštite, a nakon obrade u posebnim građevinama, ispuštaju u okoliš. Sustav odvodnje sastoji se od (Hrvatske autoceste d.o.o., 2005; Margeta, 2009; Hrvatska norma, HRN EN 752-1:2005):

- elemenata odvodnje kolnika autoceste - rigoli, slivnici, drenažni kanali, ispusti
- otvorenih ili zatvorenih kanala skupljača oborina uz trup ili u trupu autoceste
- preljeva - kišnih rasterećenja
- građevina za obradu skupljene vode - separatori ulja i masti, taložni spremnici i drugo
- ispusnih građevina - ispusni otvoreni ili zatvoreni kanali
- slivnih površina - kolnik autoceste, zaustavne trake, razdjelni pojasevi, bankine, pokosi nasipa i usjeka, bliski okolni teren.

U sustav odvodnje cesta i autocesta, uz naprijed navedene, uključena su također i

odmorišta, parkirališta, postaje za gorivo, centri za kontrolu i upravljanje prometom, te sve druge građevine izgrađene uz autocestu, ako iste nemaju svoj zasebni sustav odvodnje ili se ne priključuju na sustav javne odvodnje.

3.2.1. Kolnik i rigoli

Kolnik ceste i autoceste, naročito tijekom dužih sušnih razdoblja, održava se redovitim strojnim čišćenjem četkama i usisavačem, čime se bitno smanjuje ulaz krute tvari poput pijeska i šljunka u sustav odvodnje. Rigoli se čiste ručno, lopatama ili specijalnim vozilom, najmanje dva puta godišnje, a po potrebi i češće.

3.2.2. Slivnici s rešetkom

U slivnicima se redovito, svaka dva mjeseca, a zimi i češće, kontrolira visina taloga u taložniku i na temelju izmjerene visine taloga određuje se dinamika čišćenja. Čišćenje slivnika obavlja se pomoću specijalnog komunalnog vozila - slivničara, usisavanjem mješavine taloga i vode.

3.2.3. Ispust vode u nasipu

Ispusti vode u nasipu, izvedeni u obliku kanala uglavnom od tipskih betonskih elemenata, kontroliraju se dva puta godišnje, pri čemu se kontrolira njihova stabilnost i slobodni protjecajni profil. Ukoliko je ispust podlokan bujičnim vodama ili oštećen pomicanjem tla, potrebno ga je sanirati. Zaostali materijal koji se nađe u protjecajnom profilu potrebno je odstraniti ručno i/ili strojno.

3.2.4. Drenaža prometnice

Drenaža prometnice kontrolira se u drenažnim oknima jedanput godišnje.
Materijal koji se ispire kroz drenažne cjevovode i ostaje u oknima uklanja se ručno ili uz pomoć specijalnog komunalnog vozila.
Eventualne popravke i radove na rekonstrukciji drenaže autoceste obaviti sukladno pokazateljima stanja i učinkovitosti drenažnih kanala kao što su količina ispranih materijala i procjednih voda.

3.2.5. Otvoreni kanali

Redovito održavanje otvorenih kanala sastoji se od:

- čišćenju profila kanala od istaloženog nanosa
- košenja trave i ostalog raslinja u kanalu i neposrednoj blizini kanala.

Stanje kanala kontrolira se najmanje dva puta godišnje, dok se košnja trave i odstranjivanje uraslog korova obavlja prema potrebi sukladno dinamici rasta vegetacije.

3.2.6. Zatvoreni kanali

Redovito održavanje zatvorenih kanala sastoji se od:

- kontrole funkcionalnosti u smislu prohodnosti i projektiranog kapaciteta
- kontrole slobodnog profila za protjecanje.

Kontrola prohodnosti i projektiranog kapaciteta obavlja se očevidom za vrijeme oborina na krajnjim točkama istjecanja. U slučaju utvrđene neprohodnosti i nekontroliranih istjecanja iz sustava odvodnje, potrebno je pronaći razloge koji su obično začepljenje cjevovoda, drastično suženje protjecajnog presjeka ili mehaničko oštećenje cjevovoda. Za otkrivanje mjesta kvara cjevovoda, koja se ne mogu otkriti očevidom, koristi se oprema za unutarnju inspekciju kanala, robot kamere i slično.
Kod kanala izvedenih u malim padovima, kod kojih nije moguće samočišćenje, čišćenje cjevovoda provodi se ispiranjem pod tlakom pomoću specijalnog komunalnog vozila i to dok je talog još tanak, do 5 cm debljine.

3.2.7. Kontrolna okna

Kod kontrolnih okana kontrolira se ispravnost poklopaca i silaznih ljestvi.
Kontrola zapunjenosti kontrolnih okana obavlja se najmanje dva puta godišnje, a posebno nakon intenzivnih oborina.
U slučaju da je kontrolom na dnu ili pokosima kinete kontrolnog okna utvrđen istaloženi materijal, isti je potrebno odstraniti. Čišćenje se obavlja ručno ili uz pomoć specijalnog komunalnog vozila.
Kod okana za prekid pada, zbog mogućih oštećenja uslijed silovitog režima tečenja i slabog hidrauličkog oblikovanja, kontrolira se stanje građevine i betonskih ploha.

3.2.8. Preljevi – kišna rasterećenja

Funkcioniranje preljeva – kišnih rasterećenja kontrolira se za vrijeme i nakon obilnih oborina, i to:

- funkcioniranje objekta u smislu rada prema projektiranim pretpostavkama tj. protoka kod kojeg dolazi do rasterećivanja
- stanje konstrukcije rasterećenja
- istaloženi materijal i krupni otpad
- stanje ispusne građevine.

Ako se primijeti da aktiviranje rasterećenja bitno odstupa od projekta, potrebno je naručiti projekt rekonstrukcije.
Potrebno je sanirati konstrukciju preljeva, ako u radu dođe do oštećenja zbog nepovoljnog hidrauličkog režima ili lošeg oblikovanja građevine.
U slučaju da se primijete oštećenja na ispusnoj građevini, ili erozija temelja uslijed nepovoljnog hidrauličkog režima ili lošeg oblikovanja, potrebno je građevinu i njeno utjecajno područje sanirati.
Iz tih razloga su redovito održavanje, čišćenje i nadzor odvodnih građevina važna pretpostavka za trajni nesmetani pogon dijelova sustava. Kvarovi i nedostaci trebaju se pravovremeno prepoznati pa se mogu otkloniti uz neznatan trošak i tako se mogu izbjeći posljedični kvarovi, a troškovi popravka se reduciraju na minimum.

ZAKLJUČAK

Sustav odvodnje treba se održavati u projektiranom stanju, tj. redovitim pregledima, vođenjem očevidnika i formiranjem „katastra“. Odvodnim sustavom treba se upravljati, a redovitim održavanjem spriječiti loše funkcioniranje istog s neželjenim posljedicama.

Katastar je potrebno pohraniti u GIS sustav koji omogućuje preglednije i učinkovitije upravljanje sustavom odvodnje. Održavanje sustava odvodnje je jako bitno sa stanovišta sigurnosti prometa ali i sa ekološkog stanovišta jer svako nakupljanje zagađenja predstavlja potencijalnu opasnost za okoliš. Sva oštećenja nastala u periodu eksploatacije treba sanirati prema projektima sanacije i dovesti u tehnički ispravno stanje čime se osigurava dobro funkcioniranje odvodnog sustava.

LITERATURA

[1] IGH d.d., (2001): *Opći tehnički uvjeti za radove na cestama*, Zagreb

[2] Hrvatska norma, HRN EN 1610:2002 – *Polaganje i ispitivanje kanalizacijskih cjevovoda i kanala* (1610:1997), Zagreb

[3] Hrvatska norma, HRN EN 752-1:2005 – *Odvodni kanalizacijski sustavi izvan zgrada-1.dio: Općenito i definicije* (EN 752-1:1995), Zagreb

[4] Hrvatska norma, HRN EN 752-2:2005 – *Odvodni kanalizacijski sustavi izvan zgrada-2.dio: Izvedbeni zahtjevi* (EN 752-2:1996), Zagreb

[5] Hrvatska norma, HRN EN 752-5:2005 – *Odvodni kanalizacijski sustavi izvan zgrada-5.dio: Rekonstrukcija* (EN 752-5:1997), Zagreb

[6] Hrvatska norma, HRN EN 752-7:2005 – *Odvodni kanalizacijski sustavi izvan zgrada-7.dio: Održavanje i funkcioniranje* (EN 752-7:1998), Zagreb

[7] Hrvatska norma, HRN EN 13508-1:2005 – *Uvjeti za sustave odvodnje izvan zgrada-1.dio: Opći zahtjevi* (EN 13508-1:2003), Zagreb

[8] Hrvatska norma, HRN EN 13508-2:2005 – *Uvjeti za sustave odvodnje izvan zgrada-2.dio: Sustav kodiranja optičkog nadzora* (EN 13508-2:2003), Zagreb

[9] Veit, E., (2006), *Održavanje odvodnih sustava*; stručni skup – Razdjelni sustavi odvodnje Čakovec.

[10] Hrvatske autoceste d.o.o., (2005),*Pravilnik o radu i održavanju sustava odvodnje autoceste*,

[11] Margeta, J., (2009), *Kanalizacija naselja: odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda,* Split

[12] Federal Highway Administration, (2013), *Urban drainage manual,* Washington

AUTORI

Dejan Kovačević, dipl. ing. građ. [a]
Stjepan Kordek, dipl. ing. građ. [a],
Zvonko Varga, dipl. ing. građ. [a]

[a] Institut IGH d.d., Janka Rakuše 1, 10000, Zagreb, Hrvatska,
dejan.kovacevic@igh.hr; stjepan.kordek@igh.hr; zvonko.varga@igh.hr

TEMA 4.

VODNA POLITIKA, OBRAZOVANJE, VODNOGOSPODARSKO PLANIRANJE, MEĐUNARODNA SURADNJA I SUDJELOVANJE JAVNOSTI

Recenzenti:
Sanja Barbalić, Danko Biondić, Ivan Čanjevac, Barbara Karleuša, Dražen Lušić, Zijah Mahmutspahić, Jure Margeta, Zlatko Mihaljević, Lidija Tadić

R 4.01.

USPOSTAVA SREDIŠNJEG SUSTAVA ZA IZVJEŠTAVANJE PREMA EU DIREKTIVAMA

Mario Obrdalj, Tatjana Pristovnik, Darko Boto, Hrvoje Kuštrak

SAŽETAK: Projekt uspostave Središnjeg sustava za izvještavanje prema EU direktivama (u daljem tekstu CROW projekt, sustav) ima za cilj izradu sustava za prikupljanje, prihvat, provjeru i obradu podataka iz različitih informacijskih sustava različitih upravnih i javnih tijela Republike Hrvatske. CROW sustav sastavni je dio Informacijskog sustava voda (skraćeno ISV). Prikupljeni i obrađeni podaci skladište se u posebno razvijenim bazama podataka i iz njih pojedine aplikacije generiraju izvještaje sukladno unaprijed zadanim modelima i formatima Europske komisije za svaku EU direktivu posebno. Složenost sustava izvještavanja zahtijeva intenzivnu suradnju više tijela državne uprave, tijela sa javnim ovlastima, isporučitelja vodnih usluga, unutarnjih ustrojstvenih jedinica Hrvatskih voda i drugih subjekata i to u svim fazama uspostave i funkcioniranja. U okviru CROW projekta razvijaju se pored aplikacija za prikupljanje i obradu podataka i izradu izvještaja prema pojedinim direktivama i tzv. vanjske aplikacije (mrežne aplikacije) za unos podataka putem mrežnih preglednika, te se poduzimaju potrebne prilagodbe i nadogradnje postojećeg ISV. Trenutno je okviru CROW projekta u fazi razvoja moderno WEB GIS rješenje koje omogućava uvid i pregled prostornih podataka koji su korišteni za pojedine izvještaje. U okviru projekta izrađeni su i Europskoj komisiji već dostavljeni pojedini izvještaji tijekom 2014. godine, čime Republika Hrvatska ispunjava obveze temeljem Ugovora o pristupanju.

KLJUČNE RIJEČI: Središnji izvještajni sustav, EU direktive, INSPIRE, Europska komisija, GIS, Informacijski sustav voda, Hrvatske vode, CROW, Upravljanje projektom

ESTABLISHMENT OF THE CENTRAL SYSTEM OF REPORTING ON WATER ACCORDING TO EU DIRECTIVES

SUMMARY: The establishment of the Central system of reporting on water according to EU directives (Croatian concept of reporting on water, CROW project) has as its aim the establishment of a system for collection, acquisition, verification and processing of data from different information systems of various public administration bodies in the Republic of Croatia. The CROW system is an integral part of the Water Information System (WIS). Collected and processed data are stored in specially developed databases, from which individual applications generate reports according to pre-set models and formats

of the European Commission, separately for each EU directive. The complexity of the reporting system requires intense cooperation of different state administration bodies, legal persons with public authorities, providers of water services, internal organizational units of Hrvatske vode and other entities in all stages of the system's establishment and operation. In the framework of the CROW project, beside applications for data collection and processing and development of reports according to individual directives, there are also external applications (web-based applications) for data entry via web browsers, so necessary adaptations and updates of the existing WIS are being performed. Presently, in the framework of the CROW project, a modern WEB GIS solution is being developed to enable access to and search of spatial data which were used for individual reports. As part of the project, individual reports were already developed and submitted to the European Commission in 2014 as Croatia's fulfilment of its obligations in compliance with the Accession Agreement.

KEY WORDS: Central Reporting System, EU directives, INSPIRE, European Commission, GIS, Water Information System, Hrvatske vode, CROW, Project management

1. UVOD

Ulaskom u Europsku uniju, Hrvatska se obvezala izvješćivati Europsku komisiju kako je propisano direktivama Europske unije.
U Hrvatskim vodama tijekom 2013. godine odobren je projektni zadatak, proveden postupak javne nabave i s izvođačem KING ICT d.o.o. Zagreb, potpisan ugovor i Okvirni sporazum o izvršenju usluga. Rok za provedbu usluga su dvije godine, a vrijednost ugovora iznosi gotovo 5.000.000 kn. Projekt se u cijelosti financira iz sredstava Hrvatskih voda.
Potpisom ugovora u srpnju 2013. godine, započeo je Projekt uspostave središnjeg sustava za izvještavanje prema tijelima EU.

1.1. Cilj CROW projekta

Cilj projekta je uspostava učinkovitog, jednostavnog za uporabu, jednostavnog za prilagodbu i jednostavnog za upravljanje sustava za prihvat, pohranu, obradu podataka, vizualizaciju informacija te pripremu, izradu i distribuciju izvještaja definiranih pojedinim „vodnim direktivama".
Cilj projekta je i osiguranje relevantnih podataka za izvještavanje po zahtjevima nadležnih tijela Republike Hrvatske ili zahtjevima koji proizlaze iz upravljanja javnim sredstvima Hrvatskih voda.
Sustav izvještavanja planiran je na način da surađuje sa EU informacijskim sustavima po zahtjevima Europske komisije te sa različitim informacijskim sustavima tijela državne i javne uprave.

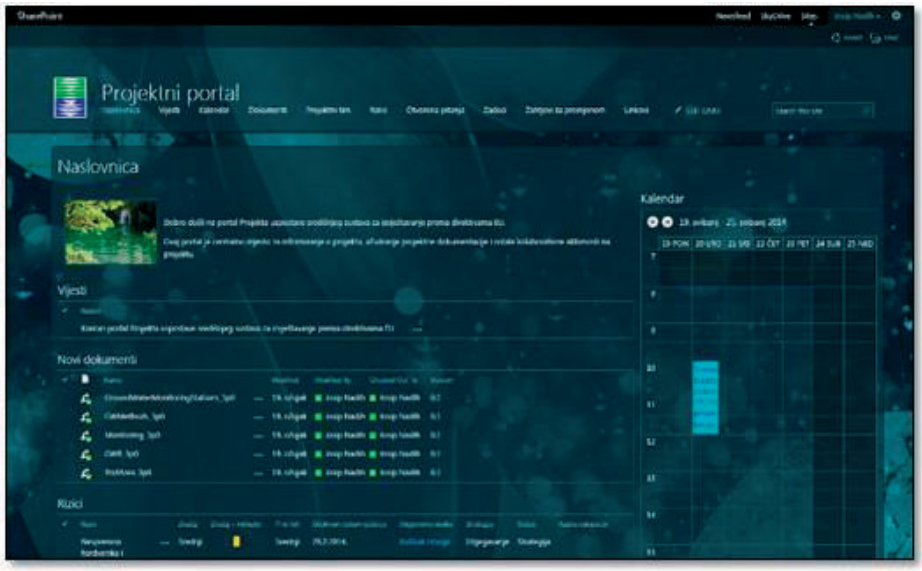
1.2. Svrha CROW projekta

Dostizanjem ciljeva planirano je osigurati pravovremeno ispunjenje obveza Republike Hrvatske kao države članice Europske unije te omogućiti informiranje dionika i široke javnosti o stanju voda i stanju provedbe obveza vezanih za pitanja upravljanja vodama u Republici Hrvatskoj.

2. PROVEDBA CROW PROJEKTA

Projektni portal

Na samom početku Projekta uspostavljen je Projektni portal (Slika 1) kao centralno mjesto za upravljanje projektnom dokumentacijom, evidentiranje i praćenje rizika na projektu, otvorenih pitanja te zadataka Projektnih timova.



Slika 1. Projektni portal Središnjeg izvještajnog sustava

Radi boljeg praćenja aktivnosti implementirano je automatsko obavještavanje projektnog tima vezano za sve promjene na portalu.

Obzirom na važnost projekta, uspostavljena je relativno složena projektna organizacija koja omogućava stalnu komunikaciju projektnih timova sa nadzornim odborom projekta putem Sponzora projekta. I Hrvatske vode i izvršitelj formirali su Projektne timove. Suradnja se odvija na dnevnoj osnovi. Hrvatske vode osiguravaju i dodatne vlastite stručnjake raznih strukovnih profila koji prate aktivnosti na projektu ovisno o zahtjevima pojedine direktive (vidi Sliku 2).

Izrada sustava i izvještavanje provode se prema svakoj pojedinoj direktivi, informatički modul po modul, prema prioritetima izvještavanja odnosno zahtjeva EK. Nakon uspostave izvještajnog sustava odnosno svih izvještajnih modula po svakoj direktivi, projektom je predviđena i uspostava tzv. „bussines inteligence“-BI sustava (vidi poglavlje 2.4. ovog teksta - Portal poslovnih informacija) koji će iz centralnog skladišta podataka omogućiti izradu poslovnih izvještaja „po volji“ za sada samo ograničeno i samo za ključne korisnike sustava Hrvatskih voda.



Slika 2. Projektna organizacija CROW projekta

2.1. SCRUM metodologija razvoja sustava

Razvoj informacijskog sustava na Projektu vodi se prema pravilima SCRUM metodologije. SCRUM je framework (okvir) za razvoj i održavanje složenih proizvoda i predstavlja način korištenja procesa i tehnika u njihovom razvoju te omogućava na lagan i jednostavan način upravljanja i nadzora nad razvojem informacijskih sustava. SCRUM je odabran kao provjerena i općeprihvaćena metodologija, a prema dosadašnjem iskustvu razvoja Informacijskog sustava voda (ISV) omogućava brz i efikasan razvoj dijelova na, svima, pregledan i razumljiv način. SCRUM prema definiciji osigurava transparentnost, kontrolu i prilagodbu procesa razvoja na način da svi korisnici sustava mogu jasno i brzo utjecati na razvoj dijelova sustava i prilagoditi sustav stvarnim potrebama. Ova metodologija daje mogućnost brze prilagodbe sustava promjenama zakonske regulative ili zahtjeva Europske komisije.

2.2. Obveze izvještavanja po „vodnim direktivama"

Projektom je predviđeno ispuniti sve obveze za izvještavanje prema sljedećim direktivama (ovdje se navode se kolokvijalni nazivi uobičajeni u internoj poslovnoj komunikaciji Hrvatskih voda koji će se dalje koristiti u tekstu):

Direktiva o poplavama - Floods Directive (FD)

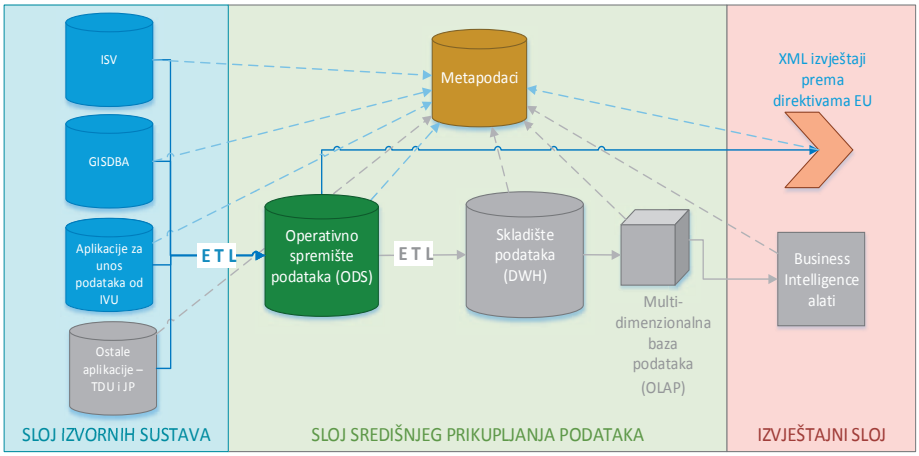
- Direktiva o pročišćavanju otpadnih voda - Urban Waste Water Treatment Directive (UWWTD)
- Direktiva o vodi namijenjenoj za ljudsku potrošnju - Drinking Water Directive (DWD)
- Direktiva o vodi za kupanje - Bathing Water Directive (BWD)

- Okvirna direktiva o vodama - Water Framework Directive (WFD)
- Nitratna direktiva - Nitrates Directive (ND)
- Industrijska direktiva – Industrial Emission Directive (IED)

CROW projektom obuhvaćena je i predviđena internacija sa sljedećim informacijskim sustavima državne i javne uprave:

- Hrvatske vode
- Državni hidrometeorološki zavod
- Hrvatski zavod za statistiku
- Hrvatski zavod za javno zdravstvo
- Državna geodetska uprava
- Državni zavod za zaštitu i spašavanje
- Županijski zavodi za javno zdravstvo,
- Sva komunalna poduzeća u RH,
- Ministarstvo poljoprivrede
- Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju
- Institut za oceanografiju i ribarstvo

Osnovna shema izvještajnog sustava prikazana je na Slici 4.

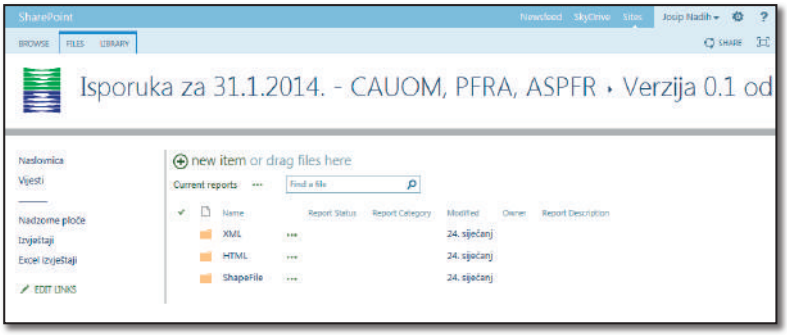


Slika 4. Shema izvještajnog sustava

Treba naglasiti da je na sastanku Nadzornog odbora Projekta održanog krajem 2013. godine prihvaćen modularni način uspostave Središnjeg sustava izvještavanja odnosno unutar sustava razvija se za svaku direktivu pojedinačno zaseban modul uz koordinaciju rada ustrojstvenih jedinica Hrvatskih voda i ISV kako ne bi dolazilo do redundancije u bazama podataka koje ulaze u spremište podataka (DWH – engl. Data WareHouse).

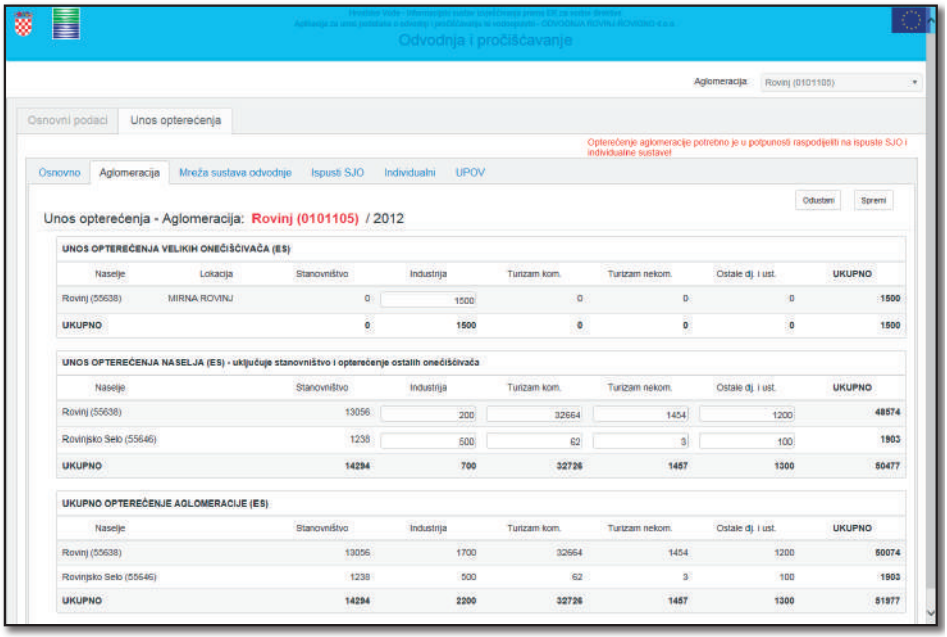
Dalje u tekstu daju se aktivnosti na projektu po direktivama odnosno pojedinim modulima Središnjeg izvještajnog sustava.

Direktiva o poplavama - Floods Directive (FD)
Za potrebe izvještavanja prema Direktivi o poplavama u siječnju 2014. godine Europskoj komisiji je dostavljen prvi izvještaj.



Slika 5. Floods Directive - isporuka izvještaja za CAUOM, APSFR i PFRA skupine podataka

Nastavljen je rad na poslovnoj analizi prema direktivi te je kroz detaljnu poslovnu analizu specificirana i razvijena aplikacija Floods Directive koja između ostalog definira nadležna tijela i jedinice upravljanja, prateće informacije za preliminarnu analizu rizika od poplava i prateće informacije za područja potencijalno značajnih rizika od poplava (Vidi Sliku 5).
Direktiva o pročišćavanju otpadnih voda - Urban Waste Water Treatment Directive (UWWTD)
Temeljem poslovne analize prema obvezi „Urban Waste Water Treatment Directive" razvijena je u svibnju 2014. godine mrežna aplikacija za unos podataka od strane javnih isporučitelja vodnih usluga ili skraćeno JIVU.
Aplikacija omogućava unos podataka od strane JIVU i internih korisnika sustava Hrvatskih voda (VGO i Sektor zaštite voda) te obradu, verifikaciju podataka i ispis izvještaja.
U okviru CROW projekta dostavljen je izvještaj prema EU po zahtjevima direktive sukladno rokovima i to obvezama po članku 15. i članku 17. direktive.
Direktiva o vodi namijenjenoj za ljudsku potrošnju - Drinking Water Directive (DWD)
U okviru analize rješavalo se pitanje povezivanja sa Informacijskim sustavom Voda, Državnim zavodom za statistiku, Hrvatskim zavodom za javno zdravstvo i GIS sustavom Hrvatskih voda te djelomično povezivanje sa aplikacijom za JIVU (vezani podaci za UWWTD). Za potrebe izvještavanja, odnosno prikupljanja i obrade podataka za izvještavanje kao podlogu za Izvještajni model bilo je potrebno napraviti prilagodbu postojećeg modula Analiza voda u Informacijskom sustavu Voda.
Također, za razmjenu podataka i stručnu suradnju u izradi izvještajnog modela, potpisan je Sporazum između Hrvatskih voda i Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo.
Izrađena je vanjska odnosno mrežna aplikacija koja omogućuje unos analiza o kvaliteti pitke vode od strane Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo i Županijskih zavoda putem mrežnih preglednika te se tako dobivaju podaci o kakvoći vode za svako naselje u Republici Hrvatskoj.
Direktiva o vodi za kupanje - Bathing Water Directive (BWD)



Slika 6. Urban Waste Water Treatment Directive - Aplikacija za unos podataka

U siječnju 2014. godine pripremljen je inicijalni nacrt izrade izvještajnog modela po ovom modulu. Modul će u narednim mjesecima biti usklađen sa stručnjacima Instituta za oceanografiju i ribarstvo koji je referentni centar za vodu za kupanje u Hrvatskoj, a u pripremi je i sporazum koji će regulirati obveze i postupanja vezano za prikupljanje i obradu podataka potrebnih za izvještavanje po direktivi između Hrvatskih voda i Instituta.
Okvirna direktiva o vodama - Water Framework Directive (WFD)
Aktivnosti poslovne analize po Okvirnoj direktivi započete su u siječnju 2015. godine. S obzirom na kompleksnost obveza prema direktivi te velikom broju institucija kao izvora podataka i informacija, proces definiranja funkcionalnosti izvještajnog modela je izuzetno složen.

Nitratna direktiva - Nitrates Directive (ND)

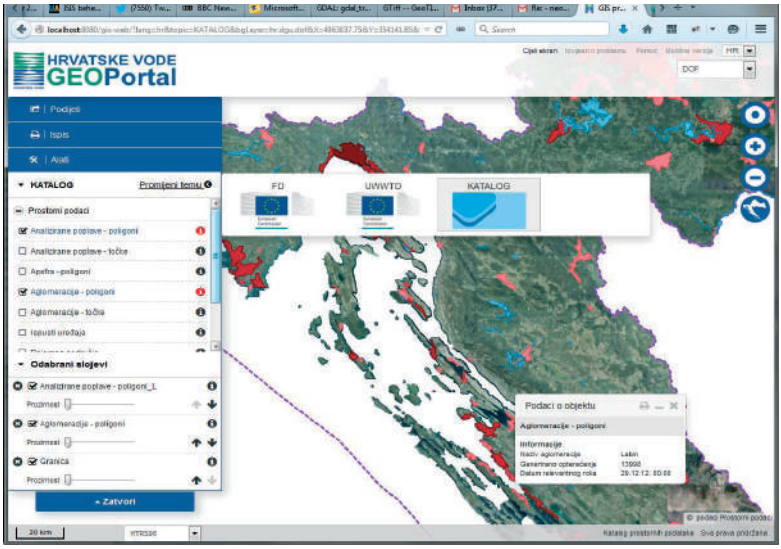
U tijeku je izrada poslovne analize za izradu izvještajnog modela po obvezi Nitratne direktive. U aktivnosti poslovne analize te pripremu modela uključeni su i stručnjaci Ministarstva poljoprivrede koji će koordinirati prikupljanje i verifikaciju podataka pojedinih agencija u sektoru poljoprivrede.

Industrijska direktiva - Industrial Emmision Directive (ID)

Razvoj izvještajnog modela za ovu direktivu još uvijek nije započeo s obzirom na to da je prema planu provedbe projekta CROW uspostave modela ova direktiva ostavljena za kraj. Također, ova direktiva je specifična jer obuhvaća izvještavanje po različitim sastavnicama okoliša odnosno utjecaja različitih emisija na sastavnice okoliša.

2.3. WebGIS preglednik - Geoportal Hrvatskih voda

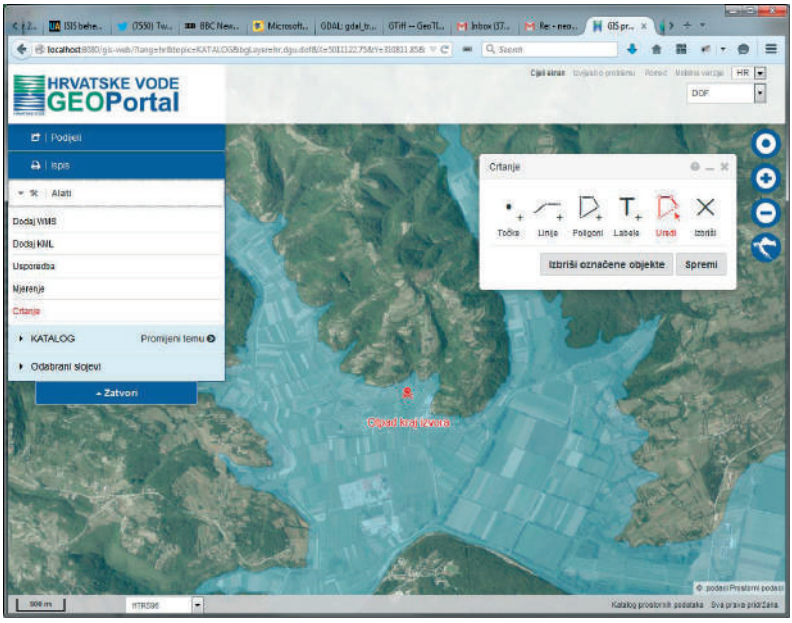
U sklopu projekta razvijeno je moderno WEB GIS rješenje koji omogućava uvid i pregled prostornih podataka u nadležnosti Hrvatskih voda (tzv. WEB GIS preglednik).
Prostorni podaci su dio izvještavanja prema EU. Kako bi se pravovremeno napravila kontrola kvalitete prostornih podataka koji ulaze u sustav za izvještavanje, izrađen je Geoportal koji je prvotno zamišljen isključivo kao dio aplikacije za prostornu vizualizaciju, detaljni pregled atributnih podataka i provjeru njihove lokacijske točnosti prije generiranja samog izvještaja i isporuke prostornih podataka.



Slika 7. Izgled Geoportala po tematskim jedinicama

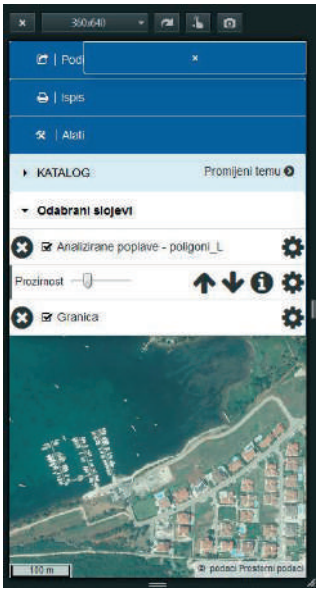
Geoportal omogućava pregled, preklapanje i vizualnu analizu prostornih podataka iz različitih sustava koje u svom djelokrugu imaju Hrvatske vode. Radi se o pregledniku nove generacije, u koji su ugrađene najnovije tehnologije (OL3, AngularJS, D3 i sl.) i koji je prilagođen prikazu na mobilnim uređajima. Dijeljenje trenutnog kartografskog pogleda, ispis trenutnog pogleda u pdf format, mjerenje udaljenosti, površine i azimuta, te crtanje, označavanje objekata, njihova modifikacija i označavanje za potrebe ispisa samo su neke od funkcionalnosti portala.
Geoportalu se trenutno može pristupiti samo unutar LAN mreže Hrvatskih voda te se prikazuju podaci isključivo vezani za izvještavanje prema tijelima EU organizirane u tri teme: Direktiva o poplavama, Direktiva o pročišćavanju otpadnih voda i Katalog svih prostornih podataka vezanih za izvještavanje (Vidi Sliku 7).
Organizacija podataka korištenjem tematskih karata omogućuje i uključivanje svih prostornih podataka iz bilo kojeg dijela informacijskog sustava Hrvatskih voda te njihovu vizualizaciju i prostorna preklapanja, a alati kao „Dodaj WMS“ omogućavaju i prikaz prostornih podataka iz drugih, vanjskih izvora kao npr. Državna geodetska uprava ili Državni zavod za zaštitu prirode ili bilo kojeg drugog subjekta NIPP-a (Nacionalne infrastrukture prostornih podataka).

Funkcionalnosti Geoportala Hrvatskih voda su jednostavna vizualizacija i mogućnost prikaza podataka iz drugih datoteka (KML), mogućnost standardiziranog ispisa u više formata i različite orijentacije, dijeljenje trenutnog kartografskog pogleda, trenutne lokacije i uključenih prostornih slojeva, mogućnost usporedbe podataka, označavanje objekata u prostoru i export objekata u datoteku što je prikazano na Slici 8.



Slika 8. Napredne opcije preglednika

Ove funkcionalnosti zasigurno proširuju mogućnosti i prvotnu namjenu WEB GIS preglednika kao isključivo alata za vizualizaciju izrađenih izvještaja prema Europskoj komisiji i osiguravaju njegovo buduće mjesto kao centralnog preglednika prostornih podataka tj. punokrvnog Geoportala Hrvatskih voda uzimajući u obzir i prilagođenost mobilnim uređajima (vidi Sliku 9). U tehničkim specifikacijama vezanim za prostorno izvještavanje prepoznale su se i uzele obzir smjernice EU za buduće potrebe izvještavanja, a odnose se na uspostavu WEB servisa usklađenim sa INSPIRE direktivom (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) koja uređuje alate, načine i mehanizme upravljanja prostornim podacima u EU. Preglednik dizajniran na način da se u budućnosti i na



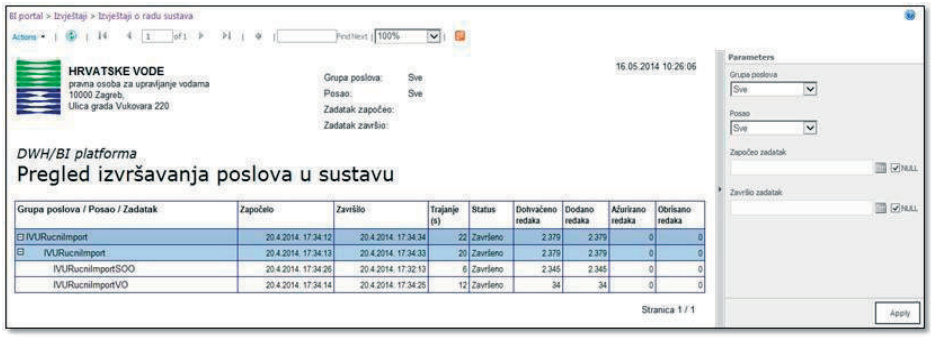
Slika 9. Prikaz Geoportala prilagođen je i mobilnim uređajima

zahtjev Hrvatskih voda omogući izvještavanje o prostornim podacima putem mrežnih servisa. Drugim riječima u ovoj fazi razvoja Geoportala Hrvatskih voda napravljene su potrebne pripreme za usklađivanje sa INSPIRE direktivom.

2.4. Portal poslovnih informacija

U sklopu Projekta izradit će se Portal poslovnih informacija (u daljem tekstu BI – engl. „Business inteligence“ portal) kao središnje mjesto za serviranje izvještaja kroz koje će ovlašteni korisnici na brz i jednostavan način doći do informacija koje su im potrebne za donošenje kvalitetnih odluka. BI portal će se između ostalog koristiti i za pohranjivanje i verzioniranje izvještaja za Europsku Komisiju, te slanje izvještaja na odobravanje nadležnim tijelima državne i javne uprave.

U budućim nadogradnjama BI portal služit će i kao mjesto za serviranje izvještaja nad podacima pripremljenim u OLAP bazi podataka (engl. - OnLine Analytical Processing), koja predstavlja specijaliziranu bazu podataka za analitičko izvještavanje. BI portal će omogućavati podršku za standardizirano (vidi Sliku 10) i ad-hoc izvještavanje, analizu podataka, izradu nadzornih ploča sa „Scorecard“(sustav ocjenjivanja namijenjen upravljanju i strateškom planiranju) i „KPI“ (Key Performance Indicator) komponentama za praćenje performansi pojedinih poslovnih procesa i zadataka, te samouslužne BI alate (Self-service BI) koji će omogućiti korisnicima da sami kreiraju izvještaje koji su im potrebni.



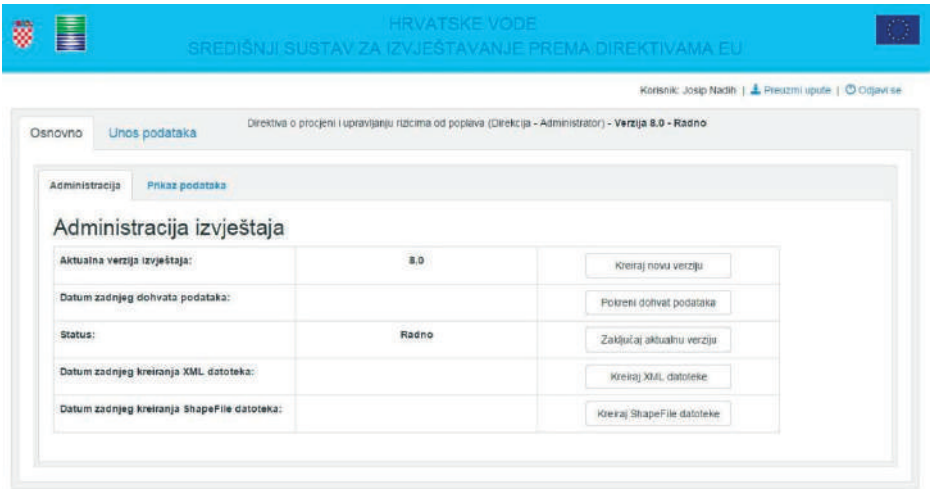
Slika 10. Primjer standardnog BI izvještavanja na Portalu poslovnih informacija

3. PROCEDURA PREGLEDA, IZMJENE I ODOBRAVANJA IZVJEŠTAJA

Osobita pozornost u Središnjem sustavu izvještavanja posvećena je i poslovnim procesima nadležnih tijela državne uprave i ustrojstvenih jedinica Hrvatskih voda u postupku pregleda i odobravanja nacrta izvještaja. Generirane datoteke će se isporučivati iz pojedinog izvještajnog modula Središnjeg sustava u direktorij koji odabere korisnik. Korisnik može odabrati u finalnoj verziji spremiti datoteke u biblioteku dokumenata na BI portalu (SharePoint) u kojoj će se omogućiti verzioniranje (Vidi sliku 11).

Korisnici će iz aplikacije moći pregledavati i HTML verzije XML dokumenata koje su čitljivije, kako bi se mogli testirati podaci i potvrditi ispravnost podataka prije slanja izvještaja. Odobrenja nadležnih tijela moguća su pisanim putem ili elektronički i sva

se smještaju na SharePoint Projekta. Tog trenutka, Središnji sustav postaje „svjestan“ odobrenja i omogućuje proceduru kreiranja finalnog izvještaja.

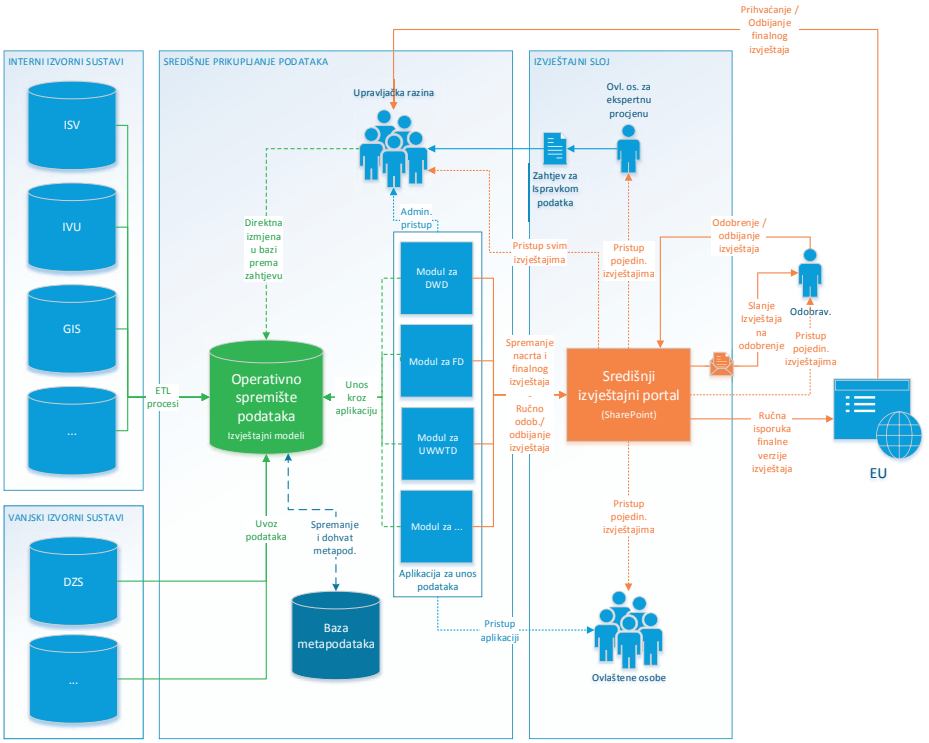


Slika 11. Administracija izvještaja u Središnjem izvještajnom sustavu Hrvatskih voda

Nakon potvrde točnosti podataka kreirat će se finalna verzija izvještaja te će se zaključati aktualna verzija izvještaja tako da se onemoguće promjene u podacima u izvještajnom modelu za zadnju verziju izvještaja. Sustav prepoznaje različite razine i prava upravljanja modulima i to administratorsku, ovlaštenu osobu za uvid i izmjenu te ovlaštenu osobu za ekspertnu procjenu. Također, sustav omogućava i ulogu odobravatelja kako je već navedeno.

U nastavku se pobliže daju prava pojedinih uloga korisnika sustava:

- Administrator (upravljačka razina) ima pravo pristupa operativnom spremištu podataka s administrativnim pravima, pravo pristupa aplikacijama za izvještajni dio s administrativnim pravima i pravo pristupa središnjem izvještajnom portalu s uvidom u sve izvještaje;
- Ovlaštena osoba ima pravo pristupa modulima aplikacije za izvještajni dio u ovisnosti o direktivi za koju su ovlašteni i pravo uvida u izvještaje na središnjem izvještajnom portalu u ovisnosti o direktivi za koju su ovlašteni;
- Ovlaštena osoba za ekspertnu procjenu ima pravo uvida u izvještaj za koji radi ekspertnu procjenu;
- Odobravatelj ima prava uvida u izvještaje koje odobravaju i mogućnost odobravanja ili odbijanja izvještaja.



Slika 12. Shema sustava za verzioniranje i odobrenje izvještaja

ZAKLJUČAK

Krajnji cilj CROW sustava je prikupljanje i centralizacija svih baza i podataka vezanih uz zahtjeve za izvještavanje po vodnim direktivama uključujući i baze i podatke svih tijela državne i javne uprave koja sudjeluju u procesu izvještavanja na jednom mjestu. Također je planirano uspostaviti i centralizirani portal prema javnim isporučiteljima vodnih usluga koji su vlasnici najopsežnijeg seta podataka presudnih za poslovanje više ustrojstvenih jedinica Hrvatskih voda a odnose se na zahtjeve Direktive o pročišćavanju otpadnih voda i Direktiva o vodi namijenjenoj za ljudsku potrošnju čija je provedba financijski najzahtjevnija.

Proces uspostave i vođenja organiziranog sustava zahtjeva sudjelovanje visoko stručnih osoba različitih struka koji su odgovorni za pripremu, uspostavu, kontrolu i verifikaciju novo nastalih procesa pa tako i samih izvornih podataka.

Bez projektnog pristupa vođenja ovako složenog projekta, centralizacije poslovnih procesa i primjene SCRUM metodologije bilo bi vrlo teško zadovoljiti sve zahtjeve koje postavlja Europska komisija.

Uzeći u obzir sve navedeno, od velike je važnosti da Hrvatske vode postanu državni referentni centar za vode obzirom da pored zahtjeva Europske komisije postoje i zahtjevi za osiguranje relevantnih podataka prema Vladi Republike Hrvatske i široj javnosti.

Tijekom vođenja ovog zahtjevnog i opsežnog projekta primijećena je potreba optimizacije

i uređenja radnih procesa između ustrojstvenih jedinica Hrvatskih voda te potreba uspostave međusobne koordinacije.
Budućnost predviđa rad na nadogradnji i održavanju sustava kako bi kontinuirano bio u skladu sa novim zahtjevima za izvještavanje te promjenama u vodičima i modelima izvještavanja koje definira Europska komisija.
Nadogradnju sustava izvještavanja, njegove izmjene i održavanje potrebno je voditi i nadalje centralizirano, koordinirano i kontinuirano obzirom da su zahtjevi Europske komisije za izvještavanjem po pojedinim direktivama promjenljivi i istovremeno objedinjavaju različite izvore podataka te tako direktno utječu na poslovne procese nadležnih tijela.

LITERATURA

[1] Europska komisija, *INSPIRE direktiva*, http://inspire.ec.europa.eu/ (14.3.2007), Bruxelles

[2] Network Services Drafting Team, *Network Services Architecture* (2008), Europska komisija, Bruxelles

[3] Schwaber K., Beedle M., *Agile Software Development with Scrum - Series in Agile Software Development*, (2001), Microsoft Press, Redmond, USA

AUTORI

Mario Obrdalj, dipl.ing.građ. [a]
Tatjana Pristovnik, mag. paed. [b]
Darko Boto [b]
Hrvoje Kuštrak, mag.inf. [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, mario.obrdalj@voda.hr; hrvoje.kustrak@voda.hr
[b] KING ICT d.o.o., Buzinski prilaz 10, 10010 Zagreb, tatjana.pristovnik@king-ict.hr; darko.boto@king-ict.hr

R 4.02.

UPRAVLJANJE JAVNIM VODNIM DOBROM - GOSPODARENJE ŠUMAMA U JAVNOM VODNOM DOBRU

Veronika Pančić-Ruška, Tomislav Momčinović

SAŽETAK: Pronalaženje poveznice odredbi Zakona o vodama i Zakona o šumama, kao osnove za upravljanje javnim vodnim dobrom i gospodarenje šumama u javnom vodnom dobru, za koje je propisano da su zaštitne šume, prepušteno je u praksi pojedinačnom sporazumjevanju i suradnji stručnjaka hidrotehničke struke i stručnjaka šumarstva. U cilju ostvarivanja osnovnih zadaća iz djelokruga obiju djelatnosti, nužno je uređivanje postupanja kod upravljanja i gospodarenja šumama u javnom vodnom dobru. Polazeći od interesa vodnog gospodarstva potrebno je utvrđivanje svrhe, načela i uvjeta za uzgoj šuma i korištenje šuma u gospodarenju zaštitnim šumama.Sustav djelovanja i usuglašavanja obiju djelatnosti na istom prostoru nije uspostavljen, što ima za posljedicu mnoga otvorena pitanja na koja se nailazi u obavljanju svakodnevnih zadaća vodnog gospodarstva, a u čijem rješavanju postoji potreba efikasnijeg djelovanja. U radu je analiziran zakonski okvir, navedeni su primjeri područja gdje postoje potrebe usuglašavanja obavljanja vodnogospodarske i šumskogospodarske djelatnosti, naznačene procedure u kojima je moguće postaviti smjernice gospodarenja šumama u javnom vodnom dobru, a u interesu vodnog gospodarstva.

KLJUČNE RIJEČI: Javno vodno dobro, Upravljanje, Šuma, Gospodarenje, Korištenje

PUBLIC WATER ESTATE MANAGEMENT – FOREST MANAGEMENT ON THE PUBLIC WATER ESTATE

SUMMARY: Finding a link between the provisions of the Water Act and the Forest Act as the basis for public water estate management and management of forests designated as protected forests on the public water estate is in practice left to individual agreement and cooperation of experts in water engineering and forestry. In order to fulfil the basic tasks within the scope of both activities, actions in forest management in the public water estate must be regulated. In the interest of the water management sector is the determination of purpose, principles and conditions for forest growth and use in the management of protected forests. There is no established system of actions and harmonization of both activities in a single area resulting in numerous open issues which are encountered in the performance of water management tasks on a daily basis and the resolution of which re-

quires a more efficient action. The paper analyses the legal framework, presents examples of areas where the harmonization of water management and forest management activities is required, and outlines the procedures which can define the guidelines for forest management on the public water estate in the interest of water management.

KEY WORDS: Public water estate, Management, Forest, Use

1. UVOD

Kategorija "vodno dobro" u hrvatsko vodno zakonodavstvo prvi put je uvedena Zakonom o vodama, 1995. godine. Istim je određeno da je vodno dobro "sve zemljište pod tekućim i drugim površinskim vodama i uz vodotoke, jezera, akumulacije i retencije – posebna cjelina s odgovarajućim pravnim režimom" (Šimunović i Daničić, 1998.). Vodno dobro uz vodotoke i druga ležišta voda čine uređeno i neuređeno inundacijsko područje, koja su određena vanjskom granicom. Utvrđivanjem, temeljem Zakona o vodama, inundacijskih područja, mnoga zemljišta obrasla šumom postala su "posebna cjelina s odgovarajućim pravnim režimom" – vodno dobro. Vodno dobro u vlasništvu Republike Hrvatske je javno vodno dobro. Temeljem Zakona o vodama javnim vodnim dobrom upravljaju Hrvatske vode, osim javnim vodnim dobrom u lučkom području, te javnim vodnim dobrom koje zauzima određena vodna građevina za proizvodnju električne energije. Upravljanje javnim vodnim dobrom podrazumjeva održavanje, čuvanje i korištenje toga dobra za namjene kojima služi. Zakon o vodama je propisao da su šume u javnom vodnom dobru zaštitne šume, te da šumama u javnom vodnom dobru gospodari pravna osoba određena propisima o šumama i sukladno propisima o šumama, a prema programu gospodarenja na koji suglasnost daju Hrvatske vode. Pojednostavljeno, samo šuma – vegetacija predata je na gospodarenje drugoj pravnoj osobi, a zemljištem upravljaju Hrvatske vode.

Prema Zakonu o šumama - šumama i šumskim zemljištem u vlasništvu Republike Hrvatske gospodari Trgovačko društvo, čiji je osnivač Republika Hrvatska, odnosno Hrvatske šume d.o.o. Vidljivo je da Zakon o šumama šume i šumsko zemljište promatra kao neodvojivu cjelinu, dok se kroz navedenu odredbu Zakona o vodama šumsko zemljište prelazi u javno vodno dobro i na neki način se izdvaja iz cjeline. Gospodarenje šumama obuhvaća uzgoj, zaštitu i korištenje šuma i šumskih zemljišta te izgradnju i održavanje šumske infrastrukture, sukladno sveeuropskim kriterijima za održivo gospodarenje šumama. Zaštitne šume prvenstveno služe za zaštitu zemljišta, voda, naselja, objekata i druge imovine. Odobrenjem šumskogospodarskog plana, šume zaštitnima proglašava Ministarstvo. Stjecanje statusa šume zaštitnom, dakle različito određuje Zakon o vodama od Zakona o šumama. Zakon o šumama, osim navedene osnovne definicije zaštitne šume, određuje da način gospodarenja i obnove zaštitnih šuma, kao i šuma s posebnim namjenama, proizlazi iz svrhe radi koje su takvima proglašene, te da se propisuje Osnovom područja (odnosno programima gospodarenja šumama posebne namjene).

Citirana odredba usmjerava sudionike u obje djelatnosti, vodnogospodarskoj i šumskogospodarskoj, na potrebu usuglašavanja planiranih aktivnosti u gospodarenju šumama u javnom vodnom dobru, s polazištem od konkretne namjene toga dobra. Zakonom o vodama propisane su namjene vodnog dobra - za građenje i održavanje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za osnovnu melioracijsku odvodnju, održavanje korita i obala vodotoka, te održavanje i uređenje inundacijskog područja,

građenje i održavanje građevina za unutarnju plovidbu, provedbu obrane od poplava, te korištenje i zaštitu izvorišta voda namjenjenih ljudskoj potrošnji-koja osiguravaju više od 10m^3 na dan ili opskrbljuju više od 50 ljudi.
Budući da nema daljnje razrade principa za postupanje niti u jednom podzakonskom aktu oba Zakona, namjera je ovim člankom ukazati na potrebu angažmana poglavito hidrotehničke struke oko artikuliranja zahtjeva na gospodarenje šumama u javnom vodnom dobru, te uspostavljanju procedura radi ugrađivanja određenih zahtjeva u dokumente, odnosno u odgovarajući šumskogospodarski plan.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE INUNDACIJSKIH PODRUČJA NA PODSLIVU DUNAVA I DONJE DRAVE

"Nizinske šumske retencije" česti je naziv korišten u praksi za inundacije uz vodotoke Dunav, Dravu, Vučicu i druge, npr. na vodnom području rijeke Dunav, određene vanjskim granicama inundacijskog područja prema odlukama nadležnog Ministarstva. Samim nazivom ukazuje se na prostore u riječnim dolinama obraslim šumama, koji imaju značajnu ulogu u sustavu obrane od poplava. U navedene prostore, koji su"ograđeni" nasipima ili su poplavna područja kao niskoležeći tereni, vodotoci razlijevanjem rasterećuju svoja osnovna korita, poplavna voda se retenira i tako smanjuje visina vodnog vala, smanjuje se mogućnost poplava nizvodno, kao i potreba izgradnje drugih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina.
Uz desnu obalu Dunava na području Republike Hrvatske, inundacijsko područje (od korita vode do utvrđene vanjske granice) iznosi oko 18.600 ha, uz lijevu obalu Drave u Baranji 6800ha, uz desnu obalu Drave od ušća u Dunav do Pitomače oko 15.000 ha, ilustracija su prostora u koja se retenira dio poplavnih voda navedenih rijeka. Za njih je karakterističan teren blagih nagiba i pretežito ravnih konfiguracija.Većim dijelom navedeni prostori su obrasli šumskom vegetacijom.
Pritoci navedenih velikih rijeka, imaju i svoje brdske slivove (planine Slavonije –Dilj, Krndija, Papuk, Bilogora …), teren s većim nagibima, na kojima rijeke imaju uže doline i uža inundacijska područja, pa su prostori prirodnih šumskih retencija manji, pa je manja i zastupljenost šuma u javnom vodnom dobru. Za taj dio područja, karakteristične su umjetne retencije, odnosno retencije izgrađene kao regulacijske i zaštitne vodne građevine (npr. na području malog sliva "Županijski kanal" izgrađeno je 9 retencija čiji su zališni prostori uglavnom obrasli šumom- i šuma i retencija). U planiranju izgradnje novih retencija (npr. u pripremi na potoku Stublovac, u brdskom šumskom predjelu južno od Slatine), nakon izrade idejnog projekta i definiranja osnovnih veličina i točnog položaja planirane vodne građevine, utvrđivanjem vanjske granice neuređenog inundacijskog područja rezervira se prostor za planiranu gradnju. Šume u tom prostoru, u vlasništvu Republike Hrvatske, postaju šume na javnom vodnom dobru temeljem odredbi Zakona o vodama. Osim na lokaciji pregradnog profila retencije, gdje je nužno ukloniti šumu kao i drugo raslinje prije građenja, šumu u zališnom prostoru nije nužno uklanjati.

3. ZAŠTITNE ŠUME

3.1. Zakonski okvir

Zakon o vodama (izmjenama i dopunama iz svibnja 2013.), odredio je da su šume u javnom vodnom dobru zaštitne šume. U tada važećem Zakonu o šumama bilo je određeno da šume zaštitnima proglašavala županijska skupština. Zadnjim izmjenama i dopunama (srpanj 2014.) Zakona o šumama, određeno je da šume zaštitnima proglašava Ministarstvo odobrenjem šumskogospodarskog plana. Prema navedenim zakonima stanje je takvo da isto (nadležno) Ministarstvo (Ministarstvo poljoprivrede), po različitim osnovama - na različite načine, određuje šume zaštitnim šumama. Naime, na temelju Zakona o vodama Ministarstvo donošenjem rješenja o pripadnosti neke zemljišne čestice vodnom, odnosno javnom vodnom dobru, praktično proglašava šumu na tom zemljištu – šumom u javnom vodnom dobru kao zaštitnom šumom, a potom, temeljem Zakona o šumama, odobrenjem šumskogospodarskog plana za gospodarsku jedinicu kojoj pripada ta zemljišna čestica. Iz navedenog se može isčitati usmjerenje za daljnji postupak potrebnog usuglašavanja stajališta oko gospodarenja šumama u javnom vodnom dobru, nedvojbeno - svi zahtjevi na gospodarenje šumama u javnom vodnom dobru moraju biti na određeni način ugrađeni u odgovarajući šumskogospodarski plan.

Zakonom o vodama neprecizno je, u odnosu na odredbe Zakona o šumama, definiran planski dokument, na koji Hrvatske vode trebaju dati suglasnost i koji omogućuje gospodarenje šumama u javnom vodnom dobru. Umjesto navoda "*sukladno programu gospodarenja na koji suglasnost daju Hrvatske vode",* u članku 15. Zakona, trebalo bi stajati "*sukladno odgovarajućem šumskogospodarskom planu na koji suglasnost daju Hrvatske vode"*.

Šumskogospodarski planovi su: šumskogospodarska osnova područja Republike Hrvatske (odnosno Osnova područja), osnove gospodarenja gospodarskim jedinicama (odnosno osnove gospodarenja), programi gospodarenja gospodarskim jedinicama na kršu, program za gospodarenje šumama šumoposjednika, program gospodarenja šumama posebne namjene, godišnji planovi gospodarenja šumama, operativni godišnji planovi. Za kontinentalne šume i šumska zemljišta u vlasništvu Republike Hrvatske, izrađuju se osnove gospodarenja. Osnova gospodarenja je elaborat (planski dokument) kojim se utvrđuju uvjeti za skladno korištenje šuma i šumskog zemljišta i zahvati u tom prostoru, potreban opseg uzgoja i zaštite šuma, mogući stupanj iskorištenja, te uvjeti za gospodarenje životinjskim svijetom.

Postupak odobrenja i sadržaj šumskogospodarskih planova je javan.

3.2. Postupanja u praksi

Unatoč propisima, šumama u javnom vodnom dobru praktično se gospodari bez suglasnosti Hrvatskih voda. Hrvatske šume d.o.o., koje su ovlaštene Zakonom o šumama, gospodariti šumama u vlasništvu Republike Hrvatske, kojima pripadaju i one u javnom vodnom dobru, nemaju praksu ishođenja suglasnosti na osnove gospodarenja gospodarskim jedinicama. Prigodom revizije ili donošenja osnova gospodarenja proteklih godina, Hrvatske vode su obavještavane o javnom uvidu, odnosno pozivane su na javne rasprave, te su uglavnom tom prigodom predlagane dopune opisa općekorisnih funkcija šuma od značenja za vodnogospodarstvo. Nakon zaključenja javne rasprave, Hrvatske šume, u

pravilu, nisu ishodile suglasnost na osnovu gospodarenja, pa se nije "provjeravalo" niti da li su predlagane eventualne dopune unešene u predmetni planski dokument.
Na području nadležnosti Vodnogospodarskog odjela za Dunav i donju Dravu provođen je postupak revizije Osnove gospodarenja šumama i šumskim zemljištem u državnom vlasništvu za gospodarsku jedinicu "Valpovačke podravske šume", kojom prigodom je nadležna Uprava šuma podružnica Osijek dostavila (u prosincu 2014.) u Hrvatske vode obavijest o trajanju javnog uvida, kao i primjerak elaborata uređajnog zapisnika i kartu sječa za plansko razdoblje (2014.-2023.), te zatražila prethodnu suglasnost za postupak odobrenja predmetnog šumskogospodarskog plana. Od strane Hrvatskih voda date su primjedbe i mišljenje na uređajni zapisnik, povodom čega su Hrvatske šume izradile prijedlog dopuna i dokaz o dopunama u elaboratu, te im je dostavljena tražena suglasnost. Navedeni primjer može poslužiti kao model davanja suglasnosti na šumskogospodarski plan za gospodarenje šumama u javnom vodnom dobru u smislu odredbi (članka 15.) Zakona o vodama, a bez kojeg akta gospodarenje šumama u javnom vodnom dobru nema legalitet. Bitno je za taj postupak - temeljem stručnih analiza karakteristika i namjena vodnog dobra predmetnog područja, te stečenih iskustava u upravljanju javnim vodnim dobrom na području, istaknuti zahtjeve i uvjete na gospodarenje šumama u javnom vodnom dobru, a radi zaštite vodnogospodarskih interesa.

3.3. Smjernice vodnog gospodarstva za gospodarenje šumama u javnom vodnom dobru

Budući da su šume u javnom vodnom dobru određene kao zaštitne šume, u smislu prethodno navedene potrebe postavljanja nedvojbenih zahtjeva i uvjeta na gospodarenje takvim šumama radi zaštite vodnogospodarskih interesa, bila bi od koristi prethodno definirana osnovna načela i smjernice za davanje suglasnosti na šumskogospodarske planove. Kako je uvodno navedeno Zakon o šumama zaštitne šume definira kao šume koje prvenstveno služe za zaštitu zemljišta, voda, naselja, objekata i druge imovine, a kao općekorisne funkcije šuma, u odnosu na vode, isti Zakon navodi: zaštitu tla od erozije vodom i vjetrom, uravnoteženje vodnih odnosa u krajobrazu te sprječavanje bujica i visokih vodnih valova, pročišćavanje voda procjeđivanjem kroz šumsko tlo te opskrba podzemnih tokova i izvorišta pitkom vodom. Osim određenja da način gospodarenja i obnove zaštitnih šuma, proizlazi iz svrhe radi koje su takvima proglašene, te da se propisuje Osnovom područja, Zakon o šumama nema drugih odredbi glede gospodarenja zaštitnim šumama. Najčešće u praksi, smjernice za gospodarenje zaštitnim šumama budu takve da se šumske površine pretežno prepuštaju prirodnom razvoju, dakle sječa kao i uzgojni radovi nisu predviđeni. Navedeno se nekad poklapa s vodnogospodarskim interesima, a ponekad može doći i do neželjenog efekta – smanjenja kapaciteta korita za pronos vode i nanosa – poglavito na manjim vodotocima.
Analiza pojedinih općekorisnih funkcija kontinentalnih šuma koje dolaze do izražaja u interakciji s vodom na određenom inundacijskom području, odnosno javnom vodnom dobru, može biti polazište u postavljanju zahtjeva ili uvjeta u gospodarenju pojedinom kontinentalnom šumom. Za primjer, šuma u javnom vodnom dobru - utvrđenom inundacijskom području uz r. Dravu u Baranji, koja je u naravi dio korita za veliku vodu r. Drave, omeđenog nasipima, u koji se prelijevaju vode iz osnovnog vodonosnog korita pri vodostajima srednje visokih voda i od njih viših, s karakterističnim dolinskim profilom

ravnog terena, ispresjecanog mikrodepresijama, koje su ostaci bivših rukavaca vodotoka, a pitanje je u čemu se sagledava zaštitna namjena šume?! Zaštita tla od erozije vodom ne dolazi do izražaja zbog načina na koji se inundacija ispunjava vodom postupnim porastom vodostaja, teren je bez značajnijeg pada te stoga ne može doći niti do stvaranja bujica. Pri pojavi takvih prelijevanja u korito velike vode, bilježi se donos i odlaganje nanosa jer se tok vode umiruje, nema stvaranja visokih vodnih valova na način da bi stabla drveća služila kao valobrani. Procjeđivanjem pri takvim pojavama kroz šumsko tlo, izvjesno je da se događa pročišćavanje voda na putu ka zaobalju, stoga šuma može imati ulogu zaštite od onečišćenja voda u zaobalju. Smjernice u gospodarenju takvom šumom, sa stajališta vodnoga gospodarstva, proizlazi iz namjene javnog vodnog dobra na konkretnom prostoru, mogu biti potreba održavanja i izgradnje šumske infrastrukture koja koristi i u obavljanju vodnogospodarske djelatnosti (kretanje vozila i ljudi u obrani od poplava, u poslovima održavanja vodnih građevina), zatim sprječavanje prorastanja određenog pojasa zemljišta uz regulacijske i zaštitne vodne građevine (nasipi, obaloutvrde, kanali …), te zabrana sadnje drveća u istom pojasu.

Raščlambom i analizom drugačijeg primjera šume u javnom vodnom dobru, npr. inundacijskog područja na brdskom vodotoku, gdje postoji mogućnost erozije tla vodom, zaštitna uloga šume, koja utječe na umanjenje erozije, odnosi se na zemljište – javno vodno dobro, pa i na vodu jer u konačnosti erodirani materijal dospijeva u vodotok, može ga onečistiti, zatrpati protjecajni profil čime se povećava opasnost od poplava. Smjernice u gospodarenju takvom šumom, sa stajališta vodnoga gospodarstva, polaze prvenstveno od potrebe njezinog trajnog zadržavanja na dijelovima područja radi sprječavanja erozije, te od potrebe uklanjanja stabala iz protjecajnog profila.

3.4. Problemi u praksi - hidrotehnički radovi i sječa drveća

Dozvole za sječu i/ili krčenje – ukoliko se radi o radovima za koje nije potrebna građevinska dozvola npr. izmuljenje (stablima obraslog) vodotoka koji se nalazi u sklopu neke gospodarske jedinice na katastarskoj čestici sa statusom javno vodno dobro, nadležno Ministarstvo nije sklono izdavati, jer ne prepoznaje "interes" propisan u Zakonu o šumama (članku 35.), premda je, prema Zakonu o vodama, vodno dobro od interesa za Republiku Hrvatsku (članak 8.), te je građenje i održavanje vodnih građevina, u interesu Republike Hrvatske (članak 22.).

U praksi postoje prijepori i u raspolaganju drvnom masom nastalom prilikom sječe stabala u javnom vodnom dobru. Naime, ukoliko je sječa obavljena na zemljišnim česticama koje se nalaze u šumskogospodarskom području onda je obveza Hrvatskih šuma da zbrinu nastalu drvnu masu. No postoje zemljišne čestice koje nisu unutar šumskogospodarskog područja npr. kanali (obrasli stablima) koje je potrebno očistiti i dovesti u funkciju. S drvnom masom nastalom tijekom radova dovođenja kanalske mreže u "nulto stanje", Hrvatske vode kao naručitelj i investitor radova, ne smiju raspolagati niti je mogu pustiti u daljnji promet, pa dolazi do dugotrajnog deponiranja iste što se okončava često bespravnim otuđenjem od strane trećih osoba. Tragom rješavanja navedenih problema, između Hrvatskih šuma i Hrvatskih voda uređeni su uzajamni odnosi koji se tiču preuzimanja posječene drvne mase prilikom obavljanja radova na obnavljanju detaljnih melioracijskih vodnih građevina za odvodnju i navodnjavanje. Praksa je pokazala da se Sporazum ne provodi jedinstveno i bezuvjetno, te postoji potreba za ulaganjem dodatnih

napora u poboljšanje njegove primjene radi uzimanja u obzir svih slučajeva čišćenja - i kanala i korita vodotoka - u kojima nastaje drvna masa, određivanja točnih lokacija deponija posječene drvne mase i uvjeta koje deponije i pripadajući pristupni putevi trebaju zadovoljavati, te niz tehničkih detalja koji se odnose na izradu drvnih sortimenata.

ZAKLJUČAK

Radi učinkovitijeg obavljanja djelatnosti, u vodnom gospodarstvu je izražena potreba skraćivanja mnogih postupaka koje je potrebno voditi u pripremi realizacije pojedinih projekata. Usuglašavanje upravljanja javnim vodnim dobrom i gospodarenja šumama u javnom vodnom dobru zasada nije uhodana procedura, stoga je prijeko potreban dodatni napor u iznalaženju učinkovitog modela radi postavljanja smjernica gospodarenju šumama u javnom vodnom dobru, a koje trebaju biti u suglasju s karakteristikama konkretnog područja i namjena toga dobra. U vodnom gospodarstvu treba definirati osnovne postavke za utvrđivanje značenja šuma u javnom vodnom dobru, temeljem kojih će se definirati i postavljati zahtjevi i uvjeti za gospodarenje takvim šumama, koje su Zakonom o vodama određene kao zaštitne.

Zahtjevi i uvjeti, odnosno smjernice za gospodarenje šumama u javnom vodnom dobru, moraju biti ugrađene na odgovarajući način u šumskogospodarske planove, odnosno u osnovu gospodarenja. Smjernice za gospodarenje šumama u javnom vodnom dobru uobličene u provedbeni akt, trebaju omogućiti jednostavnije postupanje izrađivačima (stručnjacima šumarstva) osnove gospodarenja, kao i obrađivačima (stručnjacima vodnog gospodarstva) stručnog mišljenja za davanje suglasnosti Hrvatskih voda na predmetni šumskogospodarski plan.

Nositelji usuglašavanja stajališta i postupanja u svezi s upravljanjem javnim vodnim dobrom i gospodarenjem šumama u javnom vodnom dobru, trebaju biti nadležne Uprave, pri nadležnom Ministarstvu poljoprivrede, radi implementacije utvrđenih smjernica u praksu.

Smjernicama za gospodarenje šumama u javnom vodnom dobru, (specificirano zasebno za kontinentalne šume i šume u kršu), treba:

- utvrditi načela i uvjete za uzgoj, zaštitu i korištenje šuma u gospodarenju zaštitnim šumama,
- utvrditi svrhu, te moguće i potrebne aktivnosti i radove u gospodarenju zaštitnim šumama, u interesu vodnoga gospodarstva,
- pobliže definirati zakonima propisana prava i obveze pravnih osoba u upravljanju javnim vodnim dobrom i u gospodarenju šumama u javnom vodnom dobru,
- definirati postupke davanja suglasnosti na osnove, odnosno programe gospodarenja gospodarskim jedinicama, a radi mogućnosti praćenja od strane Hrvatskih voda aktualnih aktivnosti gospodarenja zaštitnim šumama - uvesti postupak davanja suglasnosti i na godišnje operativne planove gospodarenja.

LITERATURA

[1] Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, Uprava šuma Podružnica Osijek, Šumarija Valpovo, Osijek (2013/2014.): *Program gospodarenja g.j. "Valpovačke podravske šume*" (2014. – 2023.),

[2] Šimunović, I., Daničić, J., (1998.): *Zakon o vodama (Narodne novine broj: 107/1995.), Tekst Zakona s objašnjenjima,* Hrvatska vodoprivreda, (posebno izdanje), od str. 5 do str. 82,

[3] *Zakon o šumama* (Narodne novine broj: 140/05., 82/06., 129/08., 80/10., 124/10., 25/12., 68/12., 148/13. i 94/14.),

[4] *Zakon o vodama* (Narodne novine broj: 153/09., 63/11., 130/11., 56/13. i 14/14.).

AUTORI

Veronika Pančić-Ruška, dipl.ing.građ. [a]
Tomislav Momčinović, dipl.ing.šum. [b]

[a] Hrvatske vode, Vodnogospodarski odjel za Dunav i donju Dravu, Splavarska 2a, Osijek, 31000, Republika Hrvatska, veronika.pancic-ruska@voda.hr

[b] Hrvatske vode, Direkcija, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, 10000, Republika Hrvatska, tomislav.momcinovic@voda.hr

R 4.03.

PROJEKT SEE RIVER

Alan Cibilić, Marina Barbalić, Ivana Rubčić, Neven Trenc, Biljana Barić, Mladen Matica, Maja Turinski, Saša Cestar, Branka Španiček, Tamara Čuković

SAŽETAK: Krajem 2014. godine završen je SEE River (South East Europe River) projekt u sklopu transnacionalnog programa za Jugoistočnu Europu. Cilj SEE River projekta bio je ojačati međusektorsku suradnju dionika koji učestvuju u korištenju međunarodnih riječnih koridora u zemljama Jugoistočne Europe. Ovaj projekt omogućio je stjecanja znanja o integriranju sektorskih politika, prostornih planova i programa. Pri tome je usvojen pristup koji na odgovarajući način uzima u obzir potrebe razvoja, zaštite od poplava te zaštite okoliša i prirode unutar riječnog koridora.

Hrvatski partneri u SEE River projektu bili su: Hrvatske vode, Državni zavod za zaštitu prirode i Zavod za prostorno uređenje Koprivničko-križevačke županije.

SEE River bio je vrlo ambiciozan projekt s obzirom na to da je u razdoblju od dvije godine uspostavljeno složeno parterstvo na razini SEE područja, nacionalnoj i lokalnoj razini. Pri tome je trebalo savladati prepreke s obzirom na razlike u problemima i stavovima dionika. Ipak u konačnici projekt je ostvario svoj cilj i unaprijedio međusektorsku suradnju, te na načelnoj razini razvio metodološki pristup upravljanja međunarodnim riječnim koridorima.

Polazište za projekt bila je Deklaracija o rijeci Dravi potpisana 2008. u Mariboru u Sloveniji kao znak podrške za 10 deklaracijom utvrđenih ciljeva za održivi razvoj rijeke Drave. U okviru ovog projekta uspostavljen je međunarodni interdisciplinarni tim stručnjaka iz 26 javnih institucija, uprave i nevladinih organizacija s područja upravljanja vodama, zaštite prirode i prostornog planiranja, iz 12 zemalja Jugoistočne Europe kako bi se unaprijedili procesi upravljanja riječnim koridorima na šest pilot prekograničnih rijeka (Dravi, Bodrogu, Neretvi, Prutu, Soči i Vjosi).

KLJUČNE RIJEČI: upravljanje, prekogranični, riječni koridor, deklaracija, Drava

SEE RIVER PROJECT

SUMMARY: The SEE River (South East Europe River) Project was finished at the end of 2014 within the Transnational Cooperation Programme for SEE. The objective of the SEE River Project was to strengthen cross-sectoral cooperation of stakeholders involved in the management of international river corridors in the SEE countries. The project has

facilitated the acquisition of knowledge about integrating of sectoral policies, spatial plans and programmes, adopting an approach which appropriately takes account of both development and flood protection, including environmental and nature protection within a river corridor.

The Croatian partners in the SEE River Project were Hrvatske vode, the State Institute for Nature Protection, and the Institute for Spatial Planning of the Koprivnica-Križevci County.

The SEE River Project was a very ambitious project. During a period of two years, a complex partnership was established on the level of the SEE region, national and local levels, in the process of which obstacles had to be overcome due to differences in problems and stakeholders' views. The project, however, has eventually achieved its objective and improved cross-sectoral cooperation, while developing a general methodological approach to international river corridor management.

The Project was initiated on the basis of the Drava River Declaration which had been adopted in Maribor, Slovenia, in 2008 as a sign of support to the 10 goals for sustainable development of the Drava River defined by the Declaration. An international interdisciplinary team of experts spanning 26 public institutions, administrations and NGOs in the field of water management, nature protection and spatial planning from 12 SEE countries was established to improve river corridor management processes on six pilot transboundary rivers: the Drava, Bodrog, Neretva, Prut, Soča and Vjosa.

KEY WORDS: Management, cross-border, river corridor, declaration, Drava River

1. UVOD

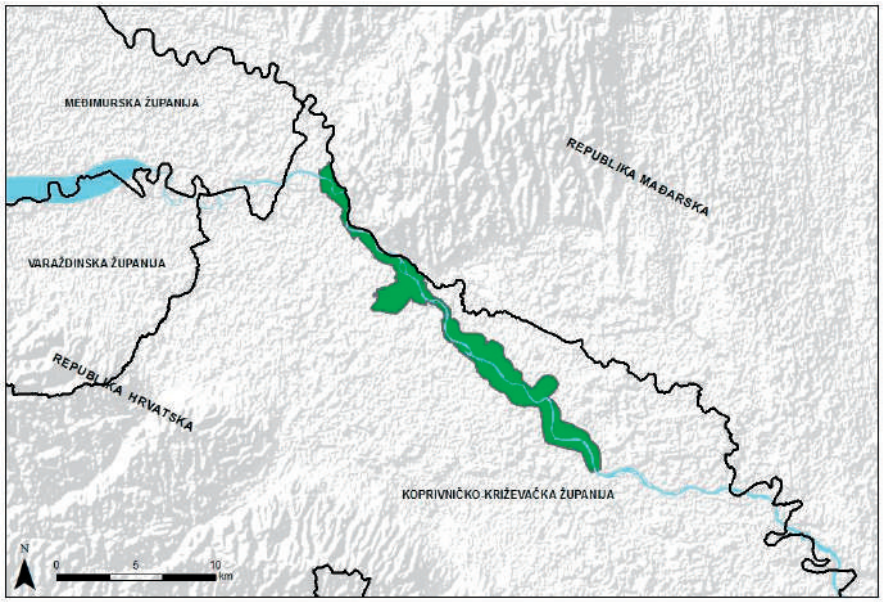
U projektu South East Europe River (SEE River) sudjelovalo je 26 partnera iz 12 zemalja, a Institut za vode Republike Slovenije bio je vodeći partner. Projekt se nastavljao na inicijativu iz 2008. godine kada je potpisana deklaracija Vizija za rijeku Dravu Drava River Vision u kojoj je definirano 10 ciljeva o održivom razvoju rijeke Drave.

Uvažavajući tu zajedničku viziju u pripremi projekta utvrđeni su specifični problemi kod upravljanja rijekama: potreba za integriranom međusektorskom i prekograničnom suradnjom i koordinacijom, potreba za suradnjom nevladinih i vladinih institucija. Stoga se projekt usredotočio na međusektorsku uključenost u upravljanje prekograničnim riječnim koridorima a u cilju jačanja lokalnih, regionalnih i nacionalnih struktura upravljanja, te učinkovito međunarodno i međusektorsko povezivanje pri upravljanju riječnim koridorima [1].

Stav projekta bio je da međusektorska suradnja svih dionika s pristupom „top-down" i „bottom up" može poboljšati način upravljanja rijekama na lokalnoj, regionalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj razini. Projekt se provodio na tri razine, u prvoj je uključena rijeka Drava i 5 pilot područja na rijeci na kojima je ostvarena suradnja između 5 država: Italije, Austrije, Slovenije, Hrvatske i Mađarske. Pilot područje u Hrvatskoj smješteno

1 Područje duž obje riječne obale na kojem su se odvijali ili se odvijaju riječni procesi i koje je u međudjelovanju s rijekom (primjerice putem podzemne vode). Određeno je vanjskim rubom, te hidrološkim, morfološkim, fitocenološkim, pedološkim i/ili ekološkim obilježjima rijeke (Bizjak A. i drugi 2014.).

je u sjeverozapadnom dijelu države, u Koprivničko-križevačkoj županiji, i proteže se od ušća rijeke Mure u rijeku Dravu (područje Velikog Pažuta kraj Legrada) do Repaškog mosta (u blizini naselja Molve), tj. od rkm 237 do rkm 208 uzvodno (slika 1). Pilot područje obuhvaća površinu od 33 km². Na drugoj razini obuhvaćen je cijeli tok Drave gdje je definiran zajednički akcijski plan za cijelu rijeku Dravu. Treća razina odnosila se na pet pilot rijeka u JI Europi: Soča, Neretva, Bodrog, Prut i Vjosa.
Kao rezultat praktičnog rada i komunikacije s dionicima na pilot područjima izrađen je priručnik SEE River Toolkit (*Bizjak A. i drugi 2014*) koji se sastoji od tri dijela vezanim za međusektorsko upravljanje riječnim koridorima, s općenito primjenjivim uputama kako postići dogovor vezan uz upravljanje riječnim koridorima u svrhu razvoja i očuvanja riječnog koridora.



Slika 1. Položaj pilot područja rijeke Drave u Republici Hrvatskoj.

2. OPIS PROJEKTA

2.1. Pilot područje na rijeci Dravi

Deklaracija o rijeci Dravi donesena je na temelju međunarodnog simpozija „Vizija rijeke Drave“ koji je održan u rujnu 2008. godine u Mariboru u Sloveniji. Njemu su prisustvovali predstavnici vodnog gospodarstva i očuvanja prirode, obrazovnih institucija i nevladinih organizacija iz država u slivu rijeke Drave: Italije, Austrije, Slovenije, Hrvatske i Mađarske. Deklaracija je donesena kao odgovor na opći zahtjev za zaštitom i održanjem riječnog krajolika rijeke Drave preko nacionalnih granica. Nastojeći da se postigne dobro stanje rijeke, podrže i ojačaju postojeći zajednički pristupi upravljanju vodama, zaštiti od poplava, korištenju hidroenergije i očuvanju biološke raznolikosti u slivu rijeke, te s namjerom da se postigne suradnja na očuvanju, upravljanju i daljnjem odgovarajućem razvoju rijeke Drave i s njom povezanih topografskih, hidroloških i ekoloških sustava

doneseno je 10 ciljeva kao prioriteta za budući razvoj i to:

1. Promovirati rijeku Dravu kao model međunarodno integrirane provedbe politika EU o vodama i zaštiti prirode.
2. Unaprijediti zaštitu od poplava poboljšanjem sustava uzbunjivanja u slučaju poplava i povećanom razmjenom informacija.
3. Poboljšati zaštitu od poplava očuvanjem i obnovom retencijskih područja uz rijeku Dravu.
4. Nastaviti s daljnjom obnovom rijeke Drave.
5. Održati i dalje razviti rijeku Dravu kao „ekološku kralježnicu".
6. Ponovno uspostaviti ekološku povezanost u rijeci Dravi za potrebe migracije riba.
7. Uspostaviti rijeku Dravu kao prekograničnо rekreacijsko područje.
8. Iskoristiti mogućnost rijeke Drave kao poveznice raznih naroda.
9. Provoditi integralno upravljanje riječnim slivom, a ne fragmentarne sektorske mjere.
10. Provoditi daljnji razvoj područja uz rijeku Dravu u partnerstvu s lokalnim stanovništvom.

Ključni međunarodni okolišni problemi na rijeci Dravi identificirani su mulitdisciplinarnom stručnom analizom riječnog koridora (Szalay & Zinke, 2014) u kojoj su sudjelovali svi partneri. Utvrđeni su slijedeći najznačajniji problemi: promijenjena riječna ekologija, promjene toka, rizik od poplava, promijenjene ravnoteže pronosa sedimenta, regulacija rijeke, rizici za kvalitetu vode i onečišćenje, te suša. Naglašeno je da je očuvanje prirode i okoliša od suštinskog značenja za sve korisnike na koridoru rijeke Drave.

U sklopu SEE River projekta utvrđen je interes partnera za međunarodne akcije vezano uz više tema: migracija riba, invazivne vrste, biciklističke staze, prekogranični rezervat biosfere, program obnove rijeka, program upravljanja poplavama, program upravljanja sedimentom. Kao jedna od potencijalnih nastavnih aktivnosti posebno značajnih sa stanovišta zaštite prirode te ispunjavanja ciljeva Deklaracije o rijeci Dravi razmotren je projekt vezan uz uspostavu uzdužne povezanosti za ribe. Aktivnosti bi bile usmjerene na uspostavu funkcionalnih ribljih staza i prolaza na branama i drugim preprekama na Dravi a predložili su ga projektni partneri iz sektora zaštite prirode iz Hrvatske i Slovenije. Problem pronosa sedimenta također je istaknut kao ključan problem rijeke Drave što je potvrdila i izrađena studija te je s tim u vezi mađarski partner predložio izradu odgovarajućeg akcijskog plana.

Ukupno je identificirano devet međunarodnih akcijskih planova koji uključuju i područje Drave u Hrvatskoj:

- Funkcionalnost ribljih staza.
- Invazivne strane vrste.
- Mura Drava Dunav prekogranični rezervat biosfere.
- Obnova riparijskih staništa uz rijeku Dravu.
- Biološka raznolikost, obrana od poplava i upravljanje vodama.
- Ekološka povezanost na rijeci Dravi i drugim SEE rijekama.
- Strategija upravljanjem sedimentom rijeke Drave.
- Razvoj turizma uz rijeku Dravu.
- Rekreacija - Veliki Pažut.



Slika 2. Projektni partneri na rijeci Dravi u Koprivničko-križevačkoj županiji 2013.

Rad na ovom projektu uključivao je izradu stručnih izvješća (*Matica et. al. 2014*) i terenski rad unutar riječnog koridora rijeke Drave u Hrvatskoj, a osobito na pilot područjima (slika 2).

Nakon što su se prikupili svi dostupni podaci, te se izvršila detaljna analiza organizirane su tri lokalne i dvije nacionalne radionice. Na temelju prezentacija stručnjaka iz različitih sektora, međunarodnih radionica, individualnih intervjua, upitnika, seminara te značajnog broja podataka i ideja dobivenih od naših dionika razvijeni su akcijski planovi i dobivene smjernice za razvoj koncepta Prostornog plana područja posebnih obilježja rijeke Drave. Posebno su se korisnim pokazali doprinosi dionika, a obrađeni i prikupljeni podaci uključivali su projektne prijedloge, vizije razvoja, kartografske prikaze i ostale informacije. Ovakav nači rada pridonio je i poboljšanoj suradnji i komunikaciji s dionicima. Rezultati projekta promovirani su kroz multimedijski pristup, putem priopćenja za javnost, promotivnih materijala, objava na internetskim stranicama, video prezentacijama pilot područja i sl.

Kao što je prethodno navedeno za uspješnu provedbe ovog projekta, iznimno važna bila je uključenost dionika. Tijekom projektnih aktivnosti uspostavljena je funkcionalna mreža dionika s regionalne i lokalne razine. Radionicama su prisustvovali, i svojim prijedlozima, idejama i dostavljenim podacima aktivno doprinosili dionici iz područja: upravljanja vodama, zaštite prirode, upravljanja šumama, energetskog sektora, sektora zaštite i spašavanja, te dionici iz različitih nevladinih udruga i organizacija. Značajnu ulogu u SEE River projektu imali su lokalni dionici kao što su predstavnici općina uz rijeku Dravu, predstavnici udruga ribolovaca, turističkih udruga, poljoprivrednika te drugih udruga koje se bave očuvanjem i promocijom rijeke Drave.

Rezultati SEE River projekta u Hrvatskoj neposredno su primijenjeni u izradi koncepcije Prostornog plana područja posebnih obilježja rijeke Drave. Ovaj plan će se koristiti kao osnova za upravljanje i planiranje na području riječnog koridora. Isto tako, prikupljeni su važni podaci koji će se moći koristiti i u izradi drugih prostornih planova općina uz rijeku Dravu te novog Prostornog plana Koprivničko-križevačke županije i ostale prostorno-planske dokumentacije.

Rezultate projekta moći će koristiti prostorni planeri, Koprivničko-križevačka županija, općine, sektori, institucije koje se bave upravljanjem vodama, zaštitom prirode, turizmom

i drugim djelatnostima vezanim uz rijeku Dravu. Također, prikupljeni podaci moći će poslužiti i za suradnju na prekograničnoj razini, odnosno za suradnju Hrvatske i Mađarske. Preko stvorene mreže dionika u budućnosti će se razmjenjivati informacije o rijeci Dravi Temeljem prikupljenih informacija i podataka na tri lokalne i dvije nacionalne radionice koje su održane tijekom SEE River projekta, izdvojeno je 14 akcijskih planova koji predstavljaju buduće projekte koji će se moći provoditi na području riječnog koridora rijeke Drave.

Kao glavni rezultat, SEE River projekt je pripremio Osnovu za razvoj rijeke Drave koja uključuje:

- Analizu međunarodnog razvoja rijeke Drave.
- Identificirane ciljeve za upravljane riječnim koridorom rijeke Drave u budućnosti.
- Popis mjera i akcija za postizanje postavljenih ciljeva.

Osnova za razvoj rijeke Drave, koja sadrži sve rezultate rada kako na međunarodnom riječnom koridoru rijeke Drave, tako i na pilot područjima, pružit će temelj za buduće integrativno prekogranično upravljanje riječnim koridorom rijeke Drave.

2.2 Ostali pilot projekti (Bodrog, Neretva, Prut, Soča i Vjosa)

Osim rijeke Drave, na projektu SEE River odabrano je još pet međunarodnih riječnih koridora Bodrog, Neretva, Prut, Soča i Vjosa radi rješavanja izazova prekograničnog međusektorskog upravljanja riječnim koridorima. Koristeći iskustva određivanja zajedničke međunarodne vizije za rijeku Dravu (Deklaracija o rijeci Dravi iz 2008.), željelo se pokrenuti međusektorsku i prekograničnu suradnju i u ostalim državama i riječnim koridorima JI Europe. Tako bi se korisnicima i nadležnim za upravljanje rijekama pomoglo da naprave korak naprijed prema suvremenom upravljanju rijekama na lokalnoj i prekograničnoj razini, izgradnjom mreže međusektorskih dionika u državama kako bi se na rijekama primijenili zajednički pristupi.

Ideja projekta bila je testirati iskustva s rijeke Drave u različitim okruženjima JI Europe i vidjeti kako raznolikost nacionalnih uvjeta i prekograničnih odnosa djeluje na procese međusektorske suradnje. Iz tog je razloga odabrano pet vrlo različitih rijeka. One protječu kroz države s ponekad sličnim ili, u drugim slučajevima, vrlo različitim političkim i ekonomskim prilikama, kroz države u kojima je međusektorski dijalog uobičajena praksa kao i kroz države u kojima se vrlo malo toga radi na način suvremenog upravljanja riječnim koridorom.

Na svakom su pilot području projektne aktivnosti partnera primjenjivale, zajednički utvrđene metode i tehnike raspravljene na međunarodnim radionicama prilagođene specifičnoj situaciji na pojedinoj rijeci. Partneri su uzajamno komunicirali i pratili rad na pojedinim pilot područjima a svaki koordinacijski tim za pojedino pilot područje je evidentirao ključne elemente kako bi se uočile specifičnosti pristupa. Proizašla iskustva partneri su dijelili i o njima raspravljali tijekom projekta kako bi si međusobno pomogli u rješavanju različitih problema.

Nakon razornih poplava u svibnju 2014. koje su pogodile Hrvatsku, Bosnu i Hercegovinu i Srbiju, pokrenuta je inicijativa da se pristup SEE River projekta primijeni i na koridor rijeke Kolubare, jednog od poplavama najviše pogođenih područja. U nekoliko zadnjih mjeseci projekta, u Srbiji je pokrenut proces angažiranja dionika na rijeci Kolubari, što

je dovelo do nacrta deklaracije o toj rijeci a dionici su se obvezali da će zajedno raditi na boljoj praksi cjelovitog upravljanja u budućnosti.
Rezultati rada SEE River projekta mogu pomoći u procesu međusektorskog upravljanja riječnim koridorima. Ipak, najvažnija pouka projekta je potreba za kreativnim pristupom na svakom riječnom području uz neophodnu prilagodbu. Završni nacionalni seminar održan je u Zagrebu krajem 2014. (slika 3).



Slika 3. Izlaganja na završnom nacionalnom seminaru u Zagrebu 2014.

Završna konferencija SEE River projekta održana je u Beču na kojoj se raspravljalo o budućim izazovima u upravljanju rijekama kroz suvremeno upravljanje riječnim koridorima.

ZAKLJUČAK

Projektom SEE River je uspostavljena jedinstvena platforma za sve ključne dionike kako bi bili odgovorni sudionici u usklađivanju interesa i razvoja riječnih koridora. To je bio veliki izazov, kako za uključene institucije tako i za uključene stručnjake. Partnerstvo je na svakom od pilot područja bilo suočeno s mnogim izazovima u osiguranju učinkovitosti projektnih procesa i primijenjenih metoda, kao i usporedivosti rezultata na lokalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj razini. Glavni rezultati SEE River projekta su:

- SEE River priručnik.
- Smjernice za međusektorsko upravljanje riječnim koridorima.
- Rijeka Drava dobila je svoj međunarodni akcijski plan koji podupire postizanje deset ciljeva Deklaracije o rijeci Dravi (2008. god).

LITERATURA

[1] Bizjak A. i drugi (2014.): *SEE River Toolkit*, Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana

[2] Matica M., Barbalić M., Trenc N. i dr. (2014.): *Nacionalno izvješće o analizi*

riječnog koridora Drave u Hrvatskoj, Zavod za prostorno uređenje Koprivničko-križevačke županije, Hrvatske vode i Državni zavod za zaštitu prirode, Koprivnica

[3] Szalay M i Zinke A. (2014.): J*oint Drava River Corridor Analysis Report*, National Institute for Environment, Budapest

[4] *Deklaracija o zajedničkim pristupima upravljanju vodama, zaštiti od poplava, korištenju hidroenergije i očuvanju biološke raznolikosti u slivu rijeke Drave*, Drava River International symposiom „Drava River Vision" 23-25 rujna 2008, Maribor, Life Obere Drau II, http://www.life-drau.at, (18.3.2014)

[5] *Sustainable Integrated Management of International River Corridors in SEE Countries*, http://www.see-river.net/, (18.3.2014)

AUTORI

Alan Cibilić, dipl.ing.građ. [a]
mr.sc. Marina Barbalić, dipl.ing.građ. [a]
Ivana Rubčić, bacc.oec. [a]
mr.sc. Neven Trenc, dipl.inž. geologije [b]
Biljana Barić, prof. biologije i kemije [b]
mr.sc. Mladen Matica, prof. geografije [c]
Maja Turinski, mag.geografije [c]
Saša Cestar, dipl.ing.prom. [c]
Branka Španiček, mag.geografije [d]
Tamara Čuković, mag.oecol.et prot.nat. [e]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, Hrvatska, alan.cibilic@voda.hr; marina.barbalic@voda.hr; ivana.rubcic@voda.hr

[b] Državni zavod za zaštitu prirode, Radnička cesta 80/7, 10000 Zagreb, Hrvatska, neven.trenc@dzzp.hr; biljana.baric@dzzp.hr

[c] Zavod za prostorno uređenje Koprivničko-križevačke županije, Florijanski trg 4/I, 48000 Koprivnica, Hrvatska, mladen@prostorno-kkz.hr; maja@prostorno-kkz.hr sasa@prostorno-kkz.hr

[d] Ljudevita Gaja 88, 48323, Hlebine, Hrvatska, branka1602@hotmail.com

[e] Paljetkova ulica 7, 10000, Zagreb, Hrvatska, t.cukovic@gmail.com

R 4.04.

PROJEKT UPRAVLJANJA NERETVOM I TREBIŠNJICOM

Nataša Gecan, Mirjana Švonja, Danko Biondić

SAŽETAK: Projekt upravljanja Neretvom i Trebišnjicom zajednički je projekt Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine financiran sredstvima Darovnice Globalnog fonda za okoliš (GEF-a). Svrha Projekta je osigurati mehanizme za učinkovitu i pravednu raspodjelu voda među korisnicima prekograničnog riječnog sliva i poboljšati stanje njegovog ekosustava i biološke raznolikosti. U radu su predstavljene višegodišnje aktivnosti nadležnih institucija iz obje države na provedbi projekta.

KLJUČNE RIJEČI: Neretva i Trebišnjica, upravljanje, prekogranični sliv, zaštita prirode

NERETVA AND TREBIŠNJICA MANAGEMENT PROJECT

SUMMARY: The Neretva and Trebišnjica Management Project is a joint project of Croatia and Bosnia and Herzegovina financed by a Grant of the Global Environment Facility (GEF). Its objective is to provide mechanisms for efficient and equitable water allocation among the users of the river basin at the transboundary level and improve ecosystems and biodiversity. The paper presents project activities of the competent institutions of both countries over several years of project implementation.

KEY WORDS: Neretva and Trebišnjica Rivers, management, transboundary basin, nature protection

1. UVOD

Projekt upravljanja Neretvom i Trebišnjicom se realizirao u suradnji Republike Hrvatske (RH) i Bosne i Hercegovine (BiH), odnosno institucija koje upravljanju vodama i okolišem u obje države, a bio je financiran sredstvima dviju odvojenih darovnica Globalnog fonda za okoliš (GEF).

Priprema Projekta je započela u prosincu 2003. godine potpisom ugovora o darovnici GEF-a u iznosu od 432.000 USD za pripremu Regionalnog projekta integriranog upravljanja ekosustavom sliva Neretve i Trebišnjice. Sredstva darovnice su dobivena preko Međunarodne banke za obnovu i razvoj (Svjetske Banke) u svojstvu Provedbene agencije GEF-a, od čega je BiH dobila 287.000 USD, a RH preostalih 145.000 USD.

Priprema projekta je završila koncem veljače 2006.godine, a rezultirala je prihvaćanjem Prijedloga izrade konačnog Projekta upravljanja Neretvom i Trebišnjicom (Projekt). U srpnju iste godine Prijedlog Projekta nominiran je za dodjelu nove darovnice i dostavljenjen GEF-u na odobrenje.

U rujnu 2008. god. GEF je putem provedbene agencije Svjetske banke za ovaj Projekt odobrio darovnicu u iznosu od 8 mil. USD, od čega je 2 mil. USD pripalo RH, a 6 mil. USD BiH. Svaka država osigurala je vlastita sredstva za dodatno sufinanciranje Projekta. Vrijeme trajanja Projekta trebalo je biti 5 godina, do konca 2013. godine, ali je zbog brojnih problema i produženih postupaka provedbe pojedinih zajedničkih podprojekata Svjetska banka odobrila produženje korištenja darovnica do konca 2014.

2. PRIKAZ PROJEKTA

Složenost hidrološkog sustava Neretve i Trebišnjice, povezana sa socio-ekonomskim, političkim i gospodarskim odnosima na slivnom području koje obuhvaća prostor dviju država uvjetuje kompleksan i cjelovit pristup u rješavanju problema korištenja i zaštite vodnih resursa. Do sada je upravljanje ekološkim sustavima na slivu Neretve i Trebišnjice bilo fragmentirano, sektorsko i nekoordinirano.
Prirodne vrijednosti močvara u donjem toku Neretve ugrožene su ljudskim djelovanjem, pri čemu je gubitak staništa zbog transformacije močvara u poljoprivredna i građevinska područja najizraženiji. Sve promjene na uzvodnom dijelu sliva na području BiH utječu na procese u donjem toku, naročito na području delte u RH. Izgradnjom akumulacija na slivu Neretve i Trebišnjice promijenjen je hidrološki režim i kakvoća voda (temperatura, količine otopljenog kisika i koncentracija hranjivih tvari) što direktno utječe na biljni i životinjski svijet u nizvodnom toku.
Prirodna cjelina donjeg toka Neretve upisana je u Ramsarski popis močvarnih područja od međunarodne važnosti, a obuhvaća područje Hutovog Blata u BiH, površine oko 8.000 ha i prostrane delte u RH, površine oko 12.000 ha. Hutovo Blato je od 1995.godine zaštićeno kao park prirode s obzirom da je značajno odmorište ptica močvarica tijekom selidbi i zimovanja.

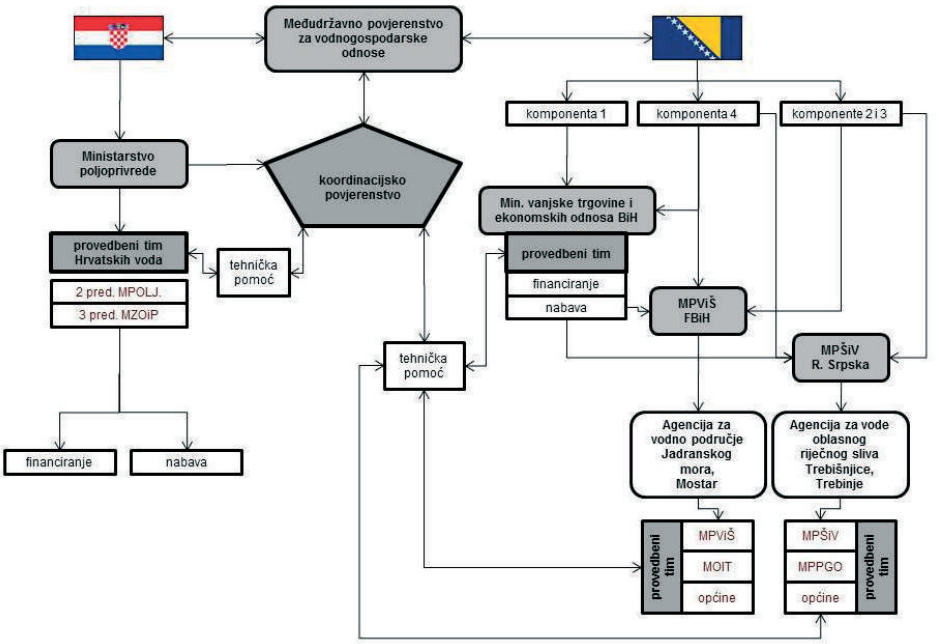
2.1. Komponente projekta

Projekt se sastojao od četiri komponente i njihovih potkomponenti (podprojekata). To su:

1. Poboljšano upravljanje prekograničnim vodnim resursima:
   - Jačanje institucija i kapaciteta;
   - Mjerenje, monitoring i upravljanje informacijama;
   - Izrada plana upravljanja riječnim slivom.
2. Poboljšano upravljanje i korištenje močvarnih ekosustava i biološke raznolikosti:
   - Poboljšano upravljanje i korištenje ekoloških sustava ovisnih o vodi;
   - Mala vodnogospodarska infrastruktura;
   - Poboljšan rad akumulacija, hidroelektrana i brana.
3. Visoko prioritetne investicije u zaštitu od onečišćenja voda:
   - Pročišćavanje komunalnih otpadnih voda;
   - Poboljšanja u pročišćavanju industrijskih otpadnih voda.
4. Sudjelovanje javnosti i upravljanje provedbom projekta:
   - Uključenost znanstvene zajednice;
   - Sudjelovanje javnosti;
   - Vođenje projekta.

2.2. Provedba projekta

Okvir provedbe Projekta definiran je načelno u Dokumentu o procjeni projekta, a detaljno u Ugovoru o darovnici, Ugovoru o projektu i Memorandumu o razumijevanju između RH i BiH, te sistematiziran u priloženoj shemi organizacijskog ustroja (slika 1).



Slika 1. Shema organizacijskog ustroja provedbe Projekta

Temeljem Memoranduma o razumijevanju za provedbu zajedničkih aktivnosti nadležna ministarstava obje države imenovala su Koordinacijsko povjerenstvo koje se sastojalo od 8 članova iz BiH i 5 članova iz RH. Koordinacijsko povjerenstvo je imalo zadaću koordinirati i pratiti zajedničke aktivnosti (odobravati zajedničke Projektne zadatke), te izvještavati Međudržavno povjerenstvo za vodnogospodarske odnose BiH i RH o napredovanju provedbe Projekta.

Za cjelokupnu provedbu projekta bilo je nadležno Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH pri kojem je formiran Tim za upravljanje Projektom. Dva entitetska ministarstva BiH nadležna za upravljanje vodama bila su odgovorna za provedbu projektnih aktivnosti preko Timova za provedbu Projekta formiranih u Agenciji za vodno područje Jadranskog mora u Mostaru i Agenciji za vode oblasnog riječnog sliva Trebišnjice u Trebinju.

U RH je za provedbu projekta bilo nadležno Ministarstvo poljoprivrede, a Tim za provedbu Projekta činili su stručnjaci Hrvatskih voda, Ministarstva poljoprivrede i Ministarstva zaštite okoliša i prirode.
Postupak nabave provodila su povjerenstva formirana od članova projektnih timova obje države. Konačan posao se dodjeljivao konzultantima putem dva ili više ugovora (za svaku državu i entitete odvojeno) u kojima se ponuđena cijena dijelila prema postotku i to najčešće u omjeru RH 25%, a BiH 75%.

2.3. Rezultati realizacije projekta

Aktivnosti od zajedničkog interesa za obje države (studije, planovi, razmjena informacija) obuhvaćene su Komponentom 1 i dijelom Komponentom 2, dok su aktivnosti od pojedinačnog interesa sadržane u Komponentama 2, 3 i 4 i za njihovu provedbu su bili nadležni Timovi na teritoriju vlastite države.

2.3.1. Zajednički projekti

Plan upravljanja riječnim slivom Neretve i Trebišnice je jedan od značajnijih podprojekata čiji je glavni cilj bio unaprijediti zatečeni „sustav upravljanja vodama“ poštujući načelo da upravljanje ovim slivovima bude uklopljeno u nacionalno vodno gospodarstvo u RH i oba bosanskohercegovačka entitieta. Zato su izrađena tri odvojena Plana upravljanja i to za:

- vodno područje slivova rijeka Neretve i Trebišnjice u RH,
- vodno područje slivova rijeka Neretve i Trebišnjice u Federaciji BiH (FBiH),
- oblasni riječni sliv rijeke Trebišnjice u Republici Srpskoj (RS).

Podaci i informacije za pripremu Plana upravljanja u RH su, uz određene dorade, preuzeti iz Plana upravljanja vodnim područjima koji vrijede za razdoblje do kraja 2015. godine, pa je taj dokument sadržajno usklađen sa zahtjevima Okvirne direktive o vodama EU.
Planovi upravljanja dva bosanskohercegovačka entitieta se temelje na važećim zakonskim odredbama BiH, ali se metodološki bitno razlikuju. Plan upravljanja za područje Federacije BiH sadržajno je usklađen sa zahtjevima Okvirne direktive o vodama EU, za razliku od Plana upravljanja u RS koji inzistira na razvojnim komponentama, prvenstveno izgradnji objekata i postrojenja HE Dabar u sklopu hidroenergetskog sustava Gornji horizonti, unatoč činjenici da procjena prekograničnih utjecaja HE Dabar na okoliš prema ESPOO konvenciji još uvijek nije provedena.
Zbog uvrštavanja planiranih, a još uvijek međunarodno neusuglašenih, zahavata u Plan upravljanja za područje RS, Nacrt Okvirnog plana upravljanja riječnim slivom Neretve i Trebišnjice nije mogao biti usklađen sa zahtjevima Okvirne direktive o vodama, pa se nije mogao ni prihvatiti. Kako bi se ovaj podprojekt mogao završiti, uz suglasnost Svjetske banke, izrađen je završni dokument pod nazivom „Okvir za upravljanje na prekograničnim slivovima Neretve i Trebišnjice“ koji sadržava samo one mjere i aktivnosti iz pojedinačnih Planova koje su prihvatljive za sve tri strane, odnosno i za RH i za oba entiteta u BiH.
Ekološki prihvatljiv protok na sedam (7) profila na Neretvi i Trebišnjici je određen prema odredbama Zakona o vodama FBiH i RS, kao i prema Pravilniku o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka (Službene novine BiH, br. 4/13). Definiran je za 7 odabranih profila uz postojeće hidroelektrane i akumulacije i to na rijeci Neretvi

na vodomjernim postajama Mostar, Žitomislići i Jablanica, na riječici Neretvici u naselju Gorani (općina Konjic), na rijeci Bregavi u naselju Do uzvodno od Stoca, te na rijeci Trebišnjici u Trebinju (Arslanagića most) i naselju Dobromani.

Za svaki odabrani profil prikazane su primijenjene metode procjene ekološki prihvatljivog protoka, komentirani dobiveni rezultati i razlike između dobivenih rezultata, te dane preporuke za usvajanje mjerodavnih vrijednosti ekološkog protoka.

Ovim podprojektom je stvorena polazna osnova za uspostavu metodološkog pristupa u procesu određivanja ekološki prihvatljivog protoka. Umjesto korištenja ranijeg pojma biološkog (vodoprivrednog) minimuma, razvijane su i testirane metode s naglašenim uvažavanjem karakteristika režima voda i specifičnosti vodnog ekosustava.

Izradom modela za hidrološka predviđanja, prognoziranje i odlučivanje i priprema plana, smjernica, programa obuke za optimalno upravljanje višenamjenskim akumulacijama u slivovima Neretve i Trebišnjice definirana su pravila o korištenju postojeće konfiguracije višenamjenskog hidroenergetskog sustava na slivu Neretve (šest akumulacija s istoimenim hidroelektranama: Jablanica, Rama, Grabovica, Salakovac, Mostar i Mostarsko Blato) i slivu Trebišnjice (dvije akumulacije: Bileća i Trebinje s hidroelektranama: Trebinje 1, Trebinje 2, Dubrovnik 1 i Čapljina). Projektom nisu obuhvaćena planirana proširenja hidroenergetskog sustava zbog mogućih izmjena ranije razmotrenih rješenja dogradnje sustava uslijed nastalih ograničenja u korištenju vodnih resursa. Izrađena dokumentacija se sastoji od:

I. Konačnog nacrta hidrološkog i hidrauličkog modela za slivove Neretve i Trebišnjice, kao i odgovarajući software za donošenje odluka o radu postojećeg sustava u različitim situacijama;

II. Konačnog nacrta plana upravljanja akumulacijama i hidroelektranama u kojem su definirana pravila upravljanja za normalno stanje rada, kod nailaska velikih voda, kod pojave malih voda i u slučaju izvanrednih događaja i to vodeći računa o:
   - odabranim kriterijima za optimizaciju rada hidroelektrana (maksimalna proizvodnja električne energije, maksimalna dobit u uvjetima promjenjive cijene tijekom godine) i
   - zadanim ograničenjima u radu sustava (maksimalno dopušteni protoci, ekološki prihvatljivi protoci i sl.).

Analizom mreže postaja za mjerenje i monitoring voda predlaže se poboljšanje i proširenje postojeće mreže hidroloških i meteoroloških stanica u obje države. Na temelju ovog dokumenta nabavljena je i ugrađena oprema za monitoring površinskih i podzemnih voda na području Donje Neretve (detaljnije opisano u prikazu projekata RH), dok je u BiH sredstvima iz državnog proračuna opremljen veći dio predloženih hidroloških i meteoroloških postaja.

Na temelju Studije *Razvoj informacijskog sustava voda za cijeli sliv* izrađena je *Aplikacija za automatsko prikupljanje i razmjenu dogovorene skupine podataka među vodnogospodarskim institucijama nadležnima za sliv Neretve i Trebišnjice*. Ova aplikacija omogućava da se u realnom vremenu između nadležnih institucija RH, RS i FBiH razmjenjuju podaci prikupljeni s hidroloških postaja na vodotocima i akumulacijama, te s meteoroloških postaja.

Prekogranični bilten „Naša Neretva" kojim se promiče zaštita okoliša bio je zajednički podprojekt RH i FBiH pokrenut s ciljem da sve zainteresirane strane, a osobito lokalne zajednice budu informirane o realizaciji Projekta i prekograničnoj suradnji s akcentom na boljem razumijevanju vrijednosti močvarnih područja i njihovih resursa. U periodu od tri godine izdano je 6 biltena.

Jačanje institucija i kapaciteta je provedeno kroz održavanje dvije radionice za članove projektnih timova, prve u RH i druge u BiH, s temama:

- Pregovaranje, komunikacija, rješavanje sporova, i poslovno ponašanje,
- Okvirna direktiva o vodama – upravljanje vodama.

Timovi za provedbu projekta također su aktivno sudjelovali na GEF-ovoj Konferenciji o međunarodnim vodama, održanoj u Dubrovniku 15. - 20. listopada 2011. Za sudionike Konferencije organizirana su dva stručna izleta i to jedan u BiH (obilazak špilje Vjetrenica, uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Trebinju i brane Graničarevo) i jedan u RH (obilazak Malog Stona, delte Neretve i Baćinskih jezera), te održana prezentaciju o Projektu i uređen informativni štand za promoviranje Projekta.

Projektni timovi s članovima Koordinacijskog povjerenstva i Međudržavnog povjerenstva za vode su bili 2013. godine u studijskom posjetu Španjolskoj radi upoznavanja sa španjolskim iskustvima u izradi i provedbi Plana upravljanja prekograničnim riječnim slivom, te načinom komuniciranja i automatske razmjene podataka s Portugalom. Program studijskog putovanja uključio je: (1) posjet istraživačkoj organizaciji CEDEX u sklopu Ministarstva za poljoprivredu, hranu i okoliš, te njezinom laboratoriju za hidrauličke modele; (2) posjet Agenciji za upravljanje rijekom Tajo u Madridu i Agenciji za upravljanje rijekom Duero u Valladolidu, te obilazak kontrolnih centara tih agencija koji pomažu u odlučivanju u upravljanju vodama; (3) posjet Odjelu za vode i okoliš u sjedištu EPTISA-e u Madridu gdje je prezentiran matematički model za upravljane vodama, kao i nekoliko ključnih studija.

2.3.2. Projekti Republike Hrvatske

Plan upravljanja za pet zaštićenih dijelova prirode u delti Neretve. Pet lokaliteta u Delti Neretve, ukupne površine oko 1.620 ha, zaštićeno je u kategorijama ornitološkoga rezervata (Pod Gredom, Prud i Orepak), ornitološko-ihtiološkoga rezervata (Ušće Neretve) i zaštićenoga krajoloka (Modro Oko i jezero Desne). Cijeli prostor delte predviđen je za zaštitu u kategoriji parka prirode.

Plan upravljanja za pet zaštićenih dijelova prirode u delti Neretve koji je završen 2012. god. u skladu s Projektnim zadatkom kojeg je izradila Uprava za zaštitu prirode pri tadašnjem Ministarstvu kulture, dostavljen je Javnoj ustanovi za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima na području Dubrovačko-neretvanske županije na daljnji postupak donošenja.

Uređenje biciklističke i pješačke staze oko Baćinskih jezera. Baćinska jezera su smještena u krškoj depresiji na zapadnom dijelu Grada Ploča. Sastoje se od ukupno šest jezera od kojih je pet povezanih: Crniševo, Očuša, Podgora, Sladinac i Plitko jezero, dok je najmanje jezero Vrbnik potpuno odvojeno od ostalih jezera.

U sklopu ovog podprojekta izgrađen je prihvatni centar za prijem posjetitelja (slika 2) uz jezero ''Sladinac''. Uređen je stari kozji put na sjevernom rubu jezera Očuša te formirana

staza dužine 2.5 km, širine 1.60 m. Izgrađen je pješačko-biciklistički most preko kanala na izlazu tunela Vrgoračko polje - Baćinska jezera. Usvojeni otvor mosta je 9.3 m, a svijetla širina mosta 2.00 m. Izvedenim dijelom dužine 0.7 km, širine 1.60 m na istočnoj obali jezera Očuša (slika 3) se spaja cijela staza oko jezera. Osim toga, popravljen je i uređen postojeći makadamski put na sjeverozapadnoj obali jezera Crniševo dužine oko 1.9 km, čime ukupna dužina uređene staze oko Baćinskih jezera iznosi oko 5 km. Staza je opremljena klupama, koševima za otpad, te stalcima za bicikle. Grad Ploče, kao krajnji



Slika 2. Baćinska jezera – Privremeni prihvatni centar



Slika 3. Baćinska jezera – izgradnja dijela staze uz jezero Očuša

korisnik je preuzeo ovu stazu na upravljanje i održavanje.

Muzej ptica delte Neretve. Grad Metković je uz potporu Ministarstva kulture obnovio staru zgradu "Poduh" za smještaj kulturnih sadržaja u kojoj je svoj prostor dobio i Muzej ptica delte Neretve, odnosno Prirodoslovni muzej Metković s kompletnom infrastrukturom stalnog postava muzeja. U sklopu Projekta financirana je nabava IT i ostale opreme multimedijalne dvorane koja se koristi za predavanja, radionice i povremene izložbe Muzeja.

Pilot projekt navodnjavanja. Provedba Pilot projekta navodnjavanja na površini od oko 400 ha u delti Neretve bila je pokrenuta koncem 2008. izradom Elaborata pod nazivom „Stupanj zaslanjenosti i održivo korištenje tala na području donje Neretve". Za provedbu Pilot projekta bile su odabrane dvije potencijalne lokacije: Glog i Koševo-Vrbovci. Studija izvedivosti je pokazala da je povoljnija lokacija Glog, te je za nju izrađen Idejni projekt. Ishođenje lokacijske dozvole za ovaj zahvat trajalo je preko godinu dana, zbog čega je došlo do kašnjenja u daljnjim aktivnostima. Tako je tek u listopadu 2013. završen Glavni projekt i predan zahtjev za ishođenje građevinske dozvole.

Pilot projekt navodnjavanja Glog je predviđao izgradnju privremene crpne stanice na desnoj obali Male Neretve uz staru, devastiranu crpnu stanicu, dovodnog cjevovoda DN 400 mm, duljine 272 m, distribucijske mreže sastavljene od glavnih i sekundarnih cjevovoda, promjera od 500 mm do 90 mm, ukupne duljine 18,02 km, te rekonstrukciju postojećeg makadamskog puta duljine 258 m.

Omjer sredstava darovnice i državnog proračuna za financiranje izgradnje sustava Glog je bio 25%:75%. Zbog manjka proračunskih sredstava u 2014. god. se mogla financirati samo privremena crpna stanica i dio distribucijske mreže na površini od 100 ha, ali izgradnja nije započela radi nastalih problema vezanih uz vlasništvo čestice crpne stanice. Iako čestica pripada javnom vodnom dobru prilikom nove izmjere u katastru nekretnina

upisan je novi vlasnik.
Kako su sredstva Darovnice bila raspoloživa samo do konca 2014. to se od daljnje realizacije Pilot projekta moralo odustati i prepustiti Jedinici Hrvatskih voda za provedbu nacionalnog programa navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama (NAPNAV) pokretanje postupka rješavanja imovinsko pravnih odnosa. Planirano je da će se realizacija ovog projekta financirati sredstvima EU fondova.

Praćenje fizikalno kemijskih pokazatelja podzemnih voda u dolini rijeke Neretve omogućeno je bušenjem 4 nova plitka piezometra, 3 piezometra dubine 20,0 m i 1 dubokim piezometrom od 120,0 m. Svi piezometri su opremljeni zapisivačem podataka (logger), GSM terminalom za bežični prijenos podataka GPRS-om, solarnim panelom i sondom sa senzorima za mjerenje razine i parametara kakvoće podzemnih voda.
Monitoring površinskih voda. Na ulazu Neretve u RH i na izvoru Omble omogućeno je kontinuirano mjerenje protoka i parametara kakvoće. Na cestovnom mostu u Metkoviću i na mostu kod izvora Omble ugrađeni su automatski mjerači protoka i sonde sa senzorima za mjerenje parametara kakvoće vode (temperatura, otopljeni kisik, pH, elektrovodljivost, ukupno otopljene tvari, amonijak, nitrati i ostalo). Oba mjerna uređaja, kao i sonde su povezane s višekanalnim loggerom koji izmjerene podatke po zadanim protokolima šalje u prijemno distribucijski centar.

Nadogradnja agrometeorološke postaje Opuzen-Jasenska. Mjerni sustav na lokaciji Opuzen-Jasenska je uspostavljen radi održavanja odgovarajućeg nivoa podzemnih voda unutar melioracijskog sustava.
Postojeća mjerna postaja obuhvaća osjetnike za brzinu i smjer vjetra, temperaturu i relativnu vlažnost zraka, tlak zraka, količinu oborine, te procesorsko-komunikacijsku jedinicu postavljenu u kutiju u meteorološkom krugu s prijenosom podataka GPRS vezom (svakih 10 minuta), a nadograđena je s piranometrom, osjetnicima za globalno zračenje, brzinu i smjer vjetra (na 2 m od tla), temperaturu tla i vlažnost lista, te analognom procesorskom jedinicom s paketom programske podrške za proračun evapotranspiracije (ET0).

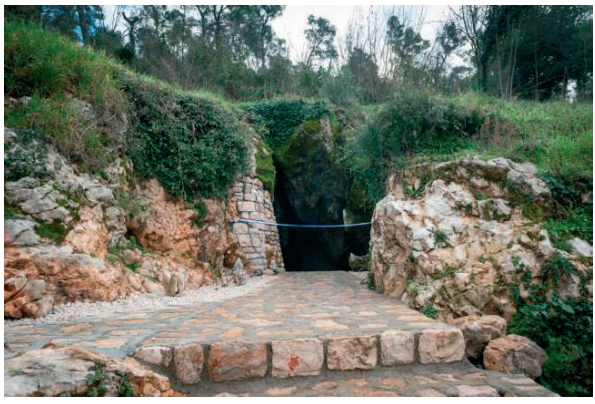
Opremanje Glavnog vodnogospodarskog laboratorija Hrvatskih voda u Zagrebu i Šibeniku.
Kako bi se omogućilo laboratoriju Hrvatskih voda kvantitativno određivanje organskih tvari koje imaju nisko propisane okolišne standarde i lakohlapljivih ugljikovodika s liste prioritetnih tvari koje treba mjeriti u svim površinskim vodama nabavljen je plinski kromatograf s dva masena detektora (GC-MS/MS) i plinski kromatograf s masenim detektorom i „head-space“ tehnikom, te instrument za mjerenje metala u niskom koncentracijskom području u slanim i zaslanjenim vodama.

Program malih darovnica je bio namijenjen javnim ili privatnim institucijama, pojedincima, poduzećima, tijelima na lokalnoj, regionalnoj i nacionalnoj razini, državnim znanstvenim institucijama, nevladinim udrugama, lokalnim udruženja koja djeluju ili su smještena unutar definiranog područja obuhvata Projekta. U RH je bilo dodijeljeno 8 malih darovnica i to za sljedeće projekte:

1. *Život uz rijeku* koji je Udruga Dobra iz Metkovića provela u tri osnovne škole s ciljem unaprjeđenja znanja djece i mladih o vrijednostima prirodne baštine, kontroli onečišćenja, očuvanju voda i močvarnog eko sustava na području sliva Neretve.

2. *Putevima kralja od Norina – Demonstracijske turističke aktivnosti na pritoci rijeke Neretve – Norinu* koji je provela je općina Kula Norinska u svrhu razvoja turističke ponude i informiranja o kulturnim i prirodnim vrijednostima ovog područja.
3. *Neretva od iskona – obrazac eko-poljoprivrede / turističke aktivnosti na području Neretve* koji je provela Modro zelena zadruga branitelja iz Metkovića, a obuhvatio je izradu turističke karte područja, pripremu izgradnje vidikovca, uređenje postojećeg puta, uređenje i opremanje lađa za turističke ture, izradu promotivnog materijala.
4. *Norin – od izvora do ušća* koji je realizirala Udruga kulturno ekoloških aktivista „Naro Aeternus", kroz rad s djecom nižih razreda osnovne škole radi njihovog upoznavnja s tradicijskim zanatima ovog kraja.
5. *Edukativni centar „Congeria i život u podzemlju"* koji je proveo vlasnik zemljišta na kojem se nalazi manji speleološki objekt (jama Predolac), gosp. Markica Vuica iz Metkovića. Jama Predolac predstavlja jedinstveni ekosustav s brojnim i raznolikim podzemnim (reliktni špiljski školjkaš Congeria kuscer i dr.) i nadzemnim vodenim vrstama. Ovaj speleološki objekt je prema Zakonu o zaštiti prirode u vlasništvu RH i pripada području ekološke mreže.

   U sklopu ovog projekta saniran je ulaz u jamu (slika 4) i postavljane su: silazne stepenice, platforma za sigurno razgledavanje i zaštitna ograda. Osim toga, uređen je i Edukativni centar u prostorijama objekta u vlasništvu gosp. Vuice i izrađen i edukativni materijal o jami.
6. *Neretvanska baština* koji je provela nevladina udruga "DIVINA NATURA" iz Metkovića kroz održavanje radionice s temom zaštite i očuvanja prirodne baštine delte Neretve i Malostonskog zaljeva, otvaranje izložbe fotografija i izradu edukativnih brošura.
7. *Restauracija najstarije lađe u delti Neretve* koji je realizirala Ekološka udruga „Život" iz naselja Momići u Kuli Norinskoj za potrebe čišćenja rijeke Neretve i riječice Norin od krupnog otpada, a povremeno i u turističke svrhe.
8. *Predstava za djecu „Voda je život"* koju je realiziralo Edukativno kazalište za djecu „Daska" u suradnji s Hrvatskim vodama radi upoznavanja djece osnovnih škola o važnosti vode za živi svijet, utjecaju čovjeka na zagađenje i potrošnju vode, te potrebi



Slika 4. Ulaz u Jamu u Predolcu (male darovnice), izvor www.emetkovic.com

očuvanja okoliša.

2.3.3. Projekti Bosne i Hercegovine

Najznačajniji projekti koje su Timovi iz bosanskohercegovačkih entiteta realizirali na svom području odnose se na odvodnju i pročišćavanje komunalnih otpadnih voda.
Realizirani projekti u Federaciji BiH su:
Prva faza uređaja trećeg stupnja pročišćavanja komunalnih otpadnih voda u Konjicu za 5.000 ES,
Rekonstrukcija i proširenje postojećeg uređaja drugog stupnja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda u Ljubuškom sa 5.000 ES na 6.000 ES,
Sustav za odvodnju otpadnih voda u Ljubuškom u ukupnoj dužini od 15 km financiran sredstvima IPA fonda,
Uređaj drugog stupnja pročišćavanje otpadnih voda (100 ES) objekata u zaštićenom području Parka prirode Hutovo Blato.
Realizirani projekti u RS su:
Uređaj za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda trećeg stupnja u Bileći za 5.000 ES,
Rekonstrukcija uređaja trećeg stupnja za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda u Trebinju za 15.000 ES.

ZAKLJUČAK

Provedba Projekta upravljanja Neretvom i Trebišnjicom je bio veliki izazov za obje države. Rezultati projekta, među koje svakako treba ubrojiti i razvoj stručnih kapaciteta, te unapređenje međudržavne suradnje, su osnovne pretpostavke za postupno dostizanje europske prakse u upravljanju vodama na prekograničnim slivovima.

LITERATURA

[1] *Project Appraisal Document for Neretva and Trebišnjica Management Project*, May, 2008

AUTORI

Nataša Gecan, dipl.ing. [a]
mr.sc. Mirjana Švonja [a]
dr.sc. Danko Biondić [a]

[a] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10.000 Zagreb, natasa.gecan@voda.hr; mirjana.svonja@voda.hr; danko.biondic@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 4.05.

ISKUSTVA U PROVEDBI EU PROJEKATA DRINKADRIA I ŽIVO

Barbara Karleuša, Tamara Crnko, Josip Rubinić

SAŽETAK: Strateški projekti DRINKADRIA (Networking for Drinking Water Supply in Adriatic Region / Umrežavanje za opskrbu pitkom vodom u Jadranskoj regiji) i ŽIVO! (Življenje – Voda! / Život-Voda!) financirani su u iznosu od 85% budžeta sredstvima Europske unije u okviru IPA programa Jadranske prekogranične suradnje 2007-2013 (IPA Adriatic Cross Border Cooperation 2007-2013) odnosno Operativnog programa Slovenija - Hrvatska 2007-2013 (Operational Programme Slovenia – Croatia 2007-2013). U radu su prezentirani osnovni elementi projekata DRINKADRIA i ŽIVO! (ciljevi projekata, partnerska struktura, budžet, dinamika realizacija, očekivani rezultati i dr.) i iskustva projektnih timova sa Katedre za hidrotehniku Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci u početnim fazama njihove provedbe. Cilj je rada prikazati zajedničke elemente u prijavi i provedbi tih projekata, doprinos koji znanstveno-nastavne institucije mogu dati u realizaciji takvih projekata, kao i probleme s kojima se susreću tijekom provedbe projekata.

KLJUČNE RIJEČI: EU projekti, DRINKADRIA, ŽIVO!, iskustva, prekogranična vodoopskrba, upravljanje vodnim resursima

EXPERIENCES IN IMPLEMENTATION OF THE EU PROJECTS DRINKADRIA AND ŽIVO

SUMMARY: The strategic projects DRINKADRIA (Networking for Drinking Water Supply in Adriatic Region) and ZIVO! (Zivljenje - Voda!) are financed in the budget share of 85% by funds from the EU programmes IPA Adriatic Cross Border Cooperation 2007-2013 and Operational Programme Slovenia – Croatia 2007-2013. The paper presents the main elements of the projects (project objectives, partnership structure, budget, dynamics, expected results, etc.) and experiences of the Faculty of Civil Engineering University in Rijeka project team in the project implementation. The aim of the paper is to show the common elements in the application and implementation of both projects, including the contribution that scientific institutions may offer and the challenges they are faced with in the project implementation.

KEY WORDS: EU projects, DRINKADRIA, ŽIVO!, experiences, cross-border water supply, water resources management

1. UVOD

U ovom radu prezentirani su projekti DRINKADRIA (Umrežavanje za opskrbu pitkom vodom u Jadranskoj regiji) i ŽIVO! (Život-Voda!) u kojima sudjeluje Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci kao partnerska institucija. Prezentirat će se ciljevi projekata, partnerska struktura, budžet i očekivani rezultati. Projekti su financirani iz fondova Europske Unije u iznosu od 85% ukupnog budžeta dok je očekivano nacionalno sufinanciranje u iznosu od 15%.

Cilj je rada prikazati zajedničke elemente u provedbi projekata i probleme s kojima se znanstveno-istraživačke institucije susreću tijekom provedbe, a koji mogu ograničiti sudjelovanje na realizaciji budućih sličnih projekata.

1.1. Projekt DRINKADRIA

Strateški projekt DRINKADRIA je međunarodni projekt financiran u sklopu IPA programa Jadranske prekogranične suradnje 2007-2013 (IPA Adriatic Cross Border Cooperation 2007-2013) (http://www.drinkadria.eu/, 2015). Projekt uključuje partnere iz osam zemalja Jadranske regije: Italije, Slovenije, Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Srbije, Albanije i Grčke. U projektu sudjeluje sedamnaest partnerskih i deset suradničkih institucija. Uz Građevinski fakultet u Rijeci iz Republike Hrvatske na projektu sudjeluju još tri partnerske institucije, Istarska županija, Istarski vodovod d.o.o. i Hrvatski geološki institut te tri suradničke institucije, Hrvatske vode, Istarski vodozaštitni sustav d.o.o. i Primorsko-goranska županija. Ukupni budžet projekta iznosi 6.600.000 EUR. Građevinski fakultet za provedbu projektnih aktivnosti ima na raspolaganju 159.073,27 EUR, pri čemu je potrebno osiguranje vlastitog sufinanciranja od 15%, odnosno 23.861,00 EUR.

Osnovni cilj projekta je optimizacija upravljanja prekograničnim sustavima vodoopskrbe s naglaskom na potražnju i dostupnost vodnih resursa, osiguranje učinkovitosti sustava vodoopskrbe u odnosu na utjecaj klimatskih promjena i specifični društveno-ekonomski aspekt regije. Projekt adresira probleme zastarjele infrastrukture, nedostatka odgovarajućeg pravnog okvira za regulaciju i kontrolu upravljanja prekograničnim vodnim resursima i sustavima vodoopskrbe, naglašenu potražnju za vodom uslijed ljetne turističke sezone kada su raspoloživi resursi najkritičniji, pritiske na vodne resurse, kakvoću vode, mogući nepovoljan utjecaj klimatskih promjena i gubitke u vodoopskrbnim sustavima. Značajni resursi u okviru projekta se ulažu u unaprjeđenje postojeće infrastrukture vodoopskrbnih sustava te u razvitak strategija za sigurnu prekograničnu vodoopskrbu uz razmatranje potencijalnog prekograničnog povezivanja postojećih sustava. Jedan od osnovnih ciljeva projekta je stvaranje regionalne platforme povezivanjem partnerskih institucija, znanstvene i stručne javnosti, komunalnih poduzeća i organa vlasti.

1.2. Projekt ŽIVO!

Projekt ŽIVO! financiran je od Europskog fonda za regionalni razvoj (EFRR) u sklopu Operativnog programa Slovenija – Hrvatska (OP SLO-HR) 2007-2013 (http://www.si-hr.eu/start_hr/, 2015). U projektu sudjeluje pet partnera dviju susjednih zemalja. Vodeći partner je Istarska županija, a iz Hrvatske u projektu još sudjeluje Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, te Javna ustanova Natura Histrica.

Ukupni budžet projekta iznosi 557.647,47 EUR. Građevinski fakultet na raspolaganju ima 63.426,98 EUR, uz vlastito sufinanciranje od 9.514,00 EUR.
Projektne aktivnosti obuhvaćaju pogranični prostor Sjeverne Istre s vodnim resursima koji vodom opskrbljuju Istarsku županiju i Slovensko primorje. Opći ciljevi projekta odnose se na osiguranje znanstveno-istraživačkih podloga za očuvanje krških vodonosnika i vodnih resursa, umrežavanje regionalnih institucija za zaštitu prirode i okoliša, smanjenje ekoloških rizika kroz programe monitoringa. Projekt nosi edukacijsku komponentu širenja spoznaja o krškim vodonosnicima i prekograničnom upravljanju vodnim resursima adresirajući lokalno stanovništvo, širu javnost, jedinice regionalne i lokalne samouprave, znanstvene i obrazovne institucije te nevladine udruge. Jedan od ciljeva je i opremanje „Znanstveno Edukativnog Centra Speleo kuća“ kao centra djelovanja svih ustanova, koje se bave kršem i zaštitom prirode na pograničnom području Slovenije i Hrvatske.

2. PRIPREMA I IMPLEMENTACIJA PROJEKATA

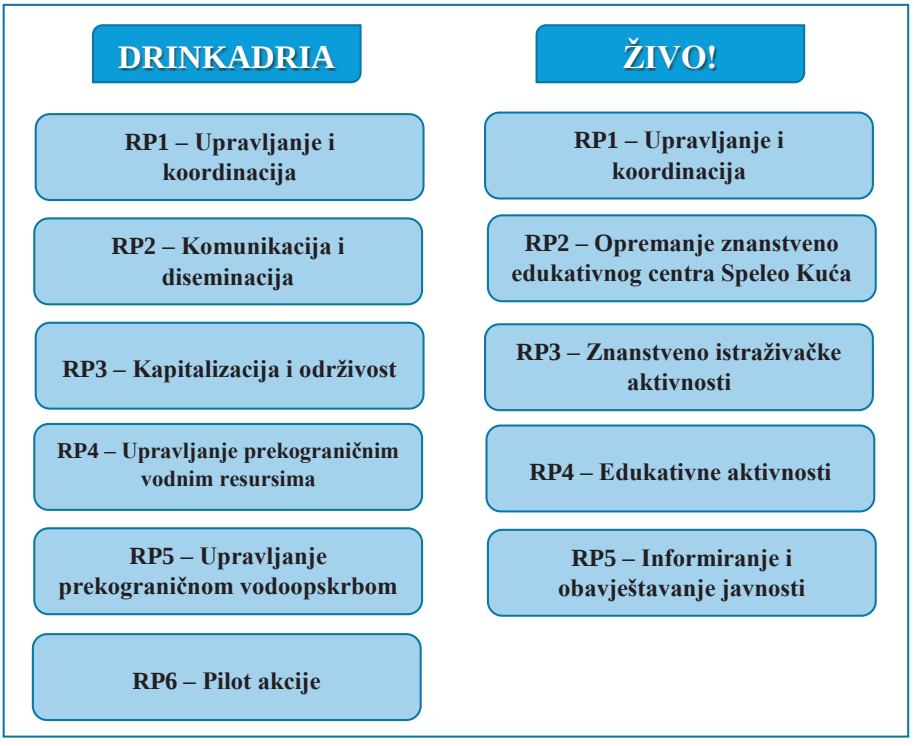
U pripremanju projektnih prijedloga potrebno je oformiti snažnu partnersku strukturu, uključiti partnere s iskustvom u implementaciji projekata, te detaljno osmisliti ciljeve i rezultate. Veće partnerske strukture, poput one u DRINKADRIA projektu, zahtijevaju duži pripremni period i složeniju organizaciju. Uz detaljan opis aktivnosti projekta, partnerske strukture moraju oformiti financijski plan i dinamiku trošenja budžeta. Programi IPA Adriatic CBC 2007-2013 i EFRR OP SLO-HR 2007-2013 zahtijevaju nacionalno sufinanciranje od 15%, vezu sa strateškim ciljevima uz mjerljive rezultate, te ukupni budžet projekta od minimalno 5 mil. EUR za IPA Adriatic CBC i 75.000 EUR za OP SLO-HR. U tom slučaju manja poduzeća ili institucije, a posebno znanstvene institucije tipa sveučilišta i fakulteta, često ne mogu osigurati financijsku podlogu za sudjelovanje.
Jednom kada je projekt odobren započinje procedura potpisivanja ugovora o sufinanciranju i ugovora o partnerstvu. Od datuma početka implementacije, pa do kraja projekta, potrebno je izvršiti sve aktivnosti navedene u ugovoru jer se projekti radno i financijski zaključuju sa zadnjim ugovorenim danom implementacije.
Provođenje aktivnosti projekata organizirano je u radne pakete. Svaki projekt se sastoji od tri dijela: dio koji obuhvaća koordinaciju i upravljanje projektom, potom znanstveno-stručni rad, te kapitalizaciju i diseminaciju rezultata.
Aktivnosti projekta DRINKADRIA organizirane su u šest radnih paketa - RP (Karleuša et al., 2014), dok su aktivnosti projekta ŽIVO organizirane u pet (Slika 1.). Radni paketi oba projekta imaju sličnu strukturu.
Radni paketi 1 (RP1) projekta DRINKADRIA i ŽIVO! odnose se na upravljanje radom na projektu, koordiniranje aktivnosti partnera i projektnih timova, organizaciju i sudjelovanje na sastancima, financijski menadžment i evidenciju potrošnje sredstava, sastavljanje izvještaja, prikupljanje dokumentacije i unošenje traženih podataka u on-line sustave M.I.S (Management and Information System) ili ISARR /MUP (Modul za unos podataka).
Aktivnosti vezane uz znanstveno-stručni rad i investicije projekta DRINKADRIA obuhvaćaju pakete 4, 5 i 6. Navedeni paketi obuhvaćaju rad projektnih partnera na problematici prekogranične vodoopskrbe i upravljanja vodnim zalihama. Dva radna paketa projekta ŽIVO! obuhvaćaju srodne aktivnosti, paket 2 i 3.
Radni paket 4 (RP4) projekta DRINKADRIA obuhvaća upravljanje prekograničnim

vodnim resursima, analizu utjecaja klimatskih varijacija na raspoloživost vodnih resursa, analizu promjena u potrebama za vodom i kakvoći vode. Radni paket 5 (RP5) projekta orijentiran je na prekograničnu vodoopskrbu, povijesni pregled te analizu protokola za efikasnu prekograničnu vodoopskrbu.

Investicije projekta DRINKADRIA obuhvaćene su radnim paketom 6 (RP6). U sklopu navedenog projekta implementirane su pilot akcije u vidu unaprjeđenja usluge, poboljšanja operativne sigurnosti vodoopskrbnog sustava, učinkovitije vodoopskrbe i gospodarenja vodnim resursima. Aktivnosti paketa 2 projekta ŽIVO! odnose se na investicije u znanstveno-edukativni centar u Vodicama kako bi prostor bio spreman za korištenje.

Diseminacija rezultata projekta DRINKADRIA provodi se u Radnom paketu 2 (RP2). Aktivnosti komunikacije i diseminacije rezultata obuhvaćaju izradu promotivnih materijala te objavu rezultata svim zainteresiranim dionicima putem web stranice projekta (http://www.drinkadria.eu/) i medija. Radni paket 5 projekta ŽIVO! orijentiran je na srodne aktivnosti informiranja i obavještavanja javnosti.

Radni paket 3 (RP3) projekta DRINKADRIA obuhvaća kapitalizaciju i održivost projekta, te se s projektnim ciljevima i rezultatima upoznaju dionici i ciljne skupine kako bi se rezultati projekta održali i nakon završetka implementacije. Radni paket 4 projekta ŽIVO! obuhvaća edukacijsku komponentu i diseminiranje spoznaja s posebnim naglaskom na školsku populaciju.



Slika 1. Struktura radnih paketa (RP) projekata DRINKADRIA i ŽIVO!

Voditelji paketa su zaduženi za kontrolu provođenja aktivnosti u zadanom paketu, dok je vodeći partner projekta zadužen za koordinaciju svih aktivnosti prema predviđenoj dinamici.
Građevinski fakultet voditelj je radnog paketa 4 projekta DRINKADRIA, dok je u projektu ŽIVO! Fakultet koordinator znanstveno-istraživačkih aktivnosti.
Provedba projekta je određena hodogramom aktivnosti. Uz predaju izvještaja o aktivnostima u zadanom roku, treba voditi računa o pravilima izvještavanja i odobrivim troškovima. Detaljna pravila izvještavanja, potrošnje i javne nabave nalaze se u pravilnicima na stranicama programa (http://www.si-hr.eu/start_hr/, http://www.adriaticipacbc.org/index.asp?page=home, 2015). Programme Management and Control Manual (PMCM) nalazi se na stranici IPA Adriatic CBC 2007-2013 programa (http://www.adriaticipacbc.org/index.asp?page=home, 2015), uz ostale implementacijske dokumente koji se koriste u provedbi projekata. Na stranici programa OP SLO-HR 2007-2013 nalaze se potrebni priručnici za provedbu projekta ŽIVO! (http://www.si-hr.eu/start_hr/, 2015). Pravilnici adresiraju problematiku troškova, evidencije i kontrole, iako često, opća pravila pravilnika ne obuhvaćaju sve specifične situacije koje se u provedbi projekta mogu javiti.
Administrativno vođenje projekata uključuje evidenciju potrošnje i popratnu dokumentaciju.
Osim ispunjavanja fizičkih izvještaja, dokumenata, računa i popratne dokumentacije, partneri moraju unijeti sve troškove u za to predviđene on-line aplikacije. U aplikaciju se podaci unose do zadanog roka kako se ne bi generirale pogreške u izvještaju. Troškove je potrebno unijeti u odgovarajuće kategorije troškova: troškovi osoblja, troškovi putovanja, troškovi sastanaka i događaja, vanjskih izvođača, opreme i investicija i administracije.
Detaljno ispunjeni izvještaji prolaze dvije razine kontrole, nacionalnu (FLCO - First Level Control), i Upravljačko tijelo programa (MA - Managing Authority). Po završetku provjere i izdavanju dokumenta za potvrdu valjanosti troškova, slijedi procedura za uplatu 85% od odobrenih potrošenih sredstava.

3. PROBLEMI U IMPLEMENTACIJI PROJEKATA

U implementaciji projekata partneri se mogu susresti s nizom poteškoća. Jedna od najučestalijih je kašnjenje početka provedbe u odnosu na deklarirane rokove, a time i praćenja hodograma aktivnosti. U projektu DRINKADRIA došlo je do neznatnog kašnjenja u zaposlenju novih djelatnika/ca dok je projekt ŽIVO! zbog specifične situacije u programu OP SLO-HR 2007-2013 kasnio više od godinu dana. U takvim se situacijama može skratiti period implementacije pomičući datum početka projekta, dok datum kraja ostaje fiksan. Takva situacija se odvija na projektu ŽIVO! gdje dolazi do intenziviranja produkcije rezultata i otežavanja realizacije aktivnosti vezanih uz određene hidrološke prilike.
Kašnjenje u početku provedbe povlači kašnjenje u trošenju budžeta. Duže procedure zapošljavanja i javne nabave, uz kašnjenja početka provedbe utječu na neslaganje između hodograma aktivnosti, provedbe i produkcije rezultata.
Osim kašnjenja u provedbi, projektni partneri se suočavaju s kašnjenjem u kontroli izvještaja, time povezanim kašnjenjem u zahtjevima za isplatom, te povratom uloženih sredstava.

Participacija u strukturnim projektima, zahtijeva nacionalno sufinanciranje. Sufinanciranje iznosi 15% od ukupnog budžeta projekta. Kako se radi o većim projektima, uglavnom je i budžet znatniji, što može predstavljati problem za institucije bez velike financijske podloge, s težom dostupnosti proračunskim izvorima sredstava na državnoj, regionalnoj ili lokalnoj razini, kao i za institucije koje pri realizaciji projekta ne ostvaruju neposrednu dobit od realizacije projektnih ciljeva, kao što je slučaj s fakultetima.
Partnerske institucije iz Hrvatske nacionalnim sufinanciranjem sudjeluju u iznosu od 15% budžeta. U programu OP SLO-HR 2007-2013 svaki slovenski partner mora osigurati 5 % vlastitih sredstava. Slovenskim i talijanskim partnerima u IPA Adriatic CBC programu sufinanciranje je osigurano od strane države, preko nadležnih ministarstava i fondova (http://www.adriaticipacbc.org/index.asp?page=home, 2015).
Kako bi se olakšao početak projekta, u sklopu projekta DRINKADRIA odobreno je predfinanciranje u iznosu od 30% budžeta. Trošak se prikazuje putem periodičnih izvještaja, te se opravdani trošak uključuje u zahtjev za isplatom. Dinamika provjere i odobrenja troškova često je spora. Od trenutka realiziranog troška na projektu do povratka sredstava može proći više od godine dana, čime se partnere, koji moraju nastaviti trošiti prema hodogramu, a koji nemaju dovoljnu količinu vlastitih sredstava može dovesti do financijskih problema.
Kašnjenje u trošenju predstavlja veliki problem za projekt. Potrebno se držati dinamike trošenja i ako je potrebno što prije nadoknaditi razliku između predviđenog i potrošenog budžeta. Prespora dinamika trošenja može dovesti do obustave provedbe projekta i raskidanja ugovora o sufinanciranju, ili penalizacije u vidu smanjenja budžeta.
Do penalizacija ili obustave provedbe projekta može doći u bilo kojem trenutku provedbe ako ciljevi i rezultati nisu realizirali, a dinamika trošenja prespora.
Za razliku od projekta DRINKADRIA u kojem aktivnosti djelatnika institucije mogu predstavljati oblik sufinanciranja, na projektu ŽIVO! se očekuje neposredno sufinanciranje institucije, što bitno destimulira angažman fakulteta na sličnim projektima. U takvim slučajevima potrebna je potpora sveučilišnih i državnih struktura, što u RH još nije institucionalno riješeno.
U slučaju nastanka novih potreba tijekom implementacije moguće je ostvariti promjenu projekta i budžeta. Sredstva je moguće prenamijeniti iz jedne kategorije troškova u drugu, a moguće je izmijeniti partnersku strukturu ili rezultate projekta. Veće promjene projekta mora odobriti Upravljačko tijelo. Problem predstavlja vrijeme potrebno da se zahtjevi odobre. Sva komunikacija prema MA ide preko vodećeg partnera koji sakuplja zahtjeve za promjenom, objedinjuje ih i upućuje na MA. Evidentiranje promjena u administrativnu aplikaciju M.I.S. ide sporo, što može dovesti do problema u evidenciji troškova.
Povećanje ukupnog budžeta nije dopušteno, već samo premještanje postojećih sredstava među kategorijama troška, ili unutar iste, ali između radnih paketa.
Procedure javne nabave naslanjaju se na pravilnik Europske unije PRAG (Practical Guide to Contract Procedures for EU External Actions) (http://www.adriaticipacbc.org/index.asp?page=home, 2015). Prilikom javne nabave zahtjeva se pridržavanje specificiranih pravila. U obzir treba uzeti duži period pripreme i postupka natječaja.
Problem su nabave ispod 20.000 EUR čija procedura nije detaljno opisana Pravilnikom, te je uz primjenu nacionalnih pravilnika potrebno usuglasiti s vodećim partnerom pri izboru obrazaca, rokova i mehanizma natječajnog postupka. Građevinski fakultet je u

sklopu ŽIVO! i DRINKADRIA projekata provodio postupke za nabave nižih vrijednosti koristeći dio obrazaca PRAG-a i pravila javne nabave institucije. Kod podnošenja izvještaja prikazuje se istraživanje tržišta, te dokazuje kako u postupku nije došlo do sukoba interesa. Kod nabave robe potrebno se držati pravila o porijeklu robe. Sva roba nabavljena u sklopu europskih projekata mora biti porijeklom iz zemalja EU ili EEZ-e. Za nabavu određene robe pravilo o porijeklu može predstavljati problem zbog nemogućnosti provedbe nabave. Moguće je zatražiti odobrenje oslobođenja od pravila, čiji postupak donošenje može usporiti postupak nabave. Nabavlja se samo nova, nekorištena oprema, koju treba propisno označiti logotipom i sloganom programa i projekta. Ako nabavljena oprema nije usko vezana uz ciljeve projekta, s amortizacijom koja traje duže od provedbe projekta, iz fondova EU mogu se povući samo sredstva za amortizaciju.

Građevinski fakultet je u sklopu projekata DRINKADRIA i ŽIVO nabavio podloge za klimatološke i hidrološke analize, elaborate, informatičku opremu, programske pakete, mjerne instrumente i usluge vanjskih izvođača.

Kod pripreme natječajnih postupaka koristili su se pojednostavljeni obrasci pravilnika PRAG. Kako su obrasci detaljni potrebno je u obzir uzeti vrijeme pripreme dokumentacije i vrijeme potrebno ponuditeljima za pripremu ponuda.

U administrativnom smislu vođenje projekata uglavnom je zahtjevan posao. Potrebno je pratiti trag svakog troška, voditi evidenciju troškova, njihovih dokaza i opravdanja te proizvedenih rezultata projekta. Osim materijalne arhive, zahtjeva se podudarno digitalno vođenje projekta. U slučaju terenske kontrole nacionalnih kontrolora svi materijali vezani uz projekt moraju biti dostupni. Troškove je potrebno voditi i u aplikacijama programa. Za svladavanje rada u aplikacijama osigurane su radionice i uputstva na stranicama programa. Kako je potrebno voditi više arhiva dolazi do znatnog utroška vremena što može biti problem partnerima koji nisu predvidjeli administrativnu podršku projektu.

ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je prikazati iskustvo Građevinskog fakulteta u radu na dva projekta financirana sredstvima Europske unije. Uz osnovne informacije o projektima ideja je bila osvrnuti se na potencijalne probleme provedbe ovakvog tipa projekata s vlastitim sufinanciranjem. U radu su navedene općenite situacije koje mogu predstavljati problem partnerskim institucijama u provedbi projekta.

Ono što u samom radu nije neposredno analizirano jer prelazi razinu učešća u spomenutim dvama projektima, a bitno je istaknuti, je i procedura prijave i izbora projekata. Postojeći pristup ne garantira prepoznavanje najaktualnijih problema, tematske okosnice su općenite, a institucije obično prijavljuju projekte njima poznate tematike i metodologije. S obzirom na raznolikost institucija i projekata koji se javljaju na iste natječaje, dolazi do valorizacije vrlo različitih pristupa istim mjerilima što na neki način determinira adresiranje aktualne problematike. Ovakvi projekti ipak pružaju dobro iskustvo, mogućnost zapošljavanja mladih, stvaranje mreža institucija iz kojih se mogu stvarati novi projektni prijedlozi i mogućnost povlačenja sredstava iz fondova nužnih za razvoj institucije i regije.

ZAHVALA

Rad je napisan temeljem aktivnosti koje se provode u sklopu projekta DRINKADRIA (IPA Adriatic CBC 2007-2013) i ŽIVO (OP SLO HR 2007-2013).
Objava rada sufinancirana je od strane Sveučilišta u Rijeci (naslov: Razvoj novih metodologija u gospodarenju vodama i tlom u krškim, osjetljivim i zaštićenim područjima; broj potpore 13.05.1.3.08).

LITERATURA

[1] Karleuša, B.; Brajković, M.; Dravec, Lj., Terzić, J. (2014): *Iskustva u prijavi i provedbi međunarodnog projekta DRINKADRIA* (Experience in application and implementation of international project DRINKADRIA), Zbornik radova Stručno-poslovnog skupa s međunarodnim sudjelovanjem: Aktualna problematika u vodoopskrbi i odvodnji, 22.-26.10.2014, Cavtat

[2] http://www.adriaticipacbc.org/index.asp?page=home (17.2.2015.)

[3] http://www.drinkadria.eu/ (16.2.2015.)

[4] http://www.si-hr.eu/start_hr/ (16.2.2015.)

[5] http://ec.europa.eu/europeaid/prag/document.do (17.2.2015)

AUTORI

izv.prof.dr.sc. Barbara Karleuša [a]
Tamara Crnko, mag. kulturologije [a]
Josip Rubinić, dipl.ing.građ [a]

[a] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Radmile Matejčić 3, 51000 Rijeka; barbara.karleusa@uniri.hr; tamara.crnko@uniri.hr; jrubinic@uniri.hr

R 4.06.

SWISS SUPPORTED WATER PROJECTS IN MACEDONIA

Stanislava Dodeva

SUMMARY: Switzerland has supported the Macedonian water sector since 1994 through different projects in the field of wastewater treatment, water supply, water monitoring, river restoration and water management. During the period 2009 - 2012, the concept of the Swiss support to the water sector started the transformation from ad-hoc interventions, mainly responding to the immediate needs of the sector, to conceptualized and systematic interventions that were respecting principles and approaches of the integrated water management and were addressing all levels: national, regional/local (river basin), operational and ground level - population. As a continuation, the interventions in the water sector that are supported and financed by the Swiss government within the actual Cooperation Strategy 2013 - 2016 have a common goal: to assist Macedonia further to progress towards meeting international water standards and European legislation requirements.

Special feature of the Swiss support is the holistic approach for management and conservation of the nature and water resources within a river basin. This approach has been applied in the Bregalnica river basin for the first time in the country. The paper presents some of the achieved results from different completed and on-going projects.

KEY WORDS: Swiss support, Macedonia, water, integrated water resources management, holistic approach.

VODNI PROJEKTI U MAKEDONIJI KOJI SE PROVODE UZ POTPORU ŠVICARSKE

SAŽETAK: Švicarska pruža potporu vodnom sektoru Makedonije od 1994. godine putem raznih projekata na području pročišćavanja otpadnih voda, vodoopskrbe, monitoringa vode, revitalizacije vodotoka i upravljanja vodama. Za vrijeme trajanja Strategije suradnje Švicarske s Republikom Makedonijom 2009.-2012., koncept švicarske potpore vodnom sektoru počeo se transformirati iz ad-hoc intervencija, koje su uglavnom bile odgovor na neposredne potrebe sektora, u konceptualne, sustavne intervencije uz uvažavanje načela i pristupa integralnog upravljanja vodama na svim razinama – nacionalnoj, regionalnoj/lokalnoj (riječni sliv), operativnoj i temeljnoj - stanovništvu. Kao nastavak toga, intervencije u vodnom sektoru koje podržava i financira Vlada Švicarske u okviru Strategije suradnje 2013.-2016. imaju kao zajednički cilj pomoći Makedoniji u njenom daljnjem napredovanju ka realizaciji međunarodnih vodnih standarda i zahtjeva zakonodavstva EU.

Posebna karakteristika pomoći Švicarske je holistički pristup upravljanju i očuvanju prirode i vodnih resursa u riječnom slivu. Ovaj je pristup po prvi puta u zemlji primijenjen u slivu rijeke Bregalnice. U radu su prikazani rezultati postignuti u raznim završenim i tekućim projektima.

KLJUČNE RIJEČI: Potpora Švicarske, Makedonija, vode, integralno upravljanje vodnim resursima, holistički pristup.

1. INTRODUCTION

The territory of the Republic of Macedonia is classified as a semi-arid region (the area of Ovce Pole is the driest area in the central Balkan Peninsula). Therefore, the use, protection and conservation of water resources are of utmost importance.

According to the hydrographical conditions of the country there are four river basin areas: Vardar, CrnDrim, Strumica and Juzna Morava. Most of the surface waters are domicile and formed on the territory by the precipitation. The country is not rich in surface water (about 3,000 m^3/capita) and depends mainly on the appearance, duration and intensity of precipitation. In total, the annually available surface water is assessed to be in the order of 6.372 billion m^3 (Ministry of Environment and Physical Planning, 2006).

The major water consumers are agriculture, industry, households and energy production. The water supply systems are operated and managed by public utilities. In the urban municipal areas, connection rates range from 82% to 100%. In rural areas, connection rates are between 10% and up to 100%.

At the national level, 60% of dwellings are connected to a public sewage system whereas 21% of the dwellings have septic tanks and another 12% only have a system of uncontrolled wastewater discharge. The management of the sewage systems is the responsibility of the public utilities. There are only 6 operational wastewater treatment plans that provide for 13,5% of the total population wastewater treatment service. The industrial wastewater is discharged mainly without any treatment or only with mechanical treatment.

In 2011, the Water Law that transposes the water related EU directives entered into force. The Law besides other provisions, introduces the integrated water resources management upon river basins, implies “user-pays” and “polluter-pays” principles, introduces water rights and defines a new institutional set up. Also, sets the new planning process through elaboration of the planning documents: National Water Strategy, National Water Master Plan and River Basin Management Plans.

The efforts for implementation of the Water Law revealed many weaknesses of the water sector, which mainly raised due to limited administrative capacities at central and local level to deal with the new institutional set-up for integrated water resources management, lack of financial and technical resources to built/rehabilitate water infrastructure (especially infrastructure for disposal and treatment of the wastewater), not enough coordination between the competent authorities and a low level of public environmental awareness. Moreover, the present water monitoring system is insufficient, the water management planning is in infancy and the reluctance to pursue full cost recovery through applying the user/polluter pays principle prevents the consolidation of the water supply and sanitation services and their improvement.

2. HISTORY OF COOPERATION

The development cooperation between Switzerland and the Republic of Macedonia in the field of water started in 1994 and so far, over CHF 50 million has been donated to the country throughout implementation of different projects. In the beginning, the Swiss support was addressing the immediate needs of the country and implemented ad hoc interventions, like rehabilitation/construction of the wastewater treatment plants and provision of sophisticated monitoring equipment. The decision to further structure the cooperation around the domain of water and environment was made mainly based on the following arguments: the excellent cooperation with the central and local governments, available Swiss knowledge, technologies and expertise, the evident need for support to Macedonia in these fields and existence of a number of driving forces such as legislation, interest of the municipalities to cooperate in the field of water and environment, incentive to generate income from sustainable use of natural resources and motivated and active Civil Society Organizations. Over the time, the interventions in the water sector from ad hoc interventions were transformed into systemic and tailored actions that were able to meet the needs of the country from several aspects. The projects were carefully selected, respecting principles and interactions between different areas, so that the efforts resulted in a fully-fledged programme with a concept, clear goals and methodological approach.

3. CONCEPT AND PRINCIPLES OF INTERVENTIONS

The analysis of the problems in the water sector revealed that interventions are needed at all levels: central, regional/river basin, operational level and at level of population. In order to offer possible solutions for the problems to different stakeholders, the projects either include adequate component or they are developed as a concrete answer to the problems.

The concept of addressing all levels is presented in Figure 1:

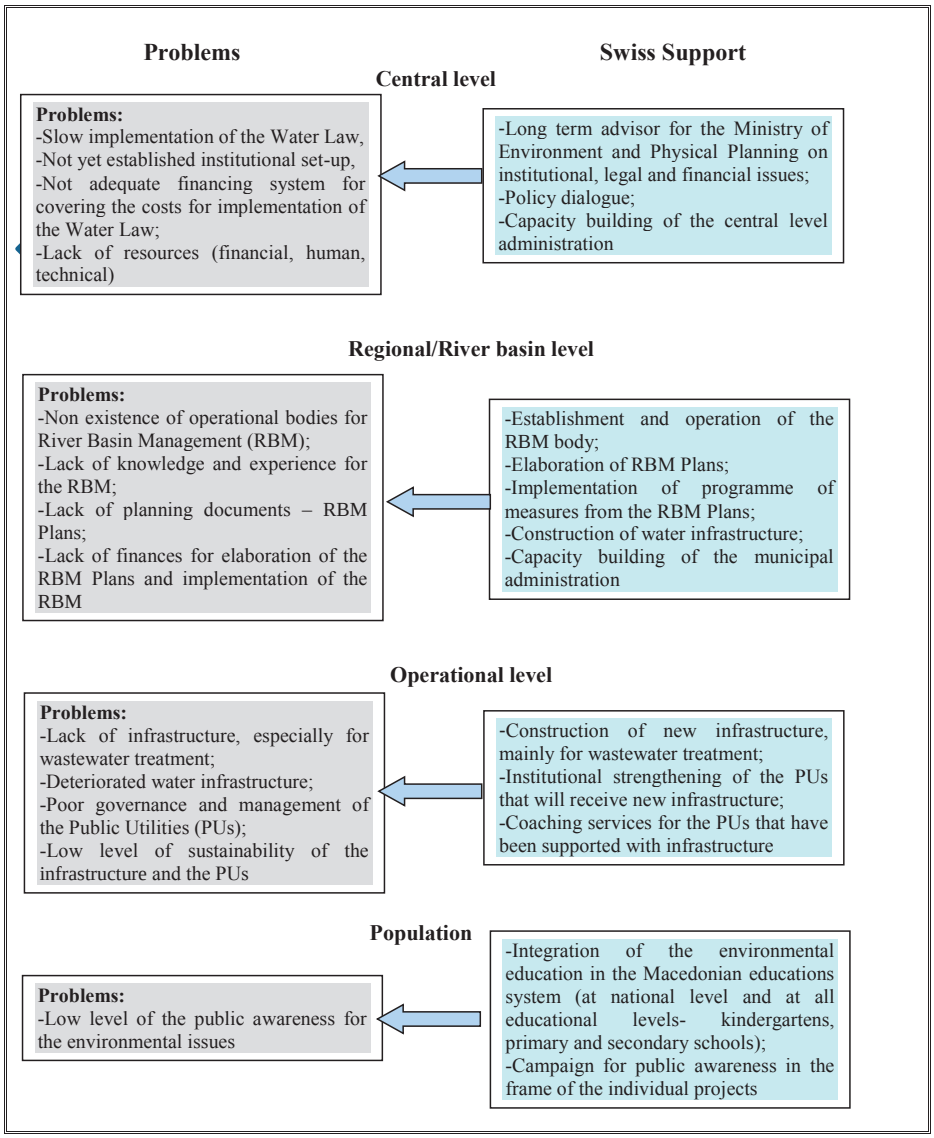


Figure 1.Swiss support to the water sector at different levels

Additionally, the following principles were respected when planning the individual projects:

- To fulfill the requirements of the EU water related directives;
- To meet the national priorities;
- Cooperation with the existing structures in the system;
- Involvement of the local staff, good and services;
- Sustainability (technical, economical, financial, social);

- High ratio of cost/effectiveness;
- Affordability;
- Cooperation and harmonization with other donors;
- Focus in one area - river basin, the case of the Bregalnica River Basin.

4. PREPARATION AND IMPLEMENTATION OF RIVER BASIN MANAGEMENT PLANS

4.1. Holistic Approach in the Bregalnica River Basin

Respecting the principle of integrated management of all natural resources within an area with natural boundaries, such as a river basin, a comprehensive set of interventions was developed for the Bregalnica river basin. This river basin covers an area of 4,300 km2 (1/6 of the total country area) and represents the main left tributary to River Vardar (Figure.1). It is a rather complex river basin regarding topography, climate, geology, hydrology, biodiversity, land use, industry, agriculture and water use. There are about 200,000 population, while the main economic activities are agriculture, food processing, textile industry, mining and wood processing. In the river basin, the main river body is River Bregalnica with 12 tributary - smaller rivers. There are also 6 reservoirs and 2 irrigation channels (Figure 2.).

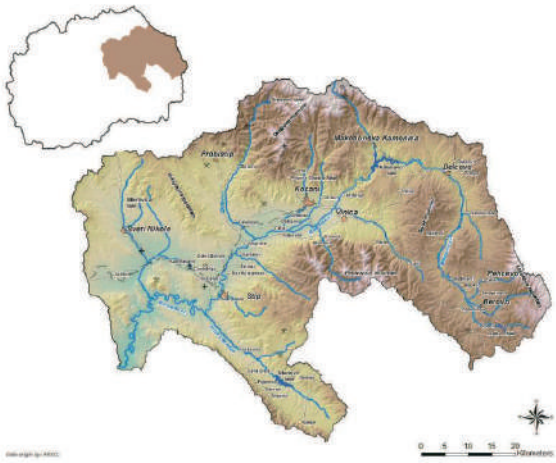


Figure 2.Top corner left: Map of Macedonia with border of the Bregalnica river basin. Main figure: Map of Bregalnica with: land use and general geography, major cities, major rivers and lakes



Figure 3.Map of Bregalnica River Basin with the selected surface water bodies

Swiss supported activities in the Bregalnica region started in 2006 with the Berovo Urban Water Supply and Sanitation Project which is already completed and operational. The interventions continued in the second half of 2012 through the implementation of the Bregalnica River Basin Management Project, the Nature Conservation Programme for conserving biodiversity and natural values andthe Environmental Education Project.

The Bregalnica River Basin Management project supports establishment and functioning of a river basin management body, preparation of a River Basin Management Plan (RBMP) and provides a fund for municipal water infrastructure projects in the river basin. The main target groups are the Ministries in charge of water management, population, municipalities and public utilities in the Bregalnica river basin.The project shall be completed by mid of 2016, and the Swiss support amounts CHF 4,360,000. The RBMP for the period 2015-2021 is in a final phase of preparation and discussion with the public. During the preparation all requirements set in the Water Framework Directive were respected and additional monitoring campaigns were organized. The results of the monitoring showed that most water bodies reach a water body status of "failing to achieve good". The analysis revealed that this status is due to mainly one or two parameters, while others are within a good status limit. Due to the methodology applied, even if only one parameter exceeds limits, the assessment of the status is according to that parameter. Nevertheless, this aspect is taken into consideration when defining of the Plan of Measures in order all the water bodies reach a "good status" after certain time period.

Second project implemented in the same river basin is the Nature Conservation Programme. The Programme is designed to assist the country in conserving its outstanding biodiversity and natural ecosystems by promoting their sustainable management and use. Many activities that are implemented at a national, regional and local level will help the main stakeholders to effectively conserve the natural resources of the Bregalnica Region, integrating up to date conservation approaches with the principles of sustainable natural resources management and the local economic development agenda.

The third project active in the river basin is the Environmental Education project. It

addresses the young population and contributes on increasing of the awareness on protection and sustainable management of the natural and water resources. Children from all kindergartens and students from all primary and secondary schools in the river basin learn actively how to protect environment and how to contribute towards conservation of the nature through specific eco activities. The environmental education put the children and the students in the center of the educational process, but as active players and not passive listeners of lectures.

This focused approach opens the possibilities for synergies between the three projects and for higher implementation efficiency. Also it enables to apply an integrated approach and assures complementarities with other environment media, such as nature, land, soil, forests etc. The practical collaboration of the projects has been demonstrated in exchange of information, studies, data, maps etc. For example, the hydrology study prepared for the RBMP was used for the Spatial Plan for the Bregalnica River Basin. Furthermore, the data collected for the Map of the Ecological Sensitivity were used when producing the picture books, puzzles and other eco-didactic materials for the children. The projects together prepared a lot of joint promotion materials, like videos, leaflets, calendars. They also organize jointly celebration of international day of water, biodiversity, Planet Earth etc. The Bregalnica basin is perceived as a "show case" where a number of efforts to achieve interlinked and complementary goals are focused in one region. It is expected that creating a 'big picture" from different elements that fit well all together, can result in an improved status of the environment, increased knowledge and capacities of the authorities and better living conditions of the population. Depending of the success of the approach, the replication in other river basins is also considered.

Additionally, a new project on construction of a wastewater treatment plant for the city of Kocani (58,000 P.E.) has recently started.

4.2. Restoration of Lake Prespa Ecosystem (Implementation of the Watershed Management Plan)

The project contributes to the improvement of Prespa Lake's ecological state and its resilience through implementation of a part of the foreseen measures in the Watershed Management Plan. Also, the Municipality of Resen and the central level authorities are supported in order to strengthen their capacities for sustainable management of the water resources. Targeted group are population in Prespa region, Municipality of Resen, Public Utility from Resen and the national authorities in charge of water management. The project duration is up to 2018, and the Swiss financial support amounts CHF 6,650,000.

4.3. Restoration of the Strumica River Basin

The project supports elaboration of a Strumica River Basin Management Plan (RBMP) for Strumica river basin, as one of the major four river basins in the country. Additionally, starting from July 2015 the project will implement a set of restoration measures defined in the RBMP, which, in the end, will lead to improved living conditions for the population. In parallel, the project supports capacity building for the long-term integrated management of the Strumica river basin. The duration of the project is planned until 2021, with a budget of CHF 3,300,000.

5. OTHER PROJECTS

Results of the implemented water infrastructure projects during the period between 2009 and 2015 are mainly related to the reduced pollution level discharged into the Rivers Kumanovska, CrnDrim and Bregalnica due to the proper operation of the WWTPs and improved quality of the delivered public services in the areas of water supply, sewerage and treatment of wastewater thanks to provided equipment to the public utilities. Information on a few completed and on-going projects is presented:

5.1. Waste Water Treatment Plant Kumanovo

In order to improve the water quality of the River Kumanovska and to improve conditions for aquatic life in the river, a waste water treatment plant and a main sewage collector for waste water of the city of Kumanovo were constructed and put into operation in 2011. Targeted group is the population of the municipality of Kumanovo. The capacity of the plant is 100,000 P.E., while the Swiss financial support was CHF 16,300,000.



Figure 3. Wastewater Treatment Plant in Kumanovo

5.2. Berovo Urban Water Supply and Sanitation Project

Improvement of the water supply and sanitation in Berovo has been done through: a) reconstruction of the water supply network and treatment plant, b) construction of a main collector and a wastewater treatment plant (capacity of 14,000 P.E.) and c) institutional strengthening of the Public Utility (PU) "Usluga". Targeted group are the population of the municipality of Berovo and the PU "Usluga". The project was completed in 2010 with a total budget of CHF 10,100,000.



Figure 4. Wastewater Treatment Plant in Berovo

5.3. Wastewater Treatment Plant Gevgelija

This is an on-going trilateral project (Switzerland, Greece and Macedonia) for construction of a wastewater treatment plant (capacity of 32,000 P.E.) for municipal wastewater of Gevgelija. The project aims at providing a reliable and sustainable system for treatment of the wastewater which shall be operated by an efficient and modern public utility. Targeted group are the population of the municipality of Gevgelija and the Public Utility in Gevgelija. The project shall be completed by 2017, while the Swiss financial support is Euro 6,800,000.

CONCLUSION

Switzerland will continue to support the Macedonian water sector and hopefully, with this support the country will progress towards meeting the international water standards and requirements. The developed comprehensive programme that is addressing not only water but also the field of nature conservation and management shall assist Macedonia to benefit from sustainable use of water and nature resources and to progress in their development and protection. For the country itself, the sustainability of all the interventions and maintenance of the accomplished results, remains the primary and "the" challenge in future.

REFERENCES

[1] Ministry of Environment and Physical Planning, (2006), National Environmental Action Plan 2, Skopje

AUTHOR

Stanislava Dodeva, D.Sc. [a]

[a] Swiss Embassy in the Republic of Macedonia, Maksim Gorki 19, 1000 Skopje, Republic of Macedonia, stanislava.dodeva@eda.admin.ch

R 4.07.

FREEWAT - OPEN SOURCE INTEGRATED MODELLING ENVIRONMENT (SURFACE- AND GROUNDWATER)

Rudy Rossetto, Laura Foglia, Iacopo Borsi, Irena Kopač

SUMMARY: FREEWAT is new EU project within Horizon 2020. It is in his first steps and aims at promoting water management and planning by simplifying the application of the Water Framework Directive and other EU water related Directives. FREEWAT will be an open source and public domain GIS integrated modelling environment for the simulation of water quantity and quality in surface water and groundwater with an integrated water management and planning module. FREEWAT will initiate a process aimed at filling the gap between EU and US on widerspead-standardised ICT tools and models for management of water quantity and quality and will set a well recognizable and flagship initiative. The open source characteristic of the platform allow to consider this initiative "ad includendum" (looking for inclusion of other entities), as further research institutions, private developers etc. may contribute to the platform development. The Consortium is constituted by partners from various sectors from 10 EU countries (Italy, Germany, Spain, France, Czech Republic, Slovenia, Greece, Rumania, Estonia, Malta), plus Turkey and Ukraine. Synergies with the UNESCO HOPE initiative on free and open source software in water management greatly boost the value of the project. Large stakeholders' involvement guarantees results dissemination and exploitation.

KEY WORDS: GIS integrated water management modeling, water resource management, implementation of EU water related policies, open source and public domain software, Horizon 2020

FREEWAT - OPEN SOURCE INTEGRALNI OKOLIŠ ZA MODELIRANJE (POVRŠINSKE I PODZEMNE VODE)

SAŽETAK: FREEWAT je novi projekt u okviru programa Europske unije za istraživanje i inovacije Obzor 2020. (Horizon 2020). Projekt je tek započeo s ciljem promicanja upravljanja vodama i planiranja pojednostavnjenjem primjene Okvirne direktive o vodama i drugih direktiva EU na području voda. FREEWAT će biti *open source* GIS integralni okoliš za modeliranje iz javne domene za simulacije količina i kakvoće vode u površinskim i podzemnim vodama, s modulom za integralno upravljanje vodama i planiranje. FREEWAT će pokrenuti proces čiji je cilj popunjavanje praznina među rasprostranjenim, standardiziranim informatičkim alatima i modelima za upravljanje količinom

i kakvoćom vode iz Europske unije i Sjedinjenih američkih država, a predstavljat će prepoznatljivu, vodeću inicijativu. Open source karakter platforme omogućit će da se ova inicijativa shvati kao napor na uključenju drugih subjekata, "*ad includendum*", stoga što buduće istraživačke institucije, privatni programeri itd. mogu dati doprinos razvoju platforme. Konzorcij se sastoji od partnera iz različitih sektora 10 zemalja Europske unije (Italija, Njemačka, Španjolska, Francuska, Češka Republika, Slovenija, Grčka, Rumunjska, Estonija, Malta), te Turska i Ukrajina. Sinergija s UNESCO-vom inicijativom HOPE za osiguranje besplatnog, open source kompjuterskog softvera na području upravljanja vodama u velikoj će mjeri povećati vrijednost projekta. Uključenost velikih dionika jamstvo je širenja i korištenja rezultata.

KLJUČNE RIJEČI: GIS integralno modeliranje na području upravljanja vodama, upravljanje vodnim resursima, provedba politika EU na području voda, *open source* kompjuterski softver iz javne domene, Obzori 2020.

1. INTRODUCTION

The FREEWAT project general objective is to promote water management and planning by simplifying the application of the Water Framework Directive, Groundwater Directive, Nitrate Directive and other water related Directives. The simplification is achieved through the FREEWAT platform and its relative participatory approach. FREEWAT will be an open source and public domain GIS integrated modelling environment for the simulation of water quantity and quality in surface water and groundwater with an integrated water management and planning module.

The FREEWAT project aim at improving Water Resource Management (WRM) by achieving the following specific objectives:

- to coordinate previous EU and national funded research to integrate existing software modules for water management in a single environment into the GIS based FREEWAT environment;
- to support the FREEWAT application in an innovative participatory approach gathering technical staff, and relevant stakeholders (*in primis* policy and decision makers) in scenario creation and simulations to apply and develop appropriate water policies. This will provide EU Governing Bodies, Authorities and Water Utilities and environmental companies/water professionals with innovative, free and open source software tools having high accuracy level and friendly usability;
- starting a process aimed at filling the gap between EU and US on widespread-standardized ICT tools and models for management of water quantity and quality setting a well recognizable and flagship initiative. The open source characteristics of the codes and platform allow to consider this an initiative "*ad includendum*" (looking for inclusion of other entities), allowing further research institutions, private developers etc. not only within the EU to contribute to the platform development and uptake. Such a process will also rely on the collaboration with eminent scientific and technical staff of USGS, a leading public organization in US for what concerns environmental ICT tools distribution and application (see attached Letter of Support to the present proposal). Moreover an important collaboration with the UNESCO-IHP HOPE-Initiative (http://www.hope-initiative.net/) further boost the proposal potentialities;

- building knowledge and capacity in the use of scientific software technologies, by improving the professional level of technical and managerial personnel involved in WRM issues in public institutions and private companies;
- applying these innovative software instruments to 10 case studies within the EU, 2 case studies in neighbouring countries (Turkey and Ukraine) and to a large transboundary aquifer in Africa, creating synergies with the UNESCO-IHP HOPE program;
- optimizing the use of water resource monitoring data, by obtaining trough simulations results distributed in space and time, useful to the solutions of issues such as: water availability and quality, groundwater pollution monitoring and remediation, and coping with seawater intrusion;
- providing MSc and PhD students, researchers and professors of a free and open source software to be trained on various issues related to water management;
- involving relevant stakeholders in the application of the FREEWAT platform by means of regular focus group meetings to enable a participatory process;
- building a web based community of users and developers of the free and open source FREEWAT platform;
- contributing to the creation of innovative companies and work places that will exploit and continue the integration, development and training on the FREEWAT platform.

The FREEWAT project and partners are linked to past and ongoing national and EU funded research activities; they aim at capitalizing and coordinating these projects results. The main of this research activities are the **SID&GRID** research project (**EU-POR FSE 2007-2013 Regione Toscana -** Italy, partner involved Scuola Superiore Sant'Anna several stakeholders; Rossetto et al., 2013; Borsi et al., 2013) and the ongoing **EU FPVII** project **MARSOL** (*MARSOL, 2014*, partner involved Technische Universitet Darmstadt, Scuola Superiore Sant'Anna, Tea Sistemi Spa, Paragon). The SID&GRID research project developed a 3D-distributed physically based and GIS integrated numerical hydrological model based on open source and public domain solutions, to produce spatial and temporal analysis to get quantitative results for water resource management. The SID&GRID approach was based on a solution, which allows simulating the groundwater flow (GWF) only, or the GWF and the unsaturated zone (USZ) or the whole hydrological cycle, by coupling surface water processes to USZ and GWF. In building the hydrological model, the project choice was: i) to analyze and select existing open source and public domain codes, in terms of their proven capability to simulate hydrological processes and to store, manage and analyze spatial data, ii) to develop new codes for selected hydrological processes; iii) to couple the selected codes along with newly developed ones, iv) to integrate the resulting coupled codes within a GIS interface, applications and library, to manage all the input and output data by means of Data Base Management System. A series of test applications were developed by authorities and companies involved in the SID&GRID project. The outcomes of the project are freely available to final users (e.g. river basin authorities, water utilities, water service companies, etc.) at: http://ut11.isti.cnr.it/SIDGRID/ and an Italian User Group on the LinkedIn exists. Regione Toscana is now further financing the development of the software by supporting its porting from the original GVsig GIS desktop to QGIS, including a new approach to the database linking.

Within the project MARSOL the capability for solute transport in groundwater will be added to the SID&GRID framework.

2. GIS INTEGRATED WATER MANAGEMENT MODELLING PLATFORM

Project FREEWAT relates to the EU programme topic ***WATER-4a-2014 Dissemination and exploitation, ICT, gaps, research needs, etc***... in addition, aims to coordinate and support previous research funded by EU and national entities in order to disseminate and exploit relevant ICT-based tools and platforms. In particular the FREEWAT proposal suggests an approach based on capacity building and on the participative use of an ICT water management platform (derived coordinating already developed computer programs and solutions) for simplifying the application of the Water Framework Directive (WFD) and water related Directives (EC, 1991, 2000, 2006 and 2013).
An EU publication (*Science-policy interface in support of the WFD*; EU, 2013) from the Activity on the water Science-Policy Interface (SPI) within the Common Implementation Strategy of the WFD underlined the need to transfer research results, which are available and relevant to the implementation of the WFD, to policies development and application. At the same time, the effective market uptake is often limited by lack of extensive testing of the results applicability and of continuous large-scale dissemination. This is strongly connected to the problem of general lack of funding for the testing and dissemination activities on the results achieved by research projects. Often this challenges the capability of spreading innovative water research results among policy makers, public Institutions, private sector and general public. The FREEWAT proposal aims at addressing the above-mentioned challenges.
The year 2015 is a first year of the project and its main work include software integration and preliminary training and training of trainers. Year 2016 is intended for local courses and training for stakeholders organized by case study partners. In year 2017 the project will be ended with local workshops and final conference and workshop.

2.1. FREEWAT concept and approach

The overall approach of the FREEWAT project is based on a circular process (Fig. 1.):

- coordinating previous EU and national funded research to integrate existing selected software modules for water management in a single open source and public domain model-based GIS integrated platform (that will be called FREEWAT);
- building capacity around the FREEWAT platform by means of dedicated training and case studies implementation, in partner's country and at the international level;
- supporting the FREEWAT application in an innovative participatory approach, that gathers technical staff, and relevant stakeholders in the development and simulation of scenarios for the application of appropriate water policies;
- actively disseminating and exploiting the FREEWAT activities and results at international level thanks to in order to foster its wide application at EU scale and beyond.

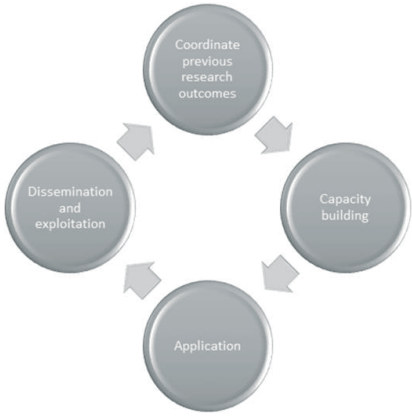


Figure 1. Circular process at base of the FREEWAT project

While setting up the project idea, a questionnaire was circulated among potential partners and stakeholders, to highlight needs in terms of ICT-tools for the application of the WFD and water related Directives. The results helped understanding currently used and still maintained open source and public domain ICT-tools. With this feedback, the coordinating approach results in the integration of existing and maintained codes and pieces of software deriving from previous national and EU funded projects into a single open source and public domain model-based GIS integrated platform. The following tools are expected to be integrated:

- a whole module for calibration and sensitivity analysis;
- a set of tools for groundwater quality issues;
- a set of tools for the analysis, interpretation and visualization of hydrogeological data;
- a module for solute transport in the unsaturated zone;
- a module for crop growth and water requirements in agriculture;
- a dedicated module for water management and planning that will help to aggregate and manage all the distributed data coming from the simulation scenarios.

FREEWAT will have a modular structure and each module will provide tools for the application of the WFD, Groundwater Directives, Nitrate Directives and water related Directives as well as particular greening aspects of the Common Agricultural Policy.

2.2. Measures to maximize impact

Impact of FREEWAT will be maximized by a dedicated plan for dissemination and exploitation, and communication of project activities and results. All these are issues addressed within the Work Package 8,"*Dissemination/Communication & Exploitation of results*". Because of the importance of the activities of this WP, SSSA, coordinator of the proposal, will lead it and will appoint a "*Dissemination and Innovation Manager*". One project partner with strong capabilities in dissemination and exploitation issues, will collaborate with SSSA to strengthen the WP activities. All the Consortium members will

have to perform dedicated dissemination activities at their country level.
Awareness raising is considered any task that aims at disseminating the results of the project, promoting the FREEWAT concept, increasing the visibility of the project and supporting the exploitation of the results achieved. These supporting activities for FREEWAT will last for the entire duration of the project and are expected to continue beyond it.
The training activities will encompass the production of training materials and training courses as well as training events with the objective of capacity building on the use of the FREEWAT platform for about 850 individuals.
About 50 stakeholders have been already contacted within the FREEWAT partners countries and beyond them (interested stakeholders have been informed in Jordan, UK, US, Portugal) and they express their willing to participate in the project activities, especially in capacity building, dissemination and exploitation activities. All in all 180 stakeholders from various sectors (river basin authorities, local or national governmental authorities, water utilities, environmental protection agencies, water related private companies, irrigation and drainage companies and authorities, farmers associations, associations for the protection of the environment, etc...) have been already identified in the stage of the project preparation. The type of authority and their area of interest is shown in Fig. 2. and Fig.3.

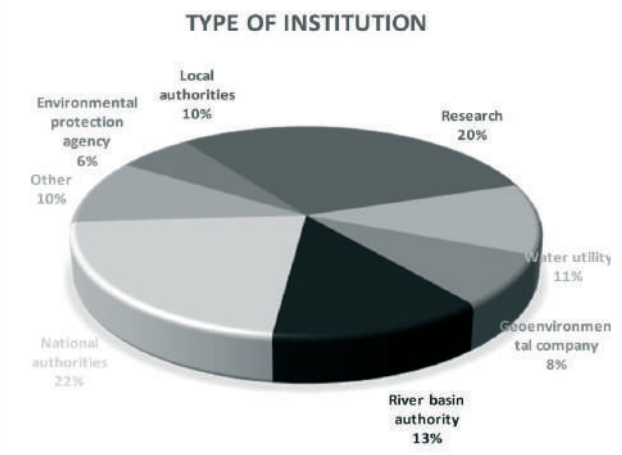


Figure 2. Type of interest of identified stakeholders

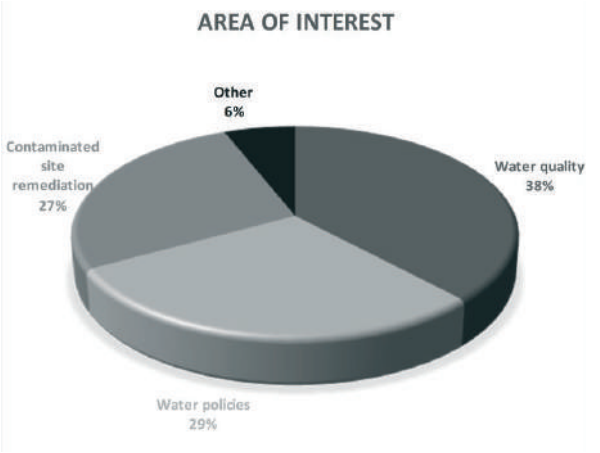


Figure 3. Area of interest of identified stakeholders

Stakeholders will be divided in specific target groups. A tailored strategy with targeted messages, means and language will be used to address each of them.

CONCLUSION

The FREEWAT Consortium is constituted by 17 partners from 10 European countries (Italy, Germany, Spain, France, Greece, Estonia, Romania, Malta, Czech Republic, Slovenia) plus Turkey and Ukraine. UNESCO international organization is also member of the partnership. The consortium is composed of a broad spectrum of research, private companies and authority institutions, including 6 SMEs, 2 authorities, 5 universities, 2 research institutes, 1 not-for-profit research and international training centre and 1 International organization. The value of using advanced technologies (often referred as "complex" in WFD related documents) in water management is often diminished by the fact that only well-trained practitioners and professionals are involved in the study and present the results to stakeholders. The later are not actively involved in the model development and have to rely and trust who performed the analysis (Refsgaard et al., 2010). Through creating a common environment among water research/professionals, policy makers and implementers, FREEWAT main impact will be on enhancing science- and participatory approach and evidence-based decision making in water resource management, hence producing relevant and appropriate outcomes for policy implementation.

ACKNOWLEDGMENTS

This paper is presented within the framework of the project FREEWAT, which has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under Grant Agreement n. 642224.

REFERENCES

[1] Borsi, I., Rossetto, R., Schifani, C., Hill, M.C. (2013): *Modeling unsaturated zone flow and runoff processes by integrating MODFLOW-LGR and VSF, and creating the new CFL package*. Journal of Hydrology. Volume 488, 2013, 33-47.

[2] EC (1991): *Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources*

[3] EC (2000): *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy.* Official Journal of the European Commission, L 327/1, 22.12.2000

[4] EC (2006): *Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration.*

[5] EC (2013): *Science–policy interface in support of the water framework directive — CIS-SPI* Activity report 2010–12, Luxembourg: Publications Office of the European Union.

[6] MARSOL (2014): *Demonstrating Managed Aquifer Recharge as a Solution to Water Scarcity and drought*. www.marsol.eu (accesed 20 December 2015)

[7] Refsgaard, J.C., Højberg, A.L., Møller, I., Hansen, M. and Søndergarrd, V. (2010): *Groundwater Modeling in Integrated Water Resource Management* - Visions for 2020. GROUND WATER 48, no. 5: 633–648.

[8] Rossetto, R., Borsi, I., Schifani, C., Bonari, E., Mogorovich, P., Primicerio, M. (2013): *SID&GRID software: Integrating hydrological modfeling in GIS environment.* Rendiconti Online Societa Geologica Italiana, Volume 24, 2013, 282-283

AUTHORS

Rudy Rossetto, D.Sc. [a]
Laura Foglia, D.Sc. [b]
Iacopo Borsi, D.Sc. [c]
Irena Kopač, M.Sc. [d]

[a] SCUOLA SUPERIORE DI STUDI UNIVERSITARI E DI PERFEZIONAMENTO SANT'ANNA – Institute of Life sciences, via Santa Cecilia 3, Pisa, 56127, Italy, rudy.rossetto@sssup.it

[b] Technische Universität Darmstadt – Instutute for Applied Geosciences, Hydrogeology Group, Schnittspahnstr. 9, Darmstadt, 64289, Germany, foglia@geo.tu-darmstadt.de

[c] TEA SISTEMI SPA – Environment Department, via Ponte a Piglieri 8, Pisa, 56127, Italy, iacopo.borsi@tea-group.com

[d] IEI – Institut za ekološki inženiring, Ljubljanska ul. 9, Maribor, SI-2000, Slovenia, irena.kopac@iei.si

R 4.08.

SUCCESSFUL REDUCTION OF PHARMACEUTICALS AND HERBICIDES FROM WATER: FIRST LABORATORY-SCALE RESULTS OF LIFE PharmDegrade PROJECT

Andrej Meglič, Gorazd Lakovič, Tinkara Rozina, Anita Klančar, Jurij Trontelj, Albin Kristl, Robert Roškar, Neža Finžgar, Maja Zupančič Justin, Marko Gerl

SUMMARY: Numerous studies have been published about the presence of pharmaceuticals and phytopharmaceuticals in wastewater, ground and even in drinking waters. They present a significant burden for the environment and may cause health risks for the general population. Biological wastewater treatment plants are usually insufficiently equipped to treat pharmaceuticals. To introduce an efficient and financially viable technology for the removal of pharmaceuticals the demonstration project "LIFE PharmDegrade" has been supported. The technology is based on the advanced oxidation processes. The goal of the preliminary tests was to define degradability rate of 11 different pharmaceutical and phytopharmaceutical compounds and in different concentration ranges and presence of other organic material in drinking water. The selected compounds were subjected to LC-MS/MS analysis. Our results show that BDD exhibited high removal of pollutants, reaching up to 100 % degradation in 60 minutes of treatment. At higher concentration mixtures (100 µg/L per pharmaceutical), the removal capacity was lower. The present study shows that the advanced oxidation processes have a promising potential to be developed into an efficient wastewater treatment device for removal of potentially harmful pharmaceutical and phytopharmaceutical pollutants.

KEY WORDS: Oxidative treatment, Pharmaceuticals, Herbicides, Carbamazepine, Boron doped diamond electrode, LC-MS/MS

USPJEŠNA REDUKCIJA FARMACEUTSKIH PROIZVODA I HERBICIDA IZ VODE: PRVI LABORATORIJSKI REZULTATI PROJEKTA LIFE PharmDegrade

SAŽETAK: Brojne studije izvješćuju o ostacima farmaceutskih i fitofarmaceutskih proizvoda u otpadnim vodama, podzemnim vodama, pa čak i vodi za piće. Oni predstavljaju značajno opterećenje za okoliš i mogu prouzročiti zdravstvene rizike za stanovništvo. Biološki uređaji za pročišćavanje otpadnih voda obično su nedovoljno opremljeni za

pročišćavanje farmaceutskih proizvoda. Pilot projekt "LIFE PharmDegrade" podržan je kako se uvela učinkovita i financijski isplativa tehnologija uklanjanja farmaceutskih proizvoda. Ova se tehnologija zasniva na naprednim procesima oksidacije. Svrha preliminarnih testova bila je definirati stupanj razgradivosti 11 različitih farmaceutskih i fitofarmaceutskih spojeva u različitim rasponima koncentracija i prisutnosti drugog organskog materijala u vodi za piće. Odabrani spojevi podvrgnuti su LC-MS/MS analizi. Naši rezultati pokazuju da dijamantna elektroda dopirana borom (BDD) u visokom stupnju uklanja onečišćujuće tvari, čak do 100% za 60 minuta pročišćavanja. Pri višim koncentracijama mješavina (100 µg/L po farmaceutskom proizvodu), redukcijski kapacitet je bio niži. Ova studija pokazuje da napredni oksidacijski procesi imaju veliki potencijal za razvijanje u učinkovit uređaj za uklanjanje potencijalno štetnih onečišćujući tvari farmaceutskog ili fitofarmaceutskog porijekla iz otpadnih voda.

KLJUČNE RIJEČI: Oksidacijsko pročišćavanje, Farmaceutski proizvodi, Herbicidi, Dijamantna elektroda dopirana borom, LC-MS/MS

1. INTRODUCTION

Modern lifestyle, longer life expectancy, intensive agriculture, livestock production and industrialisation result in use and consequently release of huge amounts of so-called new emerging pollutants, like pharmaceuticals, phytopharmaceuticals, personal care products, pigments and other anthropogenic molecules into the environment (Richardson et al., 2014). Numerous reports on their presence in freshwater and groundwater can be found (Fick et al., 2010). Their harmful effects on human and animal fertility as well as other effects have been confirmed (Cleuvers, 2003; Bolong et al., 2009; Donner et al., 2013). Besides increased use of these complex organic compounds, the reason of their presence in the environment can be found also in insufficient wastewater treatment (Gomez et al., 2007, Deblonde et al., 2011). Existing, predominately biological municipal wastewater treatment (WWT) plants are namely not designed for the removal of complex and biologically persistent organic compounds. High stability of these organic compounds is a consequence of their complex structure. This means that their biological degradation (mineralization) takes place very slowly.

To contribute towards the solving of this issue, the demonstration project "Degradation of pharmaceuticals in wastewaters from nursing homes and hospitals LIFE PharmDegrade" has been supported. The aim of the project is to demonstrate an efficient tertiary WWT system for the removal of persistent organic compounds, placed close to their origin of emergence. Treatment of sewage from hospitals and nursing homes was considered as an appropriate approach, since drugs are applied there in increased amounts. The main approach to the tertiary WWT in the project is an application of electrolytic cell to achieve electrochemical oxidation of complex organic compounds. Advanced electrode material is used, such as boron doped diamond (BDD) and mixed metal oxide electrodes. They enable a formation of hydroxyl ($HO^{\bullet}$) radicals directly from water with the help of electric power (Chen, 2004; Feng et al., 2013). Hydroxyl radicals are very strong oxidants. They rapidly and unselectively react with nearly all organic compounds. Complex organic compounds in water, like residuals of drugs, can be degraded in their presence to carbon dioxide and water, or to smaller molecules, which are less toxic and further easier biologically degradable.

The preliminary tests, presented in the paper, have been conducted with an aim to define degradability rate of pharmaceuticals in different concentration ranges and presence of other organic material. A removal efficiency in terms of concentration reduction of a mixture of 11 pharmaceuticals in two different inflow concentration ranges is presented in the paper and a comparison of efficiency of carbamazepine removal in six different experimental sets with different organic load and concentrations of pharmaceuticals. The carbamazepine has been chosen due to its known difficult biodegradability and frequent occurrence in freshwater surveys (Donner et al., 2013). Further steps of the LIFE PharmDegrade project`s preparatory actions will be oriented in testing of different settings of electrolytic cell (flow rate, current density, power supply mode, electrode material and spacing) presenting the starting point for the design of the pilot plant.

2. MATERIALS AND METHODS

The experiments were performed with bottled drinking water Dana® to which different concentrations of medical drugs, herbicides (referred here as Active Pharmaceutical Substances, APS) and other organic substances (urea, cysteine, microcrystalline cellulose) were added. The standards of APS and organic substances were obtained from standard material (atrazine, carbamazepine, clofibric acid, diclofenac, fluoxetine, metoprolol and simazine from Sigma-Aldrich (Germany), imatinib and bisoprolol fumarate from Sequoia Researcher products (UK), ciprofloxacin and amoxicillin from AppliChem GmbH (Germany). Urea, cysteine and microcrystalline cellulose used to simulate wastewater organic load, were obtained from Sigma. Standard stock solutions of each APS were prepared by dissolving 5 mg of accurately weighed standard in 5 mL methanol (Merck, Germany) to concentration of 1 mg/mL. With further dilution of APS in commercial bottled drinking water Dana® a water mixture solutions of all the APSs was prepared with preferred tested concentrations (10 – 100 μg/L).

The electrochemical water treatment was carried out in a single-compartment electrolytic cell made of Plexiglas in continuous flow mode (Figure 1). The electrode set consisted of one anode and one cathode placed in parallel 2 mm apart. The boron doped diamond (BDD) plate (Diachem, Condias, Germany) with a surface area of 8 cm^2 served as the anode and the same size stainless steel plate as the cathode. The working volume of the electrolytic cell was 1.6 mL. The electrical current was applied using a laboratory DC power supply GPS-4303 (Gwinstek, China) in constant current mode. The current density was 37.5 mA/cm^2. The experiments were performed at room temperature. Peristaltic pump (Masterflex EW-07553-75, Cole-Parmer, US) provided water circulation (50 mL/min) within the experimental set. The processed volume was 500 mL in each run. The samples were collected every 10 minutes during the 60 minutes treatment and stored in glass containers or 96-well microtiter plates in darkness at 8 °C until further analysis. Each treatment was repeated twice.

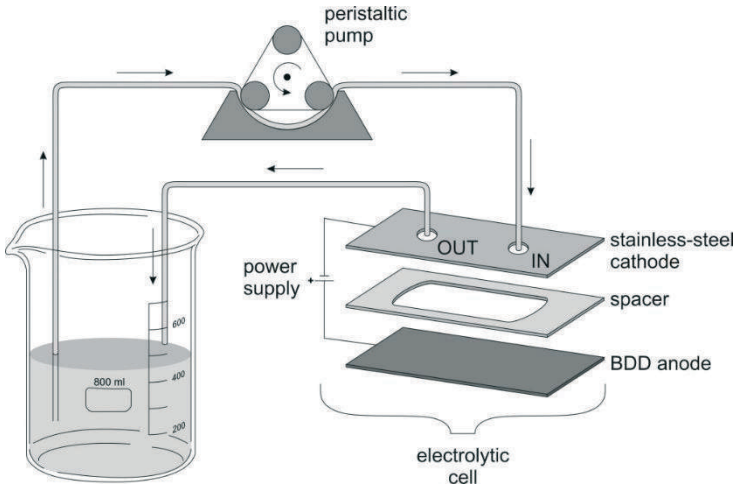


Figure 1. Experimental setup. Electrolytic cell with stainless-steel cathode, spacer and BDD anode was enclosed in Plexiglas housing

Six experimental treatments with different water mixture solutions of APSs and additional common organic substances are presented in the paper. The concentrations of added substances in each experimental treatment are presented in Table 1. The treatments T_{100} and T_{10} are referred to the water solutions with 100 and 10 µg/L of each APS added. The treatments T_{10u}, T_{10cy} and T_{10mc} are referred to water solutions with 10 µg/L of each APS to which urea, cysteine and microcrystalline cellulose were added, respectively. The treatment T_{mix} refers to water solution with APS added in concentrations most often found in the literature reporting on the presence of APS in wastewater (Gomez et al., 2007; Fick e al., 2010; Deblonde et al., 2011).

The concentration of APS in treated (TS) and untreated samples (US) were determined by Liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) in Agilent 1290 Infinity Ultra high performance liquid Chromatograph coupled to an Agilent 6460 triple quadrupole mass spectrometer (Agilent Technologies, USA). The injection volume was 1µL and 5µL for 100 µg/L and 10 µg/L concentration samples, respectively. The mobile phase A was 0.1% HCOOH in MilliQ water and mobile phase B was acetonitrile. The chromatographic separation was performed on a Kinetex 50 2.1 mm C18 column with 2.6 µm particles by the following gradient: time points: 0-0.5-1.1- 1.2-1.3-2.0-2.5 min, % mobile phase B:5-5-9-40-50-60-60 and flow rates:0.35-0.35-0.35-0.65-0.65-0.65.-0.65 mL/min. Total run time was 3.2 min. Instrument control, data acquisition and quantification were performed by MassHunter Workstation software. The removal efficiency (RE) was calculated as (1).

$$RE\ (\%) = (US - TS)/US \times 100 \quad (1)$$

Chemical oxygen demand (COD) of the prepared synthetic water mixtures was measured by Nanocolor tests 0-29 and 0-26 (Macherey-Nagel, Germany) and spectrophotometrically determined (ISO 15705). Electrical conductivity of the water samples was measured with conductivity sensor Multi 3430 (WTW, Germany).

Table 1. Prepared water solutions with different concentrations of added active pharmaceutical substances (APS) and common organic substances treated in a single compartment electrolytic cell with boron doped diamond anode (T_{100} and T_{10} refer to the water solutions with 100 and 10 μg/L of each APS added; T_{10u}, T_{10cy}, T_{10mc} refer to treatments with added 10 μg/L of each APS, urea, cysteine and microcrystalline cellulose, respectively; T_{mix} refers to water solution with different APS concentrations).

Experimental treatment	**T_{100}**	**T_{10}**	**T_{10u}**	**T_{10cy}**	**T_{10mc}**	**T_{mix}**
Active pharmaceutical substance (μg/L)						
Amoxicillin	100.00	10.00	10.00	10.00	10.00	1.00
Ciprofloxacin						100.00
Metoprolol						1.20
Bisoprolol						0.42
Diclofenac						5.45
Clofibric acid						0.20
Fluoxetine						0.29
Carbamazepine						5.00
Imatinib						1.00
Simazine						0.69
Atrazine						0.037
Common organic substance (mg/L)						
Urea	/	/	90	/	/	/
Cysteine	/	/	/	179	/	/
Microcrystalline Cellulose	/	/	/	/	300	/

3. RESULTS

Based on reports from scientific literature (Gomez et al., 2007; Fick e al., 2010; Deblonde et al., 2011) on commonly occurring APS in wastewater and freshwater resources, 11 different APS have been selected to test their degradation potential in electrolytic cell. Pharmacological groups considered in the test were antibiotics amoxicillin and ciprofloxacin, beta blockers metoprolol and bisoprolol, nonsteroidal anti-inflammatory drug diclofenac, anticonvulsant carbamazepine, antidepressant fluoxetine, anti-cancer drug imatinib and metabolite of antilipidemic agent clofibric acid. The phytopharmaceuticals tested were atrazine and simazine.

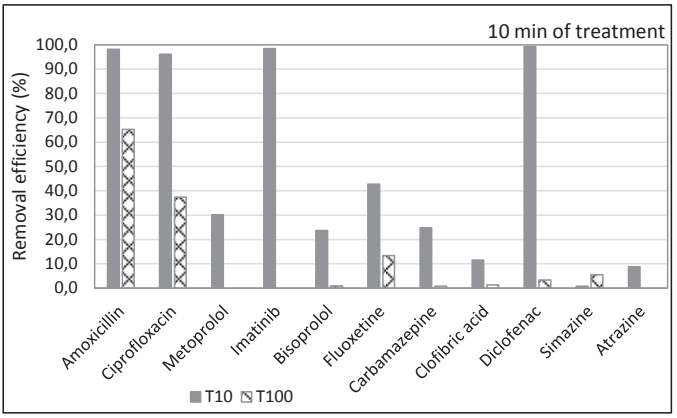


Figure 2. Removal efficiency of active pharmaceutical substances prepared in two concentration mixtures (T_{10} = 10 µg/L and T_{100} = 100 µg/L of each APS diluted in drinking water) after 10 minutes of electrochemical treatment in electrolytic cell with boron doped diamond electrode.

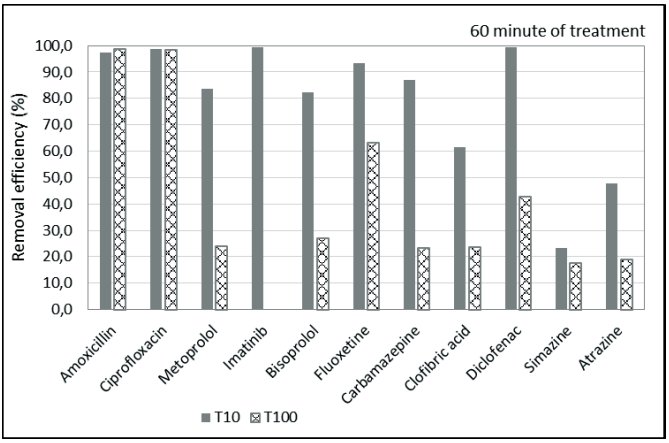


Figure 3. Removal efficiency of active pharmaceutical substances prepared in two concentration mixtures (T_{10} = 10 µg/L and T_{100} = 100 µg/L of each APS diluted in drinking water) after 60 minutes of electrochemical treatment in electrolytic cell with boron doped diamond anode.

The removal efficiency of 11 APS diluted in two synthetic water mixture after 10 and 60 minutes of treatment in the electrolytic cell is presented in the Figures 2 and 3, respectively. The synthetic mixtures were prepared in two concentration ranges of APS, 10 µg/L of each APS (T_{10}) and 100 µg/L of each APS (T_{100}), with consequently different chemical oxygen demand (COD), 200 and 1890 mgO_2/L, respectively. After 10 minutes of electrochemical treatment, four APS (amoxicillin, ciprofloxacin, imatinib, diclofenac) exhibited very high concentration reduction efficiency (> 96%) in T_{10} treatment (Figure 2). After 60 minutes of treatment, also metoprolol, bisoprolol, fluoxetine and carbamazepine

exhibited more that 80% concentration reduction efficiency in T_{10} treatment (Figure 3). The reduction efficiency in T_{100} treatment was much lower; only the concentration of both antibiotics, amoxicillin and ciprofloxacin dropped in a very high percentage (> 98%) after 60 minutes of treatment (Figure 3).

The results proved that the capacity of the electrolytic cell in the given arrangement (BDD/stainless steel electrode, 1.6 mL treatment working volume, current density 37.5 mA/cm^2) was sufficient for the complete degradation of the APS in their inflow concentration of 10 μg/L and COD 200 mgO_2/L after 60 minutes of treatment (Figure 2). More than 60% reduction efficiency for the above listed APS was achieved already after 30 minutes of treatment (data not shown). For the higher mass loads of complex organic compounds, as it was in T_{100} treatment, with COD 1890 mgO_2/L, longer exposure in the electrolytic cell would be needed or higher current densities used. It should be noted that the electric conductivity of the electrolyte (treated water in our case) was 564 μS/cm in average, which presents a low electric conductivity of the electrolyte and hinders the production of hydroxyl radicals. In the real sewage wastewater samples, a higher electric conductivity, around 1000 μS/cm can be expected (Davis, 2010). Lower treatment efficiency of high COD inflow indicates also a need of a sufficient pre-treatment of wastewater in primary and secondary processes.

Three tested APS exhibited low concentration reduction efficiency even at low inflow concentration range (T_{10}) and 60 minutes of treatment, 62% clofibric acid, 48% atrazine and 23% simazine (Figure 3). The degradation potential of clofibric acid has been studied by Sires et al. (2006), who confirmed that electrochemical oxidation with BDD can lead to 100% mineralization in aqueous solution of clofibric acid close to saturation (557 mg/L). In their experiments, this has been reached at higher applied current densities and longer treatment time (360 minutes, 100 mA/cm^2, 89 - 557 mg/L initial clofibric acid concentration) compared to our experiment. Polcaro et al. (2005) discussed the difficulties of atrazine (2-Cl-4-ethylamino-6-isopropylamino-1,3,5-triazine) and simazine (2-Cl-4,6-diamminoo-1,3,5-triazine) herbicides degradation, which degradation intermediate is chemically highly inert cyanuric acid. They improved the electrochemical degradation of herbicides on BDD anode by addition of H_2SO_4 as a supporting electrolyte. In this case, persulphate ions ($S_2O_8^{2-}$) emerge at the anode jointly with hydroxyl radicals. Although the persulphate ions are weaker oxidisers, they are longer-lived, diffuse to the bulk solution and provoke oxidation. Final mineralization of cyanuric acid was successful only under specific current densities and pH conditions.

The degradation potential of carbamazepine, for which relatively high removal efficiency was achieved (87%) at lower inflow concentration ranges (T_{10}) and much lower (23%) at high inflow concentration ranges of APS (T_{100}), was further tested in four other water mixture combinations. The variant of T_{10} was tested with a separate addition of three common organic substances (urea T_{10U}, cysteine T_{10cy} and cellulose T_{10mc}). The sixth treatment (T_{mix}) was performed with a water mixture of APS in concentrations expected in real wastewater with five μg/L of carbamazepine added (Table 1). The degradation of the carbamazepine increased with exposure time to electrochemical oxidation in electrolytic cell in all tested variants (Figure 4). Lowering the overall inflow mass load of APS resulted in increased carbamazepine reduction efficiency, evident from T_{100}, T_{10} and T_{mix} variants on the same Figure. The addition of common organic substances reduced the

removal efficiency of carbamazepine. The carbamazepine degradation was hindered the most by the addition of amino acid cysteine, where only 26% removal efficiency after 60 minutes of treatment was achieved. A lower slowdown of the carbamazepine degradation was caused by the addition of urea and microcrystalline cellulose, achieving 75% and 85% degradation efficiency after 60 minutes of treatment, respectively (Figure 4). The influence of the added common organic substances on the carbamazepine degradation can be explained by the ease of their degradability and therefore the amount of the formed oxidative groups (e.g. hydroxyl radicals) that need to be spent for their degradation (Chen, 2004). The degradation efficiency of pure water solution of the same amount of cysteine as it was in T_{10cy}, was only 14%, while the efficiency of cellulose degradation reached 70% after 60 minutes of treatment in the electrolytic cell, supporting the explanation of the above results. These results indicate again on the need of a prior overall degradability testing of the treated wastewater and achievement of a sufficient reduction of easily degradable organic matter prior to the entrance into electrolytic cell to achieve energy-efficient electrochemical degradation of remained persistent organic compounds.

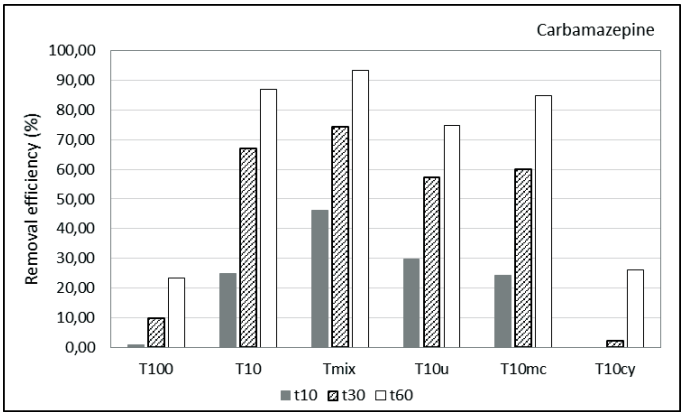


Figure 4. Removal efficiency of carbamazepine in six different water mixtures with added active pharmaceutical substances and common organic substances (described in Table 1) after 10 (t10), 30 (t30) and 60 (t60) minutes of electrochemical treatment in electrolytic cell equipped with boron doped diamond electrode.

CONCLUSION

The laboratory tests in the single compartment electrolytic cell equipped with BDD anode and stainless steel cathode gave optimistic answers on the potential of degradability of pharmaceuticals, which can be expected in sewage and outflows from WWT plants. Additionally, the results on degradability of two herbicides with BDD have been tested. The reduction efficiency of amoxicillin, ciprofloxacin, metoprolol, imatinib, bisoprolol, fluoxetine, carbamazepine and diclofenac was more than 80% from the water mixture with 10 μg/L of their initial concentrations, after 60 minutes of treatment and 37.5 mA/cm^2 current density applied. For the further determination of the pilot plant configuration, the experiments will be dedicated to the testing of other electrode material and their

placement, flow rate, power supply mode and optimisation of the current density. The level of completeness of mineralisation of APS is being followed by COD analysis and degradation metabolites are being followed by liquid chromatography with tandem mass spectrometry. Their presentation exceeds the frames of this paper.

ACKNOWLEDGMENTS

The research was performed within LIFE+ project: LIFE13 ENV/SI/466 LIFE PharmDegrade supported by financial mechanism LIFE Environment of European Commision.

REFERENCES

[1] Bolong, N., Ismail, A. F., Salim, M. R., Matsuura, T., (2009): *A review of the effects of emerging contaminants in wastewater and options for their removal*, Desalination 239, 229-246.

[2] Chen, G., (2004): *Electrochemical technologies in wastewater treatment*, Separation and Purification Technology 38, 11-41.

[3] Cleuvers, M., (2003): *Aquatic ecotoxicity of pharmaceuticals including the assessment of combination effects*, Toxicol Lett, (142), 185-94.

[4] Deblonde, T., Cossu-Leguille, C., Hartemann, P., (2011): *Emerging pollutants in wastewater: A review of the literature*, International Journal of Hygiene and Environmental Health 214, 442-448.

[5] Donner, E., Kosjek, T., Qualmann, S., Kusk, K.O., Heath, E., Revitt, D.M., Ledin, A., Andersen H.R., (2013): *Ecotoxicology of carbamazepine and its UV photolysis transformation products*, Science of the Total Environment 443, 870-876.

[6] Feng, L., van Hullebusch A.D., Rodrigo, M.A., Esposito G., Oturan, M.A., (2013): *Removal of residual anti-inflammatory and analgesic pharmaceuticals from aqueous systems by electrochemical advanced oxidation processes*, Chemcal Engineering Journal 228, 944-964.

[7] Fick, J., Lindberg, R.H., Tysklind M., Larsson D.G.J., (2010): *Predicted critical environmental concentrations for 500 pharmaceuticals*, Regulatory Toxicology and Pharmacology 58, 516-523.

[8] Gomez, M.J, Martinez Bueno, M.J., Lacorte, S., Fernandez-Alba, A.R., Agüera, A. (2007): *Pilot survey monitoring pharmaceuticals and related compounds in a sewage treatment plant located on the Mediterranean coast*, Chemosphere 66, 993-1002.

[9] Richardson, S. D., and T. A. Ternes, 2014, *Water analysis: emerging contaminants and current issues*, Anal Chem, v. 86, 2813-48.

[10] Sirés, I., Cabot, P. L., Centellas, F., Garrido, J. A., Rodríguez, R. M., Arias, C., Brillas, E. (2006), *Electrochemical degradation of clofibric acid in water by anodic oxidation: Comparative study with platinum and boron-doped diamond electrodes*, Electrochimica Acta 52, 75-85.

[11] Davis M.L., (2010): *Water and Wastewater Engineering. Design Princilpes and*

Practice. Mc Graw Hill Companies Inc., 1301 p.

[12] Polcaro, A.M., Vacca, A., Mascia M., Palmas, S., (2005): *Oxidation at boron doped diamond electrodes: an effective method to mineralise triazines*, Electrochimica Acta 50, 1841-1847.

AUTHORS

Andrej Meglič [a]
Gorazd Lakovič [a]
Tinkara Rozina [b]
Anita Klančar [c]
Jurij Trontelj [c]
Albin Kristl [c]
Robert Roškar [c]
Neža Finžgar [b]
Maja Zupančič Justin [a]
Marko Gerl [a]

[a] Arhel d.o.o., Pustovrhova ulica 15, 1210 Ljubljana-Šentvid, Slovenia, andrej.meglic@arhel.si; gorazd.lakovic@arhel.si; maja.justin@arhel.si; marko.gerl@arhel.si;

[b] Envit d.o.o., Vojkova cesta 63, 1000 Ljubljana, Slovenia, tinkara.rozina@gmail.com; neza.finzgar@envit.si

[c] University of Ljubljana, Faculty of Pharmacy, Aškerčeva 7, 1000 Ljubljana, Slovenia, jurij.trontelj@ffa.uni-lj.si; robert.roskar@ffa.uni-lj.si; anita.klancar@ffa.uni-lj.si; albin.kristl@ffa.uni-lj.si

R 4.09.

REAL-TIME PHYTOPLANKTON QUANTIFICATION USING CHLOROPHYLL A AND PHYCOCYANIN FLUORESCENCE SENSORS

Tinkara Rozina, Andrej Meglič, Gorazd Lakovič, Marko Gerl, Domen Leštan, Maja Zupančič Justin, Neža Finžgar, Bojan Sedmak

SUMMARY: The management of fresh water bodies imposes to evaluate the presence of contaminants of both biological and anthropogenic origin and phytoplankton monitoring as the key element in the assessment of environmental water quality. Poor water quality and consequent cyanobacterial blooms represent a remarkable environmental risk with negative economic effects. Cyanobacteria are of an exceptionally high concern due to their ability of massive toxin production. Their early detection and prevention of bloom formation is of paramount importance. With the implementation of the Bathing water directive cyanobacterial monitoring becomes compulsory in the European Union. The project Innovative technology for cyanobacterial bloom control "LIFE Stop CyanoBloom" is a demonstration project co-financed by LIFE Environment financial mechanism of the European Commission. The aim of the project is a demonstration of remotely controlled vessel equipped with *on-line* sensors and embedded electrolytic cell for simple and effective determination of defined physical, chemical and biological parameters and prevention of cyanobacterial proliferation. The results obtained by using our fluorometric detection system showed high correlation with the data obtained by traditional methods with several advantages such as low costs of operation, high spatial and temporal resolution and real time information on the changes in plankton populations.

KEY WORDS: Harmful bloom, cyanobacterial bloom, fluorescence sensor, *in vivo* fluorescence, phytoplankton, bacterioplankton.

KVANTIFICIRANJE FITOPLANKTONA U REALNOM VREMENU UZ KORIŠTENJE FLUORESCENTNIH SENZORA ZA KLOROFIL A I FIKOCIJANIN

SAŽETAK: Upravljanje slatkovodnim tijelima nameće ocjenu prisutnosti kontaminirajućih tvari biološkog i antropogenog porijekla i monitoring fitoplanktona kao ključni element ocjene ekološkog stanja vode. Loša kakvoća vode i, kao posljedica toga, cvjetanje cijanobakterija predstavljaju velik rizik za okoliš s negativnim gospodarskim učincima. Cijanobakterije su iznimno veliki problem zbog njihove sposobnosti proizvodnje velikih količina toksina. Njihovo rano otkrivanje i sprječavanje pojave cvjetanje su od najveće važnosti.

Provođenjem Direktive o kakvoći vode za kupanje monitoring cijanobakterija postaje obvezan za EU. Projekt Inovativna tehnologija za kontrolu cvjetanja cijanobakterija "LIFE Stop CyanoBloom" je pilot projekt koji sufinancira LIFE, financijski instrument Europske komisije namijenjen aktivnostima zemalja EU u područjima zaštite okoliša. Cilj projekta je demonstriranje plovila na daljinsko upravljanje opremljenog *online* senzorima i s ugrađenom elektrolitskom jedinicom za jednostavno i učinkovito utvrđivanje definiranih fizičkih, kemijskih i bioloških pokazatelja i sprječavanje razmnožavanja cijanobakterija. Rezultati dobiveni primjenom našeg sustava za fluorometrijsku detekciju pokazali su veliku korelaciju s podacima dobivenim tradicionalnim metodama, uz nekolicinu prednosti poput niskih troškova rada, velike prostorne i vremenske rezolucije i informacija o promjenama planktonskih populacija u realnom vremenu.

KLJUČNE RIJEČI: štetno cvjetanje mora, cvjetanje cijanobakterija, fluorescentni senzor, *in vivo* fluorescencija, fitoplankton, bakterijski plankton.

1. INTRODUCTION

Phytoplankton monitoring is one of the key elements of water quality assessment and is essential in determining ecological status of lakes according to Water framework directive (Directive 2000/60/EC). Traditional methods of phytoplankton monitoring include the assessment of Secchi disk water transparency, phytoplankton sampling, species composition, taxonomic classification, biomass and chlorophyll *a* (Chl *a*) determination. Laboratory standardisation of Chl *a* determination and simplicity of Secchi disk use enabled the development of standards of general water trophic state (Caspers 1984). The microscopic counting and taxonomic classification give very accurate data on species composition and their biovolume in samples. However, there are several limitations of these approaches. Laboratory analyses are time consuming and highly trained personal is needed for species determination. Such monitoring therefore results in high costs, with the results that reflect only a current situation at the sampling site. Because of specific migration patterns and specific occurrence of cyanobacteria on a daily, seasonal and weather-induced basis, occasionally taken samples may give misleading results, underestimate or even overlook the presence of harmful cyanobacteria (Walsby *et al., 2004*).

Faster and simple monitoring methods are therefore needed, giving real-time results on a detailed spatial and temporal scale. Monitoring should reflect the continuous dynamics of plankton migration. One of such simple *in vivo* techniques is the use of *in vivo* fluorometry based on direct measurements of the fluorescence of photosynthetic and other accessory pigments of autotrophic planktonic organisms (Richardson *et al*., 2010). While Chl *a* is a primary photosynthetic pigment present in all photosynthetic organisms, specific accessory pigments are associated only to certain groups of algae and cyanobacteria. Cyanobacteria contain accessory pigments from the phycobiliprotein family, among which phycocyanin (PC) is predominant. Chl *a* and PC have a strong fluorescence response at different wavelengths of the visible part of the light spectrum, which enables differentiation between both groups of organisms with simultaneous estimation of their concentration (Gregor and Maršalek 2004; Gregor *et al*., 2007). The method enables processing of a large quantity of data on a real-time scale and therefore faster reaction

in the case of cyanobacterial exponential growth. Simultaneous implementation of Chl *a* and PC fluorescence sensors enables the distinction between phytoplankton and bacterioplankton.

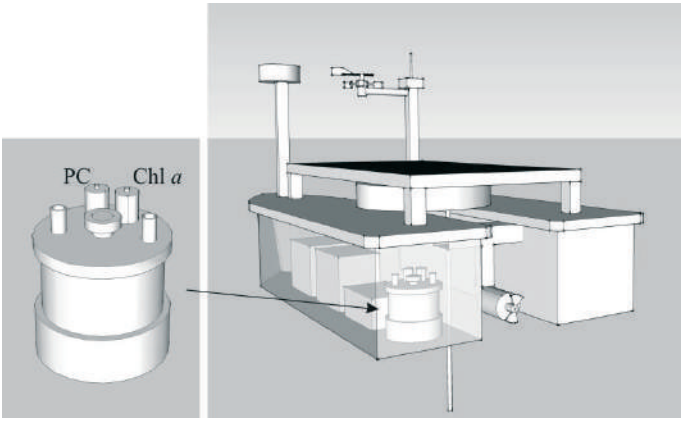


Figure 1. Flow-through chamber fitted with Chl a and PC sensors (left) and its position in autonomous vessel (right) (Arhel Ltd., Slovenia).

With the aim to improve phytoplankton monitoring techniques and demonstrate an efficient control of harmful cyanobacterial blooms, a demonstration project "LIFE Stop CyanoBloom" has been supported by the European Commission. The aim of the project is to present our autonomous remotely controlled vessel equipped with advanced on-line sensors and a device for suppressing the development of cyanobacterial blooms that is based on electrochemical principles. Two autonomous surface vessels (ASV) developed by Arhel Ltd. will be in operation on two Slovenian water bodies, Koseze pond in Ljubljana (Stop CyanoBloom 1) and Lake Bled (Stop CyanoBloom 2).
The goal of our first field trials was to validate the use of flow-through sensing chamber equipped with fluorescence sensors in the natural environment using the portable suitcase version of the sensing system. These activities enabled the upgrade of previous laboratory calibration experiments that were performed on single strain algal and cyanobacterial cultures, with data from the natural environment. These experiments were the first steps of the interpretation of obtained fluorescent signals for phytoplankton presence and structure determination. The transfer of the measuring chamber on board the autonomous vessel as a recessed version enables the implementation of multiple measurements that give us an excellent spatiotemporal resolution, which is not possible to achieve using traditional phytoplankton monitoring approaches.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Site description

Sampling site 1: fishpond Koseze former clay pit (Latitude 46°4´2.51´´N, Longitude 14°28´7.92´´E, 305 m altitude, 37000 m^2, 55000 m^3, 3 m max depth).
Sampling site 2: Lake Bled (Latitude 46°21´50.15´´N, Longitude 14°5´40.09´´E, 475 m altitude, 1.43 km^2, 25.7 10^6 m^3, 30 m max depth).

2.2. Water sampling

Vertical profile of the water column has been sampled on the Lake Bled. The sampling station was located on the west side of the island. In fluorescence analysis experiment the water was pumped directly into the sensing chamber. Profiles were measured on 15th and 30th of September 2014 and on 29th of October 2014. The strategy of one sampling point in the middle of the water body has been applied on Koseze fishpond. Water samples were collected from the depth of 30 cm. The pond water was monitored on a weekly basis from May 2014 to end of September 2014. Sampling was conducted between 10 a.m. and 2 p.m..

2.3. Determination of chlorophyll a and phycocyanin

Chlorophyll a was extracted and the concentrations determined spectrophotometrically according to ISO 10260 (2001) (extraction with 90 % ethanol and determination at 665 and 750 nm) while PC was extracted according to the modified protocol from the intercalibration testing coordinated by Yéprémian (personal communication) with freezing-thawing-sonication procedure followed by spectrophotometric determination at 565, 620, 650 and 750 nm. Samples were prepared and measured in triplicate. The results were calculated according to SIST ISO 10260 (2001) and Lee at al. (1994) for Chl *a* and PC, respectively.

2.4. Taxonomic analysis

Samples were analysed with the use of an inverted microscope for phytoplankton and bacterioplankton species composition and abundance (John *et al*., 2002). All analyses were performed on the same water samples including fluorescence measurements.

2.5. Sensory device description

The portable KM 245 water quality system (Arhel Ltd., Slovenia) is equipped with Chl *a* and PC fluorescent sensors (Cyclops7, Turner, U.S.A.) in a flow-through dark chamber and with data transfer module. The system consists of a pump that delivers environmental water to the sensing chamber and a photovoltaic module with battery for undisturbed use also in field conditions. The sensors are equipped with a self-cleaning device. The PC probe excites the cyanobacterial PC at 595 nm and measures the fluorescence emission at 650 nm, whereas Chl *a* sensor excitation is at 460 nm and the emission measured at 685 nm. The KM 245 system is interconnected with RS232 interface to a personal computer using software for data transfer. The results are presented as relative units (r.u.).

2.6. Quantitative sensory testing

The samples from Koseze fishpond were kept in plastic containers and brought to the laboratory. The recordings of fluorescence were performed immediately after delivery. The samples were transferred into the sensing chamber and fluorescence recorded. For the recordings at the location of Lake Bled, the water was pumped directly into the chamber from different depths.

The sensory unit as it is in the portable water quality system KM 245 (Arhel, Slovenia) is also built-in the autonomous vessel for further demonstration purposes in the framework

of LIFE Stop CyanoBloom project. In situ fluorescence data measured during the field operations and data from laboratory measurements were compared with conventional sampling and taxonomic analysis.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Toxic cyanobacterial blooms are a common phenomenon in the surface waters of Slovenia and Microcystis aeruginosa is the most frequent bloom forming cyanobacteria in eutrophic and hypertrophic water bodies. This is mainly due to intensive agricultural activities in our country (Sedmak and Kosi, 1997). The fishpond Koseze was the site of regular presence of cyanobacterial blooms until restoration measures in 2010. One of the reasons for choosing this fishpond for our field experiments is the likelihood of the possibility of repopulation by cyanobacteria. The radical clearing of foreshore and aquatic vegetation that plays an important role in self-purification of the water could favour the reappearance of cyanobacterial blooms. In 2014 the taxonomic analysis showed a predominance of phytoplankton with cyanobacteria barely reaching 1 % of the biomass (average 0.44 %, range 0.04-2.82 %). Traditional biomass determination that includes phytoplankton counting and the measurement of single representatives is time-consuming, laborious and therefore expensive. In spite of all, cell counting is not always accurate especially when the cell concentrations are below 105 cells/ml. Planktonic Chl *a* is recognized as a parameter of choice for describing water quality (Water framework directive, 2000/60/EC). It is also an important parameter in the OECD's (Organisation for Economic Cooperation and Development) eutrophication modelling approach. However, the amount of Chl *a* extracted from phytoplankton also depends on a variety of factors, including the variability of photobiont genera and species presence and most important of these, on extraction efficiencies. In our experiments the use of fluorescence sensors shows an excellent correlation (r^2=0.9678) between Chl *a* extraction and measurements with Chl *a* fluorescence *in vivo* (Figure 2). Because of the negligible presence of cyanobacteria the data from the PC sensor were very low and in the range of backscattering almost all the time of the field experiments.

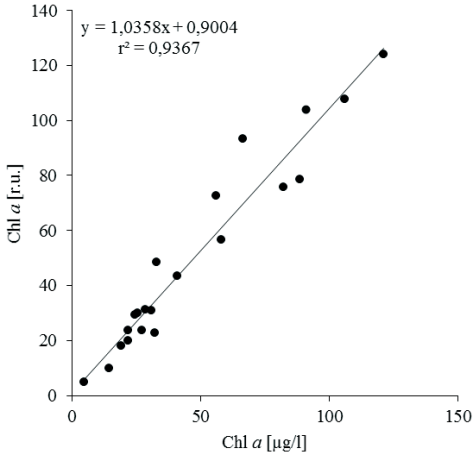


Figure 2. Correlation between the amounts of extracted chlorophyll and chlorophyll fluorescence determined in vivo in water samples from the fishpond Koseze.

Lake Bled in Slovenia is one of the few natural lakes in our country. It is a popular tourist destination what has become a heavy burden to the lake water environment. This relatively deep lake with characteristic thermal stratification is the site of regular cyanobacterial blooms (Vrhovšek *et al*., 1982; Sedmak and Kosi, 1997). Species that usually prevail because of their high proliferation are the filamentous Planktothrix rubescens (Oscillatoria rubescens has been redefined as Planktothrix rubescens), Anabaena flos-aquae, Aphanizomenon flos-aquae and occasionally representatives of the genus Microcystis spp. (Vrhovšek *et al*., 1982; Vrhovšek *et al*., 1985; Sedmak and Kosi, 1991; Sedmak and Kosi, 1998; Sedmak and Kosi, 2002).

Regular and persistent cyanobacterial blooms were the main reason for restoration measures applied to the lake in the past. The artificial inflow of Radovna River, the application of a modified Imboden model for hypolimnetic outflow as well as the reconstruction of the sewage system in the 1980s significantly improved the lake water quality (Imboden and Gächter 1978; Rismal, 1980; Vrhovšek *et al*., 1985). Also other sub-alpine lakes such as Lake Bourget (France), Lake Garda (Italy) and Lake Bodensee (Germany/Swizerland/Austria) that are major tourist attractions and constitute important drinking water resources suffer from the presence of cyanobacterial blooms (Salmasso *et al*., 2013; Jacquet, 2005). Programmes to restore the ecological health of the Lake Bourget to reduce nutrient loads and pollution in the lake have been implemented over the past two decades (Jacquet *et al*., 2005). Deep sub-alpine lakes have in common the regular presence of *Planktothrix rubescens* blooms as well as the production of [D-Asp^3] microcystin-RR as the major hepatotoxin (Grach-Pogrebinsky *et al*., 2003; Briand *et al*., 2005). Inspite of all restoration measures cyanobacteria blooms are still persistent on described locations.

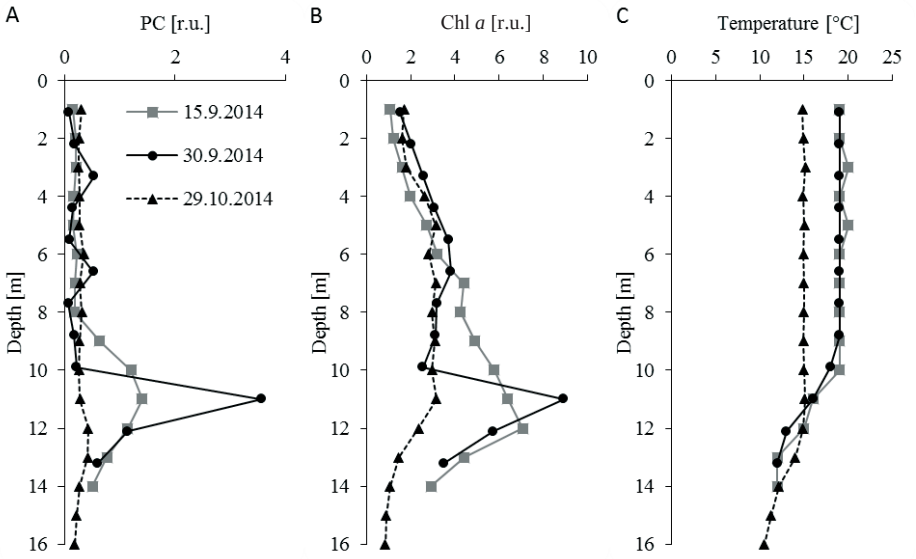


Figure 3. Phyto- and bacterioplankton distribution during the stratified period and during the transition to homogeneously mixed vertical water column. Panel A phycocyanin sensor readings, Panel B chlorophyll a sensor readings and Panel C temperature.

Typical dimictic subalpine lakes like Lake Bled mix from the surface to bottom twice a year in spring and autumn (overturn) and stratify in summer and in winter. These dynamic events strongly affect the distribution of the plankton community. To additionally complicate the situation the depth of the mixed layer (Zmix) additionally exhibits micro stratification that may change at scales of minutes rather than days or weeks (Coloso *et al*., 2011).

Autonomous mobile robotics has recently gained interest all over the world. As an example, scientists of the limnological station in Kilchberg Switzerland developed the autonomous surface vessel equipped with YSI 6600 multiparameter sensor for surveying toxic cyanobacterial blooms on the lake of Zurich (Hitz *et al*., 2012).

Real time detection of phyto- and bacterioplankton in Lake Bled was possible as the result of productive interdisciplinary cooperation. Cyanobacterial bloom is clearly detectable in the metalimnion during the stratification period and is distributed throughout the water column during the water mixing periods (Figure 3). At this point we are integrating high resolution data from fluorescence sensors with point measurements.

CONCLUSION

For modelling the Lake Bled ecosystem large amounts of data is needed due to system complexity and constantly changing patterns. The study of the planktonic community using conventional methods only, does not meet the needs of modern approaches. Observations of both, the microbial variables and the corresponding environmental parameters, are limited in resolution when obtained by conventional methods. Microorganisms like cyanobacteria that possess their own buoyancy mechanism, function at different spatiotemporal scales than other plankton organisms. Automated sensing technologies are therefore the only available technology able to collect large amounts of accurate and reliable data. So far, most systems for automated data acquisition are marine- and to a lesser extent freshwater stationary buoys that are not designed for gathering information of horizontal plankton distribution in lakes.

We present our new designed ASV that allows sampling at high spatiotemporal resolution and real time data transfer. It is equipped with two fluorescence sensors (Cyclops7, USA) in specially designed sensing chamber. Preliminary results from six months monitoring data on the fishpond Koseze show the seasonal dynamics and significant correlation in spite the phytoplankton seasonal succession. With the simultaneous application of Chl *a* and PC fluorescence sensors we were able to follow the succession of the phytoplankton community in subalpine Lake Bled during the autumn overturn).

Our main goal is to understand and control the cyanobacterial community for optimal performance in sanitation measures.

REFERENCES

[1] *Bathing water directive* (2007/7/EC): http://www.marinet.org.uk/wp-content/uploads/Bathing-Water-Directive-2006-7-EC.pdf (27.2.2015).

[2] Briand, J.F., Jacquet, S., Flinois, C., Avois-Jacquet, C., Maisonette, C., Leberre, B., Humbert, J.F. (2005): *Variations in the microcystin production of Planktothrix rubescens (Cyanobacteria) assessed from a four-year survey of Lac du Bourget (France) and from laboratory experiments*. Microb. Ecol., 50: 418-428.

[3] Caspers, H. (1984): *OECD Eutrophication of waters, Monitoring, Assessment and Control*. Int. Rev. Ges. Hydrobiol. Hydrograph., 69: 200 pp.

[4] Coloso, J.J., Cole, J.J., Pace, M.L. (2011): *Short-term variation in thermal stratification complicates estimation of lake metabolism*. Aquat. Sci., 73: 305–315.

[5] Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy as amended by Decision 2455/2001/EC and Directives 2008/32/EC, 2008/105/EC and 2009/31/EC.

[6] Grach-Pogrebinsky, O., Sedmak, B., Carmeli S. (2004). *Seco*[*D-Asp*^{3}]*microcystin-RR and* [*D-Asp*^{3}*, D-Glu(OMe)*^{6}]*microcystin-RR, two new microcystins from a toxic water bloom of the cyanobacterium Planktothrix rubescens.* Nat. Prod. 67:337-342.

[7] Gregor, J., Maršalek, B. (2004): *Freshwater phytoplankton quantification by chlorophyll a: a comparative study of in vitro, in vivo and in situ methods*. Water Research, 38: 517–522.

[8] Gregor, J., Maršalek, B. Šipkova, H. (2007): *Detection and estimation of potentially toxic cyanobacteria in raw water at the drinking water treatment plant by in vivo fluorescence method*. Water Res., 41: 228–234.

[9] Hitz, G., Pomerleau, F., Garneau, M.E., Pradalier, C., Posch, T., Perthaler, J., Sieghwart, R.Y. (2012): *Autonomous inland water monitoring. Design and application of a surface vessel*. IEEE Robotics Automation Mag., 19: 62-72.

[10] Imboden, D., Gächter R. (1978): *A dynamic lake model for trophic state prediction*. Ecol. Modelling, 4: 77-98.

[11] *John, D.M., Whitton, B.A., Brook, A.J. (Ed.) (2002): The Freshwater Algal Flora of the British Isles: An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae. Cambridge University Press, 702 pp.*

[12] Jacquet, S., Briand, J.F., Leboulager, C., Avois-Jacquet, C., Oberhaus, L., Tassin, B., Vinçon-Leite, B., Paolini, G., Druart, J.C., Anneville, O., Humbert, J.F. (2005): *The proliferation of the toxic cyanobacterium Planktothrix rubescens following restoration of the largest natural French lake (Lac du Bourget)*. Harmful Algae, 4: 651-672.

[13] Lee, T., Tsuzuki, M., Takeuchi, T., Yokoyama, K., Karupe, I. (1994): *In vivo fluorimetric method for early detection of cynobacterial waterblooms*. J Appl Phycol, 6: 489-495.

[14] Richardson, T.L., Lawrenz, E., Pincney, J.L., Guajardo, R.C., Walker, E.A., Paerl, H.W., MacIntyre, H.L. (2010): *Spectral fluorometric characterization of phytoplankton community composition using Algae Online Analyser®*. Water Res., 44: 2461-2472.

[15] Rismal, M. (1980): *Presoja posameznih metod za sanacijo Blejskega jezera*. Gradbeni Vestnik, 29: 34–46.

[16] Salmaso, N., Boscaini, A., Shams, S., Cerasino, L. (2013): *Strict coupling between the development of Planktothrix rubescens and microcystin content in two nearby lakes south of the Alps (lakes Garda and Ledro)*. Ann. Limnol.-Int.J.Lim. 49: 309-318.

[17] Sedmak, B., Kosi, G. (1991): *Alge i njihovi toksini u našim vodama. (Povodom masovne pojave modrozelenih algi Aphanizomenon flos-aquae u Bledskom jezeru)*. Vodoprivreda 23: 265-272.

[18] Sedmak, B., Kosi, G. (1997): *Microcystins in Slovene freshwaters (Central Europe)-First report*. Nat. Toxins, 5:64-73.

[19] Sedmak, B., Kosi, G. (1998): *The role of microcystins in heavy cyanobacterial bloom formation*. J. Plankt. Res., 20: 691-708.

[20] Sedmak, B., Kosi, G. (2002): *Harmful cyanobacterial blooms in Slovenia – Bloom types and microcystin producers*. ABS, 45: 17-30.

[21] SIST ISO 10260 (2001): *Water quality -- Measurement of biochemical parameters -- Spectrometric determination of the chlorophyll-a concentration.*

[22] Vrhovšek, D., Kosi, G., Zupan, M. (1982): *The effect of water chemistry and phytoplankton of artificial inflow of the river Radovna into Lake Bled (Yugoslavia)*. Hydrobiologia 96: 225-242.

[23] Vrhovšek, D., Kosi, G., Kralj, M., Bricelj, M., Zupan, M. (1985): *The effect of lake restoration measures on the physical, chemical and phytoplankton variables of Lake Bled*. Hydrobiologia 127: 225-228.

[24] Walsby, A.E., Ng, G., Dunn, C., Davis, P.A. (2004): *Comparison of the depth where Planktothrix rubescens stratifies and the depth where the daily insolation supports its neutral buoyancy*. New Phytol. 162: 133–145.

ACKNOWLEDGEMENTS:
The monitoring activities with automated surface vessel were performed within the LIFE+ project: LIFE12 ENV/SI/783 LIFE Stop CyanoBloom. The basic laboratory researches on phytoplankton fluorescent sensing and the development of portable KM 245 water quality system were supported by Ministry of Defence, Administration for Civil Protection and Disaster Relief, R. Slovenija, EU (Contract No URSZR 4300-1117/2009-1 and ARRS project L1-5456 (Control of harmful cyanobacteria bloom in fresh-water bodies).

AUTHORS

Tinkara Rozina [a]
Andrej Meglič [b]
Gorazd Lakovič [b]
Marko Gerl [b]
Domen Leštan [c]
Maja Zupančič Justin [b]
Neža Finžgar [a]
Bojan Sedmak [d*]

[a] Envit d.o.o., Vojkova cesta 63, 1000 Ljubljana, Slovenia, tinkara.rozina@gmail.com, neza.finzgar@envit.si

[b] Arhel d.o.o., Pustovrhova ulica 15, 1000 Ljubljana, Slovenia, andrej.meglic@arhel.si, gorazd.lakovic@arhel.si, maja.justin@arhel.si, marko.gerl@arhel.si

[c] Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenia, Domen.Lestan@bf.uni-lj.si

[d] National Institute of Biology, Večna pot 111, 1000 Ljubljana, Slovenia, bojan.sedmak@nib.si

R 4.10.

PROJEKT SUSAN

Jelena Radošević

SAŽETAK: Projekt SUSAN je međunarodni EU projekt u kojem se istražila optimalna metoda kako iz otpadnog mulja koji nastaje kao nusprodukt procesa pročišćavanja otpadnih voda proizvesti kvalitetno fosforno gnojivo koje nije opasno po zdravlje ljudi i ekosustava. Dobiveno gnojivo ne sadrži toksične organske tvari te sadrži neznatnu količinu teških metala. Ekonomska isplativost tehnologije ovisi o cijenama fosfora na svjetskom tržištu. U ovom projektu dokazano je kako je otpadni mulj s uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) zapravo vrijedan resurs nutrijenata koji se može iskorištavati za potrebe poljoprivrede te tako umanjiti ovisnost intenzivne poljoprivrede EU o uvozu fosfata.

KLJUČNE RIJEČI: SUSAN, otpadni mulj, monospaljivanje, termokemijski proces, gnojivo

THE SUSAN PROJECT

SUMMARY: The SUSAN project is an international EU project in which the optimal method to produce quality phosphorus fertilizer from sewage sludge was investigated. Sewage sludge is a by-product of the wastewater treatment process. Fertilizer produced by the SUSAN technology does not contain any toxic organic matter and contains only insignificant quantities of heavy metals. Therefore, it is believed to be safe for human health and ecosystems. Economic feasibility of the SUSAN technology depends on the price of phosphorus on the global market. This project has demonstrated that sewage sludge is actually a valuable source of nutrients which can be exploited for agricultural purposes, thus reducing the dependence of intensive agriculture of the EU on the import of phosphorus.

KEY WORDS: SUSAN, sewage sludge, monoincineration, thermochemical process, fertilizer

1. UVOD

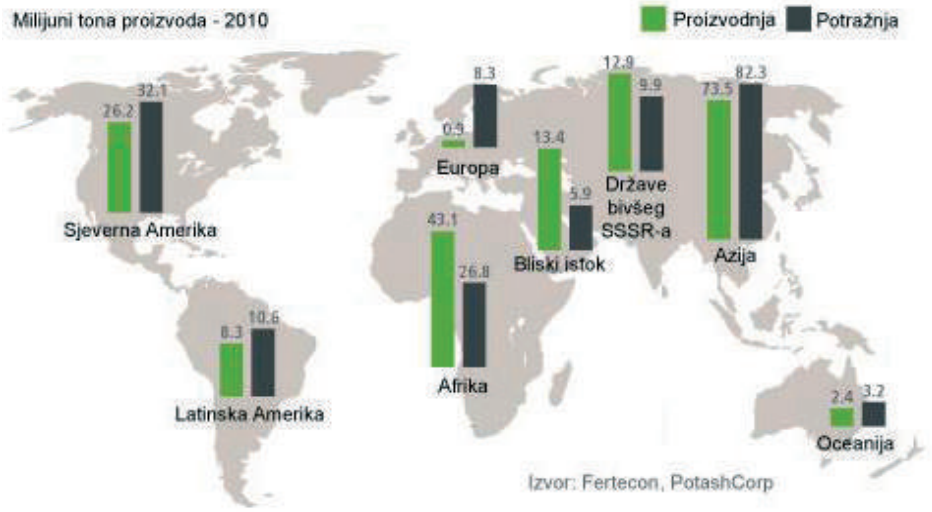
Nusprodukt procesa pročišćavanja otpadnih voda je suspenzija živih, aktivnih mikroorganizama, mrtvih stanica, organskih i anorganskih tvari koja se naziva aktivni mulj (Ševaljević i Jašin, 2011). Stvara se u ogromnim količinama. U EU-15 je 2006.

godine proizvedeno otprilike 222 500 000 t sirovog (neodvodnjavanog i nedigestiranog) aktivnog mulja odnosno 8 900 000 t otpadnog mulja (Rechberger i Klonk, 2007). Odvodnjen, aerobno ili anaerobno stabiliziran i po potrebi naknadno kondicioniran aktivni mulj se prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom naziva otpadnim muljem s uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV-a). Zbog europskih direktiva koje propisuju izgradnju UPOV-a za svako naselje s više od 2000 ekvivalenata (91/271/EEC) te nadogradnju i tehnološko usavršavanje već postojećih UPOV-a (Stasta et al., 2005), količina otpadnog mulja s UPOV-a se svakim danom sve više povećava. Goruće pitanje jest: „Kamo s toliko aktivnog mulja?“

Da bi se kvalitetno odgovorilo na ovo pitanje bitno je prije svega napraviti mali pomak u svijesti ljudi. Otpadni mulj s UPOV-a nije beskorisna masa koje se treba nekako, bilo kako riješiti. Otpadni mulj s UPOV-a je vrijedan resurs, sirovina i to potencijalno profitabilna. Sa stanovišta projekta SUSAN otpadni mulj s UPOV-a je sirovina važna za proizvodnju mineralnog gnojiva jer sadrži relativno veliku količinu fosfora (Korving, 2008). Fosfor je kemijski element neophodan za normalan rast, razvoj i uopće život biljaka (Pevalek-Kozlina, 2003), a biljke su esencijalna hrana životinja i ljudi. Stoga je fosfor sastavni dio mineralnih gnojiva koja se koriste u intenzivnoj poljoprivredi. Uobičajeni izvor fosfora za mineralna gnojiva su fosfatne stijene (Contract, 2004). Radi se o neobnovljivom resursu i kao takvom prijeti mu iscrpljivanje. U Europi nema mnogo fosfatnih stijena (Slika 1). Jedino europsko komercijalno isplativo nalazište fosfora nalazi se u Finskoj (Ylinen, 2007). Stoga EU uvozi goleme količine fosfora (Slika 2) što je nepotrebno s obzirom na druge izvore fosfora od kojih je jedan svakako otpadni mulj s UPOV-a.



Slika 1. Raspodjela nalazišta fosfatne rude u svijetu (Scholz et al., 2010)



Slika 2. Proizvodnja i potražnja fosfatne rude u svijetu (PotashCorp, 2011)

Osim fosfora i brojnih drugih hranjivih tvari, otpadni mulj s UPOV-a sadrži poneke patogene te organske otrove i teške metale (Rechberger i Klonk, 2007) koji nikako ne bi smjeli dospjeti na/u poljoprivredno tlo odnosno u vodotoke, biljke, životinje i čovjeka (Tablica 1).

Tablica 1. Otrovnost nekih teških metala (Springer i Springer, 2008)

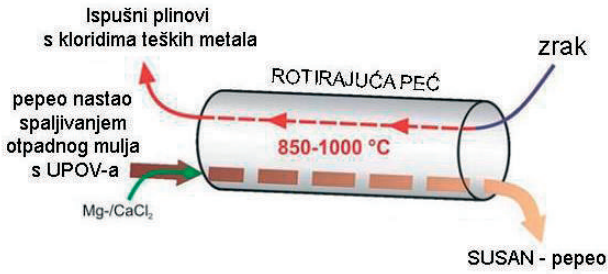
Teški metal	**Hg (živa)**	**Pb (olovo)**	**Cd (kadmij)**
Posljedice trovanja	• sljepoća • gluhoća • poremećaj ravnoteže • poremećaj govora • mentalna retardacija u novorođenčadi • mutacije (blokira diobu stanica, potiče poliploidiju) • oštećenje bubrega • oštećenje probavila • oštećenje srca i krvnih žila	• paraliza mišića • sterilnost • mentalna retardacija djece • oštećenje bubrega • oštećenje jetre • oštećenje srca i krvnih žila	• savijanje i lom kostiju i zglobova uz jake bolove (Itai-Itai bolest) • oštećenje bubrega • oštećenje jetre • oštećenje živčanog sustava
Izvor trovanja (zbog akumulacije teškog metala u hrani)	školjke, ribe	razne biljke (akumulacija putem korijena)	vodeni organizmi, biljke (salata, krumpir, rajčica, mrkva, duhan..)

2. PROJEKT SUSAN

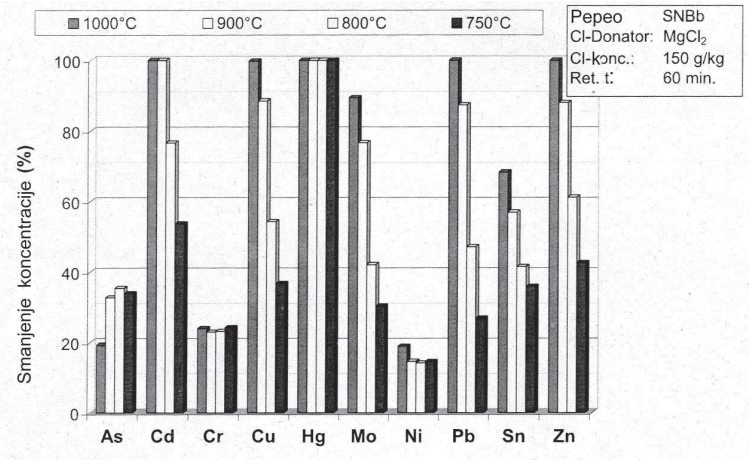
2.1. SUSAN-tehnologija

Na njemačkom "Federalnom institutu za istraživanje i testiranje materijala" ("Bundesanstalt für Materialforschung und prüfung", BAM) istraživalo se kako iz otpadnog mulja s UPOV-a stvoriti kvalitetno fosforno gnojivo koje neće sadržavati organske otrove ni teške metale opasne za zdravlje ljudi i životinja (Contract, 2004).

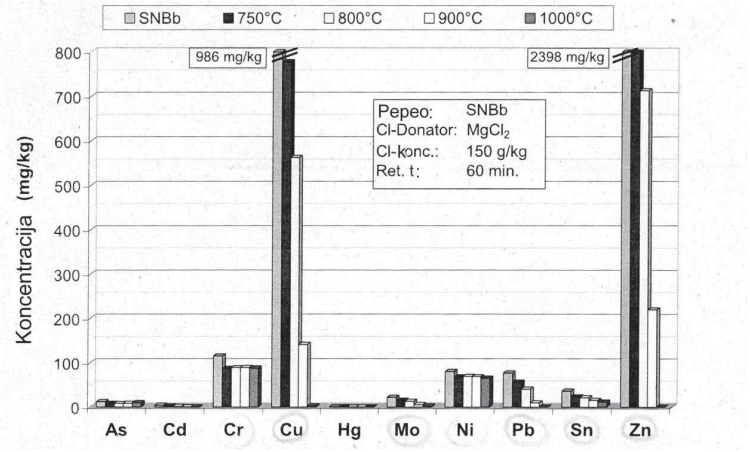
1) Svi patogeni i organski otrovi u aktivnom mulju mogu se ukloniti njegovim spaljivanjem. Da bi se otpadni mulj mogao spaliti, potrebno ga je odvodniti odnosno povećati udio suhe tvari s 4% na 30%. To se postiže na primjer zgušnjavanjem, anaerobnom digestijom i centrifugiranjem sirovog aktivnog mulja.
2) Spaljivanjem odvodnjenog aktivnog mulja na temperaturi između 850 i 950°C potpuno sagorijeva sva organska tvar (uključujući sve patogene). Fosfor i teški metali ostaju dio pepela. Da bi koncentracija fosfora u pepelu bila dovoljno visoka kako bi se taj pepeo kasnije koristio u svrhu dobivanja fosfornog gnojiva, otpadni mulj s UPOV-a se ne spaljuje s drugim vrstama otpada niti u termoelektranama ili cementarama, već u monospalionicama otpadnog mulja iz UPOV-a.
3) Tretiranjem ovog pepela klorom ($MgCl_2$) pri otprilike 900°C (termokemijska obrada) (Slika 3) većina teških metala reagira s klorom tvoreći plinovite kloride, a fosfor zaostaje u pepelu (Slike 4 i 5). Teški metali zapravo se od fosfora odvajaju na temelju agregatnog stanja. Fosfor se u pepelu većim dijelom nalazi u obliku magnezijevog klorida kojeg biljke mogu direktno koristiti za svoje potrebe. (Rechberger i Klonk, 2007).



Slika 3. Termokemijski proces u rotirajućoj peći (Rechberger i Klonk, 2007)



Slika 4. Smanjenje koncentracije teških metala u pepelu tijekom termokemijskog procesa



Slika 5. Koncentracija teških metala u SUSAN-pepelu (Kley, 2006)

2.2. EU projekt SUSAN

BAM je 2006. okupio stručnjake u trogodišnjem multidisciplinarnom međunarodnom EU projektu akronima SUSAN (od engl. „SUstainable and SAfe re-use of municipal sewage sludge for Nutrient recovery", u prijevodu „Održiva i neškodljiva upotreba municipalnog otpadnog mulja s UPOV-a u svrhu iskorištavanja nutrijenata") s namjerom da se ispita izvedivost, učinkovitost i isplativost navedenog procesa odnosno da se taj proces usavrši, prilagodi postrojenjima velikih razmjera i stvarnim potrebama tržišta.

Prvi i ključni korak cijelog projekta bilo je ispitivanje ekonomske isplativosti SUSAN-tehnologije. U obzir su se uzeli:

- cijena izgradnje postrojenja (građevinski radovi, cijena reaktora, sustava za pročišćavanje ispušnih plinova..)

- operativni troškovi (utrošak energije pri svakodnevnom radu, održavanje, osoblje, sirovine, odlaganje nusprodukata...)
- cijena gnojiva na tržištu i cijena njegove distribucije.

Zaključeno je da je SUSAN-tehnologija potencijalno ekonomski isplativa. Naime, njena ekonomska isplativost najviše ovisi o cijeni fosfata na tržištu za koju se pretpostavlja da će rasti. Ta ekonomski ipak povoljna procjena omogućila je provedbu ostalih faza projekta odnosno ispitivanje samog tehnološkog procesa te prilagođavanje tržištu.
"Slibverwerking Noord-Brabant" (SNB) je velika nizozemska monospalionica otpadnog mulja s UPOV-a koja mulj spaljuje u reaktoru s fluidiziranim slojem. Pri tom nastaju taložni pepeo koji se reciklira kao građevinski materijal i mnogo zastupljeniji lebdeći pepeo kojim je SNB opskrbljivala partnere projekta SUSAN.
BAM je izvodio razne pokuse s dobivenim pepelom i kloridima raznih metala pri različitim temperaturama da bi utvrdio najefikasniji način razdvajanja fosfora od teških metala. Pepeo s puno fosfora i malo teških metala („SUSAN-pepeo") proslijedio je institutu "Julius Kühn" gdje se ispitivao učinak tog pepela na poljoprivredne kulture kukuruza i repe.
„ASHDEC" je firma koja je izgradila pravo malo pilotsko postrojenje za SUSAN-tehnologiju u Leobenu, Austriji. Surađivala je s građevinskom firmom „BAMAG" koja je konstruirala SUSAN-postrojenje velikih razmjera. Norveško finski proizvođač gnojiva „Yara" je pomiješala SUSAN-pepeo s kalijevim sulfatom ili kloridom i kompaktirala smjesu kako bi zadovoljila potrebe poljoprivrednika te predložila kako promovirati i distribuirati ovo SUSAN-gnojivo (Ylinen, 2007).
Na „Tehničkom sveučilištu" u Beču SUSAN-tehnologija se uspoređivala s ostalim načinima postupanja otpadnim muljem (Contract, 2004). Analizirajući tok tvari i energije uz pomoć „STAN" softvera procijenila se isplativost SUSAN-tehnologije s obzirom na potrošnju energije i gubitak fosfora prilikom procesa (Rechberger i Klonk, 2007). Zaključilo se da je SUSAN tehnologija isplativa odnosno tehnološki gubici fosfora ne premašuju 2,5% (Radošević, 2013).
Prema zadnjim saznanjima, finska kompanija „Outotec", svjetski poznata po tehnologiji obrade metala i minerala, zainteresirana je sagraditi i koristiti SUSAN-postrojenje, no izgradnja još nije počela. Čini se da je potrebno još malo usavršiti SUSAN-tehnologiju kako bi se pod ekonomski prihvatljivim uvjetima proizvodilo gnojivo na bazi otpadnog mulja s UPOV-a.

ZAKLJUČAK

U projektu SUSAN dokazano je da se otpadni mulj uistinu može iskoristiti za proizvodnju toliko traženog fosfornog gnojiva koje je neškodljivo za zdravlje ljudi i ekosustava. Tehnologija na ovom stupnju doduše još uvijek nije ekonomski isplativa jer je cijena fosfatne rude na tržištu, mada varijabilna, prosječno ipak relativno niska. S druge strane, tehnološko usavršavanje procesa moglo bi pojeftiniti sam proces i učiniti ga uobičajnim. SUSAN-tehnologija objedinjuje rješenja dva velika problema suvremenog društva: problem gomilanja „smeća" i problem iscrpljivanja resursa. Poprlično inovativan i angažiran, projekt SUSAN otvara vrata u novi svijet gospodarenja resursima.
Više o projektu na http://www.susan.bam.de/.

LITERATURA

[1] Contract no. 016079 for specific targeted research or innovation project *Sustainable and Safe Re-use of Municipal Sewage Sludge for Nutrient Recovery (SUSAN)* within the 6th framework programme of the European Union (sub-priority 1.1.6.3. Global Change and Ecosystems), (2004): Annex I - Description of Work

[2] Kley, G., (2006): *Deliverable DO2 – Report on results of lab-scale thermo-chemical trials*, Bundesanstalt für Materialforschung und – prüfung, Germany

[3] Korving, L., (2008): *Deliverable DO6 – Report on results of large scale test runs (incineration facility)*, N.V. Slibverwerking Noord-Brabant, Netherlands

[4] Pevalek-Kozlina, B., (2003): *Fiziologija bilja*, Profil, Zagreb, Hrvatska, 568

[5] PotashCorp Online Overview, (2011): *Nutrients: Phosphate: Rock Reserves Are Geographically Concentrated*, http://www.potashcorp.com/industry_overview/2011/nutrients/23/ (25.08.2013.)

[6] Radošević, J., (2013): *Raspoloživost fosfora u gnojivima nastalim različitim načinima obrade aktivnog mulja*, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu - Prirodoslovno-matematički fakultet - Biološki odsjek, Zagreb, Hrvatska

[7] Rechberger, H., Klonk, J., (2007): *Deliverable DO3 – Report on methodological framework*, Institute for Water Quality, Resources and Waste Management (IWA), Vienna University of Technology, Vienna, Austria

[8] Scholz, R.W., Ulrich, A.E., Cors, R., (2010): *NSSI team proposes global collaboration to address concerns about phosphorus pollution and scarcity*, IED Newsletter 08, http://www.ied.ethz.ch/newsletter/newsletter8/research/research/phosphor (25.08.2013.)

[9] Springer i Springer (2008): *Otrovani modrozeleni planet*, „Meridijani“, Samobor, Hrvatska

[10] Stasta, P., Boran, J., Bebar, L., Stehlik, P., Oral, J., (2006): *Thermal processing of sewage sludge*, Applied Thermal Engineering 26, 1420-1426.

[11] Ševaljević, M., Jašin, D., (2011): Biološki procesi prečišćavanja otpadnih voda, http://www.vts-zr.edu.rs/legacy/index.php?option=com_content&view=article&id=66:ekologija-i-zastita-zivotne-sredine&catid=7:predmeti&Itemid=102 (11.09.2013.)

[12] Ylinen, P., 2007: *Deliverable DO4 – Analysis on the possibilities of the use of recycled phosphorus in the fertiliser industry*, KEMIRA Grow How Oyj, Espoo, Finland

AUTOR

Jelena Radošević, dipl.ing.biol. [a]

[a] Ilica 146, Zagreb, 10 000, Hrvatska, jradosevic@gmail.com

R 4.11.

OSNOVNI POKAZATELJI PET HRVATSKIH KONFERENCIJA O VODAMA

Josip Marušić, Danko Holjević

SAŽETAK: Od 1995. do 2011. godine održano je pet hrvatskih konferencija o vodama (HKOV). Glavni cilj održavanja HKOV je u predstavljanju stručnih i znanstvenih radova s pokazateljima o značenju vode i vodnogospodarskih djelatnosti za cjelokupni društveni i gospodarski razvitak Hrvatske. Važan uvjet održivosti korištenja vodnih resursa jest u osiguranju realnih potreba sadašnjih, ali i budućih korisnika uz provedbu mjera i radova za stalno očuvanje kvalitete vode. Na svakoj HKOV (1995., 1999., 2003., 2007. i 2011.) pored predstavljanja radova, tiskani su i zbornici radova opsega od 1.014 do 1.258 stranica, ukupno 5.747 stranica. U 31 tematskoj skupini ukupno je objavljeno 637 radova na čijoj izradi je sudjelovalo 1.706 koautora s potvrđenim referencama stručnjaka i znanstvenika iz područja hidrotehničkih disciplina i vodnogospodarskih djelatnosti, te suradničkih djelatnosti. Na svakoj HKOV predstavljeno je od 3 do 5 pozivnih radova čiji su koautori bili poznati stručnjaci iz Hrvatske i inozemstva. Glavni organizatori održavanja HKOV su strukovna društva i udruge iz područja vodnogospodarskih i suradničkih djelatnosti.

KLJUČNE RIJEČI: Hrvatske konferencije o vodama, Planiranje, Potrebe, Gospodarenje, Zaštita, Razvoj, Upravljanje

FIVE CROATIAN WATER CONFERENCES

SUMMARY: From 1995 to 2011, five Croatian Water Conferences (HKOV) have taken place, with the primary goal to present professional and scientific papers on the significance of water and water management activities for the entire social and economic development of Croatia. An important condition for sustainable use of water resources is to provide water for the actual needs of both present and future water users and implement measures and works to ensure permanent preservation of water quality. For each Croatian Water Conference (1995, 1999, 2003, 2007 and 2011), apart from presentations, conference proceedings (1014 -1258 pages) were published, equalling a total of 5747 pages, on 31 topics and with 637 papers by 1706 co-authors with confirmed references as experts and scientists in the fields of hydrotechnical engineering and water management. Each Croatian Water Conference presented 3-5 keynotes whose authors were prominent experts from Croatia and abroad. The main organizers of the Croatian Water Conference are professional societies and associations involved in water management and related fields.

KEY WORDS: Croatian Water Conferences, Planning, Needs, Protection, Development, Management.

1. UVOD

Po prijedlogu Stručnog kolegija tadašnjeg Javnog vodoprivrednog poduzeća Hrvatska vodoprivreda, (JVP HV), Upravni odbor je krajem 1993. godine donio Odluku o podupiranju prijedloga strukovnih društava iz područja vodnog gospodarstva i srodnih, odnosno suradničkih djelatnosti o održavanju hrvatskih konferencija o vodama (HKOV) svake četiri godine. Glavni tradicionalni pokrovitelj održavanja 1. HKOV bila je JVP Hrvatska vodoprivreda, a od 1996. godine Hrvatske vode - pravna osoba za upravljanje vodama. Glavni cilj održavanja HKOV je predstavljanje stručnih i znanstvenih radova s pokazateljima o značenju vode i vodnogospodarskih djelatnosti za život ljudi, te cjelokupni društveni i gospodarski razvitak Hrvatske. Vodnogospodarske djelatnosti obuhvaćaju provedbu mjera i aktivnosti u cilju izrade planova i projekata kojima se ostvaruje zaštita od štetnog djelovanja voda, korištenje voda i zaštita voda, a u cilju očuvanja vodnih i prirodnih resursa kao sastavnog dijela održivog razvoja. Društveno-ekonomski odnosi u vodnom gospodarstvu planiraju se u trajnom procesu uzajamnog djelovanja i prilagođavanja svih čimbenika koji dolaze do izražaja u sklopu razvitka svake društvene zajednice. U gospodarenju vodama osnovni je cilj definirati i stvoriti uvjete za postojano uspostavljanje i održavanje ravnoteže ljudskih htijenja i djelovanja, te potreba s jedne strane i prirodnih resursa i procesa s druge strane. Tehnički i tehnološki razvoj i urbanizacija dovode s jedne strane do velikog rasta potreba za vodom, a s druge strane do ugrožavanja vodnih resursa, te prirodnih i ljudskih dobara. Važan uvjet održivosti korištenja vodnih resursa jest u osiguranju realnih potreba sadašnjih, ali i budućih korisnika uz stalno očuvanje kvalitete vode. Sadašnja ulaganja u zaštitu od štetnog djelovanja voda, te korištenje i zaštitu vodnih resursa sastavni su dio kako sadašnjih tako i budućih programa i potreba održivog gospodarenja vodama kao preduvjeta cjelokupnog gospodarskog razvitka.

Imajući u vidu neupitno prirodno, životno i razvojno značenje voda i vodnogospodarskih djelatnosti, u radu se daju osnovni pokazatelji iz predgovora zbornika radova pet hrvatskih konferencija o vodama, a naročito glavne teme, broj radova, te referati po pozivu.

2. PRVA HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA

Prva hrvatska konferencija o vodama održana je u Dubrovniku od 24. do 27. svibnja 1995. godine uz glavni moto „Održivi razvoj i upravljanje vodama“ („Sustainable Development and Water Management“).

U dvije knjige Zbornika radova na ukupno 1.113 stranica objavljeno je 112 stručnih i znanstvenih radova u 9 tematskih skupina. U Predgovoru Zbornika radova pored ostalog navedeno je kako slijedi.

Prva HKOV je mjesto izmjena znanstvenih i stručnih dostignuća o održivom razvoju i upravljanju vodama. Cilj održavanja HKOV je multidisciplinarno i interdisciplinarno sagledavanje, te definiranje kriterija i mjerila za rješavanje problema u vezi s vodama i održivim razvojem. Namjera organizatora HKOV je okupljanje svih znanstvenih i stručnih djelatnika koji sudjeluju u procesu rješavanja problema i zadataka u području

zaštite od štetnog djelovanja voda, korištenja voda, te zaštite voda i mora. Suvremeni model organizacije vodoprivrede treba biti spoj između društvenog utjecaja korisnika voda i čvrstog hijerarhijskog upravljanja u vodoprivrednoj instituciji i poduzećima koja rade na planiranju, projektiranju, izgradnji, održavanju i upravljanju vodoprivrednim objektima i sustavima. Gospodarenje vodama je dinamičan proces uravnoteživanja odnosa čovjeka i vode, odnosno prirode. Društveno-ekonomski odnosi u vodoprivredi i njezin položaj planira se u stalnome procesu uzajamnog djelovanja i prilagođavanja svih čimbenika društvenog i gospodarskog života. U nizu prezentiranih radova dati su pokazatelji s kojima je moguće stvoriti uvjete za održivi razvoj vodnog gospodarstva Hrvatske na načelima modernog tehničkog ali i socio-ekonomskog gospodarenja vodama. Osnovni pokazatelji glavnih tema i objavljenih radova u dvije knjige Zbornika radova su sljedeći:

1. Integralni razvoj i vodoprivreda, 19 radova,
2. Prostorno uređenje i gospodarenje vodama, 28 radova,
3. Vrijeme, klima, reljef i hidrološke prilike, 8 radova,
4. Gospodarenje podzemnim vodama Hrvatske, 12 radova,
5. Ekstremne hidrološke prilike 8 radova,
6. Višenamjensko korištenje akumulacijskih jezera i njihov utjecaj na okoliš, 14 radova,
7. Hidraulička istraživanja, 12 radova,
8. Kompleksna istraživanja poplava u Hrvatskoj, 5 radova,
9. Istraživanje i mjere istraživanja na Jadranu, 4 rada.

Glavni i odgovorni urednik zbornika radova 1. HKOV bio je dr.sc. Dragutin Gereš, a zamjenik Ljudevit Tropan, dipl.ing.građ. Predsjednik 1. HKOV bio je prof.dr.sc. Ognjen Bonacci, a predsjednik Znanstvenog odbora prof.dr.sc. Josip Marušić. Treći dan održavanja 1. HKOV bio je po terenskom programu s pregledom područja Konavala i rijeke Omble, te Malostonskog zaljeva i melioracijskog područja na slivu Neretve s glavnim hidrotehničkim objektima za zaštitu od štetnog djelovanja voda i odvodnju na dijelu melioracijskog područja Donje Neretve.

Na 1. HKOV prezentirana su dva rada po pozivu i to:

1. On the Question of Soil Water Balance in the Leibnitz Area (Styria); Univ.Prof.Dipl. ing.Dr. Othmar Nestroy, Institute of Engineering, Geology and Applied Minerology, Graz, Univesity of Technology, Graz, Austria,
2. IAHS/WMO precipitation project for GEWEX: Swiss experience; Boris Sevruk; Vlado Nesper; Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, Lubica Zahlavova, Slovak Technical University, Bratislava, Slovakia.

3. DRUGA HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA

Druga hrvatska konferencija o vodama održana je u Dubrovniku od 19. do 22 svibnja 1999. godine uz glavni moto „Hrvatske vode - od Jadrana do Dunava“ („Croatian Waters from the Adriatic to the Danube“).
U Zborniku radova 2. HKOV na 1.114 stranica objavljeno je 147 radova u 6 tematskih

skupina. U Predgovoru Zbornika radova pored ostalog navedeno je kako slijedi.
Međusobni odnos vode i ljudskih djelatnosti toliko je važan da se voda može slobodno smatrati osnovnim elementom društvenog i ekonomskog razvoja. Ta međuovisnost uključuje niz egzistencijalnih, bioloških, socijalnih i ekonomskih funkcija, a također i negativnih utjecaja, među kojima su: poplave, suše, zagađenja. Svi ti međusobni utjecaji oduvijek se zbivaju u prirodnoj sredini, a u njoj su i vodni resursi. Novija povijest posebno nas upozorava na to da je voda osnovni čimbenik društvenog i ekonomskog razvoja i mogući izvor sukoba. Smještaj većih gradova i industrija, isto tako i njihov rast najviše su locirani pored rijeka i povezani s mogućnošću osiguranja dovoljnih količina vode. Zbog toga programi i planovi razvoja pojedinih zemalja ili regija u znatnoj mjeri ovise o ostvarenju programa vezanih za gospodarenje vodama. Hrvatska raspolaže znatnim vodnim količinama koje su promjenjive kako u prostoru tako i vremenu, ali je važno da se razvoju vodnih bogatstava posvećuje potrebna i stalna pozornost kao sastavnom dijelu cjelokupnog gospodarskog i društvenog razvoja. Održivi razvoj moguće je ostvariti kontinuiranom suradnjom stručnjaka i znanstvenika u području vodnog gospodarstva sa suradničkim djelatnostima, ali i donošenjem pravovremenih društvenih i političkih odluka.
Osnovni pokazatelji glavnih tema i objavljenih radova u Zborniku radova su sljedeći:

Tema 1: Interakcija atmosfere, tla i mora, 28 radova,

Tema 2: Oceanografska i hidrografska problematika Jadranskog mora, 11 radova,

Tema 3: Zaštita i korištenje Jadranskog mora u sustavu prostornog uređenja na principima održivog razvitka, 21 rad,

Tema 4: Upravljanje vodnim resursima u različitim prostorima i hidrološkim uvjetima, 70 radova,

Tema 5: Prilagodba zajednice izvanrednim stanjima (suše, poplave, klizišta), 6 radova,

Tema 6: Socijalni, politički i kulturološko-povijesni vidovi voda, 6 radova.

Na 2. HKOV prezentirano je sljedećih pet radova po pozivu:

1. Značenje i stupanj razvoja vodnogospodarskih djelatnosti u Hrvatskoj; prof.dr.sc. Josip Marušić, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zorislav Balić, Državna uprava za vode, Zagreb i Stjepan Šturlan Hrvatske vode, Zagreb,
2. Upravljanje vodama Hrvatske u Zakonu o vodama; Zorislav Balić, Državna uprava za vode, Zagreb,
3. Hydroinformaties and its Applications to Marine Aquatic Systems; Berislav Tomičić, M.Sc, Senior Hydraulic Engineer; Danish Hydraulic Institute, Horsholm, Denmark,
4. Tragovi metala u prirodnim vodama; prof.dr.sc. Marko Branica, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut „Ruđer Bošković“, Zagreb, Hrvatska,
5. Utjecaj temperature mora na buru; dr.sc. Branko Grisogono, Dept. of Meteorology, Stockholm Universitet, Stockholm, Sweden.

Glavni i odgovorni urednik zbornika radova 2. HKOV bio je doc.dr.sc. Dragutin Gereš, a zamjenik prof.dr.sc. Jure Margeta. Predsjednik 2. HKOV bio je prof.dr.sc. Ognjen Bonacci, a glavni tajnik Ljudevit Tropan, dipl.ing.građ. Predsjednik Znanstvenog odbora (12 članova) bio je doc.dr.sc. Dragutin Gereš, a predsjednik Organizacijskog odbora (8 članova) prof.dr.sc. Josip Marušić.

Stručni program trećeg dana 2. HKOV bio je na području otoka Mljeta - pregled Nacionalnog parka, te osnovni pokazatelji o projektima vodoopskrbe Elafitskih otoka. Posebno je organiziran program pregleda dijela turističkih i graditeljskih objekata, te rješenja vodoopskrbe i odvodnje otpadnih voda područja Dubrovnika.

4. TREĆA HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA

Treća hrvatska konferencija o vodama održana je u Osijeku od 28. do 31. svibnja 2003. godine uz glavni moto „Hrvatske vode u 21. stoljeću" („Croatian Waters in the 21st Century").
U Zborniku radova na ukupno 1.220 stranica u 6 tematskih jedinica objavljeno je 140 radova, a u Uvodu je navedeno kako slijedi.
U skladu sa zaključcima 2. hrvatske konferencije o vodama održane u Dubrovniku 1999. godine nastavljaju se aktivnosti znanstvenog i stručnog raspravljanja o najširim vidovima gospodarenja vodama u Hrvatskoj. Treća hrvatska konferencija o vodama ima temeljnu temu Hrvatske vode u 21. stoljeću i usmjerena je na viziju i strategiju upravljanja vodnim resursima i gospodarenju vodama u novom stoljeću. Voda je ključ održivog razvoja, osnova za društvene i gospodarske aktivnosti i odnose u okolišu. Cilj je konferencije o vodama omogućiti otvorenu, sveobuhvatnu i interdisciplinarnu raspravu između korisnika i onih koji upravljaju vodama, znanstvenika i stručnjaka o svim pitanjima voda, tj. o strateškim i operativnim smjerovima upravljanja vodnim resursima Republike Hrvatske. Vrijeme pred nama obilježeno je težnjom za održivim razvojem, a kako je voda njegova osnova, želimo pridonijeti tom razvoju. Konferencija omogućuje izmjenu iskustava i novih spoznaja o vodama i održivom razvoju, kako među hrvatskim stručnjacima i znanstvenicima, tako i među sudionicima i gostima iz inozemstva.
Okrugli stol Treće konferencije o vodama bio je posvećen temi Problematika vodnogospodarskog planiranja u Hrvatskoj.

Na 3. HKOV prezentirana su četiri rada po pozivu:

1. The Decades of Hydrological Cooperation of the Countries Sharing the Danube Catchment (1971. - 2000.), Miklos Domokos; Water Resources Research Centre, VITUKI, Budapest, Hungary.
2. The Implementation of the Water Framework Directive in Romania, dr.eng. Petru Serban; National Administration „Apele Romane", Bucharest, Romania; dr. biol. Graziella Jula; National Administration „Apele Romane", Bucharest, Romania.
3. Bilanca voda Hrvatske: dostignuće i potrebe; prof.dr.sc. Ognjen Bonacci, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Hrvatska; mr.sc. Bojana Horvat: Hrvatske vode; Zagreb, Hrvatska.
4. Vodni resursi i održivi razvoj krških područja u Hrvatskoj; prof.dr.sc. Božidar Biondić, Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin; mr.sc. Ranko Biondić; Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Hrvatska.

Broj objavljenih radova u 6 tematskih skupova 3. HKOV dat je sa sljedećim pokazateljima:

Tema 1: Hidrološke i klimatske značajke na području Hrvatske, 10 radova,
Tema 2: Kakvoća, količina i monitoring kopnenih voda i mora, 52 rada,
Tema 3: Vodnogospodarsko planiranje u Hrvatskoj i Europi, 17 radova,

Tema 4: Vodnogospodarske djelatnosti zaštite od štetnog djelovanja voda, korištenja voda i zaštite voda, 34 rada,
Tema 5: Gospodarenje vodama i društveno-ekonomski razvoj, 18 radova,
Tema 6: Suradnja, institucionalni i ljudski resursi u vodnom gospodarstvu, 9 radova.

Glavni i odgovorni urednik Zbornika radova 3. HKOV bio je prof.dr.sc. Dragutin Gereš. Predsjednik Znanstvenog odbora (14 članova) bio je prof.dr.sc. Dragutin Gereš, predsjednik Organizacijskog odbora (15 članova) prof.dr.sc. Josip Marušić, a glavni tajnik Ljudevit Tropan, dipl.ing.građ.
Održan je Okrugli stol s temom „Problematika vodnogospodarskog planiranja u Hrvatskoj". Treći dan održavanja 3. HKOV je bio po programu stručne ekskurzije - pregled obnovljene crpne stanice Dvor kapaciteta 20,0 m^3/s i snage 6 x 300 = 1.800 KW (za odvodnju 20.000 ha dijela slivnog područja rijeke Vuke), te pregled dijela nasipa pored rijeke Drave i Dunava za zaštitu od poplava područja Baranje, obnovljene crpne stanice Zlatna greda i dijela Parka prirode Kopački rit.

5. ČETVRTA HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA

Četvrta hrvatska konferencija o vodama održana je u Opatiji od 17. do 19. svibnja 2007. godine uz glavni moto „Hrvatske vode i Europska unija - Izazovi i mogućnosti" („Croatian Waters and European Union - Challenges and Possibilities").
U Zborniku radova na ukupno 1.014 stranica u 6 tematskih jedinica objavljeno je 120 radova, a u Uvodu je navedeno kako slijedi.
U šest znanstvenih i stručnih tema konferencije raspravljalo se o vodi, vodnom bogatstvu, integralnom upravljanju vodama slivnog područja, dinamici ostvarenja prilagodbe vodnoj politici Europske unije, pitanjima međunarodne suradnje u vodnom sektoru, demokratizaciji upravljanja vodama, ulozi znanosti, te o pitanjima uloge javnog i privatnog partnerstva u gospodarenju vodnim resursima. Konferencija je omogućila sveobuhvatnu i interdisciplinarnu raspravu o svim pitanjima voda između korisnika voda i onih koji upravljaju vodama, znanstvenika i stručnjaka. Cilj konferencije bio je otvorena rasprava o izboru okvira nacionalne vodne politike u svijetlu Acquis communautaire - pravne stečevine Europske unije. Konferencija o vodama se obratila širokom krugu zainteresiranih za pitanja voda, vodnom gospodarstvu, inženjerskim tvrtkama, stručnim udrugama, poljoprivrednom energetskom i industrijskom sektoru, javnom i privatnom sektoru, istraživačima i praktičarima svih područja koji se bave vodama te cjelokupnoj javnosti. Primarna poruka 4. hrvatske konferencije o vodama je o stanju voda i vodnog gospodarstva u Hrvatskoj i putu u europsku budućnost. Na četvrtoj konferenciji smo konkretizirali naše napore u Hrvatskoj za osiguranjem održivog razvoja društva i ulogu vode u tom razvoju.
Na 4. HKOV prezentirano je pet radova po pozivu:

1. Strategija upravljanja vodama; Zdravko Krmek, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva, dr. sc. Danko Biondić, dr.sc. Siniša Širac i Slavko Rajnović, Hrvatske vode, Zagreb, Hrvatska,
2. Vode u Hrvatskoj i približavanje Europi; prof.dr.sc. Nikola Ružinski, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Zagreb, Hrvatska,
3. Lessons for Croatia from River Basin Management in the World Most International

River - the Danube; Philip Weller; International Commission for the Protection of the Danube River, Vienna, Austria,

4. Odnos antropogenih djelatnosti i globalnih promjena; prof.dr.sc. Ognjen Bonacci, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Hrvatska,
5. Life-long eduction - water specialists will not surive without; Herman H. Hahn; University of Karlsruhe, Germany.

Osnovni pokazatelji glavnih tema i objavljenih radova 4. HKOV su sljedeći:

Tema 1: Sustavno praćenje režima slatkih voda i stanja mora, 25 radova,
Tema 2: Posebnosti u zaštiti od štetnog djelovanja voda - poplave, suše, 12 radova,
Tema 3: Sustavi vodoopskrbe i odvodnje otpadnih voda - odnos komunalnog i vodnogospodarskog sektora, 20 radova,
Tema 4: Uloga vodnog gospodarstva u razvitku ostalih gospodarskih grana, 18 radova,
Tema 5: Problematika zaštićenih područja - kriteriji, monitoring i rješenja, 18 radova,
Tema 6: Vodnogospodarsko planiranje i razvoj - međunarodna suradnja, obrazovanje kadrova i sudjelovanje javnosti u odnosu na smjernice Europske unije, 23 rada,

Glavni i odgovorni urednik Zbornika radova i predsjednik Znanstvenog odbora (18 članova) 4. HKOV bbio je prof.dr.sc. Dragutin Gereš. Predsjednik Organizacijskog odbora (7 članova) bio je mr sc Danko Holjević, a glavni tajnik 4. HKOV Ljudevit Tropan, dipl.ing.građ.

Treći dan održavanja 4. HKOV bio je terenski program - pregled objekata i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda grada Senja, te izvorišta i dijela slivnog područja rijeke Gacke. Sastavni dio terenskog programa je bio posjet Memorijalnom centru „Nikola Tesla“ u Smiljanu.

6. PETA HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA

Peta hrvatska konferencija o vodama održana je u Opatiji od 18. do 21. svibnja 2011. godine uz glavni moto „Hrvatske vode pred izazovom klimatskih promjena“ („Croatian Waters Facing the Challenge of Climate Changes“).

U Zborniku radova na ukupno 1.258 stranica u 4 tematske skupine objavljena su 123 rada, a u Uvodu je navedeno kako slijedi.

Klimatske promjene su evidentne, pa Hrvatska kao i ostale države mora planirati i poduzimati opsežne mjere za ublažavanje njihovih posljedica. Vodno gospodarstvo se nalazi pred velikim izazovom djelujući u promijenjenim prirodnim uvjetima koje karakteriziraju sve učestalije pojave hidroloških ekstrema, poplava i suša. Na primjereni način mora se zaštititi stanovništvo i imovina od poplava i drugih oblika štetnog djelovanja voda, moraju se osigurati dovoljne količine vode za navodnjavanje u sušnim razdobljima kako bi se smanjile štete od suša u poljoprivredi, a mora se voditi računa i o održivom razvoju hidroenergetike kao obnovljivog izvora energije. Istovremeno se moraju provoditi sve potrebite mjere kako bi se postiglo dobro ekološko stanje voda prema europskim normama. Nove zahtjevne zadaće pred vodnim gospodarstvom ne mogu se realizirati bez dovoljnog broja odgovarajuće obrazovanih stručnjaka, koji će svoja primarna znanja stjecati na visokim učilištima i koji će se kroz svoj radni vijek trajno stručno usavršavati. Peta hrvatska konferencija o vodama bila je prigoda da iskusni stručnjaci i znanstvenici razmjene ideje i iskustva o načinima i sadržajima edukacije

vodnih gospodarstvenika, kako s aspekta primarnog obrazovanja na visokim učilištima, tako i s aspekta cjeloživotnog usavršavanja. U okviru konferencije bio je organiziran i okrugli stol na temu obrazovanja stručnjaka u vodnom gospodarstvu.
Na 5. HKOV prezentirana su četiri rada po pozivu:

1. Vodno gospodarstvo pred izazovom provedbe vodnog acquisa; Ružica Drmić i Zdravko Krmek; Ministarstvo regionalnog razvoja, šumarstva i vodnog gospodarstva, Zagreb, Hrvatska,
2. Zaštita od poplava u Hrvatskoj; dr.sc. Danko Biondić, mr.sc. Zoran Đuroković, Mario Obrdalj, Jadranko Husarić; Hrvatske vode, Zagreb, Hrvatska,
3. Nacrt Plana upravljanja vodnim područjima; dr.sc. Danko Biondić i mr.sc Sanja Barbalić; Hrvatske vode, Zagreb, Hrvatska,
4. Potential near Future Runoff Changes in Croatia; Ivan Güttler, dr.sc. Dušan Trninić, Tomislava Bošnjak, mr.sc. Lidija Srnec, mr.sc. Mirta Patarčić, dr.sc. Čedo Branković; Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, Hrvatska.

Osnovni pokazatelji o glavnim temama i broju radova su sljedeći:

Tema 1: Stanje voda i o vodi ovisnih ekosustava, hidrološki ekstremi i njihove posljedice, trendovi - oborine, kopnene i površinske vode, podzemne vode, prijelazne vode i priobalno more, 65 radova,
Tema 2: Sustavi uređenja i korištenja voda i zemljišta - stanje i razvojni projekti, 23 rada,
Tema 3: Sustavi javne vodoopskrbe, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda - stanje i razvojni projekti, 20 radova,
Tema 4: Vodna politika, obrazovanje, vodnogospodarsko planiranje, međunarodna suradnja i sudjelovanje javnosti, 11. radova.

Uredništvo Zbornika radova 5. HKOV bilo je sljedeće: doc. dr.sc. Danko Biondić, doc. dr sc Danko Holjević i Ljudevit Tropan, dipl.ing.građ. Predsjednik Znanstveno-stručnog odbora (32 člana) bio je doc.dr.sc. Danko Biondić, a predsjednik Organizacijskog odbora (10 članova) bio je doc.dr sc Danko Holjević. Treći dan 5. HKOV bio je po programu stručne ekskurzije na području Istre: Pazin - problemi i zaštita od poplava Pazinskog potoka i objekti sustava odvodnje oborinskih i ostalih voda, Sveti Lovreč - projekt kanalizacijskog sustava otpadnih voda Poreštine, Brana i akumulacija Butoniga - višenamjenski hidrotehnički objekti za zaštitu od štetnog djelovanja voda i korištenje voda za potrebe većine naselja Istre. Tema Okruglog stola bila je Obrazovanje stručnjaka u vodnom gospodarstvu - kao preduvjeta za pravovremenu pripremu, te kontinuirano rješavanje zadataka i ostvarenje kvalitetnih tehničkih i financijskih rješenja projekata u području vodnog gospodarstva. Posebno su prikazani pokazatelji o značenju i potrebi cjeloživotnog obrazovanja stručnjaka i znanstvenika u vodnom gospodarstvu.

7. OSTALI POKAZATELJI PET HRVATSKIH KONFERENCIJA O VODAMA OD 1995. DO 2011.

7.1. Popis organizatora hrvatskih konferencija o vodama

Tijekom razdoblja od 1995. do 2011. godine kao organizatori hrvatskih konferencija o vodama udružuju se sljedeća strukovna društva i udruge: Hrvatsko društvo za odvodnju i

navodnjavanje (pripremni, tehnički i financijski poslovi 2., 3., 4., i 5. HKOV), te hrvatska društva za hidrologiju, velike brane, zaštitu voda, geografiju, geologiju, meteorologiju i ostala, zajedno sa Savezom građevinskih inženjera.
Navedena strukovna društva sudjelovala su kao suorganizatori svih pet HKOV, a dio njihovih članova bio je vrlo aktivan u izvršenju aktivnosti i poslova Organizacijskog i Znanstvenog odbora HKOV od 1995. do 2011. godine.
Kao organizatori su na pojedinim hrvatskim konferencijama o vodama sudjelovale i druge ustanove, strukovna društva i udruge čiji članovi također sudjeluju u specijalističkim poslovima u procesu pripreme i ostvarenja vodnogospodarskih projekata a to su: Hrvatski komitet za suradnju s Međunarodnim hidrološkim programom UNESCO-a, te hrvatska društva za biologiju, kemijskih inženjera i tehnologa, ekologiju, ihtiološko, tloznanstveno društvo, promicanje skrbi o prostoru, Hrvatske udruge EUROCOST, sanitarno inženjerstvo, Građevinski i Ekonomski fakultet Osijek (2003.) i IWA Croatia.

7.2. Popis članova Znanstvenih i Organizacijskih odbora hrvatskih konferencija o vodama

U ostvarenju priprema i održavanja hrvatskih konferencija o vodama sudjelovali su brojni hrvatski znanstvenici i stručnjaci dajući inicijative i doprinose kako u sadržajnom tako i organizacijskom smislu.
Tijekom razdoblja od 16 godina članovi tijela konferencije - Znanstvenih i Organizacijskih odbora bili su (navode se abecednim redom): Mara Artuković, Sanja Barbalić, Ante Barić, Adam Benović, Božidar Biondić, Danko Biondić, Andrija Bognar, Ognjen Bonacci, Silvio Brezak, Darko Brnić-Levada, Marko Ćorić, Gorana Ćosić-Flajsig, Božena Ćosović, Božidar Deduš, Zdravko-Mihael Doliner, Nenad Domijan, Zoran Đuroković, Anita Filipčić, Marjana Gajić-Čapka, Gordan Gašparović, Dragutin Gereš, Vladimir Goatti, Zvonko Gržetić, Danko Holjević, Josip Horvat, Salih Hrustić, Ivo Iličić, Marko Josipović, Stjepan Kamber, Elizabeta Kos, Zlatica Kozarac, Grozdan Kušpilić, Ozren Larva, Nenad Leder, Davor Malus, Jure Margeta, Siniša Maričić, Josip Marušić Darko Mayer, Željko Mažar, Milan Mesić, Vladimir Mićović, Zlatko Mihaljević, Dragutin Mihelčić, Janja Milković, Ervino Mrak, Zoran Nakić, Nevenka Ožanić, Krešo Pandžić, Branko Pejaković, Mladen Petričec, Zvonimir Pintarić, Anđelka Plenković-Moraj, Ivica Plišić, Antoaneta Požar-Domac, Marko Pršić, Davor Romić, Josip Rubinić, Josip Rupčić, Nenad Smodlaka, Tomislav Šegota, Siniša Širac, Jasna Šoštarić, Baldoslav Šundrica, Mirjana Švonja, Lidija Tadić, Zdenko Tadić, Dušan Trninić, Ljudevit Tropan, Željko Turkalj, Kosta Urumović, Franjo Vančina, Elvira Vidović, Damir Viličić, Tatjana Vlahović, Marijan Vodopija, Darija Vukić-Lušić, Vesna Zobundžija i Ranko Žugaj - ukupno 79 stručnjaka i znanstvenika iz vodnog gospodarstva i suradničkih djelatnosti.
Članovi Znanstvenog odbora obavljali su poslove recenzije radova koji su objavljeni u zbornicima radova HKOV od 1995. do 2011. godine.
Poslove prijevoda sažetaka na engleski jezik obavili su: Sabina Ekinović (1., 2. i 3. HKOV), Dubravko Dosegović (1. i 2. HKOV), Jasminka Fajdetić-Kinnard (4. i 5. HKOV). Pripremu i tisak zbornika radova HKOV obavili su Topgraf, Velika Gorica (1., 2. i 3. HKOV), Sveučilišna tiskara Zagreb (4. HKOV) i Neograf d.o.o. Rijeka (5. HKOV).
Likovno rješenje autora izradio je: Antun Paunović (1., 2., i 3. HKOV), Vladimir Buzolić-

Stegu (4. HKOV) i IO d.o.o. Rijeka (5. HKOV).

Izdavač zbornika radova 1. HKOV bilo je Javno vodoprivredno poduzeće Hrvatska vodoprivreda, a 2., 3., 4. i 5. HKOV Hrvatske vode - pravna osoba za upravljanje vodama. JVP i HV su podmirivale od 30 do 35% od ukupnih troškova pripreme i organizacije održavanja hrvatskih konferencija o vodama.

Tablica 1. Osnovni pokazatelji o pet hrvatskih konferencija o vodama od 1995. do 2011.

Red. br.	Datum održavanja	Mjesto održavanja	Glavni moto HKOV	Broj tema	Broj radova/ koautora	Broj stranica zbornika	Stručna ekskurzija	Broj članova Zn/Org.od.	Broj sudionika
1.	24.–27. svibanj 1995.	Dubrovnik	Održivi razvoj i upravljanje vodama (2 pozivna rada - izlaganja)	9	112/196	1113	Konavle, r. Ombla i HE, Malostonski zaljev, Donja Neretva	8/11	353
2.	19.-22. svibanj 1999.	Dubrovnik	Hrvatske vode od jadrana do Dunava (5 pzivnih radova-izlaganja)	6	147/363	1142	Mljet–Nacionalni park, Dubrovnik-graditeljski i turistički program, vodoopskrba i odvodnja	12/8	228
3.	28.-31. svibanj 2003.	Osijek	Hrvatske vode u 21. Stoljeću (4 pozivna rada – izlaganja)	6	140/395	1220	Crpna st. *Dvor* r.Vuka Baranja *PP Kopački rit*– nasipi, crpne stanice	14/15	306
4.	17.-19. svibanj 2007.	Opatija	Hrvatske vode i Europska unija (5 pzivnih radova izlaganja)	6	115/348	1014	Senj-objekti i uređaji za proč. otpadnih voda. Izvor *Gacke*, Smiljan	18/7	388
5.	18.-21. svibanj 2011.	Opatija	Hrvatske vode pred izazovom klimatskih promjena (4 pozivna rada – izlaganja)	4	123/398	1258	Pazin – odvodnja oborinskih i otpadnih voda, *Butoniga*-višenamjenska akumulacija	32/11	323
Ukupno 18 dana (prvi dan popodne)		3 grada	20 pozivnih radova-izlaganja	31	637/1700	5747	14 lokacija 26 hidrt. objekta	84/52	1598



Slika 1. Zbornici radova pet hrvatskih konferencija o vodama od 1995. do 2011.

ZAKLJUČAK

Prijedlogom Stručnog kolegija i Odlukom Upravnog odbora JVP „Hrvatska vodoprivreda“, održana je 1. HKOV od 24. do 27. svibnja 1995. godine u Dubrovniku s glavnim motom „Održivi razvoj i upravljanje vodama“ Zbog toga smo ponosni imajući na umu da je po prijedlogu UNESCO-a glavni moto za obilježavanje Svjetskog dana voda 22. ožujka 2015. bio „Voda i održivi razvoj“. U dvije knjige Zbornika radova na ukupno 1.113 stranica objavljeno je 112 stručnih i znanstvenih radova u 9 tematskih skupina. Od 19. do 22. svibnja 1999. godine. u Dubrovniku je održana 2. HKOV s glavnim motom „Hrvatske vode - od Jadrana do Dunava“. U Zborniku radova u 6 tematskih skupova objavljeno no je 147 radova na 1.114. stranica, a prezentirano je 5 pozivnih radova. Od 28. do 31. svibnja 1999. godine u Osijeku je održana 3. HKOV s glavnim motom „Hrvatske vode u 21 stoljeću“. U Zborniku radova u 6 tematskih skupina objavljeno je 140 radova na 1.220 stranica, a prezentirana su i 4 pozivna rada. Od 17. do 19. svibnja 2007. u Opatiji je održana 4. HKOV s glavnim motom „Hrvatske vode i Europska unija - izazovi i mogućnosti“ U

Zborniku radova u 6 tematskih skupina objavljeno je 120 stručnih i znanstvenih radova na 1.014 stranica, a prezentirano je 5 pozivnih radova. Od 18. do 21. svibnja 2011. godine u Opatiji je održana 5. HKOV s glavnim motom "Hrvatske vode pred izazovom klimatskih promjena". U Zborniku radova u 4 tematske skupine objavljena su 123 rada na 1.258 stranica, a prezentirana su 4 pozivna rada.

Na pet dosad održanih hrvatskih konferencija o vodama u 31. tematskoj skupini objavljeno je ukupno 637 stručnih i znanstvenih radova, u čijoj izradi je sudjelovalo oko 1.700 koautora od kojih je dio sudjelovao na izradi od 2 do 16 radova. Broj članova Organizacijskog odbora bio je od 8 do 15 (ukupno 52), a Znanstvenog i Znanstveno - stručnog odbora od 8 do 32 (ukupno 84). Trećeg dana održavanja konferencija bile su organizirane stručne ekskurzije s pregledom hidrotehničkih objekata za zaštitu od štetnog djelovanja voda, korištenje voda i zaštitu voda na području do 100 km od mjesta održavanja konferencije.. U sufinanciranju aktivnosti i poslova pripreme, organizacije i održavanja konferencija, kao i izdavanja zbornika radova sudjelovali su: Hrvatske vode, brojni sponzori i donatori, te sudionici konferencija uplatom kotizacije.

LITERATURA

[1] (1995.): *Zbornik radova 1. hrvatske konferencije o vodama, Dubrovnik 24. - 27. svibnja 1995., Knjiga 1*, JVP Hrvatska vodoprivreda, Zagreb, 568.

[2] (1995.): *Zbornik radova 1. hrvatske konferencije o vodama, Dubrovnik 24. - 27. svibnja 1995., Knjiga 2*, JVP Hrvatska vodoprivreda, Zagreb, 545.

[3] (1999.): *Zbornik radova 2. hrvatske konferencije o vodama, Dubrovnik 19. - 23. svibnja 1999.*, Hrvatske vode, Zagreb, 1.114.

[4] (2003.): *Zbornik radova 3. hrvatske konferencije o vodama, Osijek 28. - 31. svibnja 2003.*, Hrvatske vode, Zagreb, 1.220.

[5] (2007.): *Zbornik radova 4. hrvatske konferencije o vodama, Opatija 17. - 19. svibnja 2007.*, Hrvatske vode, Zagreb, 1.014.

[6] (2011.): *Zbornik radova 5. hrvatske konferencije o vodama, Opatija 18. - 21. svibnja 2011.*, Hrvatske vode, Zagreb, 1.258.

[7] Bonacci, O., Gereš, D., Marušić, J., Tropan, Lj., (1995.): *1. hrvatska konferencija o vodama*, Hrvatske vode (10 - 11), 109-155.

[8] Tropan, Lj., (1999.): *2. hrvatska konferencija o vodama*, Hrvatske vode (28), 249 - 255.

[9] Tropan, Lj., (2003.): *3. hrvatska konferencija o vodama*, Hrvatske vode (43), 149 - 159.

[10] Tropan, Lj., (2007.): *4. hrvatska konferencija o vodama*, Hrvatske vode (60), 231 - 247.

[11] Horvat, B., (2011.): *5. hrvatska konferencija o vodama*, Hrvatske vode (76), 159 - 163.

[12] Marušić, J., (2011.): *Pet hrvatskih konferencija o vodama od 1995. do 2011.*, Hrvatska vodoprivreda (196), 104 - 109.

AUTORI

prof.dr.sc. Josip Marušić [a]
doc.dr.sc. Danko Holjević [b]

[a] Jordanovac 43A, Zagreb, Hrvatska, josip.marusic12@gmail.com

[b] Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, Hrvatska, Danko.Holjevic@voda.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 4.12.

NORMATIVNI SADRŽAJ I PRAVNI IZVORI LJUDSKOG PRAVA NA VODU

Desanka Sarvan

SAŽETAK: Društvene promjene krajem 20-tog i početkom 21-og stoljeća u odnosu na sve veća ograničenja raspoloživosti vodnih resursa koja su posljedica antropogenih aktivnosti, iznjedrile su ideju o potrebi definicije ljudskog prava na vodu koje ovlašćuje svakoga na dovoljne količine sigurne, prihvatljive, fizički i financijski dostupne vode za osobne potrebe i potrebe kućanstva. Ovo ljudsko pravo nije izričito i sveobuhvatno sadržano ni u jednom pravno-obvezujućem međunarodnom dokumentu o ljudskim pravima, te se stoga percipira kao novo ljudsko *pravo in statu nascendi.* Međutim, ljudsko pravo na vodu, iako neizravno, prepoznato je kao ljudsko pravo izvedeno iz drugih ljudskih prava u nizu međunarodnih dokumenata, uključujući ugovore, deklaracije i druge međunarodne standarde. Stoga, ono nije nikakvo *novo* ljudsko pravo u odnosu na druga u međunarodnim ugovorima izravno navedena ljudska prava, već postojeće (*pre-existing*) i samostalno (*self-standing*) ljudsko pravo.

KLJUČNE RIJEČI: ljudsko pravo na vodu, ljudska prava, međunarodni dokumenti

NORMATIVE CONTENT AND LEGAL SOURCES OF THE HUMAN RIGHT TO WATER

SUMMARY: Social changes in the late 20th and early 21st century related to increasing limitations of water resources availability resulting from anthropogenic activities gave rise to the idea of the necessity for definition of the human right to water which entitles everyone to sufficient quantities of safe, acceptable, physically and financially available water for personal and household needs. This human right is not explicitly and comprehensively contained in any legally binding international document on human rights, and is therefore perceived as a new human right in statu nascendi. However, the human right to water, though indirectly, is recognized as a human right derived from other human rights in a number of international documents, including treaties, declarations and other international standards. It is, therefore, no new human right with regard to other human rights directly mentioned in international agreements; it is an existing (pre-existing) and independent (self-standing) human right.

KEY WORDS: human right to water, human rights, international documents

1. UVOD

Krajem 20-tog i početkom 21-og stoljeća klimatske promjene uzrokovane ispuštanjem stakleničkih plinova u atmosferu i posljedičnim ubrzanjem hidrološkog ciklusa vode, rast broja svjetskog stanovništva i njegova koncentracija u urbanim centrima i upravljanje vodnim uslugama temeljeno na liberalizaciji i privatizaciji donijeli su promjene u dostupnosti raspoloživih vodnih resursa, ali i dostupnosti vodnih usluga svim stanovnicima prema načelu jednakosti. U okolnostima globalne krize vode i pojavi diskriminacije u opskrbi vodom pojedinaca i pojedinih društvenih grupa, naročito siromašnih, ranjivih i marginaliziranih, javlja se ideja o potrebi formuliranja novog ljudskog prava – ljudskog prava na vodu.

Pravo na vodu po prvi put spominje se u Akcijskom planu Mar de Plata - Izvješću sa Konferencije o vodi UN iz 1977. godine : „*…svi narodi, bez obzira na stupanj razvoja i njihove društvene i ekonomske uvjete, imaju pravo na pristup vodi za piće u količini i kvaliteti jednakoj njihovim osnovnim potrebama… dostupnost tog resursa čovjeku je neophodna za život i njegov puni razvoj…"* Dokument preporučuje da tamo gdje ljudske potrebe još nisu zadovoljene, nacionalne razvojne politike i planovi daju *prioritet opskrbi vode za piće za cijelo stanovništvo i konačnoj dispoziciji otpadnih voda."*[1]

Opća skupština UN prihvatila je 20. srpnja 2010. godine *Rezoluciju o ljudskom pravu na vodu i sanitarije***,** [2] koja definira *„pravo na sigurnu i čistu vodu za piće i zbrinjavanje otpadnih voda kao ljudsko pravo koje je esencijalno za potpuno ostvarenje života i svih ljudskih prava."* U Rezoluciji je prihvaćen **pristup pravu na vodu ne kao samostalnom ljudskom pravu, već pravu potrebnom za ostvarenje drugih ljudskih prava tj. kao ljudskom pravu** *subordiniranom* **drugim** građanskim i političkim, te gospodarskim, socijalnim i kulturnim ljudskim pravima **(Bluemel:2005,968).**

2. ELEMENTI LJUDSKOG PRAVA NA VODU

Ljudsko pravo na vodu ovlašćuje svakoga na dovoljne količine sigurne, prihvatljive, fizički i financijski dostupne vode za osobne potrebe i potrebe kućanstva. Osiguranje odgovarajuće količine vode potrebna je radi sprječavanja smrti od dehidracije, smanjivanja rizika od bolesti prouzročenih vodom. U tom smislu: a) pod *vodom za piće* smatra se voda namijenjena piću i prehrani, b) pod *osobnom higijenom* podrazumijeva voda potrebna za održavanje osobne čistoće i dispozicija otpadnih voda nastalih uporabom vode za ljudske potrebe, c) *voda za pripremu hrane* podrazumijeva se higijena hrane i priprema prehrambenih proizvoda, bilo da je voda sastavni dio hrane ili dolazi u doticaj sa hranom tijekom pripreme hrane, d) pod *higijenom kućanstva* smatra se održavanje čistoće kućanstva i okoliša kućanstva (General Comment No. 15. :2002, para 2). Ljudsko pravo na vodu obuhvaća *samo* pravo na *primjerene količine vode* za osnovne potrebe (*basic needs*), ali *ne obuhvaća* neograničene količine vode ili besplatnu vodu, kao ni vodu potrebnu za obavljanje gospodarskih djelatnosti (poljoprivrednu i industrijsku proizvodnju, proizvodnju energije) ni vodu potrebnu za održanje plovnih putova i ekoloških sustava (Hardberger: 2005, 358).

U pravnoj teoriji ne postoji konsenzus je li ljudsko pravo na vodu obuhvaća i pravo

1 Mar de Plata Action Plan - Report of the United Nations Water Conference, 1977, para II.

2 Resolution on the human right to water and sanitation A/RES/ 64/292 3. August 2010, para 1. , 2.

na zbrinjavanje otpadnih voda, ili se radi o dva različita ljudska prava. Pojedini autori (McGraw: **2011,161**, Winkler: 2012,178) smatraju kako pravo na zbrinjavanje otpadnih voda nije potrebno povezivati sa pravom na opskrbu vodom za piće, dok drugi ističu kako se zbog utjecaja na onečišćenje vodnih resursa i javno zdravlje pitanje prava na zbrinjavanje otpadnih voda ne može razmatrati odvojeno od prava na vodu (Hardberger:2005, 358). Opća skupština UN prihvatila je *pravo na* zbrinjavanje otpadnih voda *kao sastavni dio prava na vodu,* koje pretpostavlja pravo svakoga na pristup odgovarajućim i sigurnim sanitarnim uređajima koji su pogodni za očuvanje javnog zdravlja i okoliša *odgovarajuće, osnovne , prihvatljive i prikladne sanitarije kulturno prihvatljive kvalitete.*
Elementi ljudskog prava na vodu moraju biti *primjereni ljudskom dostojanstvu, životu i zdravlju*. Primjerenost se tumači u odnosu na volumen, količinu ili tehnologiju, te način ostvarenja ljudskog prava na vodu, koji mora biti *okolišno održiv* kako bi se pravo na vodu osiguralo sadašnjim i budućim generacijama. *Primjerenost* opskrbe vodom može biti različita u različitim klimatskim, geografskim i društvenim uvjetima, ali uvjeti *koji se moraju primijeniti u svim slučajevima* su: a) raspoloživost, b) kvaliteta i c) dostupnost*,* što podrazumijeva*:* fizičku dostupnost, ekonomsku dostupnost, nediskriminaciju i dostupnost informacija.
Ljudsko pravo na vodu obuhvaća obveze država na poštivanje, zaštitu i ostvarenje prava na vodu za piće. U ispunjavanju obveza za ostvarenje prava na vodu države su obvezne progresivno poduzimati primjerene mjere, promicati, pojednostaviti pristup i stvarati uvjete za njegovu realizaciju za svakoga.

3. PRAVNI IZVORI LJUDSKOG PRAVA NA VODU

Aktualnost prepoznavanja prava na vodu kao samostalnog ljudskog prava iskazuje se u progresivnom interesu međunarodne zajednice za to pravo u zadnjih 30 godina. Nacionalne i međunarodne politike započele su sa odražavati rastuće zahtjeve za uvažavanjem prava na vodu sredinom 70-tih godina 20-tog stoljeća. Tijekom ranih 2000-tih interes međunarodne zajednice za način upravljanja, primjenu tehnologija i gospodarstva za ostvarenje ciljeva u svezi sa uporabom vodnih resursa utemeljen je na percepciji vode kao *ljudskog* prava. Danas najznačajnije međunarodne institucije ukazuju da je globalna kriza u svezi sa vodom u svijetu najznačajniji okolišni problem, te su u međunarodnim dokumentima započeli upotrebljavati izraze temeljene na ljudskim pravima u namjeri da podrže rastući konsenzus o pravu na vodu kao ljudskom pravu.
Ljudsko pravo na vodu nije izričito i sveobuhvatno sadržano ni u jednom pravno-obvezujućem međunarodnom dokumentu o ljudskim pravima, te se stoga percipira kao novo ljudsko *pravo in statu nascendi.* Međutim, ljudsko pravo na vodu, iako neizravno, prepoznato je u nizu međunarodnih dokumenata, uključujući ugovore, deklaracije i druge međunarodne standarde (General Comment No. 15: 2002, para 4), te se stoga se percipira kao ljudsko pravo subordinirano drugim građanskim i političkim, te gospodarskim, socijalnim i kulturnim ljudskim pravima, ali su posljednjih desetljeća elaborirane postavke konstrukcije ljudskog prava na vodu kao samostalnog ljudskog prava (Bluemel:2005,1006). Teleološkom interpretacijom postojećih pravno-obvezujućih međunarodnih dokumenata o ljudskim pravima i njihovom interferencijom sa drugim dokumentima međunarodnog prava okoliša i vodnog prava, međunarodnim ugovorima o radu, pravilima međunarodnog trgovačkog prava, kao i odredbama o osiguravanju

dostupnosti vode za piće i sanitarija u međunarodnim humanitarnim ugovorima i standardima kaznenog prava (McGraw: 2011, 138), zaključuje se kako pravo na vodu nije nikakvo novo ljudsko pravo u odnosu na druga u međunarodnim ugovorima izravno navedena ljudska prava, već postojeće (*pre-existing*) i samostalno (*self-standing*) ljudsko pravo u suglasju sa pravilima interpretacije međunarodnih ugovora koja naglašavaju potrebu promicanja *cilja i svrhe* pojedinog međunarodnog instrumenta ljudskih prava (Bulto: 2011, 14).

Sveobuhvatna i autoritativna interpretacija ljudskog prava na vodu sadržana je u Općem komentaru br. 15. o pravu na vodu, Odbora za gospodarska, socijalna i kulturna prava čije je usvajanje potaklo istraživanja o teorijskim i praktičnim dimenzijama ljudskog prava na vodu.

Ljudsko pravo na vodu ima središnji značaj i neophodno je potrebno za ostvarenje drugih ljudskih prava koja proizlaze iz Opće deklaracije UN o ljudskim pravima, naročito prava na život i ljudsko dostojanstvo, kao prava čija derogacija nije dozvoljena ni u vrijeme izvanrednog stanja koje ugrožava opstanak naroda. Život u ljudskom dostojanstvu jasno obuhvaća pristup osnovnim ljudskim potrebama kao što su voda i sanitarije jer bez pristupa vodi nema života.

Ljudsko pravo na odgovarajući životni standard jamči svakome odgovarajući standard života za svaku osobu i njenu obitelj, uključujući odgovarajuću hranu, odjeću i stanovanje i stalno poboljšanje životnih uvjeta (stavak 1. članak 11. Međunarodnog pakta o gospodarskim, socijalnim i kulturnim pravima). Teleološkom interpretacijom navedene odredbe zaključuje se kako uporaba riječi *uključujući* ukazuje kako katalog prava koje obuhvaća ljudsko pravo na odgovarajući standard života (prehrana, odjeća i stanovanje), nije iscrpan i ograničen (*numerus clausus)*, već samo indikativan, te u svakom slučaju obuhvaća i pravo na vodu . U Općem komentaru br. 19. o socijalnoj sigurnosti, kao elementi prava na odgovarajući standard života, pored hrane, odjeće, stanovanja navode se i *voda za piće i zbrinjavanje otpadnih voda*.

Ljudsko pravo na vodu proizlazi iz *prava na uživanje najvišeg mogućeg standarda tjelesnog i duševnog zdravlja* sadržanog u članku 12. Međunarodnog pakta o gospodarskim, socijalnim i kulturnim pravima. Dostupnost vode za piće i sanitarija je osnovni uvjet za zdravlje i ima odlučan utjecaj na ostvarenje prava na zdravlje. Kvaliteta opskrbe vodom i prisutnost sanitarnih uređaja odlučna je za zdravlje građana jer su mnoge su bolesti povezane sa nedostatkom vode ili sa opskrbom vodom neodgovarajuće kvalitete i neadekvatnom higijenom povezanom sa zbrinjavanjem otpadnih voda (dijareja, trahom, šistozomijaza, japanski encefalitis, askarioza, trihurioza, malarija, denge groznica, ankylostoma duodenale i dr.).

Ljudsko pravo na vodu *implicite je* sadržano u odredbama Međunarodne konvencije o ukidanju svih oblika rasne diskriminacije, Konvencije protiv mučenja i drugih okrutnih, nečovječnih ili ponižavajućih postupaka, **Konvenciji o ukidanju svih oblika diskriminacije žena, Konvencija o pravima djeteta, Konvenciji o pravima osoba s invaliditetom** *i* **Fakultativnom Protokolu uz Konvenciju o pravima osoba s invaliditetom,** Konvenciji o sprječavanju dezertifikacije u zemljama izloženim ozbiljnoj suši i/ili dezertifikaciji, naročito u Africi, **Konvenciji o pravu neuporabe za plovidbu međunarodnih vodnih putova, kao i Konvenciji o domorodačkim i plemenskim narodima**. Regionalni međunarodni ugovori o ljudskim pravima - Europska Konvencija

za zaštitu ljudskih prava i temeljnih sloboda, Američka konvencija o ljudskim pravima (*Pact of San Josè*) i Dodatni protokol (*Protokol iz San Salvadora*), Afrička povelja o ljudskim pravima i pravima naroda *(Povelja iz Banjula),* kao i Arapska povelja o ljudskim pravima iz 2004. godine *implicite* prepoznaju ljudsko pravo na vodu kao *pravo izvedeno iz drugih ljudskih prava* - prava na život i ljudsko dostojanstvo, prava na odgovarajući životni standard i prava na uživanje najvišeg mogućeg standarda tjelesnog i duševnog zdravlja (COHRE:2008, 23-53). Sudska praksa međunarodnih regionalnih i nacionalnih sudova u velikom broju slučajeva povredu prava na vodu prepoznaje kao povredu navedenih ljudskih prava (COHRE:2008, 274-315).

ZAKLJUČAK

Potreba izravne definicije ljudskog prava na vodu u međunarodnom pravnom sustavu ljudskih prava proizlazi iz aktualnih izmijenjenih društvenih okolnosti glede raspoloživosti vodnih resursa. Iako ljudsko pravo na vodu nije eksplicite definirano ni u jednom pravno-obvezujućem dokumentu međunarodnog prava, ono je implicite sadržano u većini tih dokumenata i kao takvo usvojeno u sudskoj praksi međunarodnih regionalnih i nacionalnih sudova. Usvajanje *Rezolucije o ljudskom pravu na vodu i sanitarije* **od strane Opće skupštine UN 2010. godine ukazuje na postupan razvoj ljudskog prava na vodu u smjeru njegove buduće definicije kao samostalnog ljudskog prava.**

LITERATURA

[1] Bluemel, Eric B. (2005) : „ *The implications og Formulating a Human Right to Water*“, Ecology Law Quarterly, vol. 31, 957-1006, http://cmsdata.iucn.org/downloads/cel10_bluemel.pdf.

[2] Bulto, T. S. (2011): „*The Emergence of the Human Right to Water in International Human Rights Law: Invention or Discovery?*“ Melbourne Journal of International Law , Vol 12. 1-25.

[3] COHRE (Centre on Housing Rights and Evictions): *Legal Resources for the Right to Water and Sanitation International and National Standards* - 2 nd edition, Right to Water and Sanitation Programme, Geneva, January 2008, 330. http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/wwc/Programs/Right_to_Water/Pdf_doct/RWP-Legal_Res_1st_Draft_web.pdf, broj stranica

[4] Hardberger, A. (2005) :“*Life, Liberty, and the Pursuit of Water: Evaluating Water as a Human Right and the Duties and Obligations it Creates*“, Nw. J. Int’l Hum. Rts. Vol 4, Iss 2, 331-362. http://scholarlycommons.law.northwestern.edu/njihr/vol4/iss2/3

[5] General Comment No. 15. (2002) – *The Right to Water* (arts. 11 and 12 of the International Conveant on Economic, Social and Cultural Rights), Economic and Social Council E/C.12/2002/11, 20. January 2003., http://www.refworld.org/docid/4538838d11.html

[6] General Comment No 19.: *The right to social security* (Art. 9 of the Covenant), E/C.12/GC/19 4 February 2008, http://www1.umn.edu/humanrts/gencomm/escgencom19.html,

[7] McGraw, G. S. (2011): „ *Defining and Defending the Right to Water and its Minimum Core : Legal Construction and the Role of National Jurisprudence*“, Loyola University Chicago Internationa Law Reviev, No 2. 2011, Volume 8, Issue 2, 127-204.

[8] Winkler, I. (2012): „*The human Right to Water – Significance, legal status and implications for Water allocation*“, hart Publishing Oxford and Portland, Oregon, 340,

[9] *Međunarodni pakt o gospodarskim, socijalnim i kulturnim pravima* (Nar. nov. br. MU br. 12/93).

AUTOR

Desanka Sarvan, dipl. iur. [a]

[a] Istarska županija, Pula, Flanatička 29, desanka.sarvan@istra-istria.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 4.13.

OD BIROKRATSKOG DO PARTICIPATIVNOG UPRAVLJANJA VODNIM USLUGAMA U HRVATSKOJ

Enes Ćerimagić, Tomislav Domes, Anka Kekez Koštro, Tomislav Tomašević

SAŽETAK: Vodnim uslugama u Hrvatskoj upravlja se ponajviše autoritativno i hijerarhijski, a pružaju ih isključivo javna poduzeća kao javnu uslugu. Resorno ministarstvo i Hrvatske vode kreiraju vodnu politiku, bez kvalitetnog savjetovanja s provoditeljima i drugim ključnim dionicima: vodno-komunalnim poduzećima, jedinicama lokalne samouprave, udrugama građana i građanima. U Hrvatskoj tako dominira model „birokratskog upravljanja“, ali uz elemente „novog javnog menadžmenta“, poput privatnog koncesioniranja usluge pročišćavanja otpadnih voda i sve većeg oslanjanja na financiranje prodajom usluga, primarno usluga odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda,potrošačima umjesto iz javnog proračuna. Elementi „participativnog upravljanja“ nisu prisutni. Reforma upravljanja vodnim uslugama koja se trenutno provodi može doprinijeti rješavanju brojnih problema efikasnosti, no istovremeno neka od predloženih rješenja istovremeno čine usluge vodoopskrbe i odvodnje te njihovu infrastrukturu ranjivijim za privatizaciju. S druge strane, dugoročno do privatizacije može doći i “iz nužde” zadržavanjem postojećeg stranačko-političkog upravljanja i kadroviranja zajedno s neodrživim planiranjem i troškovima. Umjesto na centraliziranom i tržišnom pristupu, reforma bi se trebala temeljiti na participativnom upravljanju. Samo uključivanjem neovisnih stručnjaka, radnika, udruga i korisnika usluga u procese upravljanja moguće je dugoročno povećanje kvalitete vodnih usluga, uz osiguranje održivosti vodne infrastrukture i resursa.[1]

KLJUČNE RIJEČI: Upravljanje vodnim uslugama, Participativno upravljanje, Privatizacija, Reforma, Javno dobro

FROM BUREAUCRATIC TO PARTICIPATORY GOVERNANCE OF WATER SERVICES IN CROATIA

SUMMARY: Water services in Croatia are mostly governed in an authoritative and hierarchical manner, and they are provided exclusively by public companies as a public

1 Ovaj članak je skraćeni prikaz istraživanja Zelene akcije i projektnih partnera publiciranog u knjizi Kekez Koštro, A., Koštro, M., Tomašević, T. (ur.) (2014) *Naša voda: analiza upravljanja vodnim uslugama u Hrvatskoj* (publikaciju je moguće preuzeti u elektronskom formatu na http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/zelena-akcija.production/zelena_akcija/document_translations/950/doc_files/original/zelena_akcija_voda_za_web.pdf?1412598033)

service. Croatian Waters together with the responsible Ministry make all relevant decisions, without good-quality consultations with policy implementing actors and other key stakeholders: local public water companies, local governments, citizens' associations and citizens. In Croatia, therefore, the dominant model is that of "bureaucratic governance", but with elements of "new public management", such as private concessions for wastewater treatment services and all increasing financial dependence on selling the service to consumers, rather than on the public budget. The elements of "participatory governance" are not present. The governance reform of the water services sector that is currently being implemented can contribute to solving numerous problems of efficiency, but some of its proposed solutions at the same time make water supply and sanitation services and its infrastructure more vulnerable to privatisation. However, in the long run, the privatisation might happen "out of necessity" by keeping the current situation with party-political management and employing policy, together with unsustainable planning and spending. Instead of a centralised or market approach, the reform should be based on participatory governance. Only through involvement of independent experts, workers, citizens' associations and users of services in the governance processes, it is possible to increase the quality of water services in the long term and ensure sustainability of water infrastructure and resources.

KEY WORDS: Water services governance, Participatory governance, Privatisation, Reform, Public good

1. UVOD

Upravljanje vodnim resursima sve je važnije pitanje zbog povećanja rizika nedostupnosti vode za piće i higijenske potrebe. Dokumenti Ujedinjenih naroda navode da je pristup pitkoj vodi i odvodnji ljudsko pravo (UN GA, 2010). Unatoč tome, prema izvještaju UNICEF-a (2013) oko 780 milijuna ljudi nema pristup naprednijim izvorima pitke vode, dok čak 2,6 milijarde nema pristup odvodnji. Prema UNDP-u (2006), čest razlog nedostupnosti pitke vode je loše upravljanje jer većina svjetskih zemalja ima dovoljno vode za sve ljudske potrebe. Ovaj obrazac vidljiv je i u Hrvatskoj: iako je zemlja relativno bogata vodom prema podacima Ministarstva poljoprivrede razina priključenosti na vodoopskrbu je 80%, na odvodnju 43 %, a nedovoljno održavanje i zastarjelost sustava najviše uzrokuje gubitke isporučene vode od oko 40%.

Kao uvjet članstvu u EU, Hrvatska je preuzela obveze usklađenja s direktivama o vodnim uslugama zbog kojih mora do 2023. u infrastrukturu uložiti 34 milijarde kuna. Stoga je reformom upravljanja vodnim sektorom pokrenut proces tehničkog i organizacijskog okrupnjavanja i specijalizacije davatelja usluga, uz isticanje načela punog povrata troškova.

Opravdano je zapitati se hoće li reforma dovesti do daljnje komercijalizacije vodnih usluga te koji su mogući alternativni reformski smjerovi. Doprinos ove analize je vrednovanje upravljačkih praksi u pružanju usluga vodoopskrbe, odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda u Hrvatskoj te komparacija tih praksi prvenstveno s onima u zemljama EU.

2. TEORIJSKI OKVIR I METODOLOGIJA

Upravljačke prakse razmatrali smo pomoću tri modela prakse javnog upravljanja (Pollitt i Buckaert, 2011). Model „novog birokratskog upravljanja" (*eng.* New Weberian State)

odnosi se na osuvremenjivanje tradicionalnih upravljačkih principa i instrumenata koji se provode u hijerarhijskom okružju, sa strogim pravilima i eksplicitnim mandatima za provoditelje. Model „novog javnog menadžmenta" (*eng.* New Public Management) predviđa reformiranje javnog sektora tehnikama poslovnog sektora među kojima se ističu fokus na mjerljive rezultate i upravljanje putem ugovora. Reformu u smjeru veće demokratizacije upravljačkog procesa promiče model „novog participativnog upravljanja" (*eng.* New Participatory Governance) koji se zasniva na principima mrežnog upravljanja, a kao temeljne upravljačke instrumente koristi povjerenje i zajedničke vrijednosti svih aktera uključenih u provedbu javnih politika. Dok u birokratskom upravljanju vlast zadržava monopol nad javnim uslugama, u novom javnom menadžmentu to podrazumijeva privatizaciju, podugovaranje i uvođenje privatnih poduzeća u javni sektor, a u novom participativnom upravljanju pružanje usluga se primarno odvija u partnerstvu s civilnim društvom.

Prisutnost elemenata koji korespondiraju s trima upravljačkim modelima vodnih usluga u Hrvatskoj utvrdili smo na temelju analize intervjua provedenih na uzorku od 23 ispitanika/ce, aktera uključenih u upravljanje vodnim uslugama, te analize dokumenata koja je obuhvatila 5 strateških dokumenata i 13 propisa. Analiza je uključila i pregled inozemnih praksi upravljanja vodnim uslugama za potrebe evaluacije hrvatskog upravljačkog procesa i formulacije preporuka za unapređenje upravljanja vodnim uslugama.

3. PRAKSA UPRAVLJANJA VODNIM USLUGAMA U HRVATSKOJ

Analiza provedenih intervjua i dokumenata pokazala je da u Hrvatskoj dominira model novog birokratskog upravljanja, iako postoje elementi novog javnog menadžmenta. Birokratsko upravljanje očituje se u hijerarhijskom upravljanju vodnim uslugama, ali i u činjenici da usluge pružaju isključivo javna poduzeća. Elementi novog javnog menadžmenta vidljivi su u zakonskom omogućavanju privatnog koncesioniranja pročišćavanja otpadnih voda, kao i trendu da se vodne usluge, primarno usluge odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, u sve većem udjelu financiraju prodajom tih usluga potrošačima, a sve manje iz javnog proračuna.

U sustavu upravljanja vodnim uslugama značajan akter su Hrvatske vode zbog koncentracije stručnosti i financija. Ključni utjecaj na provedbu vodnih usluga Hrvatske vode vrše sufinanciranjem radova na infrastrukturi. Međutim, prema mišljenju velikog dijela ispitanika, nejasni su kriteriji prema kojima se novac dodjeljuje te smatraju da kod kandidiranja projekta za sufinanciranje od strane Hrvatskih voda ulogu igraju veze i poznanstva čelnika vodovoda ili općina.

Istovremeno, iako je formalni nositelj vodne politike u percepciji ispitanika Ministarstvo poljoprivrede je bitno manje prisutno u upravljanju radom lokalnih isporučitelja – uglavnom kroz zakone, uredbe i inspekcijski nadzor, a mnogi od njih ističu da Ministarstvu manjka stručnih kapaciteta. Među akterima na nacionalnoj razini djeluje i Vijeće za vodne usluge, velikih ovlasti u osiguranju zakonitosti određivanja cijene vodnih usluga i ostvarivanju načela ekonomske cijene vode i punog povrata troškova, ali slabo kapacitirano. Tako dio ispitanika nije ni upoznat s njegovom ulogom, dok dio smatra da nema znanja o konkretnim problemima na terenu.

Jedinice lokalne samouprave su te koje su obvezne pružiti vodne usluge svojim građanima, no zbog slabe financijske moći za infrastrukturne projekte su u potpunosti ovisne o

transferima s nacionalne razine te zaduživanju zbog kojeg se povećava cijena vode. Uredbom o izdvajanju vodnih usluga iz objedinjenih djelatnosti komunalnih poduzeća, gradovi i općine izgubili su mogućnost za prelijevanje novca iz jedne komunalne djelatnosti u drugu, što su najčešće koristili za subvencioniranje cijene vode. Kako navode ispitanici, zbog visokog udjela sufinanciranja infrastrukturnih projekata (prvenstveno od strane Hrvatskih voda), gradovi i općine neodgovorno napuhuju projekcije rasta stanovnika i potrošnje vode od građana i industrije što u konačnici rezultira neracionalnim trošenjem. Javni isporučitelji vodnih usluga tj. vodno-komunalna poduzeća ostaju na milost i nemilost tekućih političkih odluka jedinica lokalne samouprave kao njihovih vlasnika te strateških odluka Hrvatskih voda i Ministarstva koje se donose bez konzultacija s poduzećima. Kada je riječ o njihovoj organizaciji, brojni ispitanici ističu problem zapošljavanja upravljačkog kadra često po stranačkom ključu što dovodi u pitanje njihovu stručnost. Građani i udruge građana se u sustavu upravljanja ne vide kao akter koji treba sudjelovati u upravljanju, već prvenstveno kao potrošači koji plaćaju za vodne usluge.

Nacionalni akteri trenutno provode reformu u upravljanju vodnim uslugama, no bez ravnopravnih konzultacija s lokalnim akterima koji će reformom biti najviše pogođeni. Glavni razlog reforme u sektoru vodnih usluga jest usklađenje sa standardima EU, što zahtijeva znatne investicije u infrastrukturne projekte u iznosu od 34 milijarde kuna te organizacijske promjene. Vodno-komunalnim poduzećima će uz zadovoljenje određenih uvjeta iz strukturnih fondova EU biti dostupno do 70% tog iznosa. No, čak i da je to 100%, troškovi vodno-komunalnih poduzeća znatno će rasti zbog povećanih troškova amortizacije veće vodovodne i kanalizacijske mreže te zbog novih pročistača otpadnih voda. U isto vrijeme se može očekivati da će se bez povećanja cijena vodnih usluga u budućnosti prihodi komunalnih poduzeća smanjivati jer će se vjerojatno kao i u ostalim članicama EU smanjivati potrošnja vode od strane kućanstava i industrije.

Završila je prva faza organizacijske reforme (specijalizacija komunalnih poduzeća za vodoopskrbu i odvodnju) te druga faza reforme (racionalizacija na 20 uslužnih područja na razini cijele Hrvatske). Predstoji treća reformska faza u vidu okrupnjavanja postojećih oko 160 vodno-komunalnih poduzeća u po jedno poduzeće za svako uslužno područje. Neki ispitanici to vide kao korak prema privatizaciji vodnih usluga budući da elementi reforme podsjećaju na procese koji su prethodili privatizaciji u drugim europskim zemljama. No, ostaje činjenica da izostanak reforme tj. zadržavanje postojeće situacije neodrživog planiranja i troškova isto tako može dugoročno voditi privatizaciji vodnih usluga i/ili infrastrukture zbog sve većeg zaduživanja za nove infrastrukturne projekte i pokrivanje tekućih financijskih gubitaka javnih isporučitelja vodnih usluga.

4. MEĐUNARODNA ISKUSTVA U UPRAVLJANJU VODAMA

4.1. Privatizacija vodnih usluga

Iako je u Hrvatskoj mogućnost privatizacije isključena Zakonom o vodama, , kada se pogleda primjer Engleske i Walesa 1970-ih godina, vidi se da su i tamo specijalizacija i okrupnjavanje provedeni bez namjere privatizacije no nakon promjene vlasti - okrupnjena poduzeća su prodana na burzi (Hall i Lobina, 2001a).

Pod privatizacijom vodnih usluga podrazumijevamo javnu politiku koja ove usluge organizira kroz sudjelovanje privatnog sektora: od dugoročnih koncesija i javno-

privatnih partnerstva, prodaje vlasničkih udjela u vodnim poduzećima pa sve do prodaje vodne infrastrukture. Privatizaciju od 1990-ih snažno zagovaraju različite međunarodne organizacije i razvojne banke. Paralelno, a i povezano s tim, razvijaju se i okrupnjavaju multinacionalne vodne korporacije. Zagovornici privatizacije smatraju da je pružanje usluga od strane države po prirodi skupo i neoptimalno koristi resurse jer zanemaruje ekonomske kriterije. Međutim, promatranjem posljedica privatizacije na konkretnim primjerima, pokazuje se da je ona gotovo svaki put dovela do porasta cijene vode i smanjenja kvalitete usluge (Belanya i ostali, 2005).

Vodne usluge su prirodni monopol, bez konkurentskih ponuđača i infrastruktura, a kada ih privatiziramo ne nastaje novo tržište. Javni monopol zamjenjuje se privatnim te nastoji ostvariti profit na teret potrošača ili čak i javnog proračuna - smanjenjem investicija, povećanjem cijena i isključivanjem onih koji ne plaćaju (Swyngedouw, 2007). Vlast to pokušava spriječiti regulacijom no brojni primjeri, poput Sofije, Berlina ili Pariza, pokazuju da privatni partner gotovo uvijek nadmudri regulatora.

Nakon 20 godina privatizacijske euforije, gradovi širom svijeta odustaju od privatizacije. Pariz, Grenoble, Berlin, Budimpešta, Buenos Aires, Atlanta, Dar es Salaam - samo su neki koji su, razočarani neispunjenim obećanjima, isključivanjem siromašnih kućanstava, odgađanjem investicija, porastom cijena i nemogućnošću da efikasno nadziru multinacionalne korporacije odlučili vratiti vodne usluge u javni sektor kroz proces rekomunalizacije.

4.2. Participativno upravljanje vodnim uslugama

Sadašnji se model upravljanja vodoopskrbom i odvodnjom u Hrvatskoj može okarakterizirati uglavnom kao birokratski. Njegove manjkavosti u vidu neefikasnosti te probleme političkog klijentelizma pojedini akteri u vodoopskrbi i odvodnji žele riješiti prelaskom na model novog javnog menadžmenta. Međutim svjetska i europska praksa poznaju i druge načine upravljanja koji rješavaju ove probleme bez uvođenja tržišnih mehanizama i privatizacije vodnih usluga.

Neki od mogućih modela upravljanja bazirani su na direktnoj demokraciji i solidarnom principu, kao što su vodne zadruge. Dok su u Europi i SAD-u vodne zadruge uglavnom male i u ruralnim krajevima, u zemljama Latinske Amerike postoje i velike zadruge koje pružaju usluge u gradovima. Tako se primjerice u bolivijskom gradu Santa Cruz de la Sierra nalazi najveća vodna zadruga na svijetu „Saquapac“ sa 183.000 članova te kvalitetnim vodnim uslugama opslužuje oko 900.000 ljudi (Nikolaou, 2014).

Još jedan model upravljanja baziran na solidarnom principu su „javno-javna partnerstva“ (JJP). To su prije svega neprofitna partnerstva uspostavljena između javnih poduzeća kako bi se poboljšali njihovi upravljački i tehnički kapaciteti. Uglavnom se radi o transferu znanja, kapitala i tehnologije od strane javnih poduzeća na globalnom Sjeveru prema javnim poduzećima na globalnom Jugu, no postoje i primjeri JJP unutar istih zemalja ili regija (Hall i ostali, 2009).

Treći i za naš kontekst najvažniji model je uvođenje participativnog upravljanja u javna vodna poduzeća. Najznačajniji primjeri su Grenoble i Napulj. U Grenobleu je nakon 12 godina privatne koncesije, 2001. godine gradska vodoopskrba rekomunalizirana. No, građani Grenoblea se nisu zadovoljili da samo vrate vodne usluge u javni sektor, već su krenuli s uvođenjem participativne demokracije kako bi se izbjegle ne samo loše strane

privatnog, već i dotadašnje loše strane javnog pružanja usluge. Tako su u upravljanje poduzećem uključeni zaposlenici i korisnici, a poduzeće je financijski autonomno od gradske vlasti (Hall i Lobina, 2001b).

Političke namjere da se vodoopskrba u Italiji privatizira osujećene su nacionalnim referendumom održanim 2011. godine. Stoga napuljsko vodno-komunalno poduzeće nikad nije privatizirano, a od 2013. godine je započela njegova reforma u smjeru participativnog upravljanja. Tako u upravljanju i nadzoru poduzeća ABC Napoli sudjeluju stručnjaci, predstavnici udruga za zaštitu okoliša, radnika i korisnika (CEO, 2013). Time je uspostavljena društvena kontrola koja osigurava da se usluga pruža u javnom interesu.

ZAKLJUČAK

Jaz između budućih sve većih rashoda zbog preuzetih obaveza ulaganja u infrastrukturu i sve manjih prihoda komunalnih poduzeća u Hrvatskoj može se financirati ili iz drastičnog podizanja cijena vodnih usluga ili iz državnog proračuna. Iskustva pokazuju da prva opcija nije prihvatljiva jer dostupnost vodoopskrbe i odvodnje za sve nije moguće osigurati tržišnim mehanizmima, a upitna je i etički iz perspektive ljudskog prava na vodoopskrbu i odvodnju. Stoga je nužno da se planirana infrastrukturna ulaganja pokriju javnim novcem, a ne većom privatizacijom upravljanja i financiranja.

Reforma, pokrenuta radi usklađenja sa standardima EU-a, dovela je do specijalizacije vodnih poduzeća te slijedi njihovo okrupnjavanje. Iako ovaj pristup može doprinijeti rješavanju problema neefikasnosti, iskustva drugih zemalja navode na oprez jer time vodne usluge postaju pogodnije za privatizaciju. S druge strane, reforma u vodnim uslugama je nužna jer *status quo* koji uključuje neracionalno trošenje zbog stranačkog zapošljavanja nestručnih kadrova, pogodovanje prilikom javnih nabava te predimenzionirane projekte zbog kojih se poduzeća prekomjerno zadužuju vodi prema sve većoj financijskoj neodrživosti, što dugoročno nužno gura vlasti prema privatizaciji vodnih usluga i/ili vodne infrastrukture.

Umjesto na pristupu birokratskog upravljanja ili tržišno-privatizacijskom pristupu novog javnog menadžmenta, reforma bi se više trebala temeljiti na horizontalno-mrežnom pristupu participativnog upravljanja, kao što to rade u Napulju i Grenobleu. Reforma neće ostvariti željene ciljeve ako se u upravljanje na svim razinama kroz instrumente participativne demokracije ne uvedu neovisni stručnjaci, predstavnici radnika, udruga građana i samih korisnika koji su zainteresirani za povećanje kvalitete usluga, ali i za dugoročnu održivost infrastrukture i vodnih resursa.

LITERATURA

[1] Balanya, B. et al (eds.) (2005) *Reclaiming Public Water: Achievements, Struggles and Visions from Around the World*. Transnational Institute, Amsterdam, 286

[2] Corporate Europe Observatory (2013) *Case of Naples.* http://www.remunicipalisation.org/#case_Naples (Preuzeto 10.08.2014.)

[3] Hall, D. et al (2009) *Public-public partnerships (PUPs) in water*. PSIRU, London. http://www.tni.org/sites/www.tni.org/files/download/pupinwater.pdf (Preuzeto 12. 08. 2014.)

[4] Hall, D., Lobina, E. (2001a) *UK Water privatisation – a briefing*, PSIRU, London. http://s.cela.ca/files/uploads/UKWater.pdf (Preuzeto 12.08.2014.)

[5] Hall, D., Lobina, E. (2001b) *Private to Public: International lessons of water re-municipalisation in Grenoble, France*. PSIRU, London. http://www.psiru.org/reports/2001-08-W-Grenoble.doc (Preuzeto 10.06.2014.)

[6] Nikolaou, K. (2014) *Another World Exists: thousands of water cooperatives on the planet* http://www.fame2012.org/en/2014/09/17/water-cooperatives-on-the-planet/#[1] (Preuzeto 14.08.2014.)

[7] Pollitt, C., Bouckaert, G. (2011): *Public Management Reform: A Comparative Analysis-New Public Management, Governance and the Neo-Weberian State* (3rd ED.), Oxford University Press, Oxford, 352

[8] Swyngedouw, E. (2007) *Urban Water Flows and Capital Accumulation - The contradictions of urbanising H2O under neo-liberalism*, http://www.who-owns-the-world.org/wp-content/uploads/2008/02/swyngedouwwater.pdf (Preuzeto 14.08.2014.)

[9] UNICEF, WHO (2013) *Progress on Sanitation and Drinking-Water 2013* http://www.wssinfo.

[10] org/fileadmin/user_upload/resources/JMPreport2013.pdf (Preuzeto 12.06.2014.)

[11] UNDP (2006) *Beyond Scarcity: Power, poverty and the global water crisis*. http://www.undp.org/content/dam/undp/library/corporate/HDR/2006%20Global%20HDR/HDR-2006-Beyond%20scarcity-Power-poverty-and-the-global-water-crisis.pdf (Preuzeto 12.06.2014.)

[1] UN GA (2010) *Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010 64/292.- The human right to water and sanitation.* http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/64/292&lang=E (Preuzeto 12.6.2014.)

AUTORI

Enes Ćerimagić, dipl.iur. [a]
Tomislav Domes, dipl.pol. [b]
Anka Kekez Koštro, dipl.pol. [c]
Tomislav Tomašević, mag.pol. [d]

[a] Zelena akcija, Frankopanska 1, 10000 Zagreb, Hrvatska, za@zelena-akcija.hr

[b] Pravo na grad, Dugi dol 8, 10000 Zagreb, Hrvatska, pravonagrad@pravonagrad.org

[c] Fakultet političkih znanosti, Lepušićeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska, akekez@fpzg.hr

[d] Heinrich Boell Stiftung Hrvatska, Preobraženska 2, 10000 Zagreb, Hrvatska, hr-info@hr.boell.org

R 4.14.

POSLJEDICE KOJIMA REZULTIRA PRIVATIZACIJA VODNO-KOMUNALNIH USLUGA

Ivana Gudelj, Lidija Runko Luttenberger, Ankica Senta Marić

SAŽETAK: Voda je tradicionalno u većini zemalja javno dobro i odgovornost države. Vlade širom svijeta, u službi svojih građana, u različitim političkim, gospodarskim i socijalnim okolnostima, ulažu značajne subvencije u održivost vodno-komunalnog sektora i njegovu ekonomsku dostupnost građanima. Upravljanje vodom jedan je od najvažnijih aspekata upravljanja prirodnim resursima za kojeg je nužno da bude uravnoteženo sa specifičnim kulturnim, društvenim i ekonomskim okruženjem. U većini slučajeva privatizacija se predstavlja kao dio paketa oštrih mjera štednje, te vrlo često opravdava uvjeravanjem kako će njena provedba rezultirati uštedom i dodatnim prihodima kojima se može otplaćivati i postojeći dug. Ovaj rad ukazuje na činjenicu da u praksi privatizacija uglavnom rezultira: porastom cijena, daljnjom komercijalizacijom usluga i ozbiljnim podbačajem kvalitete usluge od strane - novih privatnih vlasnika. U konačnici, vodnogospodarske usluge i resursi ostaju izvan kontrole građana koji su, putem svojih poreznih davanja, desetljećima plaćali za razvoj infrastrukture tih istih vodno-komunalnih tvrtki.

KLJUČNE RIJEČI: vodno-komunalno gospodarstvo, javno dobro, ekonomska dostupnost, privatizacija

CONSEQUENCES RESULTING FROM PRIVATIZATION OF WATER-UTILITY SERVICES

SUMMARY: In most countries, water is traditionally a public property and responsibility of the state. Governments all around the world, on behalf of their citizens and under different political, economic and social circumstances, grant significant subsides to maintain the sustainability of the water utility sector and its economic affordability for their citizens. Water management is one of the most important aspects of natural resources management, for which it is necessary to be balanced within specific cultural, social and economic circumstances. In most cases, privatization is presented as part of a package of strict austerity measures, and is often justified by statements that its implementation will result in savings and additional revenues which can further be used to pay off the existing debt. This paper points to the fact that privatization in practice usually results in a price increase, further commercialization of services and serious underperformance of new private owners. Ultimately, water management services and resources remain beyond

the control of citizens who have for decades financed, through taxes, the development of infrastructure owned by those same water utility companies.

KEY WORDS: water utilities, public property, economic availability, privatization

1. UVOD

Upravljanje vodnim resursima u svijetu poprima sve veću važnost zbog povećanja rizika od nedostatka vode za piće i higijenske potrebe što rezultira povećanim rizikom za ljudsko zdravlje. Brojni dokumenti Ujedinjenih naroda, kao što je rezolucija Opće skupštine iz 2010. godine, navode da je pristup pitkoj vodi i odvodnji ljudsko pravo. Unatoč tome, prema izvješću Svjetske zdravstvene organizacije i UNICEF-a iz 2013. godine oko 780 milijuna ljudi nema pristup naprednijim načinima opskrbe vodom za piće, a 2,6 milijarde osnovnim sanitetskim uslugama. Glavni uzroci nedostupnosti pitke vode su fizička i ekonomska nestašica. Fizičku nestašicu uzrokuju klimatske promjene, poput suša i poplava, rast broja stanovnika i kapacitetno sve intenzivnija uporaba vode (u kućanstvima, industriji,a posebno u poljoprivredi). Prema izvješću UNDP-a iz 2006. godine, sve češći razlog nedostupnosti pitke vode je loše upravljanje raspoloživim vodnim resursima (što uključuje neprimjerene gubitke u sustavu, cjenovna neprihvatljivost...) - jer većina zemalja i regija ima dovoljno vode za podmirenje svih ljudskih potreba.
Kriza upravljanja vodom sve češće proizlazi iz definiranja vode kao robe koja se prodaje onima koji je mogu platiti, zanemarujući njen socijalni i javnozdravstveni značaj. Opravdano je stoga preispitivanje onih reformi koje dovode do komercijalizacije usluga vodoopskrbe i odvodnje kao i mogućih alternativnih reformskih smjerova.
Nameće se potreba za:

- razlučivanjem poimanja vode kao *ljudskog prava* kakvom ju smatra javni sektor i vode kao *globalne robe* čime ju smatra privatni sektor,
- ukazivanjem na posljedice kojima je privatizacija polučila u Europi,
- razmatranjem mogućnosti otpora privatizaciji pronalaženjem alternativnih rješenja koja bi osigurala učinkovito upravljanje vodnim resursima putem javnih usluga.

1.1. Voda kao ljudsko pravo

Voda je iznimno bitna za život - poput zraka i sunčevog svjetla - bez čega je život smrtno ugrožen. Pravo na vodu je stoga neotuđivo ljudsko pravo. Pravo pristupa zdravstveno ispravnoj vodi za piće se temelji na ljudskom dostojanstvu, a ne pukom pozivanju na njene količine, tehnologiju obrade, te gledanje vode isključivo kao ekonomskog dobra. Kroz cijelu ljudsku povijesti vodu se vrednovalo kao: izvor života, ljepote, divljenja, opuštanja i osvježenja.

1.2. Voda kao globalna roba

Današnji, moderni, pravni pristup promatra Zemlju, prirodne resurse, pa tako i vodu, kao predmet vlasništva. Posjednici takvog vlasništva su pravne osobe, odnosno korporacije, voda je komodificirana, a za očekivati je pojavljivanje vodnih kartela, poput naftnih kartela, koji će odlučivati – tko će, kako, kada i po kojojcijeni dobiti vodu, a time i o standardu života i zdravlju ljudi.

Čelnici najvećih svjetskih korporacija, smatraju da voda nije temeljno ljudsko pravo, te vlade širom svijeta savjetuju o tome kako ju treba privatizirati, a tek 1,5 % ostaviti po strani - za siromašne (Runko Luttenberger i Gudelj, 2014). No, čini se da je riječ o podjeli interesa – neke korporacije teže preuzimanju cjelovite proizvodnje hrane, dok druge nastoje preuzeti vodu, zagospodarivši njome kroz privatizaciju. Međusobno su povezani gustom i složenom korporativnom mrežom, u kojoj samo oni profitiraju.
Takvim korporacijama svesrdnu pomoć, pri provedbi profitabilnih ciljeva, pružaju političke strukture koje su u svim zemljama, zapravo, interesno povezane s kapitalom tih istih korporacija (koji je nerijetko veći od državnog proračuna nekih zemalja Europske unije).

2. ŠTO PRIVATIZACIJU VODNOGOSPODARSKOG SEKTORA ČINI ATRAKTIVNOM?

Direktno pružanje usluga od strane države, smatraju zagovornici privatizacije, po prirodi je neracionalno, skupo i ne omogućava optimalno korištenje resursa - jer zanemaruje ekonomske kriterije u korist nekih drugih. Nasuprot tome, ulazak privatnog sektora u vodoopskrbu i odvodnju znači uvođenje tržišnih mehanizama i konkurenciju u ove usluge što, prema njihovim tvrdnjama, treba smanjiti cijene, potaknuti na racionalnije korištenje vode, unaprijediti kvalitetu usluge i povećati dostupnost osiguravanjem privatnog kapitala nužnog za investicije u infrastrukturu, a time i smanjiti javnu potrošnju i dug. Zadatak države u tome treba biti da nadzire i regulira, a pružanje usluge treba prepustiti onima koji misle da to rade bolje - privatnim tvrtkama koje nadzor i regulaciju oslabljuju naknadno.

2.1. Globalni kontekst - privatizacija vodnih usluga kao značajna politička i ekonomska tema

Privatizacija vodnogospodarskih usluga velika je svjetska politička i ekonomska tema od početka 1990- ih. Primjenu ove neoliberalne mjere snažno zagovaraju različite međunarodne organizacije i razvojne banke. Paralelno, a i povezano s tim, događa se razvoj i okrupnjavanje globalnih korporacija u području vodoopskrbe i odvodnje, koje zajedno sa lokalnim i regionalnim partnerima sudjeluju u većini privatizacija vodnih usluga i infrastruktura širom svijeta i trenutno opskrbljuju vodom oko 13 % svjetske populacije (Naša voda, 2014).

2.2. Zašto privatizacija nije povoljno rješenje?

Da bi se razumjelo upravljanje vodoopskrbom i odvodnjom i što znači privatizirati ih konstruktivno je krenuti od tri pitanja:

A. Tko je odgovoran?

Od druge polovice 19. stoljeća u većini dijelova svijeta uspostavljen je standard prema kojem je odgovornost za vodoopskrbu i odvodnju javna. Država brine da cjelokupno stanovništvo ima pitku vodu i odvodnju, a način organizacije ovih usluga je predmet javnih politika.

B. Tko isporučuje uslugu?

Isporuka može biti organizirana putem javnog ili privatnog sektora, odnosno u različitim kombinacijama i omjerima privatnog i javnog. Kada se danas govori o privatizaciji vode,

govori se upravo o odgovoru na ovo pitanje. Privatizacija je dakle javna politika koja opskrbu vodom i odvodnju organizira kroz sudjelovanje privatnog sektora. Načini tog sudjelovanja mogu biti različiti - od dugoročnih koncesija i javno-privatnih partnerstava, prodaje vlasničkih udjela u vodnogospodarskim poduzećima pa sve do prodaje fizičke vodnogospodarske infrastrukture.

C. Tko uslugu financira?

Financiranje usluga je uvijek, barem djelomično privatno, budući da cijenu, kao i kod drugih komunalnih usluga direktno plaćaju potrošači. Financiranje može biti, i najčešće je, javno u onoj mjeri u kojoj se u vodoopskrbu i odvodnju ulaže javni novac - putem subvencija potrošačima ili tvrtkama, investicijama, kroz garancije za zajmove ili neki drugi oblik javne potrošnje. Pitanje u kojoj je mjeri financiranje usluga javno odnosno privatno nije direktno povezano s time isporučuje li usluge javni ili privatni sektor.

U gotovo svim slučajevima privatizacija je dovela do značajnog porasta cijene vode za potrošače. Pri tome se ispostavlja da nema značajne razlike u ekonomskoj učinkovitosti između javnih i privatnih vodoopskrbnih poduzeća. Da bi se shvatilo u čemu je problem i zašto princip *više tržišta - manje države*, ne funkcionira kad ga se primijeni na vodu korisno je promotriti specifična svojstva vode i uvidjeti kako ta svojstva diktiraju mogućnosti upravljanja njenom raspodjelom i korištenjem.

Voda je prije svega dobro nužno za život i nezamjenjiva je nekim drugim dobrom. Zbog činjenice da tekuću vodu nije moguće teritorijalno vezati, ograditi i razgraničiti te ona stoga nije sasvim pogodna za pretvaranje u robu. Konačno, voda je, s obzirom na količine koje su potrebne, iznimno teška i skupa za transport, a da bi se transport osigurao potrebno je upravljanje i infrastruktura velikog kapaciteta čija izgradnja zahtijeva dugoročno planiranje i investiranje. Zbog ovih svojstava opskrba vodom i odvodnja se uspostavljaju kao prirodni monopol, bez konkurentskih ponuđača i infrastruktura te uz iznimnu društvenu i političku važnost.

Privatizacija pretvara taj javni monopol u privatni, ne stvarajući pritom nikakvo tržište. Iz perspektive neoklasične ekonomske teorije, na kojoj se temelje argumenti zagovornika privatizacije, upravo je tržišna utakmica i konkurencija, a ne oblik privatnog vlasništva, izvor optimalnog korištenja resursa i preduvjet učinkovitom upravljanju. Kod monopola, bio on javni ili privatni, taj mehanizam nije prisutan. Za razliku od javnog monopola, kojeg je moguće direktno kontrolirati u skladu s javnim interesom, privatni monopolist će, slijedeći svoj privatni interes nastojati povećati profit na teret potrošača - smanjenjem kvalitete i povećanjem cijene usluge - jer u tome nema tržišnih prepreka budući da potrošači nemaju alternativnu mogućnost. Politike privatizacije dakako uključuju javnu kontrolu i regulaciju novonastalih privatnih monopola, no takva kontrola se, kako pokazuju brojni primjeri, pretvara u igru u kojoj privatni partner koncesionar gotovo uvijek uspijeva pravnim trikovima, a ponekad i korupcijom nadmudriti regulatora.

2.3. Posljedice kojima rezultira privatizacija vodnog sektora

Uslijed poimanja vode kao robe i rastućih deficita u javnim proračunima, posljednjih desetljeća pojačava se pritisak na lokalne i nacionalne vlasti da komercijaliziraju sustave vodoopskrbe i odvodnje. Ovakvo usmjeravanje u komercijalne tokove mijenja samu prirodu uloge vodoopskrbe i odvodnje – građani postaju ”potrošači”, a ne ravnopravni

subjekti u raspodjeli javnog dobra; mjesta odlučivanja u upravljanju nacionalnim resursima postaju multinacionalne korporacije, a ne građani i njihovi izabrani predstavnici; voda postaje roba, a ne ljudsko pravo.

U većini slučajeva privatizacija se predstavlja kao dio paketa oštrih mjera štednje, te vrlo često opravdava uvjeravanjem da će njena provedba rezultirati uštedom/prihodima kojima će se moći otplaćivati i dug. Međutim u praksi privatizacija uglavnom završava porastom cijena, daljnjom komercijalizacijom usluga (one koje direktno ne stvaraju profit vrlo se često ukidaju) i ozbiljnim podbačajem u kvaliteti usluge od strane novih privatnih vlasnika. U konačnici, usluge i resursi ostaju izvan vidokruga i kontrole građana koji su kroz svoja porezna davanja desetljećima plaćali za razvoj tih istih privatiziranih poduzeća. Takvi primjeri su:

- vodoprivreda Pariza koja je nakon privatizacije, zbog manjkave kvalitete vode, ponovno vraćena u okrilje javnog sektora;
- Berlin, gde je jedan dio vodnog sektora krajem 90-tih privatiziran, a cijena je suprotno očekivanju da će se privatizacijom umanjiti cijene, konstatno rasla. Umjesto da vode brigu o infrastrukturi vodovoda, vlasničke tvrtke su se brinule samo o profitu, od kojeg u vodoprivredi Berlina nije ostajalo ništa;
- 2011. godine je preko 25 milijuna Talijana odbacilo odredbe tzv. Ronchi uredbe koja je obvezivala lokalne vlasti na privatizaciju i kapitalizaciju javne vodnogospodarske usluge.

Brojni su daljnji primjeri remunicipalizacija na svim kontinentima. Aktualne analize povjesničara upozoravaju na to da će privatizaciju vodnogospodarskog sektora u daljnjoj budućnosti nužno pratiti poskupljenje pitke vode za 100, 200 ili 300 %, ili koliko već privatni distributer bude želio i smatrao "nužnim" u smislu zadovoljenja svojih prohtjeva za ekstra-dobiti. Posebno su nepoželjni, štoviše gospodarski opasni, oni trgovinsko - investicijski privatizacijski sporazumi koji transnacionalnim korporacijama daju za pravo tužiti vlade za financijske odštete u milijardama ukoliko buduće vlade pokušaju uvesti instrumente zaštite okoliša, jer se to smatra preprekom slobodnoj trgovini.

3. TRI NAJČEŠĆA MODELA UPRAVLJANJA VODNO-KOMUNALNIM USLUGAMA U MODERNIM DRŽAVAMA – KAO ODGOVORI NA KRIZU UPRAVLJANJA VODOM

U modernim državama poznata su tri modela javnog upravljanja (Tablica 1) kojima je moguće odgovoriti na krizu upravljanja vodom:

- novo birokratsko upravljanje (*New Weberian State*),
- novi javni menadžment (*New Public Management*),
- participativno upravljanje (*Participatory Governance*).

Model novog birokratskog upravljanja podrazumijeva moderniziranu verziju stroge hijerarhije upravljanja gdje se odluke donose u središnjim državnim tijelima, a provode se po direktnoj zapovjednoj liniji na najniže segmente upravljanja i servisa.

Novi javni menadžment daje naglasak izvedbi i usluživanju klijenata, uvodeći menadžerske ideje i tehnike te logiku poslovnog sektora u funkcioniranje javne uprave. Ovaj model podrazumijeva privatizaciju pružanja usluga i izdvajanje određenih djelatnosti iz javnih

poduzeća (‘outsourcing’) tako da se opći smjer definira u središnjim državnim tijelima, a potom ga provode strane private tvrtke.

Pored navedena dva modela i njihovog preklapanja, od devedesetih godina se razvija i treći model, tzv. participativno upravljanje. Ovaj model podrazumijeva redizajn institucija tako da se one reformiraju u skladu sa izborom i sklonostima građana i širokog kruga drugih aktera koji aktivnije utječu na usmjeravanje novca i rada javnih institucija kroz horizontalnu koordinaciju i partnerstva, što osigurava djelotvornost i legitimitet upravljačkih procesa.

Tablica 1. Modeli upravljačkih reformi (Pollitt i Bouckaert 2011., Hill i Hupe 2014.)

	Novo birokratsko upravljanje	**Novi javni menadžment**	**Participativno upravljanje**
Cilj	Modernizacija tradicionalne države kako bi postala efikasnija, profesionalnija i responzivna prema građanima	Efikasan javni sektor s kvalitetnim uslugama, što se postiže uvođenjem metoda privatnog sektora	Djelotvornija i legitimnija vlast, što se postiže uključivanjem širokoga spektra aktera u razvoj i provedbu javnih politika
Osnovne metode	Autoritet koji se ostvaruje kroz disciplinirani hijerarhiju i djelovanje nepristranih službenika	Pokazatelji izvedbe, kompetitivni ugovori s jasnim rezultatima	Mreže i partnerstva između zainteresiranih dionika. Horizontalna koordinacija
Načini upravljanja	Upravljanje autoritetom	Upravljanje razmjenom/ transakcijom	Upravljanje uvjeravanjem (i participacijom)
Glavni instrumenti u provedbi	Regulacija, zakoni	Koncesije, ugovori, agencije, porezni poticaji i kazne	Suradničko i volontersko udruženo djelovanje i pružanje usluga
Uloga vlasti	Izvršni direktor	Inspektor	Moderator

Ovi modeli u idealnom obliku ne postoje u praksi pa se tako u svijetu mogu naći različite kombinacije tih triju načina upravljanja. U Hrvatskoj prevladava prvi tj. birokratski model upravljanja vodnim uslugama s pokušajima uvođenja elemenata modela novog javnog me-nadžmenta. Upravljački model u Engleskoj od 1980-ih do danas klasični je primjer novog javnog menadžmenta u upravljanju vodnim uslugama, dok je upravljački model vodnih usluga u Grenobleu primjer participativnog upravljanja na lokalnoj razini (Zelena akcija i projektni partneri, 2014).

Za građane ekonomski i tehnološki prihvatljivo, a za državu isplativo upravljanje vodom zahtijeva interakciju mnogih sektorskih politika i područja društvenog privređivanja.

Politika mora osigurati: postavljanje ispravnih prioriteta, pravedan stav prema raspoloživim resursima, poticati konstruktivne interakcije između relevantnih institucija i lokalnih zajednica - koje najizravnije pogađaju loše donesene odluke. Političke odluke i volja gradana su poluge za kolektivno javno upravljanje vodoopskrbom.
Republika Hrvatska ima velika prirodna bogatstva koja zahtijevaju učinkovitu zaštitu i mora odigrati proaktivnu ulogu, istražiti sve moguće načine na koje se privatizacija može spriječiti i koje su alternative koje bi osigurale primjereno i učinkovito upravljanje resursima, te javnim uslugama, raspravljati o načinima ujedinjenja u borbi protiv privatizacije zajedničkih i javnih dobara – koja se u ovom povijesnom trenutku intenzivno nameće (Gudelj i sur., 2013).

ZAKLJUČAK

Voda je tradicionalno u većini zemalja javno dobro i odgovornost države. Vlade širom svijeta, u službi svojih građana, u različitim političkim, gospodarskim i socijalnim okolnostima, ulažu značajne subvencije za održivost vodnog sektora i njegovu ekonomsku dostupnost. Upravljanje vodom jedan je od najvažnijih aspekata upravljanja prirodnim resursima za kojeg je nužno da bude uravnotežen sa specifičnim kulturnim, društvenim i ekonomskim okruženjem.
Vladajući su često pod pritiskom da rasprodaju svoja javna poduzeća. Na žalost, kao i mnogo puta do sada, pritisak kapitala na prirodne resurse koji se doživljavaju samo kroz profit, je ogroman. Dok državne vlasti s jedne strane brinu kako će što lakše projekt privatizacije predstaviti javnosti kao nužnost, s druge strane ekološka svijest javnosti nije dovoljno razvijena da bi mogla bitno utjecati na budućnost i očuvanje prirodnih resursa. Vodom u sva njena tri oblika - pitkom, otpadnom i oborinskom - treba gospodariti integrirano. Javno lokalno komunalno poduzeće je idealno mjesto objedinjavanja svih usluga:

- koje trebaju biti na raspolaganju stanovništvu, lokalnim tvrtkama i institucijama,
- koje nisu i ne trebaju biti izložene slobodnoj tržišnoj utakmici,
- koje moraju biti izrazito kvalitetne,
- a pružanjem kojih ne treba ostvarivati ekstra profit.

Osnovni preduvjet za takvo funkcioniranje komunalnog sustava je da tvrtka bude u javnom vlasništvu jedinice lokalne samouprave ili više njih. To može biti i zadruga, a moglo bi se govoriti i o dioničkim udjelima lokalnih stanovnika i zaposlenika, pod uvjetom da se vlasništvo ne može okrupnjavati i da bude uvjetovano postojanjem priključka, dakle statusom korisnika. Jer građani su uvijek zainteresirani za kvalitetne usluge i okoliš u kojem žive, razvoj tvrtke, nižu cijenu usluge, a zašto ne i za moguće dividende. Drugim riječima, objedinjeno, javno i lokalno komunalno gospodarenje je osnovni preduvjet očuvanja i sprečavanja nekontroliranog i prekomjernog crpljenja lokalnih resursa, uključujući vode.
Umjesto na centraliziranom pristupu birokratskog upravljanja ili tržišno-privatizacijskom pri-stupu novog javnog menadžmenta, reforma bi se više trebala temeljiti na horizontalno-mrežnom pristupu participativnog upravljanja, kao u primjeru Napulja i Grenoblea. Reforma neće ostvariti željene ciljeve ako se u upravljanje na svim razinama kroz instrumente participativne i predstavničke demokracije ne uvedu neovisni stručnjaci,

predstavnici radnika, udruga građana i samih građana kao korisnika vodnih usluga koji su inherentno zainteresirani za povećanje kvalitete usluga, ali i za dugoročnu održivost vodne infrastrukture i vodnih resursa.
Voda je ne samo javno, već i opće dobro, no da bi (p)ostala naša potrebno je da najšira društvena zajednica bude uključena u upravljanje tim resursom u interesu sadašnje i budućih generacija.

LITERATURA

[1] Gudelj, I., Runko Luttenberger, L., Senta Marić, A. (2013): *Privatizacija vodnogospodarskog sektora*, XVII. znanstveno stručni skup, Voda i javna vodoopskrba, Lopar/otok Rab, Hrvatska, 135.

[2] Here to say: *Water reminicipalisation as a global trend* (2014), TNI, PSIRN and Multinationals Observatory.

[3] Hill, M., Hupe, P. (2014): *Implementing Public Policy* (3rd. Edition), London: Sage.

[4] Pollitt, C., Bouckaert, G. (2011): *Public Management Reform - A Comparative Analysis-NPM, Go¬vernance and the Neo - Weberian State* (3rd Edition), Oxford: Oxford University Press.

[5] Runko Luttenberger, L. (2010): E*nvironmental Protection Based on Waste and Water Utility Service Management*, Strojarstvo, 52, 6; 631-649.

[6] Runko Luttenberger L. (2012): *Interactions Between the Society and the Environment in Ecological Engineering of Croatian Water and Waste Management Sector*, Strojarstvo, 1 , 54; 91-104.

[7] Runko Luttenberger L.; Gudelj, I. (2014): *Zemljocentrični pristup i njegova primjerenost za očuvanje vodnih ekosustava*, Hrvatske vode, 22, 90; 315-326.

[8] *Water privatisation: a worldwide failure*?, The Guardian, 30.1.2015.

[9] Zelena akcija i projektni partneri (2014): *Naša voda - analiza upravljanja vodnim uslugama u Hrvatskoj*, Zagreb, Hrvatska.

AUTORI

dr.sc. Ivana Gudelj, znan.sur. [a]

doc.dr.sc. Lidija Runko Luttenberger, znan.sur. [b]

prof.dr.sc. Ankica Senta Marić, dipl.inž. [c]

[a] Hipalab d.o.o., Zagrebačka cesta 181, Zagreb, Hrvatska, e-mail: info@hipalab.hr; ivana.gudelj@hipalab.hr

[b] Komunalac d.o.o., St. Lipovica 2, Opatija, Hrvatska

[c] Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Škola narodnog zdravlja „A. Štampar“,Odjel za vode, Rockefellerova 4, Zagreb, Hrvatska

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 4.15.

HIDROTEHNIČKI PREDMETI U NASTAVNIM PROGRAMIMA GRAĐEVINSKIH FAKULTETA SVEUČILIŠTA U HRVATSKOJ

Josip Marušić

SAŽETAK: Za potrebe izvršavanja zadataka u području vodnog gospodarstva od velikog značenja je obrazovanje stručnih i znanstvenih kadrova po nastavnim programima hidrotehničkih predmeta na Građevinskim fakultetima. Dati su osnovni podaci o nazivima, broju sati i predavanju te ECTS - bodovima za obvezne i izborne hidrotehničke predmete na 4 Građevinska fakulteta Sveučilišta u Hrvatskoj. U radu su dati osnovni pokazatelji o sveučilišnim studijskim preddiplomskim i diplomskim aktualnim nastavnim programima koji se primjenjuju od akademske godine 2005./06. U skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju i s ciljevima Bolonjske deklaracije krajem 2003. godine uslijedile su aktivnosti i pripremni poslovi na usklađivanju, prilagodbi i izradi novih sveučilišnih studijskih programa građevinarstva na Sveučilištima u Zagrebu, Rijeci, Splitu i Osijeku. Po programu TEMPUS – projekta izvršene su zajedničke aktivnosti i poslovi na razmjeni te usklađivanju glavnih odrednica i sadržaja sa sveučilišnim studijskim programima Građevinskih fakulteta Hrvatske i šest inozemnih fakulteta.

KLJUČNE RIJEČI: Nastavni programi, Hidrotehnički predmeti, Predavanja, Vježbe, ECTS-bodovi

HYDROTECHNICAL ENGINEERING COURSES IN THE CURRICULA OF CIVIL ENGINEERING FACULTIES IN CROATIA

SUMMARY: In order to successfully preform tasks in the field of water management, it is very important that future professional and scientific employees are educated according to hydrotechnical engineering curricula at civil engineering faculties. The paper provides an overview of basic data on the course titles, workload/hours and lectures and ECTS credits for mandatory and optional hydrotechnical courses at 4 civil engineering faculties in Croatia. The paper further lists the main indicators for current bachelor and master programmes, which have been implemented since the academic year 2005/2006. In accordance with the Act on Scientific Activity and Higher Education and the objectives of the Bologna process, activities and preparations for harmonization, adaptation and development of the new study programmes for civil engineering faculties of the Universities of Zagreb, Rijeka, Split and Osijek started at the end of 2003. According to the TEMPUS

programme, common activities and tasks on the exchange and harmonization of study programme benchmarks and contents of the Civil Engineering Faculties in Croatia and six foreign faculties were performed.

KEY WORDS: Curricula, Hydrotechnical courses, Lectures, Exercises, ECTS credits

1. UVOD

U skladu s potrebama harmoniziranja studija i usporedivosti akademskih stupnjeva, u Europi je krajem 1990.-ih pokrenut proces reforme visokoškolskog obrazovanja u cilju stvaranja učinkovitog i tržišno prilagođenog europskog visokoškolskog sustava. Dana 19 lipnja 1999. g. ministri znanosti i obrazovanja 29 europskih država potpisali su *Bolonjsku deklaraciju,* a Hrvatska se potpisom punopravno priključila 2001. godine (Marušić, 2007.) Hrvatski sabor je u srpnju 2003. izglasao novi *Zakon o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju* u čijim odredbama se predviđa usklađivnje hrvatskog visokog obrazovanja s ciljevima i sadržajem *Bolonjskog procesa obrazovanja*. Pored ciljeva posebno značajno je prihvaćanje jedinstvenog sustava tri glavna ciklusa visokog obrazovanja: preddiplomski – 3 godine, diplomski -2 godine i doktorski studij- 3 godine s uvođenjem sustava ECTS bodova – European Credit Transfer System. Jednim ECTS bodom vrednuje se 30 radnih sati studenata. Uvođenjem sustava bodova ostvaruje se veća pokretljivost studenata i nastavnika kao sastavnog dijela promicanja europske suradnje i osiguranju unapređivanja kvalitete visokoškolskog obrazovnog procesa. Prihvaćanjem europskog visokoškolskog sustava obrazovanja ostvaruje se lakša prepoznatljivost i usporedivost akademskih stupnjeva i naziva kao i stručnih stupnjeva. Uvođenjem dodatka diplomi (supplementa) omogućava se brže i lakše zapošljavanje na području međunarodne stručne konkurentnosti. Usklađivanje mjera i predviđenih ciljeva trajno prati Europska komisija za visoko školsko obrazovanje i kulturu na osnovu nacionalnih izvješća o provedbi procesa visokoškolskog obrazovanja u skladu s *Bolonjskom deklaracijom.*A to za Hrvatsku vrijedi od akademske godine 2005./06.

2. OSNOVNI POKAZATELJI O ZAJEDNIČKIM AKTIVNOSTIMA I SMJEROVIMA DIPLOMSKOG SVEUČILIŠNOG STUDIJA GRAĐEVINARSTVA U HRVATSKOJ

Krajem 2003. počele su zajedničke aktivnosti, a u 2004. i 2005. g. održano je 5 *„Okruglih stolova – Radionica"* na kojima su međusobno građevinski fakulteti Hrvatske usklađivali prijedloge novih diplomskih sveučilišnih studijskih programa građevinarstva u Hrvatskoj – u skladu s *Bolonjskom deklaracijom.* Dio aktivnosti i poslovi su izvršeni i financirani po europskom programu projekta TEMPUS – Restructuring and Updating of Civil Engineering Curriculum. Na projektu su sudjelovala 4 građevinska fakulteta iz Hrvatske i 6 iz ostalih država Europe odnosno gradova: Atena, Glasgow, Ljubljana, Pecs, Stutgart i Trst. Tijekom izrade studijskih programa konzultirani su i studijski programi građevinarstva i desetak ostalih europskih i američkih građevinskih fakulteta. Uvažen je i dio uputa EUCEET-a (European Civil Engineerng Education and Training) - *Udruga* u kojoj surađuje 106 Građevinskih fakulteta europskih država. U skladu s *Bolonjskom deklaracijom i dijelom uputa EUCEET-a* izrađeni su temeljni sadržaji diplomskih sveučilišnih studija građevinarstva u cilju definiranja profesionalnih i stručnih znanja.

Novim studijskim programima uspostavljen je europski sustav prijenosa ECTS bodova, uvedena je dopunska isprava o studiju kao dodatak diplomi (supplement) potiče se mobilnost studenata i nastavnika i uvodi cjeloživotno obrazovanje. Pored nacionalne akreditacije *Građevinski fakultet u Zagrebu ishodio je međunarodnu akreditaciju sveučilišnih preddiplomskih i diplomski studija građevinarstva, a poslove su izvršile akreditacijske agencije ASBau (Akkreditierung und Qualitätssicherung zeitgemässen zeitgemässer Studiengänge des Bauingenieurwens an deutschen Hoshschulen) i ASİİN (Akkreditierungsagentur für Studiengänge der Ingenieurwissenschafen, der Informatik der Naturwissenschaften und der Mathematik).Dodjelom certifikata EUR-ACE Label stječene diplome priznaju se u Europi i SAD-u.*

Tablica 1. Popis smjerova diplomskog sveučilišnog studija građevinskih fakulteta u Hrvatskoj u akademskoj godini 2014./15.(Split – Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije)

GRAĐEVINSKI FAKULTETI ČETIRI SVEUČILIŠTA U HRVATSKOJ				
	ZAGREB	RIJEKA - moduli	SPLIT	OSIJEK
1.	Geotehnika	Geotehnika	Opći smjer	Hidrotehnika
2.	Hidrotehnika	Hidrotehnika	Hidrotehnika	Nosive konstrukcije
3.	Konstrukcije	Inženjersko modeliranje građevina	Konstrukcije	Organizacija građenja, tehnologija i menandžment građenja
4.	Materijali	Konstrukcije	Modeliranje konstrukcija	Prometnice
5.	Organizacija građenja	Organizacija i tehnologija građenja	-	-
6.	Prometnice	Prometnice	-	-
7.	Teorija i modeliranje konstrukcije	Urbano inženjerstvo	-	-

U I., II. i III. semestru je od 3 do 5 zajedničkih temeljnih predmeta svih usmjerenja, a od 8 do 10 obveznih te od 4 do 6 izbornih hidrotehničkih predmeta. U IV. semestru je 1 obvezni i 1 izborni hidrotehnički predmet, a od 18 do 30 ECTS bodova je izrada diplomskog rada.

3. OSNOVNI PODACI O HIDROTEHNIČKIM PREDMETIMA

3.1. Preddiplomski sveučilišni studij građevinarstva - tri godine

Pored velikog broja temeljnih i ukupnih stručnih predmeta, nedovoljan je broj hidrotehničkih predmeta na preddiplomskom sveučilišnom studiju četiri građevinska fakulteta u Hrvatskoj. Ukupan broj svih obveznih predmeta je od 24 do 31, a hidrotehničkih samo 3 do 4 odnosno od 14,0 do 20 ECTS bodova, a to je samo od 8,0 do 11,4% bodova. Ukupan broj izbornih predmeta od 11 do 20, a samo 1 do 2 hidrotehnička. Za završni rad potrebno je od 3,0 do 5,0 ECTS bodova odnosno od 90 do 150 radnih sati studenata (tablica 2). U prediplomskom sveučilišnom studiju je prevelika zastupljenost temeljnih i zajedničkih stručnih, a nedovoljan broj specijalističkih stručnih predmeta (hidrotehnika, prometnice, organizacija i tehnologija građenja).

Iz sadržaja većine predmeta vidljivo je da studenti stjecanjem diplome prvostupnika

nakon obrane završnog rada preddiplomskog studija nisu dovoljno obrazovani za potrebe građevinarstva i njih od 90 do 95% nastavlja obrazovanje na diplomskom sveučilišnom studiju građevinarstva.

Iz popisa predmeta i sadržaja nastavnih programa preddiplomskog sveučilišnog studija građevinarstva i stručnog studija građevinarstva može se konstatirati da su za potrebe građevinarstva (posebno građenja i održavanja objekata) kvalitetnije obrazovani kadrovi na stručnom studiju građevinarstva koji također traje 3 godine odnosno 6 semestara.

Tablica 2. Popis hidrotehničkih predmeta od I: do VI. semestra preddiplomskog sveučilišnog studija građevinarstva

R. b.	Hidrotehnički predmeti	GRAĐEVINSKI FAKULTETI SVEUČILIŠTA U HRVATSKOJ											
		ZAGREB			RIJEKA			SPLIT			OSIJEK		
		se-mes	sati P+V	ECTS bod	se-mes	sati P+V	ECTS bod	se-mes	sati P+V	ECTS bod	se-mes	sati P+V	ECTS bod
1.	Hidrologija 1	III.	2+1	3,0	III.	2+1	3,0	III.	2+2	5,0	III.	1+1	3,0
2.	Mehanika tekućina	III.	3+2	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.a	Opskrba vodom i kanalizacija	IV	2+1	izb. 4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.b.	Zaštita voda	IV	2+1	izb. 4,0	-	-	-	izb. VI.	2+2	5,0	-	-	-
4.	Hidrotehničke građevine-ob	V	3+0	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.	Hidromehanika	-	-	-	V.	2+2	5,5	IV.	2+2	5,0	IV.	2+3	6,0
6.	Opskrba vodom i odvodnja 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V.	2+2	5,0
7.	Osnovi hidrotehnike	-	-	-	III.	2+2	5,0	-	-	-	-	-	-
8.	Vodni resursi i sustavi .	-	-	-	VI.	2+2	izb. 5,0	-	-	-	-	-	-
9.	OsnovE obalnog inženjerstva	-	-	-	VI.	2+2	izb. 5,0	-	-	-	-	-	-
10.	Obalne i pomorske građevine	-	-	-	-	-	-	IV.	2+2	izb. 5,0	-	-	-
11.	Vodoopskrba i kanalizacija	-	-	-	-	-	-	V.	2+2	izb. 5,0	-	-	-
Ukupno (obv.+izb)		3+2	10+4	17,0	2+2	8+7	18,5	3+2	8+8	20,0	2+0	6+5	14,0

P-sati predavanja tjedno; V-sati vježbe tjedno; S- sati seminara , Izb-izborni predmet; ECTS- Europen Credit Transfer System =30 radnih sati studenti.

Trajanje semestra: 15 tjedana; 2 semestra godišnje (zimski i ljetni). U VI. semestru je izrada završnog rada preddiplomskog studija te obrana rada pred Povjerenstvom (od 3 do 5 ECTS bodova).

3.2. Diplomski sveučilišni studij građevinarstva – dvije godine

U tablici 3. dat je popis obveznih i izbornih hidrotehničkih predmeta na diplomskom sveučilišnom studiju građevinarstva 4 fakulteta sveučilišta u Hrvatskoj. I pored zajedničke suradnje u procesu izrade aktualnih nastavnih programa u skladu s *Bolonjskom deklaracijom* vidljiva je raznolikost kako u nazivima sličnih predmeta tako i broja sati predavanja i vježbi te broja ECTS bodova (za isti broj sati predavanja i vježbi pojedinih predmeta). To je posljedica nedovoljne suradnje Građevinskih fakulteta s projektantskim

i izvođačkim tvrtkama (trgovačkim društvima) u procesu izrade novih odnosno aktualnih diplomskih studijskih programa građevinarstva u Hrvatskoj?!?

Tablica 3. Popis hidrotehničkih predmeta od I: do IV. semestra dplomskog sveučilišnog studija građevinarstva Hrvatske

Red broj	**Hidrotehnički predmeti**	**GRAĐEVINSKI FAKULTETI SVEUČILIŠTA U HRVATSKOJ**											
		ZAGREB			**RIJEKA**			**SPLIT**			**OSIJEK**		
		se-mes	sati p+v	ECTS bod	se-mes	sati p+v	ECTS bod	se-mes	sati p+v	ECTS bod	se-mes	sati p+v	ECTS bod
1.	Hidraulika 1	I.	3+2	7,5	I.	3+1	5,0	I.	3+2	6,0	-	-	-
2.	Hidrologija 2	I.	2+2	6,0	-	-	-	-	-	-	I.	2+2	5,0
3.	Regulacija vodotoka	I.	3+2	7,5	-	-	-	-	-	-	II.	2+2	5,0
4.	Opskrba vodom i odvodnja 1	II.	2+1	izb. 4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.	Zaštita voda	II.	2+1	izb. 4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.	Plovni putovi i luke	II.	3+3	9,0	-	-	-	-	-	-	II.	2+2	Izb. 5,0
7.	Hidrotehničke melioracije 1	II.	3+2	7,5	-	-	-	-	-	-	II.	2+2	5,0
8.	Korištenje vodnih snaga	III.	2+2	6,0	III.	2+2	izb. 4,0	III.	2+2	5,0	II.	2+2	Izb. 5,0
9.	Opskrba vodom i odvodnja 2	III.	2+2	6,0	-	-	-	-	-	-	II.	2+2	Izb. 5,0
10.	Urbana hidrologija	III.	2+2	izb. 6,0	-	-	-	III.	2+2	5,0	-	-	-
11.	Pročišćavanje voda	III.	2+2	izb. 6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.	Modeliranje u hidrotehnici	III.	2+2	izb. 6,0	III.	2+2	Izb. 4,0	-	-	-	III.	1+3	5,0
13.	Hidrotehničke melioracije 2	III.	2+2	izb. 6,0	-	-	-	-	-	-	III.	1+2	izb. 3,0
14.	Postupci zaštite od voda	III.	2+2	izb. 6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.	Hidraulika 2	III.	2+2	izb. 6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.	Hidrotehnički sustavi	IV.	3+1	6,0	-	-	-	-	-	-	III.	2+2	5,0
17.	Projektiranje u hidrotehnici	IV.	0+4	izb. 6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.	Biološke vodogradnje	IV.	2+2	izb. 6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19.	Posebni hidroenergetski sustavi	IV.	2+2	izb. 6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.	Pomorske građevine	IV.	2+2	izb. 6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.	Vodoopskrba i kondicioniranje voda	-	-	-	II.	2+2	6,0	-	-	-	-	-	-
22.	Odvodnja i pročišć.otp.voda	-	-	-	II.	2+2	6,0	-	-	-	-	-	-
23.	Hidrotehničke građevine	-	-	-	II.	2+2	6,0	I.	2+2	izb. 5,0	I.	3+2	6,50
24.	Inženjerska hidrologija	-	-	-	II.	2+2	6.0	II.	2+2	5,0	-	-	-
25.	Regulacije i melioracije	-	-	-	III.	2+2	6.0	-	-	-	-	-	-

Red broj	Hidrotehnički predmeti	GRAĐEVINSKI FAKULTETI SVEUČILIŠTA U HRVATSKOJ											
		ZAGREB			RIJEKA			SPLIT			OSIJEK		
		se-mes	sati p+v	ECTS bod	se-mes	sati p+v	ECTS bod	se-mes	sati p+v	ECTS bod	se-mes	sati p+v	ECTS bod
26.	Eksperimentalna hidraulika	-	-	-	II.	2+2	izb. 4,0	-	-	-	-	-	-
27.	Gospodarenje vodama	-	-	-	II.	2+2	izb. 4,0	-	-	-	-	-	-
28.	Hidrosustavi u kršu	-	-	-	II.	2+2	izb. 4.0	-	-	-	-	-	-
29.	Inženjerstvo obalnih građevina	-	-	-	III.	2+2	6.0	-	-	-	-	-	-
30.	Hidrogeologija	-	-	-	-	-	-	I.	2+1	4,0	III.	2+2	5,0
31.	Luke i pomorske građevine	-	-	-	-	-	-	I.	2+2	izb. 5,0	-	-	-
32.	Modeliranje toka i pronosa u podzemlju	-	-	-	-	-	-	III.	2+2	5,0	-	-	-
33.	Hidrologija krša	-	-	-	-	-	-	III.	3+2	izb. 5,5	-	-	-
34.	Primjena GISA u upravljanju vodnim resursima	-	-	-	-	-	-	I.	2+2	izb. 5,0	-	-	-
35.	Modeliranje i kakvoća površinskih voda	-	-	-	-	-	-	III.	2+2	izb. 5,0	-	-	-
36.	Navodnjavanje i odvodnjavanje	-	-	-	-	-	-	II.	2+1	4,0	-	-	-
37.	Obalno inženjerstvo	-	-	-	-	-	-	II.	2+2	5,0	-	-	-
38.	Uređenje vodotoka	-	-	-	-	-	-	II.	2+2	6,0	-	-	-
39.	Zaštita voda i pročišćavanje otpadnih i oborinskih voda	-	-	-	-	-	-	II.	2+2	5,0	-	-	-
40.	Itegralno uprav. vodn. resursima	-	-	-	-	-	-	II.	2+2	5,0	-	-	-
41.	Zaštita i pročišćavanje voda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III.	2+2	5.0
42.	Kondicioniranje voda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II.	2+2	izb. 5.0
43.	Plovni putovi, luke i terminali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III.	2+2	izb. 5.0
44.	Modeliranje toka i pronosa nanosa u podz.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III.	2+2	izb. 5.0
45.	Hidrometrija	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II.	0+2	izb. 2.0
46.	GIS u hidrotehnici	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II.	2+2	izb. 5.0
	Ukupno obvezni	8	21+16	55,5	7	15+13	41,0	10	21+18	50,0	8	16+17	41,5
	Ukupno izborni	12	22+23	69,0	6	12+12	24,0	6	13+12	30,5	8	13+16	35,0

3.2.1. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Visokoškolska izobrazba građevinara započela je 1919. g. na Građevinskom odjelu Tehničke visoke škole u Zagrebu koja se 1926. g. reorganizira u Tehnički fakultet sa više odjela, a jedan od njih je Građevinski odjel. Od 1956. do 1962. na Tehničkom fakultetu djeluju 4 samostalna fakulteta od kojih je i Arhitektonsko-građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Od 1962. g. djeluje samostalno Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu su tri odjela – smjera: **Hidrotehnički,** Konstruktorski i Prometni, a od 1970. osnovan je i organizacijsko-tehnološki smjer. Od 1996. pored navedena četiri smjera uvode se i dva nova smjera: geotehnika i gradiva, a od 2008. diplomski studij se izvodi i na smjeru: teorija i modeliranje konstrukcija. U skladu s preporukama Bolonjske deklaracije od akademske godine 2005./06. na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu izvode se – preddiplomski,, diplomski i poslijediplomski sveučilišni studij građevinarstva.
Diplomski sveučilišni studij traje dvije godine odnosno četiri semestra – 120 ECTS bodova zajedno s diplomskim radom. Studenti od I. do IV semestra upisuju ukupno 8 obaveznih hidrotehničkih predmeta – 55,5 ECTS boda. Ukupan broj izbornih hidrotehničkih predmeta je 12 a studenti upisuju od 4 -6 (svaki je 4 ECTS bodova). U I. semestru studenti mogu upisati izborni predmet *Primjenjena geologija* (2+0) – s 3 ECTS boda. Izrada i obrana diplomskog rada je 18 ECTS bodova. 12 hidrotehničkih predmeta sudjeluje sa 79,5 ECTS bodova odnosno 66,25% a zajedno s diplomskim radom 93,50 ECTS bodova odnosno 81,25%. Ostali predmeti (22,5 ECTS) sudjeluju sa 18,75% u ukupnom broju 120 ECTS bodova diplomskog sveučilišnog studija građevinarstva u Zagrebu.

3.2.2. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci

Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci studij građevinarstva organizirano provodi od 1976.godine. U izradi novih studijskih programa korištena su dosadašnja iskustva u Hrvatskoj ali i država s dužom tradicijom visoko stručnih kadrova za potrebe građevinarsta i suradničkih djelatnosti. Nakon izdavanja dopusnice od Ministarstva znanosti i visokog obrazovanja provedba nastavnih programa je uslijedila od akademske godine 2005./06. U programu diplomskog sveučilišnog studija građevinarstva dati su potrebni pokazatelji za: nositelje i izvođače studijskih programa, uvijet upisa, kompetencije, akademski naziv, popis obveznih i izbornih predmeta i modula po smjerovima studija, opis sadržaja svakog predmeta, struktura studija, ritam studiranja, obveze studenata, uvjeti izvođenja studija te način praćenja kvalitete i uspješnost izvedbe studijskih programašto je obveza svih GF-a. Diplomski sveučilišni studij građevinarstva traje dvije godine odnosno četiri semestra sa 120 ECTS bodova. Nastavni program po smjerovima je organizirana kroz module pojedinih područja građevinarstva: geotehnika, hidrotehnika, inženjersko modeliranje građevina, konstrukcija i prometnica i urbano inženjerstvo (kao interdisciplinarno područje). Četiri predmeta: vjerojatnost i statistika, računalno modeliranje, teorija i tehnologija betona i upravljanje projektima su obavezna za studente svih smjerova – ukupno 20,0 ECTS, a dat je popis šest izbornih predmeta od kojih se upisuje dva odnosno 10 bodova. U popisu predmeta iz područja modula HIDROTEHNIKE navedeno je osam obveznih hidrotehničkih predmeta sa 45 ECTS i šest izbornih sa 24 ECTS zajedno sa predmetom: gospodarenje otpadom – 4 ECTS. Na smjeru **hidrotehnika** studenti upisuju dva hidrotehnička modula: **sanitarna i privredna hidrotehnika** sa tri obvezna (18

ECTS) i dva izborna (12) od ukupno pet (26 ECTS) odnosno sedam (32 ECTS). Izrada diplomskog rada je u IV semestara sa 30,0 ECTS bodova.

3.2.3. Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu

Od 1977. izvodi se sveučilišni studij građevinarstva, a od 2005./06. izvodi se preddiplomski, diplomski i poslijediplomski sveučilišni studij građevinarstva. Diplomski sveučilišni studij građevinarstva traje dvije godine odnosno četiri semestra sa 120 ECTS– bodova. Za četiri smjera diplomskog studija dati su popisi obveznih i izbornih predmeta, a za smjer HIDROTEHNIKA osnovni pokazatelji su sljedeći:

I. semestar: 5 obaveznih, a od toga 2 hidrotehnička – 10 ECTS ostala obavezna predmeta te jedan izborni h. predmet. kao obavezni predmet upisuje se Hidrogeologija (2+1)– 4 ECTS,

II. semestar 5 obaveznih hidrotehničkih predmeta– 30 ECTS,

III. semestar 2 obavezna h.p.– 10 ECTS i 4 izborna – 20 ECTS, a od toga 2 h.p.

Predmeti: Hidrotehnički sustavi (2+2)– 5,0 ECTS; Inženjerska hidrologija (2+2)– 5 ECTS su obavezni i na Općem smjeru. Predmeti Hidrologija krša (3+2)– 5,5 ECTS i Urbana hidrologija (2+2)– 5,0 ECTS bodova su obvezni za sve smjerove. Izborne predmete HIDROTEHNIKE u III. semestru studenti upisuju u dogovoru s mentorom.

IV. semestar – izrada diplomskog rada– 30 ECTS bodova.

3.2.4. Građevinski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Studij građevinarstva u Osijeku započet je 1976. na Višoj tehničkoj školi koja se 1983. udružuje sa Zavodom za materijale i konstrukcije Osijek u Fakultet građevinskih znanosti Sveučilišta u Osijeku – kao sastavni dio Građevinskog instituta Zagreb. Od veljače 1992. Građevinski fakultet djeluje samostalno u sastavu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Od akademske godine 2005/06, diplomski sveučilišni studij građevinarstva traje dvije godine odnosno četiri semestra sa 120 ECTS – bodova, a organiziran je na četiri smjera.

Za smjer HIDROTEHNIKA osnovni pokazatelji su sljedeći:

I. semestar: 6 obveznih a hidrotehnički predmeti su: hidrotehničke građevine (3+2)– 6 ECTS i hidrologija 2 (2+2)– 5,0 ECTS bodova.

II. semestar: 3 obavezna h.p.: hidrotehnički sustavi (2+2)– 5,0 ECTS, regulacija vodotoka (2+2)– 5 ECTS; hidrotehničke melioracije 1 (2+2)– 5,0 ECTS odnosno ukupno po 6 sati predavanja i vježbi te 15,0 ECTS. Od tri izborna upisuje se jedan hidrotehnički predmet,

III. semestar: 3 obavezna hp: hidrogeologija (2+2)-5,0 ECTS; modeliranje u hidrotehnici (1+3)– 5,0 ECTS te zaštita i pročišćavanje voda (2+2)– 5 ECTS. Od 3 izborna obaveza je upisati jedan hidrotehnički predmet (2+2) – 5 ECTS što je ukupno (7+9)– 20 ECTS.

Ukupno 8 obaveznih h.p. (16+17)– 41,5 ECTS i 2 izborna h.p. (4+4)– 10 ECTS bodova,

IV semestar je izrada i obrana diplomskog rada– 30 ECTS.

ZAKLJUČAK

I pored zajedničke suradnje u procesu izrade sveučilišnih studijskih programa građevinarstva u skladu s Bolonjskom deklaracijom aktualni nastavni *programi četiri građevinska fakulteta (GF) u Hrvatskoj* nisu usaglašeni i ujednačeni u dovoljnoj mjeri. Na preddiplomskom studiju od 24 do 31 obveznog samo su 2 odnosno 3 obvezna hidrotehnička, te 2 izborna hidrotehnička predmeta. Na osnovu sadržaja nastavnih programa i pripadajućeg broja ECTS bodova se zaključiti da sveučilišni prvostupnik (baccalareus) nije u dovoljnoj mjeri osposobljen za samostalno obavljanje stručnih poslova u građevinarstvu.

Četiri GF na diplomskom sveučilišnom studiju građevinarstva u nastavnim programima I., II., III., i IV. semestra imaju 47 hidrotehničkih predmeta (h.p.). Broj obveznih h.p. je 8 do 10, a od toga niti jedan nije istog naziva za 4 GF?!? Broj izbornih h.p. je od 6 do 12, a od njih studenti upisuju od 4 do 6 – ovisno o broju ECTS bodova te broju ostalih obveznih i izbornih predmeta. Za izborne predmete potreban je upis šest i više studenata. Na tri GF pod istim nazivom upisani su sljedeći predmeti: hidraulika (3 obv.), korištenje vodnih snaga (2 obv. i 2 izb.), hideotehničke građevine (2 obv. i 1 izb.). Na dva GF pod istim nazivom upisani su sljedeći predmeti; hidrologija -1 (obv.), regulacija vodotoka (2 obv.), hidrotehničke melioracije -1 (2 obv.) i h.m -2 (2 izb.), hidrotehnički sustavi (2 obv.) inženjerska hidrologija (2 obv.) modeliranje u hidrotehnici (1 obv. i 1 izb.), hidrologija (2 obv.) Čak 34 predmeta je upisano samo u jednom od 4 nastavna programa GF-a u Hrvatskoj.

U IV. semestru u okviru nastavnih programa na 4 GF u Hrvatskoj je izrada diplomskog rada (18 – 30 ECTS) čija obrana je nakon položenih ispita iz svih predmeta. Nakon završenog diplomskog sveučilišnog studija stječe se akademski naziv magistar/magistrica inženjer/inženjerka građevinarstva– s opisom stečenih, osobnih i akademskih kompetencija i poslova na osnovu stečene diplome i suplementa (dodatak diplomi). U skladu sa Zakonom o osiguravanju kvalitete u znanosti i visokom obrazovanju u 2012 i 2013. Agencija za znanost i visoko obrazovanje uspješno je provela postupak reakreditacije sveučilišnih studija građevinarstva u Hrvatskoj – a to je zajednička obveza svakih pet godina.

LITERATURA

[1] *Zakon o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju*, (2003.-2004.) NN 123/03; 198/03; 105/04; 174/04

[2] *Statut Sveučilišta u Zagrebu*, veljača 2005.

[3] Radionice Građevinskih fakulteta Hrvatske (2004. i 2005.): rasprave i zapisnici o usklađivanju nastavnih programa diplomskih sveučilišnih studija građevinarstva – u skladu s Bolonjskom deklaracijom i projektom TEMPUS (4 GF – Hrvatske i 6 GF EU).

[4] Szavits –Nossan A. (2006.): *Bolonjska deklaracija i novi studij građevinarstva*; Građevinar 58, 5 st. 357-366, Zagreb

[5] *Zakon o osiguranju kvalitete u znanosti i visokom obrazovanju,* 2010. Zagreb.

[6] Marušić, J. (2007.): *Sveučilišni studij na H smjeru Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu*, 4. HKOV, Opatija, str 961-970.

[7] Provedeni planovi preddiplomskog i diplomskog sveučilišnog studija građevinarstva
[8] Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, srpanj 2014. g.
[9] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, srpanj 2012.g.
[10] Građevinski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2013. g.
[11] Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu, 2014.g.

AUTOR

prof.dr.sc. Josip Marušić [a]

[a] Jordanovac 43A, Zagreb, Hrvatska, e-mail: josip.marusic12@gmail.com

R 4.16.

ISKUSTVA U PROVEDBI EU PROJEKTA - RAZVOJ ISTRAŽIVAČKE INFRASTRUKTURE NA KAMPUSU SVEUČILIŠTA U RIJECI

Nevenka Ožanić, Nataša Jakominić Marot

SAŽETAK: Sveučilištu u Rijeci odobreno je financiranje projekta ‘’Razvoj istraživačke infrastrukture na Kampusu Sveučilišta u Rijeci’’ u iznosu od 100% traženih sredstava odnosno oko 180 milijuna kuna. Lokacija na trsatskom sveučilišnom Kampusu je središnja točka akademskoga života studenata i znanstvenika-istraživača Sveučilišta u Rijeci u kojem će biti izgrađen znanstveni i društveni mikrookoliš koji će potaknuti interdisciplinarnost u znanstvenom radu i studijskim programima. Kampus će biti platforma za prijenos znanja u tehnološke inovacije. Projekt je prihvaćen u okviru Operativnog programa Regionalna konkurentnost 2007. - 2013. Projektom se opremaju četiri centra s pripadajućim laboratorijima i to za: Centar za visokopropusne tehnologije u biomedicini, Centar za mikro i nano znanosti i tehnologije, Centar za napredno računanje i modeliranje, te za laboratorije Građevinskog fakulteta. U ovom je radu naglasak stavljen na iskustva vezana uz nabavku znanstvene opreme namijenjene Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci, te su predstavljene njezine mogućnosti i očekivani učinci u odnosu na pojedine dionike.

KLJUČNE RIJEČI: EU projekt, Znanstvena oprema, Istraživanja, Hidrotehnika, Održivi razvoj

EXPERIENCE IN THE IMPLEMENTATION OF THE EU PROJECT - RESEARCH INFRASTRUCTURE FOR CAMPUS-BASED LABORATORIES AT THE UNIVERSITY OF RIJEKA

SUMMARY: The funding of the project Research Infrastructure for Campus-based Laboratories at the University of Rijeka was approved in 100% amount of the requested funds (HRK 180,182,048.91) to the University of Rijeka by the Decision of the Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia of 6 March 2014, which then served as the basis for the signature of the Grant Agreement.

The location of the University Campus Trsat is the focus of academic life of numerous students and research scientists of University of Rijeka. A scientific and social microenvironment will be here established to encourage interdisciplinarity in scientific work and

study programmes. The campus will be a platform for knowledge transfer into technological innovations.

The Agreement for the project was signed on 18 April 2014. Of the project value amounting to HRK 180,182,048.91, the contribution from the European Regional Development Fund equals HRK 153,154,741.57 (85%) and the national contribution HRK 27,027,307.34 (15%). The project was accepted in the framework of the Operational Programme Regional Competitiveness 2007-2013. There is an on-going public procurement for scientific infrastructure for the following four centres: Centre for High Resistance Technology in Biomedicine, Center for Micro and Nano Sciences and Technologies, Center for Advanced Computing and Modelling and the laboratory of the Civil Engineering Faculty.

This paper will put emphasis on experiences related to the procurement of scientific equipment for the Civil Engineering Faculty of the University of Rijeka and present its possibilities and expected results with regard to individual stakeholders.

KEY WORDS: EU project, Research infrastructure, Research, Laboratories, Hydrotechnical engineering, Sustainable development

1. UVOD

U ovom radu je ukratko predstavljen projekt „Razvoj istraživačke infrastrukture na kampusu Sveučilišta u Rijeci“, obrazloženi su njegovi ciljevi i tijek pripreme projekta.

Radi se o najvećem projektu provedenom na Sveučilištu u Rijeci, te jednom od prvih projekata financiranih iz Strukturnih fondova Europske unije u Hrvatskoj općenito. Iznos namijenjen kupnji znanstvene opreme u ovom projektu nadmašuje sva kumulativna ulaganja u znanstvenu opremu na Sveučilištu u Rijeci do sada.

Nositelj Projekta je Sveučilište u Rijeci, a voditelj projekta je prorektorica prof. dr. sc. Nevenka Ožanić. U svim centrima nabavka opreme osigurat će implementaciju novih metodologija i tehnologija u inter- i multidisciplinarnim područjima znanosti s ciljem povećanja istraživačkih kapaciteta Sveučilišta u Rijeci. Navedene aktivnosti omogućit će postizanje izvrsnosti u inovacijama i istraživanju te povećanje broja znanstvenih projekata, a ujedno će smanjiti regionalne nejednakosti u razini znanstvene, istraživačke i obrazovne infrastrukture.

Postignuti rezultati implementirat će se u suradnji s malim i srednjim poduzećima na tržištu čime će se povećati broj radnih mjesta u srednje visokoj i visokotehnološkoj proizvodnji te povećati broj transfera tehnologije s privatnim sektorom namijenjenih daljnjoj komercijalizaciji. Poduzete aktivnosti osigurat će prisutnost na tržištu čime će projekt dobiti održivu komponentu. Trajanje projekta je 12 mjeseci što uključuje nabavu opreme, umjeravanje, edukaciju djelatnika za korištenje nabavljene opreme i prilagodbu prostora.

Riječki program razvoja Kampusa predstavlja sveobuhvatan projekt s ciljem povećanja sveučilišnih kapaciteta i kvalitete u obrazovanju, znanosti, istraživanju i razvoju inovacije, te poboljšanja standarda života studenata i ishoda učenja. Sveukupni je projekt osmišljen kroz tri zasebne faze izgradnje. Prva je faza izgradnje završena, dok su objekti planirani za drugu fazu ključni dio projekta „Razvoj istraživačke infrastrukture za laboratorije na kampusu Sveučilišta u Rijeci“. Treća faza, planirana nakon 2020., uključuje još dvije

ustanove, proširenje zgrade Sveučilišnih odjela, istraživački centar i dodatne sportske ustanove.

2. PROJEKT RAZVOJA ISTRAŽIVAČKE INFRASTRUKTURE ZA LABORATORIJE NA KAMPUSU SVEUČILIŠTA U RIJECI

2.1. Osnovne informacije o projektu

Projekt „Razvoj istraživačke infrastrukture na kampusu Sveučilišta u Rijeci“ financiran je iz Europskog fonda za regionalni razvoj (EFRR). Započeo je 19. travnja 2014. godine, a predviđeno trajanje je 19 mjeseci. Projekt je rezultat nastojanja Sveučilišta u Rijeci za aktivnim sudjelovanjem u zajednici, omogućujući pritom istraživanja u koja će biti uključen gospodarski sektor i dionici na lokalnoj, državnoj i međunarodnoj razini.
U skladu s navedenim, projekt je usmjeren na nabavku nove i modernizaciju postojeće istraživačke infrastrukture za sljedeće centre: Centar za visokopropusne tehnologije u biomedicini, Centar za mikro i nano znanosti i tehnologije, Centar za napredno računanje i modeliranje, te za laboratorije Građevinskog fakulteta.
Implementacija ovog projekta, vrijednosti oko 180 milijuna kuna, doprinijet će ulaganju u istraživanje na Sveučilištu u Rijeci na sljedeće načine:

- osigurati će visokokvalitetna istraživanja i kolaborativne projekte s industrijom, i
- znatno će poboljšati regionalnu konkurentnost, razvoj industrije te malih i srednjih poduzeća utemeljenih na znanju.

Rezultati projekta će kao cjelina ostvariti povoljne uvjete za konkurentne istraživačke aktivnosti što će omogućiti protok projekata i znanja, a to je ujedno i način poboljšanja sveukupne konkurentnosti industrijskog sektora u Hrvatskoj.
Sveučilište u Rijeci koristit će laboratorijsku opremu kao platformu za umrežavanje s ostalim istraživačkim i obrazovnim ustanovama u Hrvatskoj, Europi i svijetu te daljnji razvoj istraživačke suradnje s ciljnim skupinama.

2.2. Ciljevi projekta

Osnovni je cilj projekta je povećati konkurentnost hrvatskoga gospodarstva kroz unapređenje istraživačke infrastrukture, što je u skladu s Lisabonskom strategijom, strategijom Europa 2020. i prioritetima Operativnog programa Regionalna konkurentnost, te elaborirano u Razvojnoj strategiji Primorsko-goranske županije 2011. - 2013., uz definirane prioritete u drugim nacionalnim strateškim dokumentima (primjerice Znanstvena i tehnologijska politika Republike Hrvatske 2006. - 2010., Akcijski plan za implementaciju znanosti i tehnologije Republike Hrvatske 2007. - 2010., te Akcijski plan za poticanje investicija u znanost i istraživanje), putem omogućavanja funkcionalne infrastrukture na riječkom Kampusu, potrebne u svrhu osnivanja snažne i konkurentne istraživačke baze u polju prirodnih i tehničkih znanosti, na taj način otvarajući potencijal za komercijalno uporabljive rezultate istraživanja.
Opći cilj projekta temelji se na ciljevima Operativnog programa Regionalna konkurentnost 2007. - 2013. te Strategije Sveučilišta u Rijeci te glasi: *Povećati konkurentnost hrvatskog gospodarstva kroz implementaciju istraživačkog i društvenog mikrookoliša u svrhu promocije interdisciplinarnog istraživačkog rada, stvaranja interdisciplinarnih studijskih*

programa, prijenosa znanja stečenog tehnološkim inovacijama te unapređenja društvenih praksi.
Specifični ciljevi će doprinijeti ispunjenju općeg cilja projekta:

- Razvoj istraživačkih kapaciteta na Sveučilištu u Rijeci,
- Povećanje ljudskih resursa u znanosti i tehnologiji,
- Povećanje broja projekata u suradnji s drugim znanstvenim organizacijama u EU,
- Porast u broju transfera tehnologije u privatni sektor za daljnju komercijalizaciju,
- Povećanje broja zaštićenih prava intelektualnog vlasništva proizašlih iz istraživačke djelatnosti.

Implementacija projekta doprinijet će ulaganju u istraživanje na Sveučilištu u Rijeci na sljedeće načine:

- kvalitetna će istraživanja osigurati konkurentna sredstva (odnosno kolaborativne projekte s industrijom) i
- uvelike će poboljšati regionalnu konkurentnost i razvoj industrije, te malih i srednjih poduzeća temeljenih na znanju.

Ciljevi projekta "Razvoj istraživačke infrastrukture na kampusu Sveučilišta u Rijeci", doprinose ostvarenju jednom od strateških ciljeva Sveučilišta u Rijeci, „*Istraživačko sveučilište s utvrđenim istraživačkim profilom, centrima izvrsnosti, kolaborativnim istraživanjima, institucijskom brigom za razvitak istraživačkih karijera i dvostruko većom znanstvenom produkcijom*", koji između ostaloga predviđa:

- Podupiranje inovacija i razvoj infrastrukture - Podizanje istraživačkih aktivnosti u temeljnim istraživanjima i širenje istraživačke baze preduvjeti su za razvijanje primijenjenih i razvojnih istraživanja koja će rezultirati inovacijama i povezivanjem s lokalnom zajednicom i gospodarstvom.
- Utvrđivanje istraživačkog profila - Jasan istraživački profil i jaki istraživački timovi pretpostavka su za natjecanje u Europskom istraživačkom prostoru kao i za povezivanje s gospodarstvom.
- Kolaborativna istraživanja - Utvrđeni istraživački profili omogućit će pokretanje kolaborativnih istraživanja i formiranja kolaborativnih centara.

2.3. Priprema projekta

Intenzivan rad na projektu započet je 2009. godine kada je prijavljen na Javni poziv Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta. Nakon što je projekt uvršten na listu prioriteta, 2010. godine odobrena je konzultantska pomoć pri izradi projektne dokumentacije kao veliki projekt (major project), obzirom da je prvotno planirano financiranje iz pretpristupnih fondova (IPA). Tek naknadno, obzirom na ograničena sredstva iz IPA-e, projekt je prebačen na financiranje iz Strukturnih fondova EU.
Radi ilustracije veličine i kompleksnosti provedbe projekta navodimo da su cjelokupna sredstva LLP programa na raspolaganju Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2009. - 2013. godine u iznosu od oko 177 milijuna kuna bila 3 milijuna kuna manja od sredstava projekta Razvoj istraživačke infrastrukture za laboratorije na Kampusu Sveučilišta u Rijeci koji traje 12 mjeseci. Slika 1. prikazuje tijek pripreme projekta „Razvoj istraživačke infrastrukture na Kampusu Sveučilišta u Rijeci" koji je zapravo započet još 2000. godine planiranjem razvoja samog Kampusa.



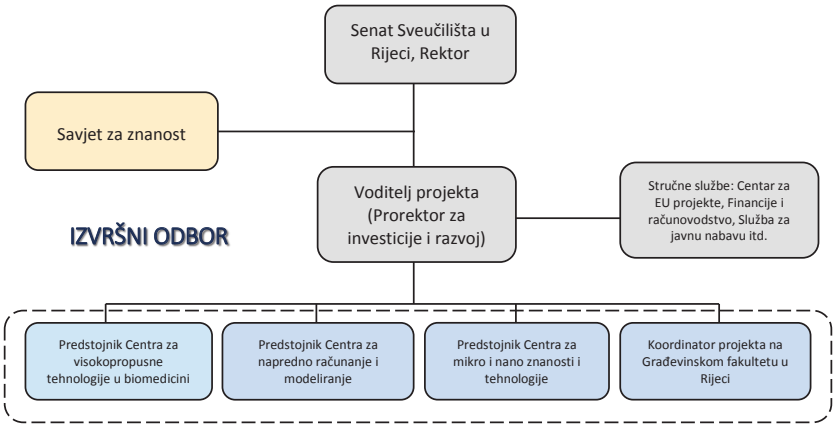
Slika 1. Tijek pripreme projekta

Projekt je prijavljen na ograničeni poziv za dostavu prijedloga projekata koji je bio otvoren od 5. prosinca 2013. do 8. siječnja 2014. godine. Projektna prijava sastojala se od nekoliko tisuća stranica razne dokumentacije dostavljene u četiri primjerka. Dio priloga projektnoj dokumentaciji je zbog svoje veličine dostavljen u elektroničkom obliku zajedno s ostalom dokumentacijom. Slika 2. prikazuje projektnu dokumentaciju prije pakiranja za prijavu na sam natječaj.



Slika 2. Projektna dokumentacija za prijavu na natječaj

Da bi se što lakše upravljalo i pravilno provodilo Projekt, definirane su Smjernice za rad na projektu za sve dionike uključene u provedbu projekta, te je jasno propisana Procedura za preuzimanje i evidentiranje znanstvene opreme na projektu. U provedbu projekta intenzivno je u svakom trenutku bilo uključeno desetak djelatnika Rektorata, članovi Izvršnog odbora, te stotinjak znanstvenika kojima je nabavljena oprema i namijenjena (Slika 3.).



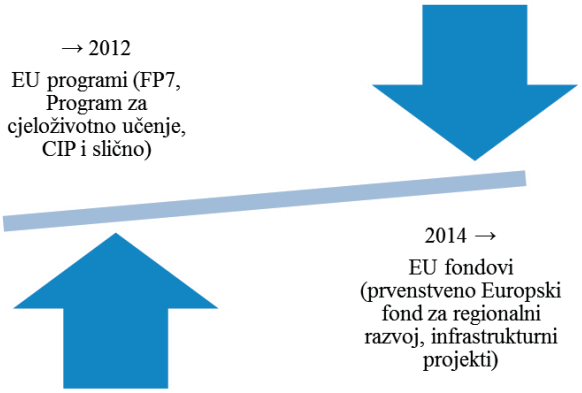
Slika 3. Organizacijska struktura provedbe Projekta

Ukupno će biti objavljeno 83 postupka javne nabave s više grupa unutar nabava, od toga 46 otvorenih i pregovaračkih postupaka, te 36 postupaka bagatelne nabave. Provodi se i jedan postupak natjecateljskog dijaloga (prvi takav u Hrvatskoj) i to za nabavu visoko učinkovitog računalnog okružja s popratnom opremom i prilagodbom prostora.
Redovito se Ministarstvu znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske šalju tjedna, mjesečna i kvartalna izvješća, održavaju se sastanci sa svim dionicima u projektu, a razmijenjeno je nešto više od 1.300 službenih e-mail poruka članova užeg projektnog tima međusobno ili sa predstavnicima Provedbenih tijela (MZOS i SAFU).

2.3.1. Centar za EU projekte Sveučilišta u Rijeci

Središnja točka za EU projekte na Sveučilištu je Centar za EU projekte. Uz pripremu i provedbu projekata od izuzetnog značaja za Sveučilište, Centar predstavlja središnju informacijsku točku za sveučilišne znanstvenike vezano za informacije o programima EU, mogućnostima financiranja, mogućim partnerima i otvorenim natječajima za dodjelu bespovratnih sredstava. Svojim radom Centar potiče sudjelovanje u projektima EU, razvoj međunarodne suradnje i suradnje među sastavnicama, te suradnju s privatnim sektorom i lokalnom zajednicom.
Sveučilište u Rijeci ima dugogodišnje iskustvo u upravljanju projektima, s više od 80 uspješno realiziranih međunarodnih projekata iz različitih EU programa za istraživanje i razvoj, poput programa Obzor 2020, Okvirnog programa za istraživanje i tehnologijski razvoj 5/6/7, Tempus, Program za cjeloživotno učenje, PHARE, Cooperation in Innovation and Research with Central and Eastern Europe CIR-CE, ASO, NATO Science, CIP Inteligentna energija Europe, Jean Monnet, Srednjoeuropski program razmjene za sveučilišne studije CEEPUS, Instrument pretpristupne pomoći - komponente za razvoj ljudskih potencijala IPA IV, regionalnu konkurentnost IPA IIIc i prekograničnu suradnju IPA II uključujući Program jadranske prekogranične suradnje IPA Adriatic, South East Europe, i slično. Pojavom mogućnosti financiranja sveučilišnih razvojnih i infrastrukturnih projekata bespovratnim sredstvima, odlučeno je odgovornost za upravljanje i koordinaciju pripreme i provedbe istih povjeriti upravo Centru za EU projekte.

Ipak, u proteklih nekoliko godina, količina prioritetnih zadataka u području infrastrukturnih projekata koji se financiraju iz Strukturnih fondova postupno se povećavala (Jakominić Marot, 2015.) u odnosu na istraživačke i stručne projekte financirane iz EU programa, te sada čini najveći dio radnog opterećenja djelatnika Centra (Slika 4.).



Slika 4. Prijenos radnog opterećenja Centra u razdoblju od 2012. do 2014. Prema: Jakominić Marot, N. (2015.)

3. OPREMANJE LABORATORIJA GRAĐEVINSKOG FAKULTETA

Od ukupno predviđenih sredstava, Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci namijenjeno je gotovo 55 milijuna kuna. Sredstva su najvećim dijelom namijenjena za nabavku opreme, no manji dio namijenjen je prilagodbi prostora za prihvat iste.
Opremanjem laboratorija na Građevinskom fakultetu dobit će se veliki spin-off potencijal i doprinos za građevinski sektor. Usluge laboratorija će uključivati u prvom redu usluge koje su specifične za polje građevinarstva i temeljnih tehničkih znanosti pogotovo u krškim područjima (geotehnika, hidrotehnika, nosive konstrukcije, prometnice, materijali), istraživanje inovativnih građevinskih materijala i slično, te korištenje složenih 3D modela za istraživanje i u građevinskom inženjerstvu u suradnji Centrom za napredno računanje i modeliranje.

Laboratoriji Građevinskog fakulteta koji su uključeni u projekt su:

- Hidrotehnički laboratorij,
- Geotehnički laboratorij,
- Laboratorij za prometnice,
- Laboratorij za konstrukcije i
- Laboratorij za materijale.

Oprema koja se nabavlja za Građevinski fakultet razvrstana je u sljedeće skupine:

- Nabava mjerne opreme
- Nabava laboratorijskog namještaja
- Nabava računalne i videoopreme
- Nabava alata i ostale sitne opreme

- **Prva faza opremanja Laboratorija za geotehniku**: Nabava opreme za laboratorijska ispitivanja tla i stijena
  - Grupa I. Nabava opreme za standardna laboratorijska ispitivanja tla,
  - Grupa II. Nabava opreme za laboratorijska ispitivanja stijena,
- **Prva faza opremanja Laboratorija za hidrotehniku**
  - Grupa I. Terenske i laboratorijske sonde za tlak i stupanj saturacije,
  - Grupa II. Oprema za indukciju i mjerenje brzine tekućine,
  - Grupa III. Oprema za vizualizaciju i analizu strujanja tekućine, te mjerenje mehaničkih, kemijskih i bioloških karakteristika vode,
  - Grupa IV. Eksperimentalni žlijeb za modeliranje toka u otvorenim koritima,
  - Grupa V. Eksperimentalne komore za modeliranje oborina i podzemnih strujanja vode,
- **Prva faza opremanja Laboratorija za materijale: Nabava opreme za ispitivanje agregata, cementa i betona i opreme za multifunkcionalno ispitivanje**
  - Grupa I. Nabava opreme za ispitivanje agregata, cementa i betona,
  - Grupa II. Nabava opreme za multifunkcionalno ispitivanje,
- **Prva faza opremanja Laboratorija za konstrukcije**
  - Grupa I. Potresne platforme,
  - Grupa II. Sustav za 3D optičko mjerenje pomaka,
  - Grupa III. Kidalica s temperaturnom komorom,
  - Grupa IV. Oprema za ispitivanje i demonstraciju mehaničkih svojstava materijala i konstrukcija,
  - Grupa V. Prijenosni uređaji za nerazorno otkrivanje i mjerenje armature u betonu, oprema za korozijska ispitivanja, uređaj za mjerenje temperature i vlage, mjerilo za pukotine, daljinomjer i osciloskop,
  - Grupa VI. Aktuator s pripadnim agregatom i zatvorenim sustavom hlađenja,
- **Nabava krana i kranskih staza**
- **Prva faza opremanja Laboratorija za prometnice: Oprema za spravljanje bitumenskih mješavina**
- **Površinsko stanje asfalta**
- **Druga faza opremanja Laboratorija za geotehniku,: Mehanika tla - Napredna ispitivanja tla**
- **Nabava senzora i akvizicijske opreme**
  - Grupa I. Nabava senzora,
  - Grupa II. Nabava akvizicijske opreme,
- **Nabava umjerne opreme**
- **Druga faza opremanja Laboratorija za hidrotehniku**
  - Grupa I. Nabava video opreme,
  - Grupa II. Nabava kompleta za modeliranje tlačnih sustava,
  - Grupa III. Nabava akustičnih strujomjera tipa ADCP,
- **Digitalni LCD mikroskop**

- **Nabava eksperimentalnog bazena za modeliranje interakcije mora i građevina**
- **Nabava plovećeg laboratorija za hidrotehniku**
- **Druga faza opremanja Laboratorija za materijale: Nabava opreme za ispitivanje fizikalnih parametara**
- **Druga faza opremanja Laboratorija za prometnice**
  - Grupa I. Nabava opreme za ispitivanje bitumenskih mješavina,
  - Grupa II. Nabava deflektometra,
- **Treća faza opremanja Laboratorija za geotehniku: Nabava opreme za laboratorijska i terenska ispitivanja tla**
  - Grupa I. Nabava različite laboratorijske i terenske opreme,
  - Grupa II. Nabava opreme za uzorkovanje i ispitivanje zbijenosti tla,
- **Nabava zračnog tunela za Laboratorij za hidrotehniku**
- **Nabava 3D printera**
- **Treća faza opremanja Laboratorija za materijale**
  - Grupa I. Nabava opreme za nerazorno ispitivanje materijala,
  - Grupa II. Nabava različite laboratorijske opreme,
- **Druga faza opremanja Laboratorija za konstrukcije**
  - Grupa I. Integrirani sustav za modalnu analizu konstrukcija,
  - Grupa II. Ultrazvučni uređaj i tvrdomjer za čelik,
  - Grupa III. Instrumenti za direktni i indirektni snimak,
- **Prijenosni uređaj s punom opremom za ocjenu kvalitete drva razvrstavanjem prema čvrstoći primjenom akusto-ultrazvučne tehnologije niske frekvencije**
- **Polariskop**
- **Prijenosni uređaj za mjerenje gustoće drva i stupnja truljenja primjenom metode otpornosti na bušenje - (RM / drill resistance method)**
- **Treća faza opremanja Laboratorija za prometnice**
  - Grupa I. Nabava laserskog profilomjera,
  - Grupa II. Nabava georadara.

3.1. Mogućnosti korištenja kupljene opreme

Do sada je kupljen, instaliran i stavljen u rad velik broj komada opreme u laboratorijima na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci. U ovom dijelu istaknut ćemo neke od najvažnijih komada opreme koji su do sada već instalirani.

3.1.1. 3D printer

3D printer (Slika 5.) će se koristiti za izradu fizikalnih modela hidrotehničkih objekata koji će se ispitivati u eksperimentalnom bazenu i/ili u eksperimentalnom žlijebu hidrotehničkog laboratorija.



Slika 5. 3D printer

3D tehnologija printanja fizikalnih modela omogućuje pouzdano ispitivanje utjecaja geometrije hidrotehničkih objekata na relevantne hidrodinamičke karakteristike toka i obrnuto. Isto tako, 3D tehnologija omogućiti će jednostavnu provedbu parametarskih analiza unutar kojih će se jednostavnom izmjenom geometrije toka ispitivati različite varijante projektnih rješenja (Slika 6.).



Slika 6. Faze izrade fizikalnog modela aksijalne reakcijske turbine

3.1.2. Oprema za multifunkcionalno ispitivanje materijala

Oprema za multifunkcionalno ispitivanje (eng. *Multifunctional Testing Equipment*) instalirana u Laboratoriju za materijale Građevinskog fakulteta je servo-hidraulični sustav s kontroliranom silom i pomakom za statička i dinamička ispitivanja niskih frekvencija građevinskih materijala (Slika 7.).



Slika 7. Oprema za multifunkcionalno ispitivanje materijala

Služi za ispitivanja betona, mortova, blokova i slično, na tlak i savijanje, cikličkih ispitivanja za određivanje sekantnog modula elastičnosti, mjerenje duktilnosti i energije sloma betona ojačanog vlaknima ili žilavosti betonskih ploča od prskanog betona pod koncentriranim opterećenjem.

3.1.3. Uređaj za izravno smicanje

Uređaj za izravno smicanje (eng. *Direct Shear Apparatus*) u Geotehničkom laboratoriju Građevinskog fakulteta je automatski programirajući uređaj sa smičnim sklopom, digitalno upravljan preko tipkovnice monitora. Rezultati ispitivanja mogu se pratiti u realnom vremenu na ekranu PC računala.
Sadrži kompletni smični sklop za ispitne uzorke promjera 60 mm i kompletni smični sklop za ispitne uzorke četverokutnog presjeka 60 x 60 mm, te potenciometarski pretvornik pomicanja ili LVDT za mjerenje vertikalnog i horizontalnog pomaka (Slika 8.).



Slika 8. Uređaj za izravno smicanje

Uređaj se koristi za određivanje parametara čvrstoće koji se u geotehničkom inženjerstvu koriste za opisivanje ponašanja materijala te projektiranje getehničkih konstrukcija

3.1.4. Uređaj za kolotraženje s dvostrukim kotačem

U Laboratoriju za prometnice Građevinskog fakulteta nalazi se Uređaj za kolotraženje s dvostrukim kotačem (eng. *Double Wheel Tracker*) koji služi za određivanje otpornosti asfaltne mješavine na plastične deformacije tipa kolotraga mjerenjem dubine kolotraga pod ponavljanim opterećenjem.
Stanje površine kolnika bitno utječe na sigurnost prometa kao i na dinamiku i troškove održavanja ceste. Prethodnim ispitivanjem i pravilnim odabirom asfaltne mješavine može se utjecati na otpornost kolničke konstrukcije na ovakvu vrstu deformacije.
Uređaj za kolotraženje (Slika 9.) omogućava da se asfaltne mješavine već u laboratoriju ispitaju i na ovu vrstu ponovljenih opterećenja čime se simuliraju uvjeti eksploatacije kolnika.



Slika 9. Uređaj za kolotraženje

3.1.5. Eksperimentalni žlijeb u hidrotehničkom laboratoriju

U sklopu opreme za Hidrotehnički laboratorij kupljen je i instaliran i eksperimentalni žlijeb koji će se koristiti za istraživanja strujanja vode u otvorenim koritima. Širina žlijeba je 300 mm, a dubina 450 mm. Radna sekcija eksperimentalnog žlijeba duljine je 16 m. Sastavni dio je i programski paket za upravljanje sa tokom u eksperimentalnom žlijebu sa frekvencijskim pretvaračem za pokretanje pumpe i regulaciju broja okretaja, te oprema za prikupljanje i prikaz podataka u eksperimentalnom žlijebu (elektronski inklinometar za mjerenje nagiba poda eksperimentalnog žlijeba). Sadrži i generator valova - jednostavan, model sa pokretnom pločom, prilagođen za montažu na izljev eksperimentalnog žlijeba i upravljački panel generatora valova za generiranje pravilnih, nepravilnih valova, te valova sa dugim i kratkim čelom. Sastavni dio je i umjetna plaža postavljena na suprotni dio kanala od dijela na kojem se nalazi generator valova te koristi u svrhu transmisije nastalih valova odnosno u svrhu sprječavanja refleksije nastalih valova, te sustav za odvajanje sedimenata (Slika 10.).



Slika 10. Eksperimentalni žlijeb

4. MJERENJE USPJEŠNOSTI PROJEKTA

Tablica 1. u nastavku donosi pregled koristi koje bi od projekta mogli imati pojedini dionici, uključujući samo Sveučilište, gospodarstvo i širu zajednicu.

Tablica 1. Doprinos projekta pojedinim dionicima

Dionik/-ci	Doprinos projekta
Sveučilište u Rijeci	Bolja kvaliteta obrazovanja i znanstvenih istraživanja; prepoznatljivost u EU i šire.
Sveučilišni centri i Građevinski fakultet	Prepoznatljivost u visoko-konkurentnim istraživačkim područjima; privlačnost i studentima i zaposlenicima i partnerima; doprinos razvoju sveučilišta.
Znanstvenici - istraživači	Privlačnost i studentima, zaposlenicima i partnerima; povećana znanstvena produktivnost; mogućnost inovativnog teorijskog i primjenjenog istraživanja; razvoj novih proizvoda i metodologija.
Studenti	Usvajanje kvalitetnijeg znanja i stjecanje vještina; poboljšana zapošljivost; povećana mobilnost i znanstvena produktivnost.
Centri izvrsnosti	Poboljšana suradnja s gospodarstvom; prepoznatljivost i vidljivost; znanstveni doprinos.
Gospodarski partneri	Povećana konkurentnost na tržištu; poboljšanje proizvodnih procesa, produktivnosti, konkurentnosti tehnologija i metodologija; privlačnost zaposlenicima.
Javni sektor	Poboljšanje kvalitete lokalnog akademskog i gospodarskog sektora; otvaranje programa cjeloživotnog učenja za institucije javnog sektora i širu populaciju; povećanje prihoda od poreza.

Što se tiče Građevinskog fakulteta, pokazatelji uspješnosti i predviđeni rezultati u odnosu na pojedine dionike vrlo su detaljno razrađeni (Tablica 2.).

Tablica 2. Pokazatelji uspješnosti i predviđeni rezultati u odnosu na pojedine dionike

Ciljne skupine	Predviđeni rezultati	Pokazatelji
Industrijski partneri (posebno mala i srednja poduzeća)	Napredni proizvodi; povećana produktivnost; implementacija novih tehnologija; konkurentnost na europskom i svjetskom tržištu.	- Broj novih proizvoda; - Podaci o prihodima malih i srednjih poduzeća; - Podaci o prihodu na inozemnim tržištima; - Nova radna mjesta.
Lokalna vlast	Usluge vezane za očuvanje okoliša.	- Broj pruženih usluga; - Broj održanih stručnih seminara.
Studenti	Napredna znanja i vještine; novi diplomski i poslijediplomski studiji; laboratorijske vježbe; suradnja sa inozemnim stručnjacima; povećana zapošljivost; povećana mobilnost.	- Broj upisanih studenata; - Broj novih kolegija; - Povratne informacije zaposlenika i poslodavaca; - Broj zajedničkih znanstvenih radova sa studentima; - Broj studenata u programima mobilnosti.
Sveučilište	Prepoznatljivost; visoka pozicija na međunarodnim znanstvenim i obrazovnim ljestvicama; privlačnost hrvatskim i stranim	- Broj zajedničkih studija sa stranim sveučilištima; - Međunarodna prepoznatljivost i rangiranje;

Ciljne skupine usluga Centara i laboratorija, te postojeće i najavljene suradnje s poslovnim sektorom i domaćim i međunarodnim institucijama jasno svjedoče o potencijalu kojega će s novom istraživačkom opremom Sveučilište u Rijeci moći značajnije razvijati u obliku razvojnih i znanstveno istraživačkih projekata. Projekti će, osim financijskog doprinosa i povećanja zaposlenja istraživača, pridonijeti privlačenju studenata, istraživačkoj izvrsnosti, nastavnom programu, promociji znanosti, inovacija i slično. Tablica 3. donosi indikatore uspješnosti projekta.

Tablica 3. Indikatori uspješnosti projekta

Identifikacijski broj, ime i jedinica pokazatelja	Mjerene vrijednosti		Doprinos projekta	Provjera postignuća
	Polazišna vrijednost	Ciljna vrijednost		
Potpuno opremljeni centri i laboratoriji na Kampusu Sveučilišta u Rijeci	0	4	4	Broj opremljenih centara i laboratorija; na dan 31. prosinca 2015.
Povećan broj objavljenih znanstvenih članaka na Sveučilištu u Rijeci	609	1.025	416	Broj objavljenih znanstvenih članaka na Sveučilištu u Rijeci; godišnje, nakon 2019.
Nova radna mjesta	100	154	54	Broj novozaposlenih; nakon 2019.
Veća zapošljivost studenata uslijed kvalitetnijih ishoda učenja	0	1000	1000	Broj studenata obučenih za rad na novoj opremi; godišnje, nakon 2016.
Nacionalni/međunarodni stručnjaci koji izravno sudjeluju u aktivnostima suradnje	0	12	12	Broj nacionalnih/ međunarodnih stručnjaka; godišnje, nakon 2019.
Povećan broj provedenih projekata	228	280	52 (godišnje)	Broj provedenih projekata; nakon 2019.
Potpisani sporazumi o suradnji s poslovnim sektorom	7	20	13	Broj potpisanih sporazuma; 2019.
Povećan broj međunarodno priznatih patenata	0	1	1	Broj odobrenih patenata; godišnje, nakon 2020.

Ishodi ovog projekta će kao cjelina ostvariti povoljne uvjete za konkurentne istraživačke aktivnosti u regiji, što će omogućiti protok komercijaliziranih projekata, a to je ujedno i način poboljšanja sveukupne konkurentnosti industrijskog sektora u Hrvatskoj.

ZAKLJUČAK

Rad na opremi osiguranoj iz projekta „Razvoj istraživačke infrastrukture za laboratorije na Kampusu Sveučilišta u Rijeci“ osigurat će implementaciju novih metodologija i tehnologija u inter- i multidisciplinarnim područjima znanosti i istraživanja s ciljem povećanja istraživačkih kapaciteta Sveučilišta. Navedene aktivnosti omogućit će postizanje izvrsnosti u razvoju, inovacijama i istraživanju u Republici Hrvatskoj, te smanjiti regionalne nejednakosti u razini znanstvene, istraživačke i obrazovne infrastrukture. Oprema će omogućiti povećanje broja znanstvenih projekata temeljenih na znanju.

Nabavka znanstvene opreme na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci pruža tom fakultetu veliki spin off potencijal i doprinos za građevinski sektor. Usluge svih

opremljenih laboratorija uključivati će usluge koje su specifične za polje građevinarstva i temeljnih tehničkih znanosti pogotovo u krškim područjima i području mora (geotehnika, hidrotehnika, nosive konstrukcije, prometnice, materijali), kao i usluge istraživanja inovativnih građevinskih materijala. Svakako će se koristiti i za izradu složenih 3D modela za istraživanje u svim poljima građevinarstva i temeljnih tehničkih znanosti (pogotovo u građevinskom inženjerstvu) u suradnji Centrom za napredno računanje i modeliranje.
Postignuti rezultati implementirat će se u suradnji s malim i srednjim poduzećima na tržištu, čime će se povećati broj radnih mjesta u srednje visokoj i visokotehnološkoj proizvodnji, te povećati broj transfera tehnologije s privatnim sektorom namijenjenih daljnjoj komercijalizaciji. Također, planirane aktivnosti osigurat će prisutnost na tržištu čime će projekt dobiti održivu komponentu.

LITERATURA

[1] Jakominić Marot, N. (2015): *Strategic Thinking as an Example of Good Governance at the University of Rijeka*. - In: *Abstracts of the Proceedings of the First International OFEL conference on Corporate Governance - The Quest for Organizational Identity: Exploring Socially Constructed Realities*. Zagreb. CIRU. (u tisku).

AUTORI

prof.dr.sc. Nevenka Ožanić, dipl.ing.građ. [a]
Nataša Jakominić Marot, doktorandica [b]

[a] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Radmile Matejčić 3, Rijeka, 51000, Republika Hrvatska, nozanic@uniri.hr

[b] Sveučilište u Rijeci; Trg braće Mažuranić 10, Rijeka, 51000, Republika Hrvatska, natasa@uniri.hr

6. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
HRVATSKE VODE NA INVESTICIJSKOM VALU
OPATIJA 20. - 23. SVIBNJA 2015.

R 4.17.

ZNANSTVENA OPREMA I MOGUĆNOSTI ISTRAŽIVANJA NA GRAĐEVINSKOM FAKULTETU U RIJECI

Nevenka Ožanić, Elvis Žic, Ivana Sušanj, Vanja Travaš, Igor Ružić, Nevena Dragičević, Nino Krvavica

SAŽETAK : Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci je kroz dva projekta: Međunarodnog hrvatsko-japanskog znanstvenog projekta „Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje nepogoda kod odrona zemlje i poplava u Hrvatskoj“ (Risk Identification and Land Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia) te EU projekta ‘’Razvoj istraživačke infrastrukture na Kampusu Sveučilišta u Rijeci’’ (Research Infrastructure for Campus-based Laboratories at the University of Rijeka) dobio značajnu količinu znanstveno-istraživačke opreme, te veći broj znanstvenih novaka i laboranata za rad u laboratorijima. Dobivena znanstveno-istraživačka oprema već je većim dijelom u funkciji, a rezultati istraživanja sadržani su u doktorskim i znanstvenim radovima objavljenim u domaćim i inozemnim časopisima svrstanim u svjetski priznatim znanstvenim bazama. U ovom radu su prikazani dosadašnji rezultati, kao i mogućnosti korištenja dobivene znanstvene opreme na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci s posebnim naglaskom na znanstvenu opremu u Laboratoriju za hidrotehniku.

KLJUČNE RIJEČI: Međunarodna suradnja, EU projekti, Znanstvena oprema, Istraživanja, Laboratorij za hidrotehniku

SCIENTIFIC EQUIPMENT AND RESEARCH POSSIBILITIES AT THE FACULTY OF CIVIL ENGINEERING OF THE UNIVERSITY OF RIJEKA

SUMMARY: The Faculty of Civil Engineering of the University of Rijeka has obtained a significant quantity of scientific research equipment and large number of research and laboratory assistants based on two projects, the international Croatian-Japanese scientific project Risk Identification and Land Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia and the EU project Research Infrastructure for Campus-based Laboratories at the University of Rijeka.

The obtained scientific research equipment is already largely in use, and the research results are contained in doctoral theses and research papers published in domestic and international journals and integrated into globally acclaimed scientific databases.

The paper will analyse the results to date and possible uses of the obtained equipment at

the Faculty of Civil Engineering of the University of Rijeka, with a special emphasis on the scientific equipment of the Hydro-engineering Laboratory.

KEY WORDS: International cooperation, EU projects, Scientific equipment, Research, Hydro-engineering Laboratory

1. UVOD

Svrha ovoga rada je dati prikaz aktivnosti provedenih kroz Međunarodni hrvatsko-japanski projekt „Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje nepogoda kod odrona zemlje i poplava u Hrvatskoj“ (Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia) i strukturni EU projekt ‘’Razvoj istraživačke infrastrukture na Kampusu Sveučilišta u Rijeci’’, kao i praktičnu primjenu rezultata istraživanja dobivenih korištenjem znanstvene opreme nabavljene u okviru spomenutih projekata.

Poseban je naglasak stavljen na dosadašnje rezultate do sada provedenih znanstvenih istraživanja i na mogućnosti korištenja dobivene znanstvene opreme instalirane na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci, odnosno znanstvene opreme u Laboratoriju za hidrotehniku Građevinskog fakulteta.

2. ZNANSTVENA OPREMA I MOGUĆNOSTI ISTRAŽIVANJA NA GRAĐEVINSKOM FAKULTETU U RIJECI

2.1. Međunarodni hrvatsko-japanski projekt

Pojave poplava, blatnih tokova i aktivnih klizišta, uspostava njihova monitoringa, sustavi ranog upozoravanja za poplave i klizišta prilagođeni hidrološkim i geološkim uvjetima na tim područjima, definiranje zona hazarda metodama procjene osjetljivosti i hazarda na osnovi lokalnih geoloških uvjeta dio su istraživačkih aktivnosti usmjerenih ka ublažavanju i prevenciji budućih katastrofalnih događaja na nekom prostoru. Upravo su te aktivnosti bile obuhvaćene bilateralnim hrvatsko-japanskim, znanstveno-istraživačkim projektom „Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje nepogoda kod odrona zemlje i poplava u Hrvatskoj“ (Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia).

Projekt je pokrenut 2008. godine, kada je izabran na natječaju kao jedan od projekata u programu „Znanstveno i tehnološko istraživačko partnerstvo za održivi razvoj“ (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development, SATREP) kojega financiraju Japanska agencija za znanost i tehnologiju (Japan Agency for Science and Technology-JST) i Japanska agencija za međunarodnu suradnju (Japan International Cooperation Agency-JICA). U okviru SATREP programa omogućeno je zajedničko istraživanje japanskih i hrvatskih znanstvenika, a iz programa se financiraju troškovi međunarodne razmjena istraživača i donira se oprema za implementaciju aktivnosti projekta. Japanske partnerske institucije u projektu su Sveučilište u Niigati (The Research Center for Natural Hazards and Disaster Recovery), Sveučilište u Kyotu (Disaster Prevention Research Institute, DPRI) i neprofitna organizacija Međunarodni konzorcij za klizišta (International Consortium on Landslides, ICL). Projekt je sufinanciran i nadziran od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske.

Hrvatske partnerske institucije u projektu su tri hrvatska sveučilišta, Sveučilište u Rijeci (Građevinski fakultet), Sveučilište u Zagrebu (Rudarsko-geološko-naftni fakultet i Agronomski fakultet) i Sveučilište u Splitu (Građevinsko-arhitektonski fakultet), kao i Hrvatski geološki institut. Vrijednost projekta je oko 4 milijuna USD uz duljinu trajanja od 5 godina, a u njemu sudjeluju istraživači iz Japana i iz Hrvatske. Voditelj projekta sa japanske strane je prof. dr. sc. Hideaki Marui iz Sveučilišta u Niigati, a voditelj sa hrvatske strane je prof. dr. sc. Nevenka Ožanić sa Sveučilišta u Rijeci. Aktivnosti projekta provedena su na pilot područjima u blizini gradova gdje su smještena tri partnerska hrvatska sveučilišta, tj. u Rijeci, Zagrebu i Splitu kroz više grupa istraživanja i analiza: identifikacija i kartiranje klizišta, sustavni složeni monitoring klizišta, ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava tala i stijena, modeliranje dinamike klizanja tla, modeliranje propagacije poplavnih valova i blatnih tokova, kontinuirani monitoring toka sedimenata, zoniranje osjetljivosti i hazarda klizanja, uspostavljanje sustava ranog upozoravanja i razvoj mjera ublažavanja rizika kroz sustav prostornog uređenja. Neophodnu mjernu laboratorijsku i terensku opremu za istraživanja donirala je Vlada Japana.

Aktivnosti su bile organizirane u četiri radne grupe (WG4 za područje Splita). U okviru Radne grupe za klizišta (WG1) provedene su aktivnosti sustavnog složenog monitoringa klizišta u realnom vremenu, laboratorijske analize uzoraka tla, te numeričke analize ponašanja klizišta u statičkim i dinamičkim uvjetima na odabranim klizištima.

U okviru Radne grupe za poplave i blatne tokove (WG2) aktivnosti su bile vezane uz sustavna opažanja meteoroloških i hidroloških parametara na predviđenim slivnim područjima i koritima vodotoka (rijekama, bujicama i drugo) u realnom vremenu, numeričke i hidrološke analize mjerenih parametara, te izradu simulacijskih modela poplava, blatnih tokova i tečenja na analiziranim područjima za potrebe izrade sustava ranog upozoravanja na spomenute pojave, a sve prilagođeno hidrološkim i geološkim uvjetima u Hrvatskoj.

Aktivnostima Radne grupe za kartiranje hazarda za primjenu u prostornom planiranju (WG3) bio je obuhvaćen razvoj inventara klizišta pomoću tehnika daljinskih istraživanja, te razvoj metoda analize i zoniranja hazarda klizanja.

U studenom 2010., prosincu 2011., ožujku 2013. i prosincu 2013. godine u Hrvatskoj su organizirane znanstvene radionice projekta sa svrhom diseminacija rezultata projekta između članova projektnih timova, ali i znanstvenika iz drugih institucija iz regije. Radionice su doprinijele i uspostavljanju regionalne suradnje, što je značajno za održivost rezultata Projekta i nakon što je isti završio u ožujku 2014. kada je održana Svečana ceremonija zatvaranja hrvatsko-japanskog znanstvenog projekta u Ministarstvu znanosti obrazovanja i sporta Republike Hrvatske, Gradskoj vijećnici u Zagrebu, te svečano primanje u Rezidenciji japanskog ambasadora u Zagrebu.

2.2. Projekt Europskog fonda za regionalni razvoj

Sveučilištu u Rijeci odobreno je financiranje projekta ‘’Razvoj istraživačke infrastrukture na Kampusu Sveučilišta u Rijeci’’ u iznosu od 100% traženih sredstava odnosno oko 180 milijuna kuna prema Odluci Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske od 6. ožujka 2014. godine, a koja je bila temelj za potpisivanje Ugovora o dodjeli bespovratnih sredstava.

Ugovor za spomenuti projekt vrijedan oko 180 milijuna kuna, od čega doprinos Europskog

fonda za regionalni razvoj iznosi oko 153 milijuna kuna (85%), a nacionalni doprinos oko 27 milijuna kuna (15%) potpisan je 18. travnja 2014. godine. Projekt je prihvaćen u okviru Operativnog programa Regionalna konkurentnost 2007. - 2013. U tijeku je javna nabava znanstvene opreme za četiri centra s pripadajućim laboratorijima i to za: Centar za visokopropusne tehnologije u biomedicini, Centar za mikro i nano znanosti i tehnologije, Centar za napredno računanje i modeliranje, te za laboratorije Građevinskog fakulteta. Nositelj Projekta je Sveučilište u Rijeci, koje kao središnja obrazovna i istraživačka ustanova u Primorsko-goranskoj županiji, ovim projektom želi unaprijediti istraživačku infrastrukturu centara i laboratorija koji djeluju na Sveučilišnom Kampusu. U svim centrima nabavka opreme osigurat će implementaciju novih metodologija i tehnologija u inter i multidisciplinarnim područjima znanosti i istraživanja s ciljem povećanja istraživačkih kapaciteta Sveučilišta. Navedene aktivnosti omogućit će postizanje izvrsnosti u razvoju, inovacijama i istraživanju u Republici Hrvatskoj, te smanjiti regionalne nejednakosti u razini znanstvene, istraživačke i obrazovne infrastrukture. Oprema će omogućiti povećanje broja sveučilišnih projekata temeljenih na znanju. Poduzete aktivnosti osigurat će prisutnost na tržištu čime će projekt dobiti održivu komponentu. Trajanje projekta je 12 mjeseci, što uključuje nabavu opreme, umjeravanje, edukaciju djelatnika, prilagodbu prostora i reviziju.

Od ukupno predviđenih sredstava, Građevinskom fakultetu u Rijeci namijenjeno je gotovo 55 milijuna kuna. Sredstva su najvećim dijelom namijenjena za nabavku opreme, no manji dio namijenjen je prilagodbi prostora za prihvat iste. Opremanjem laboratorija na Građevinskom fakultetu dobit će se veliki spin-off potencijal i doprinos za građevinski sektor. Usluge laboratorija će uključivati u prvom redu usluge koje su specifične za polje građevinarstva i temeljnih tehničkih znanosti pogotovo u krškim područjima, istraživanja inovativnih građevinskih materijala i slično, te korištenje složenih 3D modela za istraživanja u građevinskom inženjerstvu u suradnji sa Centrom za napredno računanje i modeliranje. Laboratoriji Građevinskog fakulteta koji su uključeni u projekt su: Hidrotehnički laboratorij, Geotehnički laboratorij, Laboratorij za prometnice, Laboratorij za konstrukcije i Laboratorij za materijale.

3. DOSADAŠNJI REZULTATI HIDROTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA

3.1. Rezultati istraživanja na području srednjeg i donjeg toka Rječine

Istraživanja u sklopu spomenutih projekata (Međunarodnog hrvatsko-japanskog projekta i sveučilišnog projekta) obuhvaćala su razmatranja različitih teorijskih i praktičnih aspekata modeliranja poplavnih valova i tokova krupnozrnatog nekoherentnog (eng. *Debris flow*) i sitnozrnatog koherentnog materijala (eng. *Mud flow, Earth flow*), kao jednih od značajnijih mogućih prirodnih pojava na srednjem i donjem toku vodotoka Rječine (Benac i drugi, 2010; Perić, 2007; Žic, 2015; Takahashi, 2007).

Istraživanja i rezultati sprovedeni unutar znanstvenog projekta detaljno su obrazloženi u doktorskom radu Elvisa Žica - Prilog modeliranju potencijalnih poplavnih tokova i tokova krupnozrnatog materijala u slivu Rječine, obranjenom na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci. Temeljeni su na prikupljenim meteorološkim, hidrološkim i geotehničkim podacima, te rezultatima matematičkih i fizikalnih modela za različite scenarije kretanja poplavnih vodnih valova, propagacije toka krupnozrnatog i sitnozrnatog

materijala na srednjem i donjem toku Rječine, na području od akumulacije Valići do urbanog dijela grada Rijeke uključujući i moguće scenarije posljedica tih aktivnosti (Žic, 2015).

Baza ulaznih terenskih podataka sadržavala je osnovne informacije o postojećem stanju područja klizišta Grohovo i vodotoka Rječina, uključujući njihovu prirodu, veličinu, lokaciju i povijest, sve dostupne podatke o prethodnim istraživanjima (fotografije, povijesne spise, izvještaje, povratne analize područja i slično), te podatke u realnom vremenu sa instaliranih mjernih uređaja (meteoroloških stanica na brani Valići i klizištu Grohovo, Mini i Baro Diver instrumenata, ombrografa, limnigrafa, ADCP mjerača protoka (eng. *Acoustic Doppler current profiler*) i slično) za praćenje promjena na analiziranoj lokaciji (Slika 1.).

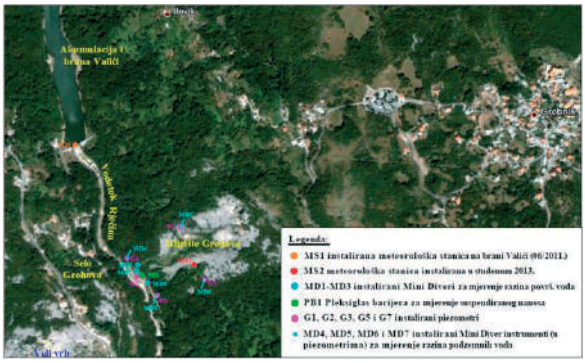
U okviru istraživanja provedeno je 2D numeričko modeliranje poplavnih valova i tokova krupnozrnatog materijala primjenom SPH 2D simulacijskog programa na bazi SPH (eng. ***S**moothed **P**article **H**ydrodinamics*) metode i SOLFEC (eng. ***Sol**ver for **F**inite **E**lement **C**omputation*) simulacijskog programa na bazi neglatke kontaktne mehanike (eng. ***N**on **S**mooth **C**ontact **D**ynamics - NSCD*), te GIS (eng. ***G**eographic **I**nformation **S**ystem*) tehnologije. Na osnovi ulaznih hidroloških i geoloških podataka kreirani su numerički modeli tečenja nevezanog krupnozrnatog i sitnozrnatog materijala. Pri izradi numeričkih modela primijenjene su najčešće korištene empirijske metode erozijskih zakona (erozijski zakon po Egashiri, Voellmyu, Hungru), a predložen je i novi erozijski zakon koji je dao bolja rješenja u pogledu dosega propagacije krupnozrnatog materijala, kao i mjerodavnije vrijednosti erozijskog djelovanja uzduž toka korita Rječine (Žic, 2015; Žic i drugi, 2015).

U sklopu istraživanja analizirane su i definirane smjernice za analizu hazarda i rizika od djelovanja poplava, te tokova krupnozrnatog i sitnozrnatog materijala na ispitivanom području. Uz pomoć dobivenih simulacijskih prikaza toka krupnozrnatog i sitnozrnatog materijala kvantificiran je vjerojatan volumen deponiranog materijala, brzine toka, dubine deponiranog materijala, kao i doseg toka takvih tipova tečenja za nekoliko mogućih scenarija katastrofalnih pojava (Žic, 2015) (Slika 2.).

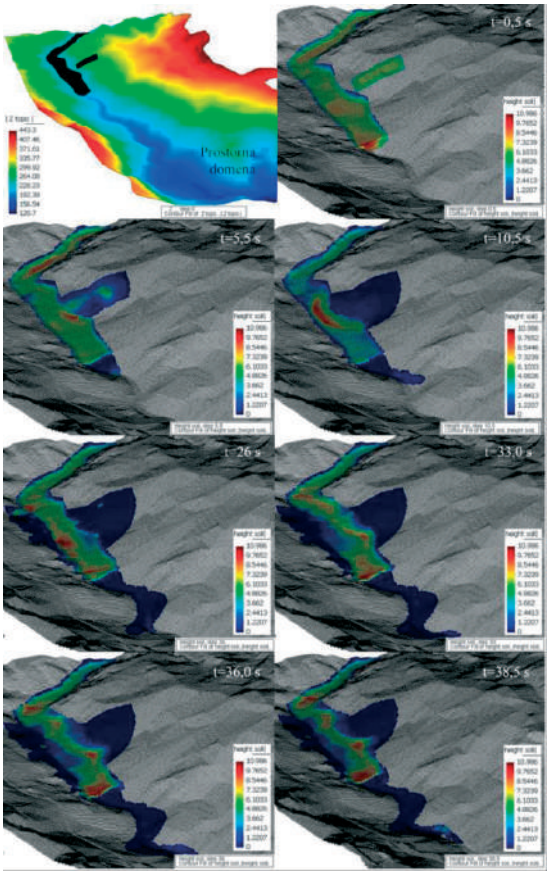
Predmetne analize omogućile su kvantifikaciju pojedinih ulaznih parametara koji iniciraju nastanak tokova krupnozrnatog i sitnozrnatog materijala. Odnosi definiranih parametara omogućuju uspostavljanje korelacija između geomorfoloških i hidrogeoloških uvjeta, te specifičnosti terenskih uvjeta s parametrima tla karakterističnim za nastanak tokova krupnozrnatog i sitnozrnatog materijala. Definiranjem kritičnih geomorfoloških i hidrogeoloških parametara tla koji uvjetuju pojavu tokova krupnozrnatog i sitnozrnatog materijala na flišnom području omogućena je procjena hazarda i mjere za ublažavanje hazarda. Pritom je provedena gruba analiza rizika na srednjem i donjem toku Rječine, pri čemu su definirani glavni elementi rizika (Vivoda i drugi, 2012; Žic, 2015; Žic i drugi, 2014). Dodatno su opisani uzroci mogućih nastanka analiziranih prirodnih hazarda, te smjernice za njihovu sanaciju i očuvanje od posljedica mogućih hazarda u budućnosti.

U sklopu istraživanja na bilateralnom hrvatsko-japanskom projektu, a za potrebe dobivanja ulaznih geoloških parametara za kreiranje numeričkih modela propagacije toka krupnozrnatog materijala i njihovu verifikaciju izrađen je fizikalni model propagacije toka krupnozrnatog materijala u Ujigawa hidrotehničkom laboratoriju (Kyoto Sveučilište). Izrađeno je i nekoliko fizikalnih modela s različitim frakcijama krupnozrnatog i sitnozrnatog materijala pri različitim kutevima nagiba hidrauličkog žlijeba kroz koji se

propagira takav materijal, a rezultati provedenih eksperimenata su objavljeni u radovima (Žic i drugi, 2013).



Slika 1. Karta instaliranih mjernih uređaja na području klizišta Grohovo



Slika 2. Simulacijski prikaz klizanja materijala u akumulaciju Valići i formiranje poplavnog vala nakon prelijevanja preko krune brane, SPH metoda

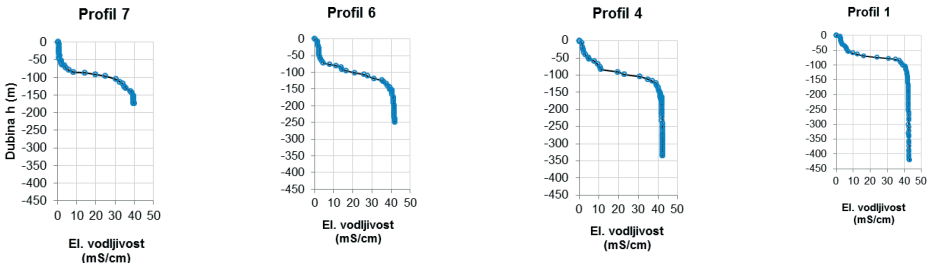
3.2. Istraživanja vezana uz jednodimenzijski numerički model uslojenog tečenja plitkih voda u izrazito stratificiranim ušćima

Ušće Rječine se nalazi u središtu grada Rijeke, gdje Rječina utječe u Jadransko more. Za razliku od sličnih ušća na području Mediterana, ovo je vrlo specifično područje, prvenstveno zbog kratke duljine ušća, izraženih sezonskih, ali i dnevnih oscilacija protoka, te korita sa strmim nagibom dna. Plimne oscilacije u Jadranskom moru su mješovitog tipa, s jednom ili dvije izmjene plime i oseke tijekom dana. Poznato je da se na ušćima rijeka u takvom okruženju formira slani klin, kojeg karakterizira izrazita vertikalna stratificiranost, odnosno gornji sloj slatke vode koji teče iznad donjeg sloja slane vode odijeljenih oštrom granicom (Hansen i drugi, 1966; Ibanez i drugi, 1997).
S ciljem detaljnijeg proučavanja fizikalnih procesa na ušću Rječine, od početka 2012. godine provode se kontinuirana mjerenja vertikalnih profila saliniteta i brzine vode (Krvavica i drugi, 2012). Duž priobalnog dijela korita Rječine, od samog ušća do mosta Školjić udaljenog 630 m od obalne linije, definirano je 8 mjernih profila na približno jednakim udaljenostima. Prilikom mjerenja korištene su CTD sonde koje mjere tlak, temperaturu i specifičnu vodljivost vode (Slika 3.). Primjer izmjerenih vrijednosti vodljivosti vode na četiri karakteristična profila prikazan je na slici 4. Pored navedenih sondi, korišten je i akustični brzinomjer (ADCP) kako bi se izmjerile brzine i protoci neposredno uzvodno i duž slanog klina (Slika 3.,b).
Vertikalna struktura saliniteta i gustoće, izračunata je pomoću poznatih empirijskih izraza Fofonoff i drugi, 1983) na osnovu izmjerenih vrijednosti temperature i vodljivosti vode. Na slici 5.,a, prikazan je uzdužni presjek ušća Rječine s interpoliranim vrijednostima saliniteta. Provedena mjerenja pri različitim protocima i razinama mora upućuju na činjenicu kako je na ušću Rječine prisutna izrazita vertikalna stratifikacija saliniteta i gustoće vode, čime je potvrđena prisutnost slanog klina. Također, regresijskom analizom je pronađena zavisnost duljine slanog klina o protoku Rječine, zasebno za nisku i visoku razinu mora (Slika 5.,b).

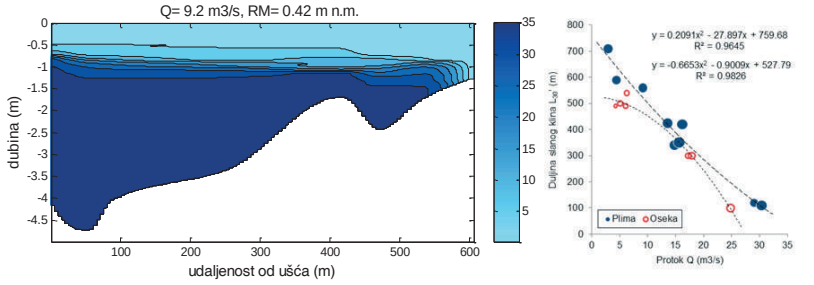


(a) (b) (c)

Slika 3. Korišteni mjerni uređaji: a) CTD sonda, b) ADCP uređaj, c) manji ADCP uređaj na plovilu



Slika 4. Primjeri izmjerenih vertikalnih profila temperature i električne vodljivosti na ušću Rječine



(a) (b)

Slika 5. (a) primjer uzdužnog presjeka ušća Rječine s izračunatim i interpoliranim vrijednostima saliniteta na osnovu provedenih mjerenja, (b) regresijske funkcije zavisnosti duljine slanog klina o protoku Rječine za vrijeme plime i oseke

Pri malim protocima ($Q < 5$ m^3/s) slani klin prodire do posljednjeg uzvodnog mjernog profila, gdje je daljnje napredovanje onemogućeno pridnenim pragom u koritu. Kako se protok povećava, slatka voda postepeno potiskuje slani klin nizvodno prema ušću. Pri protocima većima od 28 m^3/s za vrijeme oseke, odnosno 38 m^3/s za vrijeme plime, slatka voda gotovo u potpunosti istisne slani klin izvan korita rijeke. Pri konstantnom protoku, slani klin prodire uzvodno za vrijeme izdizanja morske razine, dok se za vrijeme spuštanja morske razine, slani klin povlači nizvodno prema ušću. Također se pokazalo kako na očuvanje vertikalne stratificiranosti, plimne oscilacije imaju znatno manji utjecaj od protoka rijeke. Naime, vertikalna struktura zadržava izrazitu stratificiranost tijekom dana sve do protoka većih od 25 m^3/s, kada uslijed znatnih posmičnih naprezanja na razdjelnici, dolazi do jačeg turbulentnog miješanja i narušavanja stabilnosti granice među slojevima (Krvavica i drugi, 2012).

U narednom razdoblju, na istom istraživačkom području, planiraju se detaljnija mjerenja vertikalnih profila saliniteta i brzina tijekom punog ciklusa izmjene plime i oseke, kao i pri izraženijim nestacionarnim uvjetima na ušću Rječine. Izmjerene vrijednosti s terena se planiraju usporediti s numeričkim modelima, te se posebna pozornost planira posvetiti proučavanju fizikalnih procesa na izrazito stratificiranim ušćima, pri čemu se prvenstveno misli na procese i uvjete pri kojima dolazi do miješanja među slojevima.

3.3. Rezultati istraživanja na dinamici žala

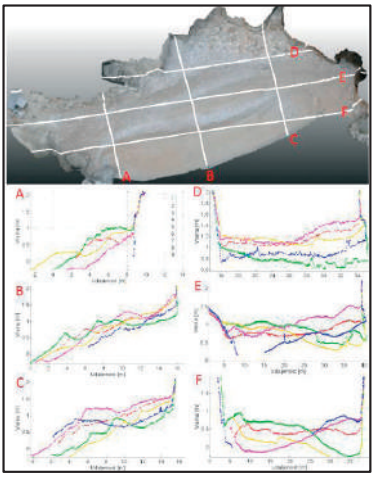
U doktorskom radu „Dinamika žala u području Kvarnera“ kojeg je izradio Igor Ružić, prvi puta je detaljno objašnjena interakcija između destruktivnog djelovanja valova i morskih struja, te dotoka voda iz krškog zaleđa na erozijsko-akumulacijske procese na obali, u specifičnim uvjetima hrvatskog područja Jadranskog mora. Dokazana je složena međuovisnost između protoka, erozije i akumulacije sedimenata, te utjecaja valova, odnosno njihova osjetljiva geodinamička ravnoteža. Jednako je tako dokazana međuovisnost nazadovanja klifa u gotovo četrdesetgodišnjem razdoblju i povećanja tijela žala, te uzroci obrušavanja stijenske mase i objašnjen je geotehnički model pojava nestabilnosti. Primijenjene metode mjerenja i dobiveni rezultati imati će široku promjenu u hidrotehničkom i geotehničkom inženjerstvu.

Primjerice, žalo Klančac kod Brseča je šljunkovito minijaturno žalo dugačko 37 m, dok mu širina varira od 0 do 20 metara ovisno o eroziji i akumulaciji sedimenata duž obale žala. Veličina zrna na površini žala varira od 2 do 45 mm. Morfološke promjene žala izaziva djelovanje valova iz sjeveroistočnog (NE) i jugoistočnog (SE) kvadranta, te povremeno otjecanje bujičnog vodotoka (Slika 6.). Na žalu Klančac dolazi do čestih migracija zrna žala, odnosno značajnih morfoloških promjena tijela žala zbog koncentracije energije loma valova neposredno ispred i na samom tijelu žala (Carter i drugi; Pedrozo-Acuña i drugi, 2006). Mjerenja topografije žala i okolnog priobalja provedena su korištenjem „structure-from-motion“ (SfM) fotogrametrije. SfM fotogrametrija generira foto-realistične trodimenzionalne oblake točaka viske preciznosti iz niza fotografija (DGU, 2015; James i drugi; James i drugi 2013; Ružić, 2014; Ružić i drugi, 2013; Ružić i drugi, 2014; Westoby i drugi, 2012).



Slika 6. Žalo Klančac pokraj Brseča; 1 - Povremeno otjecanje bujičnog vodotoka; 2 - Špilja; 3 - Šljunkovito žalo

Na slici 7. prikazan je trodimenzionalni oblak točaka i promjene poprečnih presjeka žala Klančac od 4. listopada do 27. prosinca 2013. godine. Promjene poprečnih i uzdužnih presjeka su značajne i prostorno varijabilne, nastaju brzo i trodimenzionalnog su karaktera zbog čega ih nije moguće pratiti preko karakterističnih poprečnih presjeka, kao kod dugačkih pješčanih žala, već je potrebno pratiti čitavo tijelo žala pomoću trodimenzionalnih oblaka točaka (Ružić, 2014).



Slika 7. Trodimenzionalni foto-realistični oblak točaka i slojnice derivirane iz oblaka točaka žala Klančac. Mjerenja: 1 (4. listopada), 2 (30. listopada), 3 (6. studenog.), 4 (12. studenog), 5 (18. studenog), 6 (28. studenog), 7 (4. prosinca), 8 (24. prosinca), 9 (27. prosinca)

Preciznost trodimenzionalnih oblaka točaka na minijaturnom žalu Klančac je bolja od ± 5 cm (Ružić, 2014b), što je višestruko manje od zabilježenih promjena žala prikazanih na slici 6. Primjena SfM fotogrametrije na minijaturnim žalima je brza, jeftina i efikasna, no mjerenja nije moguće obaviti u slučajevima nepovoljnog osvjetljenja, pa obrada trodimenzionalnih oblaka točaka dobivenih SfM fotogrametrijom može biti izrazito složena (James i dr. 2012).

U sklopu EU projekta ''Razvoj istraživačke infrastrukture na Kampusu Sveučilišta u Rijeci'', Građevinskom fakultetu u Rijeci omogućeno je korištenje: 3D skenera (Faro, Focus 3D X 130), GPS uređaja spojenog na CROPOS (DGU, 2015) sustav (Topcon, dvofrekvencijski GPS/GLONASS Hiper SR), plovećeg laboratorija i ADCP uređaja (Nortek, AWAC i Aquadopp Profiler). U razdoblju od 4. listopada do 27. prosinca 2013. godine zabilježene su značajne oscilacije volumena žala, u rasponu od 137 do 225 m^3, iznad srednje morske razine (Ružić 2014b). Oko 40% tijela žala bilo je erodirano i akumulirano u podmorju neposredno ispred žala, što ima značajan utjecaj na obalne procese žala Klančac. Do sada taj dio žala ispod razine mora nije mogao biti snimljen, a time niti istražen. Primjenom plovećeg laboratorija i GPS uređaja moći će se mjeriti migracije sedimenata žala ispod površine mora. Korištenjem 3d skenera povećat će se preciznost snimanja topografije minijaturnog žala na 2 mm, što će omogućiti detaljno praćenje karakteristika sedimenta žala, te provođenje mjerenja u uvjetima nedovoljnog osvjetljenja. Na slici 8. prikazani su trodimenzionalni oblaci žala Klančac izmjereni pomoću 3D skenera (Faro). Na detalju 3D oblaka točaka tijela žala prikazani su snimljeni geometrijski parametri zrna žala na površini, što će omogućiti analize promjena veličina zrna žala.

Obalni procesi na žalu determinirani su parametrima valova koji djeluju na žalo, kako dubokovodnih, tako i transformiranih na samom tijelu žala. Jedan od važnijih, a na našoj obali nedovoljno istraženih parametara valova je i spektar valova, pogotovo dužina vjetrovnih valova zbog specifične morfologije priobalja. Primjena ADCP uređaja nabavljenih preko projekta ''Razvoj istraživačke infrastrukture na Kampusu Sveučilišta u Rijeci'' omogućit će točnije mjerenje parametara vala i njihov utjecaj na obalne procese žala.



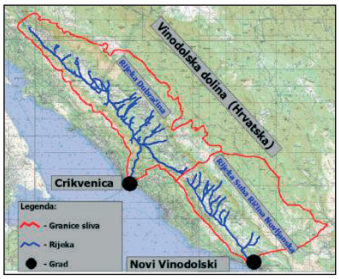
Slika 8. Trodimenzionalni oblak točaka žala Klančac (čitavo žalo i detalj na tijelu žala) mjereni pomoću 3D skenera FARO

3.4. Hidrološka istraživanja te izrada hidrološkog modela na slivu Slanog potoka

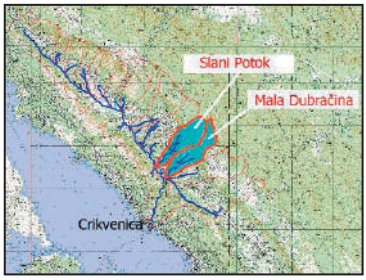
U geografskom smislu Vinodolska dolina je jedinstvena prostorna cjelina između Križišća na sjeverozapadu i Novog Vinodolskog na jugoistoku te primorja uz Vinodolski kanal (Slika 9.). Zbog svoje složene geološke građe i izraženog strmog sjeverno-istočnog poprečnog presjeka doline, ovo je područje izloženo eroziji, lokalnim klizištima i bujičnim vodotocima (Benac i drugi, 2006; Grimani i drugi; Županijski zavod za razvoj, prostorno uređenje i zaštitu okoliša, 2004). Na tom se području nalaze dva glavna vodena toka koja se ulijevaju u Jadransko more, i to Dubračina u Crikvenici i Novljanska Ričina u Novom Vinodolskom. Sliv Dubračine je svojom neposrednom površinom i vodnom bilancom najveći i najznačajniji vodotok (Ružić i drugi, 2010; Sušanj i drugi, 2012). Predmet detaljnih istraživanja izabrana je pritoka Slani potok i u manjoj mjeri Mala Dubračina, čiji su slivovi u najvećoj mjeri zahvaćeni procesima erozije (*Slika 5.1.2*.) (Benac i drugi, 2006).

Detaljni monitoring spomenutog područja započeo je instalacijom istraživačke opreme 2011. godine financirane sa strane međunarodnog hrvatsko-japanskog znanstvenog projekta Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje nepogoda kod odrona zemlje i poplava u Hrvatskoj *(Risk Identification and Land Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia),* a uspješno se nastavlja uz pomoć EU projekta ‘’Razvoj istraživačke infrastrukture na Kampusu Sveučilišta u Rijeci’’ (Research Infrastructure for Campus-based Laboratories at the University of Rijeka). Cilj istraživanja je kontinuirano praćenje meteoroloških i hidroloških podataka sa najugroženijeg područja na slivu rijeke Dubračine: Sliva Slanog potoka. Na slivu su instalirane dvije automatske meteorolološke postaje (Davis Vantage Pro2) s 10-minutnim mjernim korakom, tlačne sonde (Schlumberger Mini Diver) za mjerenje dubine vode, te piezometri za mjerenje razine podzemne vode s 2-minutnim korakom mjerenja.

Kako bi se identificiralo trenutno stanje sliva rijeke Dubračine, izrađen je Katalog pritoka rijeke Dubračine unutar Geografskog Informacijskog Sustava (GIS) uz pomoć Arc GIS 10.1. programskog paketa. Istraživanje za potrebe rada je podijeljeno u nekoliko glavnih grupa aktivnosti. Prva grupa aktivnosti bila je prikupljanje postojećih podataka i dokumentacije o istražnom području, kao što su karte, fotografije, projekti sanacije, istražni elaborati i slično. Nakon toga, uslijedila je druga grupa aktivnosti koja je obuhvatila istraživanje provedeno na samom terenu („on-site“) analizom stanja pritoka



Slika 9. Smještaj slivnih područja Dubračine i Suhe Ričine Novljanske



Slika 10. Lokacija slivova pritoka Dubračine - Slani potok i Mala Dubračina

rijeke Dubračine i popunjavanjem pripremljenog obrasca, izradom fotodokumentacije stanja sliva i korita svake pritoke zasebno, te usporedba postojećih podataka s onima prikupljenima na terenu. Kao završna aktivnost u fazi istraživanja provedena je reorganizacija do sada objedinjenih podataka prema unaprijed definiranoj klasifikaciji (hidrološki, geološki, pokrov zemljišta, namjena zemljišta, ...) (Marquardt, 1963; Sušanj i drugi, 2013). Nakon klasifikacije prikupljenih podataka, istovrsni podaci formirani u skupine su s geografski pridruženim koordinatama prikazani kao slojevi („layer“) u programskom paketu Arc GIS 10.1, kako bi tvorili organiziranu i koreliranu bazu podataka (Tablica 1.).

Tablica 1. Primjer postojećih podataka i podataka dobivenih istraživanjem

	PRIKAZ PODATAKA U Arc GIS-**u**	**VRSTA PODATAKA**	OPIS PODATAKA
POSTOJEĆI PODACI		Karta	Sloj („Layer“) se sastoji od hrvatske topografske karte s ucrtanim slivnim područjem rijeke Dubračine (označeno narančastom površinom - istražno područje) Mjerilo - 1:25.000
PODACI ISTRAŽIVANJE		Hidrološki	Sloj („Layer“) se sastoji od izvora (plave točke), hidrografske mreže (plave linije), slivnog područja rijeke Dubračine i slivnog područja svake njene pritoke (narančasta površina omeđena crvenim linijama).

Sliv Slanog potoka je u velikoj mjeri zahvaćen erozijom, lokalnim klizištima i bujičnog je karaktera, pa je upitna mogućnost trajne sanacije područja velikog gotovo 4,00 ha. Analizirani sliv spada u male slivove (oko 2,00 km^2) koji se zbog geološke građe, te velikog nagiba (srednji nagib sliva je 22%, nagibi se kreću u rasponu od 5% do 100%) odlikuje vrlo kratkim vremenom koncentracije sliva, te velikim koeficijentom otjecanja u zimskom periodu koji je u ljetnom periodu značajno umanjen bujanjem vegetacije (Ružić i drugi, 2010). Kompleksnost sliva otegotni je faktor pri izraditi odgovarajućeg matematičkog determinističkog modela, pa je u ovom slučaju primijenjen „black box“ model. Kako bi model ispunio svoj krajnji cilj, preciznost modela predviđanja, u tu je

svrhu razvijen model baziran na upotrebi Umjetne neuronske mreže (UNM model). UNM model je razvijen sa ciljem predviđanja kolebanja razina vode u vodotoku ovisno o meteorološkim parametrima, a koji se može opisati kao „black box" model čije su glavna karakteristike sposobnost učenja, pamćenja i generalizacije podataka na osnovi ulaznih i izlaznih podataka.

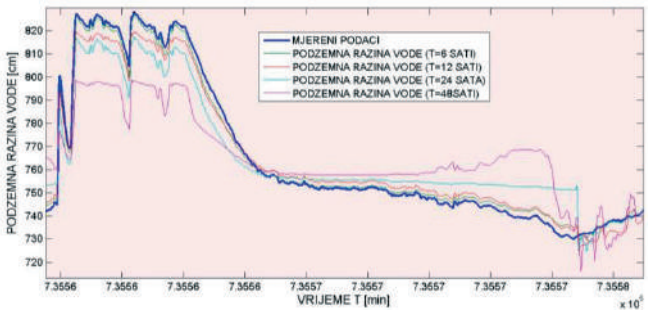
UNM posjeduje svojstvo modeliranja dinamičkih nelinearnih funkcija između podataka bez zadiranja u opis procesa između ulaza i izlaza iz modela. Spomenuti model bazira se na strukturi višeslojnog perceptrona (*MLP, Multy Layer Perceptron*) umjetne neuronske mreže, a koji se sastoji od ulaznog sloja, skrivenih slojeva i izlaznog sloja. Unutar spomenute strukture je u svrhu učenja modela korišten Levenberg-Marquardt (LM) algoritam učenja koji je modifikacija klasičnog *Gauss-Newton-ovog* optimalizacijskog algoritma i metode konjugiranog gradijenta. Unutar algoritma, *Hessian* matrica zakrivljenosti površine prostora pogreške aproksimira se Jacobijan matricom vektora pogreške (Gavrilović, 1972). LM algoritam se može prikazati na način (1):

$$x_{k+1} = x_k - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e$$

gdje je *x* vrijednost neuronske mreže, *J* Jakobijan matrica sastavljena od prvih derivacija vektora pogreške *e* po podesivim parametrima mreže, μ skalarni parametar koji kontrolira proces učenja unutar mreže, *I* jedinična matrica te *e* vektor pogreške. Parametar μ kontrolira algoritam pri čemu, ukoliko teži minimumu, pretvara formulu *(1)* u *Gauss-Newton-ov* algoritam, dok u suprotnom postaje sve sličniji algoritmu konjugiranog gradijenta (Abrahart, 2004).

Za predmetno istražno područje izrađen je hidrološki model koji će služiti za predviđanja otjecanja sa sliva. Sastoji se od više pod modela, a jedan od njih je i predviđanje kolebanja podzemnih razina vode, te je u ovisnosti o vremenskom koraku predviđanja grafički prikazan (Slika 11.). UNM model s 10 skrivenih slojeva izrađen je pomoću programskog paketa *Matlab* tvrtke *MathWorks* unutar kojeg je formiran ulazni sloj meteoroloških i hidroloških podataka koji utječu na kolebanje podzemne razine vode za analizirano razdoblje prikupljenih podataka od rujna 2013. do svibnja 2014. godine. Količina oborine, intenzitet oborine, temperatura zraka, brzina vjetra, insolacija i razina podzemne vode ulazni su sloj podataka u model, a mjereni su u 10-minutnom vremenskom koraku. Izlazni sloj predstavljaju podaci predviđanja podzemne razine vode u vremenskim koracima od 6, 12, 24 i 48 sati. Kvaliteta predviđanja je ispitana s dva kriterija: korijenom srednje kvadratne pogreške (*RMSE*, *Root Mean Squared Error*) i koeficijentom određenosti (r^2, *Coefficient of determination*). Kvaliteta, odnosno točnost modela definirana je ovim dvjema parametrima, gdje vrijednosti *RMSE* koji teže prema nuli, te r^2 koji teže prema jedan predstavljaju dobre modele. Rezultati predviđanja za zadane vremenske korake prikazani su grafički (Slika 11.) i tablično s kriterijima (Tablica 2.).

Dobiveni rezultati pokazuju da je na području Slanog potoka moguće najtočnije predvidjeti razinu podzemnih voda za vremenski korak od 12 sati s obzirom na dostupne mjerene podatke. Vrijednost parametara točnosti ukazuje da je za sve slučajeve vrlo visok koeficijent određenosti, dok je korijen srednje kvadratne pogreške veći od željenog, a što je vidljivo i na slici 11.



Slika 11. Usporedni prikaz mjerenih podataka i izlaza iz modela

Tablica 2. Vrijednost parametara kvalitete modela prema vremenu predviđanja

Korak vremena [h]	*RMSE* [-]	r^2 [-]
6	6,338	0,9925
12	10,306	0,98422
24	15,833	0,97068
48	23,575	0,94584

Sveobuhvatnim pristupom trenutnom stanju sliva Slanog potoka, te općenito slivu rijeke Dubračine, te kontinuiranim mjerenjem meteoroloških i hidroloških parametara omogućen je detaljan uvid u hidrogeološke procese, koji postaju značajan čimbenik u definiranju ponašanja malih slivova, te predviđanju hazardnih događaja kroz daljnji razvoj hidrološkog modela.

3.5. Istraživanja na slivu Dubračine

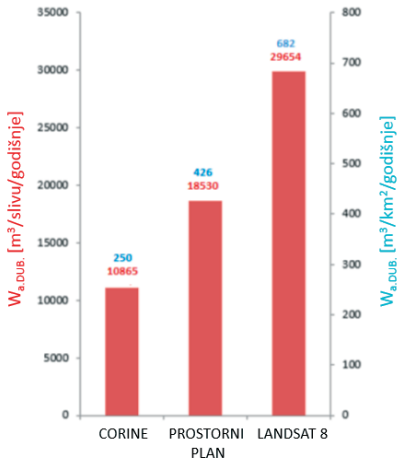
Istražno područje sliva rijeke Dubračine u okviru Međunarodnog hrvatsko-japanskog projekta, veličine 43 km^2, smješteno je u Vinodolskoj dolini u Primorsko-goranskoj županiji. Uz glavnu rijeku Dubračinu, ovo slivno područje ima i veći broj manjih pritoka, sve bujičnog karaktera. Kao glavni faktori utjecaja pojave nestabilnosti tla tog područja mogu se izdvojiti topografija terena - strme padine, zatim visoka srednja godišnja oborina, te geološka raznolikost područja. Samo područje karakteriziraju vodopropusni karbonatski stijenski kompleks u njegovom gornjem dijelu, te vodonepropusni flišni stijenski kompleks u nižem dijelu sliva (Dragičević i drugi 2014). Prostorni plan područja posebnih obilježja Vinodolske Doline (Prostorni Plan područja posebnih obilježja Vinodolske Doline, 2004) predviđa razvoj više gospodarskih grana. Istraživanja znanstvenika diljem svijeta ukazuju da sve spomenute djelatnosti negativno utječu na procese erozije, te djeluju ka povećanju njena intenziteta.

Cilj istraživanja je analiza produkcije erozijskog nanosa na slivu Dubračine u Vinodolskoj dolini. Lokalni uvjeti na istražnom području, kao i dostupne podloge (od kojih posebno treba istaknuti LIDAR snimke financirane projektom Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje nepogoda kod odrona zemlje i poplava u Hrvatskoj) uvelike ograničavaju izbor metode za procjenu produkcije erozijskog nanosa. Detaljnom analizom postojećih znanstvenih metoda, kao i relevantnih podloga

odabrana je Gavrilovićeva metoda, odnosno metoda potencijala erozije. Spomenuta metoda namijenjena je kvantifikaciji erozijskih procesa procjenom intenziteta erozije, produkcije nanosa i transporta nanosa riječnom mrežom (Gavrilović 1972; Gavrilović, 2001). Cilj je i unaprijediti metodu razradom evaluacije koeficijenta zaštite tla uvođenjem detaljnije gradacije, te koeficijenta erodibilnosti tla prema lokalnim prilikama područja. Provesti će se analiza vremenski varijabilnih parametara temperature zraka i oborina s obzirom na promjenu u vremenu. Analizirati će se i osjetljivost metode s obzirom na parametar namjene zemljišta (eng. land use) ili pokrova tla (eng. land cover) s obzirom na promjenu u vremenu. Do danas provedena je i objavljena analiza osjetljivosti metode na promjenu izvora podataka namjene zemljišta/pokrova tla, za sadašnjost (Tablica 3., Slika 12.) (Dragičević i drugi, 2014). Na slici 12. može se uočiti da primjena CORINE pokrova tla procjenjuje vrijednost ukupne godišnje produkcije erozijskog nanosa i do tri puta manje (250 m^3/km^2/godišnje), nego primjenom Landsat satelitskih snimki (682 m^3/km^2/godišnje), te oko pola vrijednosti dobivenih primjenom podloga namjene zemljišta iz Prostornog plana (426 m^3/km^2/godišnje) (Dragičević i drugi, 2014). Ovo istraživanje ukazalo je na osjetljivost Gavrilovićeve metode na parametar namjene zemljišta, odnosno pokrova tla.

Tablica 3. Namjena zemljišta/pokrov tla po kategorijama izraženi u % prema različitim izvorima (CORINE, Prostorni plan i Landsat satelitske snimke) za sliv Dubračine

Kategorija namjene zemljišta / pokrova tla	CORINE	Prostorni plan	Landsat 8
Vodene površine	1	1	1
Poljoprivredna tla		29	
Gola stijena	5		20
Golo tlo do rijetka vegetacija	6		27
Rijetka do srednje gusta vegetacija	24	8	31
Gusta vegetacija (šuma)	52	54	13
Urbana područja	12	7	8
Eksploatacija mineralnih sirovina		1	
Ukupno	100	100	100



Slika 12. Ukupna produkcija erozijskog nanosa na slivu Dubračine s obzirom na promjenu parametra „Koeficijent zaštićenosti tla vegetacijskim pokrovom / Koeficijent načina korištenja zemljišta" prema različitim izvorima informacija za isto vremensko razdoblje

Sljedeći korak istraživanja bio je osmisliti i organizirati mjerenja erozijskog nanosa u samom slivu. Razvijeno je mnogo metoda za potrebe verifikacije modela za procjenu produkcije erozijskog nanosa. Verifikacija dobivenih rezultata provodi se metodom terestičke fotogrametrije (Daba i drugi, 2003; Ypsilantis i drugi, 2011) upotrebom opreme: fotografskog aparata CANON EOS Kiss X4 te računalnog softvera KURAVES koje je osigurao međunarodni hrvatsko-japanski projekt. Verifikacija se provodi na dvije lokacije. Prva lokacija smještena je na samoj erozijskoj bazi gdje se mjeri ukupna produkcija erozijskog nanosa. Druga lokacija smještena je na vodotoku Malenica, neposredno prije utoka vodotoka Mala Dubračina. Vremenski inkrement između mjerenja iznosi 1 mjesec. Prvi rezultati mjerenja i njihova usporedba s izlaznim rezultatima modela očekuju se otprilike godinu dana nakon početka mjerenja, koje je službeno započeto u lipnju 2014. godine.

ZAKLJUČAK

Zahvaljujući prijavama i sudjelovanju na međunarodnim znanstvenim i europskim projektima, moguće je dobiti znanstveno-istraživačku opremu koja je temelj za provođenje istraživanja, za razvoj suradnje sa znanstvenicima u zemlji i inozemstvu i dobivanju rezultata korisnih za razvoj gospodarstva. Bilateralni hrvatsko - japanski projekt „Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje nepogoda kod odrona zemlje i poplava u Hrvatskoj“ omogućio je da se napravi analiza geohazarda i pripreme smjernice za primjenu rezultata Projekta u sustavu prostornog uređenja.
Korištenje sofisticirane znanstveno-istraživačke opreme nabavljene preko projekta „Razvoj istraživačke infrastrukture za laboratorije na Kampusu Sveučilišta u Rijeci“ osigurat će implementaciju novih metodologija i tehnologija u inter i multidisciplinarnim područjima znanosti i istraživanja s ciljem povećanja istraživačkih kapaciteta Sveučilišta. Navedene aktivnosti omogućit će postizanje izvrsnosti u razvoju, inovacijama i istraživanju u Republici Hrvatskoj, te smanjiti regionalne nejednakosti u razini znanstvene, istraživačke i obrazovne infrastrukture. Oprema će omogućiti povećanje broja znanstvenih projekata temeljenih na znanju i implementaciju rezultata na tržištu u suradnji s malim i srednjim poduzećima.

LITERATURA

[1] Abrahart, R.J., Kneale, P.E., See, L.M.: *Neural networks for hydrological modelling*, Taylor &Francis Group plc, London, U.K., 2004.

[2] Benac Č.; Jurak, V.; Oštrić, M., (2006.): *Qualitative assessment of geohazard in the Rječina Valley*, Croatia. Proceedings of the 10th IAEG International Congress: IAEG Engineering geology for tomorrow’s cities, The Geological Society of London, 658, pp. 1-7.

[3] Benac, Č., Jurak, V., Oštrić, M., Holjević, D. & Petrović, G.: *Pojava prekomjerne erozije u području Slanog potoka (Vinodolska dolina)*, Knjiga sažetaka 3. Hrvatskog geološkog kongresa, Opatija, pp. 173-174., September 2005. Croatian Geological Institute, Zagreb, 2005.

[4] Benac, Č.; Arbanas, Ž.; Jurak, V.; Oštrić, M.; Ožanić, N., (2005.): *Complex landslide in the Rječina valley (Croatia): origin and sliding mechanism*. Bulletin of

Engineering Geology and the Environment, 64, 4, pp. 361-371.

[5] Benac, Č.; Dugonjić, S.; Oštrić, M.; Arbanas, Ž.; Đomlija P., (2010.): *Complex landslide in the Rječina River valley: monitoring results*. In: Horvat, M. (ed.). Proceedings of the 4th Croatian geological congress, Šibenik, 14-15 October, Zagreb, Croatian Geological Survey, pp. 157-158.

[6] Carter, R.W.G., Orford, J.D. (1993.): *The morphodynamics of coarse clastic beaches and barriers: a short term and long term perspective*. Journal of Coastal Research, 15: 158-179.

[7] Daba, S.; Rieger, W.; Strauss, P.: *Assessment of gully erosion in eastern Ethiopia using photogrammetric techniques,* Catena 50, 2003, pp. 273-291;

[8] DGU (2015.): Cropos Dostupno na: (http://www.cropos.hr/index.php?option=com_contentiview=articleiid=13:vppsicatid=6:vppsiItemid=3). (10.1.2015).

[9] Dragičević, N., et.al: Erosion Model Sensitivity to Land Cover Inputs: case Study of the Dubračina Catchment, Croatia, GISRUK, 2014.

[10] Fofonoff N.P., Millard Jr. R. C.: *Algorithms for Computation of Fundamental Properties of Seawater*. UNESCO Technical Papers in Marine Science, Paris, 1983.

[11] Gavrilović, S.: *Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji*, časopis „Izgradnja“ specijalno izdanje, ur. Marković, A., Jarić, M., PPT, Beograd, 1972

[12] Gavrilović, Z., Stefanović, M.; Brajković, M.; Isaković, D.: *Identifikacija erozionih područja*, Upravljanje vodnim resursima Srbije 01, 2001., pp. 191-208.

[13] Grimani, I., Šušnjar, M., Bukovac, J., Milan, A., Nikler, J., Crnolatac, J., Šikić, I., Blašković, I., Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000 - list Crikvenica, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd, 1973.

[14] Hansen, D.V., Rattray, M.: *New dimensions in estuary classification*. Limnology and Oceanography, 3, pp. 319-3261, 1966.

[15] Ibanez, C., Pont, D., Prat, N.: *Characterization of the Ebre and Rhone estuaries*: A basis for defining and classifying salt-wedge estuaries, Limnology and Oceanography, 1, pp. 89-101, 1997.

[16] James, M. R., Robson, S. (2012.): *Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera:* Accuracy and geoscience application. Journal of Geophysical Research, 117: F03017.

[17] James, M.R., Ilić, S., Ružić, I. (2013.): *Measuring 3D coastal change with a digital camera*. Coastal Dynamics 2013. 7th International Conference on Coastal Dynamics, Arcachon, 893-904.

[18] Krvavica N., Mofardin B., Ružić I., Ožanić N.: *Measurement and Analysis of Salinization at the Rječina Estuary*. Građevinar. 64(11), pp. 923-933, 2012.

[19] Marquardt, D.: *An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters, SIAM J.* Appl. Math., Vol. 11, str 431-441, 1963.

[20] Pedrozo-Acuña, A., Simmonds, D., Otta, A.K., Chadwick, A.J. (2006.): *On the cross-shore profile change of gravel beaches*. Coastal Engeenering, 53: 335-347.

[21] Perić, M. (2007.): *Englesko hrvatski enciklopedijski rječnik istraživanja i proiz-*

vodnje nafte i plina. Sveučilišni priručnik Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta u Zagrebu, Izdavač: INA Industrija nafte d.d. - Sektor korporativnih komunikacija, Grafocolor d.o.o. Zagreb, Zagreb, 1038. str.

[22] *Prostorni Plan područja posebnih obilježja Vinodolske Doline*, Primorsko-Goranska županija, Županijski zavod za održivi razvoj i prostorno planiranje, Rijeka, 2004.

[23] Ružić I., Sušanj I., Ožanić N. (2010.): *Analyses of event runoff coefficients: Slani potok and Dubračina river*, Croatia-Japan Project on Risk Identification And Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia: 1st project workshop: „INTERNATIONAL EXPIRIENCE“, Dubrovnik (Croatia).

[24] Ružić, I. (2014.): *Dinamika žala u području Kvarnera*, Građevinski fakultet Rijeka, Doktorski rad.

[25] Ružić, I., Benac, Č., Marović, I., Ilić, S. (2015.): *Stability assessment of coastal cliffs using digital imagery*. Acta Geotechnica Slovenica. (prihvaćen za objavljivanje).

[26] Ružić, I., Marović, I., Vivoda, M., Dugonjić Jonjčević, S., Kalajžić, D., Benac, Č., Ožanić, N. (2013.): *Application of Structure-from-Motion photogrammetry for erosion processes monitoring, Moscenicka Draga example*. The 4th Workshop of the Japanese-Croatian Project on "Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia", University of Split, Split, 49-50.

[27] Ružić. I., Marović, I., Benac, Č., Ilić, S. (2014.): *Coastal cliff geometry derived from Structure-from-Motion photogrammetry at Stara Baška, Krk Island, Croatia*. Geo-Marine Letters, 34: 555-565.

[28] Sušanj, I., Dragičević, N., Karleuša, B., Ožanić, N.: *GIS based monitoring database for Dubračina river catchment area as a tool for mitigation and prevention of flash flood and erosion*, Thirteenth International Symposium on WATER MANAGEMENT AND HYDRAULIC ENGINEERING (Proceedings) / Šoltész, Andrej ; Baraková, Dana ; Orfánus, Martin ; Holubec, Michal (ur.), Bratislava (Slovakia), str 637-652, 2013.

[29] Sušanj, I., Ožanić, N., Yamashiki, Y.: *Analysis of flash flood occurred at Slani potok, Croatia–Japan Project on Risk Identification And Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia*: 3rd Project Workshop, Zagreb (Croatia), 2012.

[30] Takahashi, T. (2007.): *Debris flow: Mechanics, Prediction and Counter Measures*. Taylor and Francis, 448 pages.

[31] Vivoda, M.; Benac, Č.; Žic, E.; Đomlija, P.; Dugonjić Jovančević, S. (2012.): *Geohazard u dolini Rječine u prošlosti i sadašnjosti*. Hrvatske vode. 20, 81, str. 105-116.

[32] Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., Reynolds, J. M. (2012.): *"Structure-from-Motion" photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. Geomorphology*, 179: 300–314.

[33] Ypsilantis, W. G.: *Upland soil erosion monitoring and assessment*: An overview. Tech Note 438. Bureau of Land Management, National Operations Center, Denver, USA, 2011.

[34] Žic, E. (2015.): *Prilog modeliranju potencijalnih poplavnih tokova i tokova krupnozrnatog materijala u slivu Rječine*, Doktorski rad, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Mentor: Ožanić, Nevenka; komentor: Bićanić, Nenad, 281 str.

[35] Žic, E.; Bićanić, N.; Koziara, T.; Ožanić, N. (2014.): *The numerical modelling of suspended sediment propagation in small torrents with the application of the Contact Dynamics Method. Tehnical Gazette*, 21(5), pp. 939-952.

[36] Žic, E., Yamashiki, Y., Kurokawa, S., Fujiki, S., Ožanić, N. (2013.): *Physical modelling of debris flow movement - laboratory research*. 4th Workshop of the Japanese-Croatian Project on "Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia", Book of abstracts. Vlastelica, G.; Andrić, I.; Salvezani, D. (eds.), Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split, Split, pp. 53-54.

[37] Žic, E.; Arbanas, Ž.; Bićanić, N.; Ožanić, N. (2015.): *A model of Mudflow propagation downstream from the Grohovo Landslide near the City of Rijeka (Croatia)*, Natural Hazards and Earth System Sciences (NHESS), 1, pp. 293.-313.

[38] Županijski zavod za razvoj, prostorno uređenje i zaštitu okoliša: *Prostorni plan područja posebnih obilježja Vinodoloske doline,* Stručna dokumentacija, Rijeka, 2004, nepublicirano

Ovaj je članak nastao kao rezultat rada na Međunarodnom hrvatsko-japanskom znanstvenom *projektu Identifikacija rizika i planiranja korištenja zemljišta za ublažavanje nepogoda kod odrona zemlje i poplava u Hrvatskoj (Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia)*, te znanstvenog projekta - sveučilišne potpore - *Hidrologija vodnih resursa i identifikacija rizika od poplava i blatnih tokova na krškom području (13.05.1.1.03),* Sveučilišta u Rijeci kojih je voditelj prof.dr.sc. Nevenka Ožanić sa Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci.

AUTORI

prof.dr.sc. Nevenka Ožanić, dipl.ing.građ. [a]
dr.sc. Elvis Žic, dipl.ing.građ. [a]
Ivana Sušanj, dipl.ing.građ. [a]
doc.dr.sc. Vanja Travaš [a]
dr.sc. Igor Ružić [a]
Nevena Dragičević dipl.ing.građ. [a]
Nino Krvavica, dipl.inž.građ. [a]

[a] Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci; Radmile Matejčić 3; Rijeka; Hrvatska, nozanic@gradri.uniri.hr; elvis.zic@gradri.uniri.hr; ivana.susanj@gradri.uniri.hr; vanja.travas@gradri.uniri.hr; igor.ruzic@gradri.uniri.hr; nevena.dragicevic@gradri.uniri.hr; nino.krvavica@gradri.uniri.hr

KAZALO AUTORA

Broj	autor	rad	stranica
A			
1	R 1.30	Ahel Marijan	353
2	R 3.16.	Albrechtsen Hans-Jorgen	1165
3	R 3.05.	Ambrenac Jelena	1041
4	R 3.09.	Ambrenac Jelena	1058
5	R 1.16.	Antolić Jasmina	225
6	R 1.19.	Antolić Jasmina	251
B			
7	R 2.01.	Babić Marijan	535
8	R 2.15.	Babić Marijan	689
9	R 1.30.	Bačić Niko	353
10	R 2.30.	Bagarić Mario	859
11	R 2.37.	Bagarić Mario	923
12	R 1.37.	Bakrač Koraljka	421
13	R 3.21.	Ban Dario	1211
14	R 3.18.	Banovec Primož	1183
15	R 2.09.	Barač Branimir	613
16	R 2.01.	Barbalić Darko	535
17	R 2.03.	Barbalić Darko	553
18	R 2.04.	Barbalić Darko	561
19	R 2.05.	Barbalić Darko	573
20	R 4.03.	Barbalić Marina	1291
21	P 03.	Barbalić Sanja	67
22	R 1.13.	Barbalić Sanja	195
23	R 2.04.	Barbalić Sanja	561
24	R 2.42.	Barbarić Živko	979
25	R 4.03.	Barić Biljana	1291
26	R 2.09.	Barišić-Lasović Antonija	613
27	R 2.25.	Bartolić Ivana	805
28	R 1.03.	Bartoš Divac Vladislava	101
29	R 1.23.	Batakoviċ Nikola	289
30	R 2.11.	Bekić Damir	639
31	R 2.23.	Bekić Damir	771
32	R 2.26.	Berbić Jadran	817
33	R 2.29.	Berbić Jadran	849
34	R 1.27.	Bilajac Lovorka	323
35	R 1.27.	Bilajac Neiro	323
36	P 03.	Biondić Danko	67
37	R 1.13.	Biondić Danko	195
38	R 2.01.	Biondić Danko	535
39	R 2.04.	Biondić Danko	561
40	R 2.05.	Biondić Danko	573
41	R 4.04.	Biondić Danko	1299
42	R 2.36.	Blagus Marko	915
43	R 2.40.	Blažević Lucija	957
44	R 4.07.	Borsi Iacopo	1327
45	R 4.01.	Boto Darko	1269
46	R 2.30.	Brajković Anita	869
47	R 2.32.	Brajković Anita	879
48	R 3.21.	Breka Tkalec Sonja	1211
49	R 2.07.	Brilly Mitja	593
50	R 2.12.	Brkić Berislav	653
51	R 2.23.	Brkić Berislav	771
52	R 2.38.	Brkić Berislav	931
53	R 1.35.	Brkić Željka	405
54	R 1.39.	Brlek Juren Anica	447
55	R 1.29.	Brozinčević Andrijana	343
56	R 1.16.	Bujas Neven	225
57	R 1.19.	Bujas Neven	251
58	R 1.30.	Bura Nakić Elvira	353
59	R 1.42.	Bužančić Mia	475
C			
60	R 1.30.	Caktaš Šagi Filipa	353
61	R 3.21.	Car-Peti Lidija	1211
62	R 1.27.	Cenov Arijana	323
63	P 01.	Cerar Karmen	23
64	R 4.03.	Cestar Saša	1291

65 R 2.03. Cibilić Alan 553
66 R 4.03. Cibilić Alan 1291
67 R 1.30. Ciglenečki-Jušić Irena 353
68 R 1.41. Ciglenečki-Jušić Irena 465
69 R 1.08. Cindrić Kalin Ksenija 151
70 R 1.10. Cindrić Kalin Ksenija 171
71 R 4.05. Crnko Tamara 1309
72 R 2.36. Cvetković Sergej 915
73 R 2.40. Cvitan Nikola 957

Ć

74 R 4.13. Ćerimagić Enes 1383
75 R 1.20. Ćosić-Flajsig Gorana 259
76 R 1.24. Ćosić-Flajsig Gorana 297
77 R 1.41. Ćosović Božena 465

Č

78 R 2.32. Čapka Miroslav 881
79 R 1.30. Čanković Milan 353
80 R 1.07. Čarman Samo 143
81 R 1.12. Čarman Samo 191
82 R 1.23. Čengić Berislav 289
83 R 2.36. Čičak Mišo 915
84 R 4.03. Čuković Tamara 1291
85 R 2.30. Čulinović Holjevac Marija 859
86 R 1.32. Čupić Daria 371
87 R 1.33. Čupić Daria 383
88 R 1.34. Čupić Daria 395
89 R 1.37. Čupić Daria 421
90 R 1.38. Čupić Daria 437
91 R 3.02. Čupić Miljenko 999
92 R 3.03. Čupić Miljenko 1005

D

93 R 1.21. Dadić Tamara 269
94 R 2.36. Dadić Tamara 915
95 R 2.39. Dadić Tamara 945
96 R 1.39. Dadić Vlado 447
97 R 1.45. Dadić Vlado 505
98 R 1.30. Dautović Jelena 353
99 R 1.41. Dautović Jelena 465
100 R 1.17. Dekanić Stjepan 223
101 R 1.17. Derežanin Lorena 223
102 R 3.17. Dobrović Slaven 1173
103 R 4.06. Dodeva Stanislava 1317
104 R 4.13. Domes Tomislav 1383
105 R 1.39. Dominković Alavanja Snježana 447
106 R 1.39. Došen Melita 447
107 R 1.32. Dragičević Ivan 371
108 R 1.33. Dragičević Ivan 383
109 R 1.34. Dragičević Ivan 395
110 R 3.18. Dragičević Nevena 1183
111 R 4.17. Dragičević Nevena 1425
112 R 2.15. Drmić Ružica 689
113 R 3.15. Dundović Igor 1153

Đ

114 R 1.03. Đukić Dragan 101
115 R 3.13. Đurin Bojan 1135
116 R 1.04. Đuroković Zoran 109

F

117 R 3.23. Filipan Dubravko 1235
118 R 2.17. Filipan Sanja 711
119 R 4.08. Finžgar Neža 1335
120 R 4.09. Finžgar Neža 1345
121 R 1.09. Frka Sanja 161
122 R 4.07. Foglia Laura 1327

G

123 P. 02. Gabor Nevena 55
124 R 1.08. Gajić - Čapka Marjana 151
125 R 2.21. Galić Božo 749
126 R 2.31. Galiot Marinko 869
127 R 2.38. Galiot Marinko 933
128 R 1.45. Garber Roman 505
129 R 4.04. Gecan Nataša 1299
130 R 4.08. Gerl Marko 1335
131 R 4.09. Gerl Marko 1345
132 R 2.06. Gilja Gordon 583
133 R 2.28. Gilja Gordon 839
134 R 2.26. Gjetvaj Filip 817
135 R 2.26. Gjetvaj Goran 817
136 R 1.27. Glad Marin 323

137 R 2.35. Glavan Matjaž 905
138 R 2.42. Glavaš Berislav 977
139 R 1.39. Godrijan Margareta 447
140 R 2.07. Gole Anica 595
141 R 1.46. Gonzalez-Fernandez Daniel 515
142 R 2.20. Graf Ana Jelka 739
143 R 1.40. Grbec Branka 457
144 R 1.42. Grbec Branka 475
145 P 01. Gregić-Biondić Višnja 23
146 R 1.18. Grgas Dijana 241
147 P 03. Grizelj-Šimić Vesna 67
148 R 2.14. Grizelj Šimić Vesna 679
149 R 3.01. Grizelj Šimić Vesna 987
150 R 3.22. Grubišić Višnja 1223
151 R 4.14. Gudelj Ivana 1391
152 R 1.36. Gupta Sapana 411

H

153 R 1.37. Hasan Ozren 421
154 R 1.38. Hasan Ozren 437
155 R 1.37. Hajek Tadesse Valentina 421
156 R 1.46. Hanke Georg 515
157 R 2.33. Heček Nenad 885
158 P 02. Holjević Danko 55
159 P 03. Holjević Danko 67
160 R 2.01. Holjević Danko 535
161 R 2.30. Holjević Danko 859
162 R 4.11. Holjević Danko 1363
163 R 1.06. Horvat Bojana 135
164 R 2.07. Hozjan Urška 593

I

165 R 1.42. Ilić Suzana 485
166 R 1.37. Ilijanić Nikolina 421
167 R 1.38. Ilijanić Nikolina 437
168 R 1.39. Ivanković Damir 447
169 R 2.11. Ivezić Vedran 639

J

170 R 4.16. Jakominić Marot Nataša 1409
171 R 1.36. Jena Vinod 411
172 R 2.39. Josipović Marko 945
173 R 2.23. Jović Vinko 771
174 R 1.45. Jozić Slaven 505
175 R 2.24. Jurić Vedran 795
176 R 2.18. Juriša Zlatko 719
177 R 2.19. Juriša Zlatko 729
178 R 1.02. Jurlina Toni 91
179 R 2.13. Jurlina Toni 669

K

180 R 2.11. Kadić Vlatko 639
181 R 2.27. Kaluđer Jelena 827
182 R 3.02. Kamber Stjepan 999
183 R 1.20. Karleuša Barbara 259
184 R 1.24. Karleuša Barbara 297
185 R 3.18. Karleuša Barbara 1183
186 R 3.08. Kartelo Robert 1075
187 R 3.07. Kartelo Robert 1061
188 R 3.04. Kartelo Robert 1015
189 R 4.13. Kekez Koštro Anka 1383
190 R 2.11. Kerin Igor 639
191 R 1.15. Kerovec Mladen 217
192 R 1.02. Klemar Željka 91
193 R 2.13. Klemar Željka 669
194 R 2.12. Kolarić Dario 653
195 R 2.23. Kolarić Dario 771
196 R 1.17. Koletić Nikola 223
197 R 1.31. Kopač Irena 363
198 P 01. Kos Elizabeta 23
199 R 2.19. Kotaran Munda Marijana 729
200 R 1.05. Kratofil Lidija 125
201 R 1.35. Kuhta Mladen 405
202 R 2.06. Kuspilić Neven 583
203 P 01. Kurečić Dražen 23
204 R 4.05. Karleuša Barbara 1309
205 R 4.08. Klančar Anita 1335
206 R 3.22. Kolačević Renata 1223
207 R 4.07. Kopač Irena 1327
208 R 3.24. Kordek Stjepan 1249
209 R 3.25. Kordek Stjepan 1259
210 R 2.30. Kos Elizabeta 859
211 R 3.24. Kovačević Dejan 1249
212 R 3.25. Kovačević Dejan 1259
213 R 3.03. Kregar Vlatko 1005
214 R 4.08. Kristl Albin 1335
215 R 1.45. Krstulović Nada 505

216 R 1.46. Krstulović Nada 515
217 R 2.28. Kuspilić Neven 841
218 R 1.40. Kušpilić Grozdan 457
219 R 1.42. Kušpilić Grozdan 475
220 R 1.46. Kušpilić Grozdan 515
221 R 4.01. Kuštrak Hrvoje 1269
222 R 4.17. Krvavica Nino 1425
223 R 2.09. Kržak Tomislav 613
224 R 2.07. Kryžanowski Andrej 593

L

225 R 4.08. Lakovič Gorazd 1335
226 R 4.09. Lakovič Gorazd 1345
227 R 1.18. Landeka Dragičević Tibela 241
228 R 4.09. Leštan Domen 1345
229 R 1.47. Lončar Goran 525
230 R 2.29. Lončar Goran 849
231 R 2.25. Lubura Matković Tanja 805
232 R 3.08. Lukšić Mojca 1075
233 R 3.04. Lukšić Mojca 1015
234 R 1.27. Lušić Dražen 323
235 R 1.45. Lušić Jelena 505
236 R 1.46. Lušić Jelena 515

LJ

237 R 2.42. Ljubenkov Igor 979

M

238 R 2.30. Macan Miro 861
239 R 2.02. Majerović Tomislav 545
240 R 2.05. Majerović Tomislav 573
241 R 2.08. Majerović Tomislav 603
242 R 1.28. Maksimović Jasna 333
243 R 1.36. Maldini Krešimir 411
244 R 1.17. Malešević Nikola 223
245 R 1.46. Mandić Jelena 515
246 R 1.42. Marasović Ivona 475
247 R 3.13. Margeta Jure 1135
248 R 1.30. Marguš Marija 353
249 R 1.46. Mariani Giulio 515
250 R 1.46. Marijanović Rajčić Marija 515
251 R 2.39. Marković Monika 947
252 R 1.38. Marković Tamara 437
253 R 2.21. Marušić Josip 749
254 R 4.11. Marušić Josip 1363
255 R 4.15. Marušić Josip 1399
256 R 1.05. Mateša Milan 125
257 R 4.03. Matica Mladen 1291
258 R 1.35. Matić Natalija 405
259 R 1.36. Matić Natalija 411
260 R 1.42. Matijević Slavica 475
261 R 2.41. Matković Bariša 967
262 R 1.22. Matotek Josipa 279
263 R 1.33. Mayer Darko 383
264 R 1.13. Medić Đorđa 195
265 R 1.16. Medić Đorđa 225
266 R 1.19. Medić Đorđa 251
267 R 4.08. Meglič Andrej 1335
268 R 4.09. Meglič Andrej 1345
269 R 1.37. Mesić Saša 421
270 R 1.38. Mesić Saša 437
271 R 3.07. Meštrović Hrvoje 1061
272 R 2.40. Mihalić Fabris Ivana 957
273 R 1.15. Mihaljević Zlatko 217
274 R 1.28. Mihelčić Nataša 333
275 R 2.27. Mijatović Marija 827
276 R 1.22. Mijušković-Svetinović Tatjana 279
277 R 1.30. Mikac Nevenka 353
278 R 1.37. Miko Slobodan 421
279 R 1.38. Miko Slobodan 437
280 R 3.03. Milaković Goran 1005
281 R 1.36. Milović Simana 411
282 R 1.45. Milun Vesna 505
283 R 1.46. Milun Vesna 515
284 R 3.02. Mljinarić Ivana 999
285 R 2.27. Minažek Krunoslav 827
286 R 1.39. Mladinić Biserka 447
287 R 3.20. Molak Milić Zrinka 1201
288 R 4.02. Momčinović Tomislav 1283
289 R 2.34. Mondeshka Margarita 895
290 R 1.42. Morović Mira 475
291 R 1.45. Morović Mira 505
292 R 1.47. Mostečak Hrvoje 525
293 R 2.34. Moteva Milena 893
294 R 2.41. Moteva Milena 967
295 R 2.27. Mulabdić Mensur 827
296 R 1.14. Musić Valerija 205
297 R 1.44. Musić Valerija 493

298 R 1.45. Musić Valerija 505
299 R 3.16. Musović Sanin 1165
300 R 2.13. Mutić Petra 669

N

301 R 1.45. Nazlić Nikša 505
302 R 1.10. Nežić Mladen 171
303 R 1.42. Ninčević-Gladan Živana 475
304 R 1.45. Ninčević-Gladan Živana 505
305 R 1.46. Ninčević-Gladan Živana 515
306 R 1.08. Nimac Irena 151
307 R 1.04. Novosel Tomislav 109

O

308 R 2.20. Obarčanin Enes 739
310 R 2.38. Obarčanin Enes 933
311 R 4.01. Obrdalj Mario 1269
312 R 3.11. Obrdalj Mario 1111
313 R 2.06. Ocvirk Eva 583
314 R 2.29. Ocvirk Eva 849
315 R 1.30. Omanović Dario 353
316 R 1.09. Orlović-Leko Palma 161
317 R 1.02. Oskoruš Dijana 91
318 R 2.13. Oskoruš Dijana 669
319 R 4.16. Ožanić Nevenka 1409
320 R 4.17. Ožanić Nevenka 1425

P

321 R 2.10. Paladin Marin 627
322 R 3.02. Pap Dejan 999
323 R 4.02. Pančić Ruška Veronika 1283
324 R 1.32. Pavelić Davor 371
325 R 3.20. Pavelić Mara 1201
326 R 1.32. Pavičić Ivica 371
327 R 1.33. Pavičić Ivica 383
328 R 1.34. Pavičić Ivica 395
329 R 1.35. Pekaš Želimir 405
330 R 1.09. Penezić Abra 161
331 R 1.08. Perčec Tadić Melita 151
332 R 3.06. Peroš Petar 1053
333 R 3.07. Peroš Petar 1061
334 R 2.17. Petković Andrino 709
335 R 3.22. Petković Andrino 1223
336 R 2.25. Petričec Mladen 805
337 R 1.43. Pikelj Kristina 485
338 R 2.35. Pintar Marina 905
339 R 1.17. Pišl Zoran 223
340 R 1.28. Piškur Vanda 333
341 R 2.39. Plavšić Hrvoje 945
342 R 1.09. Plećaš Stipe 161
343 R 2.32. Plichta Petr 879
344 P 02. Plišić Ivica 55
345 R 1.47. Polak Tea 525
346 R 2.23. Posavec Kristijan 771
347 R 3.02. Posavac Melita 999
348 R 1.34. Prelogović Eduard 395
349 R 1.11. PrevedanFranjo 181
350 R 1.03. Prohaska Stevan 101
351 R 2.27. Pries Janne-Kristin 827
352 R 4.01. Pristovnik Tatjana 1269

R

353 R 1.10. Radišić Maja 171
354 R 3.18. Radman Ivana 1183
355 R 4.10. Radošević Jelena 1355
356 R 2.18. Ravnjak Katarina 719
357 R 1.29. Rendulić Željko 343
358 R 1.01. Renko Tanja 81
359 R 1.25. Repec Siniša 307
360 R 1.26. Repec Siniša 315
361 R 2.10. Ričković Vedrana 627
362 R 2.24. Ričković Vedrana 795
363 R 1.39. Roje Romana 447
364 R 3.17. Roksandić Roko 1173
365 R 4.07. Rossetto Rudy 1327
366 R 4.08. Roškar Robert 1335
367 R 4.08. Rozina Tinkara 1335
368 R 4.09. Rozina Tinkara 1345
369 R 3.12. Rozić Željko 1121
370 R 4.03. Rubčić Ivana 1291
371 R 1.10. Rubinić Josip 171
372 R 1.28. Rubinić Josip 333
373 R 2.40. Rubinić Josip 957
374 R 4.05. Rubinić Josip 1309
375 R 4.14. Runko Luttenberger Lidija 1391
376 R 4.17. Ružić Igor 1425
377 R 1.10. Ružić Igor 171

S

378	R 2.16.	Sabljak Dražen	697
379	R 4.12.	Sarvan Desanka	1377
380	R 4.09.	Sedmak Bojan	1345
381	R 4.14.	Senta Marić Ankica	1391
382	R 1.42.	Skejić Sandra	475
383	R 1.46.	Suurkuusk Gert 515	
384	R 1.17.	Skukan Roberta	223
385	R 1.14.	Stanković Igor	205
386	R 1.25.	Stipaničev Draženka	307
387	R 1.01.	Strelec Mahović Nataša	81
388	R 4.17.	Sušanj Ivana	1425

Š

389	R 3.23.	Šahinović Mirela	1235
390	R 1.07.	Šajn Slak Alenka	143
391	R 1.12.	Šajn Slak Alenka	191
392	R 2.34.	Šimunić Ivan	895
393	R 2.41.	Šimunić Ivan	967
394	R 1.18.	Širac Siniša	241
395	R 1.25.	Širac Siniša	307
396	R 1.26.	Širac Siniša	315
397	R 1.32.	Širac Siniša	371
398	R 1.33.	Širac Siniša	383
399	R 1.34.	Širac Siniša	395
400	R 1.37.	Širac Siniša	421
401	R 3.19.	Širac Siniša	1191
402	R 2.29.	Šišeta Patricia	849
403	R 3.06.	Sjekavica Mariela	1053
404	R 3.07.	Sjekavica Mariela	1061
405	R 3.06.	Šljivarić Lidija	1053
406	R 1.46.	Šolić Mladen	515
407	R 2.39.	Šoštarić Jasna	945
408	R 2.34.	Spalević Velibor	893
409	R 4.03.	Španiček Branka	1291
410	R 1.38.	Šparica Miko Martina	437
411	R 1.22.	Šperac Marija	279
412	R 2.39.	Šreng Željko	945
413	R 1.26.	Stipaničev Draženka	315
414	R 2.34.	Stoeva Ana	895
415	R 1.14.	Šurmanović Dagmar	205
416	R 1.42.	Šurmanović Dagmar	475
417	R 1.44.	Šurmanović Dagmar	493
418	R 1.45.	Šurmanović Dagmar	505
419	R 1.46.	Šurmanović Dagmar 515	
420	R 2.09.	Šustić Diana	613
421	R 4.04.	Švonja Mirjana	1299

T

422	R 1.21.	Tadić Lidija	269
423	R 2.36.	Tadić Lidija	915
424	R 2.39.	Tadić Lidija	945
425	R 3.14.	Tadić Martina	1145
426	R 2.09.	Tadić Zdenko	613
427	R 2.34.	Tanaskovik Vjekoslav	895
428	R 1.46.	Tavazzi Simona	515
429	R 1.41.	Tepić Nataša	465
430	R 1.03.	Todorović Nedeljko	101
431	R 1.36.	Tomas Damir	411
432	R 4.13.	Tomašević Tomislav	1383
433	R 2.25.	Tomić Tomislav	805
434	R 2.40.	Travica Tatjana	957
435	R 4.17.	Travaš Vanja	1425
436	P. 01.	Trbojević Vesna	23
437	R 4.03.	Trenc Neven	1291
438	R 1.01.	Trošić Tanja	81
439	R 1.46.	Tronczynsky Jacek	515
440	R 4.08.	Trontelj Jurij	1335
441	R 2.20.	Tusić Željko	739
442	R 4.03.	Turinski Maja	1291

U

443	R 1.45.	Ujević Ivana	505
444	R 2.35.	Urbanc Janko	905

V

445	R 3.25.	Varga Zvonko	1259
446	R 3.10.	Veselčić Marko	1101
447	R 2.10.	Vidaković Šutić Renata	627
448	R 2.24.	Vidaković Šutić Renata	795
449	R 2.07.	Vidmar Andrej	593
450	R 1.09.	Vidović Kristijan	161
451	R 1.34.	Vlahović Tatjana	395
452	R 1.18.	Vlašić Alena	241
453	R 3.19.	Vlašić Alena	1191

454	R 1.41.	Vojvodić Vjeročka	465
455	R 2.38.	Vranješ Mijo	933
456	R 1.32.	Vranjković Alan	371
457	R 1.33.	Vranjković Alan	383
458	R 1.34.	Vranjković Alan	395
459	R 2.10.	Vrcelj Boris	627
460	R 1.24.	Vučković Ivan	297
461	R 1.02.	Vujnović Tatjana	91
462	R 2.02.	Vukmanić Luka	545
463	R 2.05.	Vukmanić Luka	573
464	R 2.08.	Vukmanić Luka	603
465	R 2.13.	Vujnović Tatjana	669
466	R 2.41.	Vukelić Šutoska Marija	967
467	R 2.34.	Vukelić-Šutoska Marija	895
468	R 1.27.	Vukić Lušić Darija	323
469	R 1.28.	Vukić Lušić Darija	333
470	R 1.29.	Vurnek Maja	343

Z

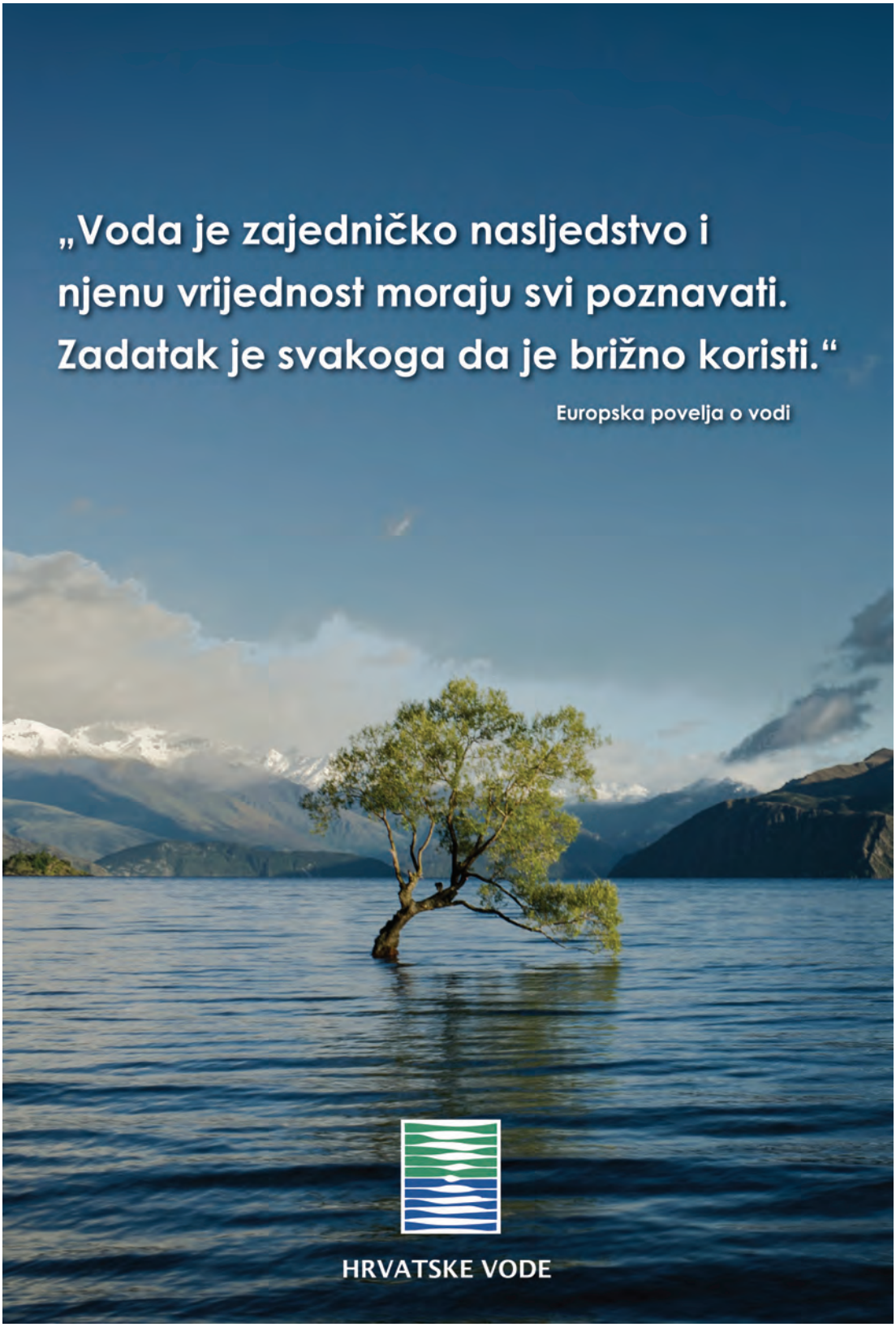
471	R 2.07.	Zabret Katarina	593
472	R 3.17.	Zebić Avdičević Maja	1173
473	R 4.08.	Zupančič Justin Maja	1335
474	R 4.09.	Zupančič Justin Maja	1345

Ž

475	R 3.02.	Žabka Vedran	999
476	R 4.17.	Žic Elvis	1425

Y

477	R 2.34.	Yarlovska Nadezhda	893

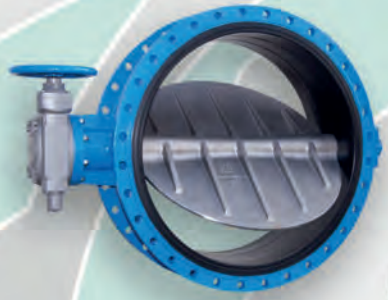

„Voda je zajedničko nasljedstvo i
njenu vrijednost moraju svi poznavati.
Zadatak je svakoga da je brižno koristi.“
Europska povelja o vodi
HRVATSKE VODE



Liburnijske vode d.o.o.

Liburnijska 2 • 51414 Ičići
tel: 051 / 505 - 201
fax: 051 / 505 - 298

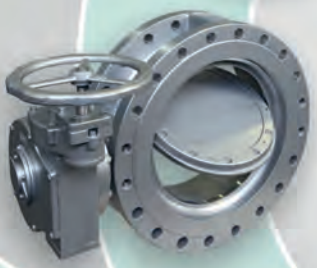
R.J. Vodoopskrba i odvodnja
tel: 051 / 505 - 232
tel: 051 / 505 - 233



MIV

Metalska industrija Varaždin d.d.

Proizvodnja armature i fazonskih komada od nodularnog lijeva za vodovodne i kanalizacijske sustave, navodnjavanje, energetiku, procesnu industriju i brodogradnju.













Proizvedeno 3 000 standardnih proizvoda i više od 30 000 različitih vrsta proizvoda prema narudžbi.
Zastupa sve segmente proizvodnje na jednoj lokaciji.

MIV

Metalska industrija Varaždin d.d.

Metal s potpisom

Tel: +385 42 404 - 100
www.miv.hr

PRotOK
PRofessionality tOKen

www.protok.com
mail: info@protok.com

Iločka 27, Zagreb
tel: +385 1 3041-772

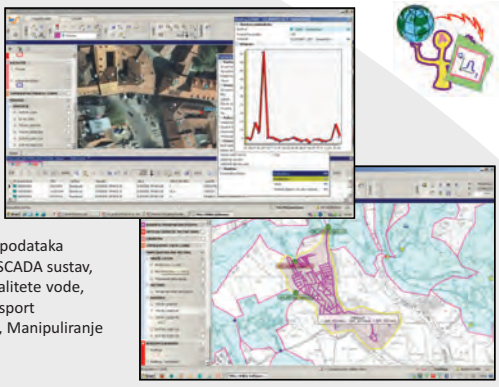


VLASTITO RJEŠENJE
TEHNIČKOG INFORMACIJSKOG SUSTAVA ZA
KOMUNALNE TVRTKE NA OSNOVI GIS TEHNOLOGIJE

Naše usluge
Programska oprema, početni unos podataka, edukacija korisnika, GIS analize, savjetovanje

Opća programska oprema
Desktop Preglednik, Web Preglednik, Uzdužni profil, Eksport podataka, Evidencija adresa, Veza na poslovni informacijski sustav, Izdavanje uvjeta i suglasnosti, Veza na osnovna sredstva, Praćenje vozila, Praćenje investicija

Vodoopskrba i odvodnja
Osnovni, geodetski modul za unos i održavanje GIS podataka vodovoda i odvodnje, Evidencija kvarova, Veza na SCADA sustav, Nadzor nad gubicima u DMA zonama, Evidencija kvalitete vode, Higijensko sanitarna zaštita objekata, Hidraulički eksport (uključujući EPANET i SWMM), Testiranje hidranata, Manipuliranje zatvaračima, Optička inspekcija kanala (CCTV)



IND-EKO

Jamac održivog razvoja

IND-EKO d.o.o. je vodeća hrvatska tvrtka za sanaciju cjevovoda tehnologijama bez iskopavanja i industrijske servise u zaštiti okoliša. Kao izrazito stručna i specijalizirana tvrtka u mogućnosti smo Vam ponuditi cijeli spektar usluga vezanih za održavanje, ispitivanje i sanaciju vodovoda i kanalizacije.

Glavne djelatnosti IND-EKO-a su:

- INDUSTRIJSKA ČIŠĆENJA - SANACIJE ZAGAĐENIH LOKACIJA - SKUPLJANJE OTPADA
- HITNE INTERVENCIJE U ZAŠTITI OKOLIŠA
- **SERVIS CJEVOVODNIH SUSTAVA**
  - Čišćenje i ispiranje kanalizacijskih cjevovoda uz minimalnu potrošnju vode upotrebom specijalne opreme koja reciklira vodu za čišćenje
  - CCTV video inspekcija kanalizacijskih i vodovodnih cjevovoda upotrebom specijalnih samohodnih robot kamera sukladno HRN EN 13508-2
  - Sanacija kanalizacije i vodovoda bez iskopavanja tehnologijama:
    - CIPP (cured-in-place-pipe) • CloseFit • Burstlining • Swagelining
    - Ispitivanje vodonepropusnosti kanalizacije sukladno EN 1610:2002 – ovlašteni smo laboratorij akreditiran kod Hrvatske akreditacije agencije

www.ind-eko.hr



Institut IGH d.d.

Središnji ured Zagreb
Zagreb 10 000 Janka Rakuše 1
Tel: +385 1 6125 125; Fax:+385 16125 401
www.igh.hr
igh@igh.hr

Zavod za hidrotehniku i ekologiju
bavi se projektiranjem i studijama, istraživanjima i mjerenjima, modeliranjem, planiranjem, u svim hidrotehničkim područjima:

- gospodarska hidrotehnika
- sanitarna hidrotehnika
- hidrotehnika prometnica
- hidrotehnička istraživanja

Osnovne djelatnosti:

- projektiranje cesta, željeznica,
- industrijskih i drugih infrastrukturnih objekata
- laboratorijske usluge
- terenska ispitivanja
- stručni nadzor
- upravljanje projektima,
- izrada studija

Regionalni centar Split
Split 21000, Matice hrvatske 15 +385 21 558 666
Regionalni centar Rijeka
Kukuljanovo 51227, Kukuljanovo 182/2 +385 51 206 100
Regionalni centar Osijek
Osijek 31000 Drinska 18 +385 31 253 103



Vaš partner za realizaciju projekata u vodoprivredi

prozanet

OPSEG DJELATNOSTI
Kvalitetno vođenje projekata u tehničkom i komercijalnom smislu:

- uređaji za pročišćavanje otpadnih voda,
- kanalizacijski sustavi,
- crpne stanice,
- vodoopskrbni sustavi,
- automatizacija i daljinsko upravljanje pomoću ProzaNet SCADA sustava
- sanacija gubitaka

tradicija.
znanje.
odgovornost.

KONČAR

Končar - Inženjering za energetiku i transport d.d.

www.koncar-ket.hr

HIDROPROJEKT-ING
projektiranje d.o.o.
Draškovićeva 35/I
10000 Zagreb
Hrvatska
tel: +385 (0)1 45 53 141; 45 53 146
fax: +385 (0)1 46 17 672

Poslovnica ZAGREB
Miramarska 38/I
10000 ZAgreb
Hrvatska
tel: +385 (0)1 61 59 012, 61 59 013
fax: +385 (0)1 61 50 125

Poslovnica RIJEKA
Trg 128. brigade HV 10
51000 Rijeka
Hrvatska
tel: +385 (0)51 371 0 73
fax: +385 (0)51 371 058

www.hp-ing.hr

OSIJEK

HIDROPROJEKT-ING
P R O J E K T I R A N J E



KotonTeks

Ekskluzivni zastupnik za
'Tensar International' iz Engleske i
'Pietrucha' iz Poljske.

- **Geomreže**
- **Plastične talpe**
- **Geotekstili**
- **Geokompoziti**
- **Bentonitni tepihi**
- **Geomembrane**
- **Gabioni**



Kotonteks d.o.o.
Josipa Pupaćića 3
42 000 Varaždin
info@kotonteks.hr
www.kotonteks.hr



GP KRK
osnovano 1956

www.gp-krk.hr

rijekaprojekt - vodogradnja
PROJEKTIRANJE • NADZOR • IZVOĐENJE d.o.o. RIJEKA
Ulica Moše Albaharija 10A • 51000, Rijeka • Tel: 051 344 006

IZLAGAČI I DONATORI

primorsko goranska županija

Zagorski vodovod d.o.o.
za javnu vodoopskrbu i odvodnju

hidroing d.o.o.
za projektiranje i inženjering Osijek

SVB VARGON

KATIĆ BAU
www.katicbau.hr LOVREĆ

vodogradnja rijeka d.o.o.


GRAĐEVINAR
Ivana Gorana Kovačića 21, Čabar
t: 051/821-023, f: 051/821-027, E-mail: gradevinar@ri.t-com.hr


AQUATERM


NIVELCO


CGS


DVOKUT ECRO


Coca-Cola


odvodnja d.o.o
zadar

IZLAGAČI I DONATORI

VPB d.d.

VODOPRIVREDNO - PROJEKTNI BIRO
d.d. ZAGREB

GROUP
DORPLASTIKA EKO - HR/SRB/BIH
UREĐAJI ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA
BUDUĆNOST POSTOJI

VODOVOD d.o.o.
ZADAR

VODOPRIVREDA SPLIT d.d.
DIONIČKO DRUŠTVO ZA
PROJEKTIRANJE, IZGRADNJU I ODRŽAVANJE
HIDROGRAĐEVINSKIH OBJEKATA I GRAĐEVINARSTVO

MEĐIMURSKE VODE d.o.o.
za javnu vodoopskrbu i javnu odvodnju

HOBAS®

labin

VODOGRADNJA VARAŽDIN d.d.

IZLAGAČI I DONATORI

ires ekologija
d.o.o. za zaštitu prirode
i okoliša Zagreb

DIONIČKO DRUŠTVO
varkom
vodoopskrba odvodnja

VODOPRIVREDA
KARLOVAC d.d.

PROING DHI

IEI
UMS
measure to know

IZLAGAČI I DONATORI

ŽRNOVNICA

VODOPRIVREDA SISAK d.d.
Ruđera Boškovića 11, 44 000 Sisak
telefon: +385 (44) 530 205, 525 300
telefax: +385 (44) 525 319, 525 311
e-mail: vodoprivreda-sisak@sk.t-com.hr
MB: 3319598 OIB: 74693095742

AQUA PROMET d.o.o.

PREDL
AUSTRIA Ges.m.b.H.

Komunalno društvo
VODOVOD I KANALIZACIJA d.o.o.
za vodoopskrbu i odvodnju Rijeka

ponikve.krk
VODA

ISBN 978-953-7672-12-6

