



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA

HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

3rd CROATIAN CONFERENCE ON WATERS
CROATIAN WATERS IN THE 21st CENTURY

ZBORNIK RADOVA / PROCEEDINGS

OSIJEK - CROATIA
svibanj / May, 28 - 31, 2003

ZBORNIK RADOVA 3. HRVATSKE KONFERENCIJE O VODAMA
HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

Izdavač

HRVATSKE VODE
Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

Glavni i odgovorni urednik
Prof. dr. sc. DRAGUTIN GEREŠ

Prijevod i korektura za engleski jezik
SABINA EKINOVIĆ, prof.

Likovno rješenje omota
ANTUN PAUNOVIĆ, dipl. ing. arh.

Priprema i tisak
MTG-topgraf – Velika Gorica

ISBN 953-96455-7-3

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Nacionalna i sveučilišna knjižnica - Zagreb

UDK 556 (497.5) (063)
628.1 (497.5) (063)

HRVATSKA konferencija o vodama (3 ; 2003 ; Osijek)
Hrvatske vode u 21. stoljeću : zbornik radova = Croatian
waters in the 21st century : proceedings / 3. Hrvatska konferencija
o vodama, Osijek, 28. - 31. svibnja 2003. ; <glavni i odgovorni
urednik Dragutin Gereš ; prijevod Sabina Ekinović>. - Zagreb :
Hrvatske vode, 2003.

Tekst na hrv. ili engl. jeziku. -
Bibliografija uz svaki rad. - Kazalo. - Summaries.

ISBN 953-96455-7-3

I. Voda — Hrvatska — Zbornik
II. Vodno gospodarstvo — Hrvatska

430506050

Autori su u potpunosti odgovorni za sadržaj i oblik svojih radova. Izdavač, glavni i odgovorni urednik Zbornika radova i organizatori Konferencije ne snose odgovornost za navedene stavove i zemljovide uključene u ovaj Zbornik.

3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA
3rd CROATIAN CONFERENCE ON WATERS

HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU
CROATIAN WATERS IN THE 21st CENTURY

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS

OSIJEK, 2003.

SADRŽAJ

Uvod	XIII
------------	------

REFERATI PO POZIVU

P 01.	Miklós Domokos Three Decades of Hydrological Cooperation of the Countries Sharing the Danube Catchment (1971-2000)	3
P 02.	Petru Serban, Graziella Jula The Implementation of the Water Framework Directive in Romania	23
P 03.	Ognjen Bonacci, Bojana Horvat Bilanca voda Hrvatske: dostignuća i potrebe	33
P 04.	Božidar Biondić, Ranko Biondić Vodni resursi i održivi razvoj krških područja u Hrvatskoj	45

TEMA 1 - HIDROLOŠKE I KLIMATSKE ZNAČAJKE NA PODRUČJU HRVATSKE

R 1.01	Gordana Bušelić, Boris Lovošević, Dijana Oskoruš Hidrološki informacijski sustav HIS2000	57
R 1.02.	Marjana Gajić-Čapka, Ksenija Zaninović Klimatske prilike slivova Drave i Dunava	65
R 1.03.	Marjana Gajić-Čapka, Mirta Patarčić, Melita Perčec Tadić, Lidija Srnec i Ksenija Zaninović Prostorna raspodjela srednje godišnje temperature zraka i količine oborine u Hrvatskoj	75
R 1.04.	Marina Mileta Mjerenje vode od magle sa standardnim kolektorom magle	83
R 1.05.	Nevenka Ožanić, Barbara Karleuša, Jasmina Orbanić, Enco Žufić, Elvis Žic Hidrogrami velikih vodnih valova - primjer hidrološke obrade za akumulaciju Križ	91
R 1.06.	Josip Petraš, Duška Kunštek Primjena GIS-a pri određivanju vremena koncentracije	101
R 1.07	Josip Rubinić, Darko Barbalić, Nevenka Ožanić Analiza pristupa inženjerskoj obradi kratkotrajnih jakih kiša u Hrvatskoj na primjeru Pule	113

R 1.08.	Mirjana Švonja, Irena Pavić, Josip Rubinić Analiza kolebanja karakterističnih prosječnih protoka vodotoka Jadranskog sliva u Hrvatskoj	123
R 1.09.	Kosta Urumović, Željko Duić, Eduard Prelogović Hidrogeološki uvjeti oblikovanja Kopačkoga rita	131
R 1.10.	Ivica Vilibić Klimatski trendovi i fluktuacije termohalinih svojstava te vodene mase Jadranskog mora	143

TEMA 2 – KAKVOĆA, KOLIČINA I MONITORING KOPNENIH VODA I MORA

R 2.01.	Nihada Ahmetović, Zijad Bešlagić Kemijska kontaminacija voda i evaluacija mogućih zdravstvenih posljedica	153
R 2.02.	Mara Artuković, Siniša Širac, Đorđa Medić Monitoring sedimenta u kopnenim vodama	159
R 2.03.	Primož Banovec, Leon Gosar, Franc Steinman, Boris Kompare Vodnogospodarske podloge za nacionalni program odvodnjavanja i pročišćavanja komunalnih voda	165
R 2.04.	Irella Bogut, Jasna Vidaković, Goran Palijan Stupanj trofije i kvaliteta voda Kopačkoga rita tijekom 2002. godine	173
R 2.05.	Irella Bogut, Ljiljana Jezidžić, Jasna Vidaković Fauna slatkovodnih puževa makrofitskih zajednica kanala Čonakut u Kopačkom ritu	181
R 2.06.	Željka Brkić, Sanja Kapelj, Tatjana Vlahović, Ozren Larva, Tamara Marković Ranjivost podzemne vode na širem području Zagreba	187
R 2.07.	Zrinka Burić, Katarina Caput, Goran Olujić, Damir Viličić Raspodjela fitoplanktona i nutrijenata u estuariju rijeke Zrmanje (srpanj 2000)	197
R 2.08.	Marina Carić, Nenad Jasprica Da li postoji veza između molarnih omjera hranjivih soli i fitoplanktona u jezeru Vlačka	205
R 2.09.	Ivona Cetinić, Damir Viličić Fitoplankton kao pokazatelj stupnja trofije u estuariju Krke (2001-2002)	211
R 2.10.	Irena Ciglenečki, Marina Carić, Frane Kršinić, Damir Viličić and Božena Čosović Dugoročna istraživanja Rogožničkog jezera vezana za eutrofikacijske procese ...	219
R 2.11.	Mladen Juračić, Ranko Crmarić Holocenski sedimenti i sedimentacija na ušćima rijeka istočne obale Jadrana	227
R 2.12.	Marija Crnčević, Ana Bratoš, Josip Lovrić, Adam Benović Pristup istraživanju i osmišljavanju upravljanja brodskom balastnom vodom ...	235
R 2.13.	Vlatka Filipović, Biserka Raspor Praćenje metalotioneina, biomarkera izloženosti metalima, u konzumnih riba Jadranskog mora	241

R 2.14.	Hrvoje Gotovac, Davor Bojanić, Mijo Vranješ, Vinko Jović, Roko Andričević Prodor mora u aluvij Donje Neretve	247
R 2.15.	Branimir K. Hackenberger, Ketil Hylland, Biserka Raspor, Tvrtko Smital, Goran I. V. Klobučar, Sandra Stepić Primjenjivost molekularnih biomarkera u kontroli kvalitete voda Hrvatske	255
R 2.16.	Bojana Horvat, Josip Rubinić Primjena GIS-okruženja na procjenu otjecanja	265
R 2.17.	Jasna Hrenović, Damir Viličić, Božidar Stilinović Bakteriološki indikatori kvalitete vode u gornjem dijelu estuarija Zrmanje	273
R 2.18.	Dušica Ivanković, Jasenka Pavičić, Marijana Erk, Vlatka Filipović, Biserka Raspor Određivanje razine metalotioneina u probavnoj žlijezdi dagnje <i>Mytilus galloprovincialis</i> u priobalnom moru	281
R 2.19.	Tomislav Jakovčić, Marija Marijanović Rajčić, Ankica Senta Procjena antropogenog utjecaja na onečišćenje Drave i Mure teškim metalima ...	291
R 2.20.	Damir Jukić, Vesna Denić-Jukić Karakterizacija krških vodonosnika korelacijskom i spektralnom analizom	295
R 2.21.	Ivica Kisić, Ferdo Bašić, Milan Mesić, Mijo Sabolić Procjena erozije tla vodom prema vodnim slivovima R. Hrvatske	301
R 2.22.	Renata Kolačević, Višnja Grubišić, Andrea Bačani Prijedlog optimalizacije piezometarske mreže na slivnom području Grada Zagreba	311
R 2.23.	Nenad Leder, Vlado Dadić, Branka Grbec, Hrvoje Mihanović, Petar Reić, Ante Smirčić, Ivica Vilibić Oceanografska istraživanja za potrebe «Integralnog projekta zaštite Kaštelanskog zaljeva - kanalizacijski sustav Kaštela - Trogir»	317
R 2.24.	Goran Lončar, Goran Gjetvaj, Vladimir Andročec Modelsko istraživanje rešetke na ulaznoj građevini	327
R 2.25.	Axel Luttenberger Pravna regulativa onečišćenja mora iz izvora na kopnu	335
R 2.26.	Siniša Maričić, Tatjana Mijušković, Vladimir Patrčević Istraživanje raspodjele oborina Osijeka	343
R 2.27.	Marija Marijanović Rajčić, Tomislav Jakovčić, Ksenija Vitale, Ankica Senta Vremenske serije i klaster analiza u ocjeni kvalitete vode rijeke Drave	351
R 2.28.	Milan Mesić, Ferdo Bašić, Ivica Kisić, Anđelko Butorac, Ivan Gašpar Utjecaj gnojidbe mineralnim dušikom na sadržaj nitrata u tlu i na koncentraciju NO₃- N u vodi iz drenskih cijevi	359
R 2.29.	Tatjana Mijušković-Svetinović, Siniša Maričić, Božena Tušar Kakvoća vode za kupanje	369
R 2.30.	Stjepan Mišetić, Milorad Mrakovčić Uzroci zijeve (ugibanja) riba u Parku prirode Kopački rit	377
R 2.31.	Jure Mlačnik, Uroš Cerar, Primož Banovec, Franci Steinman Hidraulična primjerenost mjernih mjesta za mjerenje protoka	385

R 2.32.	Valerija Musić, Ljubica Pojatina Basta, Siniša Širac Oblikovanje i provedba monitoringa kakvoće voda u Republici Hrvatskoj	395
R 2.33.	Dragana Mutavdžić, S. Babić, Marija Kaštelan-Macan Priprava uzoraka za kromatografsku analizu pesticida u vodama	401
R 2.34.	Palma Orlović Leko, Marta Plavšić, Zlatica Kozarac, Božena Čosović Preliminarno ispitivanje organske tvari u oborinama u hrvatskom priobalju	409
R 2.35.	Mladen Picer, Nena Picer, Ana Škrlin Razine polikloriranih bifenila zemljišta trafopostrojenja u Komolcu i Rijeci Dubrovačkoj	417
R 2.36.	Marta Plavšić, Senka Terzić, Marijan Ahel, C.M.G. van den Berg Određivanje i uloga folne kiseline u prirodnim vodama	423
R 2.37.	Miljenko Plazibat, Berislav Glavaš Primjena modernih mjernih tehnologija u vodnom gospodarstvu	429
R 2.38.	Robert Precali, Mladen Šolić, Dagmar Šurmanović, Gorana Čosić-Flajsig Stanje kakvoće priobalnog mora Hrvatske	435
R 2.39.	Davor Romić, Mijo Vranješ, Gabrijel Ondrašek Prodor morske vode i njen utjecaj na kakvoću površinskih voda u dolini Neretve	443
R 2.40.	Vera Santo, Zdenka Čuljak, Brigita Homan-Krtić, Dario Mandić, Nena Hak, Davor Haničar Sudjelovanje hrvatskog nacionalnog tima stručnjaka u zajedničkom istraživanju rijeke Dunava, kolovoz-rujan 2001. godine	451
R 2.41.	Ivan Šimunić, Franjo Tomić, Dragutin Petošić Višak vode u hidromelioriranom tlu	457
R 2.42.	Siniša Širac, Goran Mirković, Neven Bujas Kakvoća voda u Republici Hrvatskoj 2000. – 2001. godina	463
R 2.43.	Višnja Šojat, Dunja Borovečki, Zlatica Gliha Kakvoća oborinske vode na području Republike Hrvatske	471
R 2.44.	Dagmar Šurmanović, Marija Jokić Standardiziranje biomonitoringa u Republici Hrvatskoj	479
R 2.45.	Ivica Vilibić Porast razine mora u Jadranu - dosadašnja saznanja, predviđanja i moguće posljedice	485
R 2.46.	Ivica Vilibić, Hrvoje Mihanović Rezonantne oscilacije malih akvatorija – primjer splitske luke	491
R 2.47.	Ivica Vilibić, Goran Olujić, Nenad Leder, Ante Smirčić Estuarij rijeke Zrmanje: termohalina svojstva i izmjena vodenih masa	497
R 2.48.	Staša Vošnjak, Franci Steinman Hidraulične prilike oko stupovlja mosta	503
R 2.49.	Elvis Zahtila, Jasna Vidaković Ekološka valorizacija slatkovodne bare na otoku Veli Brijun (Nacionalni park Brijuni, Hrvatska)	511

R 2.50.	Roko Žaja, Dušica Ivanković, Biserka Raspor Metalotioneini dvije vrste školjkaša kao biomarker izloženosti metalima	519
R 2.51.	Vesna Žic, Marko Branica Raspodjele kemijskih vrsta joda u estuariju rijeke Krke	527
R 2.52.	Ranko Žugaj Prinos ocjeni kakvoće osnovnih hidroloških podataka	533

TEMA 3 – VODNOGOSPODARSKO PLANIRANJE U HRVATSKOJ I EUROPI

R 3.01.	Andrea Bačani, Pavao Miletić EGPV kao podloga vodnogospodarskom planiranju	541
R 3.02.	Danko Biondić, Blagoje Milović, Darko Barbalić Stanje i razvojne odrednice zaštite od štetnog djelovanja voda u Hrvatskoj	545
R 3.03.	Alan Cibilić Postojeće stanje, ciljevi i strateške smjernice u planiranju korištenja vode	557
R 3.04.	Gorana Ćosić-Flajsig Postojeće stanje, načela i strateške smjernice u planiranju zaštite voda i vodnih ekosustava	565
R 3.05.	Tea Duplančić Leder, Nenad Leder Novi trendovi u hidrografiji i pomorskoj kartografiji u cilju boljeg gospodarenja morskim resursima	577
R 3.06.	Mira Filipović Ekonomika u upravljanju vodama i vodnogospodarskom planiranju	585
R 3.07.	Miron Kovačić, Želimir Pekaš, Alan Cibilić Gospodarenje hrvatskim geotermalnim vodama sukladno koncepciji održivog razvoja – ciljevi i usmjerenja	593
R 3.08.	Milan Mesić, Gorana Ćosić Flajsig, Ferdo Bašić, Ivica Kisić Pokazatelji onečišćenja vode iz poljoprivrede	599
R 3.09.	Miljenko Ivica, Vladimir Sečen Višenamjenski hidrotehnički sustav Novo Virje, Priprema izgradnje	613
R 3.10.	Sabina Mišigoj, Boris Kompare Određivanje zaštitnih pojaseva izvora pitke vode	621
R 3.11.	Mladen Petrićec, Jure Margeta Izrada vodnogospodarske osnove Hrvatske - okvir i temeljne značajke	633
R 3.12.	Marko Pršić, Vlatko Kadić, Zorana Filak Unutarnji plovni putovi u Hrvatskoj - potencijali i realizacija	645
R 3.13.	Lidija Runko Luttenberger Prilog utvrđivanju kriterija za održivo gospodarenje vodom	657
R 3.14.	Marjan Sikora, Damir Vidoš Primjer internet prostornog informacijskog sustava u VGO Split	665
R 3.15.	Dagmar Šurmanović, Mara Artuković, Marija Jokić Uloga monitoringa kakvoće voda u vodnogospodarskom planiranju	673

R 3.16.	Tatjana Vlahović, Željka Brkić, Želimir Pekaš Postojeće stanje i novi aspekti u planiranju zaštite podzemnih voda u Republici Hrvatskoj	683
R 3.17.	Bojan Zmaić, Elvis Kešetović Alternativni postupci odvodnje, pročišćavanja i dispozicije otpadnih voda u okvirima naše legislative	693

TEMA 4 – VODNOGOSPODARSKE DJELATNOSTI ZAŠTITE OD ŠTETNOG DJELOVANJA VODA, KORIŠTENJA VODA I ZAŠTITE VODA

R 4.01.	Primož Banovec, Leon Gosar, Franc Steinman, Katarina Velepec Registar irigacijskih i drenažnih sustava u Republici Sloveniji	707
R 4.02.	Ranko Biondić, Božidar Biondić, Stjepan Dolić, Sanja Kapelj, Tamara Marković Mogućnost vodoopskrbe malih otoka na primjeru otoka Suska	715
R 4.03.	Silvio Brezak, Mario Spajić Modeliranje malih voda rijeke Drave	725
R 4.04.	Dragica Grgesina, Ljiljana Čačić, Željka Romić, Marija Ivić Utjecaj koncentracije slobodnog klora na sadržaj THM spojeva u vodoopskrbnom sistemu	731
R 4.05.	Katerina Donevska, Stanislava Dodeva Irrigation Requirement Data in Irrigation System Planning	739
R 4.06.	Zlatko Fazinić Slatkovodno ribnjačarstvo u Hrvatskoj	747
R 4.07.	Goran Gjetvaj, Goran Lončar, Vladimir Andročec Fizikalni model disperzije efluenta u Bračkom kanalu	755
R 4.08.	Berislav Glavaš, Zdravko Brajković Zaštita dalmatinskih krških vodonosnika na primjeru kamenoloma u razdoblju 1992. – 2002. godina	763
R 4.09.	Jasna Hrenović Utjecaj bioaugmentacije aktivnog mulja i dodatka zeolita na rad anaerobno/aerobnog sustava za obradu otpadne vode	769
R 4.10.	Stjepan Husnjak, Matko Bogunović Opasnost od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu središnje panonske regije	777
R 4.11.	Darko Ivičić, Ante Pavičić, Renato Buljan Akumulacija Ričice	785
R 4.12.	Nenad Jasprica Podrijetlo i prilagodbe dijetomeja morskim i slatkovodnim biotopima	793
R 4.13.	Marko Josipović, Davor Romić, Ivan Danjek, Stjepan Madjar, Josip Marušić, Jasna Šoštarić, Hrvoje Plavšić Stanje navodnjavanja u Hrvatskoj 2002. godine	797
R 4.14.	Marijan Karić, Blaženka Hadrović Zaštita voda i gospodarenje iskorištenom vodom	805

R 4.15.	Mario Krzyk, Matjaž Četina, Tomaž Hojnik, Majda Zakrajšek, Rudi Rajar Matematičko modeliranje dinamike klizišta Stože pod Mangartom	815
R 4.16.	Krešimir Košutić, Branko Kunst Napredak u konstrukciji membranskih elemenata i radu membranskih uređaja za obradbu pitkih voda	823
R 4.17.	Neven Kuspilić, Damir Bekić Vizija luke Slavonski Brod	829
R 4.18.	Davor Malus, Gorana Čosić – Flajsig, Mladen Petrićec Onečišćenje automobilskim prometom u Republici Hrvatskoj	835
R 4.19.	Josip Marušić, Ivan Kolovrat, Berislav Brkić Višenamjenski kanal Dunav-Sava i nova luka Vukovar	843
R 4.20.	Silva Neseck, Željko Neseck, Nikolaj Silvio Ukmar Čistija proizvodnja i obrada galvanskih otpadnih voda	853
R 4.21.	Željko Pavlin, Boris Beraković, Zdenko Mahmutović Višenamjensko rješenje rijeke u složenim uvjetima aluvijalne gusto naseljene doline	861
R 4.22.	Josip Petraš, Luka Sopta, Senka Vuković, Danko Holjević, Ivica Plišić Analiza poplavljanja grada Otočca upotrebom matematičkog modela	873
R 4.23.	Mujë Rugova, Selim Jusufi, Azem Lajçi, Tahir Arbnesi Kvaliteta vode rijeke Sitnice	883
R 4.24.	Primož Rodič, Zvonimir Janežič, Rudi Rajar Utjecaj akumulacijskih bazena na temperaturno stanje vodotoka	889
R 4.25.	Marina Rožić, Darko Barbalić Usporedna analiza morfoloških značajki bujičnih područja u slivu Save	899
R 4.26.	Ivan Slišković, Vinko Bilopavlović Vodoopskrbni potencijali i korištenje voda sliva Mostarskog blata	909
R 4.27.	Luka Sopta, Danko Holjević, Senka Vuković, Nelida Črnjarić-Žic, Siniša Družeta, Jerko Škifić Analiza propagacije poplavnih valova rijekom Rječinom upotrebom matematičkog modela	917
R 4.28.	Jasna Šoštarić, Nada Parađiković, Stjepan Madjar, Marko Josipović, Miroslav Dadić Opravdanost izgradnje lagune kao izvora vode za navodnjavanje u zaštićenom prostoru	927
R 4.29.	Željko Štefanek, Mladen Kerovec, Ranko Žugaj, Ljiljana Pavletić, Branko Žrvnar Sustavni pristup projektiranju retencija	933
R 4.30.	Zdenko Tadić, Ognjen Bonacci, Ivan Radeljak, Lidija Tadić Vodni režim Parka prirode Kopački rit	941
R 4.31.	Frane Tomić, Dragutin Petošić, Ivo Stričević, Drago Dolanjski, Ivan Mustać Značajke vodnog režima i stanja tala na području donjeg toka budućeg kanala Dunav – Sava	951
R 4.32.	Nikolaj Silvio Ukmar, E.Žuvić, Željko Neseck Predtretman zauljenih otpadnih voda metaloprerađivačke industrije	961

R 4.33.	Damir Vidoš, Mirjana Švonja, Mijo Vranješ, Ranko Žugaj Rješenje obrane od poplava desnog zaobalja grada Metkovića	969
R 4.34.	Lars Späth, Volker Zang Vacuum Sewerage - A Modern System Aiding to Reduce the Costs of Communal Wastewater Collection -	979

TEMA 5 – GOSPODARENJE VODAMA I DRUŠTVENO-EKONOMSKI RAZVOJ

R 5.01.	Andrija Bognar, Zlatko Pletikapić, Zdenko Tadić Rijeka Drava i održivi razvitak	993
R 5.02.	Anica Čuka Hidrografska obilježja Dugog otoka - ograničavajući faktor razvoja	1001
R 5.03.	Aleksandra Deluka-Tibljaš, Barbara Karleuša, Nevenka Ožanić Odvodnja prometnice kao preduvjet trajnosti	1007
R 5.04.	Zoran Đuroković Obnova vodnogospodarskih objekata na području Hrvatskog Podunavlja	1015
R 5.05.	Dragutin Gereš Održivo korištenje vode u Hrvatskoj	1021
R 5.06.	Dragutin Gereš Održivi razvoj vodnog sustava i pitanje zdravlja	1033
R 5.07.	Dragutin Gereš, Marija Šperac Upravljanje potražnjom vode u okviru integralnog upravljanja resursima	1041
R 5.08.	Božo Knežević, Aida Salahović Integralno upravljanje vodnim resursima u funkciji održivog razvoja	1051
R 5.09.	Zorko Kos, Nevenka Ožanić Održivi razvoj vodnog gospodarstva u Hrvatskoj u XXI. stoljeću - na primjeru razvoja natapanja u Istri	1061
R 5.10.	Tomislav Madžar Privatizacija trgovačkih društava u funkciji jačanja vodnogospodarske djelatnosti	1069
R 5.11.	Josip Marušić Ekonomske posljedice stanja hidromelioracijskih sustava za odvodnju u Hrvatskoj	1077
R 5.12.	Vladimir Muljević Protupožarno gospodarenje vodom u starom Osijeku	1087
R 5.13.	Višnja Omerbegović, Veljko Zimonić, Nataša Benić-Einbüchler Informacijski sustav u upravljanju vodama	1091
R 5.14.	Renata Perić, Branimir Marković, Branko Matić Vodne naknade kao izvor financiranja vodnog gospodarstva	1099
R 5.15.	Zlatko Pletikapić Kopački rit - pristup određivanju sveukupne vrijednosti poplavnih i močvarnih područja	1105

R 5.16.	Marija Šperac, Dragutin Gereš Održivo upravljanje sustavom urbane odvodnje	1113
R 5.17.	Tamara Tarnik, Damir Balažić Retencija Drežničko polje	1119
R 5.18.	Tatjana Vlahović, Želimir Pekaš, Andrea Bačani Gospodarenje podzemnim vodama zapadnog dijela otoka Korčule	1127

TEMA 6 – SURADNJA, INSTITUCIONALNI I LJUDSKI RESURSI U VODNOM GOSPODARSTVU

R 6.01.	Branka Beović Biti inženjer danas	1139
R 6.02.	Stanislav Frančišković-Bilinski, Halka Bilinski, Darko Tibljaš, Darko Hanžel Karakterizacija sedimenata Dragonje, rijeke na granici Hrvatske i Slovenije ...	1147
R 6.03.	Stipe Lulić 25 godina hrvatsko mađarske suradnje na mjeranju radioaktivnosti rijeke Dunav	1155
R 6.04.	Josip Marušić Dodiplomski i poslijediplomski studiji građevinarstva za potrebe vodnogospodarskih djelatnosti	1163
R 6.05.	Zvonimir Pintarić Voda kao poticaj umjetničkog stvaranja	1175
R 6.06.	Ljudevit Tropan Opskrba vodom – pitanje pristupa	1185
R 6.07.	Ljudevit Tropan, Radoslav Karleuša, Zdravko Špirić O etičkim načelima u gospodarenju vodama	1191
R 6.08.	Boško Varićak-Keranović «Pisani kamen» - najstariji vodnogospodarski zapis	1199
R 6.09.	Branko Vujasinović Vodograđevna služba u Hrvatskoj do početka 20. stoljeća	1209

KAZALO AUTORA	1217
----------------------------	------

UVOD

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. Ova *Treća hrvatska konferencija o vodama* ima temeljnu temu **Hrvatske vode u 21. stoljeću** i usmjerena je viziji i strategiji 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, taktičnim 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 posvećen je temi *Problematika vodnogospodarskog planiranja u Hrvatskoj*.

Organizatori Konferencije:

Hrvatsko društvo za odvodnju i navodnjavanje; Hrvatsko hidrološko društvo; Hrvatsko društvo za zaštitu voda; Ekonomski fakultet Sveučilišta u Osijeku; Hrvatsko vijeće za suradnju s Međunarodnim hidrološkim programom i Operativnim hidrološkim programom (UNESCO – IHP, OHP programi); Hrvatsko društvo za velike brane; Hrvatsko geološko društvo; Hrvatska udruga za promicanje skrbi o prostoru; Hrvatsko meteorološko društvo; Hrvatsko geografsko društvo; Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa; EUROCOAST – hrvatska udruga; Hrvatsko tloznanstveno društvo; IWA Croatia; Građevinski fakultet Sveučilišta u Osijeku.

Pokrovitelji Konferencije:

Hrvatske vode – glavni pokrovitelj i sponzor; Ministarstvo javnih radova, obnove i graditeljstva; Ministarstvo znanosti i tehnologije; Državna uprava za vode; Državni hidrometeorološki zavod.

Znanstveni odbor Konferencije:

Prof. dr. sc. Dragutin Gereš – predsjednik; dr.sc. Marjana Gajić-Čapka; dr. sc. Zvonko Gržetić; dr. sc. Zlatica Kozarac; prof. dr. sc. Jure Margeta; prof. dr. sc. Darko Mayer; prof. dr. sc. Nevenka Ožanić; dr. sc. Mladen Petrićec; prof. dr. sc. Antonieta Požar-Domac; doc. dr. sc. Davor Romić; prof. dr. sc. Željko Turkalj; prof. dr. sc. Damir Viličić; dr. sc. Tatjana Vlahović; prof. dr. sc. Ranko Žugaj.

Organizacijski odbor:

Prof. dr. sc. Josip Marušić – predsjednik; Silvio Brezak; Darko Brnić-Levada; Gorana Čosić-Flajsig; Zoran Đuroković; mr. sc. Danko Holjević; doc. dr. sc. Marko Josipović; mr. sc. Siniša Maričić; prof. dr. sc. Milan Mesić; Dragutin Mihelčić; mr. sc. Janja Milković; Zvonimir Pintarić; mr. sc. Mirjana Švonja; Zdenko Tadić; Vesna Zobundžija.

Glavni tajnik: Ljudevit Tropan

Zbornik radova sadrži 144 rada, koji su izlagani na Trećoj hrvatskoj konferenciji o vodama, održanoj od 28. do 31. svibnja 2003. godine u Osijeku. Konferencija je s *međunarodnim učešćem*, uz radove iz Hrvatske ima radova iz inozemstva. Znanstveni odbor Konferencije prihvatio je 144 rada za prezentaciju na konferenciji. U pripremi radova sudjelovalo je 395 autora i koautora. Članovi Znanstvenog odbora su recenzirali prihvaćene radove.

Radovi su podijeljeni u šest tema:

1. **Referati po pozivu**, voditelj i recenzent: Dragutin Gereš - 4 rada
2. Tema 1: **Hidrološke i klimatske značajke na području Hrvatske** - 10 radova
voditelji i recenzenti: Marjana Gajić-Čapka i Ranko Žugaj
3. Tema 2: **Kakvoća, količina i monitoring kopnenih voda i mora** - 52 rada
voditelji i recenzenti: Zvonko Gržetić, Zlatica Kozarac, Antonieta Požar-Domac i Damir Viličić
4. Tema 3: **Vodnogospodarsko planiranje u Hrvatskoj i Europi** - 17 radova
voditelji i recenzenti: Mladen Petrićec i Tatjana Vlahović
5. Tema 4: **Vodnogospodarske djelatnosti zaštite od štetnog djelovanja voda, korištenja voda i zaštite voda** - 34 rada
voditelji i recenzenti: Jure Margeta, Darko Mayer i Davor Romić
6. Tema 5: **Gospodarenje vodama i društveno-ekonomski razvoj** - 18 radova
voditelji i recenzenti: Nevenka Ožanić i Ranko Žugaj
7. Tema 6: **Suradnja, institucionalni i ljudski resursi u vodnom gospodarstvu** - 9 radova
voditelji i recenzenti: Dragutin Gereš i Željko Turkalj

Organizatori *Treće hrvatske konferencije o vodama* i izdavač *Zbornika radova* zahvaljuju glavnom pokrovitelju i sponzoru, kao i drugim pokroviteljima. Organizatori zahvaljuju cijenjenim autorima radova, voditeljima tema i recenzentima, sponzorima te ostalim sudionicima na njihovom doprinosu uspjehu Treće Hrvatske konferencije o vodama.

Prof. dr. sc. Dragutin Gereš

*predsjednik Znanstvenog odbora konferencije i
glavni i odgovorni urednik Zbornika radova*

REFERATI PO POZIVU



Three Decades of Hydrological Cooperation of the Countries Sharing the Danube Catchment (1971-2000)

Miklós Domokos

SUMMARY: The hydrologists of the (at that time) 8 Danube Countries launched in 1971, on a voluntary basis, a regional hydrological cooperation aiming to produce information for the planning of the development of integrated water management embracing the whole Danube Catchment. The paper describes the history of this cooperation focusing on its results: the Danube Monograph published in 1986 and its so far 7 follow-up volumes. A short comparison is also offered with other European regional hydrological cooperations (Rhine Monograph, FRIEND).

KEYWORDS: Danube countries, hydrology, cooperation, information for the planning, Danube monograph

Tri desetljeća suradnje na području hidrologije između podunavskih zemalja (1971-2000)

SAŽETAK: Hidrolozi iz (tadašnjih) osam podunavskih zemalja pokrenuli su 1971. dobrovoljnu hidrološku suradnju s ciljem dobivanja informacija potrebnih za planiranje razvoja cjelovitog gospodarenja vodnim resursima koje bi obuhvatilo cijeli sliv Dunava. U radu se opisuje povijest ove suradnje a posebna se pažnja posvećuje postignutim rezultatima: Monografiji Dunava objavljenoj 1986. te sedam dosada izrađenih popratnih knjiga. Dana je i kratka usporedba s drugim europskim regionalnim hidrološkim suradnjama (Monografija Rajne, FRIEND).

KLJUČNE RIJEČI: podunavske zemlje, hidrologija, suradnja, informacije za planiranje, Monografija Dunava

1. The River Danube and its Catchment

The Danube River, crossing Central and Southeastern Europe in a length of 2,857 km, is with its multiannual mean discharge of 6,855 m³/s into the Black Sea, the 21st greatest river of the World and - after the Volga River - the 2nd greatest one of Europe. Its river basin is situated - between the headwater regions of the Rhine and the Dniepr River - on the southern side of the European main continental divide that runs from Gibraltar to the Northern Ural Mountains (*Fig. 1*). The bee-line distance between the springs of the Danube in the the Black Forest Mountains and its embouchure into the Black Sea is 1,630 km. The highest points of its - orographically strongly articulated - watershed are: on its southern reach, Piz Bernina (altitude 4,052 m above sea level), and on the northern one, Peak Krivan (2,496 m). The average altitude of the Catchment is 475 m above sea level. It can be subdivided into three main parts, each of them characterized by different hydro- and geographic features: the Upper Danube Region (between the springs and the Devín Gate near to the mouth of the tributary March/Morava), the Central Danube Region and the Lower Danube Region (between the Iron Gate and the Danube's embouchure into the Black Sea).



Fig.1: Geographical situation of the Danube Catchment (RCDC 1999a)

2. The countries sharing the Danube Catchment

Out of the area of 10.508 million km² of Europe, expanding between the western coast of Ireland and the Ural Mountains, the Danube Catchment's share is 0.817 million km² (7.8%). Out of the 783 million inhabitants of the continent, 82.7 million people (10.55%) are living in the Danube Catchment. In the year 2002, there are 18 countries with shares in the Catchment (*Fig. 2*). Among them there are 13 countries, with areal shares between 1.46% and 28.43%, which are considered and hereinafter called „Danube countries” (in a narrower sense), the biggest shares in the Catchment belonging to: Romania (28.43%), Hungary (11.39%), Yugoslavia (11.19%), and Austria (9.88%). These four countries as well as further two ones: Slovakia (5.94%) and Slovenia (2.19%) lay with 90-100% of their respective national areas within the Danube Catchment. The sum of the shares of the five countries with minor shares (0.01-0.22%) in the Catchment, which may be called also "peripheric" countries (as related to the Danube Catchment), is merely about 0.4% (*Table I*).

Table I contains not only a more detailed characterization of the political subdivision of the Danube Catchment in 2000, as described above, but also its constant status during the - almost half-a-century long - period between the end of Second World War (1945)

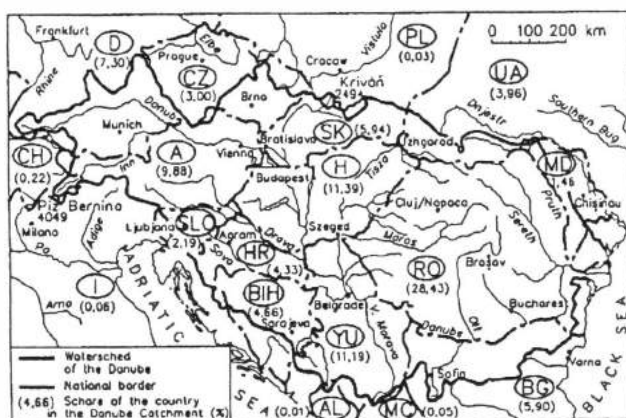


Fig. 2: The countries sharing the Danube Catchment in 2000

Table I. The countries sharing the Danube Catchment in 2000 and in 1971

Status of 2000										Status of 1971				
No.	Country's		Area (1000 km ²)		Share of		Inhabitans			Country's			No.	
	symb ol	name	total	in the Catchment	country in	of Catchment	total (10 ⁶)	in the Catchment		symb ol	name	share in Catchment (%)		
					the Catchment	in the country		(10 ⁶)	%					
					%									
„Danube contries” (with major areal shares), ca. in hydrographic order														
1.	D	Germany	357,0	59,6	7,30	16,8	82,1	9,1	11,1	D	Germany	7,30	1.	
2.	A	Austria	83,9	80,7	9,88	96,4	8,1	7,7	9,4	A	Austria	9,88	2.	
3.	CZ	Czech Rep.	78,9	24,5	3,00	31,1	10,3	2,8	2,5	CS	Czechoslovakia	8,94	3.	
4.	SK	Slovakia	49,0	48,5	5,94	99,0	5,4	5,2	6,4					
5.	H	Hungary	93,0	93,0	11,39	100,0	10,0	10,0	12,2					
6.	SLO	Slovenia	20,3	18,0	2,19	88,8	2,0	1,7	2,1	YU*	Yugoslavia	22,42	5.	
7.	HR	Croatia	56,6	35,4	4,33	62,5	4,8	3,2	3,8					
8.	BIH	Bosnia and Herzegovina	51,1	38,3	4,66	74,9	3,8	2,9	3,5					
9.	YU	Yugoslavia**	102,2	91,4	11,19	90,0	10,4	9,0	11,0	RO	Romania	28,43	6.	
10.	RO	Romania	237,5	232,2	28,43	97,6	22,6	22,6	27,6	BG	Bulgaria	5,90	7.	
11.	BG	Bulgaria	110,9	48,2	5,90	43,6	8,3	3,9	4,8	SU	Soviet Union	5,42	8.	
12.	MD	Moldova	33,7	12,0	1,46	35,6	4,3	1,1	1,2					
13.	UA	Ukraine	603,7	32,5	3,96	5,4	50,9	3,1	3,7					
„Peripheric countries” (with minor areal shares)														
14.	CH	Switzerland	41,3	1,8	0,22	4,4	6,7	0,3	0,4	CH	Switzerland	0,22	9.	
15.	I	Italy	301,3	0,5	0,06	0,2	57,5	0,1	0,1	I	Italy	0,06	10.	
16.	PL	Poland	312,7	0,3	0,03	0,1	37,8	0,04		PL	Poland	0,03	11.	
17.	AL	Albania	28,7	0,1	0,01	0,01	3,2			AL	Albania	0,01	12.	
18.	MC*	Macedonia	25,7	0,4	0,05	0,2	2,1			-	-	-	-	
1-18. Danube Catchment total				817,0	100,00			82,74	100,0	Danube Catchment total			100,00	1-12.

* Macedonia, in 2000 independent, was in 1971 a part of Yugoslavia

** From 2002, the new name of the country is: Serbia & Montenegro

and the political changes taken place around 1990 and leading to further splitting into parts of various Danube countries. (Thus the latter status was valid also in 1971, the starting year of the multilateral hydrological cooperation dealt with in this paper.) It is seen from the right side of *Table I* that during that period, as against the present 13 + 5 countries, there were only 8 „Danube countries” and 4 „peripheric” countries.

3. Beginnings of hydrological cooperation in the Danube Catchment

As it is generally known, the activities necessary for sustainable development in a major geographic region – e.g., in a river basin - can efficiently be planned only on the basis of deep knowledge about the natural and social conditions and expectations characterizing the whole region, independently from the political borders crossing it.

Hence, one of the indispensable bases for planning optimal measures to be taken for the welfare of *all* inhabitants of the Danube Catchment - dispersed in a number of countries - would also be the possession of the knowledges characterizing the physiographic conditions of the *whole* Catchment, emphatically including its hydrological features. Such knowledges (data and relationships), independent from national borders, can be collected, systemized and made accessible for utilization (first of all for the planning of a catchment-wide water resources development) only through the cooperation of competent experts from all countries existing in the Catchment.

It was this perception that prompted an action of the Working Group for Scientific Hydrology, founded under the chairmanship of *K. Stelczer* in 1967, of the international *Danube Commission* (residing at that time already in Budapest), established, under the regulations of the *Belgrade Convention* of 1948 in order to regulate the navigation conditions of the Danube, as an international waterway. This Working Group added, following a suggestion of the Soviet delegate *Prof. Korzum*, in 1971 to the numerous, already ongoing themes of its labour plan - such as the themes on evapotranspiration, on river training, on storage reservoir dimensioning - as a new topic, the compilation of *The water balance of the Danube Catchment*. The main purpose of the inclusion of this theme was to collect, harmonize and publish information characterizing the multiannual mean water circle of the Danube Catchment.

Unfortunately, from the at that time 8 Danube countries (*Table I*) only four ones: Czechoslovakia, Hungary, Bulgaria and the Soviet Union delegated experts into the Working Group of Scientific Hydrology of the Danube Commission (DC), while the remaining four countries: the Federal Republic of Germany (FRG), Austria, Yugoslavia and Romania abstained from participation, due to political considerations contesting the competency of the DC for the Danube River Basin. The FRG, however, although not being member at that time of the DB yet, delegated consequently observers to the meetings of the Working Group. The research institutes of the 4 countries participating in the activities of the Working Group, compiled, according to their labour plan, under the coordination of the Water Resources Research Institute (VÚVH), Bratislava, Czechoslovakia, from the contributions of the cooperating countries (Kardos 1975) already in 1972-73 the multiannual average water balances for their respective national shares in the Danube Catchment, including the isoline maps of the three main components of the water balance. The professional-informative value of this output has been of course rather limited, due to the „white patches” of the non-cooperating countries as well as to the impossibility to harmonize national information along the state borders. For example, it considerably falls behind the value of the former works of two outstanding Danube hydrologists (Kresser-Lászlóffy 1964, Lászlóffy 1965), which -

although containing consistent information - also are devoid of a proved agreement of the community of hydrologists from all Danube countries. At the same time, the - at that time for most experts baffling - publication of the forcedly incomplete water balance by the institute VÚVH, Bratislava had an important *scientific-diplomatic* importance. Namely, this publication was a strong, if not compelling, incentive for the hydrologists of the formerly non-cooperating four Danube countries to join the common work since it became obvious that no successful work of this kind would be possible without the cooperation of all Danube countries.

The framework of the thus 8 Danube countries was established in 1974 - after a number of conciliatory meetings, resulting in a „hybrid” solution which nowadays may seem rather anachronistic - in such a way that while the first group of countries (BG, CS, H, SU) continued its activity under the auspices of the Working Group of the Danube Commission, under the coordination of the institute VÚVH, Bratislava (*Dr A. Sikora* and *Dr A. Stančík*), the hydrologists of the later attached countries (A, D, YU, RO) participated in the common work through their respective National Committees for the International Programme (IHP) of the UNESCO, under the coordination of a Technical Secretariat established to this purpose at Belgrade (*Prof. S. Jovanović* and *Dr G. Bozić*). The coordinators of Bratislava and Belgrade spontaneously synchronized their activities (Domokos 1999b). There were two common languages: German and Russian.

4. First phase of the Danubian cooperation (1974-86). Publication of the Danube Monograph

Together with the number of the cooperating countries, the subject-matter of the joint work, in 1971 strated as *The water balance of the Danube Catchment* was also expanded. The goal of the hydrologists of the already 8 Danube countries was to compile a work under the title *Hydrological Monograph of the Danube Catchment*, containing the following three chapters (in brackets, the name of the country responsible for the given chapter):

1. Physical, geographical and water management characteristics of the Danube Catchment (Yugoslavia)
2. Characteristics of the runoff regime (Soviet Union) (*Figs. 3-5*)
3. Hydrological Balance (Hungary) (*Table II*)

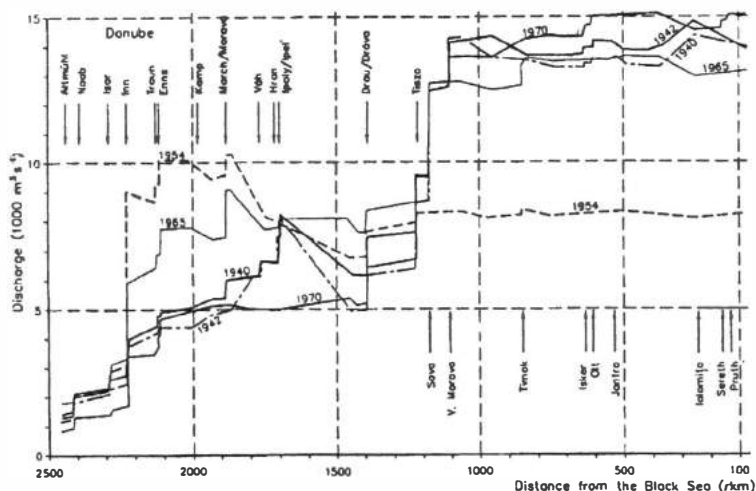


Fig.3: Longitudinal profiles of the greatest floods along the Danube (RZD 1986)

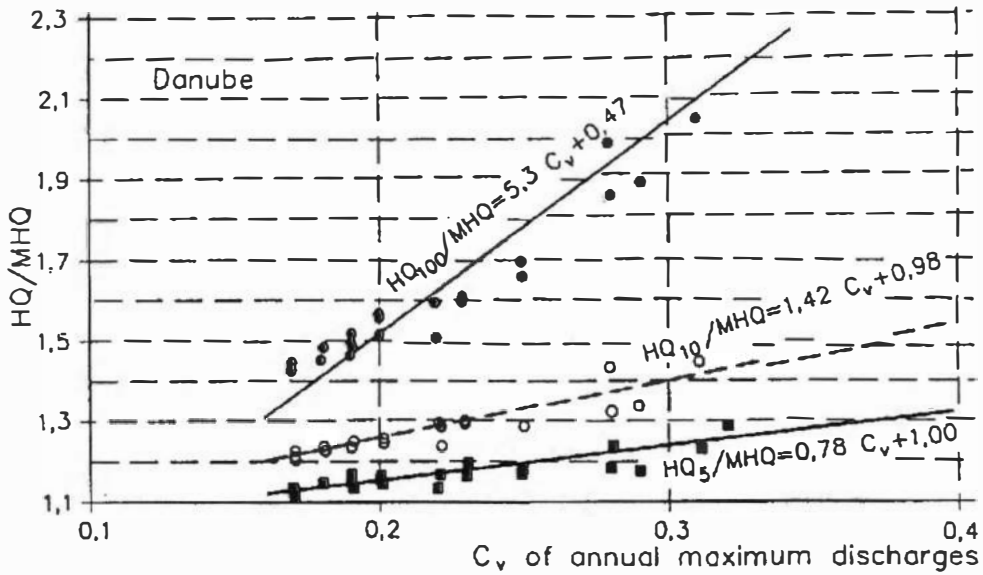


Fig.4: Relationship between the average flood discharge ($Q_{g,m}$), the flood discharges of selected probabilities of non-exceedance ($Q_{g,p\%$) and the variation coefficient of the annual maximum discharges (C_v) at the gauging stations of the Danube (RZD 1986)

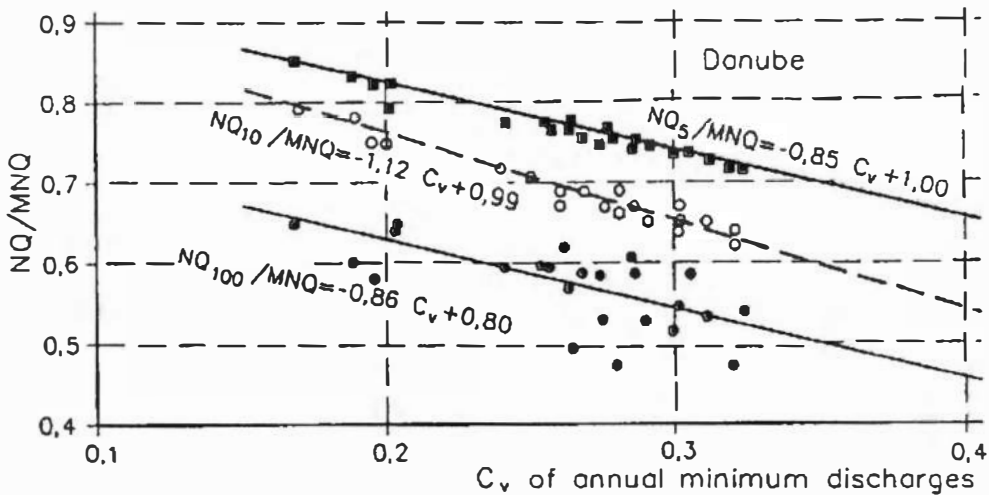


Fig.5: Relationship between the average value of the annual low discharges ($Q_{s,m}$), the low discharges of selected probabilities of exceedance ($Q_{s,p\%$) and the variation coefficient of the annual minimum discharges (C_v) at the gauging stations of the Danube (RZD 1986)

Table II. Average hydrological balance of the national partial areas in the Danube Catchment for the period 1941-70

Country's			Mean multiannual value of									
no. n	symbol	name	precipitation, P_j	evapotranspiration, E_j	runoff, R_j	balance error $d_j = \frac{P_j - (E_j + R_j)}{P_j} \cdot 100$	runoff coefficient $\alpha_j = \frac{R_j}{P_j}$	own surface water resources			outflowing (not returning) water resources $Q_{j,out}$	share of own w.r. in outflowing water resources $\gamma_j = \frac{Q_j}{Q_{j,out}} \cdot 100$
								$q_j = 10^{-6} R_j A_j D$	$Q_j = \frac{W_j}{0,031536}$	share in water resources of the Catchment $\gamma_j = \frac{Q_j}{Q_D} \cdot 100$		
			mm . a ⁻¹			%	-	km ³ .a ⁻¹	m ³ .s ⁻¹	%	m ³ .s ⁻¹	%
1.	D	Germany	962	528	415	+1,98	0,43	4,75	785	11,48	8,67	90,54
2.	I	Italy	1425	391	1139	-7,37	0,80	0,54	17	0,25	17	100,00
3.	CH	Switzerland	1136	358	768	+0,88	0,68	1,40	44	0,64	51	86,27
4.	A	Austria	1098	508	600	-0,91	0,55	48,44	1536	22,45	2392	62,21
5.	PL	Poland	959	525	372	+6,46	0,39	0,10	3	0,04	3	100,0
6.	CS	Czech Rep.	719	513	215	-1,25	0,30	15,70	498	7,28	1531	32,53
7.	H	Hungary	609	539	60	+1,64	0,10	5,58	176	2,57	3525	4,99
8.	AL	Albania	1875	494	1292	+4,75	0,69	0,13	4	0,06	4	100,00
9.	YU	Yugoslavia	928	606	351	-3,12	0,38	64,31	2039	29,81	5851	34,85
10.	BG	Bulgaria	661	487	152	+3,33	0,23	7,32	232	3,39	3149	7,37
11.	R	Romania	752	557	160	+4,65	0,21	37,16	1177	17,21	6765	17,40
12.	SU	Soviet Union	748	509	235	+0,53	0,31	10,40	330	4,82	3458	9,54
1-12	Danube Catchment		$P_D = 816$	$E_D = 547$	$R_D = 264$	$d_D = +0,60$	$\alpha_D = 0,32$	$W_D = 215,83$	$Q_D = 6841$	100,00		

It should be noted that originally 6 chapters were planned. Later on, three of them - dealing with water quality, sediment regime and ice conditions - were, for the time being, canceled with the idea that they should form follow-up volumes to the Monograph.

All the 8 cooperating Danube countries supplied information for all the 3 chapters. The three isoline maps (scale 1:2,000,000), displaying the regional distribution of the for the period 1931-70 calculated average values of the three main water balance components (precipitation, evapotranspiration, and runoff), were compiled and issued by the Water Resources Research Centre (VITUKI) Budapest, Hungary.

Due to various difficulties of organizatory character, the works on the Danube Monograph were rather protracted: they lasted, instead of the originally foreseen 3-4 years, altogether 12 years. Its final editing took place, under the leadership of *H. Schiller*, in Germany.

The German version of the Danube Monograph was published in 1986 in Munich, Germany (RZD 1986, Schiller 1986) and included three volumes: I. Text, II. Tables and III. Maps. The Russian version was issued in 1989 in Leningrad (RSPS 1989). Prompted by the UNESCO, also a quadrilingual (English, French, German, and Russian) so-called representative (abridged) version was compiled and published in 1988 in Bratislava, Czechoslovakia (Stančík-Jovanović 1988).

The volumes of the Monograph were disseminated among a wide circle of interested institutions of all Danube countries. Further copies can still be requested from the IHP National Committees of these countries.

From Chapter 3 of the Monograph, of synthetizing character (Water balance), prepared in Hungary, a condensed technical paper was also compiled and published not only in an international journal (Domokos-Sass 1990), but also in the national languages of all the 8 Danube countries of that time (Altmann 1999).

An interesting feature of this Chapter 3 of the Monograph is that it contains not only the multiannual water balances of the 47 subcatchments of the Danube Basin, but also those of the national partial areas of the 12 countries concerned in 1986 (8 Danube and 4 peripheric countries) (*Table II*, RZD 1986).

It is rather enlightening to compare the cooperation of the Danube hydrologists, resulting first in the publication of the Danube Monograph, with the two other most important international hydrological cooperations, i.e., with the activities of the 5 countries of the Rhine Catchment, yielding also a monograph (CIHBR 1977) and a series of its follow-up volumes (thus serving, in a way, as a pattern for the Danubian cooperation) and the hydrological cooperation of the - at its beginning - 13 countries of Northern and Western Europe, launched in 1985 and symbolized, subsequently, with the acronyms FRENED, FRIEND and NE-FRIEND, resulting each fourth year in a general conference and the publication of report(s) (FRENED 1989, FRIEND 1993, 1997).

Table III. Major regional hydrological cooperations in Europe

Name of cooperation	Areal extension (10 ⁶ km ²)	Number of countries	Phases	Results
Rhine Monograph	0.16	5	I: -1977	Rhine Monograph
			II: 1977-	Follow-up volumes
Danube Monograph	0.82	8	I: 1972(75)-1986	Danube Monograph
		13	II: 1987-1992	2 follow-up volumes
			III: 1993-1998	1 follow-up volume
		13	IV: 1999-	4 follow-up volumes
FREND/FRIEND/ /NE-FRIEND	≈ 2.5 (≈ 7.5)	13	I: 1985-1989	FREND report (3 volumes)
		17	II: 1990-1993	FRIEND report (3 volumes)
		≈ 22	III: 1994-1997	FRIEND report (1 volume)
		≈ 22	IV: 1998-2002	FRIEND report (1 volume)

A survey of these three cooperations is offered in *Table III*, while the basic features of the first FREND-report (FREND 1989) and of the Danube Monograph (RZD 1986) are compared in *Table IV*. A detailed, analytical comparison of the latter two works was also published (Domokos 1994). According to one of the basic statements of the latter analysis, the expert community compiling the Danube Monograph concentrated its activity - as contrasted with that of the authors of the FREND-report - indeed on problems that cannot be solved without international cooperation, while its methods are more transparent and its results meet more directly practical requirements (*Table IV*).

Table IV. Comparison of the FREND-report of 1989 and the Danube Monograph of 1986

		FREND	Danube Monograph
Data basis	Discharges of great catchments	-	50 stations (average length; 40 years)
	Discharges of small catchments (<500 km ²)	2100 stations (average length: 17 years)	-
	Catchment characteristics	+	-
	Climatic information	+	-
Empirical relationships	for ungauged small catchments	many (cluster principle)	-
	for major catchments	-	few (isoline maps, longitudinal profiles, Figs. 3., 4. 5., etc.)
Water balances		-	(e.g., <i>Table II</i>)
Experimental/representative basins		+	-

5. The „constituent” expert meeting of the Danubian cooperation

The representatives of the IHP National Committees of the Danube Countries had in April 1987 a meeting in Budapest, Hungary. The participants of this meeting declared that an institutional continuation of the cooperation is necessary, following the pattern of the hydrological cooperation of the Rhine countries, but it should be carried out completely under the aegis of IHP/UNESCO. At the meeting, also the *Principles* (constitution) of the cooperation were formulated and accepted.

The Principles declare, among others, the following:

- The goal of the cooperation is to jointly elaborate scientific themes of common interest, concerning the whole Danube Catchment (i.e., first of all: the topics provisionally left out from the Monograph) as well as to periodically update selected parts of the Monograph itself, to publish the results of these efforts - as it happened with the Rhine Monograph (CIBHR 1977) - in the form of follow-up volumes to the Danube Monograph of 1986. The works on each such theme should be coordinated and financed by one of the Danube countries or institutions, on a voluntary basis.
- In order to promote the realization of the goal of the cooperation, every year (at least) one expert meeting must be held, alternating in the various Danube countries.
- The Chief Coordinator of the cooperation should be, for a determined period, on a voluntary basis, one institution or one expert from a Danube country, recommended by the IHP National Committee of that country and elected/accepted by the other participants of the cooperation.
- The working languages of communication and publication are henceforward German and Russian (as in the past).

The *Principles*, as one of the annexes of the official report of the expert meeting of April 1987, Budapest, were signed by the representatives of the IHP National Committees of all the (at that time) 8 Danube countries. Nowadays, while there are already as many as 13 Danube countries (*Table I*), the Principles are practically still considered as basic guidelines of the regional cooperation, although there have been some - so far unsuccessful - attempts to their updating. It is mostly the introduction of English as the third (or the only) working language that is being suggested by some countries. Although no such - or any other - formal modification of the Principles has taken place so far, in the practice of the cooperation not only the introduction of English as the (third, and moreover the predominant) working language of communication has been adopted, but also some of the follow-up volumes of the Danube Monograph were published in English (RCDC 1999a,b, 2000), despite of the formally still effective rules of the Principles

6. Further phases of the cooperation after 1987

According to a proposal of the Soviet delegation during the „constituting” expert meeting of 1987, the order of succession of Chief Coordinators of the cooperation should possibly follow, in hydrographic order, the Danube itself from its springs to its Delta. This succession, although not fixed in a written form, has been observed until now. Accordingly, the Chief Coordinators have been:

- during the IInd phase of the cooperation (1987-92): the German IHP/OHP National Committee (*Prof. K. Hofius*)

- during its IIIrd phase: the Autrian IHP National Committee (*Prof. F. Nobilis* and *Dr O. Behr*)
- during its IVth phase (1999-2002): the Slovak IHP National Committee (*Dr P. Miklánek* and *Dr A. Stančík*).
- during its Vth phase (2003-2005): the Hungarian IHP/OHP National Committee (*M. Domokos*)

As prescribed in the Principles, the main topic both of the regular annual expert meetings and the short extraordinary meetings - attached to the biennial scientific Danube Conferences, organized, since 1961, independently from the regional hydrological cooperation - is a survey of the progress of the works foreseen in the labour plan of the cooperation and the promotion of publication of follow-up volumes to the Danube Monograph.

The regular annual expert meetings took place in the following towns (Hofius-Schröder 1997): 1987: Budapest, Hungary; 1989: Vienna, Austria; 1990: Kiyv, Soviet Union; 1991: Straubing, Germany; 1992: Kelheim, Germany; 1993: Tulcea, Romania; 1994: Malé Vozokany, Slovakia and Vienna, Austria; 1995: Eckartsau, Austria and Smolenice, Slovakia; 1996: Lednice, Czech Republik; 1997 (realized in January 1998): Vladaia, Bulgaria; 1998: Budapest, Hungary; 1999: Bratislava, Slovakia; 2000: Postojna, Slovenia; 2001: Deggendorf, Germany; 2002: Zagreb, Croatia; 2003: Sofia, Bulgaria.

The expert meetings are chaired by the representative of the IHP National Committee of the country serving as Chief Coordinator.

Table V. Follow-up volumes to the Danube Monograph (RZD 1986), published between 1987 and 2000, in chronological order

No.	The follow-up volume's				Coordinator(s) of project		Reference to literature	Reference to figure
	symbol	title	language(s) ¹⁾	year of publication	Country	Expert(s)		
1.	I	Sediment regime of the Danube	G, R	1993	H	L. Rákóczi	RZD 1993a Rákóczi 1993	6.
2.	II	Thermal and ice conditions of the Danube and its major tributaries	G, R	1993	CS	A. Stančíková	RZD 1993b	7.
3.	V. 1	The fords of the Danube	G, R	1996	H	L. Goda	RZD 1996 Goda 1995	8.
4.	V 2	Palacogeography of the Danube and its Catchment	E	1999	H	F. Neppel S. Somogyi M. Domokos	RCDC 1999a Neppel-Somogyi-Domokos 1999	9.
5.	V/3	Regulation of the riverbed of the Danube	G, R	1999	SK	A. Stančíková	RZD 1999	10.
6.	IV	Coincidence of the flood waves of the Danube and its tributaries	E	1999	YU	S. Prohaska	RCDC 1999b	11.
7.	VI 1	Coding the subcatchments of the Danube Catchment	E, R, G	1999	SLO	M. Brilly	RCDC 2000	-

¹⁾ E = English, G = German, R = Russian

The joint work of the period 1987-2000 resulted in the 7 follow-up volumes to the Danube Monograph of 1986, as listed in *Table V* (each of format 210x300 mm), from which selected typical illustrations are presented in *Figs. 6 to 11*. The seven follow-up volumes were duly disseminated among the Danube countries. Three of the seven volumes were compiled under Hungarian coordination; their abridged versions were also published so far in Hungarian (Rákóczi 1993, Goda sr. 1995, Neppel-Somogyi-Domokos 1999) and German scientific journals (Domokos-Neppel-Somogyi 2000) and will be published also in other national languages in order to make their contents accessible to a wider circle of interested experts.

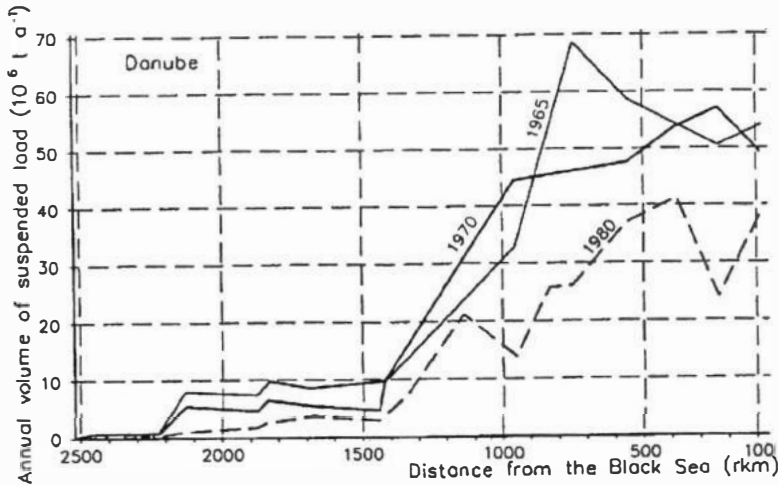


Fig.6: Distribution of the annual volumes of suspended load along the Danube in three particularly watery years (RZD 1993a)

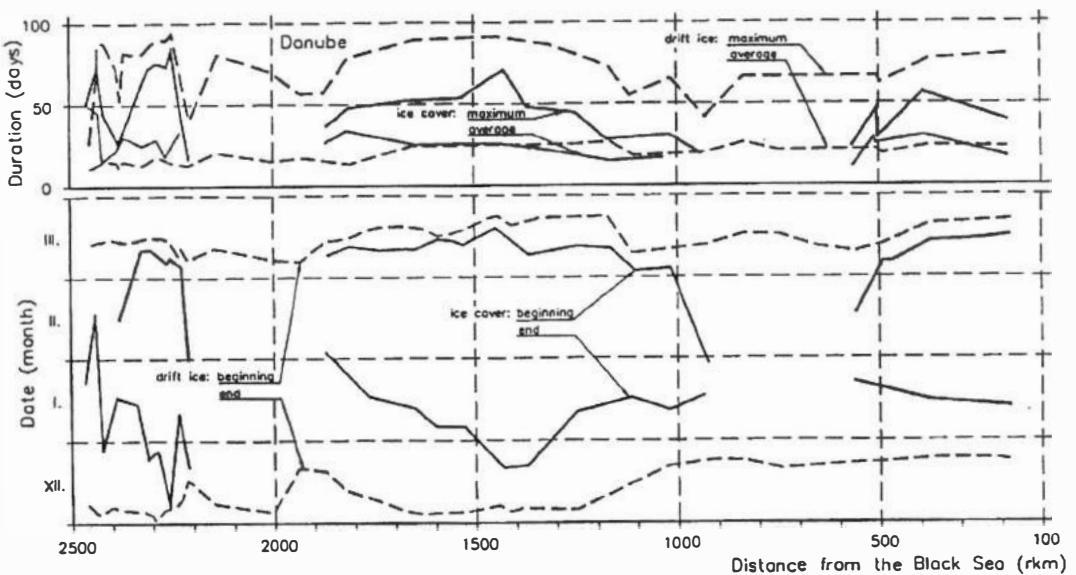


Fig.7: Characteristics of the ice regime of the Danube during the period 1955-1985 (RZD 1999b)

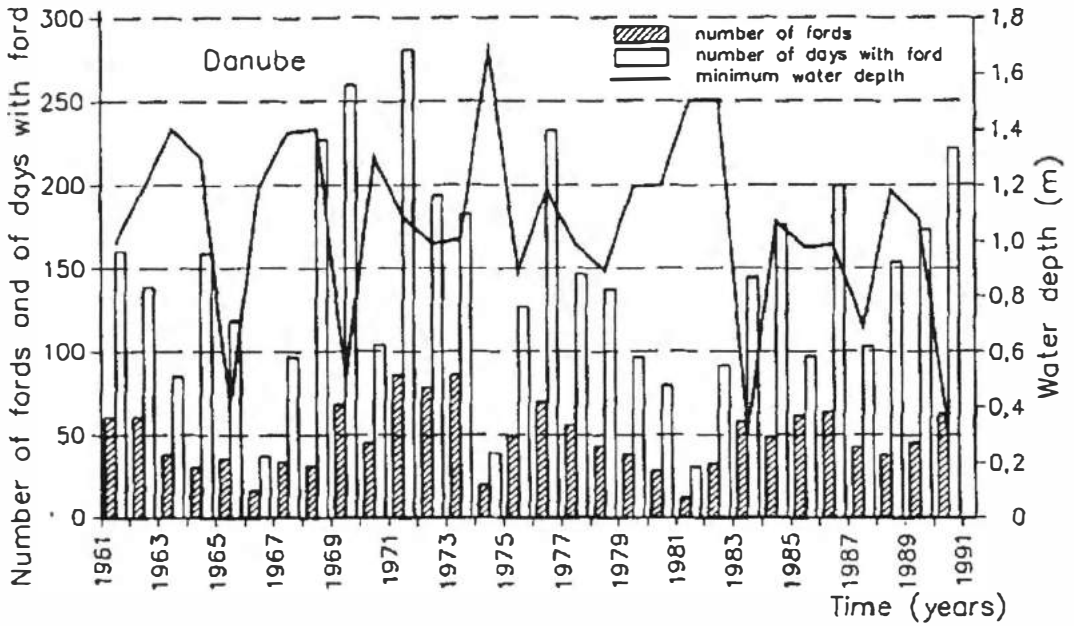


Fig.8: Characteristics of the fords of the Danube reach between Regensburg and Sulina, during the period 1961-1990 (RZD 1996)

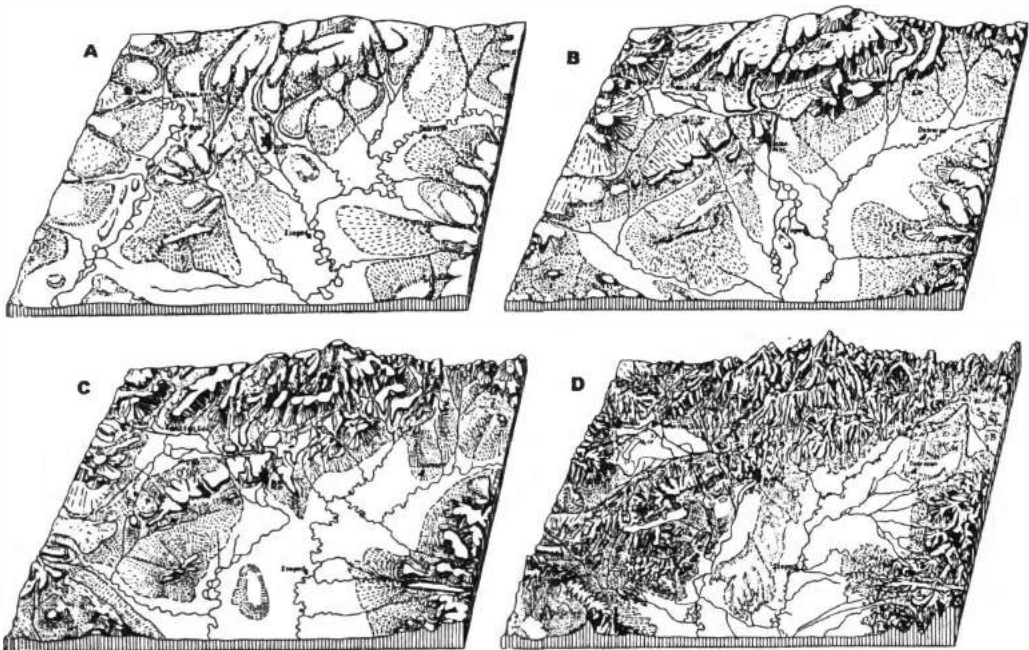


Fig.9: Reconstruction of the (A) Eopleistocene, (B) Pleistocene, (C) Neopleistocene and (D) Holocene orography and hydrography of the Carpathian Basin (RCDC 1999a, after Mike 1991)

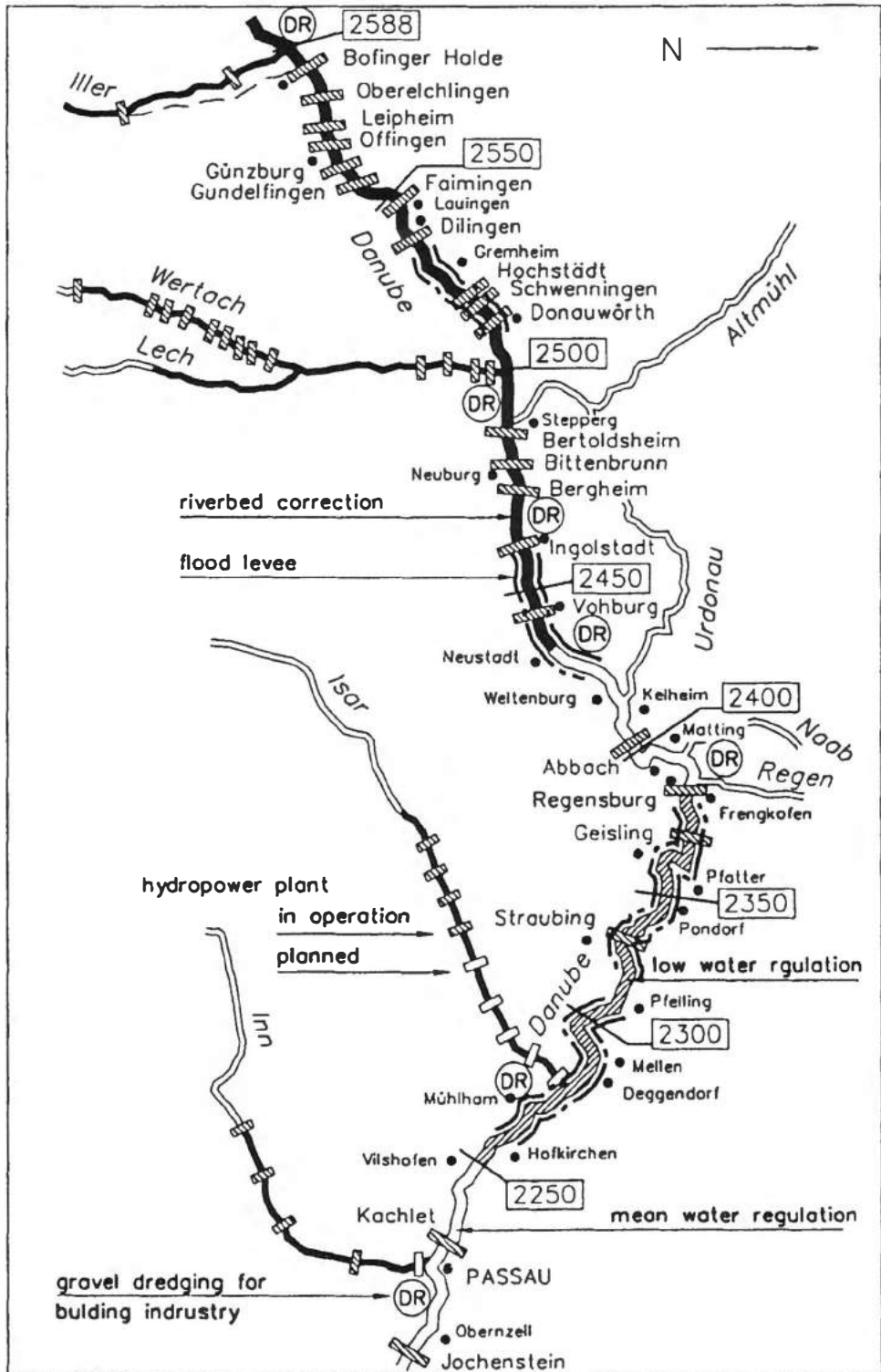


Fig. 10: Works of river training and flood control on the Bavarian Danube reach in 1995 (RZD 1999)

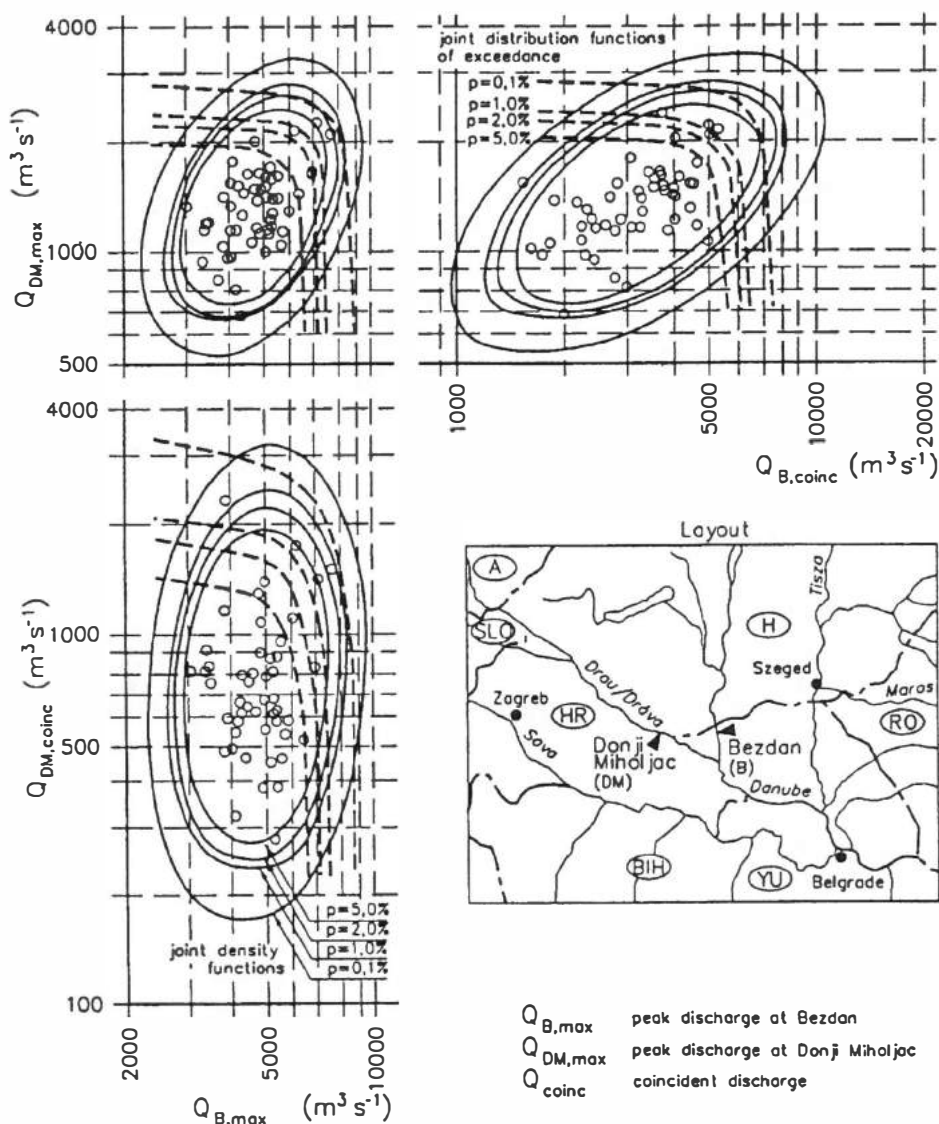


Fig.11: Characterization of the coincidence of flood discharges observed at the gauging stations Bezdan/Danube and Donji Miholjac/Drava with joint density and distribution functions (RCDC 1999b)

7. The future of the hydrological cooperation of the Danube countries

The ongoing projects of the cooperation, in 2002 still in progress, are listed in *Table VI*. The list includes one project, No.3, commenced as early as during the 2nd phase of the cooperation, which could not be finished as yet, due to unforeseen difficulties. Three subprojects, No. 5.1, 5.2, and 5.3, are aiming to update respective chapters of the Danube Monograph of 1986. Subproject No. 6.4 would be the last element of a series of works dealing with the riverbed conditions of the Danube (see the follow-up volumes V/1, V/2, and V/3 in *Table V*); it is planned that after finishing subproject 6.4, a volume

synthetizing the contents of the for subprojects will also be issued. Project No. 7, *Regionalization of annual maximum discharges in the Danube Catchment*, is practically finished, there are already papers reporting on its results (Domokos-Stănescu-Ungureanu 1999, Fig.12) and also the corresponding follow-up volume will be issued soon. The result of Project No. 8.1, *Hydrological bibliography of the Danube Catchment*, will be available from the Internet.

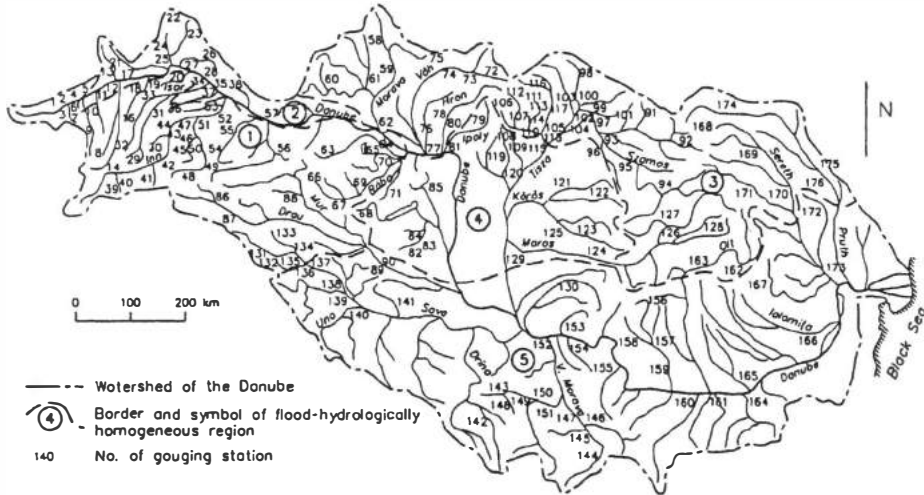


Fig. 12a: The flood-hydrologically homogeneous regions of the Danube Catchment (Domokos-Stănescu-Ungureanu 1999)

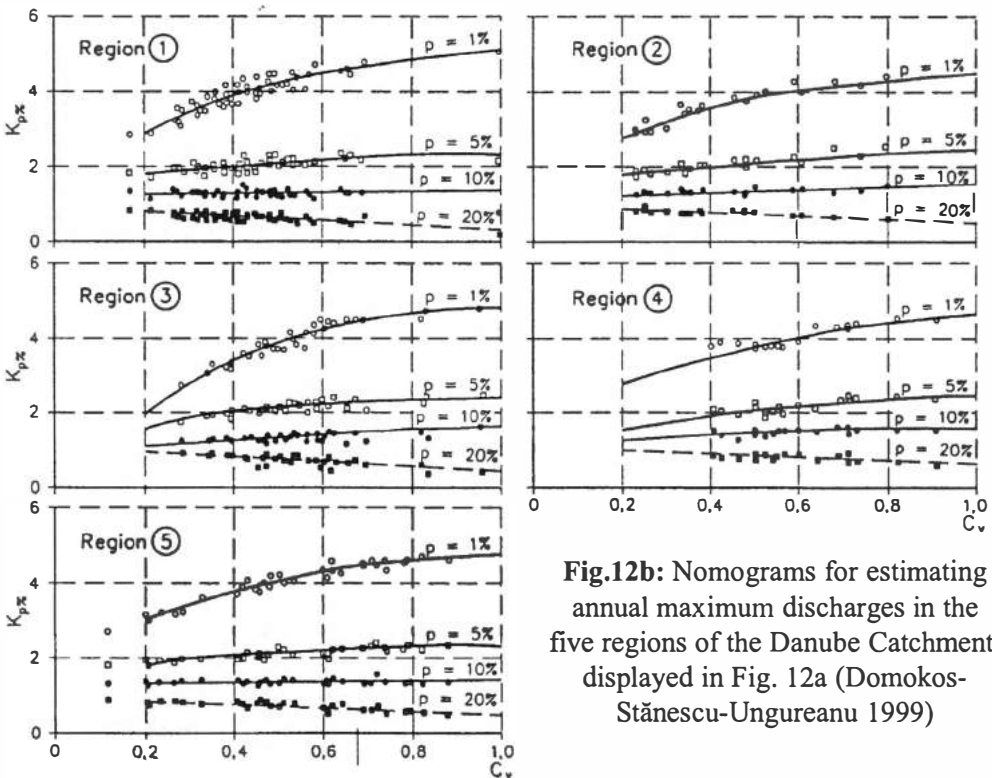


Fig.12b: Nomograms for estimating annual maximum discharges in the five regions of the Danube Catchment, displayed in Fig. 12a (Domokos-Stănescu-Ungureanu 1999)

The practically spontaneous hydrological cooperation of the Danube countries, today with a history over three decades, first of all based on the generosity of these countries and the erudition of their experts, has brought (*Table V*) and is to bring soon (*Table VI*) important results that could not have been obtained without this cooperation: notably the Danube Monograph and its follow-up volumes. These works provide - in accordance with the *Principles* of the cooperation, signed in 1987 in Budapest - an indispensable, mutually agreed and accepted information basis for *integrated* water resources management, water damage prevention and environment protection measures, increasingly urgent in the Danube Catchment.

Table VI. Further follow-up volumes to the Danube Monograph (RZD 1986), to be published after 2001

No. of (sub) project	The follow-up volume's			Coordinator(s) of project		Reference to literature	Reference to figures
	title	language(s) ¹⁾	expected year of publication	Country	Expert(s)		
3.	Long-range fluctuations of precipitation in the Danube Catchment	?	?	A	O. Behr F. Seebacher	<i>Behr</i> 1995	-
5.1.	Inventory of the major hydrotechnical facilities in the Danube Catchment	?	2002(?)	RO	I. Pașoi	<i>Pașoi</i> 1999 <i>Weber</i> 1998	-
5.2.	Updating the analysis of runoff regime	G, R, E	2002	D (+H)	J.-U. Belz (L. Goda jr.)	<i>Belz</i> 2000	-
5.3.	Updating the water balance	?	2003(?)	(A) SK	(O. Behr) P. Petrovič	<i>Petrovič</i> 1998	-
6.4.	Geometrical parameters of the riverbed of the Danube	?	?	SK	K. Holubová	-	-
7.	Regionalization of maximum annual flood discharges in the Danube Catchment	E	2002	RO (+H)	V.-Al. Stănescu V. Ungureanu (M. Domokos)	<i>Domokos-Stănescu-Ungureanu</i> 1999	12a, 12b
8.1.	Hydrological bibliography of the Danube Catchment	G, R	2002 (on Internet)	D	-	-	-

¹⁾ E = English, G = German, R = Russian

As described, at the beginning the cooperation had to cope with certain political-diplomatic difficulties. Nowadays, there are other kinds of difficulties, mostly arising from

- limited professional experience in some „new” Danube countries, created by further subdivision of the „old” countries as well as
- (hopefully only provisional) uncertainties of the financial background of the cooperation in the countries in political/economical transition, finally
- the increasing average age of the international staff of the cooperation, the lack of a sufficient number of younger experts prepared to join the community.

It is hoped, however, that the governments of the Danube countries - which seems to be one of the most effective activities of this kind in the Catchment (Pfündl 1994) - recognizing the importance and necessity of further results, will do their best to revitalize the hydrological cooperation of the Danube Countries for the common benefit of their inhabitants (Liška 2001).

References

- Altmann, K. (1999): Die Verbreitung der hydrologischen Bilanz des Donaeinzugsgebietes in sieben und mehr Sprachen. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 43, H.2
- Behr, O. (1995): Langfristiges Verhalten des Niederschlags im Donaeinzugsgebiet. Stand der Abschlubarbeiten. *Manuskript*. IX. Expertensitzung der hydrologischen Zusammenarbeit der Donauländer, Smolenice, Slowakei. Oktober
- Belz, J.-U. (2000): Aktualisierung der hydrologischen Monographie des Donaeinzugsgebietes. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 44, H.3
- CIHBR (*Comm. Int. Hydrol. Bassin di Rhin*) (1977): Le Bassin du Rhin (Das Rheingebiet). Monographie Hydrologique
- Domokos, M. - Sass, J. (1990): Long-term water balances for subcatchments and partial national areas in the Danube Basin. *Journal of Hydrology* 112
- Domokos, M. (1990): Bestrebungen für eine koordinierte Nutzung der Wasservorräte und deren Schutz im Donauraum. In: *Schriftenreihe des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes, Heft 82: Internationale Wasserwirtschaft*. Wien
- Domokos, M. (1994): The Danube Monograph and FRENDO: comparison of two approaches. *IAHS Publ. No.221*
- Domokos, M. - Stănescu, V.-Al. - Ungureanu, V. (1999): Analyse der jährlichen Hochwasser im Donaauraum als Beitrag zum Hochwasserschutz und der Regionalisierung hydrologischer Daten. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 43, H.5
- Domokos, M. - Neppel, F. - Somogyi, S. (2000): Paläogeographische Geschichte der Donau und ihres Einzugsgebietes. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 44, H.4
- Domokos, M. – Neppel, F. (2002): Paleogeografska poviest sliva Dunava. *Hrvat. Vode*, 10 (2002) 40
- FRENDO (*Flow Regimes from Experimental and Network Data*) (1989): Report. Vol.I.: Hydrological Studies, Vol. II: Hydrological Data. Institute of Hydrology, Wallingford, UK
- FRIEND (*Flow Regimes from International Experimental and Network Data*) (1993): Report. Vol.I.: Hydrological Studies, Vol.II.: Hydrological Data, Vol. III.: Inventory of streamflow generation studies. Institute of Hydrology, Wallingford, UK
- FRIEND (*Flow Regimes from International Experimentššal and Network Data*) (1997): Third Report: 1994-1997. Cemagref Éditions, Antony, France
- Goda, L.sr. (1995): A Duna gázlói Pozsony és Mohács között [The fords of the Danube between Bratislava and Mohács] *Vízügyi Közlemények* 1
- Hofius, K. - Schröder, U. (1997): Die regional Zusammenarbeit der Donauländer im Rahmen des IHP der UNESCO. *Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen*, H.5
- Kardos, M. (1975): A Duna-medence magyar részének vízmérlege [Water balance of the Hungarian part of the Danube Catchment] In: *Beszámoló a VITUKI 1972. évi munkájáról*. Budapest, 1975
- Kresser, W. - Lászlóffy, W. (1964): Hydrologie du Danube. *La Houille Blanche*, 2
- Lászlóffy, W. (1965): Hydrographie der Donau. In: R. Liepolt: *Limnologie der Donau*. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, Lfg.1
- Liška, I. (2001): Co-operation under ICPDR to address the hydrological issues. *Manuscript, XVth Working meeting of representatives and experts of the regional cooperation of the Danube Countries*. Deggendorf, Germany, May
- Mike, K. (1970): Magyarország ösvízrajza és felszíni vizeinek története [Palaeohydrography and the history of surface waters in Hungary] *AQUA Kiadó*, Budapest.

- Paşoi, I.* (1999): Inventory of the main hydrotechnical structures in the Danube Basin. *Manuscript*, Bratislava, May
- Petrovič, P.* (1998): Update of the balance of the Danube Basin. 3rd draft, *Manuscript*, Sofia.
- Pfündl, D.* (1994): Internationale Zusammenarbeit im Donaauraum auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft. In: *XII Konferenz der Donauländer*, Sammelband, Band I. Budapest, September
- Rákóczi, L.* (1993): A Duna hordalékjárása [Sediment regime of the Danube] *Vízügyi Közlemények*, 2
- RCDC (Regional Cooperation of the Danube Countries)* (1999 a): Palaeogeography of the Danube and its Catchment. (Follow-up volume No.V/2 to the Danube Monograph). *VITUKI*, Budapest.
- RCDC (Regional Cooperation of the Danube Countries)* (1999 b): Coincidence of flood flow of the Danube River and its tributaries. (Follow-up volume No.IV to the Danube Monograph). *VÚVH*, Bratislava.
- RCDC (Regional Cooperation of the Danube Countries)* (2000): Danube River Basin Coding. (Follow-up volume No.VI/1 to the Danube Monograph). Ljubljana.
- RSPS (Regionalno Sotrudnichestvo Pridunayskih Stran)* (1989): Dunay I ego basseyn. *Gidrologicheskaya monografiya*. Chast I: tekst. [Danube Monograph, Russian version]. *Gidrometeoizdat*, Leningrad
- RZD (Regionale Zusammenarbeit der Donauländer)* (1986): Die Donau und ihr Einzugsgebiet. Eine hydrologische Monographie. Teil 1: Texte, Teil 2: Tabellen, Teil 3: Karten [Danube Monograph, German version] *Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft*, München
- RZD (Regionale Zusammenarbeit der Donauländer)* (1993a): Schwebstoff- und Geschieberegime der Donau [Follow-up volume No. I to the Danube Monograph] *VITUKI*, Budapest
- RZD (Regionale Zusammenarbeit der Donauländer)* (1993b): Temperatur- und Eisregime der Donau und ihrer wichtigeren Zubringer [Follow-up volume No. II to the Danube Monograph] *VÚVH*, Bratislava
- RZD (Regionale Zusammenarbeit der Donauländer)* (1996): Die Furten der Donau [Follow-up volume No. V/2 to the Danube Monograph] *VITUKI*, Budapest
- RZD (Regionale Zusammenarbeit der Donauländer)* (1999): Regulierung des Donaubettes. Eine Darstellung der flußbaulichen und hochwasserschutztechnischen Maßnahmen an der Donau [Follow-up volume No. V/3 to the Danube Monograph] *VÚVH*, Bratislava
- Schiller, H.* (1989): Die Donau und ihr Einzugsgebiet. Zur Herausgabe iener hydrologischen Monographie. *Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen* 33, H.2
- Stančík, A. - Jovanović, S. et al.* (1988): Hydrology of the River Danube. [Quadrilingual, abridged version of the Danube Monograph] *Príroda*, Bratislava
- Weber, J.* (1998): Kataster der wichtigsten wasserbaulichen Anlagen im Donaueinzugsgebiet. Stellungnahme zu Zwischenbericht des rumänischen Koordinators. *Manuskript, München*

Autor

by Miklós Domokos

Water Resources Research Centre (VITUKI), H-1453 Budapest, Pf. 27, Hungary



The Implementation of the Water Framework Directive in Romania

Petru Serban, Graziella Julia

SUMMARY: The paper presents the implications of the implementation process of the Water Framework Directive in Romania, from organizational, scientific and technical point of view.

From organizational point of view the set-up structures and their tasks are described. From scientific point of view a special attention is paid to the defining of stream typology based on system B, which has determined a preliminary identification of 21 permanent and temporary stream types. From technical point of view the development of the monitoring activity which requires significant financial resources, represents an important step in the implementation process of the Water Framework Directive.

KEYWORDS: Implementation of the Water Framework Directive, Interministerial Council of Waters, stream typology, integrated water monitoring system.

Provedba Okvirne direktive o vodama u Rumunjskoj

SAŽETAK: U radu se daje prikaz implikacija provedbe procesa iz Okvirne direktive o vodama s organizacijskog, znanstvenog i tehničkog stajališta.

Vezano uz organizacijske aspekte, opisuju se uspostavljene strukture i njihovi zadaci. Kod znanstvenog aspekta posebna se pažnja posvećuje definiranju tipologije vodotoka temeljem sustava B, kojim se utvrđuje preliminarna identifikacija 21 tipa stalnih i povremenih vodotoka. Tehnički se aspekt odnosi na razvoj aktivnosti praćenja koja zahtijeva značajna financijska sredstva i predstavlja važan korak u provedbi Okvirne direktive o vodama.

KLJUČNE RIJEČI: provedba Okvirne direktive o vodama, Međuministarsko vijeće o vodama, tipologija vodotoka, cjeloviti sustav praćenja stanja voda

Introduction:

22nd December 2000 will remain a milestone in the history of European water policies, the new framework of action in the field of European water management coming into force under the name of the Water Framework Directive (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).

This Directive is the result of a process of more than five years of discussions, debates and negotiations between a wide range of experts, stakeholders and policy makers, based on the key principles of modern and ecologically-oriented water management and which represent today the foundation of the Water Framework Directive.

The Water Framework Directive is binding for all 15 Members States of the European Union as well as part of the *Aquis communautaire* for negotiation on EU enlargement

for the Candidate countries and has as main objective the achieving of “good status” to all waters within a 15-year timeframe.

The implementation of WFD has a **distinctly spatial dimension – the river basin**, covering all the types of impact on waters, addressing to all waters (surface and ground water) in a holistic way and bringing some revolutionary elements among which the following are mentioned:

- the setting of the European - scale common objective of good status;
- the characterisation of water status into 5 classes based on biological elements, considered as “leading elements”;
- the defining of lower environmental objectives for heavily modified and artificial water bodies;
- the combined approach of emission controls and water quality standards, stressing the phasing out of priority hazardous substances;
- the including of the economic analysis in water management in order to estimate the most cost-effective combination of measures for water uses;
- the coordination of measures for drinking water, urban waste water, bathing water, fish fauna freshwater, shellfish water, etc;
- the public participation in the development of river basin management plans encouraging active involvement of interested parties.

Having in view the complex challenges and difficulties raised by the implementation process of the Water Framework Directive, a common implementation strategy and collaboration among the European countries involved in this process is proved to be of a crucial importance.

2. The implications of the implementation of Water Framework Directive in Romania

In Romania the development of water management has covered three important stages:

- Stage I: —→ till 1974: Quantitative management of water – the quantitative control of water;
- Stage II: 1974-2000: Quantitative and qualitative management of water – the quantitative and qualitative control of water;
- Stage III: 2000 —→ The sustainable management of water: the quantitative, qualitative control of water and healthy ecosystems;

The Water Framework Directive represents a new stage in the field of water management, being the first EU sustainable-development water Directive and having as overall objective the achieving of “good status”.

The tool for achieving the “good status” and on a long-term basis, respectively sustainable water management of the European water bodies, is represented by the River Basin Management Plan which establishes the water resources planning on the river basin level, the environmental objectives and measures for compliance with environmental objectives within a 6-year timeframe. According to the Water Framework Directive each country has the obligation to elaborate a national River Basin Management Plan.

For the countries which are assigned to the international river basin districts, a single, basin-wide and co-ordinated river basin management plan has to be developed, case which is also valid for Romania which is part of the Danube river basin district. The development of the Management Plan of the Danube river basin district is co-ordinated by the International Commission of the Danube River Protection.

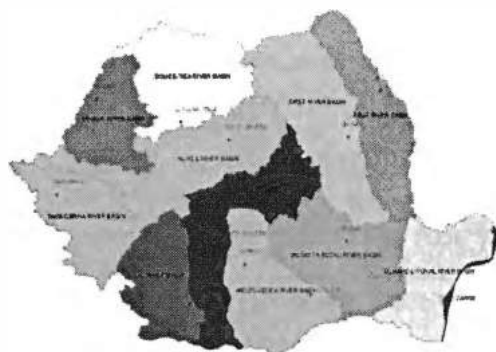


Figure 1. The implementation of the Water Framework Directive on river basins

To this point, the International Commission of the Danube River Protection has established the River Basin Management Expert Group, made up of the representatives of the Danubian countries which has as main task the development of the Management Plan of the Danube river basin district. This plan will comprise two parts:

- part A –Roof report which includes basin-wide importance activities;
 - part B – National Reports including the relevant national water management issues.
- In the case of Romania, the Water Management Plan on national level will represent a synthesis of the eleven Water Management Plans carried out at river basin level, including also the river basins from Dobrogea which flow into the Black Sea and also the coastal waters (figure 1).

The implications of the implementation of the WFD Romania are to be found in the legislative, organizational, scientific and technical fields.

From legislative point of view, the amendments of the existing Water Law 107/1996 and other environmental decisions and standards towards their harmonisation with the provisions of WFD and other European Directives are necessary.

In the field of water quality 18 EU Directives have to be harmonised and transposed into the Romanian legislation, out of which the Water Framework Directive is the most comprehensive and most complex European directive involving a wide range of “actors”. These Directives have been transposed into Romanian legislation through the following Governmental Decisions (GD) and laws (table 1):

Table 1 - The European Water Directives Transposed Into Romanian Legislation

Directives	Transposition into Romanian legislation	Transition period of time	Deadline of implementation
The Directive 75/440/EEC on Surface Water for Drinking Water Abstraction – GD 100/2002 (*)	GD 100/2002	0	1.01.2007
The Bathing Water Directive 76/160/EEC	GD 459/2002	0	1.01.2007
The Dangerous Substances Directive 76/464/EEC (plus 7 daughter directives)(**)	GD 118/2002	8	1.01.2015
The Groundwater Directive 80/68/EEC (*)	GD 118/2002	0	1.01.2007
The Freshwater Fish Directive 78/659/EEC (*)	GD 202/2002	0	1.01.2007
The Shellfish Water Directive 79/923/EEC (*)	GD 201/2002	0	1.01.2007
The Directive on the Measurement of Surface (Drinking) Water 79.869/EEC (*)	GD 100/2002	0	1.01.2007
The Nitrates Directive 91/676/EEC	GD 964/2000	7	1.01.2014
The Urban Waste Water Treatment Directive 91/271/EEC	GD 188/2002	15	1.01.2022
The Drinking Water Directive 98/83/EEC	Law 458/2002	15	1.01.2022
The Water Framework Directive 2000/60/EC	Harmonisation through The Law 107/1996	0	1.01.2015

* The provisions of these directives are included in the Water Framework Directive.

** The provisions of these directives are included in the Water Framework Directive, except Art. 6

From organizational point of view, the implementation of the Water Framework Directive and of other Water Directives requires the establishing of new structures at various levels which are dealing with the putting in practice of the provisions of these directives.

With this end in view, the Interministerial Council of Waters has been set up at the level of the Ministry of Waters and Environmental Protection. It is made up of representatives of ministries, competent central authorities and of representatives of the National Administration “Apele Romane” (figure 2). The Council has a President who is also the head of the Romanian delegation to ICPDR. The tasks of the Interministerial Council of Waters on the implementation of the EU WFD are as follows:

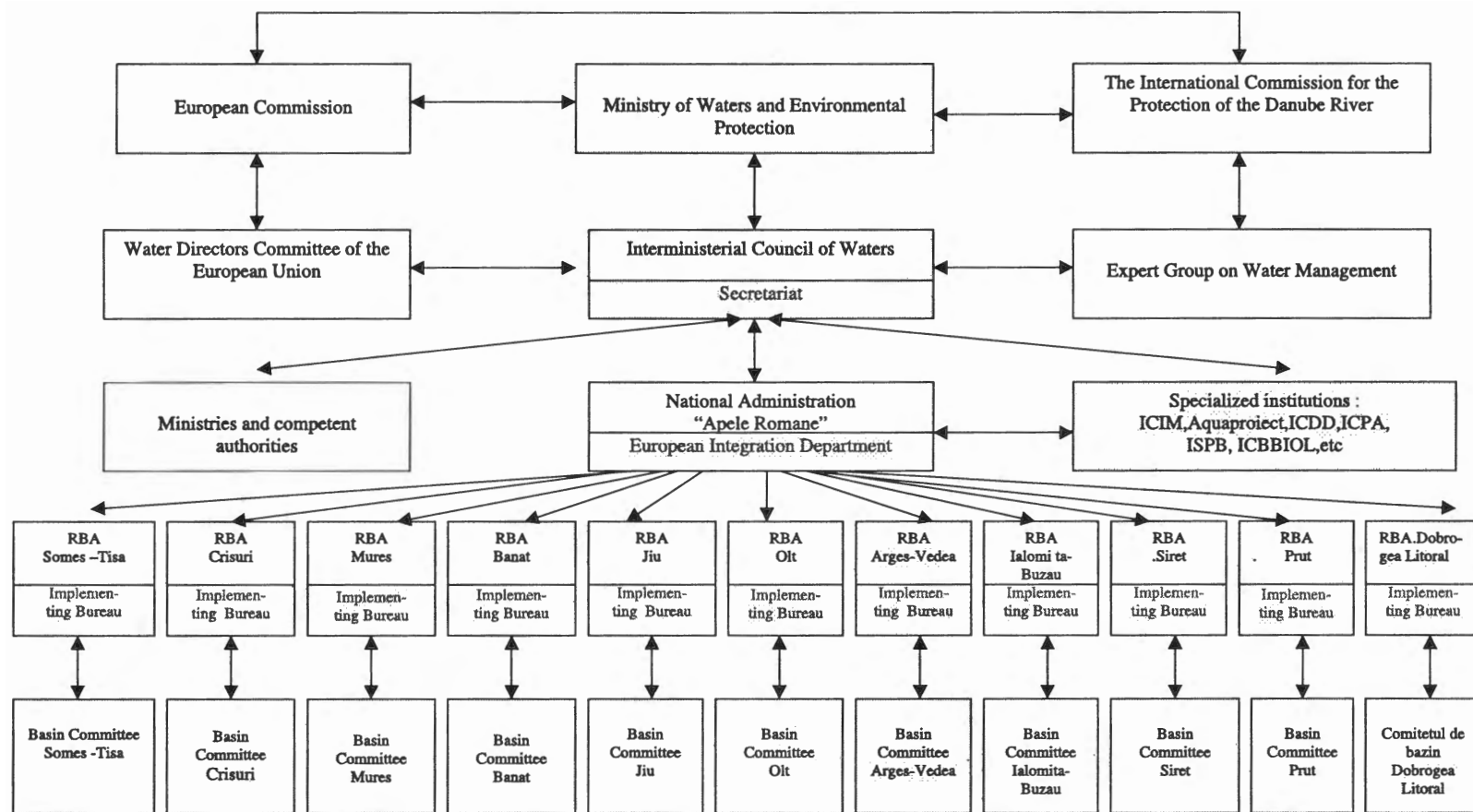
- to draw up the Action Plan on the implementation of the EU WFD and following its fulfilment;
- to ensure the co-operation between the involved units in the process of the implementation of the EU WFD and facilitating the exchange of information;
- to maintain the connection with the Water Directors Committee of the European Commission and with the River Basin Management Expert Group of the ICPDR on the unitary implementation of the WFD at the European level and on the co-ordination of the implementation of WFD at the Danube Basin level;
- to report to the ICPDR and to European Commission the way of implementation of the EU WFD in Romania;
- to co-ordinate the activities and the measures of the Water Management Plan on River Basin for the transboundary river basins, which fall under the incidence of the provisions of the bilateral agreements between Romania and the neighbouring countries;
- to agree on the Water Management Plan for Romania;
- to submit the Water Management Plan of Romania for approval of the Ministry of Waters and Environmental Protection and of the Government of Romania;
- to ensure the unitary implementation of the provisions of the Water Management Plan in Romania, through the representatives of ministries and of the central competent authorities.

The specialised institutions in the field of water will have contributions to the drawing-up of some chapters of the River Basins Management Plans.

In the art. 3 (2) of WFD it is stated that : “ *Member states shall ensure the appropriate administrative arrangements, including the identification of the appropriate competent authority, for the application of the rules of this Directive within each river basin district lying within their territory* “ .

In accordance with this provision, by the Minister Order 913/15.10.2001 and the Emergency Ordinance 107/2002, the National Administration “Apele Romane” and its River Basins Authorities have been identified as the competent authority for the implementation of Water Framework Directive. The National Administration “Apele Romane” and its River Basins Authorities have as tasks the following:

- to draw up the River Basins Management Plans and the Water Management Plan of Romania;
- to submit the River Basin Water Management Plans to be agreed upon by the Basin Committees;
- to implement the provisions of other European Water Directives;



Organizational structure for the implementation of the Water Framework Directive in Romania

- to transmit reports on the implementation of the EU Water Framework Directive to the Interministerial Council of Waters;
- to develop the integrated water monitoring system in accordance with the provisions of the EU Water Framework Directive.

In order to accomplish these tasks, interdisciplinary implementation teams at the level of National Administration “Apele Romane” and River Basin Authorities have been set-up, made up of 5-6 experts with various scientific backgrounds, good English and GIS software skills.

From scientific point of view the specialised institutions from the field of water management must modify their activity plan in order to perform research which is necessary for the implementation of WFD, a special attention being given to the adapting the guidelines and methodologies elaborated at European level to the specific conditions of Romania.

Several methodological guidelines necessary for the Water Framework Directive implementation have been elaborated by the National Administration “Apele Romane” as well, respectively:

- The methodological guidelines for defining the abiotic typology of streams;
- The methodological guidelines for the delineation of surface water bodies-rivers and lakes;
- The methodological guidelines for the preliminary identification of artificial and heavily modified water bodies- rivers and lakes;
- The methodological guidelines for the development of the integrated water monitoring national system;
- The methodological guidelines for the identification of the pollution point and diffuse sources and for the assessment of their impact on surface water.

From technical point of view, the development of the monitoring activity in accordance with the requirements of WFD requires significant financial resources of about 3,700,000 EURO. At the same time the skilled and adequately-trained human resources represent an important issue.

3. The defining of stream typology in Romania

The defining of stream typology is a crucial issue in the implementation of WFD, representing a key element for:

- the designing of the spatial structure of integrated monitoring system, through the establishing of type specific reference conditions;
- the characterisation and assessment of surface water status;
- the estimation of the ecological potential of aquatic ecosystems from various regions;
- the establishing of the priorities of the rehabilitation process of watercourses.

At the present, the approaches of stream typology at European level are very diverse and show that the choice of a typology is still an open issue for most EU Member States, Danubian countries as well as for Candidate Countries. The selection of stream typology approaches depends on the purpose of the typology.

The typological approach in Romania has as basis a new and interdisciplinary approach, using data from aquatic ecology, geology, geography and hydrology.

The purpose of stream typology in Romania is represented by both defining abiotic stream types and the reliable determining of reference biological communities. The

stream typology is to be defined by the accomplishment of the following steps /3/ :

- the “top-down” typological approach /abiotic typology/ cause-effect approach ;
- the “bottom-up”/biotic typology/effects-cause relationship directed by ecological analysis;
- the superposition of these two approaches, in order to obtain a final defining of the types.

Out of the two approaches on top-down typology provided by the Annex II of the Water Framework Directive, in Romania the system B has been selected similarly to most European countries. The choice of the system B has been determined by the fact that for a country with high varied relief like Romania, a system with provides a higher flexibility and a more detailed description of the water body types is more suitable.

The parameters indicated by the system B used for the streams abiotic characterisation are represented by 4 obligatory parameters and 6 optional parameters, as follows:

I. Obligatory parameters which lead to the first differentiation, respectively:

- ecoregions (according to Illies, 1978) -The Carpathians (10), The Hungarian lowlands (11), The Pontic province (12), The Eastern plains (16);
- size classes (based on catchment area): small: 10-100 km², medium: >100-1000 km², large: >1000-10000 km², very large: >10000 km²
- geology of the catchment: calcareous, siliceous, organic
- altitude classes: high >800 m (mountains), middle: 500-800 m (pied-mont or high plateau area), low: 200-500 m (hilly or plateau area), very low: < 200 m (plain area);

II. Optional parameters which lead to a higher differentiation:

- litological river bed structure, considering the following constituents – blocks (D> 200 mm), boulders (D = 70-200 mm), gravel (D=2-70 mm), sand (D = 0.05-2 mm), silt (D= 0.05-0.005 mm), clay (D<0.005 mm);
- multiannual mean specific flow (q): high: >30 l/s/km², average: 3-30 l/s/km² minimum: < 3 l/s/km²;
- specific yearly minimum monthly flow with 95% probability (q_{95%}): high (>2 l/s.km²), average (0.3-2 l/s/km²), minimum (<1 l/s.km²);
- river slope: high >40 ‰, average 10-40 ‰, low <10 ‰;
- annual mean precipitation: abundant > 800 mm, average 500-800 mm, reduced < 500 mm;
- annual mean temperature: high >8°C, average 0-8°C, low < 0°C

It is to be mentioned that the specific yearly minimum monthly mean flow with 95% probability is used in order to define the temporary water body types, the stream with q_{95%}=0 belonging to these types .

The defining of river typology in Romania has as basis the results obtained in the Mures river basin, which is a representative river basin of Romania, having a high varied relief and being in terms of surface (28310 km²), the second largest river basin of Romania. To these types, several other national- level relevant types have been added.

The analysis of relevant data for stream typology has led to the identification of 21 abiotic types and 23 sub-types subject to specific conditions /3/. These abiotic types has been correlated with the fish zoning defined by Banarescu (1964) as follows:

- zone of *Salmo trutta fario* (trout);
- zone of *Thymallus thymallus* (grayling);
- zone of *Chondrostoma nasus* (shout);
- zone of *Barbus barbus* (barbel);
- zone of *Cyprinus carpio* (carp).

The abiotic typology will be verified with the biotic typology which allows the determining of biotic communities from natural or near-natural sites belonging to the biological quality elements required by the WFD based on the multimetrics approach. Having in view the available data and information and the experience on river basin management, the most decisive factor in the defining of biotic typology will be probably represented by the macroinvertebrates communities.

5. THE RE-DESIGNING OF THE NATIONAL WATER MONITORING SYSTEM IN ACCORDANCE WITH THE PROVISIONS OF THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE

The fulfilment of the obligations of Romania as European Union joining country requires the development of the integrated water monitoring system according to the provisions of the Water Framework Directive and other European Water Directives.

The water monitoring strategy provided by WFD is laid on a new concept of integrated water monitoring, being based on the principles of ecosystem approach, biological approach and classification dependent on the deviation from the type-specific reference conditions. It has a significant shift towards a dominant ecological perspective, involving a triple integration :

- of the investigation areas on river basin level : surface water in natural regime (rivers, lakes, transitional water, coastal water), heavily modified and artificial water bodies , protected areas and effluents;
- of investigation media : water, sediments to which biological components (biota) are integrated;
- of monitoring parameters: biological, hydromorphological and physical-chemical ones from qualitative and quantitative point of view.

The existing monitoring programme in Romania towards their harmonisation with the provisions of WFD has to be developed as follows /4/ :

- defining of surveillance, operational and investigative monitoring types;
- completion of the monitoring areas with :
 - protected areas (Annex IV of the Water Framework Directive)
 - artificially and heavily modified water bodies ;
- completion of investigation media with that of sediments;
- completion of monitoring elements with :
 - from biological point of view –macrophytes, phytobenthos, fish fauna;
 - from chemical point of view - priority and priority hazardous substances;
 - from hydro-morphological point of view – interactions of surface water with groundwater, longitudinal profile, granulometry of river bed, of shore and limitrophic area.

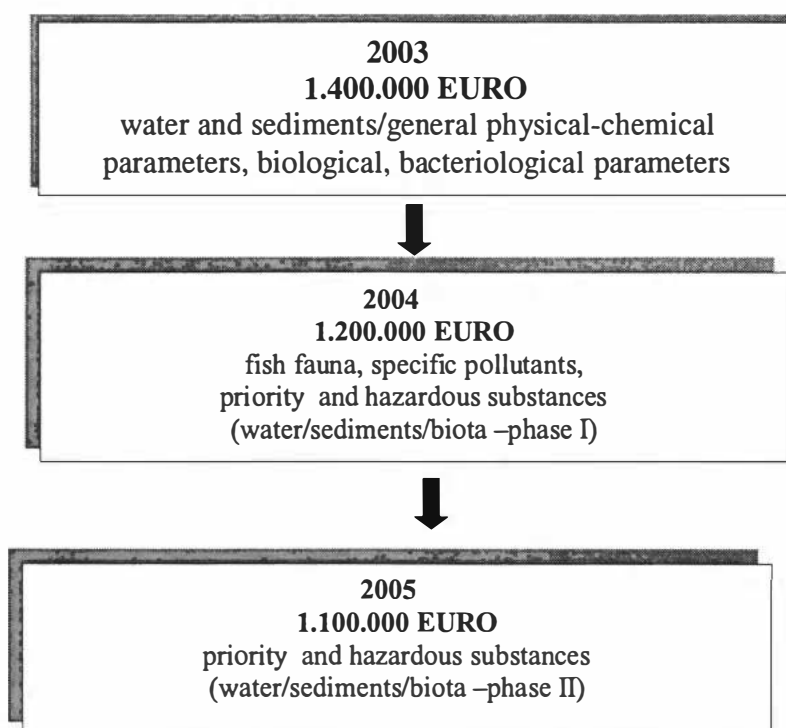
Having in view the fact that the development of the monitoring system determines the increasing of the number of monitoring subsystems, the defining of new monitoring types, the defining and extension of the investigation media, the monitoring of the

elements and parameters it is necessary to reorganize the activity of the laboratories of National Administration “Apele Romane” on a three-level, as follows /4/:

- local labs (30 labs) represented by the labs of Water Management Units which perform analysis of water and sediments (general physical-chemical analysis), phytoplankton (biomass, chlorophyll “a”), biological sediments analyses (macroinvertebrates and phytobenthos) , bacteriological analyses;
- basinal labs (11 labs)– represented by the labs of River Basin Authorities; in addition to the previous analyses, at this level it is performed the monitoring of fish fauna, heavy metals, oil products and other specific pollutants and other specific sediment analyses.
- regional labs (6 labs) will performs in addition to the second-level analysis analyses priority and hazardous substances from water, sediments and biota.

For performing the monitoring activity by National Administration “Apele Romane” as it is required by the Water Framework Directive, it is necessary to assure the equipping with observations, measurements, sampling devices, analysis equipment for performing the monitoring estimated at 3.700.000 EURO.

Having in view the fact that the development of monitoring activity requires significant financial resources, this will be done in a step-by-step process as follows:



The implementation of Water Framework Directive in Romania like other countries in accession process to the European Union is a continuous and greatly important activity which will be achieved step-by step involving significant human and financial resources and requiring to the co-ordination of all the involved parts at all international, national and basin level.

References

1. * * * 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*;
2. Stadiu, F., Serban P., Julia, G. (2001) The implementation way of the Water Framework Directive in Romania, *Hidrotechnica Magazine, National Company "Apele Romane" printing, Bucharest, Romania*;
3. Serban, P., Julia, G. (2003) - The methodological guidelines for defining the abiotic typology of streams;
4. Serban, P., Tuchi, E., Julia, G. (2003) - The methodological guidelines for the development of the integrated water monitoring national system
5. * * * The development and testing of an integrated assessment system for the ecological quality of streams and rivers throughout Europe using benthic macroinvertebrates – AQEM, 2002.
6. Wouter van de Bund - Assigning water body types: an analysis of the refcond questionnaire results, European Commission, Joint Research Centre, Italy

Authors

Dr. eng. Petru Serban, National Administration "Apele Romane", Str. Edgar Quinet, no.6, sector 1, code 70106, Bucharest, Romania, e-mail: petru.serban@rowater.ro

Dr. biol. Graziella Julia, National Administration "Apele Romane", Str. Edgar Quinet, no.6, sector 1, code 70106, Bucharest, Romania, e-mail: graziella.julia@rowater.ro



Bilanca voda Hrvatske: dostignuća i potrebe

Ognjen Bonacci, Bojana Horvat

SAŽETAK: U članku su izneseni rezultati najnovije hidrološke bilance voda Hrvatske zasnovane na određivanju prosječnih vrijednosti u tridesetgodišnjem razdoblju od 1961. do 1990. godine. Hidrološka bilanca voda prosječnih dugogodišnjih veličina vršila se za odabrane regionalne jedinice (sedamnaest okrupnjenih slivnih cjelina ili podslivova) primjenom sljedeće jednadžbe:

$P - Q = ET$ izraženi u (mm) i (m^3/s)

gdje P predstavlja prosječnu godišnju oborinu podsliva, Q je prosječno godišnje otjecanje s podsliva a ET je prosječna godišnja evapotranspiracija (deficit otjecanja) podsliva. Korištenjem gore iznesene jednadžbe bilance u razmatranje se ne uzima raspodjela hidroloških varijabli u komponente kao i: 1) varijacija promjene zapremine u slivu; 2) zapremine vode koje se infiltriraju u ili istječu iz dubokih slojeva, itd. Većina podataka o otjecanju dobivena je na osnovi mjerenih vrijednosti. Dispergirano i nekontrolirano površinsko i podzemno tečenje procijenjeno je korištenjem regionalnih analiza. Prosječna godišnja oborina pala na teritoriju Hrvatske iznosi 1162 mm ili 2083 m^3/s . Prosječno godišnje vlastito (unutrašnje) otjecanje procijenjeno je na 461 mm ili 827 m^3/s , dok dotok tranzitnih (vanjskih) voda iznosi 2303 mm ili 4130 m^3/s . Na osnovi rezultata provedene bilance može se zaključiti da je Hrvatska vodom bogata zemlja. Međutim, njeni vodni resursi neravnomjerno su raspoređeni u prostoru i vremenu. Razlog tome su krajnje različita geološka podloga (krš i ravničarski tereni) kao i različiti klimatski uvjeti (mediteranska i kontinentalna klima). Naglašeno je da je rad na hidrološkoj bilanci voda Hrvatske ovim tek započet te da će u sljedećoj etapi biti potrebno primijeniti složenije metode a bilancu vršiti za kraće vremenske jedinice.

KLJUČNE RIJEČI: hidrologija, bilanca vode, oborine, otjecanje, Hrvatska

Water balance of the Republic of Croatia: achievements and necessities

SUMMARY: The paper presents recent results of hydrologic water balance of the Republic of Croatia based on definition of average values for the thirty years period from 1961 to 1990. The long-term mean hydrological balance for the respective regional unit (seventeen sub-catchments) is presented in the following form:

$P - Q = ET$ in (mm) and (m^3/s)

where P is average annual precipitation in a sub-catchment, Q in average annual runoff from a sub-catchment, and ET in average annual evapotranspiration (runoff deficit) from a sub-catchment. The simplified water balance according to given equation does not consider the distribution of hydrological variables into components as well as: 1) variation of water storage within the catchment; 2) water volumes infiltrating in or flowing out from the deep strata, etc. Most of the runoff data is based on the measured values, while the dispersed surface water and groundwater flows is estimated using regional analyses. The annual average precipitation is 1162

mm or 2083 m³/s. The annual average inner (proper) water runoff is 461 mm or 827 m³/s, while transit water runoff is 2303 mm or 4130 m³/s. Croatia is country rich in water with unevenly (in space and time) distributed water resources due to extremely variable geological setting (karst and flatland) and different climatic conditions (Mediterranean and continental climate). It should be stressed out that work on water balance of the Republic of Croatia have to be continued using more sophisticated methods.

KEYWORDS: hydrology, water balance, precipitation, runoff, Croatia.

1. Uvod

Kvantifikacija hidrološkog ciklusa odabranog prostora vrši se jednadžbom bilance vodnih masa čiji opći izraz glasi:

$$U - I = dV/dT \quad (1)$$

gdje U predstavlja dotok svih voda u analizirani prostor (sistem) u odabranoj jedinici vremena, I predstavlja istjecanje svih voda iz analiziranog prostora u odabranoj jedinici vremena, a (dV/dt) označava promjenu zapremine mase vode unutar sistema tijekom odabrane vremenske jedinice [3].

Inženjerske hidrološke bilance voda vrše se uvijek za određene i već samim tim specifične prostore (od malih do velikih slivova, administrativnih područja, dionica otvorenih vodotoka, država, kontinenta do cijele Zemlje), te za konačne vremenske jedinice koje mogu varirati od vrlo kratkih (reda veličine do jednog sata) do relativno dugih (godine ili par desetaka godina). Svaki prostor i svaka vremenska jedinica uvjetuju korištenje drugačijih hidroloških varijabli kao i drugačije metode njihovog određivanja što podrazumijeva i drugačije oblike jednadžbe bilance čiji je opći izraz dan jednadžbom (1).

Bilancu voda treba dakle shvatiti kao količinski opis hidrološkog ciklusa odabranog prostora. Hidrološki ciklus jednostavna je koncepcija, ali točno bilanciranje voda u najvećem broju praktičnih slučajeva ekstremno je složen i teško rješiv inženjerski zadatak. To je posebno izraženo prilikom bilanciranja voda administrativnih područja (npr. država) gdje se granice ne poklapaju s vododjelnicama te u slučajevima da postoje brojni dispergirani i samim time teško (često nemoguće) kontrolirani ulazi i/ili izlazi voda iz prostora.

Upravo takav slučaj predstavljalo je određivanje bilance voda Hrvatske. Klasični i uobičajeni dio problema bio je tehničke (inženjersko-hidrološke) prirode o čemu će u nastavku rada biti detaljnije govora. Drugi dio problema izlazio je iz područja tehničke problematike a vezan je s pojmovima graničnih i prekograničnih otvorenih vodotoka, prirodnih i umjetnih jezera, ali i vodonosnika podzemnih voda. Voda je zbog svoje uloge strateškog resursa postala značajnim subjektom međunarodnog prava, što utječe da dokument u kojem se bilancira voda jedne države ne može biti razmatran kao isključivo inženjersko-tehnički.

Bez kvalitetne bilance voda jedne države nije moguće upravljati ne samo njenim vodnim resursima već i njenim razvojem. Pod kvalitetnom bilancom voda ne podrazumijevaju se isključivo pouzdano određene vrijednosti komponenti vodne bilance, iako to predstavlja njen bitni sadržaj. Kada se pristupa izradi bilance voda treba se suočiti s činjenicom da je pojavljivanje vode na prostoru neke države krajnje dinamičan i varijabilan proces kako u tom prostoru i okolo njega tako i u vremenu. Stoga je u bilanciranju voda od prvenstvenog značaja izbor metodologije koja izravno zavisi o vremenskim jedinicama obrade a funkcija je kakvoće i pouzdanosti raspoloživih podataka

mjerenja hidrometeoroloških i hidroloških parametara.

Zbog utjecaja djelovanja čovjeka, zbog promjena njegovih potreba za vodom ali i zbog klimatskih varijacija i/ili promjena, bilancu voda bilo kojeg prostora nije moguće zamisliti kao gotov čin. Radi se o procesu koji stalno treba pratiti, kontrolirati i korigirati. Pošto je osnovna uloga svake bilance voda omogućavanje dugoročnog održivog upravljanja vodnim resursima datog prostora ne smije se zanemariti činjenica vrlo dinamičnih i teško predvidivih promjena potreba za vodom. To se posebno odnosi na situacije kada se bilanca voda radi za područje jedne države i kada ta država osim vlastitih voda ima i vanjske, tuđe i/ili tranzitne vode.

Međunarodno vodno pravo u snažnom je razvoju a poticano je sve češćim sukobima vezanim za korištenje međunarodnih vodnih resursa. Činjenica je da danas niti jedna država ne može imati potpunu suverenost u korištenju prije svega tranzitnih vodnih resursa već mora poštivati i prava susjeda. Da bi se o pravima uopće moglo razgovarati potrebno je raspolagati točnom bilancom voda usklađenom među susjednim državama. Bilanca voda svake države bitna je i polazna pretpostavka za učinkovito upravljanje njenim vodnim resursima. Istovremeno ona služi zaštiti njenih prava u okviru šire međunarodne zajednice.

2. Metodologija i rezultati

Kako se radi o prvoj sustavno rađenoj bilanci voda naše države krenulo se od najjednostavnije metodologije koju omogućava činjenica da je bilanca rađena na razini prosječnih tridesetogodišnjih vrijednosti za razdoblje 1961.-1990. U tom slučaju jednadžba bilance voda glasi:

$$U - I = \Delta V \quad (2)$$

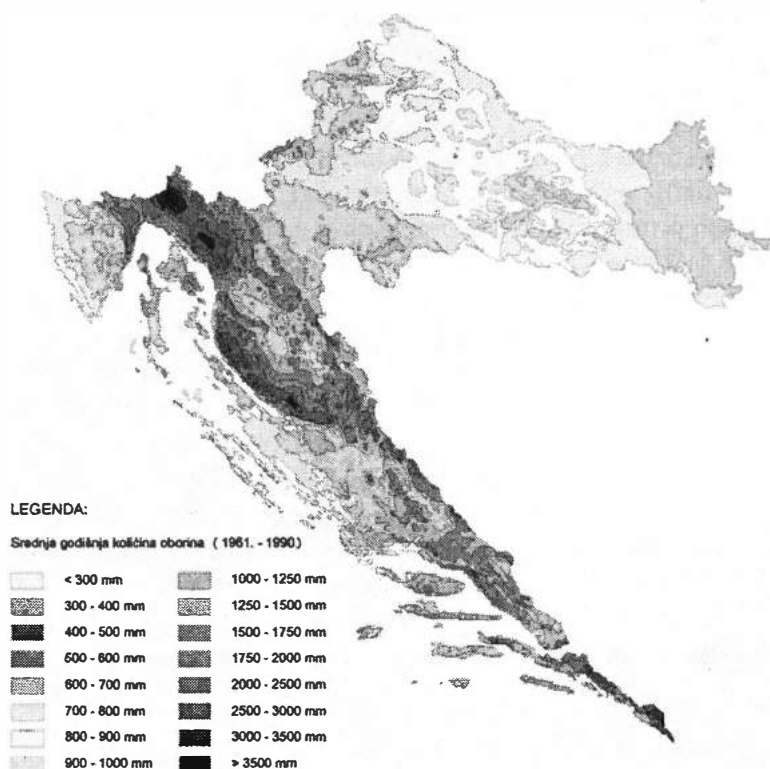
pri čemu su sa U označeni svi ulazi voda na teritoriju Hrvatske, sa I su označeni izlazi voda sa istog teritorija dok ΔV predstavlja promjenu zapremine svih voda na kraju razmatranog razdoblja u odnosu na stanje na njegovom početku [8].

Izborom tridesetogodišnjeg razdoblja (1961.-1990.) te bilanciranjem njegovih prosječnih količina voda može se sa visokom pouzdanošću pretpostaviti da je promjena zapremine $\Delta V=0$. Na taj način izraz (2) se pojednostavljuje te prelazi u slijedeći izraz [11]:

$$P - (Q + ET) = 0 \quad (3)$$

kod kojeg su s P označene oborine pale na teritorij Hrvatske, Q predstavlja otjecanje a ET evapotranspiraciju s razmatranog prostora. Radi se o pojednostavljenoj jednadžbi bilance voda kojom se izbjegava i/ili čini zanemarljivim razmatranje nekih varijabli i procesa hidrološkog ciklusa. To je bilo neophodno učiniti i stoga jer je otjecanje na teritoriju Hrvatske krajnje varijabilno i složeno u prostornom i vremenskom smislu.

Na slici 1 data je karta prostorne raspodjele prosječnih godišnjih oborina za razdoblje 1961.-1990. palih na teritorij Hrvatske. Karta je određena od strane stručnjaka iz Državnog hidrometeorološkog zavoda Hrvatske iz Zagreba primjenom Universal Kriging metode i programskog paketa ILWIS. Za izradu ove karte korišteni su podaci s 38 glavnih, 110 klimatoloških, 419 kišomjernih stanica te 22 totalizatora. Za potrebe definiranja izolinja u graničnim područjima korišteni su podaci sa stanica iz susjednih država kako slijedi:



Slika 1. Karta prostorne raspodjele prosječnih godišnjih oborina Hrvatske u razdoblju 1961.-1990.

Tablica 1. Svojstvene vrijednosti okrupnjenih slivnih cjelina

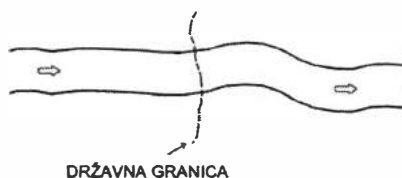
R. br.	OKRUPNJENA SLIVNA CJELINA	VODNO PODRUČJE	SLIV	POVRŠINA-A (km ²)	OBORINA-P (mm) (m ³ /s)		OTJEKANJE-Q (mm) (m ³ /s)		c=Q/P
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1.	Krapina	SAVA	CRNOMORSKI	1237	1058	42	433	17	0,41
2.	Lonja & Trebež			4261	864	117	134	18	0,16
3.	Ilova & Pakra			1793	915	52	248	14	0,27
4.	Orljava			1618	914	47	242	12	0,26
5.	Neposredni sliv Save			7132	845	191	181	41	0,22
6.	Kupa			7643	1418	344	733	178	0,52
7.	Una			2086	1368	90	726	48	0,53
8.	Neposredni sliv Drave	DRAVA & DUNAV		7150	821	186	185	42	0,23
9.	Neposredni sliv Dunava			2213	656	46	85	6	0,13
10.	Ištra	PRIMORSKO-ISTARSKI SLIV OVI	JADRANSKI	2755	1141	100	469	41	0,41
11.	Kvarnerski zaljev			1101	2267	79	1375	48	0,61
12.	Lika, Gacka & priobalje			3712	1788	210	892	105	0,50
13.	Zrmanja & priobalje	DALMATINSKI SLIV OVI		2870	1408	128	593	54	0,42
14.	Krka & priobalje			2487	1208	95	723	57	0,60
15.	Cetina & priobalje			3215	1408	144	677	69	0,48
16.	Neretva & priobalje			1995	1584	100	743	47	0,47
17.	Otoci	JADRANSKO MORE		3270	1073	111	289	30	0,27

Slovenija (9 stanica), Bosna i Hercegovina (33 stanice) i Jugoslavija (Crna Gora) (12 stanica). Prosječna oborina u razmatranom tridesetgodišnjem razdoblju pala na teritoriju Hrvatske određena je u iznosu od 1162 mm.

Otjecanje Q , tj. vlastite ili unutrašnje vode Hrvatske određivane su za sedamnaest okrupnjenih slivnih cjelina datih u tablici 1 u kojoj su navedene i neke svojstvene vrijednosti ovih cjelina. Potrebno je naglasiti da su u okrupnjenu slivnu cjelinu pod rednim brojem 5. *Neposredni sliv Save* uključeni svi dijelovi međusliva unutar Hrvatske od granice Hrvatske i Slovenije do granice Hrvatske i Jugoslavije kao i međusliv Biđ-Bosuta sa Spačvom koji prekograničnim vodotokom Bosut ulazi u Jugoslaviju. U ovu okrupnjenu cjelinu nisu uključeni dotoci iz slivova Krapine, Lonje, Trebeža, Ilove, Pakre, Orljave te dijelova sliva Kupe i Une koji se nalaze na teritoriju Hrvatske, što je moguće uočiti iz tablice 1. Na slici 2 grafički su prikazana objašnjenja pojmova prekograničnih i graničnih vodotoka. Pod rednim brojevima 8. *Neposredni sliv Drave* i rednim brojem 9. *Neposredni sliv Dunava* u određivanju bilance voda uzeti su cjeloviti međuslivovi ovih rijeka na teritoriju Hrvatske.

Otjecanje Q vlastitih ili unutrašnjih voda Hrvatske određivano je po pojedinim okrupnjenim slivnim cjelinama detaljnim analizama korištenjem prvenstveno mjerenih podataka koji su potom regionalnim analizama prenošeni na cijelu površinu. Situacija se značajno razlikovala od cjeline do cjeline pa se zbog toga i metodologija ali i točnosti procjene različite. Otjecanje Q za okrupnjene slivne cjeline vodnog područja Save odredila je L. Kratofil, Drave i Dunava M. Beraković, Primorsko-istarskih slivova J. Rubinić i I. Pavić, a za Dalmatinske slivove M. Švonja i I. Pavić. Ovim putem im se zahvaljujemo na njihovom trudu i doprinosu u izradi bilance voda Hrvatske.

1. PREKOGRANIČNI VODOTOK



2. GRANIČNI VODOTOK



Slika 2. Objašnjenje pojmova prekograničnog (1.) i graničnog (2.) vodotoka

Osim prethodno spomenutih vlastitih ili unutrašnjih voda Hrvatske na teritorij naše države ulaze i vode iz susjednih država i to koncentrirano većim površinskim vodotocima čiji se protoci mjere, ali i manjim vodotocima čiji se protoci ne mjere kao i podzemnim vodama. Ovi drugi nekontrolirani dotoci nazvani su dispergiranim ulazom u Hrvatsku te su također određeni i/ili procijenjeni od strane prethodno spomenutih stručnjaka.

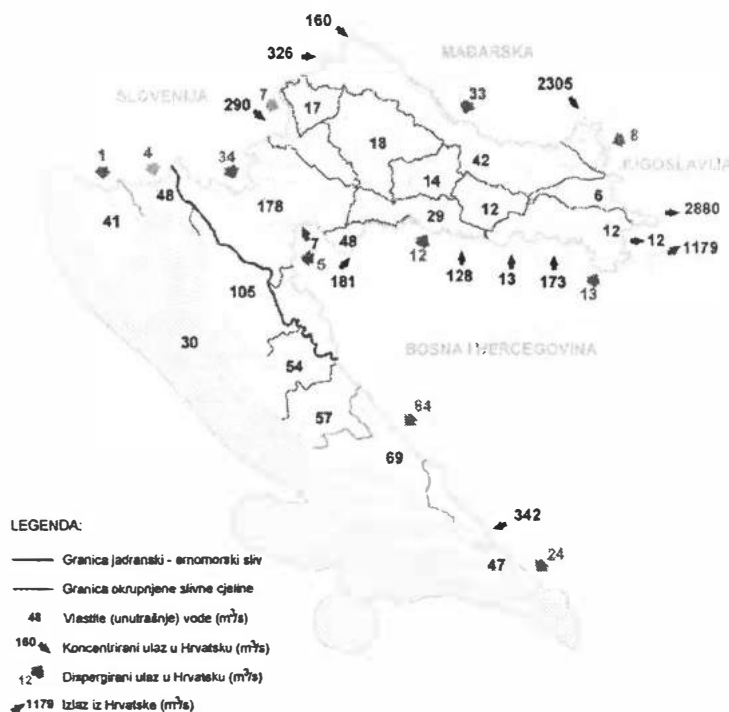
Evapotranspiraciju ET moguće je sada odrediti korištenjem izraza (3) kao razliku oborina P i otjecanja Q . Sve varijable hidrološke bilance voda Hrvatske izražene su u mm i m^3/s .

U stupcima (6) do (9) tablice 1 date su vrijednosti oborina P i otjecanja Q određene po okrupnjenim slivnim cjelinama izražene u mm i m^3/s . U posljednjem stupcu (10) izračunat je koeficijent otjecanja c . Na slici 3 dat je grafičko-numerički prikaz rezultata bilance voda Hrvatske po okrupnjenim slivnim cjelinama. Na slici se mogu jasno uočiti vrijednosti: vlastitih voda, dispergiranih i koncentriranih ulaza vode u Hrvatsku te izlaza vode iz Hrvatske. Napominje se da su svi rezultati izneseni po okrupnjenim slivnim cjelinama sa iznimkom neposrednog sliva Save koji je ovdje podijeljen na dva dijela i to na dio koji Biđ-Bosutom sa Spačvom izravno ulazi u Jugoslaviju ($Q=12 \text{ m}^3/\text{s}$) i na preostali dio vlastitih voda tzv. međusliva Save od granice sa Slovenijom do granice sa Jugoslavijom ($Q=29 \text{ m}^3/\text{s}$).

Tablica 2. Svojstva vlastitih voda Hrvatske po slivovima

R. br.	PARAMETAR	CRNOMORSKI SLIV	JADRANSKI SLIV	HRVATSKA
1.	POVRŠINA $A \text{ (km}^2\text{)}$	35.133	21.405	56.538
2.	OBORINE $P \text{ (mm)}$	1001	1426	1162
3.	PROTOK $Q \text{ (m}^3/\text{s})$	376	451	827
4.	ZAPREMINA $V \text{ (m}^3/\text{god})$	$1,186 \cdot 10^{10}$	$1,422 \cdot 10^{10}$	$2,608 \cdot 10^{10}$
5.	$Q^* = V/A$	337.574	664.330	461.287
6.	SPECIFIČNO OTJECANJE $q = Q/A$ $(\text{l/s} \cdot \text{km}^2)$	10,71	21,07	14,63
7.	BROJ STANOVNIKA N	3.045.829	1.391.631	4.437.460
8.	ZAPREMINA VODE PO STANOVNIKU $V^* = V/N \text{ (m}^3/\text{stan} \cdot \text{god})$	3895	10.220	5879

Slika 4 predstavlja sumarni prikaz vlastitih, ulaznih i izlaznih voda Hrvatske u Crnomorski i Jadranski sliv. U tablici 2 izneseni su podaci o raspodjeli unutrašnjih voda Hrvatske na spomenuta dva slivna područja. Uočava se da je specifično otjecanje vlastitih voda Jadranskog sliva skoro dvostruko veće od onog za Crnomorski sliv, što je rezultat znatno većih oborina (za više od 40 posto) ali i krškog karaktera podloge što uzrokuje znatno više koeficijente otjecanja. Na slici 5 dat je shematski prikaz ulaza, izlaza, vlastitih voda, oborina i evapotranspiracije na teritoriju Hrvatske.



Slika 3. Karta Hrvatske na kojoj su po okrupnjenim slivnim cjelinama prikazane vlastite vode, koncentrirani i dispergirani ulazi te izlazi voda iz Hrvatske. Sve vrijednosti date su kao prosječne za razdoblje 1961.-1990. a izražene su u m³/s

3. Kritički osvrt

U prethodnom dijelu ovog rada izneseni su metodologija i postignuti rezultati bilance voda Hrvatske na razini prosječnih vrijednosti za tridesetgodišnje razdoblje 1961.-1990. Smatramo neophodno potrebnim i korektnim osvrnuti se kritički na vlastiti rad sa ciljem da se javnosti koja će koristiti iznesene rezultate pruži prava i puna informacija.

Metodologija kao i točnost postignutih rezultata diktirani su prije svega stanjem raspoloživih podloga koje se jako razlikuju od mjesta do mjesta ili okrupnjene slivne cjeline.

Prvi problem na koji se naišlo je nepostojanje pouzdano određene vododjelnice između Jadranskog i Crnomorskog sliva. U različitim literaturnim izvorima nalaze se različiti podaci od kojih nijedan nije pouzdan. Razlog tome leži u činjenici što do danas nije određena vododjelnica između ova dva sliva na području Hrvatske. U ovom radu usvojene su granice određene po sugestijama Ž. Pekaša a na osnovi kojih površina Jadranskog sliva u Hrvatskoj iznosi 21.405 km². Kao primjer navodi se da Gereš i Filipović [4] daju površine od 33.940 km² za Crnomorski sliv i 22.598 km² za Jadranski sliv.

Drugi, moglo bi se kazati i klasični problem kod računanja bilanca voda bilo kojeg prostora odnosi se na moguću točnost određivanja karte izohijeta te na osnovi nje određivanje oborina palih na neku površinu. Ovom problemu moglo bi se posvetiti prostor znatno veći od samog članka, što nema ni smisla niti potrebe te se zainteresirane čitatelje upućuje na literaturu [2]. Kao napomenu daje se podatak da je u ovom radu usvojena vrijednost prosječne

tridesetgodišnje oborine pale na teritorij Hrvatske u razdoblju 1961.-1990. u iznosu od 1162 mm prema karti prostorne raspodjele oborina (slika 1) određenoj od stručnjaka iz Državnog hidrometeorološkog zavoda iz Zagreba. Našim proračunima primjenom metode Thiessena dobili smo vrijednost od 1081 mm dok je metoda aritmetičkih srednjaka dala vrijednost od 1131 mm. Razlike nisu velike ali problem leži u činjenici da se radi o vrijednostima nekorrigiranih oborina. Švicarski stručnjaci su za potrebe izrade "Hidrološkog atlasa Švicarske" [5] koji predstavlja osnovicu hidrološke bilance vode ove zemlje izvršili korekciju oborina na prostoru svoje države. Kako se radi o do danas najkompletnijoj analizi smatralo se potrebnim naglasiti da su oborine Švicarske u prosjeku povećane za 14 posto u odnosu na izmjerene s tim da se ove vrijednosti kreću od 4 posto (za niske i ravnske regije) do 30 posto (za alpsko područje sa značajnim udjelom krutih oborina). Treba naglasiti da rezultati korekcija oborina zavise o primjenjenoj metodi te da su izmjerene oborine uvijek manje od onih koje su stvarno pale na površinu. Mi u Hrvatskoj nemamo dovoljno podloga da bi mogli načiniti pouzdane korekcije izmjerenih oborina te nam (kao i većini drugih država) ostaje da za daljnje analize prihvatimo vrijednosti nekorrigiranih oborina. Pri tome moramo biti svjesni da su stvarne oborine nešto veće. Ovdje si uzimamo slobodu da procijenimo da su u Jadranskom slivu Hrvatske oborine veće za oko 10 posto dok se povećanja u Crnomorskom slivu kreću od 6 posto na zapadu do 3 posto na istoku.

Tablica 3. Podaci o vodnim resursima nekih europskih zemalja

R. br.	DRŽAVA	POVRŠINA A (km ²)	BROJ STANOVNIKA N (x 10 ⁶)	OBORINE P (m ³ /god)	VLASTITE VODE (10 ⁶ m ³ /god)	VANJSKE VODE (10 ⁶ m ³ /god)	SVE VODE (10 ⁶ m ³ /god)
1.	Belgija	30.449	10,0	27.100	12.400	4100	16.500
2.	Bosna i Hercegovina	51.129	4,5	63.911	36.424	-	-
3.	Češka	78.864	10,3	54.653	15.237	1500	16.737
4.	Europska Unija	3.241.050	364,5	2.615.991	1.200.402	102.500	1.301.902
5.	Hrvatska	56.538	4,4	65.700	26.080	130.240	156.320
6.	Jugoslavija	102.173	10,5	90.900	33.000	155.000	188.000
7.	Mađarska	93.030	10,1	58.000	6000	114.000	120.000
8.	Njemačka	356.861	79,4	274.000	95.000	69.000	164.000
9.	Portugal	92.027	9,9	81.456	37.885	35.000	72.885
10.	Slovenija	20.254	1,9	29.968	18.241	13.434	31.675

Vrijednosti otjecanja Q iznesene u ovom radu također su opterećene određenom i neizbježnom greškom. Ne ulazeći u razloge (koji su opće poznati svima koji se hidrologijom bave ili ju koriste) naglašava se da je na području Crnomorskog sliva ova greška reda veličine ± 3 posto, te je znatno manja od one na Jadranskom slivu gdje se kreće i do ± 10 posto. Osnovni problem kod okrupnjenih slivnih cjelina Jadranskih slivova leži u činjenici što postoje velike površine s kojih voda difuzno i podzemnim putem dotiče u more. Osim toga ne postoje mjerenja na brojnim manjim a pri tome krškim i bujčnim vodotocima što nas je prisililo na vršenje procjena zasnovanih na nepouzdanim regionalnim analizama.

Prilikom izrade bilance voda s aspekta inženjerske hidrologije najveći problem predstavlja pouzdano određivanje realne (aktualne) evapotranspiracije s nekog prostora.

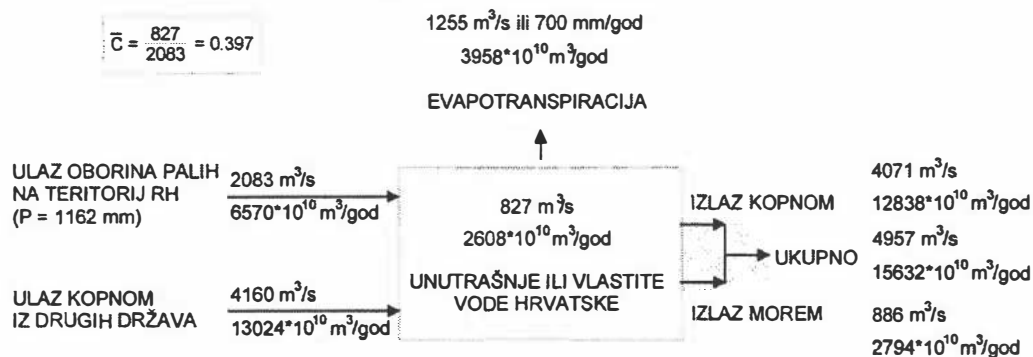


Slika 4. Kartu Hrvatske na kojoj su prikazane vlastite vode te svi ulazi i izlazi voda iz Hrvatske raspodjeljeni na Jadranski i Crnomorski sliv. Vrijednosti su izražene u m^3/s a odnose se na prosjek u razdoblju 1961.-1990.

4. Zaključci i smjernice za budući rad

Hrvatska je zemlja bogata vodama gledajući relativno i apsolutno (s obzirom na površinu i broj stanovnika) što je moguće jasno uočiti iz podataka datih u tablici 3 koji su sakupljeni iz većeg broja izvora [1,6,7,9,10] uz napomenu da se u nizu njih nalaze različiti podaci o istoj državi. Ovim se željelo naglasiti da se radi o procjenama koje treba uzeti više kao red veličine a manje kao pouzdane podatke tim više što se podaci ne odnose na ista vremenska razdoblja.

Na iznesene podatke kao i na cjelokupni rad na hidrološkoj bilanci voda Hrvatskog treba gledati kao na proces koji zahtijeva stalna poboljšanja u metodološkom smislu te u smislu povećanja njegove točnosti. Ne može se stati na prosječnim tridesetogodišnjim vrijednostima već je neophodno ući u suptilnije analize kraćih vremenskih razdoblja i ekstremnih stanja. Prvi korak treba biti učinjen na izradi hidrološke bilance voda jedne sušne i jedne vlažne godine. Primjera radi navodi se da Dunav kod Bezdana ima prosječni protok od $2303 \text{ m}^3/\text{s}$ u analiziranom razdoblju (1961.-1990.) ali da su se srednje godišnje protoke kretale od minimalne vrijednosti $1631 \text{ m}^3/\text{s}$ 1971. godine do maksimalne vrijednosti $3620 \text{ m}^3/\text{s}$ 1965. godine. S manjim vodotocima, posebno onima u krškom području, čiji su vodni režimi još neujednačeniji hidrološka bilanca za različito vodne godine bit će važna sa gledišta upravljanja vodnim resursima.



Slika 5. Shematski prikaz hidrološke bilance voda Hrvatske za razdoblje 1961.-1990.

Od značaja je prirediti metodologiju te započeti rad na hidrološkoj bilanci voda po mjesecima godine. Kritična situacija za upravljanje vodnim resursima, upravo zbog nedovoljnih količina vode i to ne samo tijekom sušnih godina, nastupa tijekom ljetnih i vegetacijskih mjeseci. Ova metodologija kao i njeni rezultati ne smiju biti sami sebi svrhom već moraju biti usmjereni na davanje jasnih i pouzdanih odgovora na strateška pitanja upravljanja vodnim resursima u državi. To u suštini i jest osnovni cilj izrade svake bilance vode.

Činjenica je da u novije vrijeme sve češće u Hrvatskoj tijekom pojedinih mjeseci godine i u pojedinim regijama situacija sa opskrbom pitkom vodom postaje kritična a nedostatak vode za poljoprivredu poprima dramatične dimenzije. U drugim se regijama istovremeno javljaju poplave. Takva se situacija pojavila u srpnju i kolovozu 2002. godine. Kvalitetna hidrološka bilanca voda naše države izrađena za manje vremenske jedinice mora biti metodološki usmjerena na učinkovito upravljanje vodnim resursima na cjelom prostoru Hrvatske.

Prirodni raspored vodnih resursa naše zemlje kako regionalno tako i vremenski (tijekom godine) omogućava mnogo bolje, učinkovitije i ekonomski isplativije korištenje i upravljanje vodnim resursima na cijelom njenom teritoriju. To nije moguće postići bez kvalitetne hidrološke bilance voda u kojoj će se skladno objasniti i točno količinski procijeniti svi raspoloživi vodni resursi u prostoru i tijekom vremena. Bilanca koju smo izradili tek je prvi korak koji nam je potvrdio da prosječno gledano predstavljamo zemlju bogatu vodom. Korištena metodologija nije mogla dati odgovor na pitanje o bogatstvu i rasporedu podzemnih vodnih resursa. To će se morati učiniti daljnjim istraživanjima i obradama. Bio bi doista velik promašaj da se stane s radom na daljnjoj izradi detaljnije hidrološke bilance voda Hrvatske.

Literatura

1. Bognar, G. (1998.): Water Management in Hungary at the Turn of the Milenium, Water Resources Research Centre, Budimpešta, 48. str.
2. Bonacci, O. (1994.): Oborine Glavna Ulazna Veličina u Hidrološki Ciklus, Geing, Split, 341. str.
3. Bras, R. (1990.): Hydrology, Addison-Wesley Pbl. Com., Reading, Massachusetts: 643 str.
4. Gereš, D. i Filipović, M. (2000.): Program vodnogospodarskog planiranja u Hrvatskoj, Građevni Godišnjak, Zagreb, 95-175.

5. Grupa autora (1991.): Hydrologischer Atlas der Schweiz, Landeshydrologie und Geologie, Bern.
6. Grupa autora (1994.): Vodoprivredna Osnova Bosne i Hercegovine, Javno Vodoprivredno Poduzeće i Zavod za Vodoprivredu, Sarajevo, 282. str.
7. Grupa autora (1998.): Površinski Vodotoci i Vodna Bilanca Slovenija, Ministarstvo za Okolje in Prostor i HMZ Republike Slovenije, Ljubljana.
8. Korzun, V. I. (urednik) (1974.): World Water Balance and Water Resources of the Earth, Gidrometeoizdat, Lenjingrad: 640 str.
9. Kundzewicz, Z. (2001.): Water problem of central easter Europe - a region in transition, Hydrological Sciences Journal 44 (6), 883-896.
10. Prohaska, S. (1998.): Režim i bilanca voda Jugoslavije, Vodoprivreda 30 (173-174), 149-161.
11. Stančik, A., Jovanović, S., Sikora, A., Urge, L i Domokos, M. (1988.): Hydrology of the River Danube, Priroda, Bratislava 271 str.

Autori:

Prof. dr. Ognjen Bonacci, dipl. inž. građ.

Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu

21000 Split, Matice Hrvatske 15

E-mail: obonacci@gradst.hr

tel: 021-303-340, fax: 021-465-117

mr. sc. Bojana Horvat, dipl. inž. građ.

Hrvatske vode, VGO Primorsko-istarskih slivova

51000 Rijeka, Đure Šporera 3

E-mail: bojanah@voda.hr

Tel: 051-666-454, fax: 051-332-816



Vodni resursi i održivi razvoj krških područja u Hrvatskoj

Božidar Biondić, Ranko Biondić

SAŽETAK: Značajni vodni resursi u Hrvatskoj vezani su uz krška područja Dinarida, vodonosnike specifičnih karakteristika, vrlo osjetljivim na pronos onečišćenja i stoga potrebe specifične zaštite. Najbolje bi bilo zaštititi cijele slivove jednakih razina, međutim zbog ogromnih dimenzija, za krške slivove se koristi selektivni pristup zaštiti usmjeren na smanjenje stupnja rizika od onečišćenja, koji se sastoji od dvije temeljne aktivnosti, preventivne zaštite i sanacijskih zahvata. Novi Pravilnik o zaštiti izvorišta pitke vode i prateće Smjernice (radna verzija) trebaju unijeti reda u sustav zaštite za krška područja, gdje je ranije rađeno praktički bez Pravilnika. Projekte novelacije postojećih odluka o zaštiti treba završiti u roku od 5 godina, što je moguće postići faznim pristupom priprema podloga. U ovom radu će se dati prijedlozi načina kako postojeće odluke uskladiti s novim Pravilnikom, kratki prikaz novosti u sustavu istraživanjima, načini interpretacije i uklanjanja projekata zaštite u planove održivog razvoja krških područja.

KLJUČNE RIJEČI: Krški vodni resursi, zaštita izvorišta pitke vode, novi Pravilnik, novelacija odluka o zaštiti, aktivni pristup, nove metode istraživanja, održivi razvoj

Water Resources and Sustainable Development of Karst Areas in Croatia

SUMMARY: Karst aquifers of Dinarides, located south of Karlovac depression, are important water resources in Croatia. Their specific characteristics and vulnerability on pollution transport require specific protection. The best solution of protection would be to protect entire catchments, but because of enormous dimensions, for karst aquifers was proposed selective approach to the protection directed on decreasing of the risk level, which was composed from two basic activities, preventive protection and remediation measures. New Regulation and Guideline need to enter more regularity in the system of karst aquifers protection, where earlier there were no to much regularity. The projects of novelation would be finished in next 5 years, what is possible dealing the projects in phases. In this paper will be presented proposal how existing protection schemes harmonize to new Regulation, short presentation about the news in the system of investigations and interpretations, and how to involve protection projects in plans of sustainable development for karst areas.

KEYWORDS: Karst water resources, protection of potable water resources, new Regulation, Novelation of protection schemes, active approach, new research methods, sustainable development.

1. UVOD

Značajni vodni resursi u Republici Hrvatskoj vezani su uz krška područja Dinarida, koji pokrivaju dio državnog teritorija južno od Karlovačke depresije. Vrijednost tih vodnih resursa za sadašnji i budući razvoj države najbolje ilustrira podatak da se iz tih resursa opskrbljuju vodom svi gradovi obalnog područja, jadranski otoci i gradovi i naselja

planinskog područja i da postoje značajni slobodni kapaciteti, koji racionalnim uvođenjem u korištenje i odgovarajućom zaštitom garantiraju dugoročnu opskrbu zdravom pitkom vodom svih današnjih potrošača, ali i budući razvoj kroz izvoz pitke vode u deficitarna područja Mediterana. Treba imati na umu da je to područje razvijenog turizma i da budući razvoj te grane privređivanja u velikoj mjeri ovisi o zdravoj pitkoj vodi. Ono što je značajno istaći je da razvoj donosi i znatno veća opterećenja krških vodonosnika, pa efikasna zaštita u skladu s postavkama održivog razvoja postaje imperativ budućeg vremena. Sukladno takvim razmišljanjima donesen je i novi Pravilnik o zaštiti izvorišta pitke vode u R. Hrvatskoj. Raniji Pravilnik donesen je 1986. godine u sklopu regulative bivše države sa znanjima tadašnjeg vremena i bio je usmjeren prvenstveno na zaštitu međuzrnskih vodonosnika, dok je zaštita izvorišta pitke vode u krškim terenima bila pokrivena samo člankom 4. kao nešto specifično, što je nemoguće standardizirati i za što treba od mjesta do mjesta temeljem istraživanja donositi posebne kriterije. Bio je to rezultat nedostatka naših, ali i europskih iskustava na području zaštite krških vodonosnika. Prihvaćene zaštitne zone za krške terene su se iz tih razloga dosta razlikovale od mjesta do mjesta i to treba danas ispraviti novelacijom temeljem novog Pravilnika.

Drugi, ne manje važan razlog za izradu novog Pravilnika bio je veliki tehnološki i metodološki napredak u sklopu istraživanja i interpretacija. Bitno se mijenja i pristup zaštiti, od statičkih prikaza zaštitnih zona i striktnih administrativnih zabrana prema aktivnom pristupu zaštiti. Što to znači? U prvom redu su to GIS prikazi i interpretacije, koji zahtijevaju stalni monitoring prirodnih sustava i prilagodbu odluka o sustavu zaštite u odnosu na momentalno stanje i potrebe. Takav pristup zahtijeva visok stupanj znanja sudionika, kako u procesu priprema podloga, tako i u procesu primjene projekata zaštite. Temelj današnjih znanstvenoistraživačkih projekata mora biti **istraživanje i informacija**, jer bez novih rezultata istraživanja, čak i za područja gdje smo uvjereni da sve znamo, sama informatika ne može osigurati bitne pomake u poznavanju vodnih resursa. Istraživačke metode i analitička tehnologija razvijaju se danas takvom brzinom, da je praktički nemoguće uspoređivati nekadašnje i današnje rezultate.

Novi Pravilnik treba u prvom redu riješiti dileme dosadašnjeg pristupa, omogućiti daleko veći stupanj fleksibilnosti u odnosu na korištenje prostora i kroz aktivni pristup zaštiti osigurati veću efikasnost zaštitnih mjera. Jedno od temeljnih pitanja je kako to sve postići u zadanom vremenu od 5 godina. U svakom slučaju momentalnom akcijom, jer je do sada već izgubljeno gotovo godinu dana od donošenja novog Pravilnika. Konačno usklađenje zaštite izvorišta pitke vode s novim Pravilnikom ne znači samo preradu postojećih odluka o zaštiti i prostornog rasporeda zaštitnih zona, već i dodatne vrijednosti dobivene reinterpretacijom postojećih podataka i potrebnim novim istraživanjima u skladu s metodologijom predloženom u radnoj verziji Smjernica.

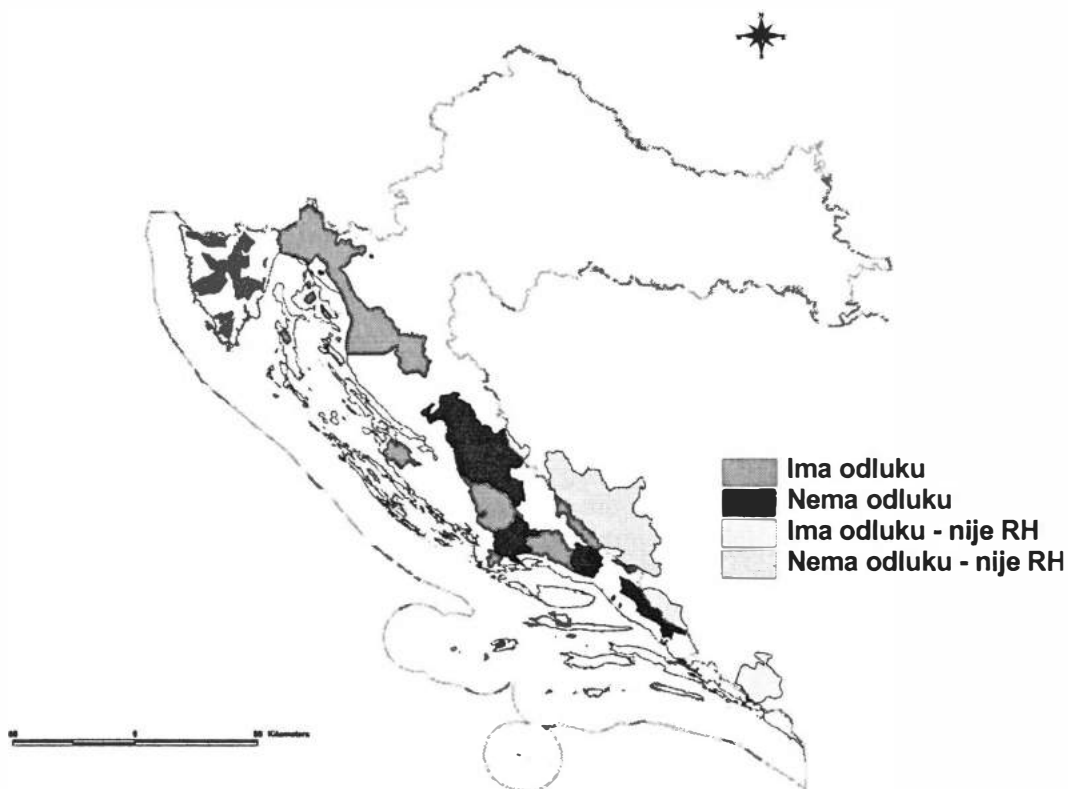
2. POSTOJEĆE STANJE ZAŠTITE

U posljednjih petnaestak godina bila je obveza svih komunalnih poduzeća u Hrvatskoj da za svoja crpilišta pitke vode načini projekte zaštite. Obzirom na nedostatak regulative za krška područja (osim članka 4) situacija i nije tako loša, osim za neka područja, gdje su rađena neka izdvojena rješenja i područja gdje nije na žalost ništa napravljeno. Najlošija je situacija u Dubrovačkom području, gdje praktički nema ništa. Pokušaji izrade zaštitnih zona od prije rata nikada nisu provedeni u službeni županijsku odluku o zaštiti, a podloge su odnijete izvan zemlje, pa danas još nema praktički ništa, a radi se o osjetljivim prekograničnim vodonosnicima. Tako je na primjer vrlo značajno izvorište Omble danas praktički bez zaštitnih zona i propisanih mjera zaštite. Za to područje ne da treba raditi samo novelaciju, već treba načiniti projekt od početka i to kroz međunarodnu suradnju

za prekogranične vodonosnike, jer slivovi Omble i drugih izvora u Dubrovačkom području sežu duboko u teritorij Bosne i Hercegovine. Značajno je naglasiti da je kvaliteta vode izvorišta u standardu s ostalim krškim izvorima u Hrvatskoj, ali da treba što hitnije otvoriti međunarodni istraživački projekt na tom području.

Drugo područje gdje treba puno raditi je Istra, gdje je na brojnim izvorima sve teža i teža situacija s kvalitetom vode. Zaštitne zone izvorišta rađene su sredinom osamdesetih godina i već pogled na cjelokupnu kartu zaštitnih zona pokazuje da ovdje dosta toga nije u redu. Brojne zone se presijecaju, pristup zoniranju je različit i uglavnom dosta daleko od zahtijeva novog Pravilnika. Dio kaptiranih izvora danas se obrađuje u sklopu istraživanja prekograničnih vodonosnika Hrvatske i Slovenije na području između Tršćanskog i Kvarnerskog zaljeva, pa će taj dio zasigurno biti načinjen u skladu s novim Pravilnikom, ali za veći dio poluotoka treba puno raditi.

Gotovo sva izvorišta pitke vode u krškom području Hrvatske imaju zaštitne zone i mjere zaštite (slika 1), jer to je bila zakonska obveza, međutim sve je to rađeno uglavnom temeljem ranijih rezultata istraživanja s vrlo malo dodatnih radova, a posebno ne korištenjem modernih metoda istraživanja. Ipak, posljednjih su godina načinjeni neki pozitivni pomaci za izvorište Gacke, Zadarska vodocrpilišta, izvorište Jadro i neke izvore u slivu rijeke Neretve (Prud, Klokun). Relativno je dobra situacija sa zaštitom u prirodno i urbano zasigurno najkompliciranijem području Primorsko-goranske županije, gdje su brojni veliki izvori u gradskom području (Zvir, Martinšćica), a opterećenja prostora daleko veća nego u drugim krškim slivovima.



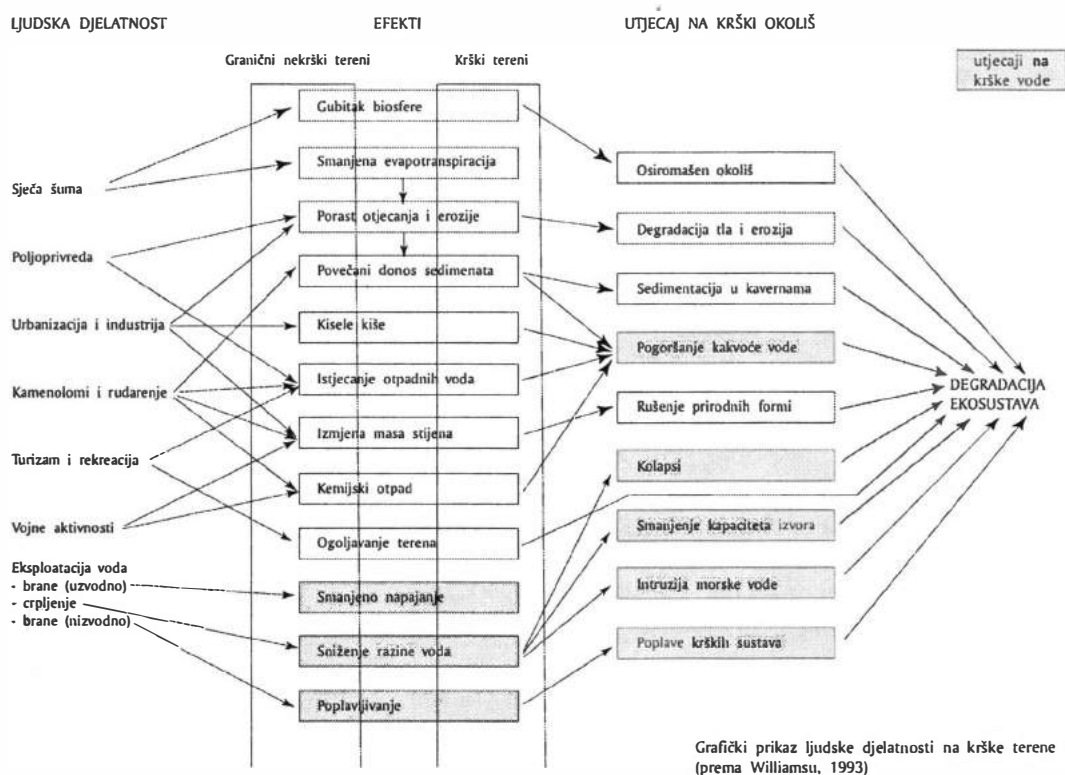
Slika 1. Zaštićena područja izvorišta pitke vode u krškom području

Treba naglasiti da su neki projekti zaštite izvorišta rađeni prema nacrtu novog Pravilnika i da za te projekte u fazi novelacije treba samo završiti posao detaljnim istraživanjima visokih zona rizika. Kao primjer se može uzeti projekt zaštite izvorišta u gornjem toku rijeke Kupe, gdje su korištene nove metode istraživanja uz vrlo detaljnu hidrološku obradu slivova.

Vrlo malo od više od tisuću naših otoka ima samostalnu ili gotovo samostalnu vodoopskrbu, pa su i sustavi zaštite vodnih resursa vrlo rijetki. Zaštitne zone ima Vransko jezero na otoku Cresu, izvorišta na otoku Krku i Rabu, na otoku Visu i dijelom na otoku Hvaru (Libora). Za otoke na kojima se danas radi u sklopu pronalaženja bočate vode i desalinizacije, zaštitu još treba napraviti.

I dok je situacija sa zaštitnim zonama izvorišta pitke vode u krškim područjima Hrvatske relativno dobra, primjena mjera i to naročito dijela sanacijskih zahvata u prostoru gotovo da i ne postoji. Otpadne vode naselja u slivovima krških izvora otpuštaju se u podzemlje praktički bez ikakvog pročišćavanja, a brojna divlja odlagališta otpada su bez kontrole i saznanja o utjecajima na prostor. Međutim, utjecaji djelovanja čovjeka na krške vodonosnike nisu samo otpadne vode i kruti otpad, već cijeli niz drugih stvari, koje su dobro izražene u grafičkom prikazu prema Williamsu (1993; slika 2).

Dakle, cijeli niz mogućih utjecaja, od kojih je za naša krška područja važno istaći intruziju morske vode duboko u krške vodonosnike, otvorene prema utjecaju mora i povremeno pogoršanje kvalitete vode na izvorištima pitke vode. Ono što je loša indicacija zbivanja su porasti trendova pogoršanja kvalitete vode u ekstremnim uvjetima. Porasti saliniteta



Slika 2. Grafički prikaz ljudske djelatnosti na krške vodonosnike (prema Williamsu, 1993)

vezani su također uz ekstremna ljetna sušna razdoblja, a posebno ako se u razmišljanja uvedu i moguće globalne klimatske promjene. Scenarij porasta razine mora do jednog metra u slijedećih sto godina može za priobalne krške vodonosnike imati katastrofalne posljedice, jer danas je već i normalna eksploatacija uklopljena u labilnu ravnotežu slatke i slane vode. Najveća pogoršanja kvalitete vode događaju se tijekom nailaska prvog vodnog vala nakon dugih sušnih razdoblja, što je također indikativno za ocjenu karakteristika krških vodonosnika. Ono što bi za pobornike velikih razrjeđenja bilo najčudnije su vrlo čisti temeljni tokovi tijekom ljetnih sušnih razdoblja, što samo upućuje na kompleksnost funkcioniranja prirodnih sustava. U posljednje vrijeme hidrogeolozi, koji se bave krškim vodonosnicima sve više razmišljaju o funkciji epikrške i nesaturirane zone. Visoka kvaliteta temeljnog toka rezultat je pozitivne funkcije epikrške zone, koja zadržava onečišćenja do prvih velikih oborina, koje ispiru onečišćenja i unose ih u saturiranu zonu i tokove vode. Međutim, treba imati na umu da je epikrška zona ograničenog prihvatnog kapaciteta i da velika onečišćenja i tijekom sušnih razdoblja dotječu do saturirane zone, što je vidljivo na izvoru Kupice u Gorskom Kotaru. Važno je istaći da zaštita izvorišta prema novom Pravilniku nema razine apsolutne vrijednosti, već što većeg smanjenja rizika od onečišćenja.

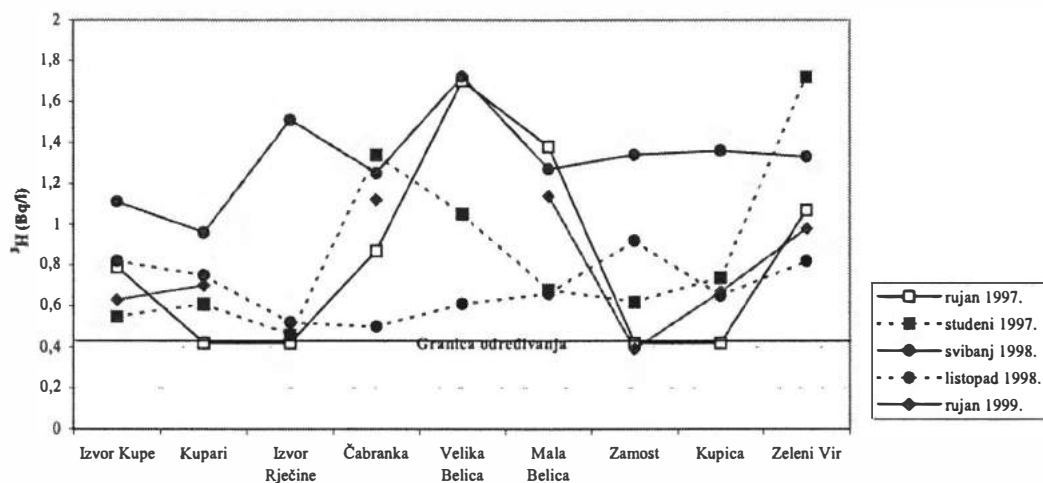
3. ŠTO JE TO NOVO U SUSTAVU ISTRAŽIVANJA?

Razmišljanja o zaštiti krških vodonosnika se mijenjaju, jer se nekadašnji pojednostavljeni in-out sustavi zamjenjuju daleko kompleksnijim dinamičkim modelom, što znači da tradicionalna hidrogeološka istraživanja treba znatno proširiti u područje hidrogeokemije, direktnih mjerenja hidrodinamičkih parametara, korištenje prirodnih trasera, identifikaciju trasera in situ, istraživanje nesaturirane i epikrške zone i posebno u interpretativnom dijelu GIS tehnologiju. Veliku pažnju treba posvetiti kartiranju ugroženosti vodonosnika (vulnerability), posebno usporedbi različitih metoda, koje se koriste u svijetu, ali i razvijati svoje vlastite pristupe, što je već započeto u području južne Istre (Kuhta, 1997). Na žalost, većina zaštitnih zona za naša izvorišta pitke vode rađena su uz korištenje isključivo tradicionalnih metoda istraživanja uz glomazne zaštitne prostore sa striktnim mjerama ograničenja i zabrana, koji na brojnim mjestima danas nepotrebno rade probleme razvoju, pa čak i izgradnji kapitalnih objekata. No, ne treba shvatiti da nove metode mogu potpuno izbrisati zaštitu i riješiti sve probleme u zaštiti bez zaštite, ali mogu pravilnije usmjeriti mjere zaštite i na mnogim mjestima racionalizirati dimenzije prostora. Od tzv. tradicionalnih metoda treba istaći neophodnost izrade dobre hidrogeološke podloge, korištenje geofizičkih metoda, ispitivanje kvalitete vode, naročito trendova promjene, izrade bilanci voda slivova, trasiranja podzemnih tokova i cijeli niz ranije korištenih metoda istraživanja. Međutim, treba se okrenuti novim sadržajima, kojima je moguće vodni sustav raščlaniti u dijelove, koji se danas još smatraju tzv. sivom zonom, a to je zadržavanje vode u podzemlju, promjene po dubini vodonosnika, određivanju porijekla vode itd.

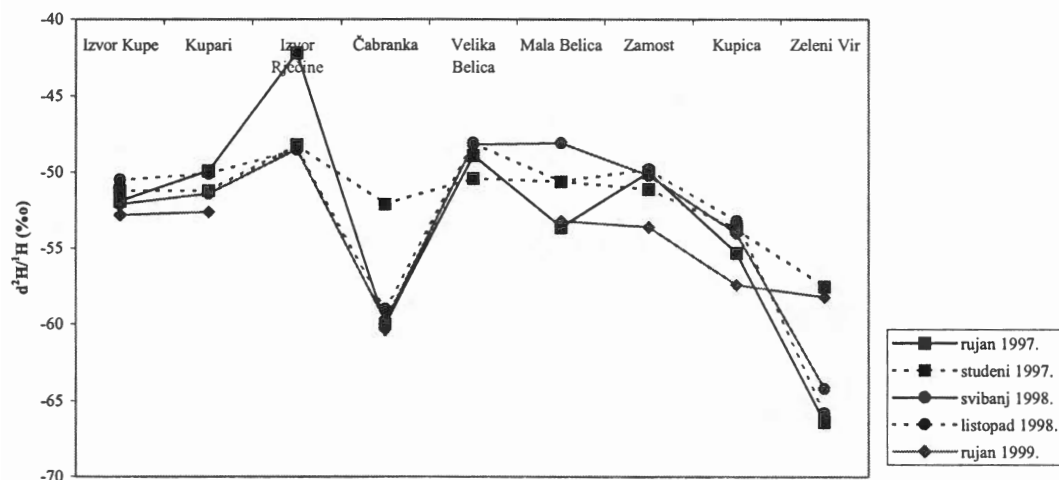
Nešto više treba reći o **hidrogeokemijskim metodama**, koje su danas u svijetu sastavni dijelovi hidrogeoloških studija regionalnog i lokalnog karaktera, a kod nas se još uvijek rijetko koriste i nisu svi potencijalni sudionici u sustavu istraživanja zaštite još bliski tom pristupu. Poznavanje hidrogeokemijskog facijesa služi u hidrogeološkoj praksi za određivanje odnosa između različitih vodonosnika, što omogućuje precizniju odredbu slivova, pa prema tome i zaštitnih zona izvorišta pitke vode. Praćenjem fizikalnih,

fizikalno-kemijskih i kemijskih pokazatelja u podzemnim vodama u različitim hidrološkim i sezonskim uvjetima mogu se prepoznati uvjeti nastanka kemijskog sastava podzemne vode i reakcije koje na to utječu u različitim hidrološkim uvjetima (T, pH, Eh, O, otopljeni organski C, osnovni kationski i anionski sastav, hranjive soli N i P, sadržaj mikroelemenata i pojedinih aniona, prirodnih trasera B, Br, J, Li, Sr, Ba, Pb, U, i dr). U sredinama, gdje je sastav podzemnih voda vrlo sličan, potrebno je kombinirati hidrokemijska mjerenja s određivanjem sastava prirodnih izotopa, koji se mogu uspješno koristiti kao prirodni traseri. Prirodni radioaktivni izotopi ^{14}C i ^3H koriste se za određivanje srednjeg vremena zadržavanja vode u podzemlju, a prirodni izotopi $\delta^{18}\text{O}$, δD , $\delta^{13}\text{C}$ se mogu koristiti za određivanje porijekla vode (nadmorska visina prihranjivanja, udaljenost od mora i dužina kontakta vode sa stijenom). Vrlo uspješno se određuje i način ponašanja pojedinog onečišćenja u vodi. Osim pravilnog načina i vremenskog rasporeda uzorkovanja i dobre analitike izuzetno su važne interpretativne metode, za što se koriste različiti modeli i statističke analize. Geokemijsko modeliranje služi za računanje specijacija i testiranje ostvarivosti i posljedica događaja, kao na pr. miješanja voda različitog porijekla (površinska – podzemna voda), uvjeta razrjeđivanja i dr. Od statističkih metoda treba izdvojiti multi varijantne statističke analize za određivanje karakterističnih odnosa pojedinih elemenata, isticanje geokemijskih prirodnih i antropogenih anomalija i dr. Za ilustraciju je prikazano nekoliko primjera iz sliva rijeke Kupe (Biondić, B. et al., 2002), koji na dobar način prikazuje distribuciju podzemne vode unutar kompleksnog sliva (slike 3 i 4).

Rezultati **trasiranja podzemnih tokova** su zasigurno najznačajniji parametar pri odredbi zaštitnih zona (brzine). U Hrvatskoj je prvo trasiranje podzemnih tokova rađeno još daleke 1939. godine u području izvorišta u Bakarskom zaljevu, a do danas je izvedeno već više stotina trasiranja u krškom području, koja se koriste u odredbi zaštitnih zona. Na žalost tijekom vremena se bitno mijenjala analitička tehnologija odredbe trasera u uzorcima, pa za ključna trasiranja izvedena prije 1980. godine predlažemo ponavljanje u sklopu novelacije projekata zaštite radi sigurnosti odredbe zaštićenih područja. Ranije su za trasiranja korišteni različiti fluorescentni materijali (Na-fluorescein, rodamin, kuhinjska sol), radioaktivne i biološke tvari. Danas je sve to zabranjeno osim ograničenih



Slika 3. Varijacije koncentracije aktivnosti tricija u izvorskim vodama



Slika 4. Varijacije sadržaja stabilnih izotopa vodika u izvorskim vodama

količina Na-fluoresceina, koji se i kod nas uglavnom koristi. Istraživači se sve više okreću prirodnim traserima, ali u ovom momentu bi bilo nemoguće cijelu Hrvatsku pokriti takvim načinom istraživanja.

U sklopu novih metoda istraživanja treba spomenuti **Geografski informatički sustav**, koji je danas u širokoj primjeni u Hrvatskoj i sve više postaje normalan alat u sustavu upravljanja vodnim resursima. Od postojećih programskih paketa može se predložiti korištenje ARC/INFO, koji koristi i Zavod za vodno gospodarstvo Hrvatskih voda, međutim važno je istaći potrebu standardizacije, jer se ponovo može dogoditi da dobijemo šarene prikaze, možda čak i direktno neupotrebljive za unošenje u prostorne planove i Vodnogospodarsku osnovu.

4. ŠTO SE MIJENJA U PROCEDURI DONOŠENJA ODLUKA I PRISTUPU ZAŠTITI?

Procedura istraživanja i pripreme za donošenje odluka o zaštiti dosta je izmijenjena u odnosu na ranije, jer su u prvom redu ugrađene dvije faze istraživanja, zatim način pripreme odluke i konačno mjesto donošenja odluka, gdje županijski uredi i skupštine uz Hrvatske vode i komunalne organizacije postaju centralne institucije za organizaciju cijelog postupka. Nije to velika novina, ali multidisciplinarni pristup, koji osigurava komisija formirana na razini županije je, i ta komisija bi trebala osigurati daleko aktivniji i fleksibilniji pristup zaštiti od ranijih isključivo administrativnih odluka. Prva faza izrade projekta (Generalna karta ugroženosti) je od izuzetnog značaja, jer daje osnovne konture zaštitnih prostora i regionalni pregled svih većih problema u slivovima. Obzirom na veličinu slivova u Dinaridima predviđeni su prikazi na M 1:50.000. U sklopu prve faze treba raditi cijeli sadržaj istraživanja i sve dodatne metode predložene u radnoj verziji Smjernica (Biondić & Mayer, 2000). Temeljem rezultata prve faze istraživanja priprema se i donosi odluka o zaštiti izvorišta pitke vode i ugrađuje u prostorne planove županijske razine i niže. Druga faza se odnosi na detaljna istraživanja visokih zona zaštite (I i II i u nekim slučajevima III), gdje su najveća ograničenja i zabrane i stoga ih temeljem saznanja o sustavima treba svesti na što je moguće manje dimenzije, jer prostor ima visoku cijenu. U sklopu novog Pravilnika su standardizirani kriteriji za određivanje zona i način

ponašanja u tim zonama, međutim značajno je istaći da odluku o zaštiti moraju pratiti i planovi sanacije stanja u skladu s Pravilnikom. Za osiguranje aktivnog pristupa zaštiti predlažemo da se komisiji za pripremu odluke produži mandat i na primjenu odluka, što je značajno za daljnji razvoj u zaštićenim područjima i donošenje pojedinih odluka, koje mogu i odstupati od zacrtanih Pravilnikom.

5. KAKO OSIGURATI NOVELACIJU ZAŠTITE IZVORIŠTA U SKLADU S NOVIM PRAVILNIKOM?

Izgleda potpuno nemoguće uskladiti postojeće zone izvorišta pitke vode u krškim područjima s novim Pravilnikom u tako kratkom roku, međutim to ne smije biti razlog potpunog odustajanja od aktivnosti na zaštiti, jer bi to moglo imati katastrofalne posljedice za vodne resurse. Treba posebno naglasiti da je zaštita vodnih resursa trajna briga jednako kao i briga za zdravlje stanovništva i da bez obzira na sada neophodnu novelaciju u skladu s novim Pravilnikom treba stalno u sustav zaštite vodnih resursa ugrađivati nova znanja. Treba naglasiti da bi pobornici isključivo tehničkih rješenja u pripremi pitke vode na kraju izgubili bitku, jer potpuni prestanak kontrole u slivovima može izazvati stalno povećanje opterećenja prostora, pa tako i povećanje opterećenja vodonosnika s vrlo čestom potrebom promjena tehnoloških procesa i konačnim pretvaranjem izvorišta i rijeka u tokove otpadne vode.

No, vratimo se zaštiti vodnih resursa u današnjem trenutku i što možemo učiniti za poboljšanje stanja, posebno u dijelu primjene mjera zaštite u zaštićenim prostorima. Prvi korak trebao bi biti kvalitetna profesionalna ocjena postojećeg sustava zaštite i izrada programa prioritetnih istraživanja, koje je realno moguće načiniti u razdoblju do konačnog roka usklađenja s novim Pravilnikom, a čiji bi rezultati mogli znatno povećati stupanj saznanja o prirodnim sustavima. Kod toga treba voditi računa o uključenju navedenih novih metoda istraživanja. Obzirom da su županije centar zbivanja u zaštiti treba što hitnije osnovati multidisciplinarne komisije, koje bi trebale koordinirati aktivnosti u pripremi novelacije odluka o zaštiti u skladu s novim Pravilnikom. Neke županije su već osnovale ili su u osnivanju komisija. Ukoliko se radi o bitnim promjenama zaštitnih zona, trebalo bi već nakon izrade programa i eventualne pripreme novog rasporeda zaštitnih zona donijeti privremene odluke, a nakon izvršenja programa, konačnu odluku o zaštiti.

Drugi veliki problem je prostiranje slivova izvorišta pitke vode u nama susjedne države i sustav zaštite će trebati usklađivati kroz bilateralne ili međunarodne projekte. Samo jedan takav projekt je u tijeku i to između Hrvatske i Slovenije na sjevernom rubu Istarskog poluotoka. Sva ostala područja su potpuno otvorena, od sliva rijeke Kupe, preko Une, Krke, Cetine i Neretve. Prema tome najznačajniji naši budući partneri u zajedničkim projektima će biti Slovenija i Bosna i Hercegovina i jasno Državna uprava za vode Republike Hrvatske i Hrvatske vode u koordinaciji te međunarodne suradnje kroz zajedničke komisije s tim zemljama.

Slijedeća važna aktivnosti je snimanje stanja primjene mjera zaštite po slivovima i određivanje prioriteta sanacijskih zahvata, što je također posao komisije, ali ih treba uskladiti sa strateškim dokumentima Zavoda za vodno gospodarstvo Hrvatskih voda. Primjena mjera, osim za nove objekte, je možda najslabija točka sustava zaštite i u tom se području može najviše napraviti. Najveći pomaci se mogu načiniti kroz izgradnju

novih objekata, kroz nove investicije, jer je za sanaciju generalno najteže osigurati financijska sredstva. Dobar primjer su nove autoceste kroz krška područja, gdje će biti skrenut praktički sav promet s današnjih cesta, a odvodnja je kontrolirana uz određeni stupanj pročišćavanja prije upuštanja u krško podzemlje, što u prkos novog sadržaja donosi bitno poboljšanje stanja u prostoru i bolju situaciju za izvorišta pitke vode u odnosu na ranije. Dobra organizacija zaštite izvorišta pitke vode zahtijeva izradu planova sanacijskih zahvata za svako izvorište pitke vode zasebno s prioritetima.

Pitka voda početkom 21. stoljeća dobiva izuzetan značaj u svijetu ne sasvim slučajno, a UN su 2003. godinu proglasili godinom pitke vode. Više od polovice čovječanstva ima problema s osiguranjem pitke vode, a jedna trećina praktički žeda. Veliki dio vodnih resursa u svijetu pod visokim je stupnjem onečišćenja, posebno u urbanim i poljoprivrednim područjima na svim kontinentima. Visok sadržaj nitrata u podzemnim vodama razlog su da najveći dio razvijenog svijeta pije vodu samo iz boca, koje se pune u čistim planinskim područjima ili se eksploatiraju iz dubokih vodonosnika, a Hrvatska je još uvijek u situaciji piti svoju podzemnu vodu uz minimum tretmana iz podzemlja. Krški vodonosnici kod toga imaju posebnu vrijednost i stoga naša je odgovornost i prednost efikasno zaštititi te vodonosnike, ali uz razuman razvoj prostora takovih dimenzija, koje osiguravaju održivost vodnih resursa.

Veliki problem novelacije je i unošenje zaštitnih zona u prostorne planove županija, jer ti prostorni planovi su već gotovi i novi prostorni raspored zaštitnih zona može donijeti puno problema u njihovom efikasnom praćenju kroz prostorne planove. To treba posebno dogovoriti s prostornim planerima, jer i prostorni planovi podliježu novelacijama u određenom vremenskom hodu.

Puno još treba napraviti na području edukacije stanovništva, posebno u zaštićenim područjima i otkrivati prednosti ekološki održivog razvoja, ali ne treba zaboraviti i visoko stručnu edukaciju sudionika u izradi podloga zaštite i upravljanju vodnim resursima, jer neophodno je u projekte zaštite unijeti nove metode istraživanja. Možda je došlo vrijeme uspostave institucijske organiziranosti u zaštiti vodnih resursa, jer puno budućih razvojnih smjerova u Hrvatskoj ovisi o zdravoj pitkoj vodi.

6. ZAKLJUČAK

Zaštita izvorišta pitke vode u krškim područjima jedna je od najznačajnijih vodnogospodarskih aktivnosti u nadolazećem vremenu, jer jedino na taj način možemo sniziti razine rizika u okolišu tijekom budućeg razvoja zemlje. Sustav zaštite treba u svakom slučaju ići smjerom preventivnih mjera, ali paralelno treba izraditi planove i prioritete sanacijskih zahvata i to provoditi u skladu s novim Pravilnikom o zaštiti izvorišta pitke vode. Zaštite izvorišta s prekograničnim slivovima treba raditi kroz međunarodne projekte kao što se to radi za dio krškog područja između Hrvatske i Slovenije. Predlaže se što hitnije osnovati multidisciplinarnu komisije po županijama i načiniti ocjenu stanja s programima neophodnih dodatnih radova za postizanje optimalnih rješenja u zaštiti. Temeljem ocjene stanja i programa za neka područja gdje je to potrebno donijeti privremene mjere zaštite, a kroz program dodatnih radova doći do konačne odluke. Izgleda radno zastrašujuće, a financijski još gore, međutim prvi se korak osnivanjem komisija po županijama i ocjene stanja može provesti vrlo brzo i bez velikih financijskih sredstava, a daljnje aktivnosti i veličine programa uskladiti vremenski i financijski u skladu sa stručnim i materijalnim mogućnostima.

7. DOKUMENTACIJA

- Appelo, C.A.J. & Postma, D. (1994): Geochemistry, groundwater and pollution. Balkema, Rotterdam, Netherland.
- Biondić, B. & Dukarić, F. (1993): Vodni resursi općine Rijeka. Hrvatske vode 1, Zagreb.
- Biondić, B., Kapelj, S. & Mesić, S. (1997): Natural tracers – Indicators of the origin of the Vrana lake on Cres island, Croatia. 7th IAH conf. Portorož, Balkema, Rotterdam, Netherland.
- Biondić, B. & Mayer, D. (2000) Smjernice i Pravilnik o zaštiti izvorišta pitke vode u Hrvatskoj. Fond str. dok. IGI, Zagreb.
- Biondić, B., Kapelj, S., Biondić, D., Biondić, R. & Novosel, A. (2002): Studija ugroženosti sliva gornje Kupe. Arhiv IGI, Zagreb.
- Fritz, F. & Ramljak, T. (1992): Zaštitne zone izvorišta pitke vode u kršu. Građevinar 44/5, Zagreb.
- Kuhta, M. (1997): Zaštita izvorišta pitke vode u Istri. Analiza ugroženosti podzemnih voda na području Pulskih bunara. Hidrogeološka istraživanja. Arhiv IGI, 060/97, Zagreb.
- Miletić, P., Biondić, B., Fritz, F. & Heinrich-Miletić, M. (1989): Novi pristup evidenciji i gospodarenju rezervama podzemnih voda u Republici Hrvatskoj. Geol. Vjesnik 42, Zagreb.
- Vazdar, T. & Mayer, D. (1994): Problematika određivanja zaštitnih zona izvorišta pitke vode u Republici Hrvatskoj. Hrvatske vode 2, Zagreb.
- Wiliams, P.W. (ur.) (1993): Karst Terrains: Environmental Changes and Human Impact.- Catena Supplement, 25, 268 p.

Autori:

- Prof. dr. Božidar Biondić, Geotehnički fakultet-Varaždin, Sveučilište u Zagrebu,
Hallerova aleja 7, HR-42000, Varaždin
- Mr. sc. Ranko Biondić, Institut za geološka istraživanja, Zavod za hidrogeologiju i
inženjersku geologiju, Sachsova 2, HR-10000, Zagreb

Tema 1.

HIDROLOŠKE I KLIMATSKE ZNAČAJKE NA PODRUČJU HRVATSKE

Voditelji i recenzenti teme:

dr. sc. Marjana Gajić-Čapka i prof. dr. sc. Ranko Žugaj



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 1.01.

Hidrološki informacijski sustav HIS2000

Gordana Bušelić, Boris Lovošević, Dijana Oskoruš

SAŽETAK: U Službi za hidrologiju Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske već treću godinu se intenzivno radi na razvoju i implementaciji novog informacijskog sustava, nazvanog HIS2000. Zadatak sustava je osigurati kvalitetno, pouzdano i brzo prikupljanje svih tipova hidroloških informacija, njihovo arhiviranje, obradu i distribuciju korisnicima.

HIS2000 je složen i suvremen informacijski sustav. Čine ga četiri osnovne, međusobno zavisne i povezane cjeline:

- računalna oprema, komunikacijski sustav i operacijski sustav
- sustav baze podataka i systemska programska podrška
- aplikacijska programska podrška za rad u lokalnoj mreži
- aplikacijska programska podrška za rad s udaljenih lokacija.

Ideja rada je pobliže predstaviti koncepciju informacijskog sustava HIS2000, s posebnim osvrtom na bazu podataka koja čini centralni dio sustava. Autori rada ujedno su i nositelji razvoja sustava.

KLJUČNE RIJEČI: Državni hidrometeorološki zavod, informacijski sustav, baza podataka

HIS2000 Hydrological Information System

SUMMARY: The Hydrology Department of the Meteorological and Hydrological Service of the Republic of Croatia has been intensively engaged for three years on development and implementation of a new information system referred to as HIS2000. The system is intended for quality, reliable and fast collecting of all sorts of hydrological information, their storing, processing, and distribution to users.

HIS2000 is a complex and modern information system. It consists of four basic interdependent and interrelated features:

- hardware, communication system and operating system
- database system and software
- local network application software
- remote locations application software.

The paper reports in detail on the HIS2000 information system concept, focusing specifically on the database as a core part of the system. The authors of the paper are the system developers.

KEYWORDS: Meteorological and Hydrological Service, information system, database

UVOD

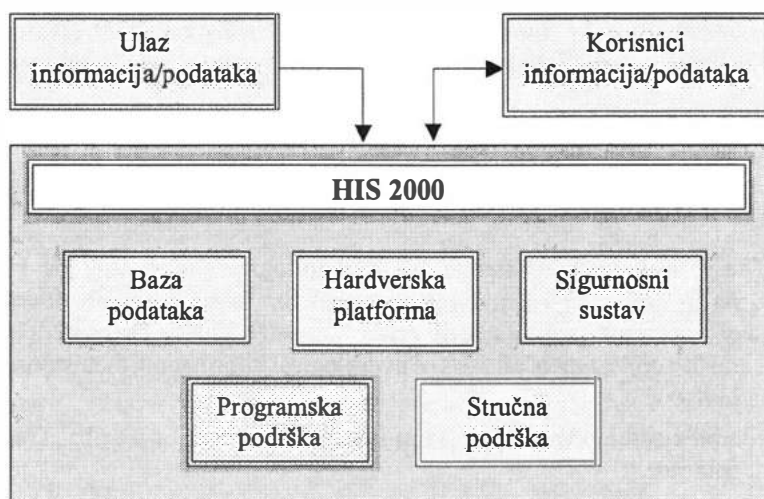
U Službi za hidrologiju Državnog hidrometeorološkog zavoda još je od 1983. godine bio u upotrebi Hidrološki Informacijski Sustav (HIS) razvijen prvobitno za rad na računalu HP1000, a zatim prerađen za rad na računalu VAX. HIS je bio zajednički projekt pokrenut od strane DHMZ-a, Vodoprivrede Hrvatske i Elektroprivrede Hrvatske, i u ono doba je predstavljao dobro organiziran sustav prikupljanja, arhiviranja, osnovne obrade i pretraživanja hidroloških podataka. DHMZ je brinuo o sadržaju baze podataka i kopiju ažurirane baze periodično dostavljao ovlaštenim korisnicima. Dakle, HIS je, u nekoliko kopija, istovremeno i nepovezano funkcionirao na nekoliko lokacija.

Značajan razvoj informatičke tehnologije, kako na polju računalne opreme, tako i u programskoj podršci, doveo je do potrebe za razvojem novog informacijskog sustava. Trebalo je i uzeti u obzir nove načine prikupljanja, obrade i distribucije podataka, te bitno promijenjene (narasle) potrebe korisnika. Također je trebalo riješiti problem 2000. godine, što stari sustav nije osiguravao.

Krajem 1999. godine pokrenut je u Službi za hidrologiju razvoj hidrološkog informacijskog sustava pod nazivom HIS2000. Sustav je danas operativan i, iako još nedovršen, značajno je osuvremenio korištenje hidroloških podataka i informacija.

OSNOVNE KARAKTERISTIKE SUSTAVA

HIS2000 je niz organizacijskih, hardverskih, softverskih i komunikacijskih struktura koje osiguravaju kvalitetno, pouzdano i brzo prikupljanje hidroloških informacija, njihovo arhiviranje, obradu i distribuciju korisnicima (sl. 1).



Slika 1. Osnovna struktura sustava HIS2000

Pri izradi sustava postavljeno je nekoliko osnovnih kriterija:

- **organizacija sustava na jednom mjestu (DHMZ) i osiguravanje kvalitetnog pristupa svim potencijalnim korisnicima**
- **rad na suvremenim računalnim konfiguracijama**
 - rad na PC kompatibilnim računalima pod Windows 9x/NT4.0/2000 operacijskim sustavom, uz mogućnost da baza podataka bude instalirana i na drugim, npr. UNIX platformama)

- rad u lokalnoj mreži (LAN)
- korištenje novih tehnologija za pohranu i distribuciju podataka
- **moderno koncipirana relacijska baza podataka**
 - baza podataka kreirana i održavana na nekom od suvremenih RDBMS sustava (u ovom slučaju to je InterBase RDBMS)
 - neograničena mogućnost proširivanja količine podataka
 - neograničena mogućnost proširivanja strukture baze podataka (dodavanje novih tabela, tipova podataka i općenito mogućnost proširivanja vrste informacije u bazi)
 - mogućnost veze s drugim bazama podataka
 - riješen problem 2000. godine
 - integriranje baze podataka o nivoima podzemnih voda u HIS2000
- **programaska podrška prilagođena suvremenim korisničkim potrebama**
 - rad u grafičkom WINDOWS okruženju
 - višekorisnički rad u lokalnoj mreži
 - za udaljene korisnike moguć pristup podacima preko Interneta
- **programaska podrška za grafički pregled i obradu podataka**
 - puna kontrola nad pravima pristupa podacima pojedinih korisnika
 - evidencija pristupa i korištenja baze podataka
 - podrška za konverziju podataka u druge formate radi korištenja u komercijalnim programima
- **podrška za nove načine prikupljanja i distribucije podataka**
 - podrška za unos u bazu podataka sa elektronskih limnigrafa i njihovu obradu
 - podrška da digitalizaciju limnigrama direktno u bazu podataka
 - podrška za distribuciju podataka korisnicima u obliku elektronskih dokumenata
 - podrška za on-line distribuciju podataka udaljenim korisnicima preko Interneta.

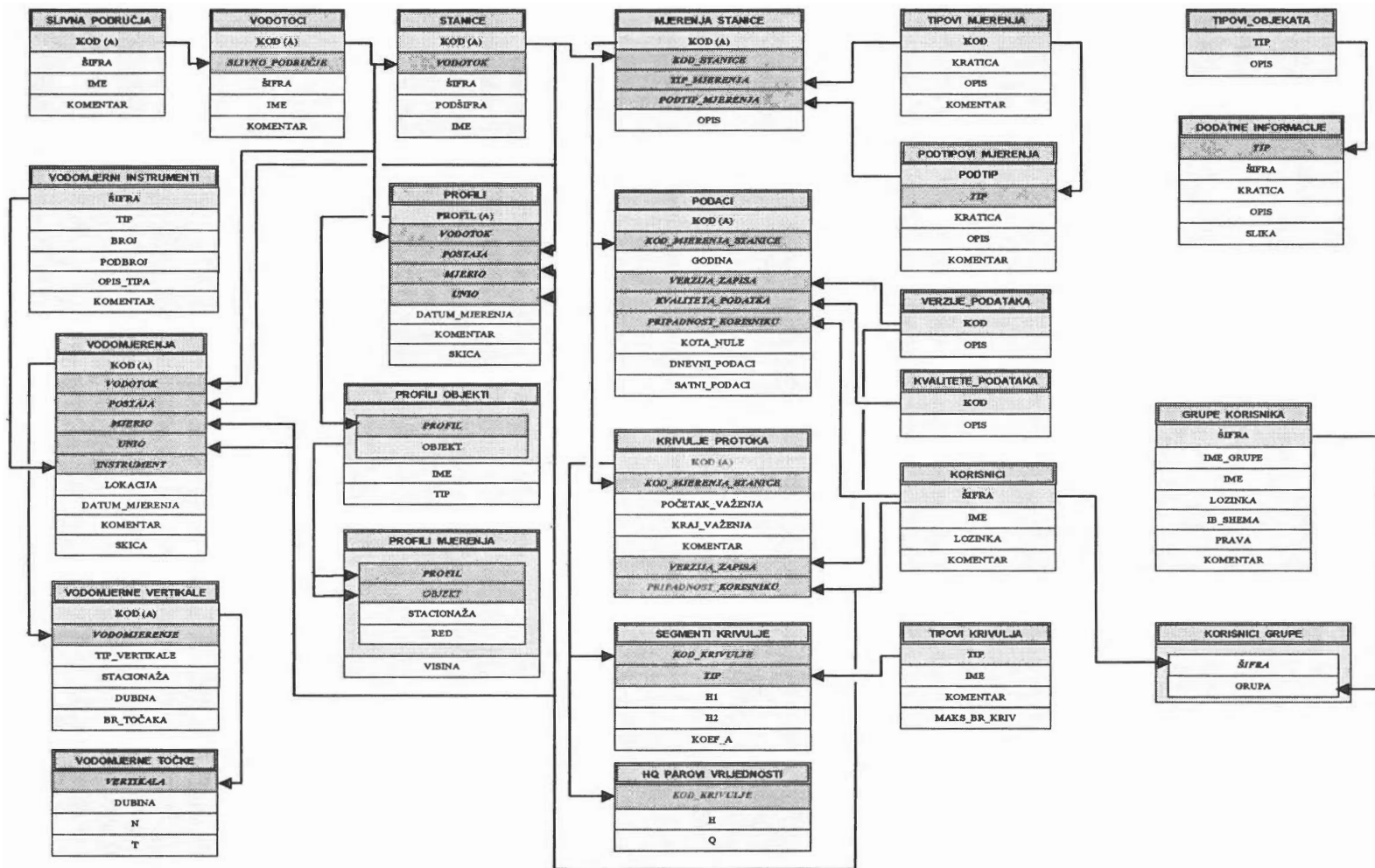
Prednosti organizacije sustava na jednom mjestu su u povećanju pouzdanosti, olakšanom ujednačavanju i standardizaciji različitih vrsta obrada podataka i izlaznih rezultata, lakšoj standardizaciji označavanja objekata u bazi i usklađivanju s međunarodnim standardima. Nadalje, na ovaj način je korisniku osiguran trenutni pristup svakoj ažuriranoj informaciji u bazi.

Hardverska platforma, koja sadrži sve fizičke pretpostavke za funkcioniranje i održavanje sustava te osigurava fizičku razinu komunikacijskog sustava (LAN, Internet), također se lakše organizira i održava na jednom mjestu. Osnovu hardverske platforme čini centralno serversko računalo. Uz njega je rezervno računalo s automatskom sinhronizacijom baza, koje osigurava nesmetan on-line pristup u slučaju kvara glavnog računala.

BAZA HIDROLOŠKIH PODATAKA (BHP)

Baza hidroloških podataka predstavlja središnji dio HIS-a. Struktura baze veoma je složena (sl. 2), a osnovu joj čini nekoliko funkcionalnih komponenti:

- strukture koje osiguravaju kvalitetan relacijski zapis hidroloških i drugih podataka
- strukture koje osiguravaju zapis određenih sistemskih informacija, npr. podataka o pravima pristupa korisnika, vođenje evidencije o pristupu i automatskim aktivnostima unutar baze, vođenje nekih statističkih evidencija i sl.
- strukture i mehanizmi koji osiguravaju izvršavanje automatskih obrada ili obrada na zahtjev, a koje se izvršavaju unutar same baze podataka, odnosno servera baze podataka.



Slika 2. HIS2000 – Dio relacijske strukture baze podataka

Zapis informacija organiziran je u obliku niza međusobno relacijski povezanih tabela:

Tabele koje sadrže informacije o hidrološkim stanicama i mjerenjima

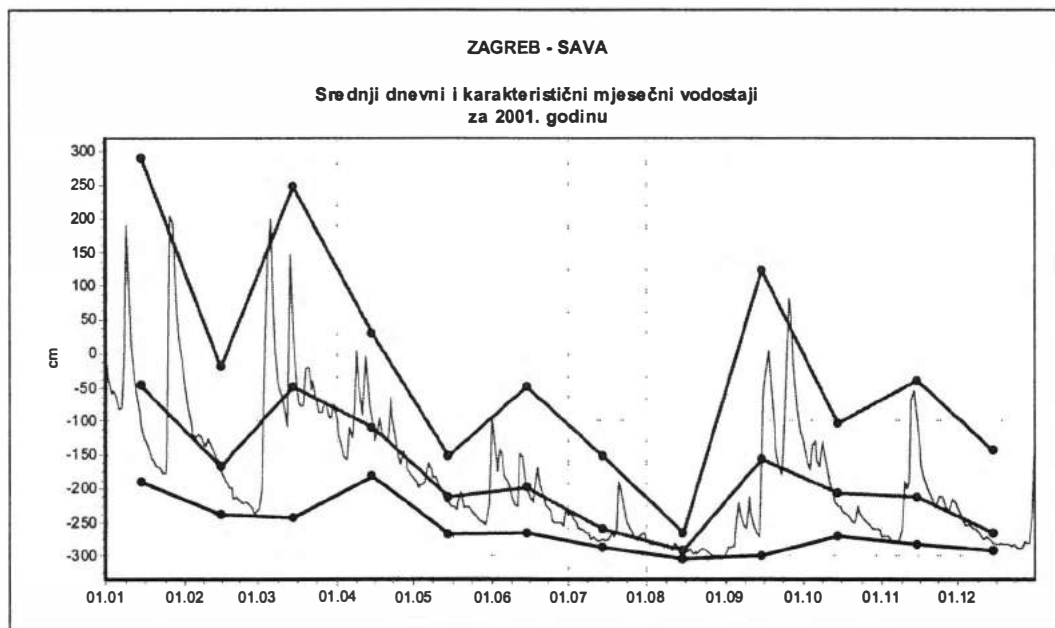
- **Tabela slivnih područja**, sadrži opće podatke o slivnom području. Automatski se vodi evidencija o broju vodotokova i stanica koje određenom slivnom području pripadaju.
- **Tabela vodotokova**, sadrži opće podatke o vodotoku. Automatski se vodi evidencija o broju stanica koje pripadaju određenom vodotoku.
- **Tabela stanica**, sadrži opće podatke o hidrološkoj stanici (naziv, koordinate, početak i kraj rada, historijat i sl.).
- **Tabela mjerenja stanice**, sadrži informacije o određenom tipu hidrološkog mjerenja koje se vrši na nekoj stanici (npr. mjerenje vodostaja, temperature, protoka itd.). Automatski se iz pohranjenih podataka izračunavaju i pohranjuju ekstremi (minimum i maksimum) pojedinog mjerenja.
- **Tabela godišnjeg zapisa podataka**, sadrži niz informacija o mjerenjima u periodu od jedne godine. Pohranjuju se dnevne vrijednosti mjerenja, satne vrijednosti (ako postoje), mjesečni ekstremi i srednjaci. Godišnji ekstremi i srednjaci izračunavaju se i pohranjuju automatski kod svake promjene podataka.
- **Tabela krivulja protoka zajedno s tabelom segmenata krivulje i tabelom HQ parova vrijednosti** sadrži podatke potrebne za izračunavanje vrijednosti protoka iz pripadne vrijednosti vodostaja. (U ovim tabelama teoretski mogu biti pohranjeni podaci za izračunavanje i neki drugih zavisnih vrijednost).
- **Tabela profila zajedno s tabelom objekata profila i tabelom mjerenja profila** sadrži podatke potrebne za obradu i iscrtavanje poprečnih profila korita.
- **Tabela vodomjerenja zajedno s tabelama vodomjernih instrumenata, vodomjernih vertikalna i vodomjernih točaka** sadrži sve potrebne strukture za pohranu ulaznih podataka vodomjerenja, obradu vodomjerenja i pohranu rezultata vodomjerenja.

Tabele koje sadrže dodatne (sistemske) informacije

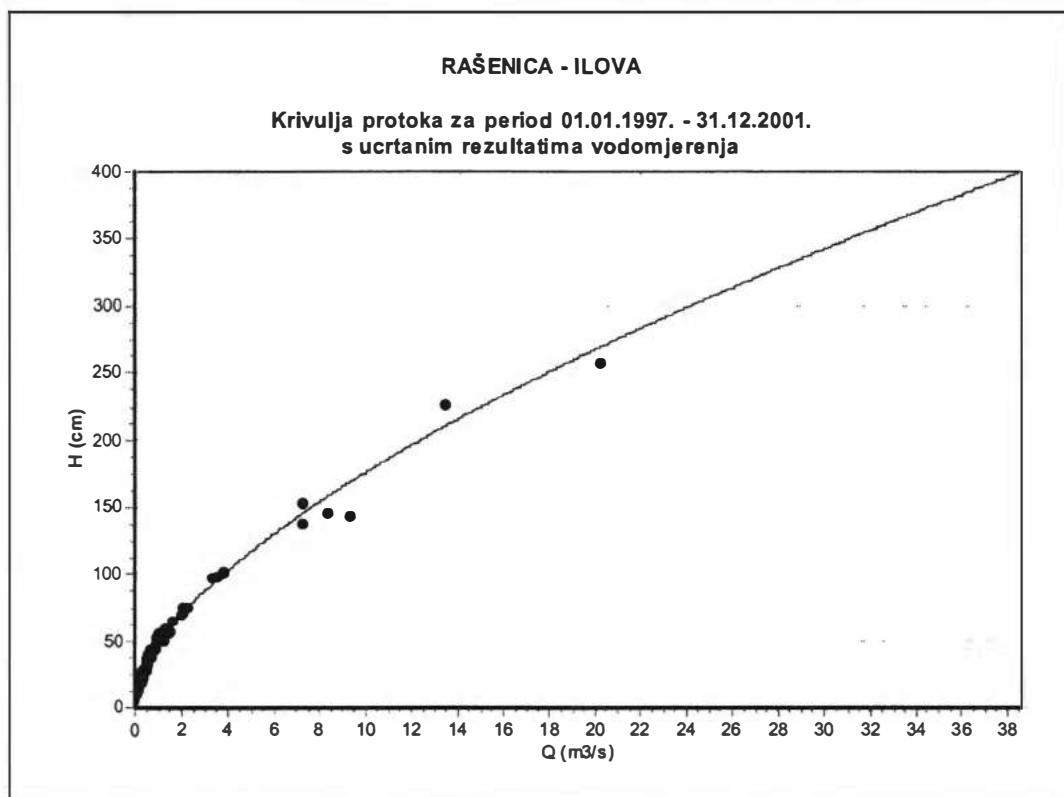
- U ovu grupu spadaju tabele koje sadrže informacije koje osiguravaju ispravno i kvalitetno funkcioniranje baze podataka. Pristup ovim tabelama omogućen je samo administratoru baze podataka. Neke iz ove grupe tabele su tabela tipova i podtipova mjerenja, verzija podataka, kvalitete podataka, tipova krivulja, tabela korisnika, grupa korisnika, tabela evidencije rada i dr.

Tabela dodatnih informacija

- Tabela dodatnih informacija ima važnu ulogu u strukturi baze podataka budući da omogućava da svakom pojedinom zapisu iz bilo koje od tabele bude pridružen jedan ili veći broj zapisa u ovoj tabeli. Zapis u ovoj tabeli može biti bilo kojeg tipa, a za sada se najčešće koristi za pohranu skica, fotografija i dodatnih tekstova. Ovakav pristup omogućava da se veoma lako proširi struktura zapisa u pojedinoj tabeli i bez restrukturiranja baze podataka.



Slika 4. Grafički prikaz dnevnih i karakterističnih mjesečnih vodostaja



Slika 5. Grafički prikaz krivulje protoka

Naime, u sklopu projekta HIS2000 razvijena je posebna systemska aplikacija **HISInternetServer**. Ona komunicira s korisničkom aplikacijom preko TCP protokola preko posebnog porta, osigurava zaštitu od neovlaštenog pristupa, osigurava brzu i sigurnu komunikaciju (prijenos informacija u komprimiranim i kriptiranim paketima). Uz to osigurava detaljnu evidenciju pristupa i rada i omogućuje automatsko instaliranje novijih verzija korisničkih aplikacija. Sve korisničke aplikacije razvijene za rad u lokalnoj mreži moguće je relativno jednostavno preurediti za rad preko HISInternetServera.

Ovaj način pristupa BHP-u realiziran je u Hrvatskim vodama.

ZAKLJUČAK

Dugogodišnje iskustvo Službe za hidrologiju DHMZ-a u korištenju starog HIS-a i ostvareni stupanj razvoja informatičkih tehnologija bili su odlični preduvjeti za razvoj novog hidrološkog informacijskog sustava, koji će moći zadovoljiti narasle potrebe korisnika. Dosada postignuti rezultati u velikoj mjeri zadovoljavaju te potrebe, ali nužno je osigurati kontinuirani rad i osuvremenjavanje svih komponenti sustava.

LITERATURA:

1. Interbase 7 documentation (2002), Borland Software Corporation
2. ASTA 3 for Delphi (2002), ASTA Technology Group Inc
3. Delphi 6-7 documentation (2001-2002), Borland Software Corporation
4. IBOObjects documentation (2000-2002), Computer Programming Solutions
5. ReportBuilder for Delphi documentation (2002-2003), Digital Metaphors
6. HIS2000 - projektna dokumentacija (2000-2002), DHMZ, Zagreb

Autori:

Radna grupa za razvoj HIS-a, Služba za hidrologiju, DHMZ RH
Zagreb, Grič3, tel. (01) 48 51 524, fax (01) 48 51 523

Gordana Bušelić, dipl.ing.mat.

koordinator razvoja, voditelj grupe

buselic@cirus.dhz.hr

Dijana Oskoruš, ing.građ.

koordinator za korisnička pitanja, administrator baze

oskorus@cirus.dhz.hr

Boris Lovošević

programer

loboris@cirus.dhz.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 1.02.

Klimatske prilike slivova Drave i Dunava

Marjana Gajić-Čapka, Ksenija Zaninović

SAŽETAK: Podaci o klimatskom potencijalu Hrvatske, koji se iznose u ovom radu, dio su meteorološke studije za Vodnogospodarsku osnovu Republike Hrvatske. Prikazane su opće klimatske prilike jednog vodnog područja pomoću onih meteoroloških veličina koje su bitne u hidrološkom ciklusu. Prema podacima srednjih mjesečnih temperatura zraka i količina oborine odabranih meteoroloških postaja na slivovima Drave i Dunava diskutiran je njihov prosječni godišnji hod. Prema tim karakteristikama pridružena je tom području klasifikacija klime prema Köppenu. Prikazane su osnovne karakteristike maksimalnih dnevnih količina oborine i srednjih godišnjih ruža vjetra.

Poznavanje vodne ravnoteže u gospodarenju vodama ima veliku važnost zbog poznavanja gubitaka vode zbog isparavanja i obnavljanja vodnih rezervi viškom vode koja ostaje od oborine nakon zadovoljavanja potreba za isparavanjem i procjeđivanjem u tlo da bi se nadoknadio manjak vlage u tlu, a koja otjecanjem tada odlazi u vodne tokove. Stoga su iz meteoroloških podataka - srednjih mjesečnih temperatura zraka, količine oborine, relativne vlažnosti zraka, srednje godišnje brzine odnosno jačine vjetra na lokaciji, te pedoloških podataka o maksimalnom kapacitetu tla proračunate Palmerovom metodom komponente vodne ravnoteže. Za odabrane lokacije na slivovima Drave i Dunava prikazane su proračunate mjesečne i godišnje vrijednosti potencijalne evapotranspiracije, procjeđivanja i otjecanja i analiziran njihov godišnji hod.

KLJUČNE RIJEČI: slivno područje, Drava, Dunav, temperatura zraka, oborine, evapotranspiracija

Climate Conditions Across the Drava and Danube River Catchments

SUMMARY: Climate potential across the Drava and Danube River catchment presented in the Water Resources Management Plan for the Republic of Croatia is reported in this paper. The climate conditions are presented through the meteorological parameters relevant for the hydrological cycle. According to the mean monthly air temperature and precipitation values for selected meteorological stations across the observed catchment their mean annual courses have been discussed. The Köppen classification has been judged by means of these results. Additionally, the characteristics of maximum daily precipitation and mean annual wind roses have been analyzed. The analysis of water balance in water management is of great importance because of the knowledge of water losses due to evaporation and replenishment of water resources with the water, which remains after the evaporation and recharge. The runoff of this water refills the river flows. Therefore, the components of water balance were estimated by means of Palmer procedure, with meteorological and pedological parameters as input data. For selected locations over Drava and Danube River catchments the annual courses of potential evapotranspiration, recharge and runoff were analyzed.

KEYWORDS: catchment, Drava, Danube, air temperature, precipitation, evapotranspiration

1. UVOD

Podaci o klimatskom potencijalu Hrvatske, koji se iznose u ovom radu, dio su meteorološke studije za Vodnogospodarsku osnovu Republike Hrvatske i predstavljaju dio stručno-znanstvenih podloga o prirodnim cimbenicima za upravljanje vodama i za planiranja u vodnom gospodarstvu Hrvatske. Time se podaci o klimatskom potencijalu Hrvatske uključuju u planske dokumente za strategiju korištenja voda, zaštitu voda i zaštitu od štetnog djelovanja voda na slivu, vodnom području i teritoriju države. Meteorološki podaci koji su potrebni za izradu planskih dokumenata odnose se na one meteorološke veličine koje su bitne u hidrološkom ciklusu.

U radu su prikazane opće klimatske prilike jednog vodnog područja pomoću prosječnog godišnjeg hoda temperature i oborine te pomoću njih pridružene Köppenove klasifikacije klime, te ekstremnih temperatura zraka, maksimalnih dnevnih količina oborine i strujnog režima. U drugom dijelu procijenjene su mjesečne vrijednosti potencijalne evapotranspiracije, procjeđivanja i otjecanja, komponenata vodne ravnoteže važnih u gospodarenju vodama.

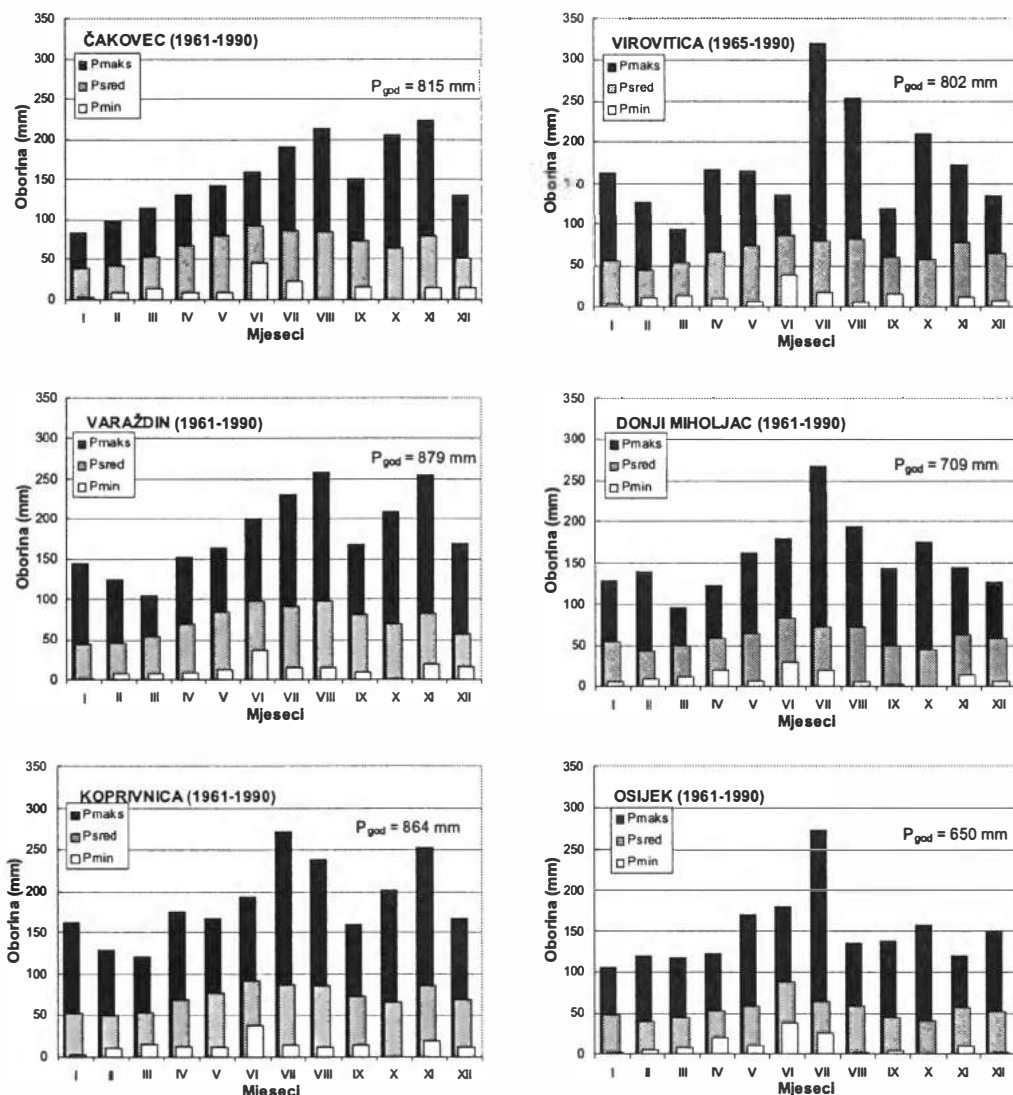
2. OPĆE KLIMATSKE PRILIKE

Područje Hrvatske u koje spada vodno područje slivova Drave i Dunava ima umjereno kontinentalnu klimu. Ono se nalazi u cirkulacijskom pojasu umjerenih širina gdje su promjene vremena česte i intenzivne. Klima je modificirana lokalnim uvjetima kao što su reljef, udaljenost od mora, doline rijeka.

U sustavima niskog tlaka, ciklonama i dolinama, sukobljavaju se različite zračne mase i na njihovoj se granici pojačava strujanje, pada oborina praćena grmljavinom i to tijekom cijele godine, a osobito u proljeće i početkom ljeta. Nasuprot tome, u sustavima visokog tlaka, anticiklonama i grebenima, vrijeme je mirno i stabilno. To su razdoblja vrlo toplog i sunčanog ljeta, zatim mirni i sunčani jesenji dani, te mirno, hladno i najčešće tmurno, maglovito vrijeme tijekom zime.

Prema Köppenovoj klasifikaciji klime [1], koja uvažava bitne odlike srednjeg godišnjeg hoda temperature zraka i oborine, vodno područje slivova Drave i Dunava ima umjereno toplu kišnu klimu kakva vlada u velikom dijelu umjerenih širina (Cfwbx"). Srednja temperatura najhladnijeg mjeseca viša je od -3°C i niža od 18°C , a srednja mjesečna temperatura viša je od 10°C tijekom više od četiri mjeseca u godini, sa srednjom temperaturom najtoplijeg mjeseca nižom od 22°C (b). Tijekom godine nema izrazito suhih mjeseci, a mjesec s najmanje oborine je u hladnom dijelu godine (fw). U godišnjem hodu oborine javljaju se dva maksimuma (x").

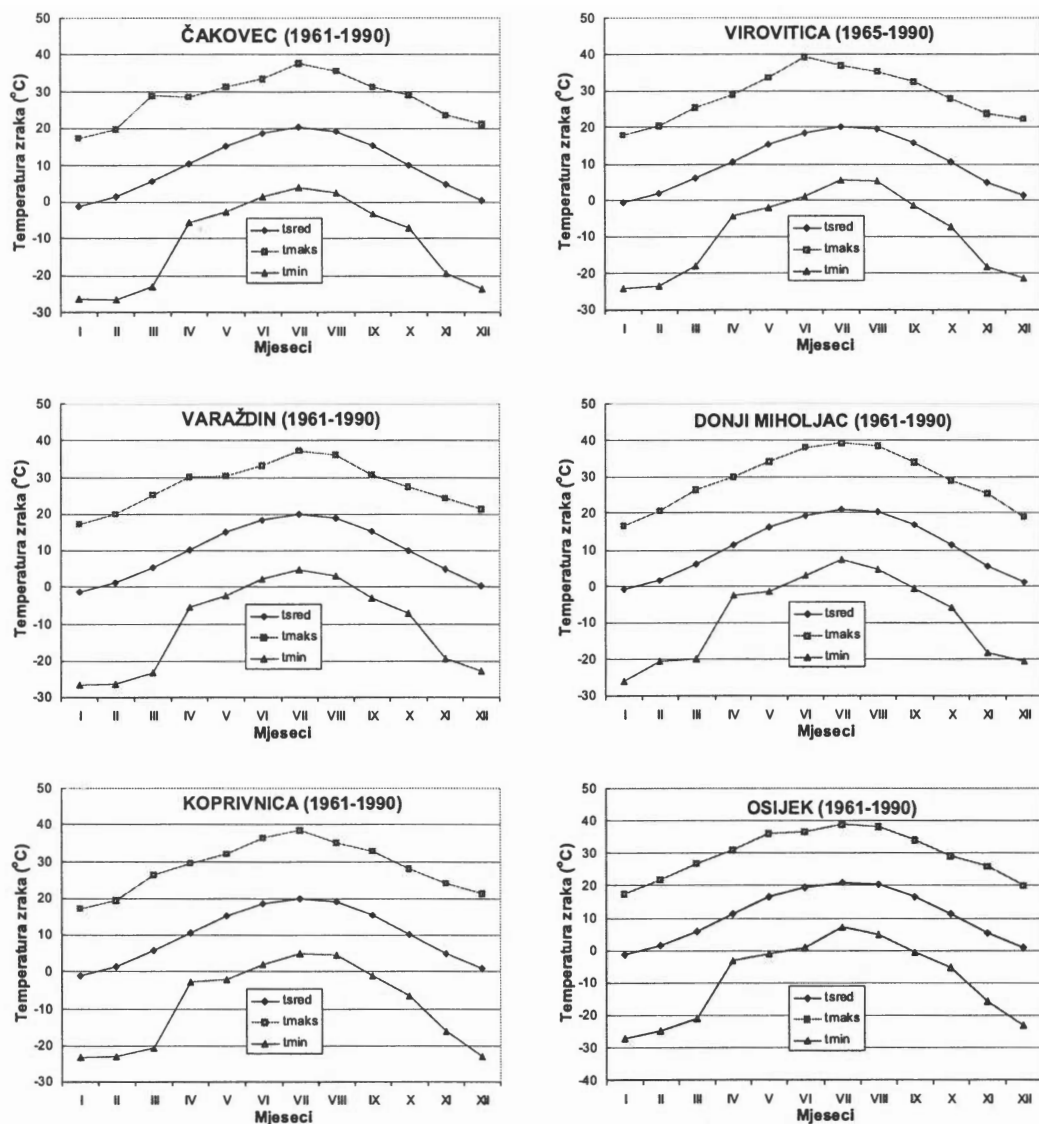
Na cijelom vodnom području slivova Drave i Dunava najviše kiše padne u ljetnim mjesecima, što je odlika kontinentalne klime, te u kasnu jesen, što je posljedica maritimnog utjecaja sa Sredozemlja i s Atlantika (tab. 1. i sl. 1). Primarni maksimum je u lipnju i iznosi 80-100 mm. Sekundarni maksimum javlja se u studenom i iznosi 60-90 mm. U zapadnom dijelu slivnog područja Drave minimum u godišnjem hodu oborine javlja se u siječnju (Varaždin – 45 mm, Čakovec – 40 mm), dok je u istočnijim dijelovima vodnog područja minimum u veljači (40-50 mm). Ukupna godišnja količina oborine iznosi od oko 900 mm u zapadnom dijelu vodnog područja, gdje se u gorskim dijelovima mogu očekivati godišnje količine i više od 1000 mm, pa do oko 650 mm u istočnom dijelu.



Slika 1. Godišnji hodovi srednjih, maksimalnih i minimalnih mjesečnih količina oborine za odabrane lokacije u vodnom području slivova Drave i Dunava.

Najveće dnevne količine oborine javljaju se najčešće ljeti kao kratkotrajni jaki pljuskovi (Varaždin, Feričanci, Osijek) ili u jesen (Koprivnica). Veće maksimalne dnevne količine oborine mogu se očekivati u zapadnom i središnjem dijelu vodnog područja nego u istočnom.

U godišnjem hodu temperature zraka u prosjeku je najtopliji mjesec srpanj (Varaždin: 19.8°C, Virovitica: 20.2°C, Osijek: 21.1°C), a najhladniji siječanj (Varaždin: -1.3°C, Virovitica: -0.6°C, Osijek: -1.2°C (tab. 2. i sl. 2.)). Zagrijavanje tijekom godine traje podjednako kao i ohlađivanje i odvija se podjednakom brzinom, pa gotovo ne postoje razlike u temperaturnim prilikama proljeća i jeseni. Srednje mjesečne temperature zraka promjenjivije su od godine do godine u hladnom dijelu godine nego u toplom dijelu godine.

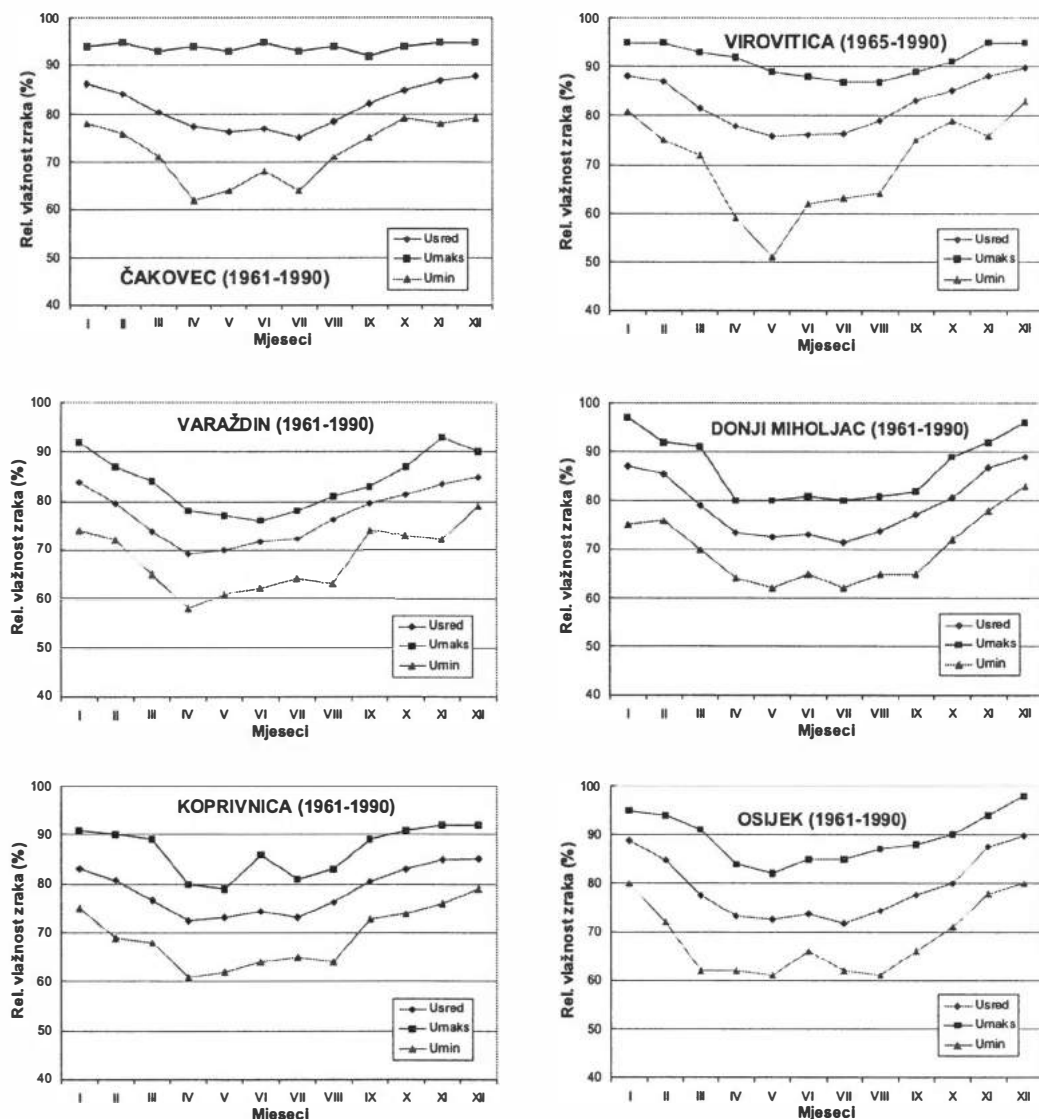


Slika 2. Godišnji hodovi srednjih mjesečnih temperatura zraka, te apsolutnih maksimalnih i minimalnih temperatura zraka za odabrane lokacije u vodnom području slivova Drave i Dunava.

Gotovo podjednake ekstremne temperature zraka (apsolutni minimumi i maksimumi) mogu se očekivati na cijelom vodnom području.

Srednja mjesečna relativna vlažnost zraka visoka je tijekom čitave godine duž cijelog vodnog područja i u prosjeku u svim mjesecima iznosi iznad 70% (tab. 3. i sl. 3). U godišnjem hodu minimum se javlja u srpnju, a maksimum u prosincu.

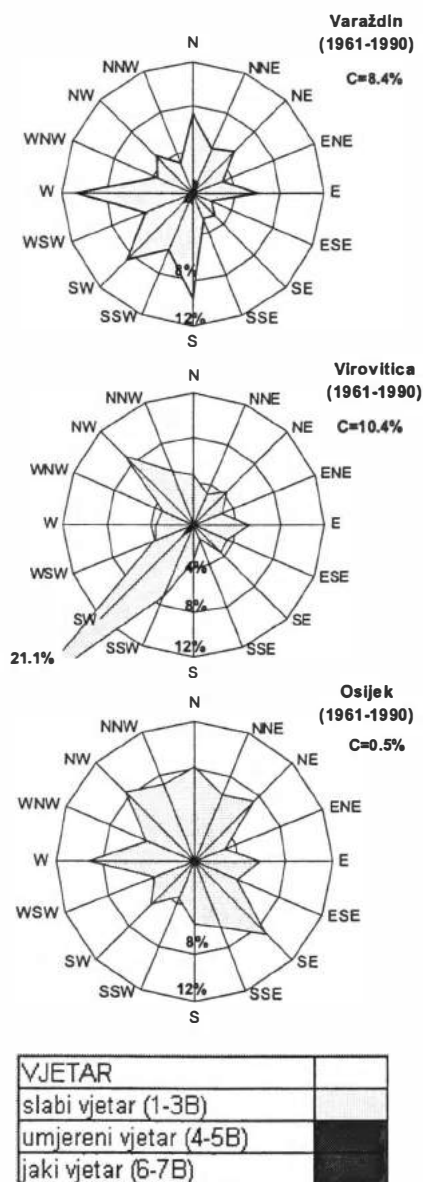
U zapadnom dijelu vodnog područja osnovna karakteristika režima vjetra je dominantnost vjetrova iz SW i NE kvadranta koji se u godišnjem prosjeku u Varaždinu pojavljuju u oko 69% slučajeva (sl. 4). To je posljedica najvećim dijelom vremenskih prilika sinoptičkih razmjera (N i NW fronti, te dolina niskog tlaka i ciklona nad sjevernim



Slika 3. Godišnji hodovi srednjih, maksimalnih i minimalnih mjesečnih vrijednosti relativne vlažnosti zraka za odabrane lokacije u vodnom području slivova Drave i Dunava.

Jadranom i Genovskim zaljevom), te utjecaja lokacije tj. položaja pružanja Kalničkog gorja, Ivanščice i doline rijeke Drave. Tijekom godine najvjetrovitije je proljeće, dok je ljeti relativno velika učestalost (84%) slabih vjetrova (< 3 bf).

U srednjem toku rijeke Drave prema podacima Virovitice u strujnom režimu se uočavaju dva prevladavajuća smjera (SW-23% slučajeva i NW-9% slučajeva) kao rezultat sinoptičkih situacija širih razmjera na koje su superponirana dva lokalna utjecaja, vjetar obronka s Bi logore kanaliziran orografijom (SW smjer) i NW vjetar kanaliziran dolinom Drave. Ovakva raspodjela smjerova vjetra karakteristična je u svim sezonama s time da je zimi još povećana učestalost istočnog vjetra (oko 8%) vezanog na strujanje kod stabilnih istočnoeuropskih anticiklona.



Slika 4. Srednje godišnje ruže vjetra za odabrane lokacije u vodnom području slivova Drave i Dunava.

U istočnom otvorenom nizinskom dijelu vodnog područja prema podacima meteorološke postaje Osijek tijekom godine najčešće pušu vjetrovi od W do N smjera te iz SE smjera. Između sezona nema velikih razlika u čestinama pojavljivanja pojedinih smjerova vjetra. U toplom dijelu godine je nešto izraženije strujanje iz NW kvadranta. Vjetrovi iz SE i ESE smjerova zimi vezani su uz košavu. Jaki vjetrovi pušu uglavnom zimi, ali veoma rijetko. Pojava tišina vezana je uz ljeto i jesen. Tijekom cijele godine prevladavaju slabi vjetrovi (1-3 bf).

3. KOMPONENTE VODNE RAVNOTEŽE

Za proračun komponenti vodne ravnoteže u ovom je radu korištena Palmerova metoda [2] koja se bazira na modelu vodne ravnoteže koji se može se napisati u obliku jednadžbe:

$$P + L = ET + R + RO$$

gdje je P – količina oborine (mm)

L – dovod vode iz tla (mm)

ET – evapotranspiracija (mm)

R – procjeđivanje (mm)

RO – otjecanje (mm)

U jednadžbi je jedina veličina koja se redovito mjeri oborina. Međutim, uz pomoć podataka o količini vlage u tlu (S) te podataka o temperaturi i relativnoj vlažnosti zraka nizom matematičkih koraka dolazi se do komponenti vodne ravnoteže, a postupak je detaljno opisan u radu [3]. Osim tih osnovnih veličina, u proračun isparavanja uzeta je u obzir i brzina strujanja na temelju proučavanja isparavanja na nekoliko postaja u Lici i Gorskom kotaru [4].

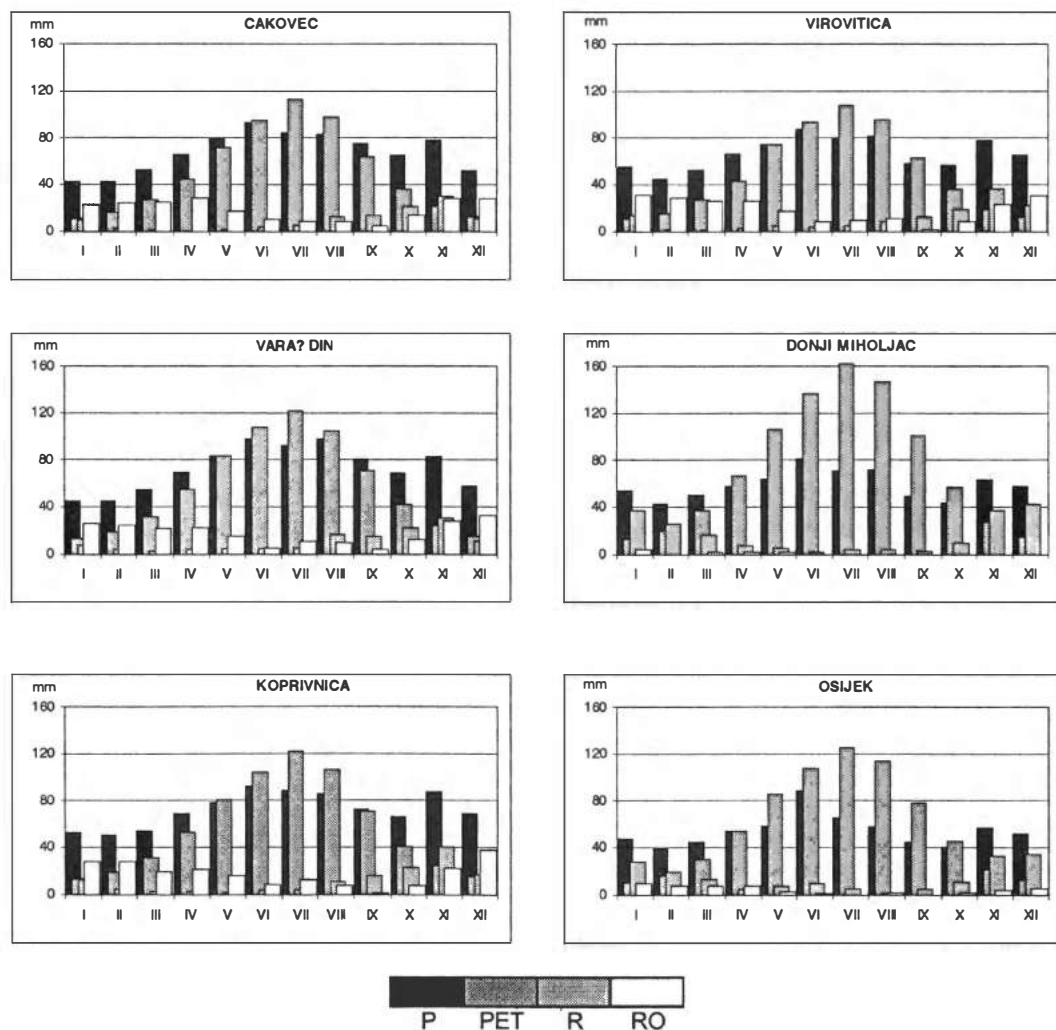
Proračun komponenti vodne ravnoteže provodi se sukcesivno iz mjeseca u mjesec, pri čemu se sadržaj vode u tlu na kraju jednog mjeseca uzima kao početna vrijednost na početku sljedećega. Dakle, potrebno je poznavati količinu vlage u tlu samo na početku prvog mjeseca u proračunu, a za sljedeće mjesece dobivaju se računski.

Početna količina vlage u tlu može se utvrditi mjerenjem ili pretpostaviti. Na primjer, iza dugotrajnih kiša može se pretpostaviti da je tlo potpuno zasićeno ili za vrijeme suše iscrpljeno. Za početni sadržaj vode u tlu u proračunu je pretpostavljen maksimalni kapacitet tla, što je realno obzirom na kišovito zimsko razdoblje.

Maksimalni kapacitet tla utvrđuju se mjerenjem i ovise o vrsti i dubini tla. Prema pedološkim podacima za Hrvatsku prosječni maksimalni kapacitet tla u području slica Drave i Dunava kreće se oko 40% ukupnog volumena, odnosno 1 m dubine čistog tla ima kapacitet oko 400 mm (Pedološki institut, 1984). Budući da je Palmer metodu razvio prije svega za potrebe agronomije, njegova je pretpostavka koja je uvažena u proračunu, da se tlo dostupno biljkama može podijeliti u dva sloja, gornji sloj od 20 cm i donji sloj do dubine 1m, što znači da gornji sloj sadrži 80 mm vode, a donji sloj 320 mm.

Iako je Palmerova metoda razvijena za potrebe agronomije, pojedine komponente vodne ravnoteže proračunate tom metodom mogu se koristiti i u vodnom gospodarstvu. Jedna od komponenata vodne ravnoteže važna u vodnom gospodarstvu je potencijalna evapotranspiracija, koja se, ako nema direktnih mjerenja može koristiti za procjenu isparavanja sa slobodne vodene površine. Druga komponenta vodne ravnoteže koja se može koristiti u vodnom gospodarstvu je otjecanje. To je višak vode koji ostaje nakon što se zadovolje potrebe evapotranspiracije i natapanja tla. Na slici 5. prikazani su godišnji hodovi komponenti vodne ravnoteže na postajama Čakovec, Varaždin, Koprivnica, Virovitica, Donji Miholjac i Osijek.

Godišnji hodovi komponenti vodne ravnoteže pokazuju da se u promatranom području u nekim mjesecima toplog dijela godine javlja manjak oborine, odnosno da je potencijalna evapotranspiracija veća od oborine, odnosno oborina koja padne ne može nadoknaditi



Slika 5. Godišnji hodovi oborine (P), potencijalne evapotranspiracije (PET), procjeđivanja (R) i otjecanja (RO) na postajama u vodnom području slivova Drave i Dunava, razdoblje 1961-1990.

vodu koja se izgubi evapotranspiracijom. Idući od zapada prema istoku manjak oborine sve je izraženiji i sve duže traje. U Čakovcu i Varaždinu manjak oborine javlja se od lipnja do kolovoza, a u najtoplijem mjesecu, srpnju, on iznosi 33%, odnosno, evapotranspiracija je za 33% veća od količine oborine. U Koprivnici i Virovitici manjak se javlja u četiri mjeseca u godini, a najizraženiji je u srpnju kad iznosi 39% odnosno 35%. Manjak oborine naizraženiji je u Donjem Miholjcu i pojavljuje se u sedam mjeseci, od travnja do listopada, a u srpnju, kolovozi i rujnu manjak je veći od količine oborine (104%-128%). U Osijeku se manjak oborine javlja u 6 mjeseci, od svibnja do listopada, a u srpnju i kolovozi je veći od 90%. Za vodno gospodarstvo važno je otjecanje, tj. voda koja se ne iskoristi za evapotranspiraciju i natapanje tla. Ako je količina oborine veća od potencijalne evapotranspiracije, ona se koristi najprije za natapanje tla (procjeđivanje,

R), a tek kad se tlo natopi do maksimalnog kapaciteta, voda može otjecati. Jasno je stoga da otjecanja nema kada je potencijalna evapotranspiracija veća od oborine. Razlika između istočnih i zapadnih dijelova promatranog sliva može se stoga zapaziti i u otjecanju. U Čakovcu, Varaždinu, Koprivnici i Virovitici u zimskim mjesecima čak i više od pola pale količine oborine otječe, dok u Osijeku i posebno u Donjem Miholjcu ni zimi količina oborine nije dovoljna da bi mogla otjecati. To je posebno izraženo u Donjem Miholjcu gdje u većem dijelu godine uopće nema otjecanja čak niti prema srednjim vrijednostima (Slika 5.)

4. ZAKLJUČAK

Prikaz kakav je u radu dan za vodno područje slivova Drave i Dunava, nužna je meteorološka podloga o klimatskom potencijalu za upravljanje vodama i za planiranje u vodnom gospodarstvu, bilo na području samo jednog sliva ili na teritoriju čitave države.

Literatura:

1. Penzar, I.; Penzar, B. (2000): Agrometeorologija, Školska knjiga, Zagreb, str. 222.
2. Palmer, C. W. (1965): Meteorological drought. u. s: DEPARTMENT OF COMERCE. Research paper No 45, Washington
3. Pandžić, K. (1985): Bilanca vode na istočnom primorju Jadrana, Rasprave 20, 21-29.
4. Pandžić, K. (1999): Vertikalni gradijenti evapotranspiracije na području Like i Gorskog kotara, Hrvatske vode, 28, 203-216.

Autori:

dr. sc. Marjana Gajić-Čapka, dipl. inž. fiz.

mr. sc. Ksenija Zaninović, dipl. inž. fiz.

Državni hidrometeorološki zavod

Odjel za klimatološka istraživanja i primijenjenu klimatologiju

HR-10000 Zagreb, Grič 3

tel: ++385 1 45 65 640

fax: ++385 1 45 65 757

E-mail: capka@cirus.dhz.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 1.03.

Prostorna raspodjela srednje godišnje temperature zraka i količine oborine u Hrvatskoj

**Marjana Gajić-Čapka, Mirta Patarčić, Melita Perčec Tadić,
Lidija Srnec i Ksenija Zaninović**

SAŽETAK: Klimatske karte srednje godišnje temperature zraka i količine oborine, koje se prikazuju u ovom radu, temelje se na podacima normalnog razdoblja 1961-1990. Za izradu karte srednje godišnje temperature zraka korišteni su podaci glavnih i klimatoloških postaja, a za kartu srednjih godišnjih količina oborine i podaci s kišomjernih postaja, te totalizatora. Zbog korekcija na graničnim područjima uključeni su i podaci susjednih država.

Karte prostorne raspodjele srednje godišnje temperature zraka i količine oborine dobivene su metodom linearne regresije uvažavajući ovisnost meteoroloških parametara o geografskim koordinatama, udaljenosti od mora i nadmorskoj visini. Odstupanja od izmjerenih vrijednosti na meteorološkim postajama su interpolirana na cijelo područje i dodana početnom polju dobivenom regresijskim modelom.

Srednja godišnja temperatura zraka na području Hrvatske kreće se od 3°C do 17°C. U Primorju se srednja godišnja temperatura zraka kreće od 13°C na zapadnoj obali Istre do 17°C uz obalu južnog Jadrana. Na dinarskom planinskom području se srednja godišnja temperatura zraka kreće u granicama 3-13°C. Srednje godišnje temperature zraka u Lici su između 5 i 9°C, a u Gorskom kotaru od 3 do 11°C. U ravničarskom području sjeverne Hrvatske srednja godišnja temperatura zraka je od 7 do 11°C.

Na vodnom području sliva Save, koje obuhvaća i vodno područje grada Zagreba, te na području sliva Drave i Dunava godišnja količina oborine kreće se od 600 mm u istočnoj Slavoniji do 2000 mm uz granicu s vodnim područjem primorsko-istarskih slivova. U vodnom području primorsko-istarskih slivova godišnje količine oborine su najmanje na otocima i zapadnoj obali Istre (800 mm), a najveće na Velebitu (do 3500 mm) i u Gorskom kotaru gdje postižu vrijednost i preko 3500 mm. U vodnom području dalmatinskih slivova godišnja količina oborine raste od 300 mm na najudaljenijim otocima do 3500 mm na obroncima konavoskog polja.

KLJUČNE RIJEČI: klimatološke karte, temperatura zraka, oborina, prostorna raspodjela

Mean Annual Air Temperature and Precipitation Spatial Distribution in Croatia

SUMMARY: Mean annual air temperature and precipitation maps have been produced for the period 1961-1990 according to the data from the main and climatological stations. The data from the precipitation stations and totalisers have been additionally used for the precipitation map. Data from the stations close to the Croatian border with Slovenia, Bosnia and Herzegovina and Monte Negro have been included.

The linear regression model has been used to produce the digital annual maps. The model gives the relationship between temperature and precipitation at the measurement points, as dependent variables, and longitude, latitude, altitude and distance from the sea as independent variables. Differences between estimated and measured values at the meteorological stations have been interpolated over the whole area and added to the field produced by the regression model.

Mean annual air temperature values in Croatia are between 3 and 17°C. At the coastal area, temperatures are between 13°C at the western coast of Istrian peninsula and 17°C at the southern part of the Dalmatian coast. In the mountainous area, the mean annual temperatures are between 3 and 13°C; over the Lika plateau between 5 and 9°C, in Gorski Kotar from 3 to 11°C. In the lowlands of the northern Croatia, the mean annual temperatures are from 7 to 11°C.

In the catchment area of the Sava River, that encompasses the City of Zagreb catchment, and in the Drava and Danube rivers catchment, the annual precipitation amounts are between 600 and 2000 mm. In Primorje and Istria catchment areas, the lowest precipitations are recorded on the islands and the western coast of Istria (800 mm), while the highest are recorded in the mountainous regions of Mt. Velebit (up to 3500 mm) and Gorski Kotar (over 3500 mm). In the Dalmatian catchment area, the mean annual precipitation distribution is characterized by minimum amounts at the most distant south Adriatic islands (about 300 mm) and maximum amounts recorded on the slopes of the north-east of the Konavle field (up to 3500 mm).

KEYWORDS: climatological maps, air temperature, precipitation, spatial distribution

Uvod

Prema rezultatima ispitivanja normalne duljine niza za srednje godišnje temperature zraka i količine oborine utvrđeno je da 30-godišnje razdoblje prikazuje stabilne karakteristike režima ovih klimatskih elemenata [7]. Stoga se analiza prostorne raspodjele srednje godišnje temperature zraka i količine oborine u Hrvatskoj temelji na 30-godišnjem nizu 1961-1990. koji kao standardno razdoblje preporučuje Svjetska meteorološka organizacija.

Temperatura zraka je osnovni klimatski element. Njena raspodjela uvelike ovisi o geografskom položaju lokacije na Zemljinoj kugli te raspodjeli kopna i mora. Za izradu karte srednje mjesečne temperature zraka korišteni su podaci s 39 glavnih i 113 klimatoloških postaja u Hrvatskoj. Zbog korekcija na graničnim područjima uključeni su i podaci 9 klimatoloških postaja iz Slovenije.

Oborina je vremenski i prostorno još promjenljiviji meteorološki element od temperature zraka. Velika prostorna varijabilnost oborine osobito dolazi do izražaja u orografski razvijenom području. Stoga je za poznavanje njenog prosječnog režima potrebno raspolagati s gušćom mrežom postaja no što je to potrebno za druge klimatske elemente. Za izradu karte srednjih godišnjih količina oborine korišteni su podaci s 589 meteoroloških postaja: 38 glavnih, 110 klimatoloških i 419 kišomjernih, te 22 totalizatora. Podaci totalizatora, koji su postavljeni na većim visinama u planinama, na manje pristupačnim i nenaseljenim predjelima daju uvid u specifične oborinske prilike planinskih područja. Za potrebe određivanja oborinskih prilika na graničnim planinskim područjima sa susjednim državama, korišteni su podaci s 9 meteoroloških postaja u Sloveniji [4], 33 u Bosni i Hercegovini i 12 u Crnoj Gori [1].

Temperatura zraka

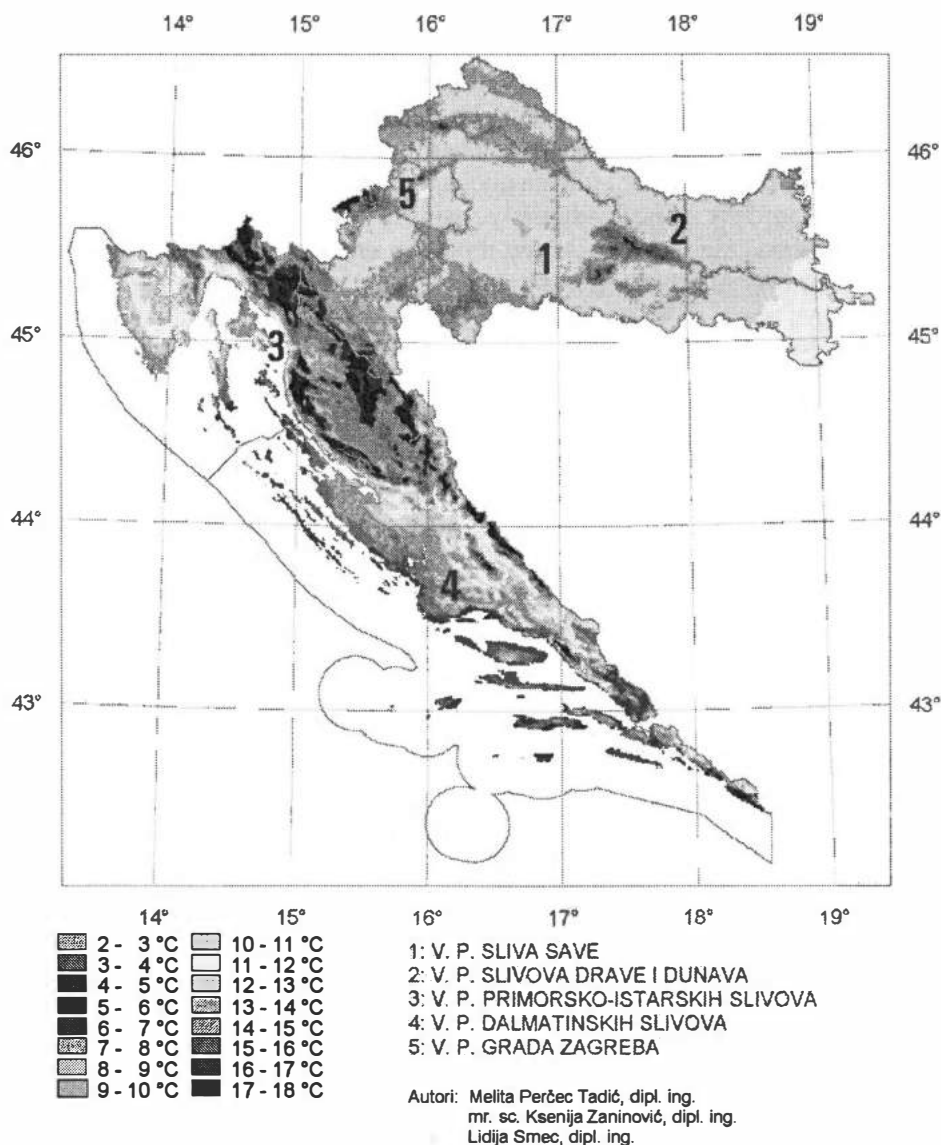
Srednja godišnja temperatura zraka na području Hrvatske se kreće od 3°C na najvišim planinskim predjelima do 17°C uz samu obalu srednjeg i južnog Hrvatskog primorja. Na termički režim u Hrvatskoj znatan utjecaj ima geografska raznolikost Hrvatske i njezin položaj. Može se reći da tri glavna utjecaja djeluju na srednju godišnju temperaturu zraka: utjecaj geografske širine i nadmorske visine te lokalni utjecaj dinarskog planinskog masiva kao prepreke za izmjenu vlažnog morskog zraka i suhog s kontinenta. [2]

Na vodnom području slivova Drave i Dunava (slika 1.) prevladavajuća srednja godišnja temperatura zraka je oko 11°C. Nešto niža temperatura zraka, 8-11°C javlja se usporedno s pružanjem Bilogore, Kalničkog gorja i Ivanšćice kao posljedica ovisnosti temperature o nadmorskoj visini. Izoterma 10°C ide otprilike na nadmorskoj visini 200-300 m.

Vodno područje Save obuhvaća kontinentalni dio Hrvatske sa srednjom godišnjom temperaturom zraka između 6°C u zapadnom dijelu i 13°C na istoku. Temperatura zraka je modificirana gorjem i to se posebice uočava oko Požeške kotline, u području Moslavačke gore, Medvednice i planina Hrvatskog zagorja. U navedenim planinskim predjelima temperatura zraka opada i do 8°C, a najniže vrijednosti se javljaju u području Žumberačke gore gdje na samim vrhovima srednja godišnja temperatura zraka može pasti i do 6°C. Veća prostorna promjenjivost srednje godišnje temperature zraka uočava se u području južnije od Save, gdje je temperatura zraka u rasponu 7-11°C.

Na području primorsko - istarskih slivova srednja godišnja temperatura zraka je vrlo velikog raspona. Najniže godišnje temperature zraka, 2-3°C, javljaju se na vrhovima planinskih predjela Risnjaka, Bjelolasice i Zavižana. Na najvišoj planinskoj postaji Zavižan srednja godišnja temperatura zraka iznosi 3.5°C. Zbog ovisnosti temperature o nadmorskoj visini i velikim promjenama nadmorske visine promjene godišnje temperature zraka ovdje su velike. Tako s jugozapadne strane planinskog sustava koji predstavlja prepreku vlažnom maritimnom zraku da prodre u unutrašnjost izoterma 10°C ide otprilike na nadmorskoj visini 400-900 m n.m. Sa sjeveroistočne strane planinskog lanca ista izoterma je prosječno na visini 600-700 m n.m., a temperaturni gradijent je manji. Srednje godišnje temperature zraka u Lici su između 5 i 9°C, dok su u Gorskom kotaru od 3°C na najvišim nadmorskim visinama do oko 11°C prema granici sa slivnim područjem Save. Obala poluotoka Istre ima srednju godišnju temperaturu zraka oko 13°C, a prema unutrašnjosti poluotoka se ona smanjuje. Unutrašnjost Istre, u Pazinskoj kotlini i dolini Raše ima srednju godišnju temperaturu zraka oko 11°C, dok na vrhovima Učke i Čićarije temperatura pada i do 8°C. Otoci primorsko - istarskih slivova imaju srednju godišnju temperaturu zraka od 13-15°C, pri čemu su najtopliji najistureniji južni dijelovi otoka Cresa, Malog Lošinja i Raba.

Vodno područje dalmatinskih slivova je najtoplije vodno-gospodarsko područje u Hrvatskoj. Na nadmorskim visinama do 300 m uz obalu srednja godišnja temperatura zraka je 15-17°C. Dio obale od doline Krke pa sve do krajnjeg juga ima temperaturu do 17°C, pri čemu je ista temperatura zraka i na vanjskim rubovima južnodalmatinskih otoka. Idući od obale u unutrašnjost temperatura zraka se smanjuje, uz relativno veliki gradijent u području Biokova. Na vrhu Biokova, na meteorološkoj postaji sveti Jure Biokovo srednja godišnja temperatura zraka iznosi 4.5°C. Sa sjeverne strane Biokova temperatura ponovo raste i u Imotskom polju iznosi 14°C. Veliki temperaturni gradijent zraka javlja se također u području planina Mosor, Svilaja i Dinare. Najniža temperatura zraka je na vrhovima Dinare, i ona iznosi 3°C.



Slika 1. Srednja godišnja temperatura zraka, razdoblje: 1961-1990.

Oborina

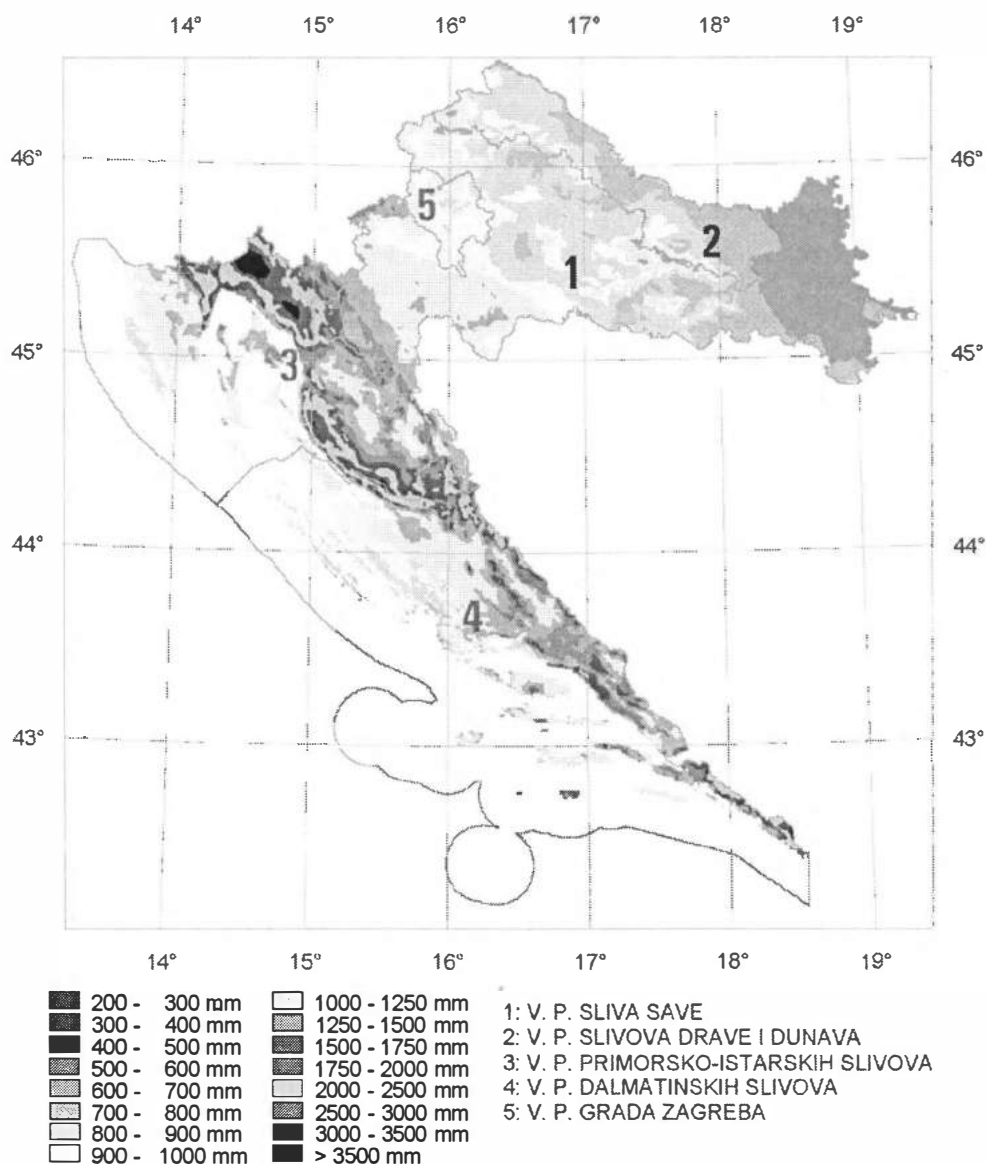
Nastanak oborine na pojedinom mjestu ovisi o vlažnosti zračne struje i vertikalnoj komponenti njezina gibanja koju mogu značajno formirati lokalni utjecaji kao što su odnos kopna i mora, odnosno udaljenost pojedinih lokacija od mora i razvijenost reljefa. U Hrvatskoj Dinaridi predstavljaju prepreku za maritimne zračne mase pri prijelazu sa Sredozemnog mora odnosno Jadrana na kopno i isto tako za kontinentalne zračne mase prema Sredozemlju. Istovremeno planine, ali i manja brda, u pojedinim vremenskim situacijama mogu prisiliti vlažne zračne mase na dizanje i pridonijeti nastanku intenzivnijih oborina. Svi ovi čimbenici utječu na raznolikost oborinskog režima na području Hrvatske odnosno prostornu raspodjelu godišnjih količina oborine.

Na vodnim područjima sliva Save i sliva Drave i Dunava, koja se nalaze u kontinentalnom dijelu Hrvatske, godišnja količina oborine se smanjuje od zapada prema istoku (sl. 2.) Na području sliva Save najveće godišnje količine oborine, do 2000 mm, mogu se očekivati uz granicu s vodnim područjem primorsko-istarskih slivova, na području Samoborskog gorja (do 1750 mm) te na Banovini, Korduni, Medvednici i u Hrvatskom zagorju (1000-1500 mm). U Slavoniji količine oborine od 1000 do 1500 mm ima samo područje Psunja, Požeške gore i Dilja, a na granici vodnih područja Papuk i Krndija. I dok na navjetrinskim stranama gorja za kišonosnu struju, koja u sjevernim krajevima Hrvatske pretežito dolazi sa sjeverozapada, dolazi do orografske intenzifikacije oborine s visinom, u zavjetrinskoj strani javlja se oborinska sjena. To je prisutno u istočnom dijelu grada Zagreba, u kojem Medvednica djeluje kao prepreka za sjeverozapadne kišonosne prodore [3]. Sličan učinak vidi se i na području sliva Drave i Dunava u nizini istočno od Kalnika. U istočnom dijelu obaju vodnih područja u prosjeku padne oko 600-700 mm oborine, dok se nešto veće količine oborine mogu očekivati samo na uskom dijelu na obroncima Fruške gore i na području uz Savu (700-800 mm).

U vodnom području primorsko-istarskih slivova godišnje količine oborine su najmanje na otocima i jugozapadnoj obali Istre (800-900 mm). U Istri količina oborine raste od zapadne obale prema unutrašnjosti gdje se na obroncima Učke godišnje može očekivati između 2000 i 2500 mm oborine. Na otocima bližim obali padne od 1000 do 1250 mm godišnje, a na Krku i Cresu i do 1750 mm. Najveće količine oborine na području ovog sliva padnu na Velebitu (do 3500 mm) i u Gorskom kotaru gdje postižu vrijednost i preko 3500 mm što je ujedno i najviše u Hrvatskoj. Ovakve velike količine oborine nastaju zbog blizine ciklogeničkog područja sjevernog Jadrana i Genovskog zaljeva koje daje obilne oborine pojačane orografskim utjecajem primorskog zaleđa [5]. Na tom području količina oborine naglo se povećava s nadmorskom visinom na navjetrini od obale do Risnjaka i Snježnika. Najveće količine oborine izmjerene u Gorskom kotaru su na postajama Lividraga (3728 mm), Žilavi Dolci (3522 mm), Risnjak (3449 mm) i Snježnik (3302 mm). Prema unutrašnjosti Gorskog kotara količina oborine se smanjuje (Parg-1849 mm).

Na vršnom području sjevernog Velebita padne godišnje u prosjeku oko 3000 mm oborine, a na istim nadmorskim visinama na primorskim i ličkim obroncima podjednake količine. Vršno područje južnog Velebita prima veće godišnje količine oborine (oko 3500 mm), a količina oborine brže raste s nadmorskom visinom nego na sjevernom Velebitu. Na ličkoj strani južnog Velebita u prosjeku padnu nešto veće količine oborine nego na istim nadmorskim visinama na primorskoj strani.

U vodnom području dalmatinskih slivova godišnja količina oborine raste od vanjskih otoka južnog Jadrana prema obali posebno na primorskim stranama i vršnom području obalnih planina zbog prisilnog dizanja zračnih masa. Na Palagruži se prosječno godišnje može očekivati oko 300 mm oborine što je najmanja količina oborine u Hrvatskoj. Na otocima bližim obali na srednjem Jadranu padne 700-900 mm oborine, a na području Ravnih kotara i do 1000 mm. Na otocima južnog Jadrana količine oborine su nešto veće i iznose od 1000 do 1250 mm, a na Hvaru i Pelješcu i do 1750 mm. Jednake količine oborine mogu se očekivati u obalnom pojasu južne Dalmacije, a na sjevernom Biokovu od 2000 do 2500 mm. Na području dalmatinskih slivova najviše oborine padne u Konavlima (od 3000 mm do 3500 mm) u podnožju crnogorskih planina koje prisiljavaju vlažne južne zračne mase na dizanje. To je područje Krivošija gdje su zabilježene godišnje količine oborine i do 5000 mm što je najviše u Europi [6].



Autori: Melita Perčec Tadić, dipl. ing.
dr. sc. Marjana Gajić - Čapka, dipl. ing.
Mirta Patarčić, dipl. ing.

Slika 2. Srednja godišnja količina oborine, razdoblje: 1961-1990.

Zaključak

Srednja godišnja temperatura zraka u Hrvatskoj je između 3°C u najvišim planinskim predjelima i 17°C uz obalu srednjeg i južnog Hrvatskog primorja. U kontinentalnom dijelu Hrvatske temperatura zraka je najveća na istoku, a smanjuje se u području gorja. Temperatura zraka je u planinskom području velike promjenljivosti uz veće temperaturne gradijente s jugozapadne strane. Duž obale temperatura zraka raste od sjevera prema jugu.

Srednje godišnje količine oborine na području Hrvatske kreću se od oko 300 mm na najudaljenijim otocima južnog Jadrana do iznad 3500 mm u Gorskom kotaru. Na Jadranu količine oborine rastu od otoka prema obali i unutrašnjosti osobito na području planinskih lanaca duž obale. U kontinentalnom dijelu Hrvatske količina oborine se smanjuje od zapada prema istoku odnosno od orografski razvijenijih područja prema nizinskim.

Literatura

1. Atlas klime SFRJ, (1969): Tablični podaci, Hidrometeorološka služba, Beograd
2. Atlas klime SR Hrvatske, (1977): Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb
3. Gajić-Čapka, M. i B. Čapka, (1985): Analiza ljetnih oborina na području Zagreba, Rasprave 20, RHMZ SRH, Zagreb, 31-40
4. Klimatografija Slovenije, (1995): Padavine, 1961-1990, Ministarstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Ljubljana
5. Penzar, B., (1959): Razdioba godišnjih količina oborine u Gorskom kotaru, Rasprave i prikazi 4, Hidrometeorološki zavod NRH, Zagreb, 29-39
6. Penzar, B., I. Penzar i M. Orlić, (2001): Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana, Izdavačka kuća Dr. Feletar, 161-173
7. Pleško, N. i N. Šinik, (1968): Sekularne varijacije oborine u odnosu na Atlas klime SFRJ (nepublicirano). Hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb, 32 str.

Autori

Marjana Gajić-Čapka, Mirta Patarčić, Melita Perčec Tadić, Lidija Smec i Ksenija Zaninović

Državni hidrometeorološki zavod

Služba za meteorološka istraživanja i razvoj

Odjel za klimatološka istraživanja i primijenjenu klimatologiju

HR-10000 Zagreb, Grič 3

E-mail: patarcic@cirus.dhz.hr

tel. 01/4565-623



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 1.04.

Mjerenje vode od magle sa standardnim kolektorom magle

Marina Mileta

SAŽETAK: Na najvišoj meteorološkoj postaji u Hrvatskoj na Zavižanu (1594m) u ljeto 2000 godine. postavljen je novi kolektor magle poznat pod imenom SFC (Standard Fog Collector). Radi se o instrumentu koji sakuplja vodu od magle. Korištenje magle kao vodnog resursa već je poznato u svijetu. U radu su analizirani rezultati dnevnih količina vode sakupljenih tim kolektorom. Mjerenja se odvijaju u toplom dijelu godine, tijekom 2000, 2001 i 2002. Najveća dnevna količina skupljene vode od magle u promatranom razdoblju iznosila je 28 litara/m². Prikazani su posebno rezultati mjerenja vode od magle u dane bez kiše.

Fog Water Measurements With Standard Fog Collector

SUMMARY: Zavižan, the highest meteorological station in Croatia (1594m) is chosen for collecting of fog water with a standard fog collector (SFC). Use of fog as water resource is a known practice in the world. This new collector was installed in summer 2000. The present paper discusses the daily fog water amounts collected during 2000, 2001 and 2002, during the warm part of the year. The highest daily collection rate was 28 l/m². The collected fog water in days without rain has been analyzed separately.

UVOD

Skupljanje i mjerenje oborine od magle započelo je u Hrvatskoj 1954 godine na meteorološkoj postaji Zavižan na Velebitu u sklopu usporednih mjerenja oborine različitim tipovima kišomjera. Za mjerenje oborine od magle korišten je tzv. kišomjer sa mrežicom poznat i kao Grunow kišomjer. To je bio instrument koji se sredinom stoljeća upotrebljavao za takva mjerenja u brdskim i planinskim predjelima. Rezultati tih mjerenja u Hrvatskoj prikazani su u radovima Mileta (1995, 1998, 1999). Takav način mjerenja oborine od magle vremenom pokazao je izvjesne nedostatke već i kod jačeg vjetra te se uglavnom prestalo sa njegovim korišćenjem.

1987 godine započinje u Čileu na visini od 780m istraživački projekt poznat kao Camanchaca Project (1987-1989) gdje se obavljalo skupljanje i mjerenje vode od magle. Projekt se odvijao pod vodstvom kanadskih stručnjaka i financiran je od kanadske vlade. Upotrebljen je novi tip kolektor magle poznat kao standardni kolektor magle (SFC – Standard Fog Collector) Shemenauer i Cerceda 1994. Prosječno je dnevno na tom području skupio oko 3 litre vode / m². Nakon uspješno završenog projekta pristupilo se skupljanju i korištenju vode od magle sa 75 kolektora (svaki površine 48m²) koji u prosjeku sakupe više od 10.000 l vode za potrebe ljudi u obližnjem selu Chugungo sa oko 300 stanovnika. To je jedina ljudska zajednica koja za svoje potrebe koristi isključivo vodu iz magle. (U

svom radu Larrain 2001. opisuje prema nađenim arheološkim nalazima da su i drevni indijanci poznavali i koristili vodu od magle u sušnim predjelima Čilea, hvatajući ju pomoću krzna morskih lavova odakle se voda cijedila i sakupljala). Veliki kolektori magle koji se danas koriste razlikuju se od standardnog kolektora magle jedino po svojim dimenzijama. Ohrabreni tim rezultatima korištenje vode od magle za ljudsku upotrebu ali i za potrebe pošumljavanja proširuje se prvo na ostale južno američke države a zatim na Afriku, Nepal itd. U radu su prikazani rezultati mjerenja vode od magle sa standardnim kolektorom magle postavljenom na Zavižanu, u ljeto 2000. godine.

OPĆENITO O MAGLI

Sa meteorološkog stajališta magla je skupina vrlo sitnih vodenih kapljica koje lebde u zraku nad tlom i smanjuju horizontalnu vidljivost ispod 1 km.

Magla se može definirati kao oblak u dodiru sa tlom.

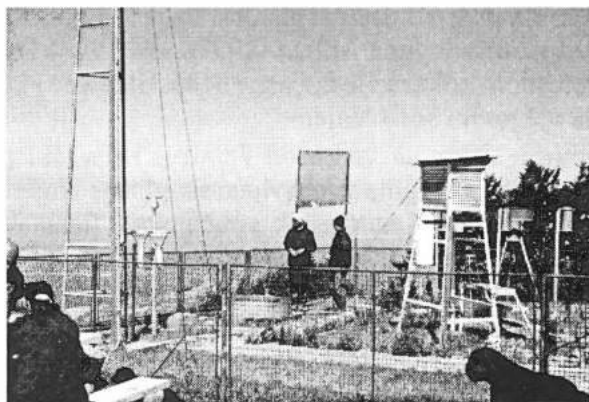
Kapljice magle su promjera 1 do 40 mikrona a imaju brzinu padanja od 1 do 5 cm/sek (kišne kapi imaju promjer od 0.5mm do 5 mm a brzina padanja od 2 do 9m/sek, dok kod rosulje promjer kapljica je od 40 mikrona do 0.5mm a brzina padanja od 5cm do 2 metra u sekundi). Kapljice magle zbog svojih osobina praktički lebde u zraku ili su nošene i najmanjim strujanjem. To je razlog što kolektori magle imaju vertikalnu površinu. Magla se u osnovi prema svom postanku dijeli na radijacijsku, adveksijsku i orografsku maglu. Najveći vodni potencijal ima magla nastala prelaskom vlažnog morskog zraka preko planinske prepreke gdje dolazi do njenog dizanja i posljedičnog hlađenja i kondenzacije (stvaranja orografske magle).

STANDARDNI KOLEKTOR MAGLE

Standardni kolektor magle je jednostavan i jeftin kolektor vode od magle, površine 1m² u metalnom okviru napravljenom od mreže od polipropilena prikazan na sl.1.

Preporuča se stoga za korištenje u svijetu, a radi usporedbe podataka nužno je da se podaci mjere istim tipom kolektora.

Magla sadrži stotine miliona mikroskopskih vodenih kapljica u kubnom metru zraka koje se nošene vjetrom akumuliraju na mrežici i kad postignu dovoljnu veličinu zbog sile teže padaju sa mrežice u donji dio okvira koji ima oblik žljeba gdje se voda sakuplja i dalje otiče gdje će biti izmjerena. Količine vode od magle izražavaju se u l/m².



SL.1 Standardni kolektor magle na Zavižanu

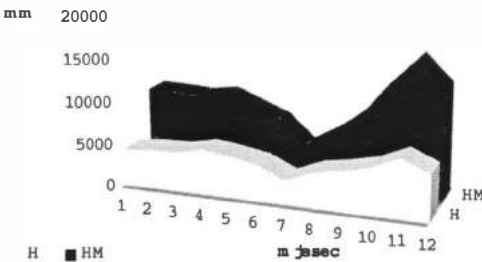
REZULTATI

Radi usporedbe, već objavljeni u citiranim radovima, 30 godišnji niz paralelnog mjerenja oborine kišomjerom s mrežicom i standardnog kišomjera tipa Hellmann na Zavižanu prikazan je i na sl.2. i ukazuju na znatnu količinu oborine koja je skupljena na mrežici a potječe od magle ali i od horizontalno nošene oborine. Taj dio oborine je veći od one izmjerene standardnim kišomjerom. Strujni režim ružom vjetra prikazan na slici 3 i istovremeno na slici 3b prikazana je razdioba jačine vjetra u Beaufortima. Na Zavižanu prevladavaju istočni i zapadni vjetrovi. Najčešće puše vjetar jačine od 2 Beauforta.

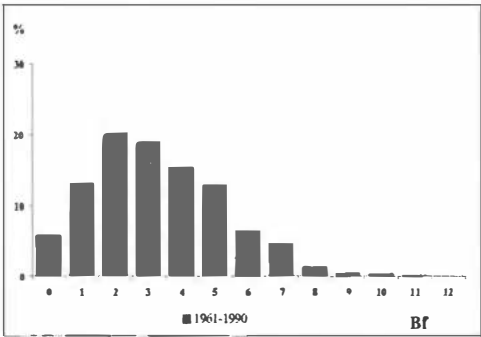
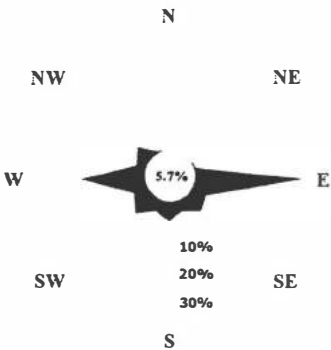
Tablica 1. Količine vode od magle u l / m² izmjerene kolektorom magle (SFC) i količine oborine izmjerene standardnim kišomjerom (H) tijekom čitavog promatranog razdoblja a) i u dane bez kiše b).

A	V		VI		VII		VIII		IX		X		XI	
	SFC	H	SFC	H	SFC	H	SFC	H	SFC	H	SFC	H	SFC	H
2000					0.3	1.9	1.4	7.0	80.0	247.4	177.7	278.3	102.5	211.5
2001	24.5	36.1	37.4	153.6	34.5	67.3	8.2	10.4	87.8	241.9				
2002			14.3	43.1	21.0	58.1	99.8	370.3	128.5	408.7	165.9	101.7		

B	V		VI		VII		VIII		IX		X		XI	
	SFC		SFC		SFC		SFC		SFC		SFC		SFC	
2000					0.1		0		5.7		32.0		0	
2001	7.5		1.2		4.4		2.2		1.2					
2002			4.0		4.4		2.3		5.4		35.5			



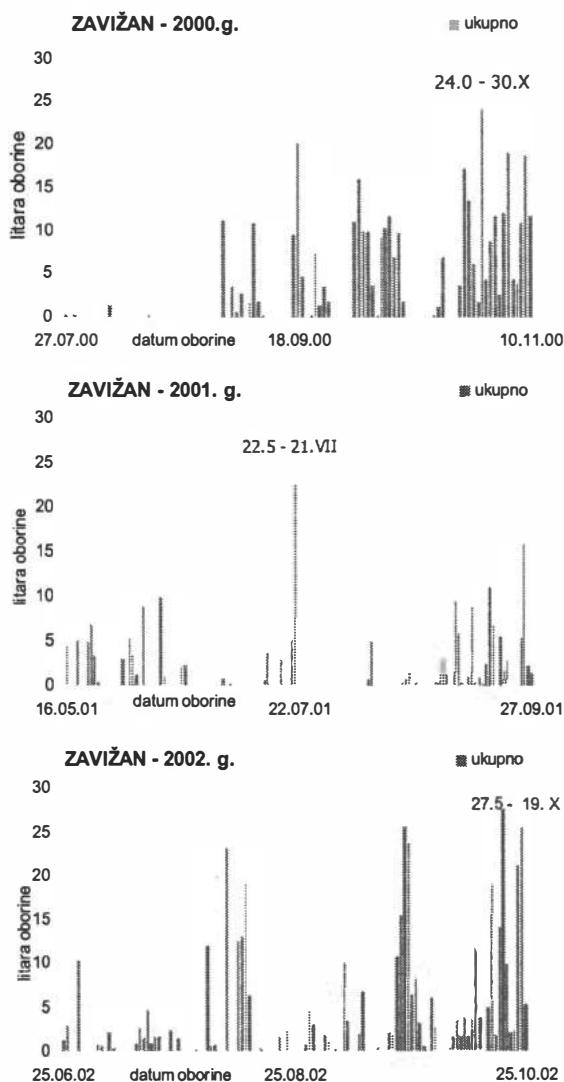
SL. 2 Ukupna količina oborine po mjesecima u mm izmjerena kišomjerom s mrežicom (HM) i standardnim kišomjerom (H) u 30-godišnjem razdoblju.



Sl. 3. a) Ruža vjetra i b) jačina vjetra (u Beaufortima) za Zavižan (1961-1990)

Na sl.4 prikazane su dnevne količine vode sakupljene standardnim kolektorom magle tijekom 2000, 2001 i 2002 godine i to u toplom dijelu godine, dok su na slici 5 prikazane izmjerene količine vode od magle u dane bez kiše.

U 2000. godini u razdoblju mjerenja od 27. srpnja do 10. studenog kolektor magle je sakupio 361.9 l/m² vode što je 49% oborine izmjerene standardnim kišomjerom. 2001. godine u razdoblju mjerenja od 16. svibnja do 30. rujna standardni kolektor magle sakupio je 192.4 l/m² maglene vode što je 38% količine oborine što je izmjerio standardni Hellmannov kišomjer. 2002. kolektor magle sakupio je od 25. lipnja do 30. listopada 429.5 l/m² vode što je 40% oborine koju je izmjerio Hellmannov kišomjer (tab.1). Maksimalna dnevna količina vode izmjerena standardnim kolektorom magle iznosila je 27.5 litara/m² (19. listopada 2002.).

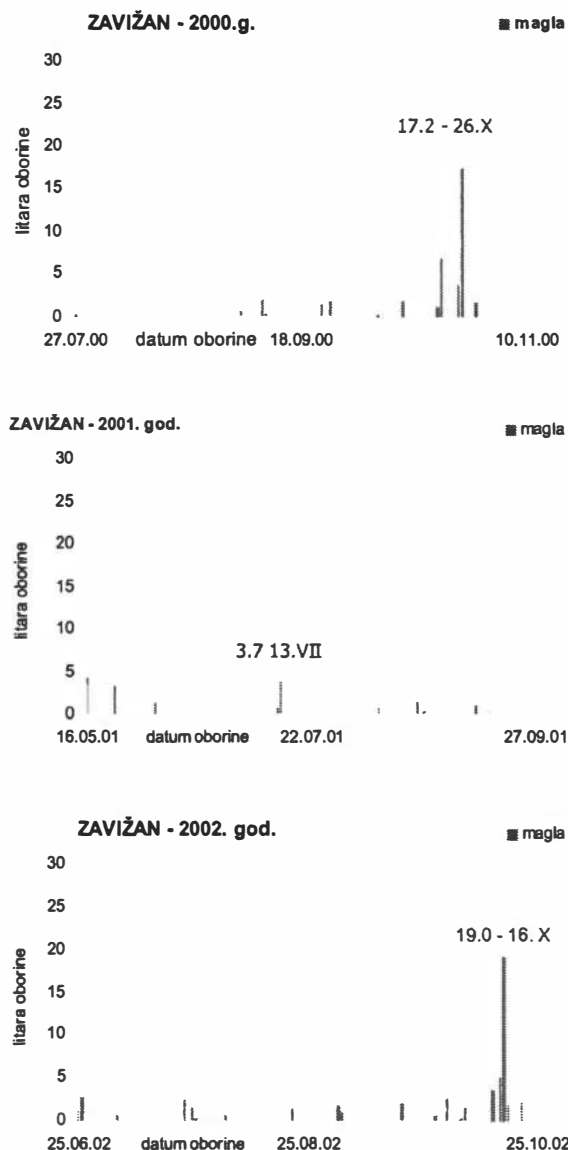


Sl. 4. Dnevne količine vode (l/m²) sakupljene s kolektorom magle u raspoloživim razdobljima tijekom tri godine.

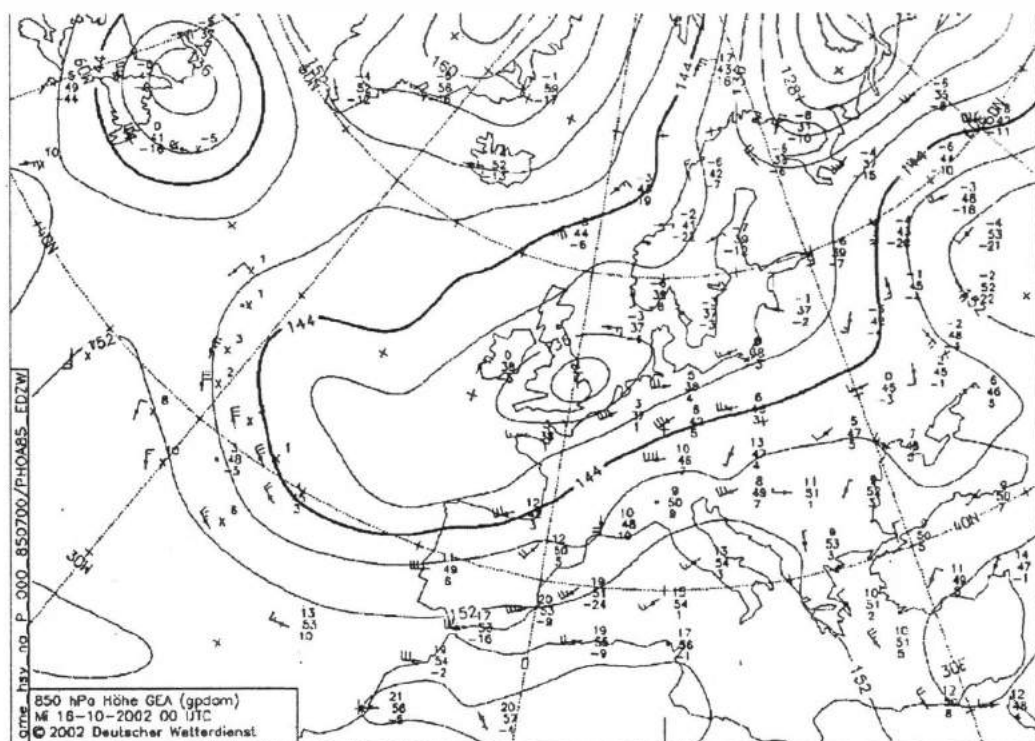
Količine vode od magle u promatranim razdobljima u dane bez kiše iznosile su u 2000. godini, 37.8 l/m², u 2001. godini, 16.4 l/m², te u 2002. godini 51.6 l/m² (sl. 5)

Maksimalna dnevna količina vode od magle izmjerena u dane bez kiše iznosila je 19.0 l/m² (16.listopada 2002.). Najveće količine vode od magle pojavljuju se u jesen.

Maksimalne količine vode od magle u dane bez kiše, izmjerene su kad je na Zavižanu zabilježen zapadni vjetar a za sinoptičku situaciju je karakterično visinsko jugozapadno strujanje sa advekcijom vlažnog zraka sa Mediterana. Na slici 6 prikazana je sinoptička situacija za 16. listopada 2002.



Sl. 5 Dnevne količine vode (l/m²) sakupljene s kolektorom magle u raspoloživim razdobljima tijekom tri godine.u dane bez oborine



Sl. 6. Sinoptička situacija za 16. Listopad 2002. god.

ZAKLJUČAK

Količine oborine od magle u našim brdskim predjelima u blizini mora su znatne pogotovo u jesen kada je velika ciklonalna aktivnost nad Mediteranom i Jadranu.

To pokazuju i mjerenja sa Grunovim kišomjerom (kolektorom) i sa novim standardnim kolektorom magle.

Period mjerenja sa standardnim kolektorom magle na Zavižanu je relativno kratak a mjerenja se obavljaju samo tijekom toplog dijela godine budući da se mjerenja ne vrše kod negativnih temperatura zraka zbog stvaranja leda na mrežici od čije težine dolazi do trganja mrežice.

Poznato je da, unatoč tome što Hrvatska općenito ima dovoljno vode, godišnja raspodjela je često takva da u mnogim područjima često postoji manjak vode. I na Zavižanu vodu treba dopremati cisternama što je relativno skupo. Količine vode od magle prema dobivenim podacima u jednom danu (onom s maksimalnom količinom vode od magle) sa dva kolektora površine 48 m^2 (ili 3 s površinom 36 m^2) iznose i više od 2500 litara vode. Međutim uglavnom najveće količine oborine i oborine od magle pojavljuju se u jesen, a potreba za vodom na Zavižanu je tijekom ljetnih mjeseci.

Zbog toga bi bilo potrebno mjerenja produljiti maksimalno moguće, započeti s njima što ranije čim se stvore uvjeti, početkom svibnja, i izračunati isplativost eksploatacije magle kao vodnog resursa i u Hrvatskoj. Kratka i nepotpuna mjerenja oborine od magle s kišomjerom s mrežicom na Svetom Juri Biokovu ukazuju na još veće količine oborine od magle nego na Zavižanu, pa bi ta lokacija bila još pogodnija za hvatanje i korištenje vode iz magle.

Voda od magle mogla bi se koristiti i za mlade nasade kod pošumljavanje ogoljelih površina, te za praćenje onečišćenja jer magla izravno utječe na intenzitet onečišćenja.

LITERATURA

- Larrain, H., 2001: Archaeological Observations at a Costal Fog-site in Alto Patache, South of Iquique, Northern Chile. 2nd International Conference on Fog and Fog collection, St. John Canada , 15-20 July 2001, 289-292
- Mileta, M. 1995: Oborina od magle na Zavižanu, 1 Konferencija o vodama Dubrovnik 24-27 svibnja 1995, 512-520
- Mileta, M., 1998: Fog Precipitation on the mountain in Croatia, 1st International Conference on Fog and Fog collection, Vancouver, 20-24 July 1998, 413-416.
- Mileta, M., 1999: Mjerenje vode iz magle i njeno korištenje u svijetu, 2. Hrvatska konferencija o vodama, Dubrovnik, 19-22. svibnja 1999., 887-892.
- Schemenauer, R.S: and Cerceda 1994: A proposed standard fog collector, for used in high elevation region. Journal of Applied Meteorology, 33 1313-1322

Autor

Marina Mileta dipl.ing

Državni Hidrometeorološki Zavod

Grič3 10000Zagreb

Tel 4565 649

e-mail:mileta@cirus.dhz.hr



Rad 1.05.

Hidrogrami velikih vodnih valova - primjer hidrološke obrade za akumulaciju Križ

Nevenka Ožanić, Barbara Karleuša, Jasmina Orbanić, Enco Žufić, Elvis Žic

SAŽETAK: U radu je razmatrana problematika hidrološke obrade velikih voda za potrebe dimenzioniranja akumulacija i retencija na malim slivovima na kojima postoje hidrološka praćenja dinamike otjecanja površinskih voda. Unatoč postojanju brojnih prihvatljivih metodoloških postupaka za definiranje karakterističnog oblika vodnog vala, čest je slučaj da se kod manjih slivova, zbog složenosti takvih obrada za inženjersku razinu, one ne koriste već se karakterističan oblik vodnog vala usvaja preuzimajući ga iz literature ili nekih drugih, često i vrlo udaljenih slivova. Prikazano je da se i jednostavnijim hidrološkim obradama oblika vodnog vala, u danom slučaju modificirane metode «tipskog hidrograma», mogu dobiti primjerene podloge za početna razmatranja pri dimenzioniranju akumulacija, odnosno tipski hidrogram. Analiziran je jedan od jednostavnijih pristupa takvim obradama, pri čemu je kao osnovni parametar korišten tzv. koeficijent oblika vodnog vala. Obrada je provedena na primjeru sliva planirane akumulacije Križ u Gorskom kotaru (Hrvatska), površina kojega sliva je svega oko 6 km².

KLJUČNE RIJEČI: akumulacija, retencija, vodni valovi, hidrogrami, koeficijent oblika vodnog vala

High Water Waves Hydrograms – The Example Of Hydrological Analysis For The Križ Reservoir

SUMMARY: This paper evaluates problems of high waters hydrological analysis used for the determination of capacities of reservoirs and retentions in small catchments with the existing surface (fresh) water runoff monitoring. There are several methodological procedures for defining of a characteristic water wave shape. However, because of complexity of such analyses at the engineering level they are often not applied, and the characteristic water wave shape is either adopted from the literature or the data on other frequently very distant catchments are used. The present paper shows that even simple hydrological analysis of the water wave shape (in this particular case a modified «standard hydrogram» method) can be a satisfactory basis for initial determination of a reservoir capacity. One of simpler approaches to such analysis is described where the so-called water wave shape coefficient is used as the basic parameter. The analysis is performed on an example of planned Križ Reservoir, located in Gorski Kotar County (Croatia) with the catchment area of only 6 km².

KEYWORDS: reservoir, retention, water waves, hydrograms, water wave shape coefficient

1. UVOD

Optimalno gospodarenje volumenima akumulacija zahtijeva primjereno poznavanje značajki pojava velikih voda i osiguranje njihova prihvata, i to kako u cilju osiguranja vodnih zaliha za njihovo korištenje, tako i u svrhu zaštite nizvodnijeg područja od velikih voda. Pojave poplava velikih razmjera koje su tijekom posljednjeg desetljeća zahvatile velik dio urbaniziranih područja Evrope i Sjeverne Amerike, pokazale su da do sada najvećim dijelom zastupljene strukturalne mjere zaštite od poplava izgradnjom samo linearnih regulacijskih građevina uzduž vodotoka ne pružaju potrebnu sigurnost. Posljedica takvog pristupa u uvjetima sve većeg razvoja urbanizacije brža je propagacija poplavnih valova, i još izraženiji vrh vodnog vala.

Iako moderne metode obrane od poplava uključuju u sebi i radikalne promjene dosadašnjih pristupa u smislu favoriziranja nestrukturalnih mjera obrane od poplava, sigurno je da će u budućnosti kao najučinkovitija strukturalna mjera obrane od poplava urbanih područja biti izgradnja većeg broja akumulacija za zadržavanje poplavnih valova u samome slivu. Kako se urbane zone i najvredniji sadržaji uglavnom nalaze u dolinskim područjima, najučinkovitije je da se oborinske poplavne vode zadržavaju bliže lokaciji njihove pojave, tj. u gornjim dijelovima sliva. Ti dijelovi sliva imaju u pravilu i veći hidroenergetski potencijal, kao i veći stupanj kakvoće voda, te se izgradnjom sustava višenamjenskih akumulacija u tim područjima, uz veći stupanj zaštite od poplava, mogu očekivati i drugi pozitivni učinci. Stoga je za očekivati da će se u skoroj budućnosti uz velike sustave hidrotehničke sustave za zaštitu od poplava koji uključuju i velike akumulacije, u većoj mjeri intenzivirati radovi na izgradnji sustava malih višenamjenskih akumulacija u gornjim dijelovima sliva.

I dok se, zbog ograničenog broja pogodnih lokacija, za velike hidrotehničke objekte prije izgradnje uglavnom ozbiljno planira i osigurava prikupljanje i analiza dugotrajnih nizova hidroloških podataka, kod malih akumulacija puno je češći slučaj nedostatka kako dugotrajnih nizova hidroloških podataka, tako i neprimjene odgovarajućih metodoloških postupaka za obradu raspoloživih podataka. Posebno se to odnosi na podloge vezane uz problematiku pojava velikih vodnih valova gdje su prilikom ocjene značajki velikih voda moguće vrlo velike greške. Naime, za te je profile puno je jednostavnije i pouzdanije na osnovu regionalnih sagledavanja vršiti procjenu bilance srednjih mjesečnih dotoka nego li procjenu karakteristika velikih vodnih valova, na koje u još većoj mjeri utječu lokalne prilike.

Stoga je u danom radu na primjeru akumulacije Križ na Križ potoku provedena analiza pojava velikih vodnih valova na osnovu raspoloživih nizova limnografskih podataka. Cilj tih obrada je osiguranje podloga za dimenzioniranje prostora u akumulaciji za prihvata vodnih valova, a u svrhu optimalizacije višenamjenske funkcije akumulacije. Pri tim je početnim sagledavanjima korišten vrlo jednostavan i u današnjoj projektantskoj praksi zanemaren metodološki pristup «tipskog hidrograma», kod kojega se u svrhu dimenzioniranja evakuacijskih organa i prostora za prihvata vodnih valova koristi analiza koeficijenta oblika vodnog vala. Radi se o davno razvijenoj metodologiji (Alekseev, G.A., 1955, - prema Prohaska, Petković, 1989), koja zbog svoje jednostavnosti i jasne fizikalne predodžbe zavrijeđuje da se više koristi u inženjerskoj praksi, kao i da je se metodološki unaprijeđuje. U datom radu prikazan je jedan modificiran način korištenja te metode, pri kojemu se kao tipski hidrogram koristi modifikacija realno osmotrenog vodnog vala koji ima najsličniji koeficijent oblika vodnog vala odabranom prosječnom hidrogramu.

2. OSNOVNE HIDROLOŠKE ZNAČAJKE SLIVA KRIŽ POTOKA

Slivno područje Križ potoka nalazi se na središnjem dijelu Gorskog kotara, na samoj granici jadranskog i podunavskog sliva (slika br.1). Najveći dio voda toga sliva već se koristi u hidroenergetske svrhe, u koju je svrhu izgrađena crpna postaja i maleni retencioni bazen volumena (6000 m^3), putem kojega se prebacuje vode iz sliva Križ potoka u obližnju hidroenergetsku akumulaciju Lokvarku (volumena od $30,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$), čime se zapravo dio voda iz Crnomorskog sliva prebacuje u Jadranski. Obzirom na povoljan prostorni i visinski položaj Križ potoka u odnosu na većinu većih naselja Gorskog kotara, sliv je odabran za analizu mogućnosti izgradnje akumulacije za osiguranje vodnih zaliha za vodoopskrbu, ali i za redukciju velikih voda. Naime, nizvodno od planiranog pregradnog profila nalazi se naselje Lokve, koje je zbog ograničenog kapaciteta ponorske zone od cca $15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, ugroženo od pojava velikih voda. Radi se o maloj višenamjenskoj akumulaciji, planiranoj na nadmorskoj visini od cca 750 mn.m. Površina pripadajućeg sliva iznosi 5.9 km^2 , prosječne godišnje oborine oko 2700 mm, srednja godišnja protoka $0.313 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, a proračunata maksimalna 100-godišnja protoka iznosi $31.6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.



Slika br. 1: Situacija analiziranog područja

Hidrološka analiza bilance dotoka zasnovana je na 30-godišnjem nizu limnigrafskih podataka s hidrološke postaje C.P. Križ, locirane na istoimenoj crpnoj postaji u čijoj je neposrednoj blizini (cca 0.5 km^2 nizvodnog međusliva), planirana izgradnja spomenute akumulacije. Maksimalni kapacitet crpljenja iz bazena C.P. Križ iznosi $2.25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, tako da se pri pojavama većih voda, zbog zanemarivog kapaciteta crpnog

bazena vrlo brzo javljaju prelijevanja. Ta je okolnost dijelom uvjetovala i način obrade podataka o pojavama velikih voda, te su zabilježeni vodni valovi analizirani samo u situacijama trajanja prelijevanja. Zbog nepotpune registracije režima crpljenja tijekom trajanja velikih voda, u proračunima značajki pojava velikih vodnih valova je iz razloga sigurnosti pretpostavljeno da su crpljenja bila maksimalna, te je vrijednost $2.25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ usvojena kao stalni bazni dotok tijekom trajanja velikih vodnih valova.

3. ANALIZA VELIKIH VODNIH VALOVA

Oblik i veličina vodnog vala ovisni su o brojnim utjecajnim parametrima koji se određuju analizom značajki sliva i jakih oborina koje su izazvale pojavu velikih voda. Reakcije hidrografske jedinice – sliva bitno se razlikuju kod različitih oborinskih prilika na istome slivu, a posebno je to izraženo kod različitih slivova. Zbog toga se pri hidrološkim analizama velikih vodnih valova nastoje pronaći parametri oblika vodnog vala koji imaju kvalitetu generaliziranja. Oblici vodnog vala mogu se definirati s 2, 3 i više parametara, a njihov je izbor, odnosno analiza njihovih pripadajućih vrijednosti, najčešće rezultat složenih hidroloških proračuna (Srebrenović, 1986). Najčešće nas zanima odnos između vrijednosti maksimalne protoke i volumena vodnog vala, odnosno problem kakav volumen i oblik vodnog vala pridružiti vodnom valu maksimalne protoke.

U datom radu je na primjeru profila planirane akumulacije Križ potok primijenjena jedna jednostavna i kratka analiza pojava velikih vodnih valova, zasnovana na određivanju i proračunu karakterističnih vrijednosti nekoliko hidroloških parametara vodnih valova, kao i analizi njihova međudnosa. Za odabrano 30-godišnje razdoblje (1963.-1992) izdvojeno je 40 vodnih valova s najizrazitijim prelijevanjima. Analizirani su slijedeći parametri vodnih valova:

T_p	- vrijeme podizanja vodnog vala (sati)
T_o	- vrijeme opadanja vodnog vala (sati)
T	- ukupno vrijeme trajanja vodnog vala (sati) ($T = T_p + T_o$)
$Q_{\max}$	- maks. protoka vodnog vala (m^3/s)
V	- volumen vodnog vala (m^3)
γ	- koeficijent oblika vodnog vala

Na osnovu tih parametara, za svaki je osmotreni vodni val proračunat koeficijent oblika vodnog vala prema jednadžbi 1. Taj je koeficijent bezdimenzionalni broj koji karakterizira oblik hidrograma vodnog vala na osnovu međudnosa između prethodno spomenutih utjecajnih parametara vodnog vala.

$$\gamma = \frac{V}{Q_{\max} * T} \quad \dots (1)$$

U tablici 1 dan je prikaz analiziranih karakterističnih vrijednosti analiziranih parametara vodnih valova.

Tablica br. 1: Osnovni rezultati analize parametara vodnih valova (1963.-1992.)

Parametar	$Q_{\max}$ (m^3/s)	Volumen (1000 m^3)	γ	T_p (sat)	T_o (sat)	T (sat)
Sred.	14,27	253,5	1181	6,40	15,4	21,8
St. Dev.	5,588	209,1	370,5	7,10	9,10	12,8
C_v	0,392	0,820	0,31	1,12	0,59	0,59
Max.	28,30	1222,1	2007	36,0	50,0	61,0
Min.	7,730	64,80	460	1,00	5,00	6,00

Kao prvi korak provedena je statistička analiza vjerojatnosti pojave maksimalnih godišnjih protoka za spomenuto 30-godišnje razdoblje osmatranja (1963.-1992.g.), a rezultati provedenih analiza - dobivene vrijednosti maksimalnih protoka po pojedinim povratnim razdobljima dati su u tablici br. 2.

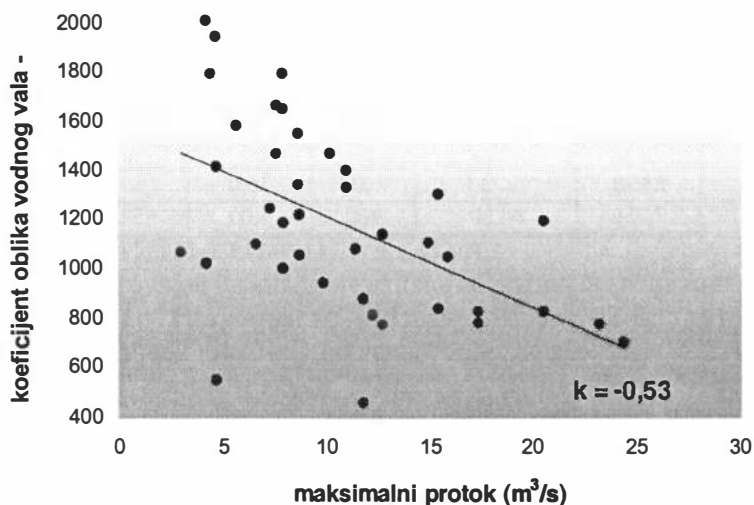
Tablica br. 2: Vjerojatnost pojave maksimalnih protoka

Pov. period (god.)	Rezultati stat. analize osmotrenih max. protoka ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)
5	18,3
10	21,5
20	24,6
50	28,6
100	31,7

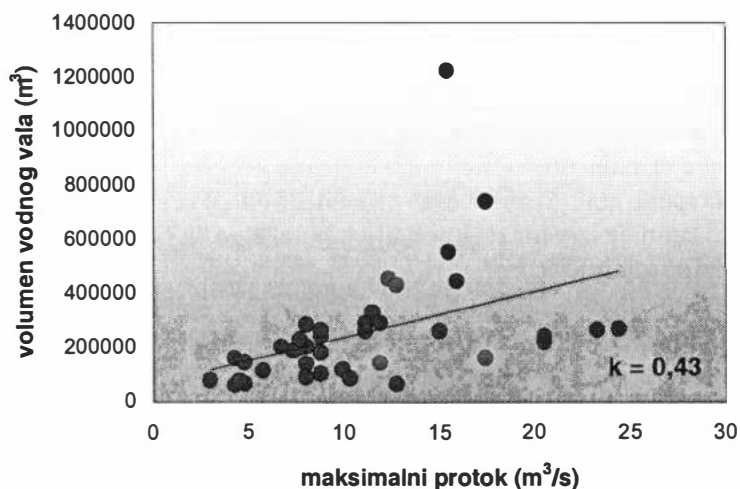
Nakon toga, da bi se utvrdila međusobna zavisnost pojedinih parametara hidrograma vodnog vala, provedena je njihova međusobna regresijska analiza. U slučajevima kada su dobivene niske vrijednosti koeficijenata linearne korelacije "K", a uočene su indicije za postojanje čvršćih nelinearnih veza, provedena je i korelacijska analiza modelom ($Y = a * x^b$), pri čemu je izračunat i koeficijent korelacije "k". Iz dobivenih koeficijenata korelacije, može se zaključiti da:

- Volumeni vodnih valova i maksimalne protoke nisu međusobno čvršće zavisni, ali postoji naznaka te veze ($K = 0.43$, $k = 0.60$).
- Vrijeme podizanja vodnog vala i maksimalne protoke nisu zavisni ($K = 0.19$).
- Ukupno trajanje vodnog vala i maksimalna protoka nisu zavisni ($K = 0.13$).
- Vrijeme porasta i opadanja vodnog vala nisu zavisni ($K = 0.23$), ali općenito postoji naznaka postojanja proporcionalne zavisnosti ($k = 0.46$).
- Vrijeme podizanja i volumena vodnog vala su zavisni ($K = 0.86$).
- Ukupno trajanje vodnog vala i njegov volumen su međusobno zavisni ($K = 0.80$).
- Maksimalna protoka i koeficijent oblika vodnog vala g nisu čvršće zavisni, ali postoji naznaka njihove obrnuto proporcionalne veze ($K = -0.53$).
- Volumen i koef. oblika vodnog vala g nisu zavisni ($K = -0.14$).
- Vrijeme podizanja i koeficijent oblika vodnog vala nisu zavisni ($K = -0.02$).

Vidljivo je da funkcionalna ovisnost između pojedinih parametara vodnih valova nije značajnije izražena. To vrijedi i za analizirani međuodnos vrijednosti maksimalnih protoka vodnog vala i ostalih utjecajnih parametara vodnog vala. Na slici 2 dan je međuodnos maksimalnih protoka i koeficijenta oblika vodnog vala, a na slici 3 dana je međuovisnost volumena vodnog vala i maksimalne protoke.



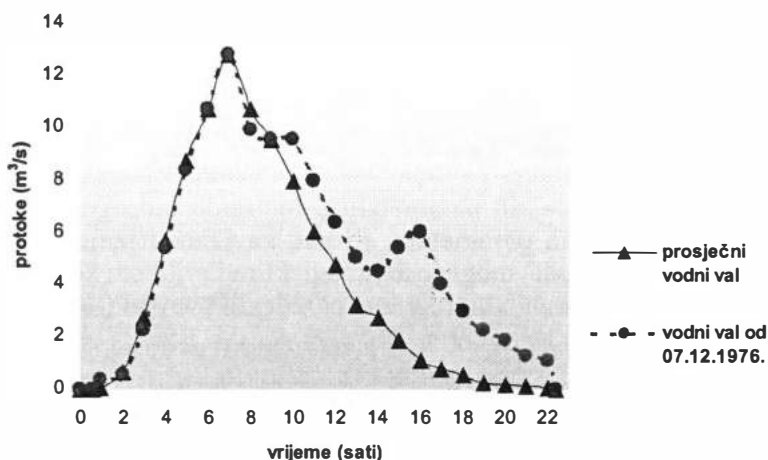
Slika br.2: Međudnos maksimalnih protoka i koeficijenta oblika vodnog vala



Slika br.3: Međudnos maksimalnih protoka i volumena vodnog vala

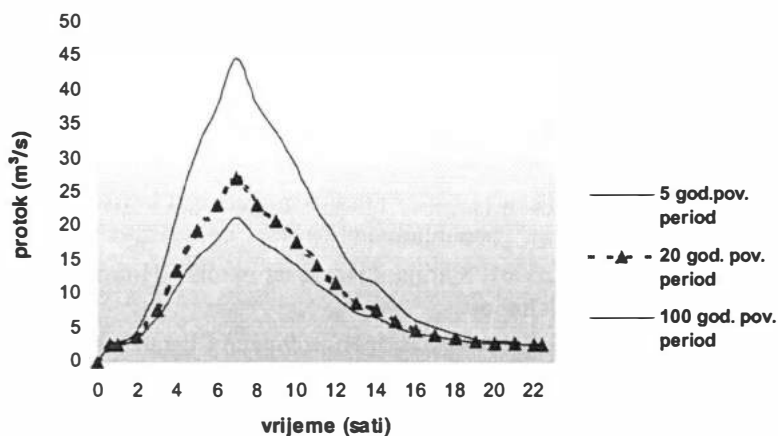
Zbog nepostojanja čvršćih regresijskih veza između utjecajnih parametara vodnog vala, daljnja analiza međudnosa maksimalne protoke i oblika vodnog vala vršena na osnovi utvrđenih prosječnih vrijednosti parametara hidrograma vodnog vala iz tablice 1, i to na slijedeći način. Kako je utvrđeno da je prosječni koeficijent oblika vodnog vala 1181, a ukupno trajanje 21.8 sati, iz analiziranih osmotrenih hidrograma vodnog vala izdvojen je vodni val od dne 7.12.1976, maksimalne protoke od $12.73 \text{ m}^3/\text{s}$, koji je imao najbližiji koeficijent oblika vodnog vala – 1135, te ukupno trajanje 30 sati. Prema tome izdvojenom,

stvarno opaženom hidrogramu izvršeno je daljnje modeliranje vodnih valova – kao prvo izvršeno je reduciranje sekundarnog vrha vodnog vala, čime je popravljen i koeficijent oblika vodnog vala na prosječnu proračunatu vrijednost $\gamma = 1181$, i ukupno vrijeme trajanja vodnog vala na prosječnu vrijednost od 21.8 sati (Slika 4).



Slika br.4: Prosječni hidrogram vodnog vala i hidrogram za vodni val od 07.12.1976.

Karakteristični oblici vodnih valova maksimalne protoke po pojedinim povratnim periodima određeni su na osnovu međudnosa tih vrijednosti protoka i tako odabranog prosječnog tipskog hidrograma vodnog vala. Na slici 5 dan je prikaz proračunatih vodnih valova maksimalne protoke, a za odabrane povratne periode od 5, 20 i 100 godina.



Slika br. 5: Proračunati vodni valovi za povratni period od 5, 20 i 100 godina

U ovisnosti o proračunatim vršnim protokama za odabrane povratne periode, promjenom ordinata hidrograma tipskog vodnog vala generirani su dani hidrogrami određene vjerojatnosti pojave. S obzirom na navedenu transformacija oblika vodnog vala u odnosu na tipski hidrogram, generirani hidrogrami imaju i različite koeficijente oblika u odnosu na početni – tipski hidrogram. Utvrđeno je da je rezultirajući koef. oblika vodnog vala za prikazani 5-godišnji povratni period 1680, 20-godišnji 1524, a za 100-godišnji 1440, dakle veći nego li je spomenuta vrijednost koef. oblika tipskog hidrograma od 1181. U kontekstu analiziranih međuodnosa utjecajnih parametara hidrograma, vidljivo je da generirani hidrogrami imaju naglašeniji (relativno veći) volumen vodnog vala, i to 5-godišnji za 42 %, 20-godišnji za 29%, a 100-godišnji za 22%. S obzirom da se je time na strani sigurnosti u pogledu odabira karakterističnog hidrograma maksimalne protoke, dobivene se aproksimacije hidrograma velikih voda mogu smatrati prihvatljivim za potrebe inženjerske prakse. Sličan postupak može se primijeniti i za generiranje hidrograma maksimalnih volumena.

Ukoliko se analizama utjecajnih parametara osmotrenih hidrograma dobiju čvršće zavisnosti između pojedinih parametara, ili pak zavisnosti između vrijednosti tih parametara i povratnog perioda, moguće ih je respektirati prilikom konstrukcije tipskog hidrograma, odnosno generiranih hidrograma određenih vjerojatnosti pojave.

4. ZAKLJUČCI

Proračun pojava velikih voda, čak i na malim slivovima, može predstavljati značajan problem u svakidašnjoj inženjerskoj praksi ukoliko se ne sagledavaju lokalne karakteristike pojava velikih vodnih valova. Pri početnim hidrološkim sagledavanjima, u radu je pokazano da je to je moguće provesti i vrlo jednostavnim metodama, kakva je npr. i prikazana analiza velikih vodnih valova na osnovi analize tipskog hidrograma, a koja je ovdje data u modificiranom obliku. Prikazani postupak nema namjeru zamijeniti sofisciranije metode proračuna velikih vodnih valova pri kompleksnijim hidrološkim sagledavanjima, ali omogućuje prihvatljiva sagledavanja značajki oblika vodnih valova. Također je prikazano da čak i jednostavne hidrološke analize u svakodnevnoj projektantskoj praksi (kao što je metoda prikazana u radu) mogu biti značajan izvor podataka. Takvi podaci mogu poslužiti kao osnova za dobivanje šireg spektra informacija korisnih u širim regionalnim analizama pojava velikih voda na malim gorskim slivovima.

5. LITERATURA

1. Chow, W.T. (1964): "Handbook of Applied Hydrology", Wen Te Chow, New York Linsley, R.K., Kohler, M.A. and Paulhus, J.L.H. (1972): "Hydrology for Engineers", McGraw-Hill, New York
2. Hrvatska vodoprivreda, OJ Rijeka (1994): "Studija mogućnosti korištenja potoka Križ za vodoopskrbu – Hidrologija", nepublicirano.
3. Hrvatske vode, VGO Rijeka (2000): Studija utjecaja na okoliš - Hidrologija Križ potoka – prirodne osnove, nepublicirano.
4. Ožanić, N. and Rubinić, J. (1996): "Analysis of Hidrological Characteristic of Križ Potok - a Small Streamflow in the Mountain Part of Croatia", Proceedings, XVIIIth Conference of the Danube Countries - Volume 19/2, Graz, 53-59
5. Prohaska, S. and Petković, T. (1989): "Metode za proračun velikih voda", Građevinski kalendar, Beograd, 315-409
6. Srebrenović, D. (1986): "Primjenjena hidrologija", Tehnička knjiga, Zagreb

Autori

prof.dr.sc.Nevenka Ožanić,dipl.ing.građ.,
Građevinski fakultet Rijeka, V.Cara Emina 5, 51000 Rijeka,
nozanic@gradri.hr
tel: 051/352146

mr.sc.Barbara Karleuša,dipl.ing.građ.,
Građevinski fakultet Rijeka, V.Cara Emina 5, 51000 Rijeka,
barbara.karleusa@ri.hinet.hr
tel: 051/352145

Jasmina Orbanić,dipl.ing.građ.,
Građevinski fakultet Rijeka, V.Cara Emina 5, 51000 Rijeka,
orbanic@gradri.hr
tel: 051/352131

Enco Žufić,dipl.ing.građ.,
Građevinski fakultet Rijeka, V.Cara Emina 5, 51000 Rijeka,
ezufic@gradri.hr
tel: 051/352141

Elvis Žic,dipl.ing.građ.,
Građevinski fakultet Rijeka, V.Cara Emina 5, 51000 Rijeka,
ezic@gradri.hr
tel: 051/352112



Rad 1.06.

Primjena GIS-a pri određivanju vremena koncentracije

Josip Petraš, Duška Kunštek

SAŽETAK: U inženjerskoj praksi često se javlja potreba za što pouzdanijom procjenom otjecanja sa slivova za koje ne postoje vodomjereni podaci ili postoje oni koji nisu dovoljno dobro izučeni. Osobiti problem predstavljaju slivovi nepravilnog oblika sa kojih se otjecanje ne može pouzdano proračunati na osnovu često primjenjivih jednostavnih parametarskih metoda. Upotreba složenijih modela, s druge strane, daje pouzdanije rezultate, ali zahtjeva podatke koji uglavnom nisu dostupni. Primjer definiranja vremena koncentracije, koji predstavlja samo jedan, ali važan detalj u svakom hidrološkom postupku definiranja otjecanja sa sliva, ukazuje na potrebu opreznog pristupa u smislu procjene i odabira realnih rezultata. Krive procjene vremena koncentracije za posljedicu imaju nerealne proračune otjecanja, što u hidrotehničkom inženjerstvu može prouzročiti velike i ponekat nepopravljive pograške. Proračunski model izokrona, dobiven GIS - tehnologijom (Geographic Information System), od osobitog je značaja za utvrđivanje realnijeg vremena koncentracije sliva. Ovaj proračunski model povezuje vrijeme koncentracije sa oborinskim i fiziografskim svojstvima sliva, jednako dobro, te ga stoga može pouzdanije odrediti. Ta pouzdanost je u funkciji valjanosti i opsežnosti ulaznih oborinskih podataka i saznanja o terenu.

KLJUČNE RIJEČI: otjecanje, oborina, izokrone, vrijeme koncentracije, GIS – tehnologija

The Application Of GIS in Time Concentration Determination

SUMMARY: There is a strong need for a reliable estimation of A catchment area runoffs when there are no measurement data or the existing ones are not explored enough. Irregularly shaped catchment areas seem to be quite complex, as the runoff can not be reliably calculated on the basis of frequently applicable simple parametric methods. On the other hand, the use of complex models yields safer results, but usually requires inaccessible data. An example of defining the concentration time, which represents only one but important detail of any hydraulic engineering procedure of a catchment runoff definition, points at careful approach to estimation and choice of realistic results. False estimations of time concentration could result in unrealistic runoff calculations leading to grave mistakes and failures in hydraulic engineering. A numerical model of isochrone, generated by the GIS (Geographic Information System) technology, considerably contributes to determination of a more realistic time of catchment concentration. The mentioned numerical model relates the concentration time with rainwater and physiographic features of the catchment well, so it can be determined with more certainty. The reliability is a function of exact and detailed runoff input data and the experience in the field.

KEYWORDS: runoff, precipitation, isochrones, time of runoff concentration, GIS - technology

UVOD

Problem definiranja konkretnih hidroloških veličina, neophodnih za planiranje korištenja prirodnih vodotoka, uređenje bujica, dimenzioniranje i projektiranje objekata odvodnje (kanala, propusta, malih mostova i sl.), na manjim slivnim površinama, čest je, gotovo svakodnevno.

U samom kontekstu određivanja otjecanja, pokazatelji se ne iscrpljuju uvijek u definiranju vršnog segmenta ili vrha hidrograma. Često nas zanima oblik i sadržaj vodnog vala za koji je neophodna vjerodostojna procjena vremena koncentracije sliva.

Za dovoljno pouzdano određivanje zakonitosti koje prevladavaju na pojedinim slivovima za vrijeme odvijanja procesa otjecanja na njima, danas je dostupna vrlo opsežna literatura. Pri definiranju tih zakonitosti, konkretno definiranja vremena koncentracije sliva, uobičajena inženjerska praksa je da pojednostavljuje analize i postupke, te uporabom empirijskih formula i metoda daje rješenja i rezultate. Takva rješenja pragmatično se prihvaćaju u nedostatku egzaktnijih, ali i skupljih znanstvenih analiza potkrijepljenih mjerenjima u prirodi.

No, kako vodno gospodarstvo svakodnevno iziskuje intenzivnije korištenje vodnih resursa, a time nove, kvalitetnije i pouzdanije analize u hidrologiji, a to znači kompleksnija i opsežnija saznanja o hidrološkim procesima u prostoru i vremenu, nužno je uvođenje kompjuterske tehnologije kojom se ta saznanja mogu dostići.

Unutar "palette" metoda razvijenih kroz inženjersku praksu parametarskog modeliranja fenomena otjecanja sa slivova, u ovom je članku dana usporedba pristupa i dobivenih rezultata empirijskih metoda u interpretaciji vremena koncentracije, s jedne strane, i metode izokrona uz primjenu GIS-tehnologije, s druge strane.

DEFINICIJA VREMENA KONCENTRACIJE

Ukupno vrijeme t koje je potrebno da elementarni volumen vode prijeđe put od određene točke u slivu do izlaznog profila (hidrološka stanica), predstavlja zbroj vremena tijekom kojega voda teče po padini (površinski tok), duž depresija, rigola i kanala na nižim dijelovima terena, i konačno duž glavnog vodotoka. Najopćenitija računaska postavka potrebnog vremena površinskog tečenja t glasi [8]:

$$t = \int_0^{l_1} \frac{dl}{v_p} + \int_{l_1}^{l_2} \frac{dl}{v_d} + \int_{l_2}^{l_3} \frac{dl}{v_r} + \dots + \int_{l_{n-1}}^{l_n} \frac{dl}{v_v} \quad (1)$$

gdje je: $l_1, l_2 - l_1, l_3 - l_2, \dots, l_n - l_{n-1}$ - duljina putovanja vode po površini, duž depresija, rigola, ..., u glavnom vodotoku,

$v_p, v_d, v_r, \dots, v_v$ - odgovarajuće brzine tečenja vode.

Brzine iz izraza (1) su vrlo različite, osobito one koje se odnose na tečenje po površini terena koje su mnogo manje od brzina tečenja u jarcima ili vodotocima. Razlike su toliko izražene da se ukupno vrijeme tečenja t može podijeliti na dva dijela: tečenje po površini terena t_1 i tečenje po jarcima i vodotocima t_2 .

Kod malih slivova⁰, udio vremena tečenja po površini terena, u ukupnom trajanju otjecanja, razmjerno je veliko (drugim riječima ne može se zanemariti). Za velike slivove udio vremena tečenja u hidrografskoj mreži (sistemu vodotoka) je značajniji, dok je vrijeme koje je potrebno da se voda površinski slije do prvog vodotoka razmjerno malo.

ODREĐIVANJE VREMENA KONCENTRACIJE

Tečenje po površini sliva nije u praksi moguće potpuno opisati zakonima hidromehanike, jer se radi o nekonzervativnom tečenju, koji nailazi na nepredviđene prepreke od strane vegetacije, terenskih neravnina itd. Zbog složenosti samoga problema u praksi se pristupalo izradi iskustvenih formula, koje uz niz pojednostavljenja, uzimaju mali broj uprosječenih parametara sliva i uglavnom ih nelinearno povezuju s vremenom tečenja po slivu.

Pregled nekih često korištenih iskustvenih formula dan je u tablici 1[12].

Tablica 1 Pregled iskustvenih formula za određivanje vremena koncentracije

AUTOR	MATEMATIČKA DEFINICIJA VREMENA KONCENTRACIJE	KLIMATSKI POKAZATELJI PODRUČJA	GEOGRAFSKO – GEOLOŠKI POKAZATELJI SLIVA
Z.P.Kirpich (1940)	$t_c = 0,00032 \cdot L^{0,77} \cdot I^{-0,385} \quad [sati]$	Nema	Duljina vodot. L [m] Nagib terena I
C.F.Izzard (1944)	$t_c = 530 \cdot K \cdot L^{1/3} \cdot i_e^{-2/3} \quad [min]$	Efektivni kišni intenzitet i_e [mm/sat]	Duljina vodot. L [m] Nagib terena I Koef. zakašnjenja c_r $K = (2,8 \cdot 10^{-4} \cdot i_e + c_r) \cdot I^{-1/3}$
R.Morgall, R.K.Linsley (1965)	$t_c = 6,99 \cdot (nL)^{0,6} i_e^{-0,4} \cdot I^{-0,3} \quad [min]$	Mjerodavni kišni intenzitet i_e [mm/sat]	Duljina vodot. L [m] Nagib terena I Manningov koeficijent hrapavosti n [s/m ^{1/3}]
W.S.Kerby (1959)	$t_c = 1,44 \cdot (LrI^{-0,5})^{0,467} \quad [min]$	Nema	Duljina vodot. L [m] Nagib terena I Koef. zakašnjenja uslijed hrapavosti r
Giandotti – Vissentini (1952)	$t_c = \frac{4,0\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{\Delta H}} \quad [sati]$	Nema	Duljina vodot. L [m] Srednja visinska razlika sliva ΔH , Površina sliva A [km ²]
I.I.Herheulidze (1947)	$t_c = \frac{L}{v} = \frac{L}{(1,6 + 1,10 \log P) I_{max}^{1/4}} \quad [sec]$	Nema	Duljina vodot. L [m] Maks. nagib terena I Povratno razdoblje P [god]
Srebrenović (1970)	$t_c = \frac{20\beta}{[H_s \cdot (1 + 1,5 \log P)]^{0,33}} + 2,6 \cdot \left[\frac{A}{I}\right]^K \quad [sati]$	Visina prosječnih godišnjih oborina H_s [m]	Duljina vodot. L [m] Nagib terena I Povratno razdoblje P [god] Koef. ovisan o propusnosti, pošumljenosti i sl.

⁰ Egzaktna definicija velikog i malog sliva ne postoji. Neki autori kao graničnu površinu spominju 1000 km², ali se u praksi mali slivovi češće stavljaju u površinske okvire do 400 km² [11]. Bitno je svojstvo malih slivova da oborine koje su uzrokovala pojavljivanje velikih voda redovito padaju na cijeli sliv.

Zadatak se može idealizirati tako da se tečenje pretpostavi u hipotetičkom vodnom sloju male dubine, time da se površina po kojoj se odvija tečenje zamijeni dijelovima ravnine postavljene u nagibu terena, dakle, tečenje okomito na izohipse. Uz takovu idealizaciju problema, prosječna brzina kretanja vode može se odrediti na temelju hidrauličkih pretpostavki (Manningova formula). Takav princip primjenjiv je u proračunskom modelu izokrona. Kao klimatski pokazatelj sliva metoda izokrona uzima projektnu oborinu, dok ostale ulaze u metodu čine fiziografski pokazatelji sliva. Matematička interpretacija vremena koncentracije τ_x dana je u slijedećem obliku [8]:

$$\tau_x = \int_0^x \frac{dx}{v_x} = \int_0^x n^{3/5} \cdot \frac{dx}{(\alpha \cdot i \cdot x)^{2/5} \cdot I^{3/10}} = \frac{5}{3} \cdot n^{3/5} \cdot x^{3/5} \cdot (\alpha \cdot i)^{-2/5} \cdot I^{-3/10} \quad (2)$$

Gdje je:

$n [s/m^{1/3}]$Manningov koeficijent hrapavosti
 $v_x [m/s]$brzina tečenja vode po površini terena u presjeku x
 $I. [m/km]$pad terena
 $x [m]$duljina udaljenosti promatranog profila od vododjelnice vodotoka
 $i [mm/min]$projektna oborina
 α utjecajni koeficijent terena

Obzirom da je na dužini $x = L$, $\tau_x = t_c$ dobiva se izraz za ukupno vrijeme koncentracije sliva:

$$t_c = \frac{5}{3} \cdot n^{3/5} \cdot L^{3/5} \cdot (\alpha \cdot i)^{-2/5} \cdot I^{-3/10} \quad [s] \quad (3)$$

Gdje je:

$L [m]$duljina vodotoka

Za proračunski model izokrona, kako se vidi iz posljednje jednadžbe vremena tečenja (izokrone), koef. α ima ulogu koef. utjecanja ali u rangu izokrona, a ne ukupnog utjecanja. On aproksimira sve topografske, geološke, biološke i druge fizičke utjecaje slivnog područja na izokronalnu sliku (u smislu vremenske determinacije utjecanja), dok volumno on ne reducira utjecanje.

Proračunski model izračuna koeficijenta α u funkciji topografskih, geoloških i bioloških parametara terena utjecajnih na izokronalnu sliku utjecanja, dan je preko izraza [7]:

$$\alpha = \alpha_L \cdot \alpha_N \cdot \alpha_P$$

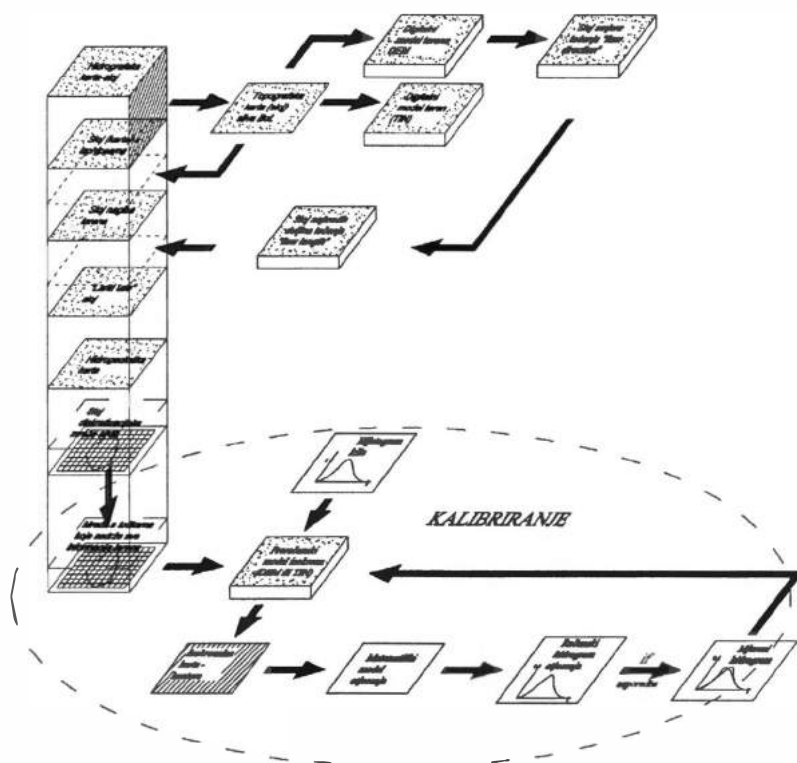
gdje su:

α ukupni koeficijenta utjecaja slivnog područja na izokronalnu sliku
 α_L koeficijent utjecaja načina iskorištenosti zemljišta na izokronalnu sliku utjecanja
 α_N koeficijent utjecaja nagiba terena na vrijeme utjecanja sa sliva
 α_P koeficijent utjecaja geološkog profila tla (u smislu propusnosti terena) na površinsko utjecanje

PRIMJER IZRAČUNA VREMENA KONCENTRACIJE

Provedba i kontrola proračunskog modela izokrona, te ukupnog vremena koncentracije rađena je na primjeru sliva Botonege (glavne karakteristike sliva Botonege do profila pregrade dane su u tablici 2) za koji postoji opsežna baza podataka o palim oborinama i slivu, te ograničeni podaci o otjecanju. No taj je problem drugdje još naglašeniji, jer na malim slivovima se gotovo u pravilu uopće ne vrše hidrološka mjerenja. Implementacijom GIS-tehnologije u konceptualni parametarski hidrološki model izokrona, omogućen je detaljniji opis i pouzdana kvantifikacija hidroloških parametara sliva, konkretno vremena tečenja po slivu. A to praktično znači bolji (vjerodostojniji) opis procesa otjecanja nego što to čine tradicionalni parametarski hidrološki modeli.

Na slici 1 dan je dijagram toka izrade proračunskog modela izokrona unutar GIS tehnologije, te tariranje cijelog modela u odnosu na jedan izmjereni vodni val na istom slivu.

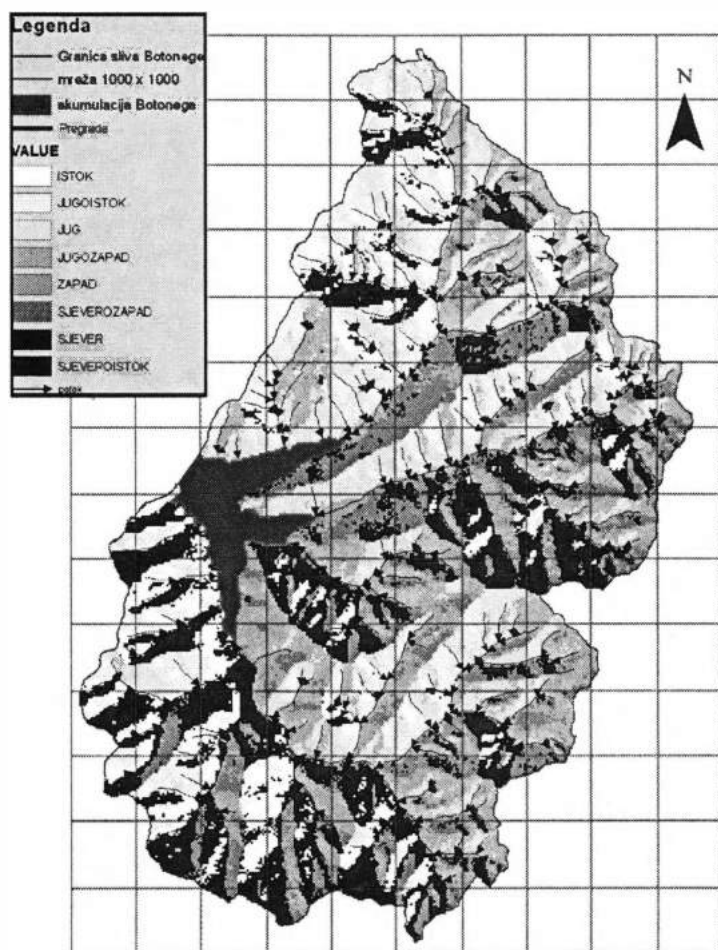


Slika 1. Dijagram toka izrade proračunskog modela izokrona unutar GIS – tehnologije

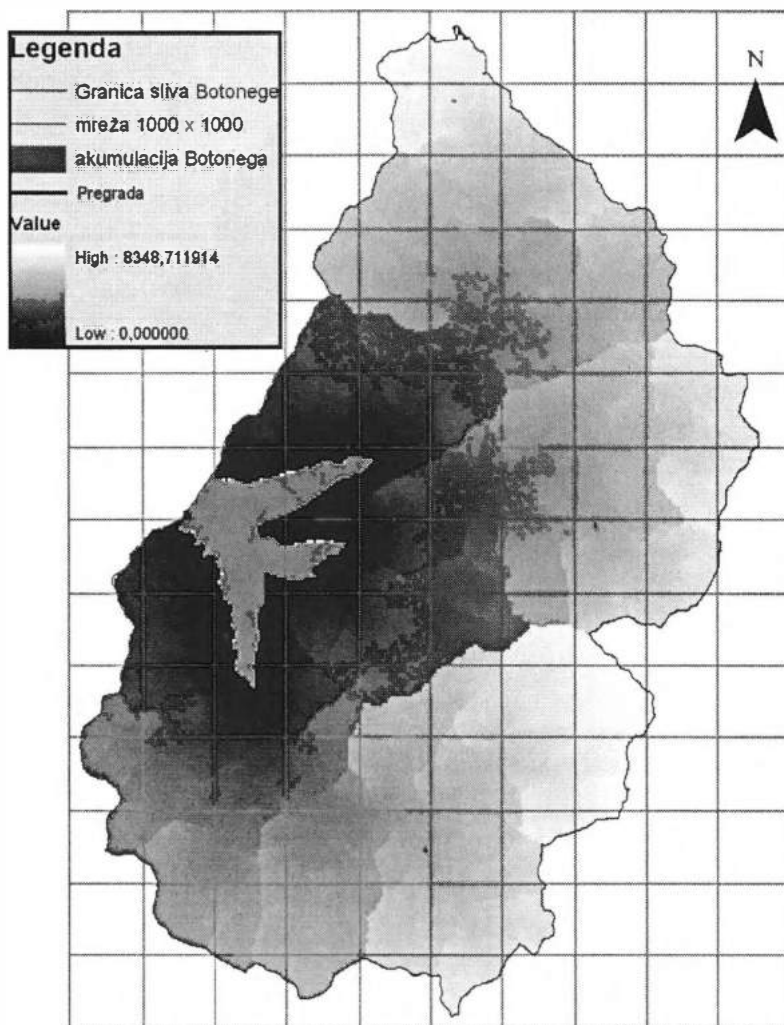
Sušтина ovog proračunskog modela leži u određivanju broja i točnog položaja izokrona na slivu, odnosno vremena koncentracije kao jedne od osnovnih veličina pri razmatranju procesa otjecanja na malim slivovima. Kako se vrijeme koncentracije sastoji od vremena tečenja po padini i u koritu vodotoka, a u odnosu na male slivove naročito je važno napomenuti da je putovanje vode po površini znatno dulje od onog koje se realizira tečenjem u koritima. Stoga je orijentacija ovisnosti vremena koncentracije (a samim tim i izokrona) prvenstveno usmjerena na fiziografske karakteristike sliva (oblik, veličina, pad, vegetacija i obraštenost i sl).

Model koji je predložen za određivanje vremena koncentracije i definiranja izokronalne karte izrađen je u GIS - programskim paketima ArcView 8.1.2 i ArcInfo 7.1.2, a konceptualno se temelji na dinamičkom programiranju. Odlikuje se diskretizacijskom čvornom mrežom kojom je sliv Botonege prekriven i sastoji se od 112.822 čvorova na međusobnoj rasterskoj udaljenosti od 25 m. U svakom čvoru mreže definirana je visina terena (preko DEM modela – Digital Elevation Model) [4]. Putem tematskih leyera fiziografskih karakteristika sliva, te njihovim preklapanjem s diskretizacijskom čvornom mrežom u GIS - u, čvorovima su (u digitalnoj formi) pridružena i sva ostala saznanja o terenu. Pritom je bitno napomenuti da čvor nosi sve one informacije o terenu koje se nalaze u polju 25 x 25 m čije je težište čvor.

U prvom koraku definirani su mogući smjerovi otjecanja, odnosno tečenje iz jednog čvora omogućeno je samo prema susjednim čvorovima manje nadmorske visine. Iz svakog čvora pretpostavlja se ukupno osam mogućih smjerova tečenja (orijentiranih prema smjerovima kompasa), ovisno o visinskoj razlici susjednih čvorova i nagibu terena na tom mjestu. Ovakav princip omogućava u nekim čvorovima otjecanje u više smjerova, što je izrazito za brežuljkasta i brdska područja, a gdje klasični načini proračuna izokrona divergiraju.



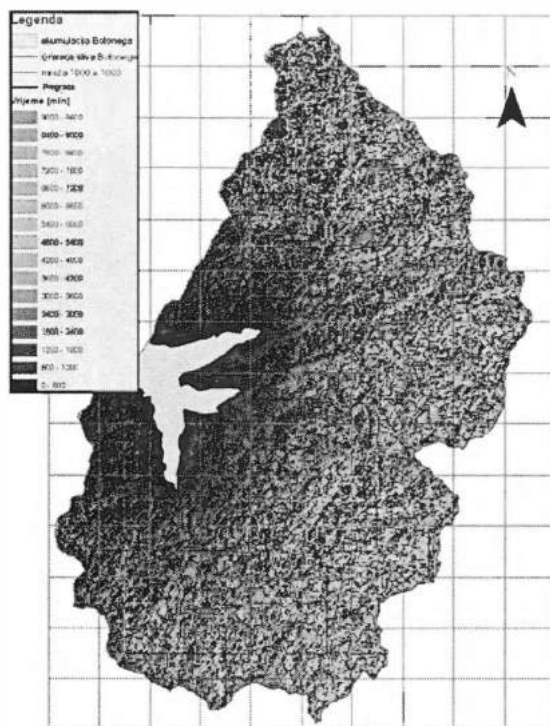
Slika 2. Smjer tečenja oborine po površini sliva Botonege



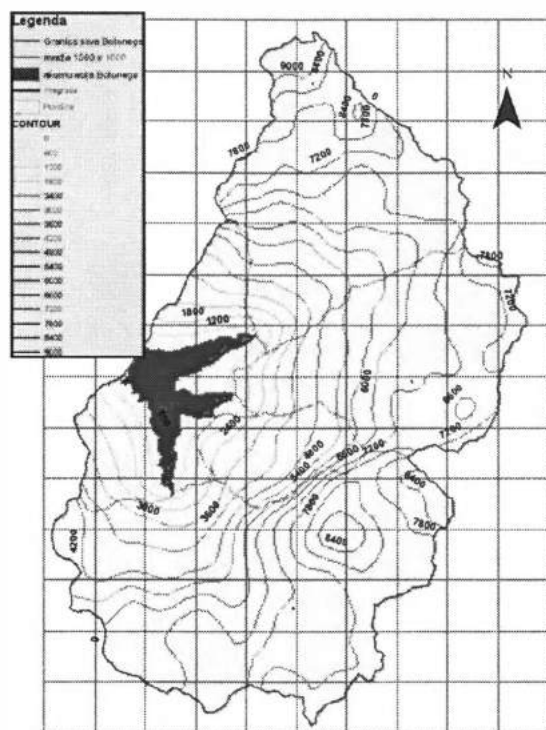
Slika 3. Duljine trajektorija tečenja oborine po površini sliva Botonega

U drugom koraku definirane su trajektorije - duljine tečenja od promatranog čvora do izlaznog profila (u ovom slučaju ruba akumulacije Botonega). Rubni uvjet pri definiranju sustava trajektorija tečenja po površini sliva Botonega vezan je za razinu vode u akumulaciji.

Postupak definiranja izokrona je iterativan. S jedne strane mijenja se sustav vrijednosti fiziografskih parametara sliva dok su hidraulički parametri sliva fiksirani (Manningov koeficijent za korita vodotoka i površinu terena), a s druge strane hrapavost varira dok su terenski utjecaji nepromjenjivi. Svaka od promjena parametara prenosi se na izokronalnu sliku, a preko dijagrama "vrijeme – površina" prenosi se dalje na hidrogram otjecanja koji je izrađen radi tariranja vrijednosti parametara proračunskog modela. Model je tariran na jedan izmjereni vodni val ekstremnog događaja iz 1993. za koji je izmjereno vrijeme koncentracije bilo 3 sata, te za koji su rezultati (prije svega položaj i oblik izokrona a konačno i proračunati vodni val) uspoređeni sa izmjerenim.



Slika 4. Karta izokrona dana u vektorskom obliku (TIN – “Triangulated irregular network”)



Slika 5. Karta izokrona dana u konturnom obliku

Nadalje, unutar klasičnih empirijskih postupaka, određeno je vrijeme koncentracije sliva po raznim autorima, te uspoređeno s onim dobivenim iz proračunskog modela izokrona GIS – obradom (tablica 2).

Tablica 2 Proračun i usporedba vremena koncentracije dobivenih različitim iskustvenim metodama i metodom izokrona uz primjenu GIS – tehnologije.

AUTOR	IZRAČUNATA VRIJEDNOST VREMENA KONCENTRACIJE	KLIMATSKI POKAZATELJI PODRUČJA	GEOGRAFSKO – GEOLOŠKI POKAZATELJI SLIVA
Z.P.Kirpich (1940)	$t_c = 1,14$ sati	Nema	$L = 8350$ [m] $I = 0,16$
C.F.Izzard (1944)	$t_c = 4,38$ sati	$i_0 = 5,29$ [mm/sat]	$L = 8350$ [m] $I = 0,16$ $c_r = 0,04$ $K = 0,055$
R.Morgali, R.K.Linsley (1965)	$t_c = 3,65$ sati	$i_0 = 5,29$ [mm/sat]	$L = 8350$ [m] $I = 0,16$ $n = 0,045[s/m^{1/3}]$
W.S.Kerby (1959)	$t_c = 2,11$ sati	Nema	$L = 8350$ [m] $I = 0,16$ $r = 0,7$
Giandotti – Vissentini (1952)	$t_c = 4,51$ sati	Nema	$L = 8350$ [m] $\Delta H = 167,5$ [m] $A = 73,0[km^2]$
I.I.Herheulidze (1947)	$t_c = 1,26$ sati	Nema	$L = 8350$ [m] $I = 0,16$ $P = 100$ [god]
Srebrenović (1970)	$t_c = 3,52$ sati	$H_s = 1,13$ [m]	$L = 8350$ [m] $I = 0,16$ $A = 73,04[km^2]$ $O = 44,27$ [km] $P = 100$ [god] $K = 1,94$
Metoda izokrona	$t_c = 2,81$ sati	$i_0 = 5,29$ [mm/sat]	GIS obrada
Stvarno vrijeme koncentracije	$t_c = cca 3$ sata		

Međusobna usporedba veličina vremena koncentracije, izračunatih po već spomenutim metodologijama, ukazuje na široku domenu rasipanja rezultata proračuna. Zanimljivo je primijetiti da su odstupanja rezultata, prilikom izračuna vremena koncentracije, utoliko veća što je metodologija kojom se računa jednostavnija. Tako npr. Kirpich daje najgrublju i najnižu procjenu vremena koncentracije, a u odnosu na isključivo topografiju sliva ($t_c = 1,14$ sati), dok Giandotti – Vissentini daju grubu najvišu procjenu vremena koncentracije ($t_c = 4,51$ sati). Ostale proračunate vrijednosti vremena koncentracije nalaze se unutar tih granica, ali se i dalje postavlja pitanje odabira mjerodavne vrijednosti. Iako je odabir reprezentativne vrijednosti vremena koncentracije subjektivan postupak, postoje kriteriji vrednovanja rezultata dobiveni ovakvim raznim metodološkim postupcima. Prednost se, svakako, daje onim metodološkim postupcima koji istovremeno razmatraju razne utjecajne

čimbenike na izokronalnu sliku tečenja, a naročito njihovu međusobnu interakciju:

- klimatološke značajke sliva (*oborine, temperatura, vlažnost zraka, vjetar, evaporacija, evapotranspiracija*)
- biološke značajke sliva (*vrste vegetacije, zastupljenost šumskih kultura u slivu*)
- geografsko – geološke značajke sliva (*veličina i oblik sliva, pad i reljef terena i gustoća hidrografske mreže, sastav zemljišta u aspektima propusnosti i kapacitiranja vode u podzemlje*)
- slučajni karakter pojave (*povratno razdoblje*)

U odnosu na tako iskazane kriterije odabira mjerodavnog vremena koncentracije, u našem slučaju realno usporedive su metoda Srebrenovića ($t_c = 3,5$ sati) i metoda izokrona ($t_c = 3$ sata), jer istovremeno uzimaju najveći broj utjecajnih čimbenika i promatraju njihovu međusobnu zavisnost. Takav pristup daje najbliže procjene vremena koncentracije stvarnoj (izmjerenoj) vrijednosti (3 sata).

ZAKLJUČAK

Proračunski model izokrona, od osobitog je značaja prilikom rješavanja problema utvrđivanja vremena koncentracije sliva, za koji postoje različite opće poznate metode, ali je njihova pouzdanost mala. Često se, radi procjene te pouzdanosti, uspoređuju vrijednosti vremena koncentracije koja su dobivena tim metodama, što problem dodatno komplicira jer se rezultati u velikoj mjeri rasipaju oko prosječne vrijednosti. Proračunski model izokrona dobro povezuje vrijeme koncentracije kako s oborinskim tako i s fiziografskim svojstvima sliva, te ga stoga može pouzdanije odrediti. Ta pouzdanost je, dakako, i u funkciji valjanosti i opsežnosti ulaznih oborinskih saznanja i saznanja o terenu.

Iz prikaza metoda određivanja vremena tečenja po slivu, a obzirom na pouzdanost i podobnost metodologije, može se uočiti da metoda izokrona u definiranju otjecanja ima određene prednosti u odnosu na iskustvene formule zbog najbliže vrijednosti vremena koncentracije stvarnom podatku. Njena praktična primjena ukazala je na razne probleme koji nastaju već prilikom izrade same izokronalne karte sliva, zbog kompliciranosti proračunskog modela izokrona i njegove uske vezanosti na fiziografska obilježja terena. Iz tog razloga, u metodi izokrona analizirani su samo najznačajniji parametri koji su dominantni u procesu otjecanja (intenzitet oborine, površina sliva, prosječni nagib sliva, obraštenost), pa može biti upitna egzaktnost i vjerodostojnost takovog modela. Ali pitanje egzaktnosti i vjerodostojnosti metodologije može se postaviti i na druge metode prikazane u ovom članku. S druge strane, i ta nedovoljno opsežna saznanja o slivu, bila su dovoljna da se unutar GIS tehnologije stvori takova baza podataka koja daje dovoljno detaljnu a pri tom i realističnu sliku utjecajnih faktora otjecanja, te kvantitativno i kvalitativno dobro definira vodni val.

Na koncu, smatramo da primjena GIS – tehnologije u metodi izokrona, za što pouzdaniju procjenu vremena koncentracije, čini metodu izrazito konkurentnom, i postavlja u vrh snažnih alata za određivanje istog.

Literatura

- [1] Barbalić D., Petraš J.: *Primjena GIS - a za procjenu izokrona na slivu*, (rad pripremljen za objavljivanje)
- [2] Chow V. T., McGraw – Hill, (1964): *Handbook of Applied Hydrology*, New York.

- [3] Čavlek E., (1992): *Osnove hidrologije*, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- [4] Hashmi M.A., Hanson G.,(1996): *Application of GIS in Watershed Planning and Management of Upper Kaha Hill Torrent Watershed*, HYDROGIS - 96, International Conference on Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management, Vienna, 151-158
- [5] INA – INFO, (1992): *GIZIS*, Metodološka studija, Zagreb.
- [6] Jovanović S., (1974): *Parametarska hidrologija*, Svezak 1, Beograd.
- [7] Kunštek D.,(2003): *Parametarsko modeliranje otjecanja primjenom izokrona i GIS - tehnologije*, Magistarski rad, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- [8] Srebrenović D., (1970): *Problemi velikih voda*, Zagreb.
- [9] Srebrenović D.,(1986): *Primijenjena hidrologija*, Tehnička knjiga, Zagreb.
- [10] Viessman W.Jr., Lewis G.L., (1995): *Introduction to Hydrology*, Harper Collins College Publisher, New York.
- [11] Žugaj R., (2000): *Hidrologija*, Rudarsko - geološko - naftni fakultet, Zagreb.
- [12] Žugaj R., (2002): *Uvodno o urbanoj hidrologiji*, Okrugli stol, Urbana hidrologija, Zbornik radova, Hrvatsko hidrološko društvo i Hrvatske vode, Eko - Kaštelanski zaljev, Vodovod i kanalizacija Split, 2002.

Autori

Prof.dr.sc. Josip Petraš, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Kačićeva 26, 10000 Zagreb, tel. (1) 4561 222, Fax (1) 4561 260

Mr.sc. Duška Kunštek, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Kačićeva 26, 10000 Zagreb, tel. (1) 4561 222, Fax (1) 4561 260,
E – mail: kduska@master.grad.hr



Analiza pristupa inženjerskoj obradi kratkotrajnih jakih kiša u Hrvatskoj na primjeru Pule

Josip Rubinić, Darko Barbalić, Nevenka Ožanić

SAŽETAK: U radu je, na primjeru obrade podataka s postaje Pula, analizirana problematika inženjerskog pristupa obradi, analizi i interpretaciji podataka o značajkama kratkotrajnih jakih kiša u Hrvatskoj. Razlike u pristupima često rezultiraju i naglašeno velikim razlikama u konačnim rezultatima, koje su teško prihvatljive u inženjerskoj praksi. Razlike u proračunatim vrijednostima po HTP (ITP) krivuljama definiranim za određeni lokalitet različitim metodološkim pristupima često i za isto obrađivano razdoblje daju puno veće razlike nego li rezultati obrada podataka s vrlo udaljenih lokaliteta s bitno različitim oborinskim režimom. U tom je kontekstu dat pregled do sada provedenih obrada za postaju Pula te usporedba njihovih rezultata, a provedena je i nova obrada korištenjem GEV (Jenkinsonove) funkcije raspodjele. Rezultati provedenih analiza ukazuju na nužnost usvajanja jedinstvenog metodološkog pristupa budućim obradama značajki kratkotrajnih jakih oborina s pojedinih postaja, posebno u kontekstu njihove planirane regionalizacije na području Hrvatske.

KLJUČNE RIJEČI: kratkotrajne jake oborine, HTP krivulje, ITP krivulje, funkcije raspodjele, Pula

The Analysis of the Approach to the Engineering Processing of Intensive Short-term Rainfalls in Croatia on the Example of Pula

SUMMARY: The City of Pula is taken as an example on which this paper analyses problems ensuing from different methodological approaches to the primary processing, analysis and interpretation of data on intensive short-term rainfalls in Croatia. The differences in approach often cause rather significant differences in final results that are not acceptable in engineering practice. The differences in values calculated according to HTP (ITP) curves defined for certain locality using different methodological approaches could frequently be greater, even for the same analyzed period, than the differences in the analysis results for very far localities with significantly different rainfall regime. The paper shows results of the existing analyses for the Pula station and their comparison, as well as the results of new analysis based on the GEV (Jenkin's) distribution function. The results emphasize the importance of the adoption of a uniform methodological approach for future evaluations of intensive short-term rainfalls characteristics for a particular station, especially in the context of their planned regionalization in Croatia.

KEYWORDS: intensive short-termed rainfalls, HTP curves, ITP curves, distribution functions, Pula

1. UVOD

Značajke kratkotrajnih jakih kiša (kiša trajanja do 24 sata) su nezaobilazna podloga za dimenzioniranje različitih hidrotehničkih objekata i sustava, kao i za donošenje i provođenje različitih vodnogospodarskih upravljačkih odluka. No, unatoč relativno dobre

pokrivenosti područja Hrvatske mrežom pluviografskih postaja s relativno dugačkim nizovima osmotrenih podataka, do sada izrađene podloge o značajkama oborinskog režima kratkotrajnih jakih kiša, u kontekstu ovog rada pri tome se podrazumijevaju definirane HTP ili ITP krivulje, vrlo su rijetko i regionalno interpretirane. Stoga je njihova upotreba često ograničena samo na užu analiziranu lokaciju. Problem je i u različitim metodološkim pristupima primarnoj obradi, analizi i interpretaciji oborinskih podataka, tako da je i to razlog odsutnosti primjerenih regionalnih analiza na području Hrvatske. Te su razlike u pristupima često rezultirale i naglašeno velikim razlikama u konačnim rezultatima obrada i kod analize oborinskih podataka za iste lokacije, pa čak i u slučaju korištenja istovrsnog niza ulaznih podataka.

Vezano uz tematiku regionalizacije oborinskih značajki, na posljednjem je Okruglom stolu u Splitu, održanom 25.-26. travnja 2002., kao jedna od ključnih, donesena i preporuka da «s obzirom na u Hrvatskoj prisutnu veliku varijabilnost oborinskog režima takvih oborina, njihovu nedovoljnu izučenost te probleme u praksi vezane uz projektiranje objekata odvodnje, nužno je ponovno pokrenuti inicijativu za analizom regionalnih značajki intenziteta kratkotrajnih jakih oborina kao zajedničkom zadatku meteorologa i hidrologa.»

To nije nova inicijativa, jer je i do sada na području Hrvatske bilo više sličnih inicijativa i radova vezanih uz različite aspekte obrade kratkotrajnih jakih intenziteta oborina i njihove regionalizacije. Prvi počeci kompleksnijih analiza značajki kratkotrajnih intenziteta kiša na području Hrvatske vezani su za radove Srebrenovića (1960, 1970) šezdesetih godina prošlog stoljeća, u kojima se je, vjerojatno ponajviše zbog nedostatka dovoljnog broja pluviografskih podloga, regionalizacija oborinskih značajki provodila na osnovi analize veza kratkotrajnih jakih kiša i godišnjih količina oborina. Savjetovanjem o problemima urbane hidrologije i proračuna kišne kanalizacije, održanom pod pokroviteljstvom Jugoslavenskog društva za hidrologiju u Novom Sadu 1979.g. započeo je suvremeni pristup problematici obrade kratkotrajnih jakih kiša na području Hrvatske i njezinom širem regionalnom prostoru. Na tom su skupu, u radovima Patrčevića, te Bonacija i Stupala, dati prikazi metodoloških pristupa i samih značajki režima jakih kiša za više lokaliteta u Hrvatskoj. Vrlo brzo iza tog skupa, 1980.g., Svjetska meteorološka organizacija inicira pokretanje HOMS programa (Hydrological Operational Multipurpose System). Dio aktivnosti u okviru tog programa bio je vezan i za problematiku obrade značajki kratkotrajnih jakih kiša, te su na našim prostorima učinjeni prvi koraci na digitalnoj obradi pluviografskih zapisa, kao i ustanovljavanju zajedničkih pristupa tim obradama pri republičkim HMZ-ima. Za sve aktivne pluviografske postaje na prostoru bivše Jugoslavije digitalizirani su prikupljeni podaci za 1983.g. To je iniciralo i početak digitalizacije višegodišnjih nizova podataka s većeg broja pluviografskih postaja na području Hrvatske za potrebe pojedinih korisnika, te stvaranje baze podataka o kišnim intenzitetima pri HMZ-u. Takva neposredna suradnja na primarnoj obradi pluviografskih podataka započeta je suradnjom HMZ-a iz Zagreba s Vodoprivredom Rijeka, kojom je prilikom, uz digitalizaciju osmotrenih oborina s velike većine pluviografskih postaja, pri DHMZ-u razvijen i veći broj računarskih potprograma koji se i danas koriste prilikom operativnog rada s podacima o intenzitetima kratkotrajnih jakih kiša.

Godine 1983., pod pokroviteljstvom SHMZ-a, održan je u Splitu Okrugli stol o metodološkim aspektima obrade i analize intenziteta kiša, a koji je dao novi poticaj

suvremenim pristupima obrade i interpretacije značajki kratkotrajnih jakih kiša na našim prostorima. Neposredno iza toga skupa objavljen je prvi opsežniji sistematizirani rad vezan uz suvremeni pristup analizama oborinskog režima kratkotrajnih jakih oborina u Hrvatskoj - «Meteorološke i hidrološke podloge» (Bonacci, 1984). Nakon toga slijedi razdoblje inženjerskih obrada većeg broja pluviografskih postaja u Hrvatskoj, pri čemu su najveće učešće imali stručnjaci Građevinskih fakulteta u Splitu i Zagrebu, VRO - Projekta iz Zagreba te Vodoprivrede Rijeka.

Početkom devedesetih Republički je hidrometeorološki zavod, u okviru inicijalno pokrenutog Hrvatskog klimatskog programa (RHMZ, 1991), kao jednu njegovu sastavnicu predvidio pokretanje makroprojekta «Istraživanje intenziteta jakih kiša kratkog trajanja za potrebe projektiranja, izgradnje i eksploatacije hidrotehničkih objekata». U okviru tog projekta bilo je planirano istraživanje prostorno-vremenskih značajki jakih kiša kratkog trajanja u Hrvatskoj. Nažalost, do realizacije tog projekta nije došlo.

Nekoliko godina iza toga Bonacci (1994) je objavio knjigu «Oborine – glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus» u kojoj je, uz ostale aspekte pojava oborina, kompleksno analizirana i obrađena problematika oborinskog režima kratkotrajnih jakih oborina. Radi se o dosad najkompletnijem radu vezanom uz teorijski pristup i inženjerske aspekte problematike obrada oborina i njihovog režima pojave, a koji predstavlja izuzetno vrijednu metodološku podlogu za realizaciju programa inženjerske obrade kratkotrajnih jakih kiša i njihove regionalizacije.

Neposredno nakon toga, u cilju aktualizacije realizacije prethodno spomenutog projekta Hrvatskog klimatskog programa, održan je Okrugli stol Hrvatskog hidrološkog društva, gdje je prezentiran rad «Intenziteti oborine – problemi obrade i interpretacije u praksi» (Rubinić i dr., 1995). U njemu je dat opći prikaz različitosti značajki kratkotrajnih jakih kiša u Hrvatskoj, raspoloživih pluviografskih podloga u Hrvatskoj, kao i najčešćih pogrešaka u njihovoj inženjerskoj obradi i interpretaciji.

Vrijedan metodološki doprinos obradi oborinskog režima jakih kiša dala je Gajić-Čapka (2000) u svojoj disertaciji «Metode klimatološke analize kratkotrajnih oborina velikog intenziteta», obranjenom na PMF-u u Zagrebu. Razmatrani su različiti aspekti analize maksimalnih kratkotrajnih kiša (potrebna duljina normalnog niza, odabir najpogodnijih tipova funkcija raspodjele...), a težište rada u disertaciji dato je analizi pojava maksimalnih dnevnih kiša, te njihovoj prostorno-vremenskoj regionalizaciji. U radu je preporučena primjena Jenkinsonove GEV raspodjele za procjenu očekivanih maksimalnih kratkotrajnih jakih oborina. Ista je funkcija raspodjele preporučena i za analizu kratkotrajnih jakih oborina (Gajić-Čapka, 2002).

Objavljen je i veći broj drugih radova s tematikom obrade kratkotrajnih jakih oborina, te proveden veći broj obrada podataka za pojedine ombrografske postaje. No, unatoč tome, na području Hrvatske još uvijek nije usvojen nikakav jedinstveni metodološki pristup obradama značajki pojava kratkotrajnih jakih oborina, čak ni za najelementarnije rezultate tih obrada - HTP ili ITP krivulje, kao ni provedena regionalizacija tih značajki za koju je svakako jedan od preduvjeta istovrsnost metodološkog pristupa pri tim obradama. U tom smislu prezentirani rad, u kome su analizirane dosadašnje obrade oborinskih značajki pluviografske postaje Pula, predstavlja još jednu od inicijativa za sređivanjem polaznih podloga za namjeravanu provedbu regionalizacije značajki kratkotrajnih jakih oborina na području Hrvatske.

2. PLUVIOGRAFSKI PODACI

Dosadašnje obrade kratkotrajnih jakih oborina na području Pule temeljene su na podacima s meteorološke postaje Pula, locirane u samome gradu. Ta je postaja 1957.g. opremljena pluviografom, i za razdoblje do 1978.g. podaci o zabilježenim maksimalnim intenzitetima obrađivani su na klasičan način - izdvajanjem nekoliko značajnijih oborinskih prilika i nad tim podlogama ručnim traženjem maksimalnih količina oborina za pojedina analizirana trajanja. Za razdoblje počev od 1979.g. izvršena je digitalizacija svih registriranih pluviografskih podataka. Pri analizi oborinskog režima kratkotrajnih jakih oborina važnu, ali često zanemarenu, informaciju predstavlja i stanje registracije pluviografskih podloga, odnosno podatak o tome koliko je vremensko razdoblje tijekom analiziranih godina pluviograf ispravno radio i koliko je od stvarno palih oborina ostalo zabilježeno na pluviogramima (tablica 1).

Tablica 1 - Prikaz registriranih količina oborina po kišomjeru i pluviografu Pula (1979.-1996.)

GOD.	H _{kiš} (mm)	H _{pl} (mm)	H _{pl} - H _{kiš} (mm)	% registracije palih oborina	broj poništenih mjeseci u god.	dodatno poništeni dani
U razdoblju 1957.-1978. pluviografski zapisi «ručno» obrađivani – izdvajane su samo odabrane pojedinačne kišne epizode						
1979.	1043.5	430.7	-612.8	41.2	4	6
1980.	866.0	362.9	-503.1	42.6	4	3
1981.	1061.6	582.8	-478.8	54.9	4	3
1882.	750.7	542.5	-208.2	72.2	2	11
1983.	570.7	332.8	-237.9	58.3	3	1
1984.	1016.3	692.2	-324.1	68.1	2	0
1985.	551.5	387.6	-163.9	70.3	3	0
1986.	792.4	555.3	-237.1	70.0	2	1
1987.	905.9	657.1	-248.8	72.5	3	0
1988.	621.4	614.3	-7.1	98.9	0	0
1989.	557.8	533.8	-24.0	95.7	2	0
1990.	666.4	573.6	-92.8	86.0	1	5
1991.	629.8	489.2	-140.6	77.7	1	4
1992.	1054.7	31.5	-1023.2	3.0	7	6
1993.	874.4	298.8	-575.6	34.2	9	2
1994.	590.5	470.6	-119.9	79.7	2	1
1995.	932.5	408.4	-524.1	43.8	3	0
1996.	993.8	708.1	-285.7	71.3	2	0
SR. bez 92.-93.	784.4	521.4	-263.0	66.5	2.4	2.6

Iz danog je prikaza vidljivo da se postotak godišnje količine palih oborina registriranih na pluviografu u razdoblju 1979.-1996. kretao između svega 3.0 % (1992.) te 34.2% (1993) pa do 98.9% (1988.g.). Godina 1998. je jedina godina s potpuno ispravnom registracijom instrumenta, a nastala razlika od 1.1% između godišnje sume palih oborina po kišomjeru i pluviografu potječe iz uobičajenih manjih razlika tijekom registracije pojedinačnih kišnih događaja na ova dva instrumenta. Tijekom analiziranog razdoblja registrirano je svega 66.5% od ukupno palih oborina po kišomjeru, s time da su iz analize izostavljene 1992. i 1993.g. kada je pluviografska registracija nedostajala za veći dio godine.

U Tablici 2 dan je prikaz osnovnih statističkih značajki registriranih kratkotrajnih oborina s postaje Pula. Vidljivo je da registrirane 1-dnevne oborine po kišomjeru pokazuju u prosjeku čak i veće vrijednosti od maksimalnih 24-satnih, a što je nelogična posljedica izostanka cjelovite pluviografske registracije. Zbog toga se, da bi se dijelom ispravile podcijenjene vrijednosti HTP (ITP) krivulja, u sekundarnoj obradi značajki kratkotrajnih jakih kiša ponekad zamijenju podaci ova dva niza.

Tablica 2. Osnovna statistička obilježja analiziranog niza kratkotrajnih jakih oborina - Pula (1957.-1996. - bez 1960.-62., 1977.-78., 1992.-93.)

TRAJANJE	SR	σ	C_v	Max	Min	DULJINA ANALIZ. NIZA (GOD)
10 min	14.1	4.5	0.31	23.0	6.4	33
20 min	20.4	6.3	0.31	34.0	6.9	33
30 min	24.2	8.3	0.34	39.9	7.7	33
40 min	26.6	9.4	0.35	48.0	8.7	33
50 min	28.4	10.2	0.36	54.0	9.5	33
1 sat	29.8	11.0	0.37	58.8	11.1	33
2 sata	35.5	13.3	0.37	74.0	17.4	33
4 sata	42.9	17.2	0.40	89.8	18.8	33
6 sati	47.6	18.6	0.39	103.7	23.8	33
12 sati	54.3	19.5	0.36	106.6	33.1	32
18 sati	58.6	18.9	0.32	106.6	34.2	29
24 sata	59.9	17.9	0.30	106.6	39.7	30
1 dan	60.4	20.4	0.34	102.2	32.2	33
1 dan dulji niz	60.6	23.0	0.38	141.7	32.2	44 (1953.-96.)

Obzirom na prikazano, sigurno je da dio razlika u rezultatima obrada značajki kratkotrajnih jakih oborina za područje Pule po različitim autorima, između ostalog ima i uzrok u nedostatnoj registraciji pluviografskih zapisa, te različitim kriterijima pojedinih autora vezanih uz uključivanja podataka s nekompletnih godina u daljnje analize.

3. OSVRT NA DOSADAŠNJE OBRADJE KRATKOTRAJNIH JAKIH KIŠA PODRUČJA PULE I NJIHOVE REZULTATE

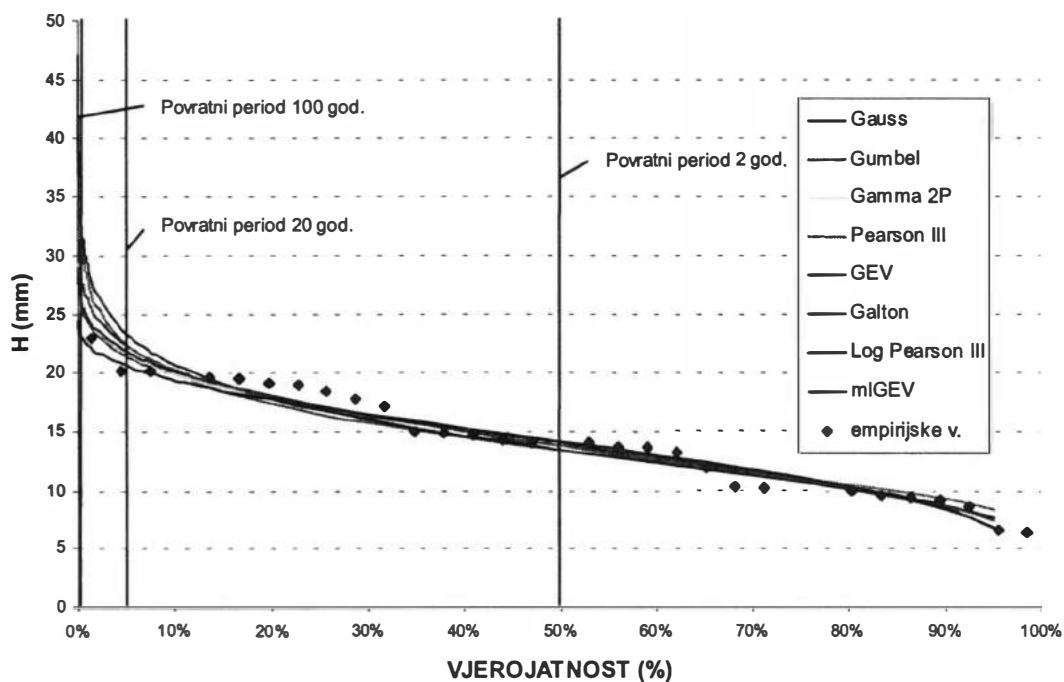
Do sada je za područje Pule izvršeno više različitih obrada HTP (ITP) krivulja, i to po različitim metodologijama proračuna i s različitim nizovima ulaznih podataka. U tablici 3 dan je usporedni prikaz rezultata provedenih obrada pojave maksimalnih godišnjih intenziteta oborina za 2-godišnji, 20-godišnji i 100-godišnji povratni period. Vidljive su razlike u rezultatima, a koje su u većoj mjeri posljedica primijenjenih različitih metodologija obrade, nego razlika u značajkama pluviografskih nizova podataka po pojedinim analiziranim godinama. Kod učestalijih povratnih perioda do reda veličine između 2 i 5 godišnjeg, naglašene razlike su uglavnom posljedica okolnosti da li su pri analizi korišteni nizovi godišnjih maksimalnih vrijednosti (u pravilu daju niže vrijednosti), ili nizovi prekoračenja, odnosno empiričkih vjerojatnosti. Kod rijedih povratnih perioda razlike su uglavnom posljedica ekstrapolacije po različitim teoretskim funkcijama raspodjele. Uz rezultate obrada oborinskih značajki iz ranije izrađene dokumentacije, u posljednoj koloni tablice 3 dani su i rezultati obrada provedenih u sklopu pripreme ovoga rada. U toj su koloni u zagradi dane izvorne, neizjednačene vrijednosti dobivene

analizom vjerojatnosti pojava nizova godišnjih ekstrema maksimalnih godišnjih intenziteta oborina za različita trajanja, a izvan zgrade su date izjednačene vrijednosti po odabranoj funkciji prilagodbe. Vidljivo je da neizjednačene vrijednosti kraćih trajanja u pojedinim slučajevima premašuju proračunate vrijednosti duljih trajanja, a što je nelogična posljedica statističkih značajki analiziranih nizova.

Tablica 3. - Usporedni prikaz rezultata dosadašnjih obrada maksimalnih količina jakih oborina (mm) postaje Pula za trajanja 10 min - 24 sata, te povratni periode od 2, 20 i 100 god.

	navod iz studije Građ. Ins. Zagreb 1977.	Patrčević, 1979.	Institut za transfer tehnologije, Zagreb, Patrčević 1981.	Vodopriv. Rijeka, Rubinić 1988.	DHMZ, Zg. Gajić-Čapka, Zaninović 1996.		Urbis 72, Pula Martinčić 1997.	Hrvatske vode, VGI Labin Rubinić 1998.	Po GEV- raspodjeli
					-prema nizu god. max	- prema ITP kr.			
Razdob. Obrade:	1957. - 1974.	1957. - 1974.	1957. - 1978.	1957. - 1978.	1957.- 1994. – bez 2 g.		1957.- 1994. bez 2 g.	1957. - 1996. - bez 7 god	
POVRATNI PERIOD 2 GOD									
10 min	18.6	16.5	7.9	18.2	13.4	17.2	15.3	17.9	13.8 (14.0)
20 min	27.9	23.7	11.5	23.0	19.2	21.9	22.5	22.7	19.5 (19.8)
30 min	33.4	28.0	14.5	26.4	22.6	25.3	26.6	26.2	22.8 (23.2)
40 min	36.9	31.0	15.9	29.1	25.0	28.0	29.3	28.9	25.2 (25.5)
50 min	39.4	33.2	16.4	31.4	26.9	30.2	31.3	31.2	27.0 (27.2)
1 sat	41.3	35.0	17.9	33.2	28.5	32.2	32.8	33.3	28.5 (28.3)
2 sata	NIJE	NIJE	22.1	38.1	34.3	41.0	NIJE	38.1	34.2 (33.0)
4 sata			29.8	43.7	40.1	43.7		39.9 (39.0)	
6 sati			31.0	47.4	43.5	47.4		43.2 (43.1)	
12 sati			39.3	54.4	49.4	54.4		48.9 (48.5)	
18 sati	RAČUN.	RAČUN.	59.6	58.9	52.8	RAČ.	RAČUN.	58.9	52.2 (53.5)
24 sata			53.7	62.3	55.2			62.3	54.6 (54.7)
POVRATNI PERIOD 20 GOD									
10 min	NIJE	NIJE	15.5	23.5	21.5	21.5	NIJE	22.9	22.3 (21.9)
20 min			24.2	31.3	30.4	28.7		34.2	33.4 (31.9)
30 min			29.7	37.0	35.6	34.0		40.8	40.0 (39.8)
40 min			32.4	41.7	39.3	38.3		45.5	44.5 (44.3)
50 min	RAČUN.	RAČUN.	33.9	45.7	42.1	42.0	RAČUN.	49.1	48.0 (47.5)
1 sat			36.2	49.3	44.5	45.1		52.1	51.0 (50.6)
2 sata			42.8	62.8	53.4	60.5		63.4	62.1 (60.9)
4 sata			55.7	73.9	62.3	NIJE RAČ.		74.6	73.2 (77.0)
6 sati	60.5	81.4	67.5	81.2	79.6 (84.8)				
12 sati	74.2	95.9	76.4	92.5	90.7 (93.3)				
18 sati	103.8	105.4	81.6	99.0	97.2 (96.6)				
24 sata			93.0	112.9	85.3		103.7	101.8 (95.6)	
POVRATNI PERIOD 100 GOD									
10 min	NIJE	NIJE	22.5	26.3	31.4	NIJE	NIJE	27.1	24.8 (24.8)
20 min			35.2	36.5	44.2			43.1	38.3 (37.5)
30 min			42.6	44.1	51.6			52.4	48.6 (48.3)
40 min			46.4	50.5	56.9			59.0	55.9 (53.8)
50 min	RAČUN.	RAČUN.	48.7	56.1	61.0	RAČ.	RAČUN.	64.1	61.6 (58.0)
1 sat			51.4	61.1	64.4			68.3	66.2 (62.7)
2 sata			60.2	84.2	77.2			84.2	83.9 (79.6)
4 sata			82.1	100.3	89.9			100.2	101.5 (106.2)
6 sati			91.8	111.2	97.4			109.5	111.8 (119.7)
12 sati			114.5	132.5	110.2			125.4	129.4 (140.5)
18 sati			143.6	146.8	117.6			134.7	139.8 (136.1)
24 sata			131.8	157.8	122.9			141.3	147.1 (137.7)

Na slici 1 dan je prikaz proračuna vjerojatnosti pojave maksimalnih godišnjih 10-minutnih intenziteta oborina po različitim funkcijama raspodjele. Iz slike je vidljivo da za analizirani slučaj ne postoji prihvatljiva podudarnost između proračunatih vrijednosti i ulaznih podataka ni po kojoj od tih funkcija, tako da kriteriji odabira teoretske funkcije raspodjele s kojom će se ekstrapolirati maksimalne oborine rijetkih javljanja nisu samo u domeni ocjene dobrote prilagođavanja prema standardnim statističkim testovima. Rezultati provedenog testiranja dobrote prilagođavanja (korišten test Smirnov-Kolmogorova) za sva analizirana trajanja pokazali su da je u globalu najprihvatljivija Jenkinsonova (GEV) funkcija raspodjele. Primjena te funkcije za obradu kratkotrajnih jakih oborina je i preporučena od strane Gajić-Čapke (2002). No, iz datog slučaja vidljivo je i da se samim korištenjem te funkcije, ne dobivaju nužno i najrealnije vrijednosti maksimalnih intenziteta oborina. Naime, korištenjem nizova maksimalnih godišnjih ekstrema kratkotrajnih jakih kiša dobivene su podcijenjene vrijednosti proračunatih kiša za 2-godišnji povratni period.



Slika 1 - Proračun vjerojatnosti pojave maksimalnih godišnjih 10-minutnih intenziteta oborina postaje Pula (1957.-1996. - bez 1960.-62., 1977.-78., 1992.-93.)

Pojedine obrade u analiziranim elaboratima razlikuju se i po analiziranim trajanjima oborina, kao i po tome da li je, i po kojoj funkciji vršeno izjednačenje HTP (ITP) krivulja. Stoga se iz iznesenoga može zaključiti da je izbor funkcije raspodjele samo jedan od elemenata koji utječe na proračunate vrijednosti po funkcijskim ovisnostima HTP (ITP) krivulja.

4. ZAKLJUČAK

Regionalizacija značajki kratkotrajnih jakih oborina u dijelu koji se odnosi na definiranje HTP (ITP) krivulja neodložan je zadatak koga treba što hitnije provesti u Hrvatskoj. No,

da bi ga se uspješno provelo, nužno je definirati i uskladiti metodološke pristupe, i to kako pri primarnoj obradi pluviografskih zapisa, tako i pri obradama spomenutih krivulja za pojedine pluviografe.

Jedan od početnih koraka obrade pluviografskih zapisa mora biti primjereno ispitivanje pouzdanosti registracije, odnosno omjera registriranih oborina po kišomjeru i pluviografu, a na osnovu kojega se iz ulaznih podataka moraju izuzeti godine s nereprezentativnim oborinskim podlogama. Za planiranu regionalizaciju nije primjereno usvajati postojeće obrade HTP ili ITP krivulja jer, kao što je na primjeru Pule u ovom radu prikazano, metodološke postavke proračuna (izbor serija ulaznih podataka /serije godišnjih maksimuma ili prekoračenja različitih pragova jakih kiša/, izbor funkcije raspodjele, izbor funkcije izjednačenja) bitno utječu na rezultat provedenih obrada.

5. LITERATURA

- Bonacci, O. (1984): *Meteorološke i hidrološke podloge*. Priručnik za hidrotehničke melioracije – I kolo, knjiga 2. – Podloge, Društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje Hrvatske, Zagreb, 39–130.
- Bonacci, O. (1994): *Oborine - glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus*. Geing, Split, 341 str.
- Bonacci, O., Stupalo, D. (1979): *Prilog analizi kiša jakog intenziteta*. Zbornik radova Sav. o problemima urbane hidrologije i proračuna kišne kanalizacije, JDH, Novi Sad, 23 - 28.
- DHMZ (1996): *Meteorološka podloga za projektiranje objekata odvodnje s prometnice "Istarski epsilon"*. Zagreb, nepublicirano.
- Gajić-Čapka, M. (1999): *Duljina normalnog niza za kratkotrajne oborine u Hrvatskoj*. Hrvat. vode, 7, 29, 217-235.
- Gajić-Čapka, M. (2000): *Metode klimatološke analize kratkotrajnih oborina velikog intenziteta*. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Zagreb, str 131.
- Gajić-Čapka, M. (2001): *Regionalno modeliranje maksimalnih dnevnih oborina*. Hrvat. vode, 9, 36, 275-356.
- Gajić-Čapka, M. (2002): *Regionalna analiza učestalosti ekstremnih oborina*. Zbornik radova okruglog stola Urbana hidrologija, Split 25. i 26.4.2002., 91-99.
- Gajić-Čapka, M.; Čapka, B. (1997): *Procjene maksimalnih dnevnih količina oborine*. Hrvat. vode, 5, 20, 231-244.
- Građevinski institut (1977): *Idejno rješenje odvodnje i dispozicije otpadnih voda Pule*. Zagreb, nepublicirano.
- Hrvatske vode, VGI Labin (1998): *Značajke kratkotrajnih jakih oborina Pule – hidrološka analiza s osvrtom na dosadašnje obrade*. Labin, nepublicirano.
- Institut za transfer tehnologije (1981): *Studija hidrologije oborinskih voda sa utvđivanjem aksimalnih -mjerodavnih vodenih količina slivova grada Pule*. Zagreb, nepublicirano.
- Patrčević, V. (1979): *Proračun mjerodavnih oborina u cilju dimenzioniranja kanalizacione mreže*. Zbornik radova Savjetovanja o problemima urbane hidrologije i proračuna kišne kanalizacije. JDH. Novi Sad, 33 - 39.
- RHMZ. (1991): *Hrvatski klimatski program - pregled projekata 1991-2000 god*. Zagreb. Str.23.
- Rubinić, J. (2003): *Inženjerska obrada kratkotrajnih intenziteta oborina*. Zbornik radova seminara Praktična hidrologija, Zagreb 20. i 21.03.2003., Društvo građevnih inženjera i Hrvatsko hidrološko društvo, Zagreb, 37-60.

- Rubinić, J., Gajić-Čapka, M., Milković, J., Ožanić, N. (1995): *Intenziteti oborine - problemi obrade i interpretacije u praksi*. Zbornik radova sa Okruglog stola Uloga hidrologije u strukturi gospodarstva Hrvatske, Zagreb, 20.04.1995, 53-69.
- Srebrenović, D. (1960): *Kišni intenziteti i njihova primjena u određivanju maksimalnih vodnih količina*. Građevinska knjiga, Beograd.
- Srebrenović, D. (1970): *Problemi velikih voda*. Tehnička knjiga, Zagreb, 278 str.
- Urbis 72 (1997): *Mjerodavne oborine za kanalizacijski sustav grada Pule*. Pula, nepublicirano.
- Vodoprivreda Rijeka (1988): *Karakteristike jakih intenziteta oborina sa stanica vodnog područja vodoprivrede i elektroprivrede Rijeka*. Rijeka, nepublicirano.

Autori

- mr.sc. Josip Rubinić, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet Rijeka, Zavod za hidrotehniku i geotehniku, 51000 Rijeka, Viktora Cara Emina 5, jrubinic@gradri.hr
tel. 051-352-115, fax. 051-332-816
- Darko Barbalić, dipl.ing.građ., Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, 10000 ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220, darkob@voda.hr
tel. 01 - 630 - 7582, fax 01 - 6307 686
- prof.dr. Nevenka Ožanić, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet Rijeka, Zavod za hidrotehniku i geotehniku, 51000 Rijeka, Viktora Cara Emina 5, nozanic@gradri.hr
tel. 051-352-146, fax. 051-332-816



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 1.08.

Analiza kolebanja karakterističnih prosječnih protoka vodotoka Jadranskog sliva u Hrvatskoj

Mirjana Švonja, Irena Pavić, Josip Rubinić

SAŽETAK: U radu je provedena analiza kolebanja karakterističnih prosječnih protoka s odabranih hidroloških profila na vodotocima Jadranskog sliva u Hrvatskoj. Analizirani su srednji godišnji protoci. Rad se bazira na rezultatima osnovne hidrološke obrade koja je ostvarena u sklopu Vodnogospodarske osnove Hrvatske. Za hidrološku obradu je odabran niz motrenih hidroloških i meteoroloških podataka iz referentnog razdoblja 1961.-1990. godina. Nadopunjavanje nizova srednjih mjesečnih protoka nedostajućim podacima i njihova osnovna statistička obrada provedena je pomoću korelacijskih međuodnosa srednjih mjesečnih protoka sa susjednih hidroloških postaja ili mjesečnih oborina s postojećih kišomjernih postaja. Analizirani su trendovi kolebanja srednjih godišnjih protoka, kao i korelacijske međuovisnosti podataka s odabranih postaja. Osim toga, provedena je i ocjena vodnosti odabranog referentnog 30-godišnjeg razdoblja u odnosu na raspoložive dugogodišnje nizove podataka te izvršena regionalna obrada značajki utvrđenih trendova.

KLJUČNE RIJEČI: protoci, trendovi, bilanciranje, vodnogospodarska osnova, Jadranski sliv

Analysis of the Variation of Characteristic Average Discharges of the Rivers on the Adriatic Catchment Area in Croatia

SUMMARY: In this paper has been conducted an analysis of variation of characteristic average river discharges in the chosen hydrology sections on the Adriatic catchment area in Croatia. There has been analysed the mean annual discharges. The paper is based on the results of the primary hydrological treatment realised in the framework of multipurpose river basin development study of Croatia. For hydrological evaluation has been chosen a series of observed hydrological and meteorological data for the period 1961 to 1990. The substitution of missing data in series and their basic statistics is conducted using correlation with mean monthly discharges from neighbouring hydrological stations or with monthly precipitation from existing rainy stations. Trends of annual discharge oscillation and correlation between data from selected stations have been analysed. Apart from, water capacity estimate has been conducted for selected 30-year period in relation to available longtime series of data and the regional characteristics of founded trends has also been done.

KEYWORDS: flow rates, trends, water balance, multipurpose river basin development study, Adriatic catchment area

1. UVOD

Osnovni uvjet za izradu svih vodnogospodarskih osnova, planova ili vodnogospodarskih studija jest sagledavanje značajki vodne bilance površinskih i podzemnih voda. Bilanciranje površinskih voda vodotoka, kanala i izvorišta temelji se na analiziranju karakterističnih vrijednosti protoka na odabranim hidrološkim profilima za koje postoje raspoloživi višegodišnji nizovi podataka izravnih motrenja i mjerenja. Često se događa da postojeći raspoloživi nizovi mjerenih podataka nisu neposredno uporabivi za cjelovitu provedbu analiza vodne bilance. Radi osiguranja jedinstvenosti obrade i mogućnosti međusobne usporedbe elemenata vodne bilance pojedinih slivnih područja, nizove hidroloških podataka različitih duljina i razdoblja je nužno svesti na zajedničko, dovoljno dugo i reprezentativno razdoblje obrade. Pri tom se za nadopunu nedostajućih nizova podataka, ili njihovu korekciju u cilju minimalizacije antropogenih utjecaja na prirodni vodni režim, koriste različite korelacijske analize.

Ovakav pristup je primijenjen prilikom izrade Vodnogospodarske osnove Hrvatske / VOH/ (pred završetkom), gdje je za obradu odabran 30-godišnji referentni niz motrenih hidroloških i meteoroloških podataka iz razdoblja 1961.-1990. godina. To je za mnoge klimatološke i hidrološke analize standardno, referentno klimatološko razdoblje. Povoljno je i za naše prilike, pogotovo s obzirom da završava neposredno prije pojave ratnih prilika na prostorima Hrvatske, kada je došlo do višegodišnjih prekida u radu dijela hidroloških postaja na ratom pogođenom području. Za potrebe daljnjih analiza vodne bilance u okviru VOH-a najprije je provedena osnovna obrada motrenih hidroloških podataka na svim važnijim hidrološkim postajama, a onda i kompletiranje tih podataka za referentno 30-godišnje razdoblje, te njihova daljnja analiza.

Jedan od većih problema obrađivača hidrološkog dijela VOH-a je bio definirati značajke usvojenog referentnog 30-godišnjeg niza za područje jadranskog sliva zbog nedostatka primjerenog broja godina s homogenim nizovima podataka na odabranim postajama. Za razliku od crnomorskog dijela sliva u Hrvatskoj, hidrografska mreža na području jadranskog sliva je rjeđa, pa površinski vodotoci i koncentrirana mjesta istjecanja podzemnih voda (krški izvori) imaju relativno veći značaj. Osim toga, u priobalnom dijelu Hrvatske su prisutne i vrlo značajne promjene prirodnog režima otjecanja, i to kako zbog hidroenergetskog korištenja voda (akumulacije i hidroelektrane u slivu Cetine, Krke, Zmanje, Like i Gacke, Rječine), tako i zbog zadovoljenja vodoopskrbnih potreba (npr. izvori u slivu Mirne, izvor Rječine, Gacke, izvor Jadro). U okviru hidrološkog dijela Vodnogospodarske osnove Hrvatske antropogeni utjecaj na vodni režim se nastojao kvantificirati i sumarno procijeniti na razini prosječnih vrijednosti takvog doprinosa unutar analiziranog razdoblja.

Međutim, rezultirajuće procjene hidroloških značajki kod dijela hidroloških postaja se nisu pokazale dovoljno pouzdanim u slučajevima kada je zbog nedostatnih kvantificiranih promjena režima korištenja voda tijekom analiziranog razdoblja, ili pak nedostatka (ili nepouzdanosti) mjerenih hidroloških podataka kompletiranje podataka provedeno odgovarajućim korelacijskim analizama. Kao jedna od ocjena pouzdanosti rezultirajućih 30-godišnjih nizova podataka korištene su analize trendova opadanja srednjih godišnjih protoka.

2. PODACI

Za potrebe hidroloških analiza u okviru tekuće izrade Vodnogospodarske osnove Hrvatske na raspolaganju je bio relativno mali broj hidroloških postaja s neprekinutim 30-godišnjim referentnim nizovima izmjerenih protoka. Na području Jadranskog sliva postoji ukupno 16 hidroloških postaja s cjelovitim kontinuiranim nizovima podataka o protocima prikupljenim

tijekom spomenutog odabranog razdoblja (4 postaje na vodnom području primorsko-istarskih slivova - VGO Rijeka i 12 postaja na vodnom području dalmatinskih slivova - VGO Split). Za one postaje koje su imale kraće prekide u radu bilo je potrebno vršiti dodatne korelacijske analize u cilju kompletiranja nedostajućih podataka referentnog 30-godišnjeg niza. Dopunjavanje i produljivanje nizova srednjih mjesečnih protoka za ukupno 67 hidroloških postaja (24 na području VGO Rijeka i 43 na području VGO Split) provedeno je na temelju jednostruke linearne ili nelinearne regresijske zavisnosti srednjih mjesečnih protoka na analiziranoj postaji i odgovarajućih srednjih mjesečnih protoka s postaje na istom slivu ili na obližnjim slivovima sa sličnim režimom otjecaja u njihovom zajedničkom razdoblju rada. Pri tom su u pojedinim obradama, u nedostatku drugih informacija, korišteni nizovi podataka koji su i sami prethodno dopunjeni ili produljeni na temelju korelacijskih ovisnosti.

Rezultati provedenih regresijskih analiza (Hrvatske vode - VGO Split i VGO Rijeka u suradnji s Institutom za elektroprivredu i energetiku Zagreb, 2002.) pokazali su relativno visok stupanj korelacijskih veza između analiziranih podataka. To je posljedica činjenice da su u potpunosti uvažavane promjene hidroloških i drugih uvjeta na slivu do kojih je došlo tijekom razdoblja u kojem je provedena dopuna podataka. Pri određivanju korelacijskih veza između srednjih mjesečnih protoka na izabranim postajama, analizom su obuhvaćeni svi podaci tamo gdje se to pokazalo prihvatljivim. Međutim, zbog velikog rasipanja ulaznih podataka (utvrđenih na osnovu mjerenja), kod mnogih su postaja pojedini računski mjesečni protoci bili znatno veći ili manji od protoka određenih na temelju mjerenja. Ovaj je problem riješen utvrđivanjem dviju ili više korelacijskih zakonitosti za svaki mjesec. Na taj se način nastojalo uvažiti hidrološko stanje na slivu u mjesecima koji su prethodili onom mjesecu za koji se utvrđivala korelacijska veza. Kod određenog broja mjernih profila (postaja) kod kojih se dio voda zahvaća u vodoopskrbne svrhe, prosječne mjesečne vrijednosti zahvaćenih količina u razdoblju obrade su procijenjene na temelju raspoloživih podataka i kapaciteta vodoopskrbne mreže, te dodane mjesečnim protocima s analiziranih hidroloških postaja nakon dopune nepotpunih nizova podataka. Tako kompletirani podaci o srednjim mjesečnim i godišnjim protocima su korišteni za analizu trendova srednjih godišnjih protoka tijekom analiziranog 30-godišnjeg razdoblja, odnosno analizu modularnih vrijednosti koeficijenata nagiba pravaca takvih trendova. Važno je naglasiti da su provedene analize homogenosti pokazale da gotovo sve odabrane hidrološke postaje karakterizira nehomogenost njihovih nizova podataka, što je dijelom posljedica promjena prirodnih značajki analiziranih vodnih sustava i sve izraženijeg korištenja voda za pojedine namjene, a dijelom i posljedica uzastopnih pojava više izrazito sušnih godina na kraju analiziranog razdoblja.

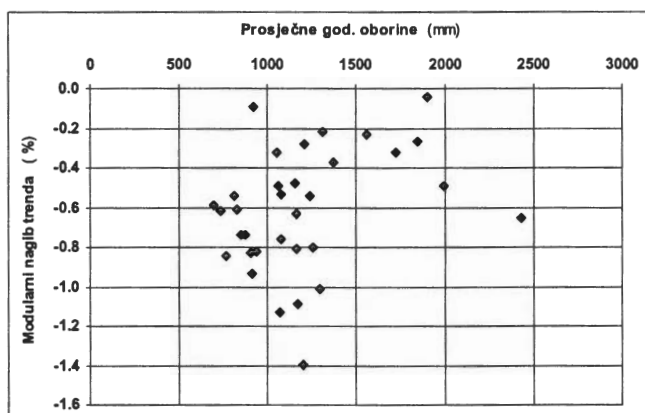
Uz hidrološke podatke, u provedenoj su analizi korišteni i podaci o godišnjim količinama oborina (DHMZ Zagreb, 2002) za sve glavne meteorološke i klimatološke postaje s prostora Jadranskog sliva za koje su na raspolaganju stajali izmjereni ili korelacijskim odnosima kompletirani podaci o godišnjim količinama oborina odabranog 30-godišnjeg razdoblja 1961.-1990. godina.

3. REZULTATI PROVEDENIH ANALIZA

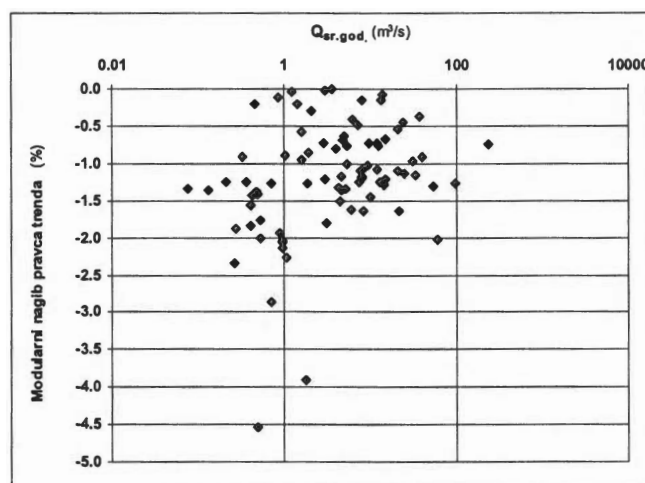
Analiza trendova srednjih godišnjih protoka tijekom odabranog 30-godišnjeg razdoblja, odnosno analiza modularnih vrijednosti koeficijenata nagiba pravaca trendova provedena je sa svrhom ispitivanja mogućnosti definiranja regionalnog trenda opadanja srednjih godišnjih protoka na analiziranim postajama Jadranskog sliva. Rezultati provedenih analiza modularnih vrijednosti nagiba trendova srednjih godišnjih protoka i godišnjih količina oborina prikazani su na slikama 1 do 5, te u tablici 1.

Tablica 1 - Usporedni prikaz karakterističnih pokazatelja utvrđenih modularnih vrijednosti nagiba pravca trenda količina oborina i srednjih godišnjih protoka

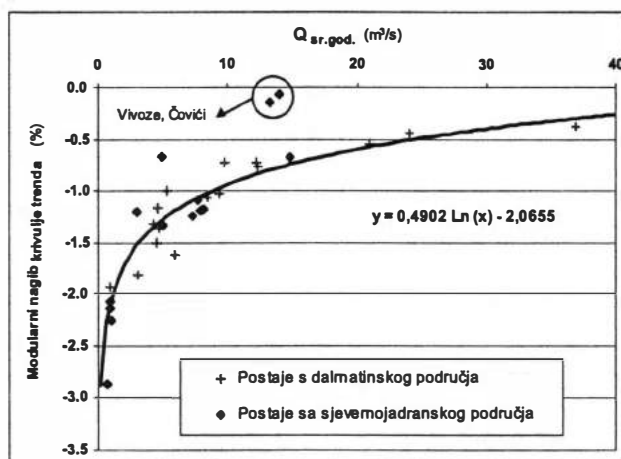
PARAMETAR	GODIŠNJE KOLIČINE OBORINA		SREDNJI GODIŠNJI PROTOCI SA SVIH ANALIZIRANIH POSTAJA		SREDNJI GODIŠNJI PROTOCI S ODABRANIH POSTAJA	
	Oborine (mm)	Nagibi (%)	$Q_{sr.god.}$ (m^3/s)	Nagibi (%)	$Q_{sr.god.}$ (m^3/s)	Nagibi (%)
Broj članova niza	33	33	83	83	28	28
Srednja vrijednost niza	1197,4	-0,61	12,3	-1,19	8,21	-1,26
St. dev.	400,5	0,31	29,6	0,77	8,00	0,60
Cv	0,33	-0,51	2,4	-0,65	0,97	-0,47
Max.	2433,6	-0,04	240	-0,003	36,9	-0,38
Min.	690,6	-1,4	0,075	-4,54	0,72	-2,86



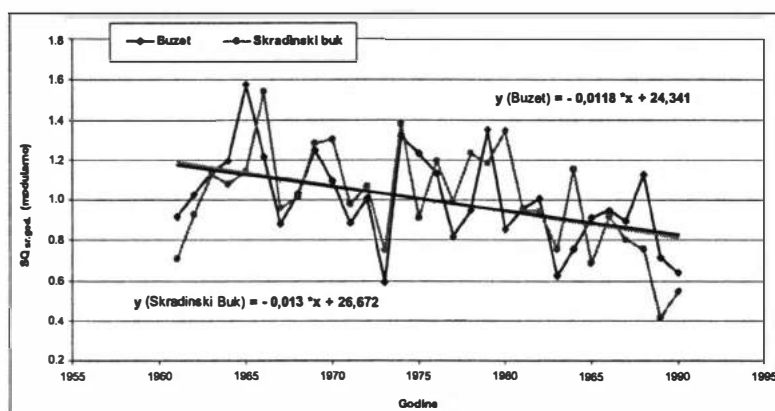
Slika 1 - Prikaz međudnosa prosječnih godišnjih količina oborina s glavnih meteoroloških i klimatoloških postaja i modularnih vrijednosti nagiba trenda njihova hoda (1961.-1990.)



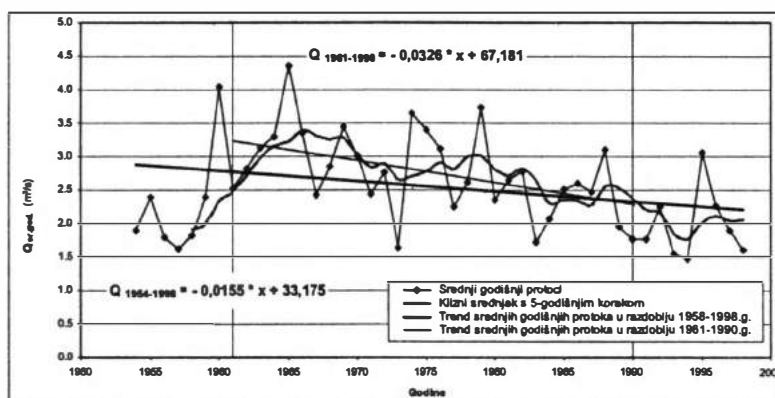
Slika 2 - Prikaz međudnosa prosječnih godišnjih protoka sa svih analiziranih hidroloških postaja i modularnih vrijednosti nagiba njihova trenda (1961.-1990.)



Slika 3 - Prikaz međudnosa prosječnih godišnjih protoka s odabranih hidroloških postaja i modularnih vrijednosti nagiba njihova trenda (1961.-1990.)



Slika 4 - Usporedba modularnih vrijednosti srednjih godišnjih protoka na postajama Buzet na Mirni i Skradinski Buk na Krki (1961.-1990.)



Slika 5 - Prikaz hoda srednjih godišnjih protoka i pripadajućih trendova za postaju Buzet na Mirni (1954-1998)

Odnos između prosječnih godišnjih količina oborina s 33 glavne meteorološke, odnosno klimatološke postaje Jadranskog sliva u Hrvatskoj i modularnih vrijednosti nagiba pravaca njihova trenda tijekom 30-godišnjeg razdoblja obrade, prikazan na slici 1, pokazuje da ne postoji značajna korelativna povezanost analiziranih parametara, a nije utvrđen ni utjecaj prostornog položaja analiziranih postaja na njihove međuodnose. Ono što je zajedničko svim postajama jest prisutnost trenda opadanja srednjih godišnjih količina oborina tijekom analiziranog razdoblja, koji je izražen u modularnim vrijednostima, a kreće se između 0.04% i 1.4% godišnje, odnosno prosječno 0,61% (tablica 1).

Na slici 2 prikazan je odnos između srednjih godišnjih protoka i modularnih vrijednosti nagiba pravaca trenda opadanja srednjih godišnjih protoka. Prikazani su podaci sa svih postaja na području Jadranskog sliva (83 postaje), analizirani u okviru hidroloških obrada provedenih za potrebe izrade Vodnogospodarske osnove Hrvatske. Iz prikaza se može uočiti da i kod srednjih godišnjih protoka, kao i u slučaju godišnjih količina oborina, postoji izražen trend njihova opadanja, s praktično dvostruko većom vrijednošću (prosječno 1,17%) i s još većom varijabilnošću u odnosu na kretanje godišnjih količina oborina. Međutim, isključe li se postaje čiji su srednji mjesečni podaci dopunjeni na temelju korelacijskih odnosa s odgovarajućim srednjim mjesečnim protocima na postajama čiji su nizovi podataka i sami prethodno dopunjeni ili produljeni na temelju korelacijskih ovisnosti, zatim postaje na vodotocima na kojima je tijekom analiziranog razdoblja došlo do značajnije promjene režima voda uvjetovane gradnjom hidroelektrana, zahvaćanjem voda za potrebe vodoopskrbe ili drugim aktivnostima, te postaje s nepouzdanim podacima, između modularnih vrijednosti nagiba pravaca trenda i vrijednosti srednjih godišnjih protoka s preostalih 28 postaja sa sjevernojadranskog i dalmatinskog područja moguće je uspostaviti prihvatljivu funkcionalnu vezu, definiranu izrazom danim na slici 3.

Izrazitije odstupanje može se uočiti kod postaja Vivoze i Čovići na Gackoj (podaci s ovih dviju postaja nisu korišteni za definiranje regionalnog odnosa), premda se podaci o nagibu trenda s nizvodnije postaje Šumečica dobro uklapaju u definirani regionalni odnos. Pri definiranju regionalnog odnosa između srednjih godišnjih protoka i modularnih vrijednosti nagiba pravaca njihova trenda uključen je najveći broj postaja s većih slivova, iz čega se može zaključiti da su površinom veći slivovi manje osjetljivi na promijenjene uvjete otjecanja, odnosno da imaju relativno manje izražene varijabilnosti trendova opadanja srednjih godišnjih protoka.

U tablici 1 dan je usporedni pregled osnovnih statističkih pokazatelja analiziranih nizova podataka i modularnih vrijednosti nagiba pravaca trenda, koji su grafički prikazani na slikama 1 do 3.

Usporede li se, primjerice, modularne vrijednosti srednjih godišnjih protoka između dviju odabranih postaja s područja istarskih i dalmatinskih slivova s približno istim nagibima pravaca trenda (Buzet na Mirni i Skradinski Buk na Krki, slika 4) vidljiva je slaba korelativna veza srednjih godišnjih protoka ($R^2 = 0,35$). U prvoj polovini analiziranog razdoblja njihova se kolebanja uglavnom poklapaju (mjestimice s faznom razlikom od jedne godine), a veće se razlike javljaju nakon 1975. godine. Uzrok ovom nepoklapanju mogu biti eventualne promjene u režimu otjecanja uslijed promjene načina

korištenja voda na uzvodnijem području, ali i nepouzdanosti raspoloživih hidroloških podataka, a što je i inače najveći problem prilikom provedbe bilo kakvih regionalnih usporedbi i analiza.

Kao ilustracija ovisnosti veličine trenda o duljini analiziranog niza podataka i vodnosti razdoblja obrade, na slici 5 dan je prikaz kolebanja srednjih godišnjih protoka i pripadajućih trendova za postaju Buzet na Mirni u razdoblju 1958-1998. godina i tijekom analiziranog 30-godišnjeg razdoblja. Radi zornijeg prikaza izmjena vodnijih i sušnijih razdoblja, na slici je prikazan i klizni srednjak niza podataka s 5-godišnjim korakom. Vidljiv je utjecaj odabranog razdoblja obrade na veličinu trenda srednjih godišnjih protoka. Za cjeloviti 41-godišnji niz podataka trend je dvostruko manji negoli za odabrano referentno 30-godišnje razdoblje.

4. DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Prikazani primjeri provedenih analiza pokazuju složenost postupka bilanciranja voda koji se primjenjuje kod izrade vodnogospodarske planske dokumentacije. U odabranom 30-godišnjem razdoblju obrade hidroloških podataka u sklopu izrade Vodnogospodarske osnove Hrvatske kod većine je postaja na području Jadranskog sliva utvrđena nehomogenost nizova podataka, kao i pojava trendova opadanja karakterističnih hidroloških parametara (godišnjih količina oborina, srednjih godišnjih protoka).

Provedene analize ukazuju na postojanje globalne regionalne ovisnosti između nagiba trenda i veličine srednjih godišnjih protoka. Međutim, utvrđeni se odnosi ne mogu generalizirati, jer nagibi trendova opadanja srednjih godišnjih protoka bitno ovise o odabiru razdoblja obrade podataka.

S obzirom da su upravo analizom trendova opadanja srednjih godišnjih protoka kod dijela postaja za koje je provedeno dopunjavanje nepotpunih nizova srednjih godišnjih protoka uočene anomalije u kolebanjima njihovih vrijednosti, ocjenjuje se prihvatljivim da se u budućim hidrološkim obradama u okviru izrade vodnogospodarskih osnova i planova razmotri mogućnost dopune, pa i djelomične promjene usvojenog načina bilanciranja voda. Naime, u slučaju raspolaganja nehomogenim, nedovoljno dugim i nepouzdanim nizovima motrenih hidroloških podataka, na pojedinim je slivnim područjima moguće provesti bilanciranje voda koristeći kraće nizove raspoloživih podataka u hidrološki homogenim uvjetima. U takvim slučajevima ocjena vodnosti ili sušnosti usvojenih kraćih, referentnih nizova podataka mogla bi se provesti njihovom usporedbom s podacima onih postaja za koje se procijeni da imaju kvalitetne dugogodišnje nizove podatke i da mogu reprezentirati opće hidrološke značajke određenog područja.

5. LITERATURA

- Hrvatske vode, VGO Rijeka (2002): Vodnogospodarska osnova Hrvatske, Hidrološka studija za vodno područje primorsko-istarskih slivova, knjiga 1, Rezultati obrada. Rijeka, nepublicirano.
- Hrvatske vode VGO Split i Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. Zagreb (2002): Vodnogospodarska osnova Hrvatske, Hidrološka studija za vodno područje dalmatinskih slivova. Split-Zagreb, nepublicirano.

Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. Zagreb (2002): Vodnogospodarska osnova Hrvatske, Hidrološka studija za vodno područje primorsko-istarskih slivova, Knjiga 2, Podloge i obrade. Zagreb, nepublicirano.

Salas, J.D., Delleur, J.W., Yevjevich, V., Lane, W.L.(1980): Applied Modeling of Hydrologic Time Series. Water resources publications, Littleton, Colorado, 484 str.

Autori:

mr.sc.Mirjana Švonja, dipl.ing.građ., Hrvatske vode, VGO Split,
21000 Split, Vukovarska 35, smirjana@voda.hr,
tel. 021-309-439, fax. 021-309-491

Irena Pavić, dipl.ing.građ., Institut za elektroprivredu i energetiku d.d.,
10000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 37, irena.pavic@ie-zagreb-hr,
tel. 01-63 22 400, fax. 01-63 22 481

mr.sc.Josip Rubinić, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet Rijeka, Zavod za hidrotehniku i
geotehniku, 51000 Rijeka, Viktora Cara Emina 5, [jrubic@gradri.hr](mailto:jrubinic@gradri.hr)
tel. 051-352-115, fax. 051-332-816



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 1.09.

Hidrogeološki uvjeti oblikovanja Kopačkoga rita

Kosta Urumović, Željko Duić, Eduard Prelogović

SAŽETAK: Kopački rit nalazi se u sjevernom rubnom dijelu Dravskog bazena unutar niza spuštenih struktura na potezu Petrijevci-Kopački rit. Najmlađe, neotektonski aktivno razdoblje počinje u pliocenu i osobitog je intenziteta u kvartaru, a traje i danas. Pomaci strukturnih jedinica na regionalnom planu uvjetuju postupno suženje prostora Kopačkoga rita. To je svakako važan razlog da se u sklopu monitoringa Kopačkoga rita organizira opažanje recentnih tektonskih pokreta.

U hidrogeološkom pogledu najveću važnost imaju relativno debele naslage pijeska koje u pojedinim dijelovima prelaze u šljunke, a ustvrđene su u širokom pojasu zapadno, sjeverno i sjeveroistočno od Kopačkoga rita. Debljina ovih naslaga u rubnim predjelima oko trstika obično se kreće oko 50 m. U njima je formiran vodonosnik, a podzemne vode ovoga vodonosnika predstavljaju važan izvor vodoopskrbe ovoga kraja i važne su u cijelom kompleksu Kopačkoga rita. Odnosi podzemnih i površinskih voda izražavaju regionalno dreniranje podzemnih voda prema središnjim predjelima Kopačkoga rita, no za identifikaciju stvarnoga ponašanja podzemnih voda bilo bi nužno promatrati odnos širega sustava: vodostaji rijeke Dunava - podzemne vode - recipijenti Kopačkoga rita. Zbog toga bi u sklopu hidrogeološkoga monitoringa trebalo načiniti određeni broj pokusnih lokacija s "piezometarskim gnjezdima" na kojima bi se opazala visina potencijala po dubini i na temelju kojih bi se tragom postupka konceptualnog modeliranja na primjereno sofisticiranim programskim sustavima moglo interpretirati odnose podzemnih i površinskih voda uključujući pri tome raznovrsne, a međuovisne aspekte gibanja podzemnih voda.

KLJUČNE RIJEČI: neotektonski pokreti, odnosi podzemnih i površinskih voda

Hydro-geological Conditions in the Creation of Kopački Rit

SUMMARY: Kopački Rit is positioned in the northern part of the River Drava basin, within a succession of descended structures in the Petrijevci-Kopački Rit area. The youngest, neotectonically active period that has begun in Pliocene was of great intensity during Quaternary period. The fluctuations of the structural units in the region caused gradual narrowing of the Kopački Rit area. Thus, it was of particular importance to have the recent tectonic fluctuations under observation within the monitoring of the area.

As for the hydro-geological conditions, relatively thick layers of sand that change into gravel in certain points bear the crucial importance. They are spread across a wide area, westwards, northwards and northeastwards from Kopački Rit. The layers encountered on the area around the reeds are normally around 50 m thick. An aquifer had formed in these layers with groundwater that represents a significant water source for the region and has proven to be of great importance for the entire Kopački Rit complex. The relations between the groundwater and surface waters show the regional drainage of the groundwater towards the central parts of Kopački Rit. However,

in order to gain a better insight into actual behavior and nature of the groundwater, the relations within the system should be observed, including the Danube levels, groundwater, and the Kopački Rit recipients. Therefore, a hydro-geological monitoring should include a certain number of test-locations with "observation well sets" for monitoring of the height of potential per depth. The results should be used as inputs for conceptual modeling using sophisticated software, and the relations of the groundwater and surface waters could be interpreted, including different codependent aspects of the groundwater movements.

KEYWORDS: neo-tectonic movements, groundwater and surface water relations

1. Uvod

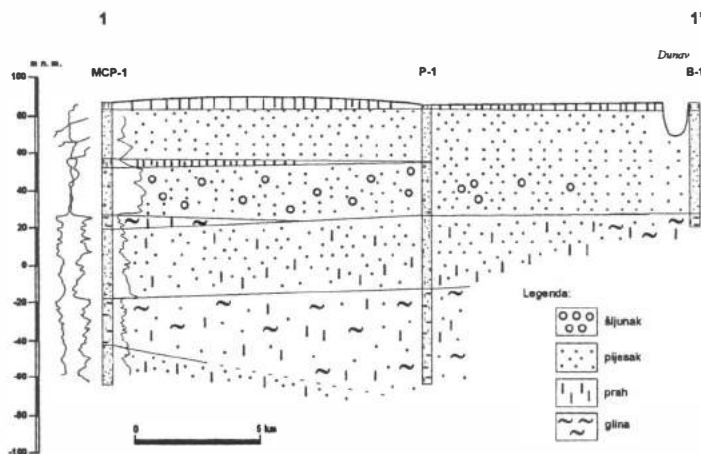
U proučavanjima Kopačkog rita zasebnu cjelinu predstavljaju najvažnije geološke i hidrogeološke osobitosti. Pri tom se izdvajaju spoznaje o recentnom strukturnom sklopu, tektonskoj aktivnosti i prisutnim hidrogeološkim odnosima.

Hidrogeološki odnosi uvjetovani su geološkom građom i rubnim uvjetima, pa je pri interpretaciji hidrogeoloških značajki pozornost posvećena regionalnim geološkim uvjetima formiranja Kopačkoga rita, raspoloživim hidrogeološkim podacima u inundacijskim predjelima rijeka Drave i Dunava, te hidrogeološkim okolnostima u rubnim istraživanim predjelima. Naime, u samom užem području Kopačkoga rita nema konkretnih podataka o hidrogeološkim prilikama, pa je pozornost posvećena perifernim predjelima i interpretacijama stanja u ukupnom okružju.

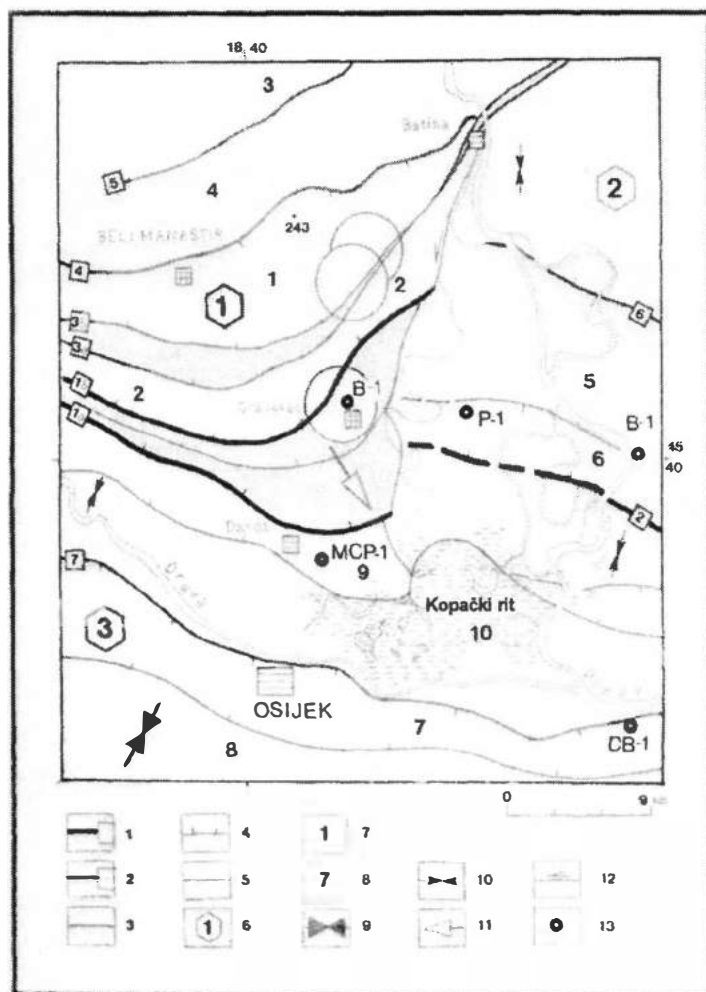
U provedenim proučavanjima korišteni su podaci najvažnijih objavljenih i stručnih radova. Najprije se izdvajaju ključni podaci o naslagama na površini sadržani u Osnovnoj geološkoj karti, list Osijek [13], zatim posebnoj karti izrađenoj prigodom projektiranja vodnih stepenica D. Miholjac i Osijek [8], te u objavljenoj preglednoj karti Baranje [3]. Posebno su važni podaci na temelju kojih se mogla izvršiti klasifikacija struktura i rasjeda, te odrediti prostorni strukturni model [1,10,15,17,18,19,20,28]. Iste su važnosti podaci o postanku struktura, tektonskoj aktivnosti i recentnom režimu stresa [2,4,6,7,11,19,20,21,26]. Osobito su brojni i višestruko korisni hidrogeološki podaci koji se tiču područja Baranje ili pojedinih lokaliteta, te regionalne spoznaje o hidrogeološkim odnosima koji uključuju i razmatrano područje [14,24,25,27,29,30]. Naposljetku su korišteni i najvažniji seizmološki i seizmotektonski podaci [5,22]. Pri hidrogeološkim interpretacijama korišteni su objavljeni radovi o regionalnim hidrogeološkim odnosima [27], statističkoj obradbi podataka o mjerenjima vodostaja [24], te podaci mjerenja razina podzemnih voda koje su provodili nekadašnja vodna zajednica iz Darde (do 1964. godine) i DHMZ (1980-91), a posebnu vrijednost imala su recentna istraživanja crpilišta u rubnim djelovima Kopačkoga rita.

2. Strukturni sklop i recentna tektonska aktivnost

U Baranji se na površini nalaze pretežito kvartarne naslage. Dosada objavljene geološke karte pokazuju prisutnost raznolikih facijesa [2,3,8]. Duž Banskog brda postoje izdanci neogenskih stijena [8]. Na temelju podataka iz bušotina i seizmičkih profila [16,17,18,19], te relativno brojnih i raznovrsnih stručnih izvješća izdvojene su, ispod kvartarnih, neogenske, mezozojske i paleozojske stijene. Nužno je zasebno izdvojiti kvartarne naslage, pretežito gline, pijeske i šljunke, koji se opetovano izmjenjuju.



SLIKA 1 Litološki profil vodonosnika



SLIKA 2 Strukturni sklop i tektonska aktivnost

Legenda:

RASJEDI: 1- najvažniji aktivni rasjedi regionalnog pružanja, granični strukturnim jedinicama: rasjed Maczek-Villany-Baranja(1, a i b-trase glavnih rasjeda iz zone), apatinski rasjed (2); 2 - rasjedi granični strukturama: rasjed Berement-kneževi Vinogradi-Batina (3, a i b-trase glavnih rasjeda iz zone), belomanastirski rasjed (4), rasjed Ivandarda-Topolje (5), rasjed Stari Dunav-Prigrevica (6), osiječki rasjed (7); 3 - ostali aktivni rasjedi; 4 - oznaka za reverzne rasjede; 5 - oznaka za dionice rasjeda bez sigurno utvrđenog karaktera;

STRUKTURE: 6 - strukturne jedinice: Meczek-Villany-Baranja (1), Sombor-Apatin (2), Dravski bazen (3); 7 - strukture unutar jedinica Meczek-Villany-Baranja i Sombor-Apatin: Banskó brdo (1), Bolman-Grabovac (2), Mohacz (3), Popovac-Draž (4), Stari Dunav-Prigrevica (5), Apatin (6); 8 - strukture unutar Dravskog bazena: Bizovac-Osijek-Erdut (7), Beničanci-Čepin (8), Darda-Bilje-V.Salaš (9), Petrijevci-Kopački rit (10);

TEKTONSKA DINAMIKA I NAJJAČI POTRESI: 9 - regionalni stres; 10 - stres unutar strukturnih jedinica; 11 - smjer pomaka struktura na površini; 12 - dionica rasjeda s istaknutom horizontalnom komponentom pomaka krila; 13 - plitka bušotina.

Za detaljno upoznavanje sastava kvartarnih naslaga važne su plitke bušotine (dubine približno 150 m): MCP-1 (Darda), B-1 (Grabovac), DB-1 (Aljmaš) i B-1 (Apatin), koje okružuju Kopački rit. Korelacijski profil 1-1' (sl. 1), pokazuje prevladavanje slojeva pijesaka, šljunaka, a podređeno gline i praha u prvih 40-50 m dubine. U strukturnom sklopu Baranje izdvajaju se tri **strukturne jedinice** (sl. 2): Meczek-Villany-Baranja (1), Sombor-Apatin (2) i Dravski bazen (3). Unutar njih razlikuju se pojedine lokalne strukture. Jedinice i strukture ograničene su rasjedima.

Uočljiva značajka strukturne jedinice Meczek-Villany-Baranja (1) jest promjenljivo pružanje: ZSZ-JJI, najčešće Z-I, te skretanje struktura u Baranji u pravac SI-JZ. Strukture su ograničene reversnim rasjedima. Izdvajaju se: BANSKO BRDO (1), BOLMAN-GRBOVAC (2), MOHACZ (3) i POPOVAC-DRAŽ (4). Znakovita je struktura BANSKO BRDO (1). Duž krila strukture pružaju se reversni rasjedi suprotnih vergencija. To ukazuje na kompresiju prostora. Ističe se i struktura BOLMAN-GRBOVAC (2), koja je smještena između zona rasjeda Meczek-Villany-Baranja (1 u prilogu 2.1.) i rasjeda Berement-Kneževi Vinogradi-Batina (3). Unutar obuhvaćenog dijela strukturne jedinice Sombor-Apatin (2) ističu se dvije lokalne strukture: Stari Dunav-Prigrevica (5) i Apatin (6).

Najvažniji u obuhvaćenom strukturnom sklopu jesu **rasjedi** granični strukturnim jedinicama. Navode se njihove bitne odlike (sl. 2):

- Rasjed Meczek-Villany-Baranja (1): izražena zona paralelnih reversnih rasjeda i ogranaka, širine između 1 i 5 km; između Darde, Luga i Grabovca zamjetno je svijanje zone zbog pomaka istoimene strukturne jedinice; rasjedi iz zone odražavaju se u reljefu terasnim odsjecima, mjestimice koljeničastim anomalijama rijeka (npr. kod Jagodnjaka i Batine) i uzvisina u reljefu duž krovinskih krila rasjeda (Čeminac, Uglješ).
- Apatinski rasjed (2); manje izražen prema gravimetrijskim podacima; vjerojatno čini zonu reversnih rasjeda širine 1 do 2 km; odražava se u reljefu koljeničastim anomalijama rijeka (Dunav kod Apatina, Vemeljski Dunavac).

Po važnosti u sklopu slijede rasjedi granični strukturama i to: rasjed Berement-Kneževi Vinogradi-Batina (3, čini zonu širine do 1,2 km; izražen u reljefu osobito ravnocrtnim terasnim odsjekom i vrlo uočljivom koljeničastom anomalijom kod Kozarevca; predstavlja ogranak rasjeda Meczek-Vellany-Baranja), Belomanastirski rasjed (4, osobito izražen u reljefu strmim obronkom Banskog broda; prema gravimetrijskim podacima vjerojatno čini zonu širine oko 500 m), rasjed Ivandarda-Topolje (5, nedefiniranog je karaktera; izražen u reljefu manjom terasom) i rasjed Stari Dunav-Prigrevica (6, vjerojatno reversni).

Za ocjenu recentne tektonske aktivnosti bitni su pomaci struktura ili, gledajući u detaljima, pomaci krila rasjeda. Deformacije strukturnog sklopa izazvane su regionalnim tektonskim pokretima i ovise o položajima velikih masa stijena različite gustoće u dubini koje izgrađuju prostore strukturnih jedinica. Nastaje stres o čijoj orijentaciji ovise deformacije i pomaci pojedinih strukturnih jedinica. U obuhvaćenom području (prilog 2.1.) regionalni stres ima orijentaciju 25/205 [2]. Lokalni stres u dodirnim zonama strukturnih jedinica ima sličnu orijentaciju, osim vjerojatno oko Batine, (orijentacija gotovo S-J), što se zaključuje iz pružanja i karaktera rasjeda.

U obuhvaćenom području bitni su pomaci strukturne jedinice Meczek-Villany-Baranja (1) prema jugoistoku (sl.2). Zbog otpora drugih prisutnih masa stijena tim pomacima, koje izgrađuju strukturnu jedinicu Sombor-Apatin (2), u dodirnoj zoni jedinica nastaje svijanje zone rasjeda Meczek-Villany-Baranja (1), kompresija prostora i pojave struktura s reversnim rasjedima u krilima suprotne vergencije. Svijanje dodirne zone promatranih

strukturnih jedinica ukazuje da pomaci prema JI izazivaju i rotaciju jedinice Sombor-Apatin (2). Pružanje rasjeda i orijentacija stresa primjerice oko Apatina označavaju moguće pomake približno prema jugu, ali istočnije prema jugoistoku.

3. Opće hidrogeološke značajke

Za hidrogeološke okolnosti Kopačkoga rita presudan je njegov položaj u vrhu Baranjskoga trokuta i to onome kojega obilježava sutok Drave i Dunava, te položaj ovoga trstika u izraženoj kvartarnoj depresiji.

U sklopu hidrogeoloških značajki ovoga, a i većega dijela Baranje, navjeću važnost imaju relativno debele naslage pijeska koje u pojedinim dijelovima prelaze u šljunke. U njima je formiran vodonosnik, a podzemne vode ovoga vodonosnika predstavljaju važan izvor vodoopskrbe ovoga kraja i važne su u cijelom kompleksu Kopačkoga rita. U samom užem području Kopačkoga rita nema bušotinskih podataka o litološkom razvitku naslaga.

Podina vodonosnika je na gotovo jednakoj dubini: Metze 60 m, Grabovac, 48 m, Tikveš 59 m, Apatin 60 m (sl. 1). Ovako značajnu debljinu gruboklastičnih naslaga logično je povezati s relativno velikom brzinom toka koji je mogao transportirati ove materijale, ali i naglim padom energije toka koji je doveo do njihovoga naglog odlaganja. Za očekivati je da se debljina slojeva pijeska reducira, a neki od njih i izostaju u središnjim dijelovima trstika koji se podudara s neotektonskom depresijom (sl. 3). To potvrđuje i bušotina u Aljmašu na kojoj je registriran veći broj slojeva pijeska, a cijelim profilom kvartarnih naslaga preveladavaju taložine praha i gline.

Za lokacije nekih crpilišta načinjen je izračun ekvivalentne (osrednjene) hidrauličke vodljivosti prema podacima pokusnih crpljenja (tabl. 1). Najveća osrednjena vrijednost hidrauličke vodljivosti pojavljuje se na crpilištu dvorca Tikveš s iznosom od oko 100 m/dan, a ovako veliki iznos posljedica je naslaga šljunka i krupnoga pijeska, pa se maksimalni iznos hidraulične vodljivosti u laboratorijskom mjerilu može procijeniti i na dvostruko veću vrijednost. Minimalni iznos procenjen je na lokaciji crpilišta Prosine (10 m/dan) gdje prevladavaju jednolični sitnozrni pijesci. Kako vodonosnik ponegdje prelazi u sitne do prašinate pijeske to se minimalna vrijednost hidrauličke vodljivosti na laboratorijskom mjerilu može procijeniti na oko 1-5 m/dan.

TABLICA 1. Osrednjene vrijednosti hidrauličke vodljivosti na crpilištima u okolici Kopačkoga rita.

Lokacija	Ekvivalentna hidraulička vodljivost K_{eq} (m/dan)	Debljina vodonosnika b (m)	Transmisivnost vodonosnika, T (m ² /dan)
Metze	50	50	2500
Grabovac	15	40	600
Prosine	10	8	80
Tikveš	100	55	5500

Vodonosnik je pokriven naslagama prašinatoga pijeska, praha i gline debljina kojih obično iznosi nekoliko metara. U takvim uvjetima u pravilu govorimo o otvorenome vodonosniku iako se razina vode ponegdje i povremeno podigne iznad dodira vodonosnih pijesaka i površinskih slabo propusnih naslaga, pa se izgubi vodna ploha kao osnovno obilježje otvorenih vodonosnika. U takvim okolnostima može biti posebice zanimljiv odnos

podzemnih voda s površinskim vodama u Dunavu i meandrirajućim tekućicama od M. Dunava do St. Dunava. Naime, za očekivati je da se podzemne vode napajaju iz Dunava tijekom njegovih povišenih vodostaja i također da se podzemne vode pri gotovo svim vodostajima dreniraju u ove meandrirajuće tekućice koje završavaju u Kopačkome ritu. Za kakvoću podzemnih voda općenito su karakteristični reduktivni uvjeti. U takvim uvjetima u podzemnoj vodi pojavljuje se povišeni sadržaj prirodnog amonijaka, željeza i mangana, te utroška KMnO_4 .



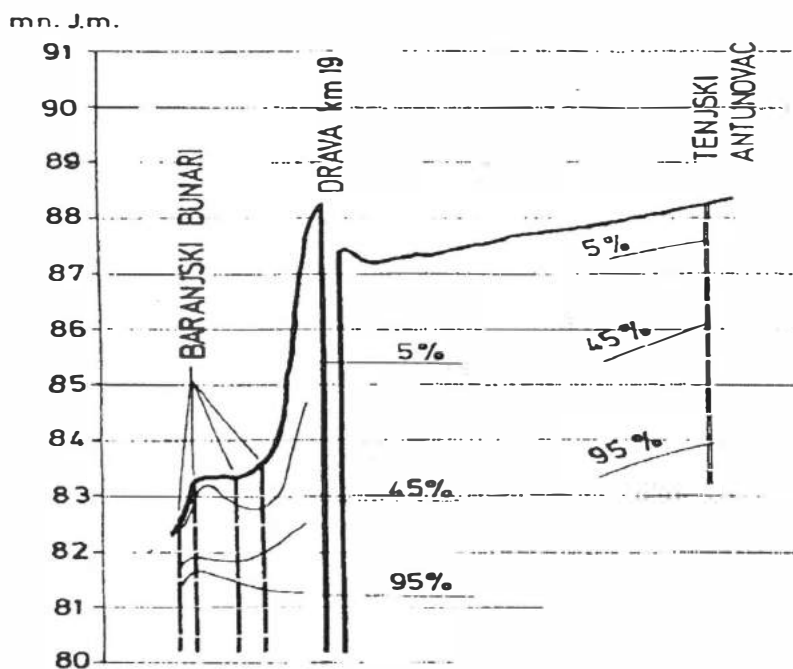
- (1) motriteljski zdenci stare mreže u području između Osijeka i Darde; (2) piezometri iz mreže DHZZ; (3) crpilišta; (4) dubina podine vodonosnika na crpilištu; (5) pretpostavljene debljine kvartarnih naslaga
 Prijedlog novoga monitoringa: (6) točke geodetskog GPS mjerenja; (7) pričuvne točke geodetskog GPS mjerenja; (8) piezometarska gnijezda uz rijeke Dravu i Dunav; (9) postaje piezometara uz rub Kopačkoga rita; (10) strukturno-piezometarske bušotine

SLIKA 3 Zemljovid debljina kvartarnih naslaga i položaju hidrogeoloških objekata

4. Razine podzemnih voda i odnosi s površinskim vodama

Sustavna opažanja razine podzemnih voda rubnih dijelova Kopačkoga rita vršena su u dva navrata. Prva mreža opažanja organizirana je 60-tih godina preko tadašnje vodne zajednice Baranja, koje je imalo dva opažачka područja: Podravsko i Podunavsko područje. Veći dio objekata odnosio se na kopane zdence u rubnim dijelovima trstika. Ova mreža je uglavnom uništena u velikoj poplavi 1965. godine. Podaci opažanja bili su pohranjeni u vodnoj zajednici sve do okupacije Baranje 1991-97. godine. Za ilustraciju o stanju razina podzemnih voda zanimljivi su rezultati statističke obradbe kolebanja razina podzemnih voda u području uz zapadni rub Kopačkoga rita (sl.4), tj. u dravskom inundacijskom području koju je načinio Srebrenović početkom 70-tih godina [24].

Visoki i srednji vodostaji Drave viši su od razina podzemnih voda. No pri niskim vodostajima razina podzemnih voda je viša od razine vodostaja rijeke Drave, pa prema tome u takvim prilikama se podzemne vode dreniraju prema površinskim recipijentima. Ako usporedimo statističke pokazatelje o razinama podzemnih voda i nadmorske visine karakterističnih geomorfoloških oblika tada se zapaža da su niske vode u opažanim zdencima i piezometrima uz zapadni rub Kopačkoga rita (razine prvih jedanaest objekata u tabl. 2, sl. 4) na razinama od 81,22 do 81,72 m n.m., dakle razinama koje zamjetno nadvisuju kote dna ujezerenih i zabarenih površina s visinama od 79,00 do 81,5 m n.m.. Ove razine podzemnih voda su također niže od nadmorske visine «kopnenog dijela» trstika kojemu su kote od 81,5- 82,5 m n.m.



SLIKA 4. Korelacijski profil rezultata statističke obradbe vodostaja podzemnih voda uz rub Kopačkoga rita u dravskom inundacijskom području i vodostaja Drave kraj osječčkoga mosta (19 km od ušća u Dunav. Preslik iz [24] predočava hipsometrijski odnos visoke (5%), srednje (45%) i niske vode (95% trajanje).

TABLICA 2. Rezultati statističke obradbe vodostaja podzemnih voda uz rub Kopačkoga rita u dravskom inundacijskom području [24]. Položaji zdenaca su na sl. 3. Napomena: dubina vode «0» znači preljevanje vode iz zdenca.

Redni broj zdenca	Trajanj dubine vode (dubina vode u m)			Kota zdenca (m n.m.)	Trajanje razine vode (m n.m.)		
	5%	50%	95%		5%	50%	95%
1	0,48	1,54	1,88	83,1	82,62	81,56	81,22
2	0	0,76	1,05	82,5	82,5	81,74	81,45
3	0	1,32	1,58	83,3	83,3	81,98	81,72
4	0,78	1,83	2,27	83,6	82,82	81,77	81,33
5	0,52	1,52	1,88	83,3	82,78	81,78	81,42
6	0,82	1,58	1,95	83,6	82,78	82,02	81,65
8	0,38	1,33	1,73	83,1	82,72	81,77	81,37
9	0	1,14	1,48	82,8	82,8	81,66	81,32
10	0	1,19	1,55	83	83	81,81	81,45
11	0	1,09	1,38	83	83	81,91	81,62
12	0,71	1,28	1,74	83,5	82,79	82,22	81,76
13	0,77	1,54	2,03	83,5	82,73	81,96	81,47
14	1,16	1,96	2,56	84,5	83,34	82,54	81,94
15	0,92	1,38	1,91	83,5	82,58	82,12	81,59
16	2,61	3,2	3,62	86,2	83,59	83	82,58
17	1,66	2,05	2,39	84,5	82,84	82,45	82,11

TABLICA 3. Razine podzemne vode prema opažanjima DHMZA

Oznaka	P-5	P-8	B-1	P-10	P-9
Mjesto	Podunavlje	Drava-most	Grabovac	Prosine	Darda
Razdoblje	1986.-1991.	1987.-1991.	1980.-1991.	1987.-1991.	1981.-1991.
NNV	82,33	79,42	80,18	84,66	82,87
Datum	01.12.1986.	21.02.1991.	24.10.1988.	30.09.1991.	03.10.1985.
SNV	82,66	79,61	80,61	85,00	83,09
SV	83,14	80,02	81,02	85,33	83,33
SVV	83,48	80,31	81,43	85,73	83,59
VVV	83,79	81,25	82,68	86,31	84,20
Datum	21.05.1987.	22.06.1987.	04.01.1988.	25.05.1987.	23.03.1981.
Δh	1,56	1,83	2,50	1,65	1,33

Pri niskim vodostajima, dakle u sušnome razdoblju, najviše razine podzemne vode su u području baranjske terase (zdeni 16 i 17, usporedi tablicu 2. i sl. 4), pa je ovo područje i podzemna razvodnica slijeva Dunava (odnosno Dunavca) i Drave. Iz navedenoga proizlazi da se podzemne vode napajaju uglavnom infiltracijom padalina, a dreniraju se u površinske recipijente. Utjecaj visokih vodostaja Drave jamačno je ograničen na najbliže

zaobalje i kratkotrajnoga je učinka. Slični odnosi vjerojatno vrijede i za odnos Dunava i podzemnih voda, iako oblici starih meandara i tok Dunavca izražavaju odnose prema kojima bi se mogle očekivati pojave snažnijeg zaobalnog procjeđivanja kako je to u prethodnom poglavlju opisano.

Novija mjerenja podzemnih voda u ovom području su mjerenja piezometarskih bušotina koje je opazio Državni hidrometeorološki zavod iz Zagreba u razdoblju od 1980. do 1991. godine (tabl. 3). Sva ova opažanja odnose se na piezometarske bušotine. Ovdje nas prvenstveno zanimaju podaci o najnižoj niskoj vodi (NNV) u opažanom razdoblju. Najniža razina (79,42 m) registrirana je na piezometru P-8 koji se nalazi u neposrednom zaobalju Drave kraj baranjskoga mosta (sl. 3) i taj podatak je u skladu s prethodno navedenim zaključcima o dreniranju podzemnih voda duž površinskih recipijenata. Neobični su podaci o relativno niskoj razini (NNV) na piezometru B-1 u Grabovcu i relativno visokoj razini na piezometru P-5 uz sam rub Kopačkoga rita. Relativno niske razine podzemnih voda, i to pri svim vodostajima, na piezometru B-1 kraj Grabovca teško se mogu tumačiti razložnim hidrogeološkim odnosima, pa je najlogičnija pretpostavka o pogriješki pri snimanju ili prepisivanju kote mjerne točke. Visoka razina podzemne vode na lokaciji P-5 uz sam rub Kopačkoga rita mogla bi se tumačiti utjecajem regionalnih tokova, odnosno porastom razine podzemne vode s dubinom vodonosnika kojim se izražava pojava dreniranja podzemnih voda prema površini terena.

2.8. Zaključak

Kopački rit nalazi se u sjevernom rubnom dijelu Dravskog bazena unutar niza spuštenih struktura na potezu Petrijevci-Kopački rit. Najmlađe, neotektonski aktivno razdoblje počinje u pliocenu i osobitog je intenziteta u kvartaru, a traje i danas. Općenito se može zaključiti da pomaci strukturnih jedinica uvjetuju boranje i rasjedanje stijena unutar Dravskog bazena, te postupno suženje prostora Kopačkoga rita.

U hidrogeološkom pogledu najveću važnost imaju relativno debele naslage pijeska koje u pojedinim dijelovima prelaze u šljunke, a ustvrđene su u širokom pojasu zapadno, sjeverno i sjeveroistočno od Kopačkoga rita. Debljina ovih naslaga u rubnim predjelima oko trstika obično se kreće oko 50 m. U njima je formiran vodonosnik, a podzemne vode ovoga vodonosnika predstavljaju važan izvor vodoopskrbe ovoga kraja i važne su u cijelom kompleksu Kopačkoga rita. U samom užem području Kopačkoga rita nema bušotinskih podataka o litološkom razvitku naslaga, a s obzirom na geološke uvjete nastanka za očekivati je redukciju pijesaka i povećan udjel sitnoklastičnih taložina. Odnosi podzemnih i površinskih voda izražavaju regionalno dreniranje podzemnih voda prema središnjim predjelima Kopačkoga rita, no za identifikaciju stvarnoga ponašanja podzemnih voda bilo bi nužno promatrati odnos širega sustava: vodostaji rijeke Dunava - podzemne vode - recipijenti Kopačkoga rita.

U razvitku Kopačkoga rita otvorena su dva bitna pitanja naslonjena na geološke okolnosti i hidrogeološke odnose. To su kvantificiranje recentnih neotektonskih gibanja središnjega dijela Kopačkoga rita, te odnosa podzemnih i površinskih voda na lokalnom i subregionalnom planu.

Podatke o sadašnjim neotektonskim gibanjima moguće je prikupiti jedino GPS mjerenjem izabranih geodetskih-geodinamičkih točaka. Za ostvarenje pouzdanih podataka trebalo bi postaviti najmanje tri takve točke i to kod Aljmaša, Kopačeva i Tikveškog dvorca (sl. 3). S obzirom na ravničast reljef bilo bi uputno motriti i eventualne promjene osobito

razvedenog meandriranja Dunava i Drave i nazočne akumulacije taložina, jer te promjene mogu biti izazvane tektonskom aktivnošću i deformacijama strukturnog sklopa.

Za identifikaciju raspodjele potencijala podzemnih voda karakteristično je da se radi o vrlo plitko razvedenoj površini vodne razine koja dijelom izražava i vodnu plohu, a dijelom je iznad krovine vodonosnika. Pri takvim odnosima bio bi potreban vrlo veliki broj opažačkih bušotina za uspostavljanje mreže iz koje bi se konstruirale klasični konturni zemljovid. Zbog toga bi u ovom slučaju bilo korisnije izvesti ograničeni broj pokusnih lokacija s "piezometarskim gnjezdima" (sl. 3) na kojima bi se opažala visina potencijala po dubini i na temelju kojih bi se tragom postupka konceptualnog modeliranja na primjereno sofisticiranim programskim sustavima moglo interpretirati odnose podzemnih i površinskih voda uključujući pri tome raznovrsne, a međuovisne aspekte gibanja podzemnih voda.

LITERATURA:

1. Babić, Ž., Čakarun, I., Sokač, A. & Mraz, V. (1978): O geologiji kvartarnih naslaga porječja rijeke Drave. *Geol. vjesnik*, 30/1, 13-57, Zagreb.
2. Bada, G. (1999): Cenozoic stress field evolution in the Pannonian basin and surrounding orogens. Inferences from kinematic indicators and finite element modelling. PhD Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam, 204 pp.
3. Bognar, A. (1990): Geomorfologija Baranje. "Ognjen Prica", 1-312, Zagreb.
4. Csontos, L., Tari, G., Bergerat, F., & Fodor, L. (1991). Evolution of the stress fields in the Carpatho-Pannonian area during the Neogene. *Tectonophysics*, 199, 73-91.
5. Cvijanović, D. (1969/70): Seizmičnost Slavonije. *Vesnik Zav. geol. i geofiz. istraž.*, C, 10-11, Beograd.
6. Decker, K. (Ed.), (1996): PANCARDI Workshop 1996. Dynamics of the Pannonian-Carpathian-Dinaride system. *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., Wien*, 41, 148.
7. Decker, K., & Peresson, H. (1996). Tertiary kinematics in the Alpine-Carpathian-Pannonian system: links between thrusting, transform faulting and crustal extension. In G. Wessely & W. Liebl, *Oil and gas in Alpidic thrustbelts and basins of central and eastern Europe*. (pp. 69-77). EAGE Special Publications, Vol. 5.
8. Hećimović, I. (1989): Geološka karta i tumač za geološku kartu područja vodnih stepenica D. Miholjac i Osijek. *Inst. geol. istraž.* Zagreb.
9. Hećimović, I. & Prelogović, E. (1987): Tumač za list Donji Miholjac, 1:100.000, L 37-73, Geomorfološka analiza, 3-7, *Geol. zavod, Zagreb, Sav. geol. zavod, Beograd*.
10. Hernitz, Z. (1983): Dubinski strukturno-tektonski odnosi u području istočne Slavonije. *Jug. kom. svjetskih kongresa za naftu, Nafta*, 1-221, Zagreb.
11. Horváth, F. (1993): Towards a kinematic model for the formation of the Pannonian basin. *Tectonophysics*, 226, 333-357.
12. Lučić, D., Saftić, B., Krizmanić, K., Prelogović, E., Britvić, V., Mesić, I. & Tadej, J. (2001): The Neogene evolution and hydrocarbon potential of the Pannonian Basin in Croatia. *Marine and Petroleum Geology*, 18, 133-147.
13. Magaš, N. (1987): Osnovna geološka karta, list Osijek 1:100.000, L 34-86. *Inst. geol. istraž., Zagreb, Sav. geol. zavod, Beograd*.
14. Miletić, P., Urumović, K., Blašković, V. (1973): Bilanca podzemnih voda sjeverozapadne Baranje. *Geološki vijesnik*, 26, 247-256, Zagreb.
15. Pamić, J. (1997): Volcanic rocks from the Sava-Drava interfluvium and Baranja in the South Pannonian Basin (Croatia) (192 pp). *Nafta Journal Special Publication*, Zagreb (in Croatian with English summary).

16. Pandžić, J. (1986): Pretercijar jugozapadnog dijela Panonskog bazena. Izd. INA-Naftaplin, 1-183, Zagreb.
17. Prelogović, E., & Velić, J. (1992): Correlation of Quaternary sediments and tectonic activity of the eastern aprt of the Drava river depression. *Geol. Croatica*, Zagreb, 45, 151-162.
18. Prelogović, E. & Cvijanović, D. (1983): Prikaz neotektonske aktivnosti dijela Slavonije, Baranje i Bačke. *Geol. vjesnik*, 36, 241-254, Zagreb.
19. Prelogović, E., Jamičić, D., Aljinović, B., Velić, J., Saftić, B. & Dragaš, M. (1995): Dinamika nastanka struktura južnog dijela Panonskog bazena. *Zb. 1. Hrv. geol. kongres, Opatija 18-21.10.1995.*, Vol. 2, 481-486, Zagreb.
20. Prelogović, E., Saftić, B., Kuk, V., Velić, J., Dragaš, M., & Lučić, D. (1998): Tectonic activity in the Croatian part of the Pannonian Basin. *Tectonophysics*, 297, 283-293.
21. Royden, L. H. & Horváth, F. (Eds.), (1988). The Pannonian basin. A study in basin evolution. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, 45, 394.
22. Skoko, D. & Prelogović, E. (1994): Značenje Pilarovog doprinosa prirodnoznanstvenom tumačenju potresa. *Zb. "Gjuro Pilar"*, 117-133, Zagreb.
23. Sokač, A., Dragičević, I. & Velić, J. (1982): Biostratigrafske i litološke odlike neogenskih i kvartarnih sedimenata nekih bušotina okolice Osijeka. *Geol. vjesnik*, 35, 9-20, Zagreb.
24. Srebrenović, D. (1974): Informacija o vodoprivrednoj problematici sliva Drave. *Arh. Općega vodoprivrednog poduzeća za vodno područje slivova Drave i Dunava, Osijek*.
25. Tadić, Z., Urumović, K., Tadić, L. & Geres, D. (1994): Sustainable groundwater use. XVIIth Conference of the Danube Countries on Hydrological Ferecasting and Hydrological Bases of Water Management. *Proceedings*, 493-497, Budapest.
26. Tari, G., Horváth, F., & Rumpler, J. (1992). Styles of extension in the Pannonian basin. *Tectonophysics*, 208, 203-219.
27. Urumović, K. (1973): Hidrogeološke značajke Baranje. *Geološki vijesnik*, 26, 247-256, Zagreb.
28. Urumović, K. (1982): Hidrogeološke značajke istočnog dijela Dravske potoline. *Dicertacija. Rud.-geol. fak., Beograd*.
29. Urumović, K., Hlevnjak, B. & Gold, H. (1996): Replenishment of the groundwater from precipitation in the Osijek area (Croatia). XVIIth Conference of the Danube Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. *Proceedings*, A45-A50, Graz.
30. Urumović, K., Tadić, Z., Hlawnjak, B., Petrović, M. (1994): Groundwater budget of quaternary deposits in Drava valley in Croatia. XVIIth Conference of the Danube Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. *Proceedings*, 499-504, Budapest.
31. Velić, J., Dragičević, I. & Prelogović, E. (1985): Geološki odnosi kvartarnih naslaga okolice Erduta. *Geol. vjesnik*, 38, 87-100, Zagreb.

Autori:

Prof.dr.sc Kosta Urumović (kurumo@rgn.hr), Rudarsko-geološko-naftni fakultet,
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, tel: 01/4605403, fax: 01/4836064

Željko Duić (zduic@rgn.hr), dipl. ing., Rudarsko-geološko-naftni fakultet,
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, tel: 01/4605403, fax: 01/4836064

Prof. dr.sc.Eduard Prelogović, Rudarsko-geološko-naftni fakultet,
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, tel: 01/4605403, fax: 01/4836064



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 1.10.

Klimatski trendovi i fluktuacije termohalinih svojstava te vodene mase Jadranskog mora

Ivica Vilibić

SAŽETAK: U ovom radu je dan kako povijesni pregled istraživanja termohalinih svojstava i vodenih masa u Jadranu tako i noviji rezultati na tom polju istraživanja. Detaljno je opisana dinamika sjevernojadranske vode visoke gustoće te južnojadranske duboke vode, jer obje imaju izvorište u Jadranu ali djeluju i na svojstva dubokih područja cijelog istočnog Mediterana. Nadalje, rad sadrži analizu vremenskih nizova podataka temperature, slanosti i otopljenog kisika u područjima koja posjeduju specifična kinematička i dinamička svojstva u razdoblju od 1951. do 1990. godine, a to su prije svega sjevernojadranski šelf, Jabučka kotlina i Južnojadranska kotlina. Na osnovi toga izvedeni su zaključci o klimatološkim trendovima i fluktuacijama u Jadranu, te su uočene klimatske fluktuacije ingresija levantinske vode visoke slanosti u Jadran kao i trendovi porasta slanosti i smanjenja koncentracija otopljenog kisika u istraživanom razdoblju.

KLJUČNE RIJEČI: Jadransko more, termohalina svojstva, duboke vodene mase, klimatske fluktuacije i trendovi.

Climate Trends and Fluctuations of the Adriatic Sea Thermohaline Properties and Water Masses

SUMMARY: The paper comprises a historical overview of the investigations of the Adriatic thermohaline properties and water masses, as well as some new results on that topic. The dynamics of North Adriatic Dense Water and Adriatic Deep Water are described in detail, as they are both generated in the Adriatic but influence deep and bottom areas of the whole Eastern Mediterranean. Moreover, the paper contains the analyses of time series of temperature, salinity and dissolved oxygen data for the period 1951-1990, derived for the regions which have specific kinematic and dynamic properties, namely Jabuka and South Adriatic Pits. Finally, some conclusions about the trends and climate fluctuations have been deduced from the analyses, particularly on the ingress of saline Levantine Intermediate Water as well as on the positive trends in salinity and negative in dissolved oxygen in the investigated period.

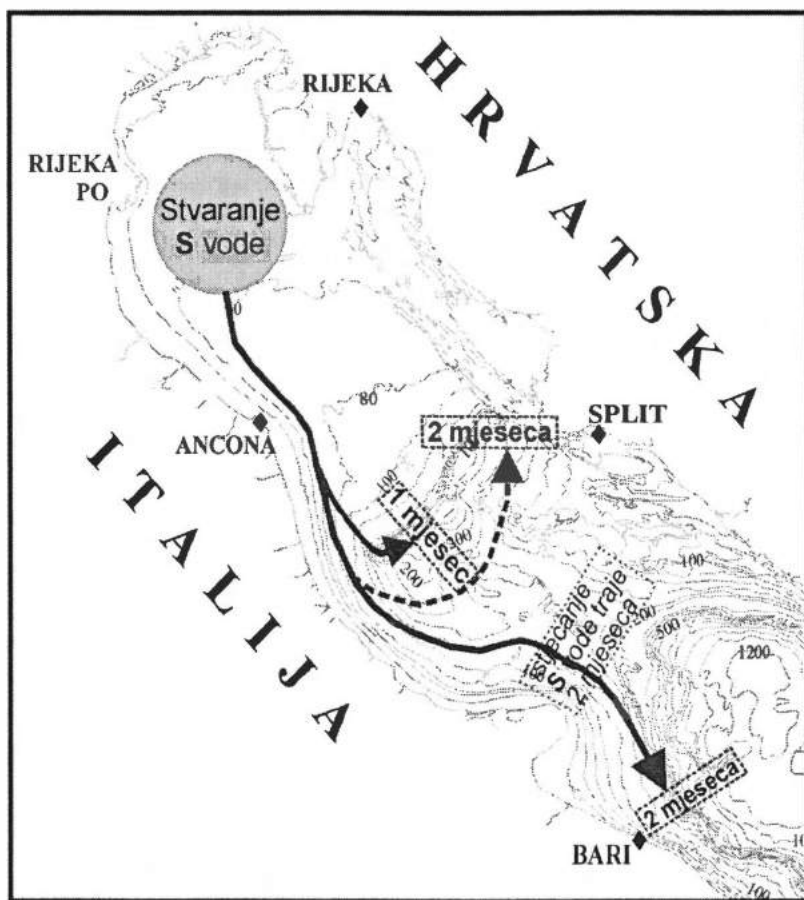
KEYWORDS: Adriatic Sea, thermohaline properties, deep-water masses, climate fluctuations and trends.

Općenito

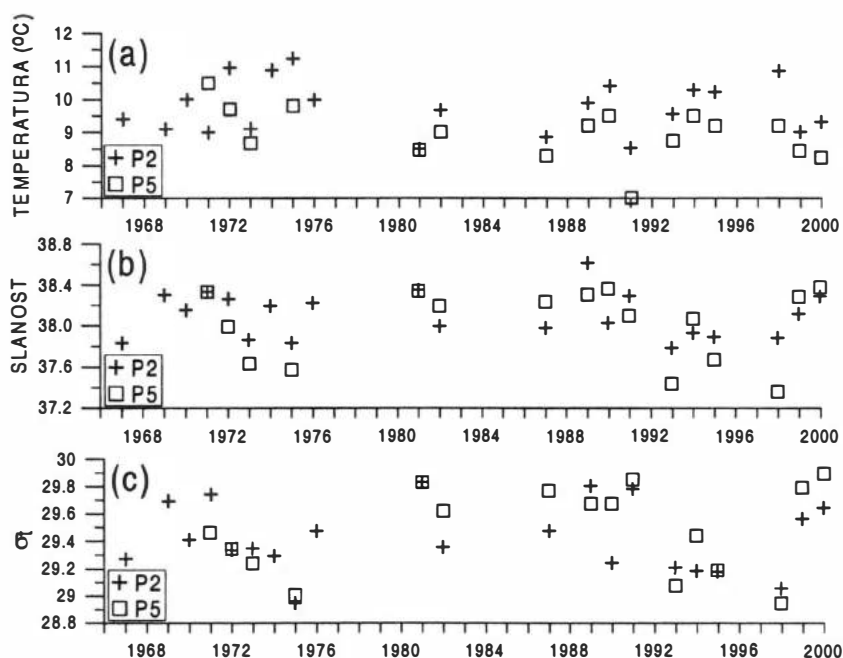
Zbog geografske pozicije, topografije i klimatskih karakteristika Jadrana, istraživanja termohalinih svojstava tog mora izuzetno su zanimljiva te ih bilježimo već u drugoj polovici 19. stoljeća. Najranije prikaze razdioba temperature i slanosti dokumentiraju pojedina svojstva vodenih masa u Jadranu, npr. porast slanosti od sjevernog Jadrana

prema Otrantskim vratima. Prekretnicu u istraživanju Jadrana predstavljaju austrijsko-talijanska krstarenja (brodovi Najade i Ciclope) u razdoblju od 1911. do 1914. godine, na kojima su po prvi puta obavljena sistematska mjerenja na definiranim stalnim postajama.

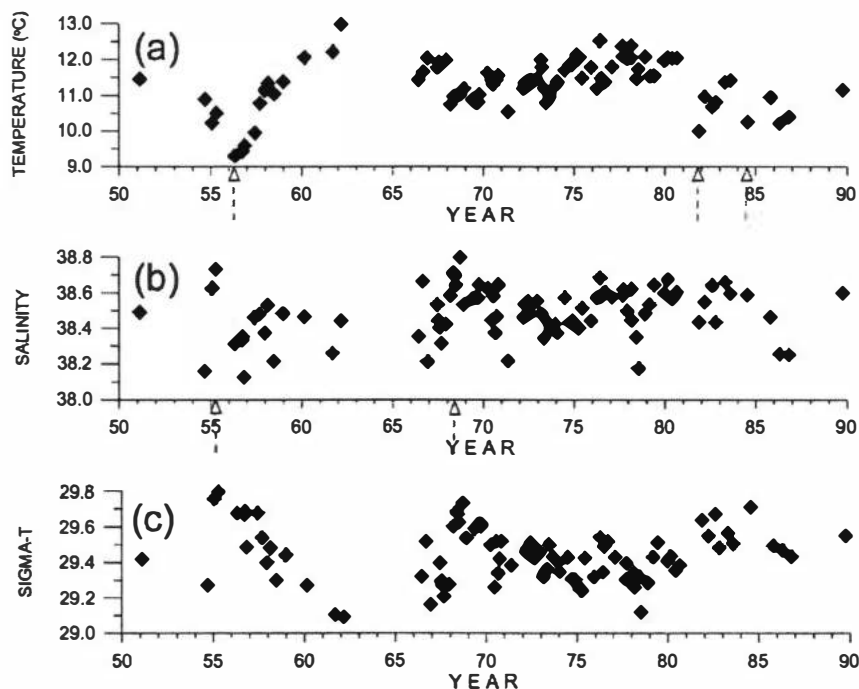
Podaci krstarenja Najade i Ciclope poslužili su za različite studije vodenih masa u Jadranu. Tako Buljan 1953. godine bilježi višegodišnje varijacije slanosti Jadranskog mora [1], nazivajući ovu pojavu "jadranskim ingresijama". Jadranske ingresije levantinske vode visoke slanosti mogu zahvatiti cijeli Jadran, čak i plitki sjevernojadranski šelf, povećavajući mogućnost stvaranja sjevernojadranske vode visoke gustoće. U radovima [2] i [3] uočena je povezanost te načinjena koreliracija između vrijednosti slanosti intermedijarnog sloja u srednjem Jadranu i gradijenta tlaka zraka nad Jadranom. Nadalje, uočavaju se trendovi povišenja slanosti u sjevernom [4], srednjem [5] i južnom [6] Jadranu. Najvjerojatniji uzročnik pozitivnih trendova jest trend smanjenja oborina nad Mediteranom u proteklih stotinjak godina [7] te s time povezana redukcija dotoka kopnenih voda, dok je dodatni porast slanosti zabilježen u šezdesetim godinama 20. stoljeća gradnjom Asuanske brane.



Slika 1. Shematski prikaz stvaranja S vode te njezinog istjecanja prema Jabučkoj kotlini i južnom Jadranu (prema [6]). Na slici su naznačena vremena potrebna da S voda stigne u pojedina područja.



Slika 2. Vremenski nizovi (a) temperature, (b) slanosti i (c) sigma-t vrijednosti sakupljeni na postajama P2 i P5 smještenim na profilu Po-Rovinj (prema [12]).



Slika 3. Vremenski nizovi (a) temperature, (b) slanosti i (c) sigma-t vrijednosti sakupljeni na dnu Jabučke kotline (prema [6]). Strelice označavaju epizode karakterizirane izuzetno niskom temperaturom odnosno izuzetno visokom slanosti mora.

Klasifikaciju jadranskih vodenih masa uvodi [8] koja definira četiri osnovna tipa vode u Jadranu: (1) sjevernojadranska voda visoke gustoće (S tip, $t \sim 11^\circ\text{C}$, $S \sim 38.5$, $\sigma_t \sim 29.52$), (2) srednjejadranska duboka voda (M tip, $t \sim 12^\circ\text{C}$, $S \sim 38.2$, $\sigma_t \sim 29.09$), južnojadranska duboka voda (J tip, $t \sim 13^\circ\text{C}$, $S \sim 38.6$, $\sigma_t \sim 29.20$) te levantinska intermedijarna voda (A tip, $t \sim 14^\circ\text{C}$, $S \sim 38.7$, $\sigma_t \sim 29.06$). Karakteristične vrijednosti vodenih masa pretpostavljene su na osnovi rezultata analize ograničenog skupa podataka (podaci Najade i Ciclope), no pri tom uvažavajući i fiziku procesa koja stoji iza dinamičkih svojstava pojedine vodene mase. S voda nastaje na sjevernojadranskom šelfu u zimskim mjesecima, za vrijeme izraženih prodora hladnih zračnih masa nad Jadran uz pojavu jake i olujne bure. Nakon što je stvorena, S voda tone te struji po dnu prema Jabučkoj kotlini gdje se njezin najgušći dio akumulira [9], dok veći dio nastavlja gibanje prema južnom Jadranu preko Palagruškog praga [6]. Nakon prelaska praga struja S vode slijedi topografiju Južnojadranske kotline te teče po talijanskom šelfu, sve do podmorskog kanjona ispred Barija, gdje se naglo zaustavlja i turbulentno miješa s okolnim vodenima masama [10]. Shema gibanja S vode je dana na slici 1.

J voda ima izvorište u dubokoj Južnojadranskoj kotlini. Ona nastaje tijekom zimskog razdoblja pod sličnim meteorološkim uvjetima koji uzrokuju nastajanje S vode na sjevernojadranskom šelfu, no zbog drugačije dinamike. Naime, prodori hladnog zraka uz pojavu snažne bure uzrokuju ohlađivanje površinskog sloja te duboku konvekciju u centru ciklonalnog vrtloga, koji je dominantna struktura u cirkulaciji Južnojadranske kotline [11]. Nakon toga J voda istječe iz Jadrana u pridnenim slojevima Otrantskih vrata prema dubokim i pridnenim slojevima Jonskog mora i Levantinskog bazena [2].

Klimatski trendovi i fluktuacije

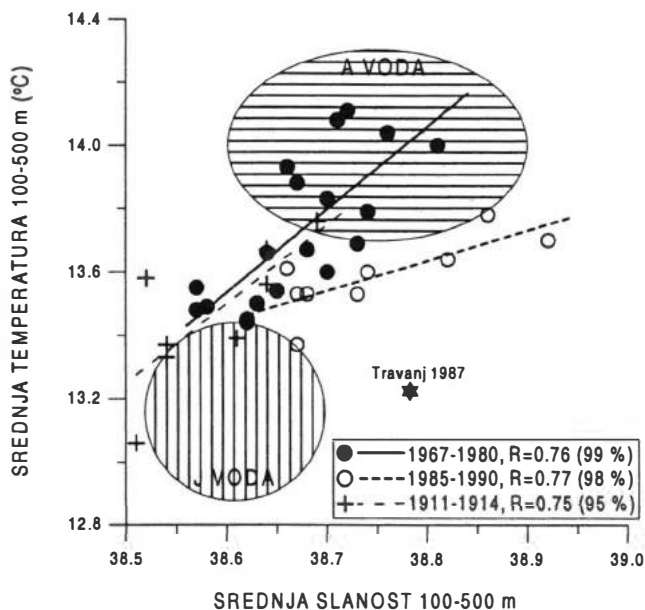
U ovom poglavlju će se prikazati neka svojstva termohalinih parametara u sjevernom, srednjem i južnom Jadranu. Vremenski nizovi temperature, slanosti i gustoće (sigma-t vrijednosti) mjereni u veljači na postajama smještenim na istočnom (P2) i zapadnom (P5) dijelu profila Po-Rovinj u razdoblju od 1967. do 2000. godine prikazani su na slici 2 (prema [12]). Ponajprije, uočava se povezanost klimatskih fluktuacija na obje postaje, no s vrijednostima temperature redovito višim uz hrvatsku obalu, dok je slanost u prosjeku također viša uz hrvatsku obalu, no moguća je i obrnuta raspodjela slanosti. Razlog tome je utjecaj rijeke Po koja smanjuje slanost uz talijansku obalu, dok se uz hrvatsku obalu odvija dotok slanije vode iz srednjeg Jadrana. Trend porasta slanosti se uočava do 1991. godine, no nakon toga slijede godine s višim protokom rijeke Po pa su stoga vrijednosti slanosti smanjenje od 1993. do 1998. godine. Najviše vrijednosti gustoće su izmjerene u 1981, 1991. i 2000. godini, s time da je u 1989. godini zabilježen izuzetno jak dotok slanije vode u sjeverni Jadran, pa su zbog toga i zabilježene visoke vrijednosti gustoće.

Prikaz vremenskih nizova temperature, slanosti, gustoće (sigma-t vrijednosti) te koncentracija otopljenog kisika na dnu Jabučke kotline (dubina 260-265 m) dan je na slici 3 (prema [6]). Uočavaju se višegodišnje fluktuacije svih parametara, nastale kao posljedica ukupne dinamike vodenih masa u Jadranu. Na primjer, razdoblja s nešto većim vrijednostima temperature i slanosti zabilježena su između 1966. i 1970. te 1975. i 1980. godine. Uzrok tome su pojačane jadranske ingresije levantinske intermedijarne vode visoke slanosti. Nadalje, zanimljiva pojava se uočava u razdoblju 1956-1962, u

kojem vrijednosti temperature i sigma-t gotovo linearno rastu od 9.2°C odnosno 29.7 u 1956. do 13.0°C odnosno 29.1 u 1962. godini. Ovi iznosi predstavljaju najviše i najniže mjerene vrijednosti u cijelom razdoblju istraživanja (1951-1989). Za to vrijeme, slanost je zadržavala vrijednosti između 38.3 i 38.5. Moguća interpretacija pojave uključuje pretpostavku da su zime bile relativno blage u cijelom razdoblju uz višu temperaturu u površinskom sloju, dok su intenzivniji procesi miješanja za vrijeme jesenskih mjeseci odgovorni za dotok dijela površinskih voda na dno Jabučke kotline. Miješanjem te toplije sa starom i hladnijom vodenom masom temperatura je postupno rasla te je takav slijed trajao nekoliko godina.

Bez obzira na izraženost višegodišnjih kolebanja, uočljiv je trend porasta slanosti mora s iznosom od 0.0036 na godinu. Još uočljiviji negativni trend posjeduje otopljeni kisik s iznosom od -0.022 ml/l na godinu. Drugim riječima, srednja slanost mora se u četrdesetgodišnjem razdoblju povećala za 0.14, dok su istovremeno srednje vrijednosti otopljenog kisika smanjene za 0.9. Uzrok tome jest smanjenje oborina te regulacija riječnih tokova u Mediteranu u proteklih stotinjak godina [7], i s tim povezano smanjenje dotoka kopnenih voda. No, negativan trend vrijednosti otopljenog kisika ukazuje i na trend porasta dotoka levantinske vode, koja je karakterizirana većim vrijednostima slanosti kao i nižim vrijednostima otopljenog kisika [13].

Naposljetku, klimatske fluktuacije i trendovi u južnom Jadranu mogu se detektirati analizom podataka temperature i slanosti na profilu Bari-Dubrovnik u razdoblju od 1967. do 1990. godine. Usporedbom sa vrijednostima mjerenim u razdoblju od 1911. do 1914. uočava se generalni porast temperature i slanosti između dva razdoblja (slika 4). No, primjetna je promjena odnosa temperature i slanosti nakon ranih 1980-ih godina, koja je posljedica promjene izvorišnih svojstava levantinske A vode zbog izuzetno



Slika 4. Regresijski TS dijagram između srednje temperature i slanosti u sloju 100-500 m na profilu Bari-Dubrovnik. Na slici su naznačena područja J i A vodenih masa unutar jedne standardne devijacije (prema [6]).

hladnih i vjetrovitih zima nad istočnim Mediteranom u tom razdoblju. Tako je u razdoblju 1985-1990. levantinska voda bila karakterizirana višom slanošću pri određenoj temperaturi u odnosu na razdoblje 1967-1980. Za usporedbu, odnos između temperature i slanosti u razdoblju od 1911. do 1914. godine je isti kao i u razdoblju od 1967. do 1980. godine, no tada su općenito mjerene nešto niže vrijednosti temperature i slanosti.

Zaključci

U radu su prikazana osnovna svojstva vodenih masa te klimatski trendovi i fluktuacije termohalinih svojstava u Jadranu. Uočeni su trendovi porasti slanosti, što je posljedica klimatskih promjena u atmosferi nad Mediteranom i Europom. Obzirom na projekcije klimatskih promjena u 21. stoljeću, odnosno na globalno zatopljenje kao posljedica pojačane emisije stakleničkih plinova, postavlja se pitanje kakav će utjecaj imati na termohaline i druge karakteristike Jadrana. Projekcije Međuvladinog savjeta za klimatske promjene (International Panel for Climate Change – IPCC [14]) predviđaju porast temperature te smanjenje oborina i riječnih dotoka u Jadranu i Mediteranu, što može imati za posljedicu porast temperature i slanosti. Promjena fizikalnih uvjeta bi se zasigurno odrazio na biogeokemijski ciklus Jadrana, tako da i se stvorili uvjeti za pojavu organizama toplijih mora te izumiranje i/ili migraciju organizama hladnijih mora. Ova pojava je već zabilježena u Jadranu, tako da se pojedine ribe karakteristične za topliji južni Jadran javljaju u srednjem i sjevernom Jadranu. Stoga je, obzirom da ne možemo mijenjati globalne tokove odnosno da možemo samo lokalno djelovati, nužno nastaviti mjerenja na karakterističnim područjima u Jadranu kako bi se detektirale eventualne klimatske promjene i trendovi termohalinih svojstava Jadrana te na odgovarajući način tumačile eventualne promjene ili projekcije ponašanja biogeokemijskog ciklusa u Jadranu.

Literatura

1. Buljan, M. (1953): *Fluctuation of salinity in the Adriatic*. Izvještaj Republičke Ribarstveno-biološke ekspedicije "Hvar" 1948-1949. Acta Adriatica, 2, 2, 64 pp.
2. Zore-Armanda, M. (1969): *Water exchange between the Adriatic Sea and the Eastern Mediterranean*. Deep-Sea Research, 16, 171-178.
3. Grbec, B. (1997): *Influence of climatic changes on oceanographic properties of the Adriatic Sea*. Acta Adriatica, 38, 2, 3-29.
4. Ivančić, I. (1995): *Utjecaj dugoročnih promjena oceanografskih svojstava na koncentraciju hranjivih soli u sjevernom Jadranu*. Disertacija, Institut Ruđer Bošković, Rovinj, 138 pp.
5. Zore-Armanda, M. (1991): *Natural characteristics and climatic changes of the Adriatic Sea*. Acta Adriatica, 32, 2, 567-586.
6. Vilibić, I. (2002): *Objektivna analiza vodenih masa u Jadranu*. Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 149 pp.
7. Gajić-Čapka, M., Zaninović, K. (1998): *Sekularne varijacije klime u Hrvatskoj u odnosu na europske promjene*. U: Bajić, A. (Ur.) Zbornik radova – znanstveni skup Andrija Mohorovičić, 140. obljetnica rođenja, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 219-234.
8. Zore-Armanda, M. (1963): *Les masses d'eau de la mer Adriatique*. Acta Adriatica, 10, 5-88.
9. Buljan, M., Zore-Armanda, M. (1976): *Oceanographic properties of the Adriatic Sea*. Oceanography and Marine Biology - Annual Review, 14, 11-98.

10. Bignami, F., Mattiotti, G., Rotundi, A., Salusti, E. (1990): *On a Sugimoto-Whitehead effect in the Mediterranean Sea: sinking and mixing of a bottom current in the Bari Canyon, southern Adriatic Sea*. Deep-Sea Research, 37, 657-665.
11. Kovačević, V., Gačić, M., Poulain, P.M. (1999): *Eulerian current measurements in the Strait of Otranto and in the Southern Adriatic*. Journal of Marine Systems, 20, 255-278.
12. Vilibić, I., Supić, N. (2003): *Dense water formation in the North Adriatic and its relationship to atmospheric and hydrological processes*. Deep-Sea Research I, in press.
13. POEM group (1992): *General circulation of the Eastern Mediterranean*. Earth-Science Reviews, 32, 285-309.
14. IPCC (2001): *Third Assessment Report of the International Panel on Climate Change*. Volumes 1-3, Cambridge University Press, Cambridge, 2665 pp.

Autor:

dr. sc. Ivica Vilibić

Hrvatski hidrografski institut, Zrinsko Frankopanska 161, 21000 Split

tel. +385 21 361840, fax. +385 21 347242, email: ivica.vilibic@hhi.hr

Tema 2.

KAKVOĆA, KOLIČINA I MONITORING KOPNENIH VODA I MORA

Voditelji i recenzenti teme:

**dr. sc. Zvonko Gržetić, dr. sc. Zlatica Kozarac,
prof. dr. sc. Antonieta Požar-Domac i prof. dr. sc. Damir Viličić**



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.01.

Kemijska kontaminacija voda i evaluacija mogućih zdravstvenih posljedica

Nihada Ahmetović, Zijad Bešlagić

SAŽETAK: U cjelokupnom ekološkom kompleksu, voda za piće zauzima značajno mjesto. Veliki broj oboljenja vezanih za vodu ostaje neprepoznat, te iz tih razloga neistražen, tako da kontaminacija voda predstavlja veliki javno-zdravstveni problem.

S aspekta ljudskog zdravlja naglašavamo činjenicu da većina sastojaka iz vode za piće ima bolju bioraspoloživost u odnosu na hranu.

Cilj rada je retrospektivno istraživanje kemijskih osobina vode za piće sa područja Tuzlanskog kantona, s akcentom na njihov uticaj na zdravlje ljudi.

Izmjerene su vrijednosti pojedinih sastojaka u uzorcima voda koje imaju dokazan uticaj na zdravlje, i izvršena je procjena rizika. U 4,8% uzoraka vrijednosti **amonijaka** mogu imati indirektan utjecaj na zdravlje. Nisu registrirane vrijednosti **nitrata i nitrita** koje mogu dovesti do methemoglobinemije, citogenetskih efekata i nastanka malignoma CNS-a. U 4% uzoraka vrijednosti **nitrata** su rizične za nastanak dijabetes mellitusa kod djece, u 26,4% uzoraka koncentracije **nitrata** rizične su za nastanak razvojnih poremećaja. Najveći procenat voda spada **u klasu tvrdih i veoma tvrdih voda**, što može uticati, u pozitivnom smislu, na kardiovaskularna oboljenja. U visokom procentu voda (67,8%) nije detektovan **mangan**, tako da problem ispitivanog područja može biti suboptimalni manganski status.

Rezultati istraživanja ukazuju da je voda za piće jedan od vodećih ekoloških riziko-faktora po zdravlje stanovništva ispitivanog područja.

KLJUČNE RIJEČI: voda za piće, kemijska kontaminacija, procjena rizika po zdravlje

Chemical Contamination of Drinking Water and Evaluation of Possible Health Risks

SUMMARY: Drinking water plays an important role in total ecological complex. A great number of waterborne diseases are still unrecognized, and for that reason unexplored, so that contamination of water represents an important public health problem.

Considering human health, a very important fact is that most components contained in drinking water have better bioavailability compared to food.

Aim of this work was to do a retrospective research of chemical characteristics of drinking water in the area of Tuzla Canton and estimated health risks of the whole list of elements found in drinking water.

Level of ammonium that can have indirect effect on health was measured in 4.8% of samples. Levels of nitrates and nitrites that may cause methemoglobinemia, citogenetic effects in exposed children and malignant diseases of Central Nervous System were not recorded. In 4% of samples

nitrate levels were detected that increase risk of development of diabetes mellitus in children. In 26.4% of samples, nitrate concentration was detected that creates a risk of development abnormalities. The greatest percentage of examined samples belonged to the group of hard and very hard waters that can have a positive impact on morbidity and mortality from cardiovascular diseases. Manganese was not detected in high percentage of water samples (67.8%), so low manganese status appears as a problem.

Drinking water is a leading environmental factor causing public health risks in the analyzed area.

KEYWORDS: drinking water, chemical contamination, risk assessment

UVOD

Voda je najvrednija prirodna sirovina neophodna za opstanak svih živih organizama, ali i za industrijski i tehnološki napredak čovječanstva. Voda koja se nalazi u prirodi nije "čista voda". Ona u sebi sadrži određen broj supstanci neophodnih za život i opstanak biljaka, životinja i čovjeka, jer se njenim korištenjem u organizam unose i potrebne količine ovih materija.

Promjene kvaliteta vode nastaju kao posljedica prirodnog hidrološkog ciklusa kojim se obnavljaju zalihe vode, ali najveći uticaj na promjenu kvaliteta vode imaju ljudske djelatnosti. Kemijski kontaminanti u okolišu jedan su od najvažnijih problema većine zemalja kao stalni nepoželjni pratioci tehničko-tehnološkog razvoja. Različiti su izvori kemijske kontaminacije voda za piće: gradske i industrijske otpadne vode, poljoprivredne aktivnosti, čvrsti otpad, prirodne geološke formacije, materijal koji se koristi za distribuciju vode i materije koje nastaju tokom tretmana kondicioniranja vode za piće (4). Svaka kemijska supstanca, proizvod koji uđe u životnu okolinu, može imati štetan/toksičan efekat na čovjeka. Oko 25 000 supstanci, koje su u širokoj upotrebi, zagađuju vode na neki način, a mogu posjedovati sljedeće osobine: toksičnost u malim koncentracijama, bioakumulativnost, perzistentnost i kancerogenost. Kemijske supstance u vodi pokazuju akutne i kronične efekte na osobe koje ih koriste za piće. *Akutni efekti* obično nastaju unošenjem velikih količina kemikalija i neposredno se uočavaju. Međutim, nivo kemikalija u vodi za piće rijetko je dovoljan uzrokovati akutne zdravstvene efekte. Zbog toga su vjerovatniji *kronični efekti* koji nastaju ekspozicijom manjim količinama kemikalija tokom dužeg vremenskog perioda. Brojni su kemijski kontaminanti u vodi za piće sa dokazanim negativnim zdravstvenim efektima.

Cilj rada: istraživanje pojedinih kemijskih karakteristika vode za piće sa područja Tuzlanskog kantona, i procjena utjecaja na zdravlje ljudi.

RAZRADA TEME

Amonijak pokazuje toksične efekte na ljudsko zdravlje ako se unosi u koncentracijama koje premašuje kapacitet njegove detoksikacije u organizmu. U koncentracijama uobičajenim u vodama za piće, nema direktnog uticaja na zdravlje ljudi. Značaj njegovog prisustva je u tome što je indikator fekalnog zagađenja, a u koncentracijama iznad 0,2 mg/l smanjuje efikasnost dezinfekcije, uzrokuje promjene ukusa i mirisa vode, njegovo prisustvo rezultira formiranjem nitrita u distributivnom sistemu, smanjuje efikasnost filtera za uklanjanje mangana. *Amonijak* u koncentracijama iznad 0,2 mg/l u našem istraživanju detektiran je u 4,8% uzoraka, te postoji mogućnost indirektnog uticaja na zdravlje ljudi koji tu vodu koriste.

Nitrati i nitriti. U mnogim evropskim zemljama, tokom zadnjih decenija, koncentracije nitrata postepeno su se povećale. U 15 evropskih zemalja procenat populacije izložene nivoima nitrata iznad 50 mg/l kreće se od 0,5-10%, što čini oko 10 miliona ljudi. Toksičnost **nitrata** kod ljudi potiče od njegove konverzije u nitrite, koji hemoglobin pretvaraju u methemoglobin, spoj koji nije sposoban transportirati kisik u tkiva. Koncentracije methemoglobina iznad 10% uzrokuju plavičastu boju kože i usana (cijanoza), a iznad 25% uzrokuju slabost, ubrzan puls i tahipneju (10), dok smrt nastaje pri koncentracijama >50-60%. Hemoglobin kod mlađe djece je osjetljiviji na formiranje methemoglobina u odnosu na stariju djecu i odrasle. Druge skupine koje pokazuju visoku osjetljivost na formiranje methemoglobina su trudnice i odrasle osobe sa deficitom glukozo-6-fosfat dehidrogenaze. Dokazano je da su starija djeca manje osjetljiva na negativne efekte nitrata (6). Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) preporučuje da granične vrijednosti za nitrata (hronični efekti) budu 0,2 mg/l nitrita, a za djecu starosti do tri mjeseca 50 mg/l za nitrata, odnosno 3 mg/l za nitrite (kada su u pitanju akutni efekti). Većina (97,7%) kliničkih slučajeva methemoglobinemije u svijetu nastajala je pri koncentracijama nitrata u vodi za piće između 44,3-88,6 mg/l, uglavnom kod djece starosti do 3 mjeseca. U našem istraživanju, osim u jednom uzorku, nisu nađene tako visoke vrijednosti koje mogu dovesti do methemoglobinemije u tom uzrastu. Kada su u pitanju **nitriti**, ni u jednom uzorku nisu nađene vrijednosti iznad 3 mg/l koja predstavlja rizik za nastanak methemoglobinemije kod djece. Kada su u pitanju hronični efekti kod odraslih, a koji nastaju dugotrajnim unosom nitrita u koncentracijama iznad 0,2 mg/l, u našem istraživanju u 0,6% uzoraka su registrovane vrijednosti koje prelaze GV, što predstavlja rizik po zdravlje ljudi koji konzumiraju tu vodu.

Dorch i sur. (7) utvrdili su da postoji povećan rizik od oštećenja djece čije su majke konzumirale podzemne vode koje su sadržavale između 5 i 15 mg/l nitrata. Koncentracije nitrata rizične za nastanak citogenetskih efekata nisu detektirane u ispitivanim vodama. Visok nivo nitrata u vodi za piće može dovesti do niza reproduktivnih i razvojnih poremećaja (9), genotoksičnih efekata kod izložene djece (15), dijabetesa u dječjem dobu (12), kongenitalnih malformacija, endemske gušavosti. Uočena je moguća veza između visokog unosa nitrata i gastričnog i/ili ezofagealnog karcinoma. Prosječne koncentracije nitrata u ispitivanim vodama bile su 3,47 mg/l, što je daleko ispod srednjih vrijednosti nitrata rizičnih za nastanak malignoma CNS-a. U 4% uzoraka registrirane su vrijednosti nitrata iznad 14,85 mg/l, što predstavlja rizik od nastanka dijabetes mellitusa kod djece koja konzumiraju takve vode. U 26,4% uzoraka registrirane su koncentracije nitrata iznad 5 mg/l, što predstavlja rizik za nastanak razvojnih poremećaja kod djece čije majke tokom trudnoće konzumiraju vode s navedenim sadržajem nitrata.

Mangan se smatra manje toksičnim elementom. Kratkotrajna izlaganja visokim koncentracijama mangana imaju za posljedicu oštećenje centralnog nervnog sistema i reproduktivnih poremećaja. Unos mangana koji nije veći od 20 mg dnevno nije udružen s negativnim zdravstvenim efektima. Unos mangana, u inače dopuštenim koncentracijama, predstavlja opasnost za osobe sa oštećenom jetrom. Postoje podaci o kancerogenosti mangana, dok je sve više studija u posljednje vrijeme koje dokazuju da mangan ima antikancerogeni efekat. Prema WHO granična vrijednost za mangan u vodi za piće iznosi 0,5 mg/l na osnovu dokazanih toksičnih efekata na CNS. Na ispitivanom području 1 uzorak je imao vrijednost iznad granične od 0,5 mg/l.

Nizak nivo serumskog mangana vezuje se za određena bolesna stanja: epilepsiju, insuficijenciju egzokrinog pankreasa, multiplu sklerozu, kataraktu i osteoporozu, fenilketonuriju, anemiju, promjene na kostima kod djece, i lupus eritematosus (2). Mangan deficitna stanja nisu zabilježena u općoj populaciji, dok je suboptimalni status

mangana uočen. Promjene u načinu ishrane tokom zadnjih godina sa velikim udjelom mesa i rafiniranih namirnica u odnosu na nizak unos žitarica, rezultiralo je dijetarnim promjenama u smislu nižeg unosa mangana. Uslijed toga, mnogi ljudi imaju suboptimalni status mangana. Dokazano je da je bioraspoloživost mangana iz vode za piće bolja u odnosu na mangan iz hrane, što može biti povoljno u prevenciji takvih stanja. Vode ispitivanog područja u visokom procentu ne sadrže mangan (67,8% uzoraka). S obzirom na esencijalnost mangana, bolju bioraspoloživost iz vode za piće i neophodnost unosa mangana iz vode za piće oko 20%, uz promjene u načinu ishrane, problem ovog područja može biti suboptimalni manganski status.

Tvrdoća vode, kalcij i magnezij. Doprinos unosa kalcija i magnezija vodom za piće kreće se između 5-20%. Dokazano je da kalcij i magnezij iz tvrde vode pokazuju daleko bolju bioraspoloživost. U većini epidemioloških studija sprovedenih u USA, Velikoj Britaniji, Kanadi, Švedskoj i Australiji, dokazana je veza između tvrdoće vode i kardiovaskularnih bolesti, u smislu zaštitnog efekta tvrde vode, kalcija i magnezija u vodi. Kardiovaskularne bolesti vodeći su uzrok smrti u USA, i čine više od 50% svih uzroka smrtnosti, odgovorne za oko milion smrti svake godine u svijetu. Tokom zadnjih decenija stope smrtnosti od kardiovaskularnih bolesti su u porastu. Mortalitet od kardiovaskularnih bolesti u USA i Kanadi niži je za 15-20% u područjima s tvrdim vodama, a dodavanje kalcija i magnezija mekim vodama može godišnje reducirati broj smrti od kardiovaskularnih bolesti za 150.000 samo u USA (1). U Velikoj Britaniji takođe je uočen niži mortalitet od kardiovaskularnih bolesti za 40% u područjima s prirodno tvrdim vodama.

Rubenowitz i sur. (13) smatraju da vode koje sadrže iznad 9,9 mg/l magnezija i iznad 70 mg/l kalcija reduciraju rizik od smrti od akutnog infarkta miokarda. Yang (17) smatra da unos magnezija vodom za piće koja sadrži iznad 13,5 mg/l magnezija ima zaštitni efekat u odnosu na rizik od kardiovaskularnih bolesti. Prema Rubenowitz-u i sur. (14) povećanje nivoa magnezija iznad 8,3 mg/l smanjuje rizik od smrti od akutnog infarkta miokarda za 7,6%. Zbog promjena u obradi prehrambenih namirnica i načinu ishrane, kao i uslijed povećane upotrebe površinskih voda u svijetu, a koje imaju nizak sadržaj magnezija, deficit magnezija prisutan je u suvremenom društvu. Procjena je da veliki broj ljudi u svijetu, u današnje vrijeme, dnevno ne konzumira preporučene količine magnezija. Durlach (8) smatra da 15-20% ukupne populacije u svijetu ima granični primarni magnezijijski deficit. Latentni primarni magnezijijski deficit pogađa veliki procenat populacije u USA i Evropi.

Na osnovu brojnih istraživanja sprovedenih u svijetu, preporučeno je da voda za piće mora sadržavati najmanje 8 mg/l magnezija, radi smanjenja rizika od kardiovaskularnih oboljenja, naročito ishemijskih srčanih bolesti i akutnog infarkta miokarda. WHO preporučuje da se voda koja se koristi za piće i pripremanje hrane ne podvrgava procesu omekšavanja. Voda s tvrdoćom <75 mg/l CaCO_3 ima negativan efekat na mineralni balans. Preporučuje se da koncentracija kalcija budu iznad 70 mg/l, a koncentracije magnezija iznad 8 mg/l, a idealna tvrdoća 170 mg/l CaCO_3 kada su u pitanju efekti na kardiovaskularni sistem. U ispitivanim vodama 79,6% uzoraka imalo je koncentraciju magnezija iznad 8 mg/l, što predstavlja značajan procenat. Oko 47% uzoraka ima koncentraciju kalcija >70 mg/l koja je značajna u smislu smanjenja rizika od akutnog infarkta miokarda.

Moguća je i pojava kongenitalnih malformacija, naročito anencefalije u područjima sa prirodno mekim vodama (5).

Kikuchi (11) je utvrdio signifikantan negativni odnos između tvrdoće vode i mortaliteta od karcinoma gastrointestinalnog trakta. Yang i sar. (19) smatraju da kalcij iz vode za piće ima zaštitni efekat u odnosu na karcinome želuca, te da je za 42% veći rizik od mortaliteta od ezofagealnog karcinoma u područjima s mekim vodama, a 39% veći rizik u odnosu na mortalitet od karcinoma pankreasa (20). Kalcij ima zaštitni efekat u

odnosu na rizik od karcinoma kolona i rektuma, te se preporučuje da nivo kalcija bude $>42,4$ mg/l (kolon) (16) odnosno $40,9$ mg/l (rektum) (18). U našem istraživanju 73% ispitivanih voda ima sadržaj kalcija iznad $40,9$ mg/l, što je značajan procenat u smislu zaštitnog efekta koji kalcij ima u odnosu na gastrointestinalni sistem.

Smjernice WHO i preporuke US EPA. U cilju zaštite ljudskog zdravlja utvrđeni su standardi kvaliteta vode za piće: Smjernice WHO – *Guidelines for drinking water quality*, a koje nameću stroge uvjete i kontrolu kvaliteta vode, a koji su formirani na osnovu brojnih izvještaja i istraživanja o potencijalnim efektima kontaminanata na one segmente populacije koji pokazuju povećan rizik (djeca, osobe sa oslabljenim imunim sistemom: osobe koje su bile podvrgnute transplantaciji, osobe sa HIV/AIDS ili drugim oštećenjima imunološkog sistema, kao što su lupus ili Kronova bolest, osobe podvrgnute kemoterapiji). Zdravstveni efekti uslijed ekspozicije kemikalijama iskorišteni su za određivanje graničnih vrijednosti zasnovano na studijama na ljudima i laboratorijskim životinjama. Za veliki broj kemijskih supstanci u vodi za piće, WHO je odredila je granične vrijednosti (GV) (3), za koje je dokazano da tokom dužeg vremenskog perioda ne pokazuju negativne zdravstvene efekte.

ZAKLJUČAK

Problem čiste vode jedan je od najvažnijih u kompleksu mjera zaštite životne okoline. U manje razvijenim zemljama, bolesti vezane za vodu – *waterborne diseases*, predstavljaju vodeći javno zdravstveni problem. Svaki dan u svijetu umre više od 25 000 ljudi od bolesti vezanih za vodu. WHO procjenjuje da više ljudi u svijetu godišnje umire od dijerealnih bolesti vezanih za vodu, u odnosu na broj umrlih od karcinoma ili AIDS-a. Svaka kemijska supstanca, proizvod koji uđe u životnu okolinu, može imati štetan i toksičan efekt na čovjeka. Za veliki broj kemikalija nema dovoljno podataka o njihovom štetnom djelovanju i toksičnosti. Posljedica toga je da su posljednje dvije decenije u porastu maligna oboljenja, genetski problemi, neurološke smetnje, urođene anomalije, itd.

U cjelokupnom ekološkom kompleksu, voda za piće ima značajan udio. Vodosnabdijevanje, kao esencijalna potreba, još uvijek nije riješeno na adekvatan način na ovim prostorima. Visok procenat stanovništva vodom se snabdijeva iz nehigijenskih i zdravstveno rizičnih vodoizvorišta. Registracija oboljenja vezanih za vodu ne postoji. Od 1971. godine CDC i US EPA sprovode zajednički istraživački sistem za prikupljanje podataka i izdavanje periodičnih izvještaja o oboljenjima vezanim za vodu – *waterborne disease*. Navedeni istraživački sistem model je koji treba uvesti na ove prostore, zbog visokog procenta neodgovarajućih uzoraka voda, rizika po zdravlje ljudi, uz činjenicu da se na ova oboljenja često ne misli, tako da ostaju neregistrirana i neidentificiranog uzročnika.

Voda za piće s područja Tuzlanskog kantona, zbog prisutnih kemijskih kontaminanata sa dokazanim negativnim zdravstvenim efektima, značajan je ekološki riziko-faktor. Uz pravilnu izgradnju i nadzor nad svim vodoopskrbnim objektima, uz veoma povoljan kemijski sastav ovih voda, voda za piće ovog područja može postati faktor zdravlja u pozitivnom smislu.

LITERATURA

- 1) Anonymous (1977) Drinking water and health. National Research Council, National Academy of Sciences, Washington.
- 2) Anonymous (1995) Manganese. Integrated Risk Information System, Office of drinking water. Environmental Protection Agency, Washington.
- 3) Anonymous (1996) Guidelines for drinking water quality. 2nd ed. Vol. 2. Health criteria and other supporting information. World Health Organization, Geneva.

- 4) Calderon RL (2000) The epidemiology of chemical contaminants of drinking water. *Food Chem Toxicol* 38 Suppl 1(2-3): S13-S20.
- 5) Crawford MD, Gardner MJ, Sedgwick PA (1972) Infant mortality and hardness of local water supplies. *Lancet* 1: 988-992.
- 6) Craun GF, Greathouse DG, Gunderson DH (1981) Methemoglobin levels in young children consuming high nitrate well water in the United States. *Int J Epidemiol* 10(4): 309-317.
- 7) Dorch MM, Scragg RKR, McMichael AJ, Baghurst PA, Dyer KF (1984) Congenital malformations and maternal drinking water supply in rural South Australia: A case-control study. *J Epidemiol* 119(4): 473-486.
- 8) Durlach J (1989) Recommended dietary amounts of magnesium: Mg RDA. *Magnes Res* 2(3): 195-203.
- 9) Fan AM, Steinberg VE (1996) Health implications of nitrate and nitrite in drinking water: an update on methemoglobinemia occurrence and reproductive and developmental toxicity. *Regul Toxicol Pharmacol* 23(1 Pt 1): 35-43.
- 10) Jones JH, Sethney HT, Schoenhals GW, Grantham RN, Riley HD (1973) Grandmother's poisoned well: Report of a case of methemoglobinemia in an infant in Oklahoma. *Okla State Med Assoc J* 66: 60-66.
- 11) Kikuchi H (1999) Trace element levels in drinking water and the incidence of colorectal cancer. *Tohoku J Exp Med* 188(3): 217-225.
- 12) Parslow RC, McKinney PA, Law GR, Staines A, Williams R, Bodansky HJ (1997) Incidence of childhood diabetes mellitus in Yorkshire, northern England, is associated with nitrate in drinking water: an ecological analysis. *Diabetologia* 40(5): 550-556.
- 13) Rubenowitz E, Axelsson G, Rylander R (1999) Magnesium and calcium in drinking water and death from acute myocardial infarction in women. *Epidemiology* 10(1): 31-36.
- 14) Rubenowitz E, Molin I, Axelsson G, Rylander R (2000) Magnesium in drinking water in relation to morbidity and mortality from acute myocardial infarction. *Epidemiology* 11(4): 416-421.
- 15) Tsezou A, Kitsiou-Tzeli S, Galla A, Gourgiotis D, Papageorgiou J, Mitrou S, Molybdas PA, Sinaniotis C (1996) High nitrate content in drinking water: cytogenetic effects in exposed children. *Arch Environ Health* 51(6): 458-461.
- 16) Yang CY, Chiu HF, Chiu JF, Tsai SS, Cheng MF (1997) Calcium and magnesium in drinking water and risk of death from colon cancer. *Jpn J Cancer Res* 88(19): 928-933.
- 17) Yang CY (1998) Calcium and magnesium in drinking water and risk of death from cerebrovascular disease. *Stroke* 29(2): 411-414.
- 18) Yang CY, Chiu HF (1998) Calcium and magnesium in drinking water and risk of death from rectal cancer. *Int J Cancer* 77(4): 528-532.
- 19) Yang CY, Cheng MF, Tsai SS, Hsieh YL (1998) Calcium, magnesium, and nitrate in drinking water and gastric cancer mortality. *Jpn J Cancer Res* 89(2): 124-130.
- 20) Yang CY, Chiu HF, Cheng MF, Tsai SS, Hung CF, Tseng YT (1999) Pancreatic cancer mortality and total hardness levels in Taiwan's drinking water. *J Toxicol Environ Health* 56(5): 361-369.

Autori:

Nihada Ahmetović, mr. sci. med.,

Zijad Bešliagić, prof. dr. sci. med.

Zavod za javno zdravstvo Tuzlanskog kantona Tuzla,
Medicinski fakultet Univerziteta u Tuzli,
Seadbega Kulovića 6, Tuzla, tel. 035/252-136, fax. 035/252-137
e-mail: adi@povratak.com



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.02.

Monitoring sedimenta u kopnenim vodama

Mara Artuković, Siniša Širac, Đorđa Medić

SAŽETAK: Zagađenje sedimenta u europskim riječnim slivovima predstavlja značajan problem. Prepoznavanje i definiranje s tim vezanih problema bitno je za određivanje ekološkog rizika kao i za procjenu samopročišćavanja vodenog ekosustava.

Klasifikacija kakvoće sedimenta u manjoj je mjeri standardizirana u većini europskih zemalja, uključujući i podunavske zemlje u odnosu na klasifikaciju kakvoće voda. Većina zemalja provodi više-manje rutinski monitoring sedimenta, a najčešće analizirani pokazatelji su teški metali, pesticidi i naftni talog. Uzorkovanje sedimenta najčešće se provodi jednom ili dva puta godišnje s obzirom da kakvoće sedimenta ukazuje na trajnije stanje kakvoće nekog vodenog ekosustava u odnosu na kakvoću voda.

U radu će se ukazati na značaj ispitivanja sedimenta s ciljem da monitoring sedimenta bude dio nacionalnog monitoringa kakvoća voda. Potrebno je stvoriti uvjete za praćenje većeg broja mjernih postaja u Republici Hrvatskoj, što zahtijeva multidisciplinarni i koordinirani pristup u razvijanju metodologija za sediment.

KLJUČNE RIJEČI: zagađenje sedimenta; monitoring sedimenta; klasifikacija kakvoće sedimenta; uzorkovanje sedimenta; SedNet (Evropska istraživačka mreža za sediment)

Monitoring Sediment in Inland Waters

SUMMARY: Sediment contamination of the European catchments is a significant problem. Recognition and defining of the related problems is important for determination of the environmental risks and assessment of the aquatic ecosystem self-purification capacity.

In most European countries, including the Danube Basin countries, the sediment quality classification level is low compared to the water quality qualification. Most countries conduct a more or less routine sediment monitoring, and the most frequently analyzed indicators include heavy metals, pesticides and oil sludge. The sediments are usually sampled once or twice a year, since quality of sediments is an indication of a permanent quality of an aquatic system compared to the water quality.

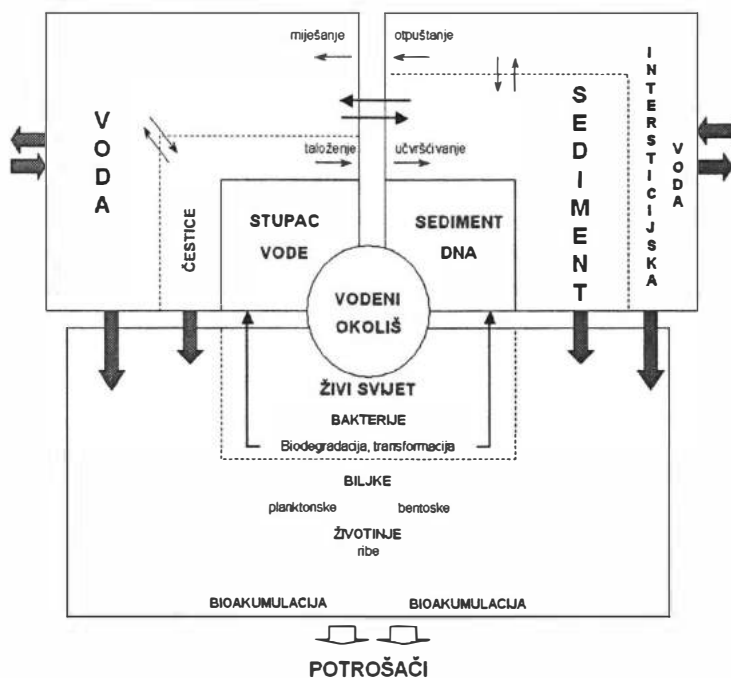
The paper highlights importance of the sediment research aimed at making the sediment monitoring an integral part of the national water quality monitoring system. The conditions need to be set up for monitoring at a number of measuring stations in the Republic of Croatia, which asks for a multidisciplinary and coordinated approach to development of a specific methodology for the sediment.

KEYWORDS: Sediment pollution; sediment monitoring; sediment quality classification; sediment sampling; SedNet (European Sediment Research Network)

UVOD

Mnogi spojevi, posebice organski, koji se otpuštaju u okoliš bilo kao rezultat prirodnih procesa ili ljudske djelatnosti, a koji ulaze u vodeni ekosustav pokazuju sklonost taloženju tvoreći tako sediment-neodvojivi dio svakog vodenog ekosustava koji pruža stanište raznolikoj flori i fauni. Stoga je važno utvrditi da li će doći do toksičnog djelovanja ili do njihove akumulacije u vodenim organizmima. Tijekom vremena u sedimentima dna može se akumulirati veća količina zagađivala. Sedimenti stoga mogu djelovati i kao dugotrajni izvori štetnih tvari. Opasnost se ogleda u tome što su pojedina zagađivala biološki dostupni velikom broju vodenih organizama stoga je za praćenje vodenih staništa i resursa neophodno poznavanje fizikalnih, kemijskih i bioloških čimbenika koji utječu na prirodu sedimentnih zagađivala.

Važno je naglasiti da se različiti zagađivači u vodenom okolišu različito ponašaju jer djelovanje ovisi o njihovom utjecaju na biotičku ili abiotičku komponentu [1], te o tome da li su prisutni kao otopljene ili nataložene čestice. Na slici 1 prikazani su mogući putevi biodostupnosti sedimenta.



Slika 1. Shematski prikaz međusobnog djelovanja različitih dijelova vodenog ekosustava

Opasne tvari prisutne su u površinskim vodama u koncentraciji daleko nižoj od njihove stvarne toksične vrijednosti. Kako bi postigli pouzdanije standarde za kakvoću voda u obzir se moraju uzeti i kronična toksičnost, ekotoksičnost, ali i kakvoća sedimentnog sloja koja je dosad dobivala nedovoljnu pažnju vodenog gospodarstva. Međutim, sve više vodni gospodarstvenici, istraživači i savjetnici izražavaju potrebu za međunarodnom razmjenom lokalnih iskustava na razini riječnog sliva, zbog WFD, ali i zbog razvitka metodologija praćenja riječnog sedimenta koje se moraju zasnivati na multidisciplinarnom, koordiniranom i usklađenom pristupu.

UZORKOVANJE SEDIMENTA

Uzorkovanje suspendiranog riječnog sedimenta

Jedan od načina utvrđivanja kakvoća voda je i analiza suspendiranih čestica međutim još uvijek nema standardnih metoda uzorkovanja. Standardne metode za uzorkovanje suspendiranog mineralnog sedimenta nisu uvijek prikladne za kemijsku analizu suspendiranih čestica. Doduše, ISO 5667-17 [2], International Standard pruža smjernice prema različitim postupcima uzorkovanja, ali ukazuje i na pogreške prilikom uzorkovanja.

Uzorkovanje sedimenta riječnog dna

Za uzorkovanje sedimenta s riječnog dna neophodno je utvrditi točnu lokaciju uzimanja uzorka dok će same metode biti velikim dijelom ograničene s dva čimbenika:

1. prikupljanje uglavnom nepomućenog uzorka za stratigrafsko opisivanje
2. prihvata pomućenog uzorka iz blizine dna za opće morfološko i kemijsko ispitivanje.

Važno je napomenuti da je za praćenje promjena sastava sedimenta potreban znatno dulji period promatranja nego u slučaju površinske vode. Uzorkovanje sedimenta najčešće se provodi jednom ili dva puta godišnje s obzirom da kakvoće sedimenta ukazuje na trajnije stanje kakvoće nekog vodenog ekosustava u odnosu na kakvoću voda. Dakle, za monitoring sedimenta važno je stvoriti uvjete za longitudinalno praćenje većeg broja mjernih postaja.

Analize sedimenta važne su i zato što on odražava ne samo prirodni već i ljudski čimbenik. Teški metali predstavljaju veliku opasnost zbog svoje toksičnosti i biodostupnosti. Kako bi se bolje utvrdila ekotoksičnost teških metala nužno je razlučiti kemijsko vezanje svakog pojedinog spoja [5]. Za utvrđivanje koncentracije metala u sedimentu koriste se različite metode ovisno o opremljenosti laboratorija te ciljevima monitoringa. Najveći problem predstavlja pronalazak reprezentativnog mjesta uzorkovanja, a zatim je potrebno definirati koji se sloj točno želi analizirati jer gornji slojevi obično odražavaju trenutno stanje dok se u dubljim može uočiti povijesni slijed.

Sediment može predstavljati i dugotrajan rezervoar zagađivala. Jednom kada uđu u vodeni ekosustav, organske molekule u njemu se dugo zadržavaju, prelazeći u više ili manje toksične oblike. Mogu biti uključene u prehrambeni lanac pa tako utjecati na uništenje i flore i faune.

RAVNOTEŽNI ODNOSI U VODENIM EKOSUSTAVIMA

Pavlou i Weston [6] predložili su ravnotežnu podjelu kao jedan od načina formiranja kriterija za utvrđivanje kakvoća voda koja se bazira na konstantama ravnoteže.

gdje K_p predstavlja koeficijent ravnoteže između sedimenta i vode.

$$K_p = \frac{\text{Koncentracija u sedimentu}}{\text{Koncentracija u vodama}}$$

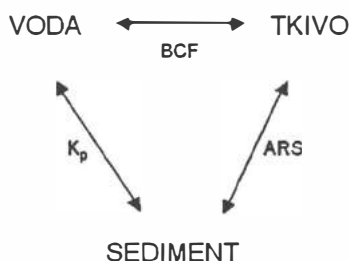
Biokoncentracijski čimbenik (BCF) dobiven je kao

$$BCF = \frac{\text{Koncentracija u biotičkim organizmima}}{\text{Koncentracija u vodi}}$$

a akumulacija u odnosu na sediment (*ARS*)

$$ARS = \frac{\text{Koncentracija u biotičkim organizmima}}{\text{Koncentracija u sedimentu}}$$

Pavlou i Weston [6] prikazali su i moguću primjenu konstanti ravnoteže u razvijanju kriterija za utvrđivanje kakvoća sedimenta, slika 2. Oni pretpostavljaju da se svi načini za utvrđivanje kriterija moraju bazirati na postojećim kriterijima kakvoće vode s obzirom na prioriteta zagađivala te na gornju granicu toksičnog djelovanja koju mogu podnijeti živi organizmi. Njihov shematski model ukazuje na neprestanu izmjenu koncentracije zagađivala u vodi, tkivu i sedimentu.



Slika 2. Osnovni ravnotežni odnosi u vodenim ekosustavima

MONITORING RIJEČNOG SEDIMENTA U PODUNAVSKIM ZEMLJAMA

Klasifikacija kakvoće sedimenta u većini europskih zemalja, uključujući i podunavske zemlje, u manjoj je mjeri standardizirana u odnosu na klasifikaciju kakvoće voda [2], [4]. Većina zemalja provodi više-manje rutinski monitoring sedimenta, a najčešće analizirani pokazatelji su metali, pesticidi i uljni ostaci. Uzorkovanje sedimenta najčešće se provodi jednom ili dva puta godišnje s obzirom da kakvoća sedimenta ukazuje na trajnije stanje kakvoće nekog vodenog ekosustava u odnosu na kakvoću voda. Osim toga uzorkovanje sedimenta zahtijeva više vremena i truda te je radi toga i dosta skuplje od uzorkovanja vode.

U Austriji se uzorkovanje riječnog sedimenta provodi jednom godišnje. Ne postoji specifična shema procjene kakvoće sedimenta. Kako bi se stekao uvid, teški metali se obično uspoređuju s:

- vrijednostima indeksa geoakumulacije po Mülleru (1979)
- austrijskim standardima ÖNORM L 1075 kojima su utvrđene granične vrijednosti za poljoprivredna tla.

U Bugarskoj se važećim zakonom o okolišu ne zahtijevaju uzorkovanje i analize riječnog sedimenta. Ovo se obavlja samo za kontrolne točke obuhvaćene transnacionalnom mrežom monitoringa TNMN-om. U narednim godinama ovaj će program biti proširen i na ostale pritoke.

U Češkoj Republici u svrhu klasifikacije kakvoće riječnog sedimenta koriste se vladini napatci s kriterijima izvorno namijenjenim za tlo

Trenutačno se u Njemačkoj koriste važeći standardi za sediment u uređajima za pročišćavanje otpadnih voda. Ovi su standardi uglavnom za opasne kemikalije visoke

toksičnosti. Uz to, koristi se indeks kakvoće sedimenta (po Hellmanu). Ovaj se indeks zasniva na osam koncentracija metala. Svaki metal na indeksu ima određenu težinu, a koristi se ukupno pet kategorija za prikaz stupnja zagađenja.

Rutinski monitoring kakvoće sedimenta u Mađarskoj ne postoji. Kakvoća sedimenta procjenjuje se samo za specifična istraživanja, i uspoređuje s kanadskom klasifikacijom.

U Rumunjskoj ne postoje standardi za kakvoću sedimenta, no provodi se rutinsko uzorkovanje sedimenta s analizom oko 15 determinanti, uključujući neke grupne pokazatelje. U svrhu klasifikacije koriste se nizozemski, belgijski ili kanadski standardi.

U Slovačkoj se riječni sedimenti i raspršene čestice u Dunavu i glavnim pritocima uzorkuju i analiziraju dva puta godišnje. Uzorkovanje sedimenata iz riječnog korita provodi se u skladu s ISO Guideline 5667. Rezultati se procjenjuju prema nizozemskom standardu. Uz to, Ministarstvo okoliša Slovačke izradilo je Vodič za procjenu rizika od zagađenja sedimenata.

MONITORING RIJEČNOG SEDIMENTA U HRVATSKOJ

Sustavni monitoring kakvoće sedimenta u Republici Hrvatskoj ne postoji kao niti standardi za ocjenu kakvoće sedimenta. Ispitivanje kakvoća sedimenta provodi se samo za specifična istraživanja prema Programu ispitivanja voda na državnim vodama. Najčešće ispitivani pokazatelji su ukupni dušik, ukupni fosfor, metali, poliklorirani bifenili (PCB), organoklorni pesticidi i ukupni ugljik (TOC). U vodnom području sliva Save provode se ispitivanja PCB-a u sedimentu na rijeci Kupi na četiri mjerne postaje (Mala Paka, Bubnjarci, Rečica, Šišinec, te na rijeci Savi na tri mjerne postaje (Galdovo, utok Kupe, utok Kupe nizvodno), a na vodnom području slivova Drave i Dunava provodi se ispitivanje radioaktivnosti samo na rijeci Dunav (Batina). Na vodnom području primorsko istarskih slivova provode se ispitivanja sedimentu na rijeci Mirni (Kamenita vrata) i Raši (ušće), ispituju se neki fizikalno-kemijskih pokazatelji, metali, PCB-i i TOC. Na vodnom području dalmatinskih slivova provode se ispitivanja na sedam mjernih postaja i to na rijeci Zrmanji (Obrovac), Krki (nizvodo od Skrad. Buka), Cetini (Čikotina Lađa), Jadro (izvorište), Neretva (Rogotin, Metković) Norin (Prud), ispituju se koncentracija teških metala, pesticida, PCB-a i TOC-a.

SMJERNICE ZA BUDUĆNOST

Zagađenje sedimenta u europskim riječnim slivovima prepoznato je kao znatan ekološki problem i time je u gospodarstvu dobilo i primjeren značaj. Prepoznavanje i definiranje problema izuzetno je bitno za određivanje ekološkog rizika kao i za procjenu samopročišćavanja vodenog ekosustava. U Hrvatskoj je problem zagađenja sedimenta daleko od zadovoljavajućeg tretmana što može dovesti do većih ekoloških problema. Neophodno je sustavno praćenje kakvoće sedimenta jer je sediment odraz trajnog stanja ekosustava dok kakvoća vode odražava njegovo trenutno stanje. Stoga je potrebno stvoriti uvjete za praćenje većeg broja mjernih postaja u Republici Hrvatskoj, što zahtijeva koordinirani pristup u razvijanju metodologija za sediment. Također je potrebno poboljšati postojeće tehnike za praćenje prioriternih zagađivača u sedimentu. Osim toga, nužno je poboljšanje tehnologije kako bi se brže i učinkovitije identificirali prioriterni zagađivači. Europska komisija je kao nastavak EU Okvire direktive o vodama (Water Framework Directive), preporučila praćenje 32 prioritne opasne tvari. Ispuštanje u vodene ekosustave svih tvari koje su označene kao opasne morat će prestati u narednih 20 godina. S ciljem učinkovitijeg rješavanja problema zagađenja sedimenta i zbog sve veće potrebe za međunarodnom razmjenom lokalnih iskustava na razini riječnog sliva osnovana je Evropska

istraživačka mreža za sediment (SedNet). Prva radionica SedNet-a radne skupine "Istraživanja i karakterizacija postaja", održana u Antwerpenu, u rujnu prošle godine načinila je prvi korak prema europskoj standardizaciji metodologija za procjenu stanja kakvoće sedimenata u vodi. Cilj je bio prepoznati nedostatke, probleme, ali i uspješnosti metodologija za procjenu kakvoće koje se koriste u sklopu istraživačkih i monitoring programa. Načinjeni su popisi metodologija koje se trenutno upotrebljavaju, no njihove sličnosti i razlike još su uvijek predmet rasprava.

ZAKLJUČAK

Možemo zaključiti da je neophodno sustavno praćenje kakvoće sedimenta kao odraza trajnog stanja vodenog ekosustava. Jasno je da bi pouzdane nove metode pomogle industriji da postigne određene zadovoljavajuće zakonske kriterije kojima bi se mogli poboljšati trenutni uvjeti praćenja stanja kakvoće voda tako i sedimenta. Međutim do pravih i trajnih rezultata može se doći samo multidisciplinarnim, koordiniranim i usklađenim akcijama znanosti i tehnologije te je neophodno pojačati komunikaciju i prijenos informacija između istraživača i upravnih tijela. Stoga je potrebno u zajedničke projekte uključivati stručnjake iz toksikologije, biologije, kemije, hidrologije, informatike, matematike i modeliranja jer je jedino na taj način moguće akumulirati potrebno znanje o učincima kemikalija u vodenim ekosustavima. Trenutačno je znanost o sedimentima tek u začetku svoga razvoja te su mnoga, prvenstveno tehnička, pitanja još uvijek bez pravog odgovora, ali kakvoća sedimenata predstavlja važno ekološko pitanje koje se mora početi rješavati što je prije moguće kako bi se u potpunosti mogla provoditi zaštita naših voda.

Popis literature:

1. Z. Kozarac, P. Kreitner, I. Liska, P. Litherathy, A. Varduca A.: Characterization of sediment-associated pollutants. Position Paper No. 1. Environmental Programme for the Danube River Basin, 40 str., 1998.
2. Environmental Programme for the Danube River Basin, 1998.
3. ISO 5667 Water quality – sampling, Part 12: Guidance on sediment sampling.
4. IWAC (2001): Assessment practices and environmental status of 10 Transboundary rivers in Europe.
5. Müller, G. (1979): Schwermetalle in sedimenten des Rheins *Umschau- Veränderungen seit 1971*. v. 79 str. 778-783.
6. Pavlou, S.P., Weston D.P. (1983): Initial development of alternatives for development of sediment related criteria for toxic contaminants in marine waters (Puget Sound). Phase 1: Development of conceptual framework. Prepared by JRB Associates for the US Environmental Protection Agency under EPA Contract No. 68-01-6388.

Autori:

Mr.sc. Mara Artuković, Hrvatske vode, Zavod za vodnogospodarstvo, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, tel. 01/6307335; e-mail: amara@voda.hr

Dr.sc Siniša Širac, Hrvatske vode, Sektor za zaštitu voda i mora od onečišćenja i zagađenja, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, tel. 01/ 6307584; e-mail: ssirac@voda.hr

Đorđa Medić, dipl.inž., Hrvatske vode, Sektor za zaštitu voda i mora od onečišćenja i zagađenja, Glavni vodnogospodarski laboratorij, Avenija Većeslava Holjevca 15, 10000 Zagreb; tel. 01/6683401; e-mail: dmedic@voda.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.03.

Vodnogospodarske podloge za nacionalni program odvodnjavanja i pročišćavanja komunalnih voda

Primož Banovec, Leon Gosar, Franc Steinman, Boris Kompare

SAŽETAK: Uvođenjem direktiva EU u pravni sistem Republike Slovenije predstoji obiman stručni rad i na njhovo implementaciji. Za područje sakupljanja, transporta i pročišćavanja komunalnih otpadnih voda najznačajnije su Urban Waste Water Treatment Directive, Integrated Pollution Prevention and Control i Water Framework Directive, pa su tijekom asocijacijskih procesa već su započeti procesi prilagođavanja. Kako ispunjavanje kriterija iz tih direktiva donosi uz rješavanje problematike otpadnih i oborinskih voda naselja (aglomeracija) i značajne investicione obaveze, efikasna koordinacija aktivnosti i izrada adekvatnih strukovnih podloga za postepeno postizanje ciljeva dobijaju naročitu važnost. Iako je to područje na operativnom nivou u nadležnosti općina, za izradu podzakonskih akata države, za ispunjavanje državnih obaveza prema EU, za mjere usmjeravanja i poticanja sa strane države itd. pojedine aktivnosti obavlja i nadležno ministarstvo okoliša, prostora i energije. Biti će prikazan projekt izrađen za pomenuto Ministarstvo, kojim se izradila analiza trenutačnog stanja na području sakupljanja i pročišćavanja otpadnih komunalnih i oborinskih voda za aglomeracije pojedinih veličina, gdje je glavni kriterij prema propisima broj stanovnika na hektar. Na toj osnovi bi se mogli odrediti obim i dinamika (po vremenskim razdobljima) preuzetih odnosno zadatih obaveza na ovom području, pa i daljnja politika (države i općina).

Water management issues in National Waste Water Treatment Program

SUMMARY: Adoption of the EU directives into slovenian legal system imposes a waste task for the professional community especially in the part of its implementation. As fulfillment is linked to large investment demands, the efficient co-ordination of the activities and preparation of adequate plans for gradual achievement of the goals is of especially high importance. In addition to that the involvement of different institutions requires adequate level of co-operation. These public services are namely under the jurisdiction of local communities whereas the legal bonds towards the EU regarding the implementation of the directives has the state. Methodology and results are presented where agglomerations and current status in the field of urban waste water collection and treatment were defined for the responsible ministry. Agglomerations are needed as individual entities for the analysis of the state and planning process purposes, where obligations are progressive on the basis of the number of inhabitants and on the basis of population density (inhabitants per hectare). Established data base and assessments are used to synchroize the efforts of the state and local communities to achieve the common goals in the field of urban waste water in due time.

1. UVOD

U procesu sprovođenja evropskih direktiva, koje se nadovezuju na zaštitu okoline, u Republici Sloveniji već se nekoliko godina poduzimaju mjere za što lakši prijelaz na nove, oštrije kriterije. Za zaštitu voda od zagađenja, jedna od najznačajnijih direktiva je Urban Waste Water Treatment Directive [4], koja donosi standarde pročišćavanja komunalnih otpadnih voda. Do decembra 2002. mjere za prihvaćanje ove direktive bile su usmjerene prije svega u gradnju novih sustava za pročišćavanje otpadnih voda. U decembru donijet novi Pravilnik [2] propisuje standarde usluga na području sakupljanja i čišćenja otpadnih i oborinskih komunalnih voda, kao i neke elemente menadžmenta čitavog tog sustava.

Prema zakonu o zaštiti okoliša [6] kanalizacijski sustavi i sustavi za pročišćavanje otpadnih voda u nadležnosti su lokalnih zajednica, kojih ima u RS trenutačno 197. Pored toga država se obavezala prema Europskoj uniji, da će implementirati direktive i druge propise, koji su prihvaćeni na nivou Evropske unije. Pored UWWTD, koja se odnosi na otpadne vode komunalnog podrijetla, treba uzeti u obzir i Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) direktivu [1], koja između ostaloga regulira i područje dozvola za opterećenje voda s otpadnim vodama, određuje granične vrijednosti polutanata, a pored toga i sistem plaćanja ekoloških taksi zbog zagađivanja voda.

Već od 1995. u RS je na snazi operativan sistem taksacije za opterećenje voda [5], koji se blisko nadovezuje na implementaciju direktiva. Plaćanje takse u državni proračun u većem ili manjem obimu moguće je preusmjeriti u investicije iz potvrđenih programa razvoja infrastrukture, koji vode ka smanjenju zagađenja voda. Zbog toga je došlo do intenzivne gradnje kako uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (u gradnji ili izgrađeno u posljednje dvije godine je za oko 500.000 PE uređaja) tako i kanalizacijskih sustava.

Do sada je bio (u pravilu) od najvišeg prioriteta razvoj uređaja tamo, gde su bili očito najpotrebniji. Ali, država sada počinje s organiziranim pristupom, da bi se moglo detaljnije pratiti stanje sustava za sakupljanje otpadne vode i efikasnost uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Da bi se to postiglo, u Pravilniku je pored obaveza praćenja (monitoringa) tih sustava definiran i razvoj državnog sistema praćenja razvoja tih sustava kao sadržaj Nacionalnog programa odvodnje i pročišćavanja komunalne otpadne i površinske vode. Kao prva faza, potrebna za pripremu Nacionalnog programa, za Ministarstvo za okoliš, prostor i energiju (MOP) izrađena je struktura aglomeracija u R Sloveniji i drugi elementi, potrebni kao strukovne podloge.

Metodologija izrade Nacionalnog programa, kojeg sadržaj je određen u Pravilniku, u osnovici mora obezbjediti analizu postojećeg stanja i procedure kojima bi se opredijelili vremenski i financijski program za postizanje ciljnoga stanja. Pristup izradi Nacionalnog programa tako slijedi koracima:

- određuju se pritisci (tj. zagađenje) na vode, koje u prvoj fazi metodologije proizlaze iz naseobina ili dijelova naseobina (zajedničko ime: aglomeracije);
- određuje se stanje (obim, efekat,...) postojeće infrastrukture sakupljanja i pročišćavanja otpadnih voda;
- identificiraju se potrebe takve infrastrukture, evidentiranjem područja gdje treba (po EU kriterijima) takvu infrastrukturu izgraditi,
- konačno se ustanovi i evaluiira budući utrošak, vezan na izgradnju te infrastrukture, i pripremaju programi za njihovu izvedbu.

Razvoj modela temeljio se na postojeće, održavane registre podataka u R Sloveniji, kao što su:

- Registar teritorijalnih jedinica RS, koji je održavana baza podataka svih administrativnih teritorijalnih jedinica (na primjeru regija, lokalnih zajednica, naselja, kućnih brojeva i sl.). Taj registar teritorijalnih jedinica RS harmoniziran je metodologijom NUTS, koju propisuje Europska unija,

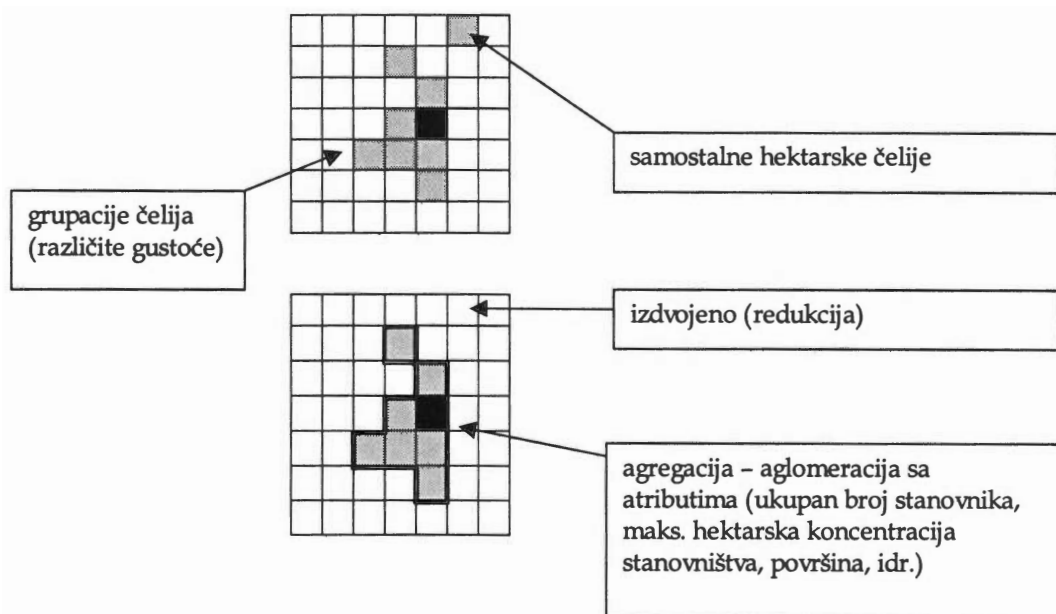
- Centralni registar stanovništva, vezan na Registar teritorijalnih jedinica RS,
- Registar zaštićenih vodozaštitnih područja, kojeg održava MOP,
- Registar osjetljivih područja (na eutrofikaciju), kojeg održava MOP.

Uporedo s upotrebom podataka iz postojećih registara trebalo je početi i sa obimnim lastitim sakupljanjem podataka o načinu sprovođenja javne službe odvodnje i pročišćavanja komunalnih otpadnih i površinskih voda, koji mogu biti različiti kod lokalnih zajednica i komunalnih poduzeća. Tim putem sumarno, za teritorij države su sakupljeni podaci iz nadležnosti općina, prije svega o tome gde su već izgrađeni kanalizacijski sustavi i kakvi su načinu vođenja digitalne evidencije o njima.

2. ODREĐIVANJE AGLOMERACIJA

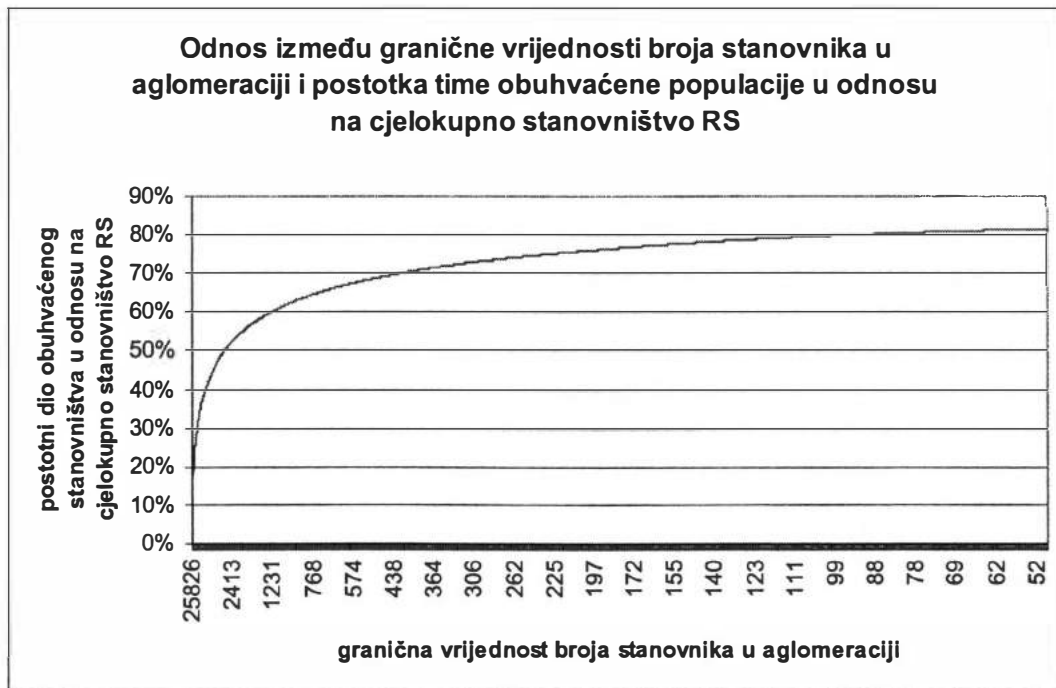
Prvi korak u izradi Nacionalnog programa zahtijevao je, pronaći način za definiranje tzv. »aglomeracija«. To mogu biti naseobine ili dijelovi naseobina, koji teritorialno predstavljaju jedinstvenu i odvojenu grupaciju, što se tiče koncentracije stanovništva i zaokruženosti urbaniziranosti. Znači, teritorij naselja nije upotrebljiv, jer se u aglomeraciju uzima samo jače urbanizirani dio. Pojedina aglomeracija predstavlja osnovni element na kojem se nadovezuju standardi komunalne opskrbe. Nivo standarda i satna dinamika njegove realizacije zavisi naročito od broja stanovnika u određenoj aglomeraciji, jer treba u aglomeracijama, koje su veće po broju i koncentraciji stanovništva, prioritarno razvijati adekvatnu infrastrukturu za sakupljanje i pročišćavanje otpadnih voda.

Osnova za određivanje aglomeracija data je u Pravilniku, gde je propisano, da je osnovni kriterij gustoća stanovništva na 1 hektaru. Za analizu teritorije RS izrađena je mreža sa više od 2.000.000 ćelija, i utvrđivana hektarska gustoća stanovništva za svaku pojedinačnu. Kako je analitički i sintezni rad s toliko jedinica (čestica) gotovo nemoguć, upotrebljena je procedura redukcije i agregacije, prikazana na shemi 1 i 2.



Shema br. 1: Prikaz procedure određivanja aglomeracija (redukcija i agregacija)

Izdvajanjem usamljenih (grupacija) zgrada napravila se prva redukcija, pa se nastavila s povezivanjem čelija, koje su spojene (makar u samo jednoj točki). Na taj način je sumarno dobijeno više od 16.000 aglomeracija, što je još uvijek veliki broj za daljnju analizu. S druge strane, po osnovnom kriteriju – aglomeracije s više od 50 stanovnika i s koncentracijom stanovništva barem u jednoj hektarskoj čeliji većoj od 20 stanovnika/ha, ustanovilo se, da za RS dolazi u obzir za Nacionalni program samo 1970 aglomeracija, u kojima živi oko 1.688.000 stanovnika RS. Raspored prema veličini aglomeracija i sumarnom broju stanovništva prikazuje graf br. 1, gdje se vidi, da se uzimanjem u analizu čelija s više od 52 stanovnika/ha obuhvatilo preko 80 % populacije RS.



Graf br. 1: Za izračunate granične vrijednosti broja stanovnika u aglomeraciji raste postotak obuhvaćene populacije u odnosu na cjelokupno stanovništvo RS

Takvim načinom određene aglomeracije prikazuju se u grafičkom i atributnom obliku lokalnim zajednicama (općinama) na verifikaciju. Mogući slučajevi u povratnoj informaciji su:

- potvrda aglomeracija, takve kakve su predložene;
- udruživanje aglomeracija u grupe (nadsisteme) na temelju zajedničkih karakteristika (ista naseobina) ili zbog zajedničke infrastrukture (npr. povezivanje preko zajedničkog kanala ili uređaja za pročišćavanje otpadne vode);
- razdruživanje aglomeracija zbog različitih upravnih karakteristika (npr. granica lokalne zajednice) ili zbog različitog načina rješavanja problema odvodnje ili čišćenja otpadnih voda (npr. utjecaj reljefa i sl.).

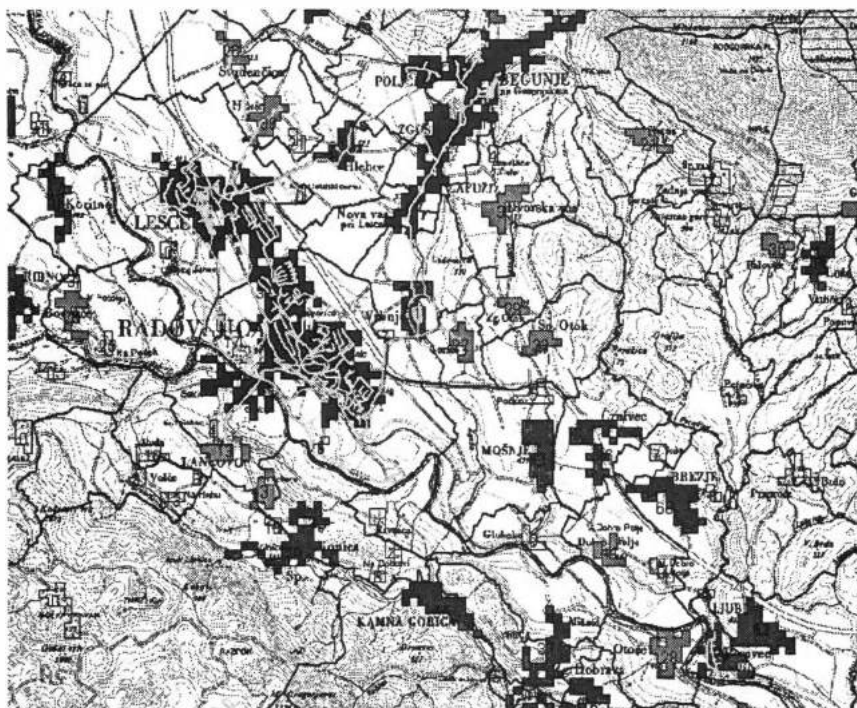
Agglomeracije, verificirane sa strane lokalnih zajednica i komunalnih poduzeća, predstavljat će osnovnu plansku kategoriju za pripremu lokalnih planova razvoja, i iz njih izlazećeg (agregatnog) plana razvoja u Nacionalnom programu.

3. ODREĐIVANJE POSTOJEĆIH SUSTAVA

S procedurama, kojima su određene aglomeracije, prikazana je tek jedna strana problema – pritisci aglomeracija na prirodni resurs, kojeg predstavljaju vodna tijela. U nastavku je potrebno evidentirati infrastrukturu za smanjenje (sprečavanje) tog pritiska, a to znači izradu registra sustava za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda. Za uvid u stanje na području za čitavu Republiku Sloveniju potrebna je bila široka anketa, koja je uključivala i lokalne zajednice i s njihove strane ovlaštene izvođače javne službe (npr. poduzeća). Tim putem sakupljene su informacije o postojećim kanalizacijskim u digitalnom obliku. Konstatirati se može sljedeće:

- za veći dio prioriternih aglomeracija postoji digitalna informacija o izrađenim kanalskim sustavima za odvodnju otpadne vode koju većinom nazivaju »katastar«, mada je teško naći integralni sadržaj katastra;
- digitalna informacija pripremljena je različitim informatičkim sustavima (pre svega oblik Autocad - *.dwg i ArcView *.shp), koji u većini slučajeva nisu dovoljno dokumentirani;
- analiza podataka (osim same lokacije kanalizacijskih cijevi) preko granica različitih lokalnih zajednica gotovo je nemoguća zbog različitih sustava upotrebljenih za vođenje digitalnih podataka.

Sjedinjavanje (digitalnih) podataka o postojećim sistemima sakupljanja i pročišćavanja otpadnih voda je obiman, teški posao, zbog potrebe po individualnoj komunikaciji sa brojnim subjektima, zbog različitih relacija na terenu, podijele obaveza među komunalnim poduzećima i općinama itd. Ipak su rezultati značajni, jer je na njihovoj osnovi moguće započeti postepeno standardizaciju menadžmenta digitalnih podataka, a uporedo i utvrditi preglednu situaciju stanja infrastrukture za sakupljanje i pročišćavanje otpadnih voda.



Prilog 1: Prikaz opredeljenih aglomeracija za općinu Radovljica

Na prilogu 1 prikazan je rezultat za jednu lokalnu zajednicu (Radovljica) s ucrtanim postojećim kanalizacijskim sustavom i rezultatima identifikacije aglomeracija (3 tipi hektarskih čelija, prema koncentraciji stanovništva).

Na osnovu prikupljenih podataka i rezultata dobijenih obradom, opisanom pod točkom (1) i (2), moguće je bilo za svaku lokalnu zajednicu pojedinačno izraditi prvo, grubo procjenu potreba o razvoju infrastrukture i na osnovu toga izraditi i procjenu troškova. Procjena potrebnog razvoja nove kanalizacije izrađena je na pretpostavci tzv. *buffer zone*, gdje se uzima na linijski objekt (kanalizacijsku cijev) vezana površina, za koju se može reći, da ima izgrađenu kanalizaciju (ili se ta može s malim troškovima izgraditi). Upotrebljavala se *buffer zona* od 50 ili 70 metara, u zavisnosti od kvalitete izrade digitalnog katastra i tipa aglomeracije (za brdovit tip ili ravninski tip terena). Površine aglomeracija, koje nisu obuhvaćene u *buffer zoni* kanala, su preostali dijelovi aglomeracija na kojima još treba da se sprovede razvoj kanalizacijskog sistema. Uzimajući projektantske cijene sa već izgrađenih sistema mogla se uraditi gruba procjena ukupnog utroška za investicije, kojima bi se postigli zadani ciljevi, pa i procjena, da li su ciljevi realno postavljeni. S uzetim kriterijima gustoće obuhvatit će se preko 80 % populacije što bi mogao biti (financijski) preveliki zalogaj.

4. ODRŽAVANJE AGLOMERACIJA I RAZVOJ

Kod upotrebe rezultata, koji su prikazani, treba imati u vidu, da ove opredeljene aglomeracije predstavljaju samo jedan vremenski prerez, koji je blisko vezan na stanje u centralnom registru stanovništva (CRP), pa aglomeracije nose sa sobom sve pogreške, koje ima CRP. S druge strane prilično automatizirana i uniformno određena procedura omogućava novelaciju i nadgradnju kod određivanja aglomeracija s novim podacima iz CRP, pa se na taj način i aktivno održava baza aglomeracija. Promjena aglomeracija i njihovih atributa poslje novelacije zavisi od obima migracije odnosno promjene stalnog boravišta, koja u RS i nema veliku dinamiku.

Razvojni vidici naravno nisu obuhvaćeni u jednokratni prerez stanja stanovništva, koji daje određene aglomeracije. Ali svatko, tko podstiče razvoj (npr. nova stambena naselja, industrijske zone i sl.) treba ulagati i u razvoj infrastrukture. Pored interesenata, koji podstiču razvojne projekte, tu je i ovlašteni upravljač komunalne infrastrukture, koji treba i pripremati razvojne planove za sve tipove infrastrukture, pa tako i za infrastrukturu za sakupljanje i pročišćavanje otpadnih voda. Ima znači više izvora iz kojih se može evidentirati razvoj, da bi se mogao uzeti u obzir razvoja aglomeracija. Pored registra kanalizacijskih sustava i aglomeracija tijekom projekta pokušalo se anketom sakupiti i podatke o pražnjenju septičkih jama. Podaci o septičkim jamama, njihovoj lokaciji i frekvenciji njihovog pražnjenja isto su značajni, jer je na taj način moguće identifikovati i izvore i obim mogućih disperzovanih zagađenja.

U izrađeni sistem određivanja aglomeracija nisu bili uključeni industrijski zagađivači. Razlog zato je prihvaćen sistem u RS, putem kojega su (veći) industrijski zagađivači predmet specijalnog postupka, tako u sustavu taksacije otpadnih voda, kako i što se tiče obaveze (pred)čišćenja otpadnih voda. U daljim fazama razvoja Nacionalnog programa i razvoja cjelovitog sistema praćenja izvora i pročišćavanja otpadnih voda industrijski zagađivači bit će integrirani u postavljeni sustav, što će omogućiti dobar nadzor nad sistemom generacije i čišćenja svih otpadnih voda.

Pored industrijskih zagađivača i stanovništva, značajan zagađivač može biti i poljoprivreda, pa ju je potrebno analizirati u sprezi s stanovništvom na ruralnim područjima, gde je često septička jama vezana na gnojište. Integracija sistema polucije

iz naslova poljoprivrede u cjelokupni sustav praćenja onečišćenja voda sljedeći je (etapni) cilj. Tijekom realizacije tog cilja bit će integrisane i sada već uspostavljene i održavane baze podataka o poljoprivrednim gospodarstvima, koje su potrebne zbog realizacije zajedničke poljoprivredne politike (CAP – Common Agricultural Policy) u EU.

5. ZAKLJUČAK

Integracijom postojećih podataka, sakupljanjem dopunskih podataka i njihovom unakrsnom analizom moguće je postepeno stići do dovoljno kvalitetnog pregleda nad stanjem infrastrukture, predstojećim odn. potrebnim razvojem i resursima potrebnim za taj razvoj. Završenom fazom projekta razradjen je tek prvi stupanj procesa cjelokupnog vođenja podataka o izvoru zagađenja i sistemima za zaštitu voda. Jezgru podataka bit će potrebno razvijati i održavati, s posebnom pažnjom na postupke i konzistenciju podataka, da je osiguran daljnji razvoj i nadovezivanje novih i novih podataka na jedinstvenu integralno koncipiranu bazu. Dugoročni je cilj kreiranje banke podataka, koja može služiti u svrhu potpore odlučivanju na području zaštite voda. Tako bi bilo moguće na bazu navezanim modeliranjem dostići skoro optimalnu upotrebu ograničenih resursa za ostvarenje poznatog cilja – čiste vode odnosno (naj)boljeg stanja vodnih tijela.

Definiranje aglomeracija urađeno za potrebe Nacionalnog programa odvodnje i pročišćavanja komunalnih otpadnih i oborinskih voda u veoma kratko vrijeme poslije javne prezentacije ukazalo je na širu upotrebljivost aglomeracija i sakupljenih podataka za različite svrhe (sektore). Tako je iste aglomeracije moguće upotrebiti i za potrebe analize (nužnosti) vodoopskrbnih sustava, analize sakupljanja komunalnih otpadaka, za zadatke civilne zaštite, pa i druge svrhe, gde je potrebno postavljati prioritete s obzirom na ukupan broj (i koncentraciju) stanovništva, koji živi na određenom području.

6. LITERATURA

1. Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control, OJ L 257 10.10.1996, p.26.
2. Pravilnik o odvodnji i pročišćavanju komunalne otpadne i padavinske vode, Ur. l. RS 105/2002.
3. Strokovne podlage za izdelavo nacionalnega programa odvajanja in čiščenja komunalnih voda in padavinskih voda (izvajalec: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin, naročnik: RS Ministrstvo za okolje, prostor in energijo).
4. Urban Waste Water Treatment Directive OJ L135, 30.5.1990 p. 40.
5. Uredba o taksi za obremenjevanje okolja, Ur.l. RS 41/95, 44/95, 8/96, 124/2000, 49/2001.
6. Zakon o varstvu okolja, Ur.l. RS 32/93, str. 1750.

Autori:

doc.dr. Primož BANOVEC, Univerza v Ljubljani, FGg, Hajdrihova 28, Ljubljana, Slovenija; tel./faks: ++386 1 425 34 60, e-mail: pbanovec@fgg.uni-lj.si

mag. Leon GOSAR, Univerza v Ljubljani, FGg, Hajdrihova 28, Ljubljana, Slovenija

prof. dr. Franc STEINMAN, Univerza v Ljubljani, FGg, Hajdrihova 28, Ljubljana, Slovenija

prof. dr. Boris KOMPARE, Univerza v Ljubljani, FGg, Hajdrihova 28, Ljubljana, Slovenija



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.04.

Stupanj trofije i kvaliteta voda Kopačkoga rita tijekom 2002. godine

Irella Bogut, Jasna Vidaković, Goran Palijan

SAŽETAK: Eutrofikacija je prirodan proces “starenja” vodenih tijela obogaćenih nutrijentima, s povećanom produkcijom alga i makrofita. Obim ovog procesa opisuje se Carlsonovim indeksom trofije (Trophic State Indices, TSI) koji uključuje sljedeće čimbenike kvalitete vode: prozirnost ili Secchi dubinu, količinu klorofila-a kao indirektnu mjeru biomase alga te ukupni fosfor kao važan nutrijent, ali i potencijalni polutant.

Koncept trofičkog statusa zasnovan je na činjenici da se promjene u količini nutrijenata direktno odražavaju u promjeni biomase alga koje pak neposredno utječu na stupanj prozirnosti vodenih tijela, a TSI kvantificira upravo ovaj višestruki odnos.

Monitoringom voda jezera i kanala tijekom 2002. godine u okviru zadataka projekta “Zaštita voda rezervata Kopački rit” obuhvaćeno je praćenje vodostaja, mjerenje dubine, prozirnosti, temperature, pH, količine otopljenog kisika i kemijske potrošnje kisika u vodi, količine klorofila-a, suspendirane tvari, nutrijenata u obliku ukupnog dušika i fosfora, kao i bakteriološka analiza vode. Na temelju dobivenih rezultata i izračunatog TSI, za sve standardne postaje (Sakadaško jezero, kanal Čonakut, ušće i sredinu Kopačkoga jezera te Hulovski kanal) utvrđen je visok stupanj trofije: eutrofne do hipereutrofne vode.

KLJUČNE RIJEČI: Kopački rit, stupanj trofije, kvaliteta voda, eutrofikacija

Trophic State and Water Quality in Kopački Rit During 2002

SUMMARY: Eutrophication is a natural “aging” process of bodies of water enriched with nutrients and with an increased production of algae and macrophytes. The extent of this process is described by Carlson’s Trophic State Indices (TSI) which include the following factors of water quality: the transparency or Secchi depth, the amount of chlorophyll-a as an indirect measure of algae biomass, and the total phosphorus present since it is an important nutrient as well as a potential pollutant.

The concept of trophic status is based on the fact that changes in the amount of nutrients directly reflect on the change of algae biomass, which further indirectly influences the level of transparency of bodies of water. Carlson’s TSI quantifies this complex relationship.

Within the Water Protection in the Kopački Rit Reserve project, lakes and channels were observed during 2002. The water level was recorded, the depth was measured, also the transparency, temperature, pH, the amount of dissolved oxygen and the chemical consumption of oxygen in water, the amount of chlorophyll-a, suspended matter and nutrients as the total nitrogen and phosphorus present, and a bacteriological analysis of water was done. On the basis of the results obtained and the TSI calculated, a high level of trophic state (from eutrophic to hypertrophic water) was found at the regularly investigated sites: Lake Sakadaš, the Čonakut Channel, the mouth and the middle of Lake Kopačko, and the Hulovo Channel.

KEYWORDS: Kopački Rit, trophic state, water quality, eutrophication

UVOD

Zbog svojih prirodnih i povijesnih vrijednosti područje Kopačkoga rita prema Zakonima o zaštiti prirode iz 1976. i 1994. godine ima status Parka prirode, a najvredniji dijelovi imaju status Posebnog zoološkog rezervata (Narodne novine 45/76., 30/94.). Budući da je značajno močvarno i poplavno područje i u svjetskim razmjerima, Kopački rit je 1993. godine uvršten u Popis međunarodno značajnih močvara sukladno Ramsarskoj konvenciji [8].

Rezultati istraživanja hidrološkog i ekološkog stanja voda u okviru projekta «Zaštita voda rezervata Kopački rit» u razdoblju od studenoga 1997. do studenoga 2001. godine ukazala su na visok stupanj eutrofikacije svih vodenih tijela duž plovnog puta od Sakadaškoga jezera do Dunava [14]. Stoga se i ukazala potreba za daljnim hidrobiološkim monitoringom ovog specifičnog vodenog ekosustava tijekom 2002. godine, a rezultati kojega su prikazani u ovome radu.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Park prirode Kopački rit

Kopački rit nalazi se između 45°15' i 45°53' geografske širine i 16°06' i 16°41' geografske dužine. Poplavno je područje desnog zaobalja Dunava na sjeveroistoku Hrvatske. Za vodnu bilancu Kopačkoga rita značajne su hidrološke veličine dotoka i isteka vode pod utjecajem Dunava i Drave, mogući tokovi vode u ritu, stanje podzemnih voda te reguliranje ispuštanja vode preko ustave na Sakadaškom jezeru [8]. Međutim, svi autori koji su proučavali i publicirali podatke o hidrologiji Kopačkoga rita, presudnim za vodnu bilancu ovog jedinstvenog hidrološkog prostora smatraju promjene vodostaja Dunava [3, 5, 9, 14].

Postaje istraživanja

Hidrobiološka istraživanja u okviru zadataka projekta «Zaštita voda rezervata Kopački rit» provode se kontinuirano tijekom godine, jednomjesečnom dinamikom, na pet postaja (Slika 1.) duž plovnoga puta od Sakadaškoga jezera do Dunava (1-Sakadaško jezero, 2-kanal Čonakut, 3-ušće u Kopačko jezero, 4-sredina Kopačkog jezera, 5-Hulovski kanal). Sakadaško jezero je najdublja vodena depresija Kopačkoga rita, ovalnog je oblika, površine oko 6 ha, s prosječnom dubinom između 7 i 8 m. Kanal Čonakut dužine je oko 3 km, širine i do 30 m te dubine između 2 i 5 m, a vodena je veza između Sakadaškoga i Kopačkoga jezera. Za iznimno niskih vodostaja kanal Čonakut nije plovao cijelom dužinom te tada nije moguće uzorkovati u Kopačkome jezeru i Hulovskom kanalu. U središnjem dijelu Kopačkoga rita nalazi se prostorno najveća udubina – Kopačko jezero površine između 200 i 250 ha te dubine 1,5 do 5 m. Dubina ušća u Kopačko jezero iznosi između 1,5 i 4 m. Osnovna hidrološka veza između Kopačkoga rita i Dunava je približno 6 km dug Hulovski kanal širine 30 do 34 m i dubine 3,5 do 6 m [14].

MATERIJAL I METODE

Hidrološke promjene u poplavnim i močvarnim područjima značajno utječu na promjene fizičkih i kemijskih čimbenika staništa, stoga je praćenje nivoa vode važno za interpretaciju većine ostalih hidrobioloških podataka [10]. Na osnovu izvješća Hrvatskih voda Zagreb, Vodnogospodarstvenog odjela za vodno područje sliva Drave i Dunava Osijek, izračunati su srednji mjesečni vodostaji Dunava kod Batine i Drave kod Osijeka.

Na svakoj od pet postaja, neposredno na terenu mjereni su dubina, prozirnost ili Secchi dubina, temperatura i brzina strujanja vode (hidrometrijskim krilom «Flow Probe 5' to 15'»). U laboratoriju Zavoda za biologiju Pedagoškog fakulteta u Osijeku određena je u uzorcima vode količina klorofila-a i koncentracija otopljenoga kisika [1]. Uzorci vode za bakteriološku analizu uzimani su na dubini od 10 cm ispod površine vode i u kontaktnoj zoni voda-dno, prebačeni u tamne staklene bočice i u hladnjaku prenesene u laboratorij. Standardnim indirektnim mikrobiološkim metodama [7] određen je broj eutrofnih bakterija (CFU-E) i broj oligotrofnih bakterija (CFU-O).

U Laboratoriju za analizu voda JP «Vodovod» u Osijeku određena je kemijska potrošnja kisika (KPK) putem utroška $K_2Cr_2O_7$ za oksidaciju organske tvari. Na osnovu vrijednosti elektroprovodljivosti ili konduktiviteta, voda na postajama u Kopačkom ritu klasificirana je prema [4]: I klasa $< 29 \mu S/cm$, II klasa $29-141 \mu S/cm$, III klasa $142-502 \mu S/cm$, IV klasa $501-7078 \mu S/cm$, V klasa $> 7078 \mu S/cm$. Količina suspendirane tvari u vodi te količina nutrijenata neophodnih biljnim i životinjskim organizmima u obliku ukupnog Kjeldahovog dušika određena je fenol-hipokloritnom metodom [12] i ukupnog fosfora spektrofotometrijskom metodom s askorbinskom kiselinom [11].

Određivanje trofičkog statusa postaja istraživanja

Trofički status postaja istraživanja na pet postaja u Kopačkom ritu izračunat je na osnovu izmjerenih vrijednosti za koncentraciju klorofila-a (indirektna mjera biomase fitoplanktona), ukupni fosfor i prozirnost (SD) primjenom izraza prema [2, 6, 13]. Pri analizi vrijednosti trofičkog indeksa za vodu na postajama u Kopačkom ritu korištena je klasifikacija prema [2].



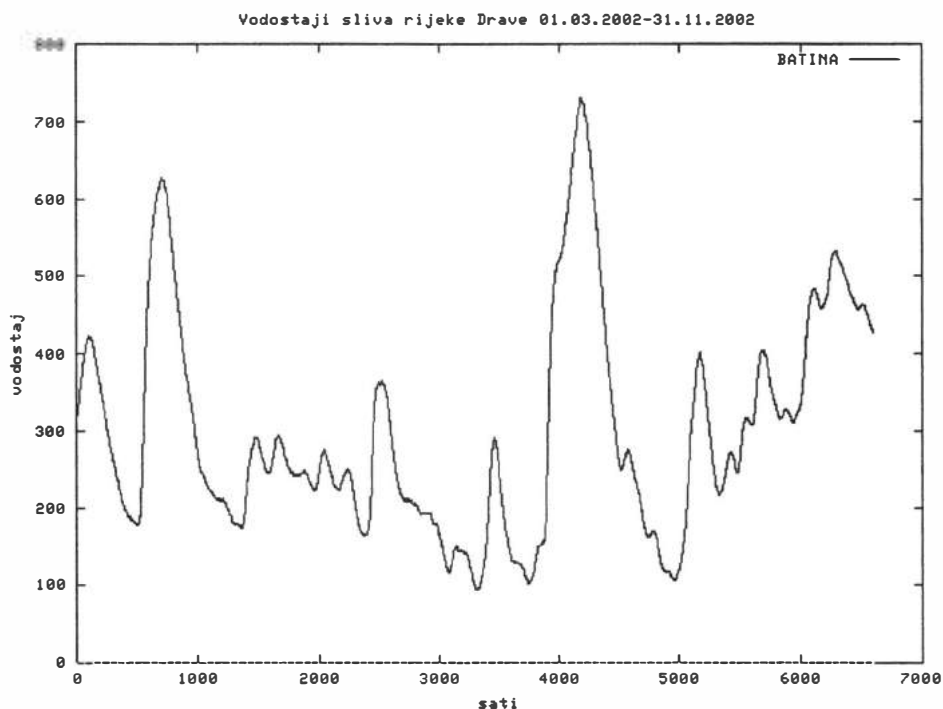
Slika 1. Postaje istraživanja u Parku prirode Kopački rit: 1-Sakadaško jezero, 2-Čonakut, 3-ušće u Kopačko jezero, 4-sredina Kopačkoga jezera, 5-Hulovski kanal.

REZULTATI I DISKUSIJA

Fizičko-kemijska obilježja vode

U razdoblju od ožujka do studenoga 2002. godine na pet postaja u Kopačkome ritu temperaturne promjene u površinskom sloju vode, kao i kontaktnoj zoni dna, bile su uvjetovane temperaturama zraka ovisno o godišnjem dobu. Izmjerene vrijednosti za dubinu i prozirnost, kao i zabilježeni mali protoci vode u kanalima (Tablica 1.) ovisili su o promjenama vodostaja rijeke Dunava (Slika 2.) i dinamici dotoka, odnosno izlaska vode iz rita. Vrijednosti pH bile su uglavnom neutralne, osim u kontaktnoj zoni dna kanala Čonakut u lipnju kada je zabilježena vrijednost od svega 3,17 koja je obilježje kiselog medija. Alkalna vrijednost od 9,7 zabilježena je u lipnju u površinskom sloju vode Hulovskoga kanala. Izmjerene vrijednosti za koncentraciju klorofila-a, kemijsku potrošnju kisika (KPK) te suspendiranu tvar nisu odstupale od ranije zabilježenih vrijednosti za područje Kopačkoga rita [14]. Razdoblje anoksije u kontaktnoj zoni dna Sakadaškoga jezera i kanala Čonakut u ljetnim mjesecima također je pojava zabilježena i prethodnih godina [14]. Vrijednosti otopljenoga kisika u kontaktnoj zoni Sakadaškoga jezera bile su svega 0,96 mgO₂/L u srpnju, 2,79 mgO₂/L u kolovozu i 1,48 mgO₂/L u rujnu, a u kanalu Čonakut 1,94 mgO₂/L u srpnju, 3,10 mgO₂/L u kolovozu i 3,96 mgO₂/L u rujnu. Na ostalim istraživanim postajama nisu zabilježene vrijednosti otopljenoga kisika ispod biološki kritične granice.

Izmjerena elektroprovodljivost u uzorcima vode svih istraživanih postaja bila je približno istog minimum-maksimum intervala (Tablica 1.) te je kvaliteta voda svih postaja prema [4] okarakterizirana kao III-IV klase.



Slika 2. Vodostaj (cm) rijeke Dunava kod Batine (<http://www.voda.hr/vodostaj.htm>).

Tablica 1. Fizičko-kemijski čimbenici vode na postajama u Kopačkom ritu tijekom 2002. godine (minimalna maksimalna vrijednost).

Legenda: p. = površinski sloj vode, k.z. = kontaktna zona dna.

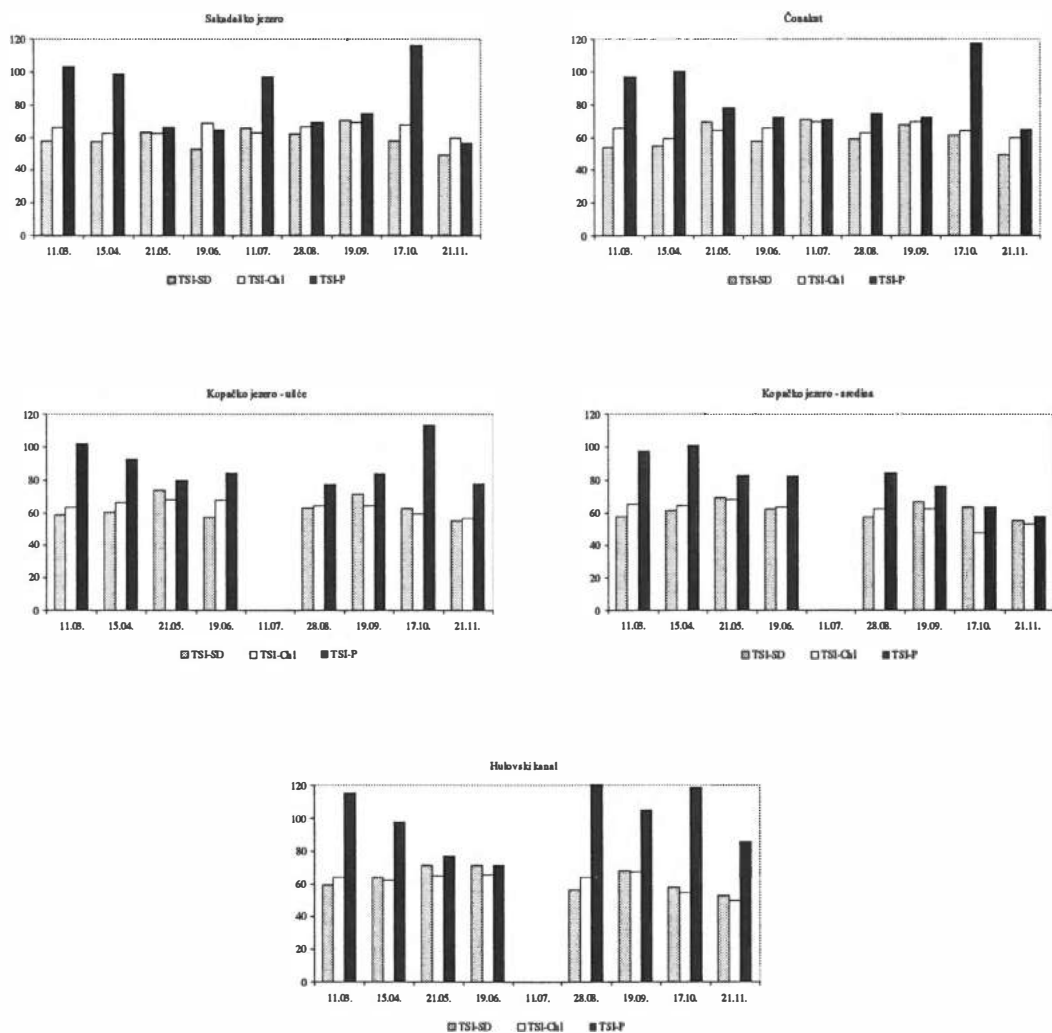
	Sakadaško jezero	Čonakut	Kopačko jez. - ušće	Kopačko jez. - sredina	Hulovski kanal
Temperatura vode p. (°C)	9-28	9-28	9-24	9-24	9-25
Temperatura vode k.z. (°C)	9-19	9-23	9-26	9-22	9-23
Prozirnost (m)	0,49-2,10	0,47-2,05	0,39-1,43	0,52-1,43	0,45-1,64
Dubina (m)	2,29-8,11	2,10-5,71	1,87-5,16	0,64-6,43	1,83-6,23
Protok (m/s)	-	0-0,024	0,094-0,908	-	0,094-1,089
pH p.	6,32-8,30	7,07-8,12	6,51-8,32	6,92-8,27	6,57-9,70
pH k.z.	6,48-8,83	3,17-8,06	6,70-8,27	7,34-8,18	7,15-8,16
Klorofil-a (µg/L) p.	15,198-50,308	7,432-51,523	14,468-43,450	9,814-59,253	7,082-35,762
Klorofil-a (µg/L) k.z.	10,836-94,182	11,306-55,445	5,941-45,133	10,178-61,441	8,825-37,802
Otopljeni kisik (mgO ₂ /L) p.	4,22-14,83	3,48-14,45	5,92-14,49	5,53-14,89	4,01-11,06
Otopljeni kisik (mgO ₂ /L) k.z.	0,960-12,30	1,94-13,58	6,44-14,03	6,11-14,48	5,35-13,84
KPK (mgO ₂ /L) p.	12-264	8-394	14-456	4-259	2-224
KPK (mgO ₂ /L) k.z.	6-324	6-203	2-209	4-249	6-130
Suspendirana tvar (mg/L) p.	14-291	20-195	30-105	4-136	16-254
Suspendirana tvar (mg/L) k.z.	25-303	9-309	35-94	13-364	8-148
Elektroprovodljivost (µS/cm) p.	311-778	329-795	332-537	328-518	335-552
Elektroprovodljivost (µS/cm) k.z.	315-800	325-814	336-542	347-528	334-556
Nitrati (mgN/L) p.	0,673-2,460	0,511-2,268	0,376-2,807	0,402-2,735	0,491-2,575
Nitrati (mgN/L) k.z.	0,737-2,408	0,715-2,548	0,395-2,712	0,346-2,726	0,484-2,272
Nitriti (mgN/L) p.	0,0074-0,101	0,006-0,045	0,0113-0,0309	0,009-0,0305	0,0139-0,307
Nitriti (mgN/L) k.z.	0,0074-0,137	0,0089-0,0995	0,011-0,0336	0,0161-0,0519	0,0135-0,0381
Ukupni Kjeldahlov N (mgN/L) p.	0,1997-4,043	0,0538-2,781	0,0514-2,285	0,3766-2,8417	0,3649-3,642
Ukupni Kjeldahlov N (mgN/L) k. z.	0,2144-9,8181	0,2024-3,338	0,1641-6,461	0,04-4,4605	0,1181-2,973
Ukupni P (mgP/L) p.	0,0297-0,966	0,0374-2,4084	0,896-0,1578	0,0409-2,6198	0,002-2,8816
Ukupni P (mgP/L) k.z.	0,0270-0,825	0,0722-1,9538	0,0317-2,4017	0,1363-1,8652	0,0392-1,6354
Ortofosfati (mg/L) p.	0-0,9485	0,0067-0,119	0,0356-0,160	0,0283-0,2066	0,0284-0,155
Ortofosfati (mg/L) k.z.	0,0006-0,6642	0,0309-0,4776	0,0299-0,1489	0,0496-0,2817	0,0338-0,1725
Amonij-ion (mg/L) p.	0,1687-0,6138	0,2004-0,6553	0,2791-1,1	0,3093-2,7855	0,1441-0,7867
Amonij-ion (mg/L) k.z.	0,2165-3,6932	0,2890-2,3918	0,1547-0,67	0,2327-4,463	0,1324-4,1375
Oligotrofne bakterije (x10 ⁵ /mL) p.	0,30-7,2	0,05-5,1	3,4-16,2	0,04-7,1	1,2-6,6
Oligotrofne bakterije (x10 ⁵ /mL) k.z.	1,5-149,5	7,1-83,5	0,13-201,1	1,8-241	0,8-54,5
Eutrofne bakterije (x10 ⁵ /mL) p.	0,23-5,7	0,04-4,3	0,14-133,3	0,6-11	0,14-33,9
Eutrofne bakterije (x10 ⁵ /mL) k.z.	0,43-35,8	2,1-28,1	1-88,1	0,2-253,2	1,4-69,7

Količine nutrijenata (Tablica 1.) u obliku ukupnog Kjeldahovog dušika i ukupnog fosfora, kao i zastupljenost nitrata, nitrita, amonij-iona, ortofosfata te brojnost eutrofnih (CFU-E) i oligotrofnih bakterija (CFU-O) upućuju na ravnotežnu dinamiku, odnosno na kontinuiranost procesa remineralizacije organske tvari vodenih ekosustava: donos nutrijenata u stupac vode ulaskom veće količine vode u rit kao i kraj vegetacijskog razdoblja tijekom jeseni uvjetuje povećanu bakterijsku aktivnost.

Stupanj trofije istraživanih postaja

Izračunati Carlsonovi indeksi stupnja trofije (TSI), a na osnovu vrijednosti za prozornost, koncentraciju klorofil-a i ukupni fosfor za sve istraživane postaje, ukazuju na eutrofno do hipereutrofno stanje vodenih tijela Kopačkoga rita.

Najviše vrijednosti imao je TSI-P na svim postajama (posebno u listopadu), dok su izračunate vrijednosti TSI-SD i TSI-Chl bile približno iste (Slika 3.).



Slika 3. Trofički indeksi na postajama u Kopačkom ritu tijekom 2002. godine.

TSI-s na postaji Sakadaško jezero za razdoblje ožujak-studen 2002. godine imao je vrijednost između 55,20 i 80,65, na postaji Čonakut 58,17 i 81,02, na ušću u Kopačko jezero 63,12 i 78,34, na sredini Kopačkoga jezera 55,17 i 76,07 te u Hulovskome kanalu između 62,71 i 79,64. Ove vrijednosti TSI-s odgovaraju vrijednostima zabilježenim za iste postaje u razdoblju od studenoga 1997. do studenoga 2001. godine [14].

Obilježja eutrofnih do hipereutrofnih voda je mala prozirnost, vjerojatnost razdoblja anoksije u pridnom sloju, veća količina nutrijenata u obliku ukupnog dušika i fosfora, velika biomasa alga i makrofita [2].

ZAHVALA

Istraživanja prikazana u ovome radu financiralo je Ministarstvo znanosti i tehnologije Republike Hrvatske. Autori zahvaljuju dr. sc. Branki Živanović i mr. sc. Željku Zahiroviću (Zavod za biologiju Pedagoškog fakulteta u Osijeku) za pomoć pri terenskom i laboratorijskom radu, gospodinu Borisu Bolšecu (JUPP Kopački rit u Bilju) za zemljovid, kao i Mirni Radišić, prof. (Visoka učiteljska škola u Osijeku) na lekturi sažetka na engleskom jeziku. Ljubaznošću gospodina Ivice Nađa, dipl. inž. (Hrvatske vode – Zagreb, Vodnogospod. odjel za vodno područje slivova Drave i Dunava – Osijek) bila su nam dostupna dnevna izvješća o vodostajima.

LITERATURA

1. APHA (1985): *Standard methods for examination of water and wastewater*. Amer. Public Health Assoc. 16th Ed. Washington. 1481 pp.
2. Carlson, R. E., Simpson, J. (1996): *A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods*. North American Lake Management Society. 96 pp.
3. Gec, D., Majstorović, V. (1990): *Ugroženost Kopačkog rita*. Priroda, 4-5, 10-12.
4. Gorham, E., Dean, W. E., Sauger, J. E. (1983): *The chemical composition of lakes in the north-central United States*. Limnol. Oceanogr., 28, 287-301.
5. Jović, F., Mihaljević, M., Jagnjić, Ž., Horvatić, J. (2001): *Management Strategy of the Periodically Flooded Nature Park «Kopački rit» (Croatia)*. Workshop on Periodic Control Systems. PSYCO, Cernobbio-Como, 51-55.
6. Kratzer, C. R., Brezonik, P. L. (1981): *A Carlson-type Trophic State Index for nitrogen in Florida lakes*. Water Res. Bull., Am. Water Res. Assn. 17(4), 713-715, 1057-1060.
7. Kuznecov, S. I., Dubinina, G. A. (1989): *Methods of investigations of aqueous microorganisms*. Nauka, Moskva.
8. Mihaljević, M., Getz, D., Tadić, Z., Živanović, B., Gucunski D., Topić, J., Kalinović, I., Mikuska, J. (1999): *Kopački rit. Pregled istraživanja i bibliografija*. HAZU, Zavod za znanstveni rad Osijek, Zagreb-Osijek, 188 str.
9. Mikuska, J. (1979): *Ekološke osobine i zaštita specijalnog zoološkog rezervata «Kopački rit» s posebnim osvrtom na ekologiju kraljevnjaka*. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, 271 str.
10. Mitsch, N. J., Gosselink, J. G. (1993): *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold. New York.
11. Murphy, J., Riley, J. (1962): *A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters*. Anal. Chim. Acta, 27, 31-36.

12. Scheiner, D. (1976): *Determination of ammonia and Kjeldahl nitrogen by indophenol method*. Water Resources, 10, 31-36.
13. Steffanson, C., Rose, Ch., Voelz, N. (2001): *Trophic State Index Measurements for Six Stearns County Lakes During June to September 2001. Report to Stearns County Environmental Services*. St. Cloud State University.
14. Vidaković, J., Bogut, I., Borić, E., Zahirović, Ž. (2002): *Hidrobiološka istraživanja u Parku prirode Kopački rit u razdoblju od studenoga 1997. do listopada 2001*. Hrvat. vode, 10(39), 127-144.

Autori:

mr. sc. IRELLA BOGUT, asistent, Zavod za biologiju, Pedagoški fakultet,
Sveučilište J. J. Strossmayera, L. Jägera 9, HR-31000 Osijek,
tel. +38531211400; fax. +38331212514; e-mail: irella.bogut@os.tel.hr

izv. prof. dr. sc. JASNA VIDA KOVIĆ, Zavod za biologiju, Pedagoški fakultet,
Sveučilište J. J. Strossmayera, L. Jägera 9, HR-31000 Osijek,
tel. +38531211400; fax. +38331212514; e-mail: javidako@inet.hr

GORAN PALIJAN, mlađi asistent, Zavod za biologiju, Pedagoški fakultet,
Sveučilište J. J. Strossmayera, L. Jägera 9, HR-31000 Osijek,
tel. +38531211400; fax. +38331212514; e-mail: goran.palijan@os.hinet.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.05.

Fauna slatkovodnih puževa makrofitskih zajednica kanala Čonakut u Kopačkom ritu

Irella Bogut, Ljiljana Jezidžić, Jasna Vidaković

SAŽETAK: U razdoblju od lipnja do listopada 2001. godine istraživana je fauna slatkovodnih puževa u makrofitskim zajednicama na devet postaja uz lijevu obalu kanala Čonakut u Parku prirode Kopački rit.

Na istraživanim postajama utvrđeno je ukupno devet vodenih biljaka: *Nymphoides peltata*, *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton gramineus*, *P. lucens*, *Carex* sp., *Polygonum amphibium*, *Salvinia natans*, *Spirodella polyrhiza* i *Lemna minor*. U makrofitskim zajednicama utvrđeno je 13 vrsta slatkovodnih puževa: *Lymnaea auricularia*, *L. stagnalis*, *L. palustris*, *Lymnaea* (*Galba*) *truncatula*, *Lymnaea* sp., *Planorbarius corneus*, *Physa* (*Physella*) *acuta*, *Bithynia tentaculata*, *Viviparus accrosus*, *V. viviparus*, *Stagnicola coruus*, *Acroloxus lacustris* i *Oxyloma elegans*. Tijekom istraživanja najbrojnije su bile vrste *Lymnaea auricularia*, *L. stagnalis* i *Planorbarius corneus*. Najveći broj vrsta (6) slatkovodnih puževa zabilježen je na vrstama *Potamogeton gramineus*, *Carex* sp. i *Ceratophyllum demersum*, a najmanji (svega 1 vrsta) na vrsti *Polygonum amphibium*.

KLJUČNE RIJEČI: slatkovodni puževi, Lymnaeidae, Planorbidae, Viviparidae, makrofiti, Kopački rit

Fauna of Freshwater Snails in Macrophyte Communities in the Čokanut Channel in Kopački Rit

SUMMARY: The fauna of freshwater snails in macrophyte communities at nine sites along the left bank of the Čonakut Channel in the Kopački Rit Nature Park was investigated in the period between June and October 2001.

At the sites observed nine aquatic plants were found: *Nymphoides peltata*, *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton gramineus*, *P. lucens*, *Carex* sp., *Polygonum amphibium*, *Salvinia natans*, *Spirodella polyrhiza* and *Lemna minor*. In macrophyte communities 13 species of freshwater snails were found: *Lymnaea auriculata*, *L. stagnalis*, *L. palustris*, *Lymnaea* (*Galba*) *truncatula*, *Lymnaea* sp., *Planorbarius corneus*, *Physa* (*Physella*) *acuta*, *Bithynia tentaculata*, *Viviparus accrosus*, *V. viviparus*, *Stagnicola coruus*, *Acroloxus lacustris* and *Oxyloma elegans*. During the research the most abundant were *Lymnaea auricularia*, *L. stangalis* and *Planorbarius corneus*. The greatest number of freshwater snails (six species) was found on the aquatic plants *Patamogeton gramineus*, *Carex* sp. and *Ceratophyllum demersum*, whereas the lowest number (one species) was found on the plant *Polygonum amphibium*.

KEYWORDS: freshwater snails, Lymnaeidae, Planorbidae, Viviparidae, macrophytes, Kopački Rit

UVOD

Vodene biljke u sporotekućim i stagnantnim vodama pružaju fizički i kemijski kompleksno stanište. Specifična kombinacija abiotičkih i biotičkih čimbenika u makrofitskim zajednicama značajno utječe na raznolikost i gustoću faune [3]. Submerzna (podvodna) vegetacija značajno modificira protok vode, dok emerzne (izronjene) vrste stabiliziraju sediment i obalno područje utječući tako na poboljšanje kvalitete vode [11].

U plitkim kanalima zajednice makrofita pružaju zaštitu fauni kako od disturbancije tako i od predatora, a velika površina vodenog bilja idealna je za kolonizaciju epifitskih alga koje većina makrofaune i meiofaune, a posebno mekušci koriste kao izvor hrane [15].

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Park prirode Kopački rit

Najveće površine Kopačkoga rita pokriva vodena i močvana vegetacija. Uz dominantnu zajednicu plavuna *Nymphoidetum peltatae*, česte su, posebice u stajaćim rukavcima i uz rubove sporotekućih voda u kanalima, zajednice vodenih leća, najčešće *Lemno-Spirodeletum polyrrhizae*. Zajednice mrijesnjava *Potamogeton lucentis* i *Potamogeton graminei* razvijaju se u mozaiku s drugim vodenim zajednicama, ovisno o vodnom režimu u proljeće i ljeto [12]. Velike vodene površine za vrijeme visokog vodostaja u proljeće pokriva zajednica krocnja i lokvanja *Myriophyllo-Nupharetum*. Uz rubne dijelove kanala i jezera koji su dio godine poplavljeni, a dio suhe, razvijeni su tršćaci i zajednice visokih šaševa [12].

Postaje istraživanja u kanalu Čonakut

Kanal Čonakut povezuje Kopačko i Sakadaško jezero, dužine je oko 3 km, širine do 30 m i dubine 2 do 5 m [12, 18], vodeni je put od Sakadaškoj jezera do Hulovskog kanala i nije plovao cijelom dužinom za iznimno niskih vodostaja. Na osnovu podataka za prozirnost, klorofil-a, otopljeni kisik (zabilježena su razdoblja anoksije tijekom ljetnih mjeseci), koncentraciju ukupnog fosfora i ukupnog dušika te konduktiviteta i suspendirane tvari te izračunom stupnja trofije prema [2] i [10], voda kanala okarakterizirana je kao eutrofna do hipereutrofna [18].

Na temelju vizualnog pregleda prisutne vodene vegetacije duž kanala Čonakut 13. lipnja 2001. utvrđeno je pet lokaliteta s makrofitima. Postaje su označene brojevima od 1 do 5. Dana 05. srpnja 2001., za vrijeme drugog terenskog izlaska, na još četiri lokaliteta razvila se vegetacija: u dijelu kanala neposredno uz Kopačko jezero (postaja kj) te na tri lokaliteta između postaja 4 i 5 te su označene kao 4a, b i c.

MATERIJAL I METODE

Uzorkovanje makrofita s pripadajućom faunom

Kvantitativni uzorci makrofita na dubini do 1 m ispod površine vode uzimani su pomoću drvenog okvira dimenzija 0,5 m x 0,5 m, odnosno s površine od 0,25 m² [1, 16]. Na svakoj od devet istraživanih postaja u kanalu Čonakut makrofitska vegetacija s pripadajućom faunom je direktno iz okvira sakupljena u najlon vrećice i etiketirana.



Slika 1. Položaj istraživanih postaja u kanalu Čonakut (Park prirode Kopački rit).

Analiza sastava makrofita

Vrsni sastav makrofitskih zajednica determinirao je mr. sc. Željko Zahirović, stručni suradnik u Zavodu za biologiju Pedagoškog fakulteta u Osijeku, a prema [17]. Makrofitske vrste svrstane su u određene biljne tipove [11]: emerznji makrofiti (*Lythrum*, *Lysimacha*, *Typha*, *Sagittaria*), submerzni (*Myriophyllum*, *Ceratophyllum*, *Elodea*, *Nitella*, *Potamogeton*) i plutajućih listova (*Nymphaea*, *Brasenia*, *Chara*, *Lemna*, *Spirodela*) te alge.

Odvajanje i obrada uzoraka slatkovodnih puževa

Makrofitska vegetacija pažljivo je pregledana i s nje su skinute sve jedinke slatkovodnih puževa zajedno s ostalim pripadnicima makrofaune u laboratoriju Zavoda za biologiju Pedagoškog fakulteta u Osijeku. Uzorci su konzervirani otopinom sljedećeg sastava: 310 mL dest. H₂O, 585 mL 96% etanol, 100 mL 4% formalin i 5 mL glicerina.

Pojedinačno su uzorci iz staklenih bočica prebačeni u laboratorijsku čašu. Iz laboratorijske čaše su male količine uzorka stavljanje u Petrijevu posudu promjera 14 cm. Kvalitativni i kvantitativni sastav zastupljenih slatkovodnih puževa određen je pomoću binokularne lupe Carl Zeiss, Jena, a prema [7] i [14]. Gustoća faune slatkovodnih puževa izražena je brojem jedinki na 0,25 m² ispitane vodene površine.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati istraživanja sastava faune slatkovodnih puževa prikazani u ovome radu prilog su poznavanju biodiverziteta Kopačkoga rita s obzirom da postoji mali broj pisanih podataka vazano uz skupinu slatkovodnih mekušaca (Mollusca) i to samo za područje Kopačkoga jezera, a podaci datiraju iz prve polovice prošloga stoljeća [12].

Tijekom vegetacijske sezone od lipnja do listopada 2001. godine na devet postaja u kanalu Čonakut u Parku prirode Kopački rit (tablica 1.) utvrđeno je prisustvo devet vodenih biljaka: submerzne vrste *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton gramineus*, *P. lucens*, vodene biljke plutajućih listova *Nymphoides peltata*, *Polygonum amphibium*, *Salvinia natans*, *Spirodella polyrhiza* i *Lemna minor* te emergentna vrsta *Carex* sp.

U monotipskim i bitipskim zajednicama makrofita (tablica 2.) utvrđeno je ukupno 13 vrsta slatkovodnih puževa: *Lymnaea auricularia* (Linnaeus, 1758), *L. stagnalis* (Linnaeus, 1758), *L. palustris* (O. F. Müller, 1774), *L. (Galba) truncatula* (O. F. Müller, 1774),

Lymnaea sp., *Planorbarius corneus* (Linnaeus, 1758), *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758), *Oxyloma elegans* (Risso, 1826), *Acroloxus lacustris* (Linnaeus, 1758), *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758), *Viviparus acerosus* (Borguignat, 1862), *Physa* (*Physella*) *acuta* (Draparnaud, 1805), *Stagnicola corvus* (Gmelin, 1791).

Tablica 1. Pregled terenskih izlazaka i prisutnih makrofita na postajama istraživanja u kanalu Čonakut.

Postaje	13.06.2001.	05.07.2001.	02.08.2001.	11.09.2001.
1	<i>Nymphoides peltata</i> (S.G. Gmel.) O. Kuntze	<i>N. peltata</i> <i>C. demersum</i>	<i>N. peltata</i> <i>C. demersum</i>	
2	<i>Potamogeton gramineus</i> (L.)			
3	<i>Potamogeton lucens</i> (L.)	<i>P. gramineus</i>	<i>Carex</i> sp. <i>C. demersum</i>	
kj		<i>Lemna minor</i> (L.) <i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) Schleiden	<i>Carex</i> sp.	
4	<i>Polygonum amphibium</i> (All.)	<i>P. amphibium</i>	<i>C. demersum</i>	<i>C. demersum</i> <i>Salvinia natans</i> (L.) All.
4a		<i>Carex</i> sp.	<i>C. demersum</i>	
4b	<i>Phragmites communis</i> (Trin.)			
4c		<i>N. peltata</i>	<i>Carex</i> sp. <i>N. peltata</i>	
5	<i>Ceratophyllum demersum</i> (L.)	<i>C. demersum</i>	<i>C. demersum</i>	<i>C. demersum</i>

Najveći broj vrsta (ukupno šest) slatkovodnih puževa zabilježen je na vrstama *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton gramineus* i *Carex* sp. (tablica 2.), dok je samo jedna jedinka vrste *L. auricularia* zabilježena na makrofitskoj vrsti *Polygonum amphibium*. Ukupno najveći broj jedinki puževa (49 jed./0,25 m²) uzorkovan je u asocijaciji s bitipskom zajednicom makrofita koju su činili dominantni *Ceratophyllum demersum* i *Salvinia natans*. U također bitipskoj zajednici *Lemna minor* i *Spirodella polyrhiza* kao i u monotipskim zajednicama *Ceratophyllum demersum* te *Potamogeton lucens* zabilježena je druga najviša vrijednost od 36 jed. puževa/0,25 m². Sastav faune slatkovodnih puževa u kanalu Čonakut sličan je (devet zajedničkih vrsta) sastavu faune Gastropoda u aluvijalnom dijelu Dunava u Rumunjskoj [14]. Broj vrsta i gustoća slatkovodnih puževa u kanalu Čonakut relativno je velika u usporedbi s podacima autora za druga slična istraživana područja [5, 8, 9, 13].

Tijekom vegetacijske sezone 2001. godine u kanalu Čonakut nije utvrđena jasna veza svih tipova makrofitskih zajednica s vrsnim sastavom faune slatkovodnih puževa, ali se jasno uočava veći diverzitet i gustoća slatkovodnih puževa vezano uz prisustvo submerzne vrste *Ceratophyllum demersum* čiji rašljasti gusto raspoređeni listovi imaju veliku površinu na kojoj predstavnici faune Gastropoda nalaze dovoljno hrane, a i pogodno sklonište za razmnožavanje [15].

Tablica 2. Sastav i gustoća faune slatkovodnih puževa (Gastropoda) ovisno o tipu makrofitske zajednice kao staništu.

Makrofitska vrsta	Broj vrsta Gastropoda	Vrsni sastav faune Gastropoda	br. jed. Gastr. / 0,25 m ²
<i>Ceratophyllum demersum</i>	3	<i>Lymnaea auricularia</i>	49
<i>Salvinia natans</i>		<i>Planorbarius corneus</i>	
		<i>Bithynia tentaculata</i>	
<i>C. demersum</i>	6	<i>L. auricularia</i> <i>L. stagnalis</i> <i>P. corneus</i> <i>Oxyloma elegans</i> <i>Acroloxus lacustris</i> <i>Viviparus viviparus</i>	36
<i>Potamogeton lucens</i>	4	<i>P. corneus</i> <i>L. stagnalis</i> <i>V. acerosus</i> <i>L. palustris</i>	36
<i>Lemna minor</i>	3	<i>P. corneus</i>	36
<i>Spirodella polyrhiza</i>		<i>Galba truncatula</i> <i>L. stagnalis</i>	
<i>Potamogeton gramineus</i>	6	<i>L. stagnalis</i> <i>L. auricularia</i> <i>P. corneus</i> <i>L. palustris</i> <i>Physa acuta</i> <i>Lymnaea</i> sp.	25
<i>Nymphoides peltata</i>	4	<i>L. auricularia</i> <i>L. stagnalis</i> <i>P. corneus</i> <i>P. acuta</i>	18,5
<i>Carex</i> sp. <i>peltata</i>	3	<i>L. stagnalis</i> <i>L. palustris</i> <i>P. corneus</i>	15
<i>peltata</i>	2	<i>L. auricularia</i> <i>L. stagnalis</i>	6
<i>C. demersum</i>	6	<i>P. corneus</i>	5,5
<i>arex</i> sp.		<i>L. stagnalis</i> <i>B. tentaculata</i> <i>L. auricularia</i> <i>Stagnicola coruus</i> <i>V. accrosus</i>	
<i>arex</i> sp. <i>demersum</i>		<i>L. auricularia</i> <i>L. stagnalis</i> <i>P. corneus</i>	
<i>tygonum amphibium</i>	1	<i>L. auricularia</i>	1

ZAHVALA

Istraživanja prikazana u ovome radu provedena su u okviru zadataka projekta «Zaštita voda rezervata Kopački rit» koji je financiralo Ministarstvo znanosti i tehnologije Republike Hrvatske. Autori zahvaljuju mr. sc. Željku Zahiroviću i dr. sc. Ivančici Jurčević na pomoći pri terenskom i laboratorijskom radu. Na tehničkoj pomoći pri izradi rada zahvaljujemo gospodinu Borisu Bolšecu iz JUPP Kopački rit u Bilju i Goranu Palijanu, mlađem asistentu iz Zavoda za biologiju Pedagoškog fakulteta u Osijeku, kao i Mirni Radišić, prof., Visoka učiteljska škola u Osijeku, na lekturi sažetka na engleskom jeziku.

LITERATURA

1. APHA (1985): *Standard methods for examination of water and wastewater*. Amer. Public Health Assoc. 16th Ed. Washington. 1481 pp.
2. Carlson, R. E. (1977): *A Trophic State Indeks for Lakes*. Limnol. and Oceanog. 22(2), 361-369.
3. Carpenter, S. R., Lodge, D. M. (1986): *Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes*. Aquatic Botany, 26, 341-370.
4. Cioboiu, O. (2002): *Gasteropoda Diversity within the Danube Alluvial Plain (700-800 km)*. Internat. Assoc. Danube Res., 34, 269-274.
5. Connor, A. O., Kavanagh, B., Reynolds, J. D. (-): *Aquatic Macroinvertebrate Colonisation of Artificial Water Bodies on Cutaway Oceanic Raised Bog in Ireland*. Royal College of Surgeons un Ireland. 15 pp.
6. Gec, D., Majstorović, V. (1990): *Ugroženost Kopačkog rita*. Priroda, 4-5, 10-12.
7. Jessup, B. K., Markowitz, A., Stribling, J. B. (1999): *Family-Level Key to the Stream Invertebrates of Maryland and Surrounding Areas*. CBWP-MANTA-EA-99-2.
8. Karaman, B. J. (2001): *Fauna Gastropoda (Mollusca) u plavnim zonama reke Tamiš (Srbija)*. Zbornik radova Naučnog skupa «Zasavica 2001.», 196-200.
9. Karaman, B. J., Živić, I. (2001): *Fauna Gastropoda (Mollusca) nekih fruškogorskih potoka (Vojvodina, Srbija)*. Zbornik radova Naučnog skupa «Zasavica 2001.», 201-207.
10. Kratzer, C. R., Brezonik, P. L. (1981): *A Carlson-type Trophic State Indeks for Nitrogen in Florida lakes*. Water Res. Bull., Am. Water Res. Assn. 17(4), 713-715, 1057-1060.
11. Krischik, V. A., Newman, R. M., Kyhl, J. F. (1999): *Managing Aquatic Plants in Minnesota Lakes*. FO-6955-GO. Regents of the University of Minnesota.
12. Mihaljević, M., Getz, D., Tadić, Z., Živanović, B., Gucunski, D., Topić, J., Kalinović, I., Mikuska, J. (1999): *Kopački rit. Pregled istraživanja i bibliografija*. HAZU, Zavod za znanstveni rad Osijek, Zagreb-Osijek, 188 str.
13. Mundy, C. J., Hann, B. J. (1996): *Snail-periphyton interactions in prairie wetland*. UFS (Delta Marsh) Annual Report, Vol. 31, 40-52.
14. Pflieger, V. (1999): *A Field Guide in Colour to Molluscs*. Blitz Editions, Bookmart Ltd. 216 pp.
15. Rooke, J. B. (1984): *The invertebrate fauna of four macrophytes in lotic system*. Freshwat. Biol., 14, 507-513.
16. Soszka, G. J. (1975): *The invertebrates on submerged macrophytes in three masurian lakes*. Ekol. Pol., 23(3), 371-391.
17. Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valentine, D. H., Walters, S. M., Webb, D. A. (1976): *Flora Europaea*. Vol. 1-5. Cambridge University Press. Cambridge, London, New York, Melbourne.
18. Vidaković, J., Bogut, I., Borić, E., Zahirović, Ž. (2002): *Hidrobiološka istraživanja u Parku prirode Kopački rit u razdoblju od studenoga 1997. do listopada 2001.* Hrvat. vode, 10(39), 127-144.

Autori:

mr. sc. Irella Bogut, asistent, Sveučilište J. J. Strossmayera, Pedagoški fakultet, Zavod za biologiju, L. Jägera 9, HR-31000 Osijek,
tel. +38531211400; fax. +38531212514; e-mail: irella.bogut@os.tel.hr

Ljiljana Jezidžić, prof. biologije i kemije, V. osnovna škola, Dr. Ante Starčevića bb, HR-32000 Vukovar

izv. prof. dr. sc. Jasna Vidaković, Sveučilište J. J. Strossmayera, Pedagoški fakultet, Zavod za biologiju, L. Jägera 9, HR-31000 Osijek,
tel. +38531211400; fax. +38531212514; e-mail: javidako@inet.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.06.

Ranjivost podzemne vode na širem području Zagreba

Željka Brkić, Sanja Kapelj, Tatjana Vlahović, Ozren Larva, Tamara Marković

SAŽETAK: Stanje kakvoće podzemnih voda u Hrvatskoj posebno je aktualizirano kroz Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta (NN br.55/02) i stupanje na snagu Okvirnih smjernica o vodama Europske unije (WFD-2000/60/EC). Budući da se na širem području Zagreba već niz godina provodi praćenje kakvoće podzemne vode, a posljednjih godina i hidrogeokemijska istraživanja zagrebačkog vodonosnika, u ovom su radu prikazane neki od dobivenih rezultata.

Zagrebački vodonosnik je aluvijalni, gruboklastični vodonosnik vrlo visoke propusnosti i neujednačene debljine. Zbog male debljine pokrovnih naslaga u krovini vodonosnika i brojnih izvora onečišćenja, ranjivost podzemne vode iznimno je velika. Korištenje hidrogeokemijskih metoda, koje uključuje mjerenje i analizu fizikalnih, fizikalno-kemijskih i kemijskih pokazatelja, te definiranje izotopnog sastava podzemne vode omogućava ocjenu porijekla i dinamike napajanja vodonosnika, te međusobnu vezu između njegovih pojedinih dijelova, što se u konačnici odražava i na antropogeni utjecaj na kakvoću podzemne vode. Rezultati provedenih hidrogeokemijskih istraživanja pokazuju uslojenost vodonosnog kompleksa s obzirom na različite hidrogeokemijske uvjete u pojedinim dijelovima vodonosnika, a stalni doprinos "mlade" vode govori o recentnom obnavljanju. Za zahvaćanje podzemne vode to je povoljna činjenica. Međutim, istovremeno sa stalnim dotokom vode, bilo infiltracijom padalina, bilo procjeđivanjem iz Save, u podzemnu vodu prodiru i različite onečišćujuće tvari, a one se bilježe ne samo u plićim već i u dubljim dijelovima vodonosnika.

KLJUČNE RIJEČI: aluvijalni vodonosnik, hidrogeokemijska istraživanja, stanje kakvoće podzemne vode

Vulnerability of Groundwater in the Greater Zagreb Area

SUMMARY: Groundwater quality became a topical issue once the Rules on Determining Well Field Sanitary Protection Zones (Official Gazette No. 55/02) were adopted and the EU Water Framework Directive (WFD-2000/60/EC) came into force. The paper presents some results of the groundwater monitoring in the greater Zagreb area, which has been conducted for a number of years, and the results of the hydrogeochemical research into the Zagreb aquifer conducted in the recent years.

The Zagreb aquifer is an alluvial, coarse clastic, highly permeable aquifer of uneven thickness. Small thickness of top layers in the aquifer overburden and numerous pollution sources make the groundwater vulnerability exceptionally high. Application of the hydrogeochemical method, inclusive of measurements and analyses of physical, physico-chemical and chemical indicators, and defining of the groundwater isotropic system enable evaluation of the aquifer replenishment origin and rates and of the relation between its segments, which altogether also reflects the anthropogenic impacts on the groundwater quality. The results of conducted hydrogeochemical

researches point to stratification of the water-bearing complex due to different hydrogeochemical conditions in individual parts of the aquifer, while permanent inflow of “young” water points to recent replenishment. These are good news for the groundwater capture. However, concurrently with the permanent water inflow either through infiltration of precipitations or seepage from the Sava River, the groundwater is exposed to ingress of different pollutants. Their presence is recorded not only in shallow but also in the deeper parts of the aquifer.

KEYWORDS: alluvial aquifer, hydrogeochemical researches, groundwater quality

1. UVOD

Premda je kakvoća podzemne vode, zbog svoje uporabljivosti, oduvijek zauzimala veliki značaj, posebno je aktualizirana posljednje dvije godine kada je u Europi na snagu stupio dokument Okvirne smjernice o vodama EU (WFD-2000/60/EC) i koji će Hrvatska, kao buduća članica EU, morati primijeniti, a čije je obveze dijelom preuzela ratificiranjem Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju EU.

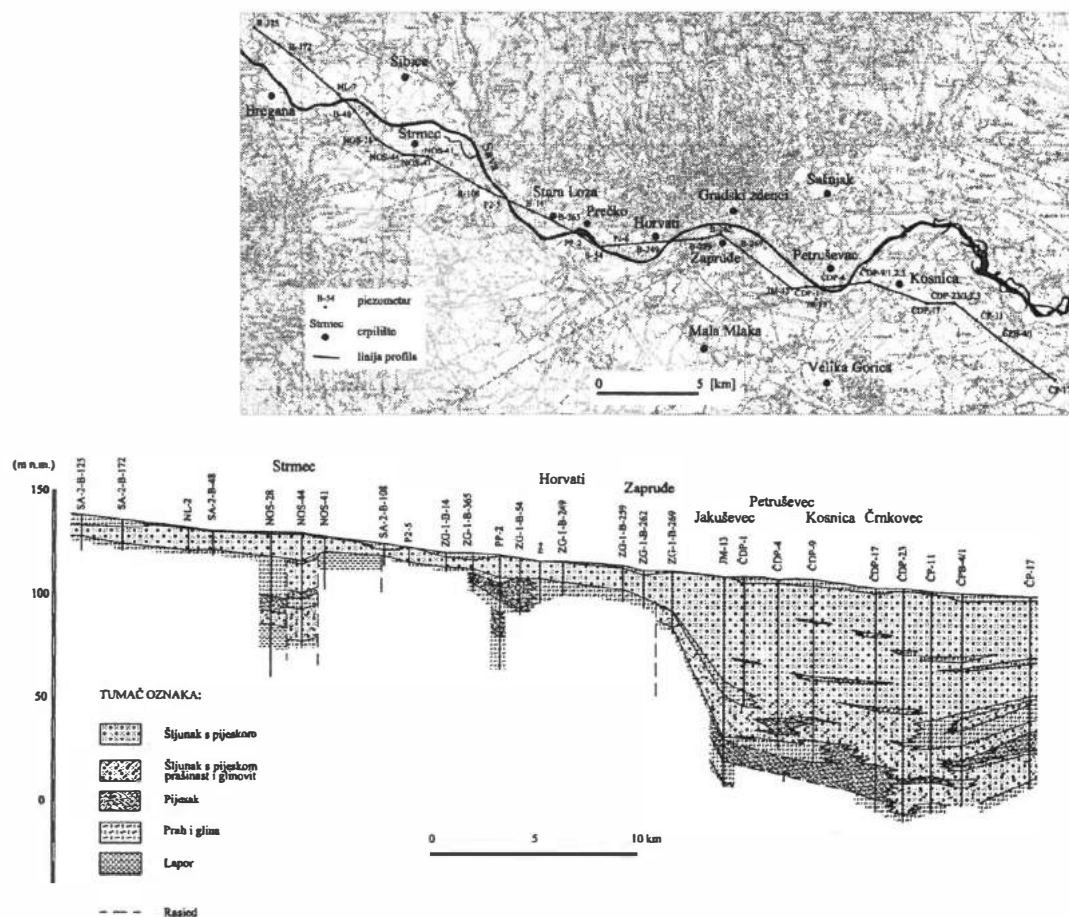
Prema Smjernicama posebna se pozornost treba posvetiti definiranju kvantitativnog i kvalitativnog stanja voda, koji se temelji na uspostavi odgovarajućeg praćenja razina podzemne vode i pokazatelja njene kakvoće. Kao glavni pokazatelji stanja kakvoće podzemne vode u okviru nadzornog monitoringa, koji prethodi uspostavljanju operativnog monitoringa, navedeni su otopljeni kisik, pH vrijednost, elektrolitička vodljivost, nitrati i amonijak (Annex V), a u prijedlogu za uspostavljanje strategije o sprečavanju i kontroli onečišćenja podzemne vode u okviru Smjernica (Draft 1.0 od 20.02.2003. – Annex I) navode se još: aluminij, arsen, kadmij, krom, bakar, živa, nikal, cink, kalij, natrij, kloridi, sulfati i ukupni organski ugljik. U ovom se prijedlogu još ističe potreba poklanjanja posebne pozornosti definiranju međusobne veze između pojedinih vodonosnih slojeva i, ako je moguće, razmatranje vremena zadržavanja podzemne vode.

Budući da na širem području grada Zagreba postoji veliki broj piezometara na kojima se prate razine i kakvoća podzemne vode na priljevnim područjima zagrebačkih crpilišta, a u tijeku su i hidrogeokemijska istraživanja, koja se sastoje od analize fizikalno-kemijskih i izotopnih pokazatelja podzemne vode, u ovom su članku prikazani samo neki rezultati provedenih istraživanja. Pri tome su korišteni podaci iz razdoblja od 2000. do 2002. godine. Podaci o fizikalno-kemijskim pokazateljima kakvoće podzemne vode (otopljeni kisik, nitrati, elektrolitička vodljivost, pH) preuzeti su iz analiza vode koje se rade u poduzeću Vodoopskrba i odvodnja d.o.o. Mjerenje koncentracije aktivnosti tricija i specifične aktivnosti ^{14}C u uzorcima podzemnih voda izvršeno je u Laboratoriju za mjerenje niskih aktivnosti Zavoda za eksperimentalnu fiziku Instituta Ruđer Bošković u Zagrebu, a određivanje ukupno otopljenog organskog ugljika izvedeno je u Zavodu za javno zdravstvo Republike Hrvatske u Zagrebu. Sadržaj stabilnih izotopa ugljika, kisika i vodika određen je u Izotopnom laboratoriju Joanneum Instituta u Grazu, Austrija.

2. HIDROGEOLOŠKA OBILJEŽJA

Zagrebački vodonosnik čine kvartarni sedimenti, koji se odlikuju horizontalnom i vertikalnom izmjenom različitih litoloških članova [2; 13; 14; 15]. S obzirom na dubinu zalijeganja vodonosnika i njegove litofacijsne karakteristike mogu se razlikovati tri cjeline: područje Samoborskog bazena, geološka struktura podsusedskog praga i područje istočno od linije Čehi-Noví Zagreb (slika 1). Na krajnjem zapadnom dijelu šljunkovito-pjeskovići vodonosnik je debljine oko 10 m. Veće debljine vodonosnika na području Samoborskog bazena nalaze se u izoliranoj lokalnoj spuštеноj strukturi kod Strmca,

gdje dosežu debljinu od oko 50 m. Na geološkoj strukturi podsusedskog praga debljina vodonosnika smanjuje se i ispod 5 m, a do linije Čehi-Novi Zagreb podina vodonosnika je na dubini 10-15 m. Nizvodno od te linije Savski bazen razmjerno naglo "tone", te se na području Petruševca i Črnkovca podina vodonosnika nalazi na oko 100 m dubine. Unutar šljunkovito-pjeskovitog vodonosnika nalaze se polupropusni prašinsto-glinoviti međuslojevi koji su u središnjem dijelu bazena mjestimice erodirani, a u rubnim dijelovima bazena sačuvani.



Slika 1: Uzdužni litološki profil zagrebačkog vodonosnika

Iznad šljunkovito-pjeskovitog vodonosnika nalaze se polupropusne naslage sastavljene od praha, prašinstog pijeska i gline. Debljina krovinskih polupropusnih naslaga je razmjerno mala. Uz rijeku Savu u pravilu iznosi 1-2 m, a značajnije povećanje njihovih debljina zapaža se tek istočno od Ivanje Reke gdje prelazi 10 m.

Rijeka Sava je usjekla svoje korito u šljunkoviti vodonosnik, pa je u neposrednoj hidrauličkoj vezi s podzemnom vodom. Generalni tok podzemne vode paralelan je toku rijeke Save. Na gotovo cijelom razmatranom području Sava napaja vodonosnik, što je još više potaknuto intenzivnim crpljenjem na velikim crpilištima. Kod Črnkovca hidraulička se slika mijenja i podzemna voda dijelom otječe u Savu, a dijelom u Odru.

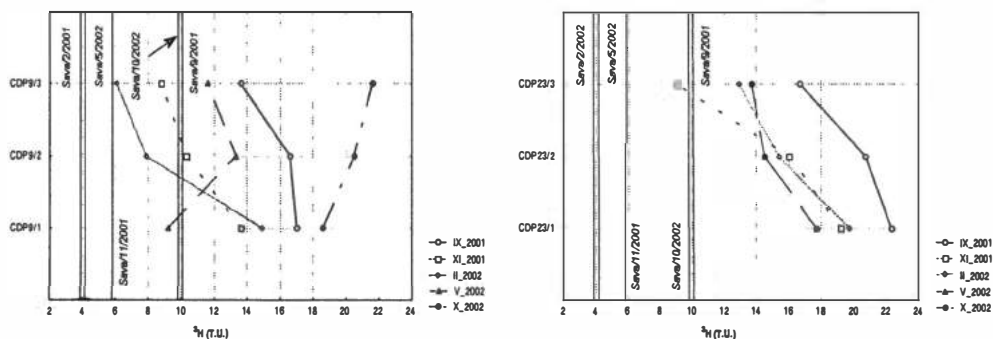
Na gotovo cijelom zagrebačkom području bilježi se sniženje razina podzemne vode što je posljedica sniženja savskih vodostaja uzrokovanih izgradnjom hidroenergetskih objekata u Sloveniji, regulacijom Save i njenih pritoka, eksploatacijom šljunka u koritu, ali i intenzivnom eksploatacijom podzemne vode na crpilištima.

3. HIDROGEOKEMIJSKI FACIJES I RASPODJELA IZOTOPNOG SASTAVA

Korištenje hidrogeokemijskih metoda, koje uključuje mjerenje i analizu fizikalnih, fizikalno-kemijskih i kemijskih pokazatelja, te definiranje izotopnog sastava podzemne vode omogućava ocjenu porijekla i dinamike napajanja vodonosnika, te međusobnu vezu između njegovih pojedinih dijelova, što se u konačnici odražava i na antropogeni utjecaj na kakvoću podzemne vode [3; 1]. Za ovakvo istraživanje na zagrebačkom području korišteni su piezometri ČDP-9/3 i ČDP-23/3 koji vodonosnik zahvaćaju na dubinskom intervalu 10-20 m, piezometri ČDP-9/2 i ČDP-23/2 na intervalu 23-56 m, a piezometri ČDP-9/1 i ČDP-23/1 na intervalu 55-85 m. Piezometri ČDP-9 nalaze se na području Kosnice, ČDP-23 u Črncovcu, a piezometar JP-10 nizvodno od odlagališta otpada Jakuševac (zahvat 4-38 m).

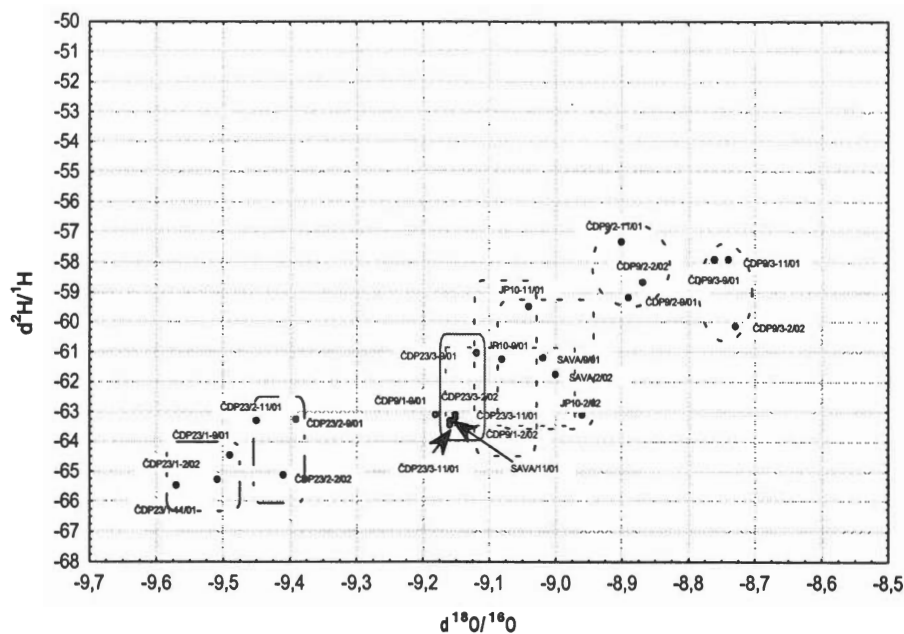
S obzirom na osnovni ionski sastav, koji je pretežito odraz otapanja stijena, odnosno minerala, koji izgrađuju vodonosne slojeve, podzemna voda zagrebačkog vodonosnika pripada Ca-HCO_3 tipu sa znatnim udjelom Mg [5].

Aktivnost tricija u podzemnoj vodi varira od 6 do 22 TU, a ^{14}C od 82 do 104 % suvremenog ugljika (pmC). Raspodjela aktivnosti oba izotopa po dubini vodonosnika na lokaciji piezometara ČDP-23 i ČDP-9 pokazuje da je sva količina vode rezultat recentnog obnavljanja, dakle pretežitim je dijelom rezultat infiltracije padalina posljednjih 50 godina [7; 4]. S aspekta obnavljanja podzemne vode to je vrlo povoljna činjenica. Porast koncentracije aktivnosti ^3H po dubini vodonosnika na piezometara ČDP-9 i ČDP-23 (slika 2) može biti rezultat trasiranja podzemnih voda 80-ih godina prošlog stoljeća. Plići dijelovi vodonosnika razrijeđeni su svježim doprinosima padalinskih voda, koje su se u podzemlje infiltrirale u razdoblju niže aktivnosti atmosfere. Općenito se može reći da ustanovljene varijacije po dubini piezometara ČDP-9 odražavaju istovremeni utjecaj procjeđivanja iz Save i infiltracije padalina, s time da raspon odstupanja mjerenja upućuje na velike brzine strujanja podzemne vode i izmjenu vode u pojedinim dijelovima vodonosnika. Pri tome dinamika izmjene nema veze s dubinom. Nešto mirnija sredina ustanovljena je po dubini piezometara ČDP-23, gdje su plići dijelovi više pod utjecajem lokalnog napajanja dok se s dubinom taj utjecaj smanjuje.



Slika 2. Raspodjela aktivnosti ^3H po dubini zagrebačkog vodonosnika

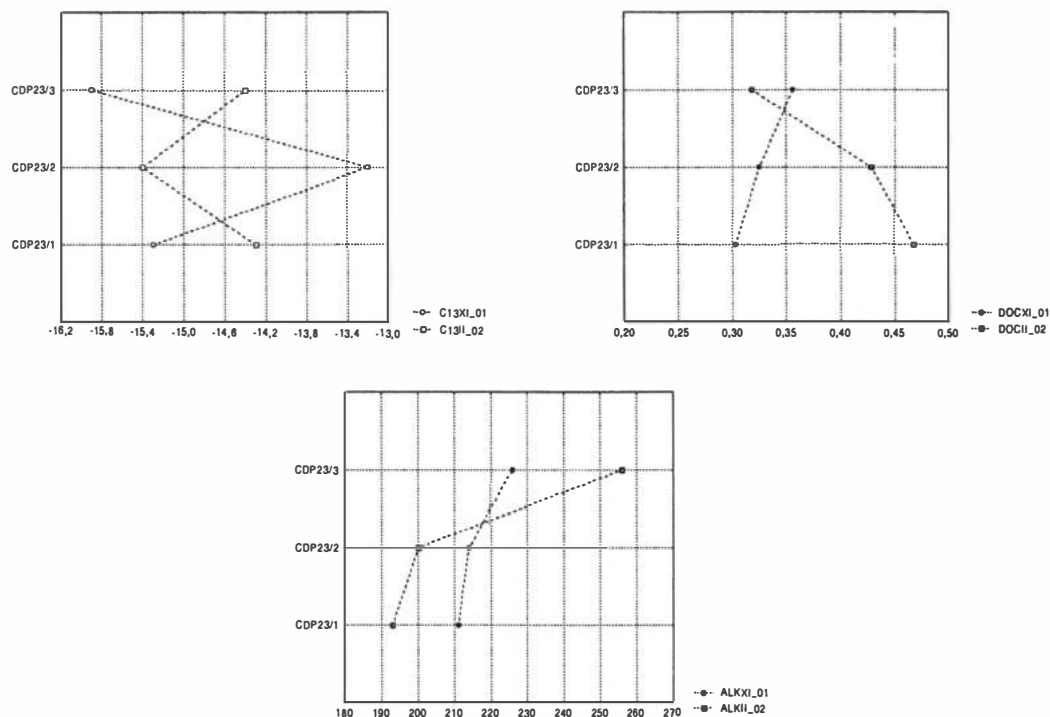
Primjena omjera stabilnih izotopa kisika ($\delta^{18}\text{O}$) i vodika ($\delta^2\text{H}$) u istraživanju podzemnih voda u sredinama međuzrnske poroznosti odnosi se na utvrđivanje područja pretežitog napajanja, ispitivanja brzine izmjene voda u pojedinim dijelovima vodonosnika i hidrauličke povezanosti između njih [6; 4]. Na zagrebačkom području sadržaj stabilnog izotopa vodika ($\delta^2\text{H}$) varira od -57 do -66 ‰, a kisika ($\delta^{18}\text{O}$) od -9.6 do -8.7 ‰ (slika 3). Vrijednosti omjera izotopa iz piezometra JP-10 najbliži su vrijednostima iz uzoraka rijeke Save. Vrijednosti iz pijeziometara ČDP-9 nešto su pozitivnije, poglavito iz plićeg dijela, jer odražavaju sadržaj izotopa u padalinama, dok su vrijednosti iz dubljih piezometara ČDP-23 negativnije od spomenutih i upućuju na izrazitiji regionalni dotok.



Slika 3: Odnos $\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^2\text{H}$ u zagrebačkom vodonosniku

Na putu kroz tlo do podzemne vode, voda otapa biogeni CO_2 koji ondje nastaje respiracijom bilja i raspadom organske materije. Taj CO_2 biogenog porijekla ima isti omjer stabilnih izotopa kao i biljke ($-26 \pm 5\%$). Zbog činjenice da je parcijalni pritisak CO_2 mnogo manji od parcijalnog pritiska biogenog CO_2 , pri otapanju karbonata mnogo je manji doprinos atmosferskog CO_2 od biogenog. Stoga negativnije vrijednosti omjera znače i veći udio biogenog ugljika, a pozitivnije veći udio anorganskog ugljika nastalog otapanjem stijena, utjecajem mora ili izotopnom izmjenom sa atmosferskim CO_2 .

Iz raspodjele $\delta^{13}\text{C}$ po dubini pijezometara ČDP-23 zapažaju se varijacije izotopnog sadržaja u svim dijelovima vodonosnika na što istovremeno mogu utjecati promjene otopljenog organskog ugljika (DOC) i izluživanje hidrogenkarbonata iz zone trošenja (ALK). S obzirom na mali broj mjerenja teško je nešto više zaključiti. Negativnije vrijednosti odraz su veće zastupljenosti ugljika biogenog porijekla u otopljenim hidrogenkarbonatima, a pozitivnije većeg udjela anorganskog ugljika [6]. Istovremeno, izmjerene vrijednosti DOC-a ne upućuju na veći sadržaj organske materije u vodonosniku, što bi bilo za očekivati u sredini nastaloj u jezersko-močvarnom facijesu, u kakvom su se taložile starije kvartarne naslage.



Slika 4. Raspodjela $\delta^{13}\text{C}$, DOC-a i hidrogenkarbonatnog alkaliteta po dubini vodonosnika

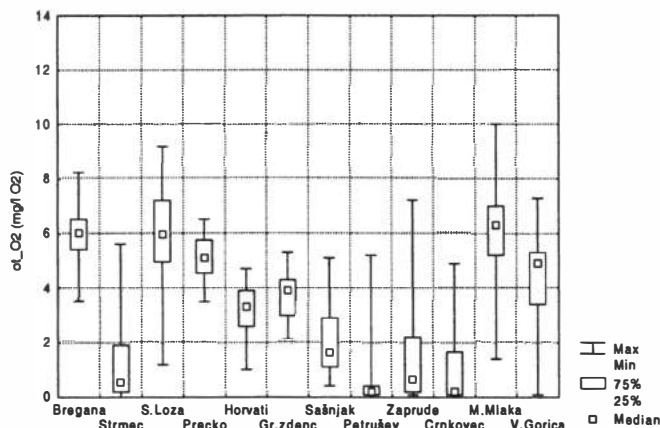
4. STANJE KAKVOĆE PODZEMNE VODE

Kakvoća podzemne vode na zagrebačkom području uglavnom odgovara Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (NN br.46/94). Međutim, iako u većini slučajeva ne prelaze maksimalne dozvoljene koncentracije u vodi za piće, na degradaciju kakvoće podzemne vode, kao posljedice antropogenog utjecaja, upućuju nitrati, ukupna i mineralna ulja, lakohlapljivi ugljikovodici, te povremena bakteriološka onečišćenja. Sadržaj mineralnih ulja u 2000. godini varirao je u rasponu 0.0006-0.008 mg/l, a ukupnih ulja 0.01-0.05 mg/l. Visoke koncentracije lakohlapljivih ugljikovodika u vodi bilježe se na crpilištu Sašnjak zbog čega se voda prerađuje preko aktivnog ugljena.

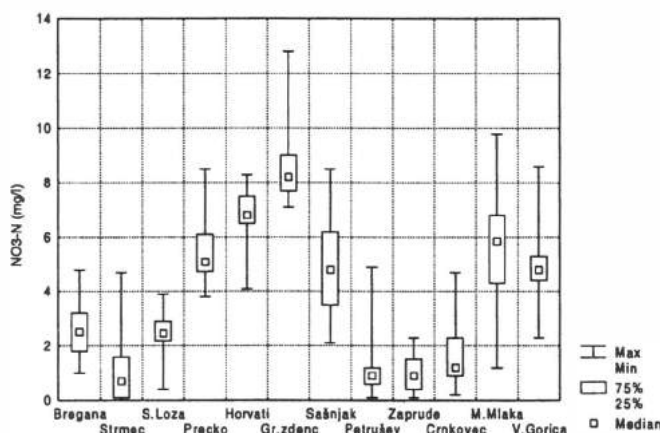
Imajući u vidu preporuke iz Okvirnih smjernica o vodama EU o glavnim pokazateljima kakvoće podzemne vode, u članku su prikazani otopljeni kisik, pH vrijednost, elektrolitička vodljivost, nitrati i amonijak u 2000. godini na priljevnim područjima crpilišta.

pH vrijednost podzemne vode nalazi se između 7 i 8 prema čemu je voda neutralna do slabo bazična. Niže vrijednosti pH bilježe se na lokaciji Jakuševca gdje produkti razgradnje obližnjeg komunalnog otpada povećavaju kiselost vode. Elektrolitička vodljivost podzemne vode u pravilu varira između 400 i 1000 mS/cm, a veće vrijednosti od toga bilježe se na pojedinim piezometrima unutar priljevnih područja crpilišta nizvodno od onečišćivača. Prema Uredbi o klasifikaciji voda (NN br. 77/98) na većini priljevnih područja crpilišta podzemna voda prema elektrolitičkoj vodljivosti pripada III. vrsti voda (700-1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), dok I. vrsti voda (<500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), u koju se svrstavaju i vode za piće, pripada podzemna voda na području crpilišta Zapruđe, te sa šireg području Črkovca.

Smanjenje sadržaja otopljenog kisika u podzemnoj vodi zagrebačkog vodonosnika bilježi se na lijevoj obali rijeke Save od zapada prema istoku (slika 5). Općenito najniže koncentracije otopljenog kisika u vodi vezane su za priljevna područja crpilišta Strmec, te Petruševac, Zapruđe i Črnkovec. Zbog niske koncentracije kisika omogućeno je otapanje manganskih oksida i željeznih hidroksida iz sedimenta i u skladu s tim, povećana koncentracija mangana i/ili željeza u podzemnoj vodi u pojedinim zonama priljevnih područja crpilišta Strmec, Petruševac i Črnkovec.



Slika 5. Otopljeni O₂ u podzemnoj vodi (2000.god)



Slika 6. NO₃-N u podzemnoj vodi (2000. god)

Sadržaj nitrata u podzemnoj vodi zagrebačkog vodonosnika razmjerno je visok i upućuje na utjecaj poljoprivredne djelatnosti i otpadnih voda. Najniže koncentracije nitrata vezane su za crpilišta Strmec, Zapruđe, Petruševac i Črnkovec (slika 6), gdje je i sadržaj kisika otopljenog u vodi nizak. Na priljevnom području crpilišta Petruševac poljoprivredna djelatnost je zastupljena, a niska koncentracija nitrata i kisika u vodi, te povećan sadržaj Mn može se povezati s prirodno reduktivnijim uvjetima u vodonosniku zbog kojih dolazi do smanjenja sadržaja O₂, NO₃⁻ i povećanja sadržaja Mn u vodi. Slična situacija je i na području Črnkovca i Strmca. U ostalom dijelu zagrebačkog vodonosnika dominiraju oksidativniji uvjeti, zbog čega je i sadržaj nitrata u vodi viši.

Prema skraćenim fizikalno-kemijskim analizama provedenim na nekoliko piezometara na širem zagrebačkom području (Strmec, Mala Mlaka, Črnkovec) u razdoblju 2000.-2002. (laboratorij Instituta za geološka istraživanja) sadržaj amonijaka u vodi plićeg dijela vodonosnika manji je od 0.01 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$, u dubljim dijelovima nešto je viši od toga, a na piezometru JP-10, smještenom nizvodno od odlagališta otpada Jakuševac, zabilježen je u iznosu od oko 2.5 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$. Detaljnija analiza upućuje na znatan utjecaj odlagališta na kakvoću podzemne vode koji se uočava sve do Mičevca [8].

Općenito se može zaključiti da brojni parametri koji dodatno upućuju na antropogeni utjecaj na kakvoću podzemne vode (nitrati, mineralna i ukupna ulja) pokazuju blagi trend sniženja sadržaja u vodi. Kod detaljnije analize zapaža se da je to sniženje u uskoj vezi sa sniženjem razina podzemne vode, te da se povećane koncentracija ovih parametara bilježi u vrijeme visokih razina vode što upućuje na ispiranje zone trošenja i gornje zone vodonosnika u kojoj se onečišćenje zadržava.

5. ZAKLJUČAK

Rezultati hidrogeokemijskih i izotopnih istraživanja na području zagrebačkog vodonosnika pokazuju da postoji hidrogeokemijska i izotopna uslojenost, što se posebno očituje udaljavanjem od rijeke Save. Hidrogeokemijski uvjeti i raspodjela izotopnog sastava upućuju na različito vrijeme napajanja i zadržavanja podzemne vode u kontaktu s naslagama, kako na pojedinim dubinama vodonosnika, tako i na različitim dijelovima istraživanog područja. Ipak sva istraživanja upućuju da po cijeloj dubini vodonosnika postoji stalni doprinos "mlade" vode, odnosno da je sva količina vode rezultat recentnog obnavljanja, dakle pretežitim je dijelom rezultat infiltracije padalina posljednjih 50 godina. U prilog tome govore podaci o aktivnosti tritija u podzemnoj vodi koja iznosi 6-22 TU, ^{14}C koja se nalazi između 82 i 104 % suvremenog ugljika (pmC), te sadržaj stabilnog izotopa vodika ($\delta^2\text{H}$) od -57 do -66 ‰, a kisika ($\delta^{18}\text{O}$) od -9.6 do -8.7 ‰. Za zahvaćanje podzemne vode to je povoljna činjenica. Međutim, istovremeno sa stalnim dotokom vode, bilo infiltracijom padalina, bilo procjeđivanjem iz Save, u podzemnu vodu prodiru i različite onečišćujuće tvari, a one se bilježe ne samo u plićim već i u dubljim dijelovima vodonosnika. U prilog tome govori i nalaz mineralnih i ukupnih ulja u vodi na piezometrima na širem području Črnkovca koji vodonosnik zahvaćaju na dubinama većim od 50 m. Ipak, stanje kakvoće podzemne vode na zagrebačkom području, ako bi se definiralo prema standardima za pitku vodu, razmjerno je dobro. Mjere zaštite podzemne vode u budućnosti trebaju ići u smjeru daljnjeg praćenja dinamike i kakvoće podzemne vode, te trenda ponašanja pojedinih pokazatelja stanja vode kako bi se na vrijeme moglo spriječiti njeno pogoršanje.

LITERATURA

1. Appelo, C.A.J. & D. Postma (1994): *Geochemistry, groundwater and pollution*. Balkema, Rotterdam.
2. Blašković, I. & I. Dragičević (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. Boulding, R.J.(1995): *Practical Handbook of Soil, Vadose Zone, and Groundwater*

- Contamination: Assessment, Prevention, and Remediation*. Lewis Publishers, 948 str.
4. Gonfiantini, R., Frohlich, K., Araguas-Araguas, L. & K. Rozanski (1998): *Isotopes in Groundwater Hydrology - Isotope Tracers in Catchment Hydrology*, Ed. Kendall, C. & J.J. McDonnell, Elsevier Science B.V., 203-246 str.
 5. Hem, J.D. (1985): *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. U.S.G.S. Water Supply Paper 2254.
 6. IAEA (1981): *Stable Isotope Hydrology*. Technical Report Series No. 210, Vienna.
 7. IAEA (1983): *Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology*, Technical report series No. 91, International Atomic Energy Agency, Vienna.
 8. Nakić, Z. (2003): *Uzroci i posljedice promjene kakvoće podzemne vode na zagrebačkom području*. Disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 113 str.
 9. *Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing strategies to prevent and control pollution of groundwater* (Draft 1.0, 20.02.2003.)
 10. *Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće* (NN br.46/94).
 11. *Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta* (NN br.55/02).
 12. *Uredba o klasifikaciji voda* (NN br. 77/98)
 13. Velić, J. & Durn, G. (1993): *Alternating lacustrine-marsh sedimentation and subaerial exposure phases during Quaternary: Prečko, Zagreb, Croatia*. Geol. Croatica, 46/1, 71-90.
 14. Velić, J. & Saftić, B. (1991): *Potpovršinska rasprostranjenost i facijesne značajke srednjopleistocenskih taložina u području između Zaprešića i Samobora*. Geol. vj., 44, 78-82.
 15. Velić, J., Saftić, B. & Malvić, T. (1999): *Lithologic Composition and Stratigraphy of Quaternary Sediments in the Area of the "Jakuševac" Waste Depository (Zagreb, Northern Croatia)*. Geol. Croatica, 52/2, 119-130.
 16. *Water Framework Directive European Union* (WFD-2000/60/EC)

Autori:

- Dr.sc. Željka Brkić, dipl.inž.geol., Institut za geološka istraživanja, Sachsova 2, Zagreb, tel. 01 6160-728, fax. 01/6144-713, e-mail: brkic@igi.hr
- Dr.sc. Sanja Kapelj, dipl.inž.geol., Institut za geološka istraživanja, Sachsova 2, Zagreb, tel. 01 6160-760, fax. 01/6144-713, e-mail: skapelj@igi.hr
- Dr.sc. Tatjana Vlahović, dipl.inž.geol., Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, tel. 01 6307-327, fax. 01/6307-686, e-mail: vtatjana@voda.hr
- Mr.sc. Ozren Larva, dipl.inž.geol., Institut za geološka istraživanja, Sachsova 2, Zagreb, tel. 01 6160-728, fax. 01/6144-713, e-mail: larva@igi.hr
- Tamara Marković, dipl.inž.geol., Institut za geološka istraživanja, Sachsova 2, Zagreb, tel. 01 6160-711, fax. 01/6144-713, e-mail: tmarkovic@igi.hr



Rad 2.07.

Raspodjela fitoplanktona i nutrijenata u estuariju rijeke Zrmanje (srpanj 2000)

Zrinka Burić, Katarina Caput, Goran Olujić, Damir Viličić

SAŽETAK: Rijeka Zrmanja je krška rijeka koja uslijed malog raspona plime i oseke te dovoljno velikog dotoka slatke vode stvara visokostratificirani estuarij. Oštra haloklina dijeli vodeni stupac na gornji bočati i donji morski sloj. Istraživanje je provedeno u srpnju 2000 godine u gornjem i srednjem dijelu estuarija na sedam postaja. Zabilježen je uobičajeni temperaturni podpovršinski maksimum, te mala koncentracija ortofosfata ($<0,15 \mu\text{mol L}^{-1}$). Veće koncentracije ukupnog anorganskog dušika (TIN) ($6,92 - 0,56 \mu\text{mol L}^{-1}$) i silikata ($10,5 - 0,4 \mu\text{mol L}^{-1}$) bile su u gornjem dijelu estuarija. Redfieldov omjer (TIN/PO_4) u gornjem dijelu estuarija bio je znatno veći od 16, što ukazuje da su fosfati u gornjem dijelu estuarija limitirajući čimbenik za razvoj fitoplanktona. Abundancija mikrofitoplanktona bila je najveća u srednjem dijelu estuarija ($1,2 \times 10^{-5}$ stanica L^{-1}) gdje su znatno stabilniji uvjeti za razvoj. Nakupljanja miksotrofa, te pojačana koncentracija nitrita i amonijaka na čelu estuarija ukazuje na pojačanu mikrobiološku aktivnost zbog dotoka alohtone organske tvari u oligotrofni estuarij. Raspodjela fitoplanktona u estuariju rijeke Zrmanje u razdoblju smanjenog dotoka vode rijekom je odraz termohalinih svojstava i raspodjele koncentracije hranjivih tvari.

KLJUČNE RIJEČI: Zrmanja, krš, estuarij, fitoplankton, nutrijenti

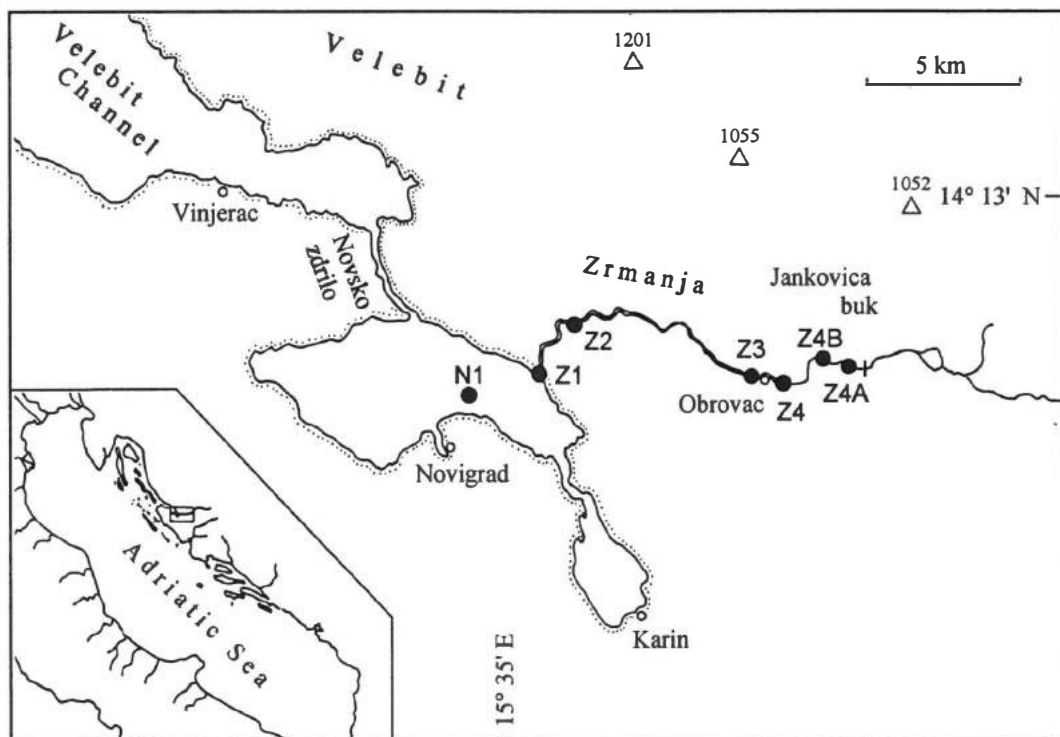
Distribution of Phytoplankton and Nutrients in the Zrmanja River Estuary (July 2000)

SUMMARY: The Zrmanja River is a small karstic river, discharging in the eastern-central Adriatic Sea. Due to low tides and sufficient river discharge, it forms a highly stratified estuary. Sharp halocline divides water column into upper brackish and lower marine layer. The research was carried out in July 2000, at seven stations in the upper and middle reach of the estuary. The usual subsurface temperature maxima were detected. The concentration of orthophosphates was low ($<0.15 \mu\text{mol L}^{-1}$). Higher concentrations of total inorganic nitrogen (TIN) ($6.92 - 0.56 \mu\text{mol L}^{-1}$) and silicates ($10.5 - 0.4 \mu\text{mol L}^{-1}$) were detected in the upper estuary. Redfield ratio (TIN/PO_4) was higher than 16 in the upper reach indicating phosphates as limiting growth factor for phytoplankton. The maximum abundance of microphytoplankton was found in the middle estuary (1.2×10^{-5} cells L^{-1}), where living conditions were most stabile. Accumulation of mixotrophic phytoplankton, as well as nitrates and ammonium, were detected in the head of the oligotrophic estuary, indicating higher microbiological recycling of foreign organic mater. The distribution of phytoplankton in the period of lower riverine inflow was correlated with termohaline and hydrodynamic conditions and distribution of nutrients.

KEYWORDS: Zrmanja, karst, estuary, phytoplankton, nutrients

Uvod

Rijeka Zrmanja nalazi se između planinskog lanca Velebita sa sjeverne strane i prostrane sjeverodalmatinske zaravni [3] s južne i istočne strane. Područje čini izrazito razveden i složen hidrogeomorfološki sustav [4]. Estuarij Zrmanje dijeli se na gornji dio (kanjon od Jankovića buka do Novigradskog mora), srednji dio (Novigradsko i Karinsko more), te donji dio (Novsko ždrilo).



Slika 1. Karta istraživanog područja sa postajama.

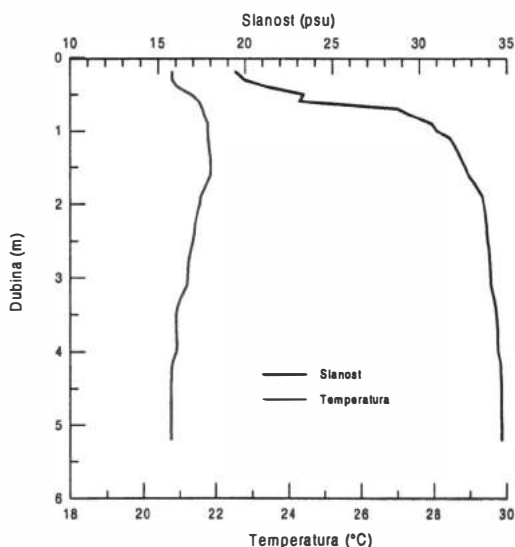
Oštra haloklina dijeli vodeni stupac na bočati sloj iznad halokline i na morski ispod halokline, po čemu se estuarij Zrmanje može klasificirati kao visoko stratificirani sustav, u periodu jačeg dotoka rijeke Zrmanje [10]. Koncentracija nutrijenata u estuariju je niska što ukazuje na slab antropogeni utjecaj (uz grad Obrovac sa manje od 1000 stanovnika). Koncentracija fosfata je niska s porastom nizvodno od Obrovca, dok su koncentracije silikata i ukupnog dušika najveće uz čelo estuarija [11]. Prema ranijim istraživanjima najveća abundancija mikrofitoplanktona je u Novigradskom moru, a nanoplanktonskih dinoflagelata uz čelo estuarija [2].

Cilj ovog rada je prikazati vertikalnu i horizontalnu raspodjelu fitoplanktona i nutrijenata u razdoblju smanjenog protoka rijeke Zrmanje, te utvrditi njihovu povezanost i ovisnost o termohalnim i hidrografskim odnosima.

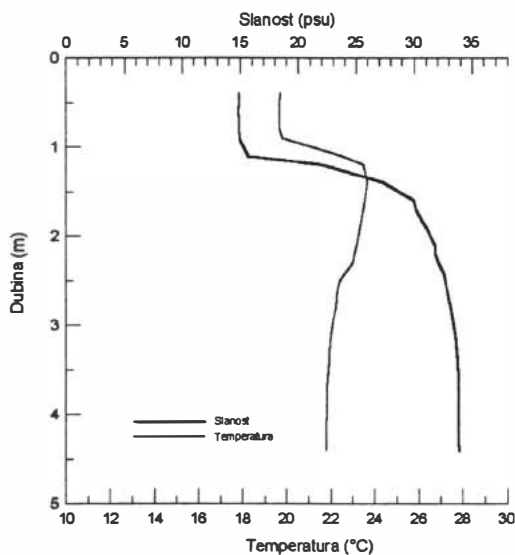
Materijali i metode

Istraživanja su provedena u estuariju rijeke Zrmanje u srpnju 2000 godine (slika 1). Uzorkovalo se u gornjem dijelu estuarija na šest postaja (Z1, Z2, Z3, Z4, Z4B, Z4A) na

dubinama 0, 1, 2, 3, 4 metara, te u srednjem dijelu na postaji N1 na dubinama 0, 2, 4 i 10 metara. Uzorci od 5 L su uzimani Nansenovim crpcem iz kojeg su uzimani poduzorci za istraživanje parametre. Uzorci za analizu abundancije fitoplanktona fiksirani su u 2% otopini neutraliziranog formaldehida. Poduzorci od 50 ml sedimentirani su 24 sata u komoricama za sedimentaciju, te analizirani pomoću inverznog mikroskopa (Zeiss Axionwert 200) metodom prema Utermöhlju [8]. Stanice veće od 20 μm brojane su kao mikrofitoplankton, a stanice manje od 20 μm kao nanoplankton. Nutrijenti su određivani standardnom metodom prema Stricklandu i Parsonsu [7]. Prozirnost vodenog stupca mjerena je bijelom Seccievom pločom. Temperatura i salinitet mjereni su CTD sondom (Seabird, USA).



Slika 2. Raspodjela termohalinih odnosa na postaji Z2 u srpnju 2000 godine.

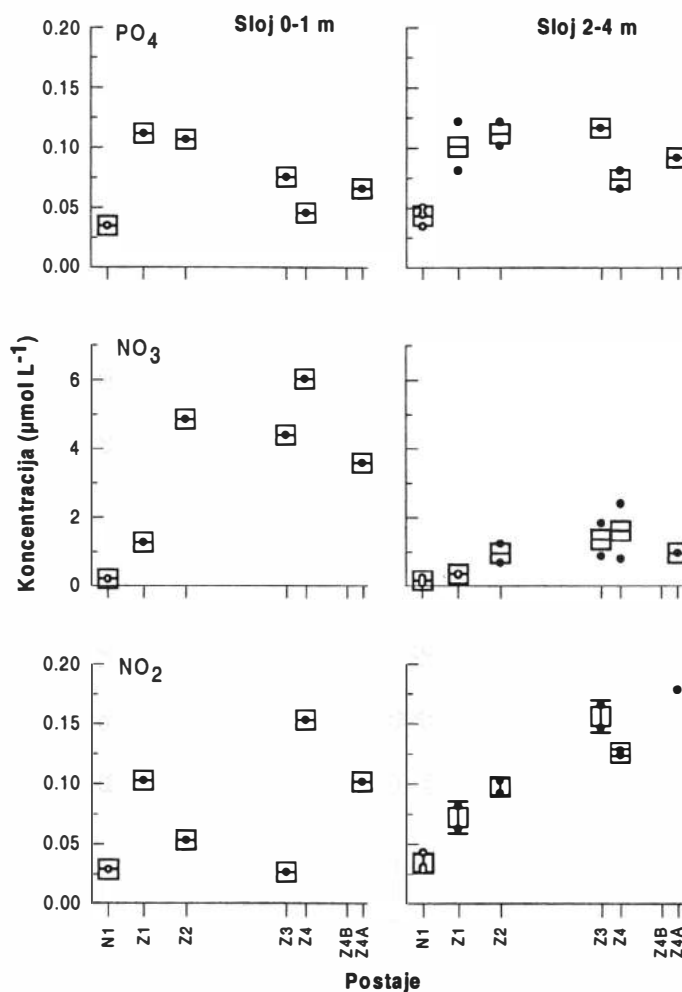


Slika 3. Raspodjela termohalinih odnosa na postaji Z4 u srpnju 2000 godine.

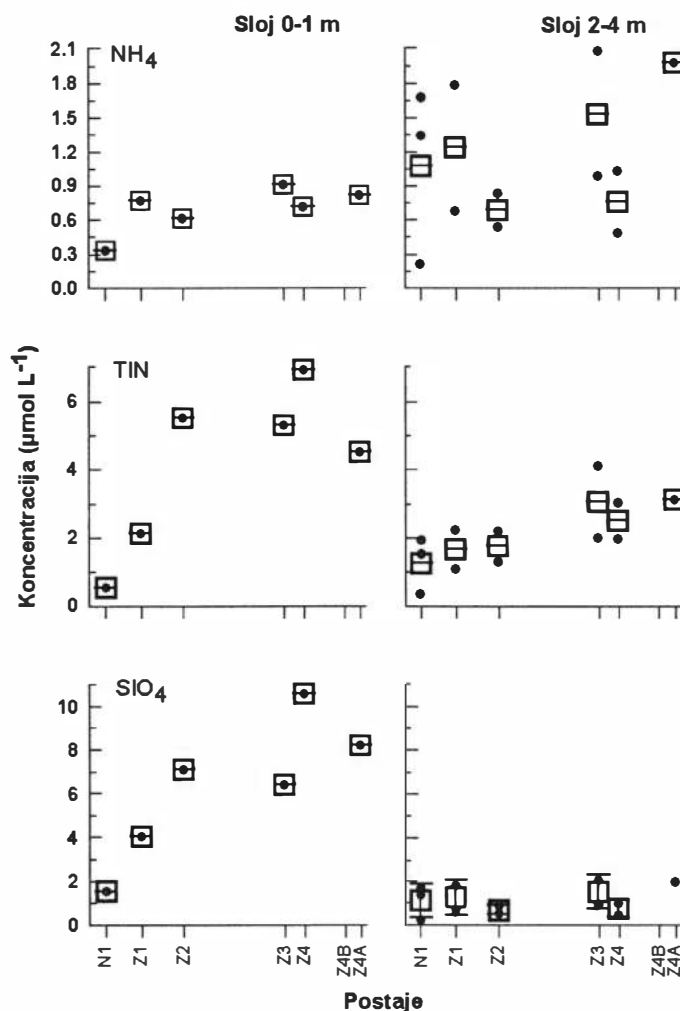
Rezultati

Protok rijeke Zrmanje u srpnju 2000 godine bio je nizak (1 do 2,1 m³s⁻¹). Haloklina je bila određena na dubini 1-2 m, dok je na ušću bila blizu površine (slika 2,3). Salinitet površinskog sloja bio je od 30 (postaja N1) do 12,5 PSU (postaje Z4B i Z4A). Prosječna temperatura bila je 21°C. Termoklina se poklapala s haloklinom (slika 2,3).

Koncentracija nutrijena bila je relativno niska. Koncentracija fosfata bila je od 0,2 do 0,12 μmol L⁻¹ (slika 4), s porastom nizvodno od Obrovca. Nitrati (NO₃) su dolazili rijekom te je njihova koncentracija (6 – 0,2 μmol L⁻¹) bila povišena u sloju iznad halokline, te je opadala prema Novigradskom moru (slika 4). Koncentracija nitrita (NO₂) bila je znatno niža (0,02 – 0,2 μmol L⁻¹), te je u sloju ispod halokline pratila trend nitrata (slika 4). Koncentracija amonijaka bila je viša u sloju ispod halokline s vrijednostima od 0,2 – 2,1 μmol L⁻¹ (slika 5). Koncentracija ukupnog dušika (TIN) bila je veća iznad halokline s maksimumom na čelu estuarija (6,92 μmol L⁻¹), te minimumom u Novigradskom moru (0,32 μmol L⁻¹) (slika 5). Koncentracija silikata pratila je trend koncentracije ukupnog



Slika 4.



Slika 5. Raspodjela koncentracije fosfata, nitrita i nitrata, iznad i ispod halokline, uzduž estuarija, u srpnju 2000. godine.

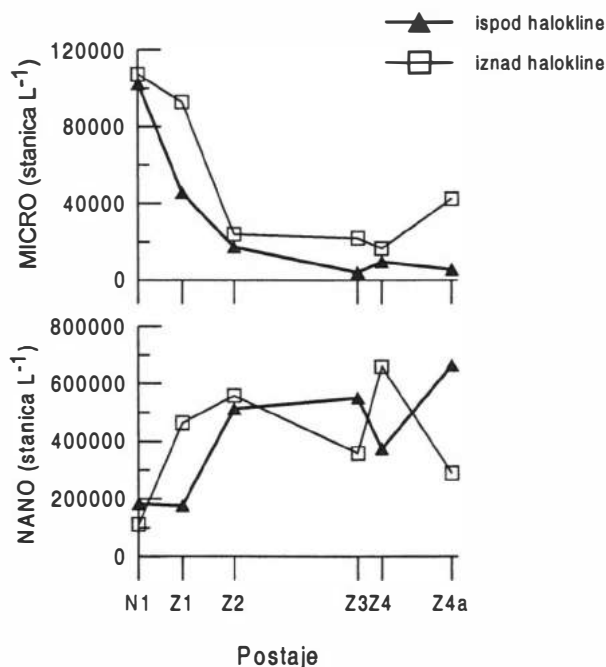
dušika, s maksimalnim vrijednostima na čelu estuarija ($10,5 \mu\text{mol L}^{-1}$), te minimumom u Novigradskom moru ($0,4 \mu\text{mol L}^{-1}$) (slika 5). Redfieldov omjer (TIN/PO_4) bio je znatno veći od 16.

Abundancija mikrofitoplanktona bila je najveća u Novigradskom moru ($1,2 \times 10^5$ stanica L^{-1}), te je opadala prema čelu estuarija (slika 6). Na postaji Z4A u sloju iznad halokline zabilježen je porast abundancije (4×10^4 stanica L^{-1}) uslijed donosa slatkovodnog mikrofitoplanktona (vrste roda *Dynobryon*) koji se razvio u rijeci (slika 6).

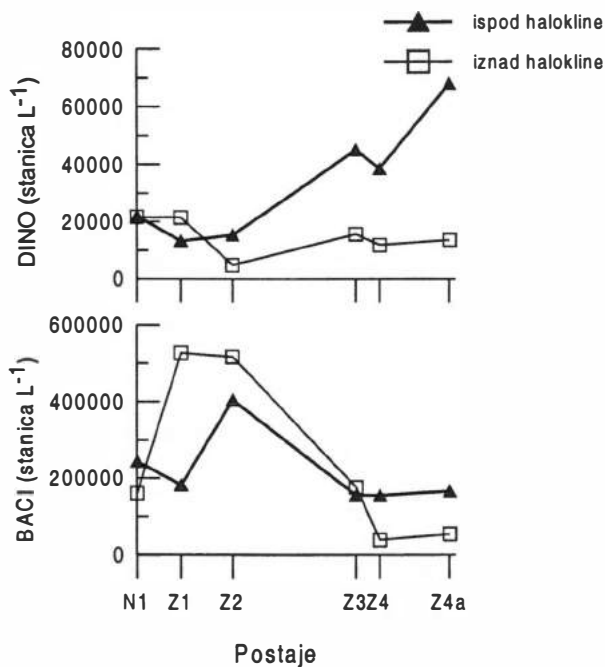
Abundancija nanoplanktona imala je u sloju ispod halokline dva maksimuma, na postaji Z4a ($6,5 \times 10^5$ stanica L^{-1}) i na postaji Z3 ($5,5 \times 10^5$ stanica L^{-1}) (slika 6).

Maksimalna abundancija dinoflagelata, pretežno nanoplanktonskih, određena je u morskom sloju na čelu estuarija na postaji Z4a (7×10^4 stanica L^{-1}).

Dijatomeje su imale maksimum abundancije na početku Novigradskog mora na postaji Z1 (5×10^5 stanica L^{-1}) (slika 7).



Slika 6. Uzdužna raspodjela abundancije (stanica L⁻¹) mikrofitoplanktona (MICRO) i nanoplanktona (NANO), iznad i ispod halokline u srpnju 2000 godine.



Slika 7. Uzdužna raspodjela abundancije (stanica L⁻¹) dinoflagelata (DINO) i dijatomeja (BACI), iznad i ispod halokline u srpnju 2000 godine.

Diskusija

Smanjeni protok rijeke Zrmanje uzorkovao je plitku haloklinu te povišeni salinitet površinskog sloja vode. U sloju halokline zabilježen je uobičajeni temperaturni podpovršinski maksimum. Koncentracija fosfata bila je niska sa porastom u sloju ispod halokline nizvodno od Obrovca. Koncentracija ukupnog dušika (TIN) bila je znatno viša u sloju iznad halokline s trendom smanjivanja prema Novigradskom moru. Najveći udio u ukupnom dušiku imali su nitrati čiji je izvor bila rijeka, te je njihova koncentracija ispod halokline bila izrazito mala. Nitriti nastaju kao produkt mikrobiološke aktivnosti, te imaju kratko vrijeme postojanja i brzo prelaze u nitrata [6]. Njihova najveća koncentracija na čelu estuarija ispod halokline ukazuje na pojačanu mikrobiološku aktivnost u estuariju. Amonijak (NH_4) velikim dijelom nastaje izlučivanjem zooplanktona, pa su njegove koncentracije bile najveće u morskom sloju, te na čelu estuarija zbog mikrobiološke razgradnje alohtone organske tvari. Raspodjela koncentracije silikata je slična raspodjeli ukupnog dušika, što ukazuje da je njihov glavni izvor također rijeka.

Abundancija mikrofitoplanktona najveća je u Novigradskom moru gdje strujanje slabi i stvaraju se najstabilniji uvjeti za razvoj. Na čelu estuarija su znatne promjene saliniteta zbog promjenjivog dotoka riječne vode, a u tako nestabilnim uvjetima najbolje se razvija nanoplankton.

Rijeka donosi u estuarij slatkovodni mikrofitoplankton, koji se razvija u akumulaciji HE Velebit. Time se objašnjava porast abundancije mikrofitoplanktona na račun krizoficeja na postaji Z4a u sloju iznad halokline. Uslijed povišenog saliniteta slatkovodni fitoplankton ugiba duž halokline. Propadanjem primarne biomase u estuariju stvara se organski detritus [12, 9]. Mnogi dinoflagelati i drugi nanoflagelati su miksotrofi te fagocitiraju sitnije organske čestice i mikroorganizme [1, 5]. Nakupljanje miksotrofa i pojačana koncentracija nitrita i amonijaka ukazuju na pojačanu mikrobiološku aktivnost, kao posljedicu prirodne eutrofikacije oligotrofnog ekosistema estuarija rijeke Zrmanje.

Literatura

1. Bockstahler, K., R., Coats, D.W. (1993): Spatial and temporal aspects of mixotrophy in Chesapeake Bay dinoflagellates. *J. Euk. Microbiol.* 40, 49-60.
2. Burić, Z., Viličić, D., Carić, M., Olujić, G. (2001): Seasonal distribution of hydrographic characteristics and phytoplankton in the karstic Zrmanja Estuary (eastern Adriatic Sea). *Rapp. Comm. Int. Explor. Sci. Mer Medit.* 36, 363.
3. Friganović, M. (1961): Polja gornje Krke. *Radovi Geogr. Inst. Sveuč. Zagreb*, sv.3
4. Fritz, F., 1972: Razvitak gornjeg toka rijeke Zrmanje. *Krš Jugoslavije* 8, 1-16.
5. Havskum, H., Riemann, B. (1996): Ecological importance of bacterivorous, pigmented flagellates (mixotrophs) in the Bay of Aarhus, Denmark. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 137, 251-263.
6. Lipschultz, F., Zafiriou, O.C., Ball, L.A. (1996): Seasonal fluctuations of nitrite concentrations in the deep oligotrophic ocean. *Deep-Sea Res.* 43, 403-419.
7. Strickland, J. D. H., Parsons, T. R. (1972): A practical handbook of seawater analyses. *Fish. Res. Bd. Can. Bull.* 167, 1-310.
8. Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitteilungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie.* 9: 1-38.

9. Viličić, D., Legović, T., Žutić, V. (1989): Vertical distribution of phytoplankton in a stratified estuary. *Aquat. Sci.* 51, 31 – 46.
10. Viličić, D., Orlić, M., Burić, Z., Carić, M., Jasprica, N., Kršinić, F., Smirčić, A., Gržetić, Z. (1999): Patchy distribution of phytoplankton in a highly stratified estuary (the Zrmanja estuary, October 1998). *Acta Bot. Croat.* 58, 105–125.
11. Viličić, D., Carić, M., Burić, Z., Olujić, G. (2001): Distribution of nutrients and phytoplankton in the karstic estuary (the Zrmanja River, eastern Adriatic Sea). *Rapp. Comm. Int. Explor. Sci. Mer Medit.* 36, 424.
12. Žutić, V., Legović, T. (1987): A film of organic matter at the freshwater/seawater interface of an estuary. *Nature* 323, 612 – 614.

Autori:

Zrinka Burić, dipl. inž., Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Tel: 4877716, Fax: 4826260, e-mail: zburic@zg.biol.pmf.hr

Katarina Caput, mr.sc., Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Tel: 4877716, Fax: 4826260

Goran Olujić, dipl. inž., Hidrografski institut, Zrinsko-Frankopanska bb, Split

Damir Viličić, prof. dr., mr.sc., Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Tel: 4877716, Fax: 4826260



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.08.

Da li postoji veza između molarnih omjera hranjivih soli i fitoplanktona u jezeru Vlača

Marina Carić, Nenad Jasprica

SAŽETAK: Morsko jezero Vlača (0.5 km², najveća dubina 11 m) je dio estuarija rijeke Neretve. U razdoblju od travnja 1999. do travnja 2000., jednom mjesečno sakupljani su uzorci na postaji "Rogotin" za analizu hidrografskih, kemijskih i bioloških parametara. Uzorci su uzimani svaki metar dubine od površine do dna. Obzirom na hidrodinamičke značajke, raslojavanje vodenog stupca utvrđeno je tijekom cijele godine. Oštra haloklina dijelila je vodeni stupac na bočati sloj iznad, i na morski sloj ispod, halokline. Zbog dotoka hladnije riječne vode, termoklina se poklapala s haloklinom. Tijekom cijele godine vodeni stupac je bio dobro prozračen do dubine tri metra, dok ispod osam metara dubine dolazi do manjka ili potpunog nedostatka kisika. U ovom radu molarni omjeri hranjivih soli /Si:P, UAN:P, Si:UAN, NO₃:NH₄, Si:IS (indeks svjetlosti), UAN:IS/ uspoređivani su s gustoćom populacija fitoplanktona i to iznad i ispod piknokline.

KLJUČNE RIJEČI: hranjive soli, molarni omjeri, fitoplankton, jezero Vlača, estuarij, rijeka Neretva

Is there any Relationship Between Phytoplankton Population Structure and Resource Ratios in the Marine Lake Vlača

SUMMARY: The marine lake Vlača (0.5 km², 11 m max. depth) is located in the lower Neretva river estuary, eastern Adriatic. Samples for analyses of hydrographic, chemical and biological parameters were collected once a month at Rogotin Station, in one meter intervals from surface to bottom (11 m), from April 1999 till April 2000. With respect to hydrographic characteristics, water column stratification was found throughout the year. Sharp halocline separates a water column into a brackish layer above and marine layer below. Due to inflow of the cold river water, thermocline overlaps with halocline and so does pycnocline creating a very pronounced separation between brackish and marine layer. Throughout the year, the water column was well aerated to the depth of three meters, and low oxygen concentration or complete lack of oxygen was noticed below eight meters.

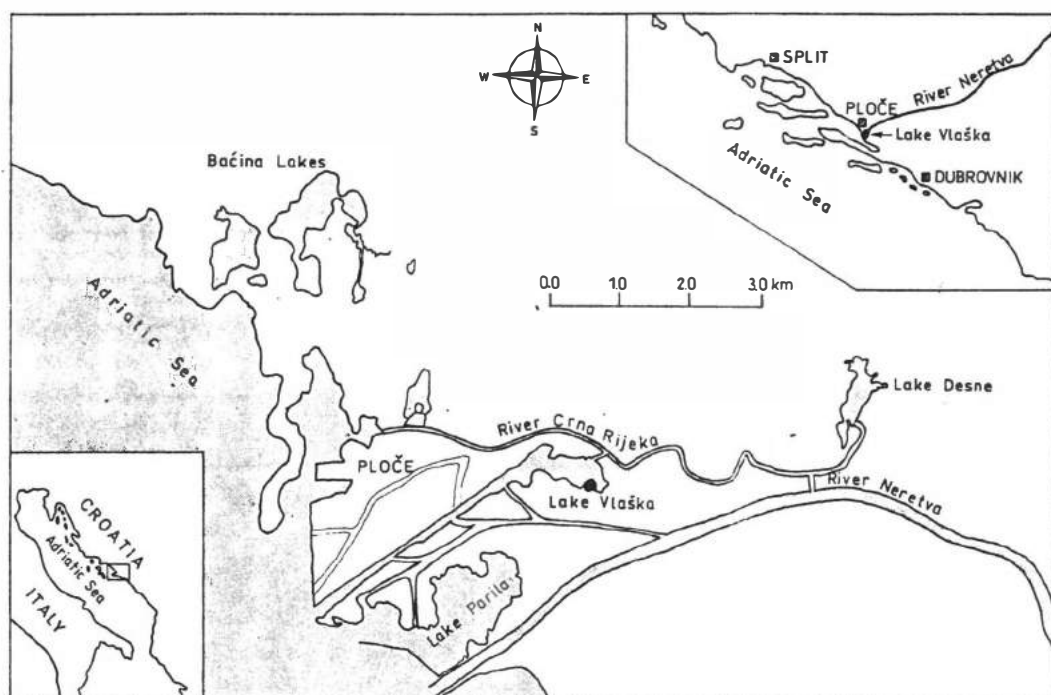
In the present study, molar ratios of Si:P, TIN:P, Si:TIN, Si:light, TIN:light that are considered as the most important phytoplankton growth regulators, as well as NO₃:NH₄ that is considered as a substitutable resource are calculated for both layers, above and below pycnocline. Relationship between the abundance of phytoplankton and resource ratios are discussed.

KEYWORDS: nutrients, molar ratios, phytoplankton, marine lake Vlača, estuary, the Neretva River

Uvod

Jezero Vlača (0.5 km²), jedno je od manjih jezera u donjem dijelu estuarija rijeke Neretve, s najvećom dubinom 11 m. Prije melioracijskih radova 1963., jezero Vlača bilo je povezano s morem kanalom Stare Neretve. Nakon melioracijskih radova jezero je

povezano kanalom s Crnom Rijekom u sjeveroistočnom dijelu, dok je prirodna veza s otvorenim morem produbljena (Sl.1.).



Slika 1. Položaj istraživane postaje

Utjecaji pritoka rijeke Neretve i mora, ovom jezeru daju visoko stratificiran estuarijski karakter. Godišnji protok Neretve je $414 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ blizu Metkovića [4]. U razdoblju lipanj–rujan, srednji mjesečni protok Neretve je svega $4\text{--}5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ [3].

U ovom su radu prvi put za jezero Vlačka izračunati molarni omjeri hranjivih soli, koji se smatraju važnim regulatorima rasta fitoplanktona. Za pravilnu interpretaciju molarnih omjera neophodno je uvijek pratiti stvarne koncentracije hranjivih soli. Među najvažnijim regulatorima rasta fitoplanktona smatraju se molarni omjeri reaktivnog silicija i reaktivnog fosfora Si:P, ukupnog anorganskog dušika i reaktivnog fosfora UAN:P, nitrata i amonijaka $\text{NO}_3\text{:NH}_4$, reaktivnog silicija i ukupnog anorganskog dušika Si:UAN, reaktivnog silicija i indeksa svjetlosti Si:IS i ukupnog anorganskog dušika i indeksa svjetlosti UAN:IS. Cilj rada je utvrditi da li postoji veza između tih omjera i gustoće populacije fitoplanktona u jezeru Vlačka.

Materijal i metode

U razdoblju od travnja 1999. do travnja 2000., jednom mjesečno sakupljani su uzorci na postaji “Rogotin” za analizu hidrografskih, kemijskih i bioloških parametara. Uzorci su uzimani Niskinovim crpcem, svaki metar dubine od površine do dna. Slanost je određena standardnom titracijskom metodom. Koncentracije hranjivih soli određivane su standardnim oceanografskim metodama [11]. Indeks svjetlosti (IS) izračunat je prema Sommeru [9]:

$$\text{IS} = 2(\text{SD}/z_{\text{mix}}) \times (\text{D}/24)$$

IS - indeks svjetlosti, SD - prozirnost (m), z_{mix} - dubina miješanja (m), D - dužina dana (h). Na sl. 2 i 3 prikazane su srednje vrijednosti istraživanih parametara iznad i ispod piknokline.

Rezultati i rasprava

S obzirom na hidrodinamičke značajke, raslojavanje vodenog stupca utvrđeno je tijekom cijele godine. Oštra haloklina dijeli vodeni stupac na bočati sloj iznad, i na morski sloj ispod, halokline. Zbog dotoka hladnije riječne vode, termoklina se podudara s haloklinom. Također se i piknoklina podudara s haloklinom i termoklinom. Tako je granica između bočatog i morskog sloja snažno naglašena.

Tijekom godine vodeni stupac je dobro prozračen do dubine od tri metra, dok ispod osam metara dubine dolazi do manjka ili potpunog nestanka kisika. Granica dobre prozračnosti u proljeće spušta se do 8 metara, dok je gornja granica hipoksije ljeti na dubini 5 m. Naglašena piknoklina otežava donos vode bogate kisikom u dublje slojeve. Ovakvoj raspodjeli kisika pridonose i kemijski procesi vezani uz jezerske planktonske populacije.

Dotoci slatke vode odražavaju se na koncentraciju i raspodjelu hranjivih soli unutar vodenog stupca. Minimalne koncentracije hranjivih soli iznosile su za reaktivni silicij $0,14 \mu\text{M}$; za UAN $0,3 \mu\text{M}$ i za reaktivni fosfor $0,07 \mu\text{M}$ (Sl. 2).

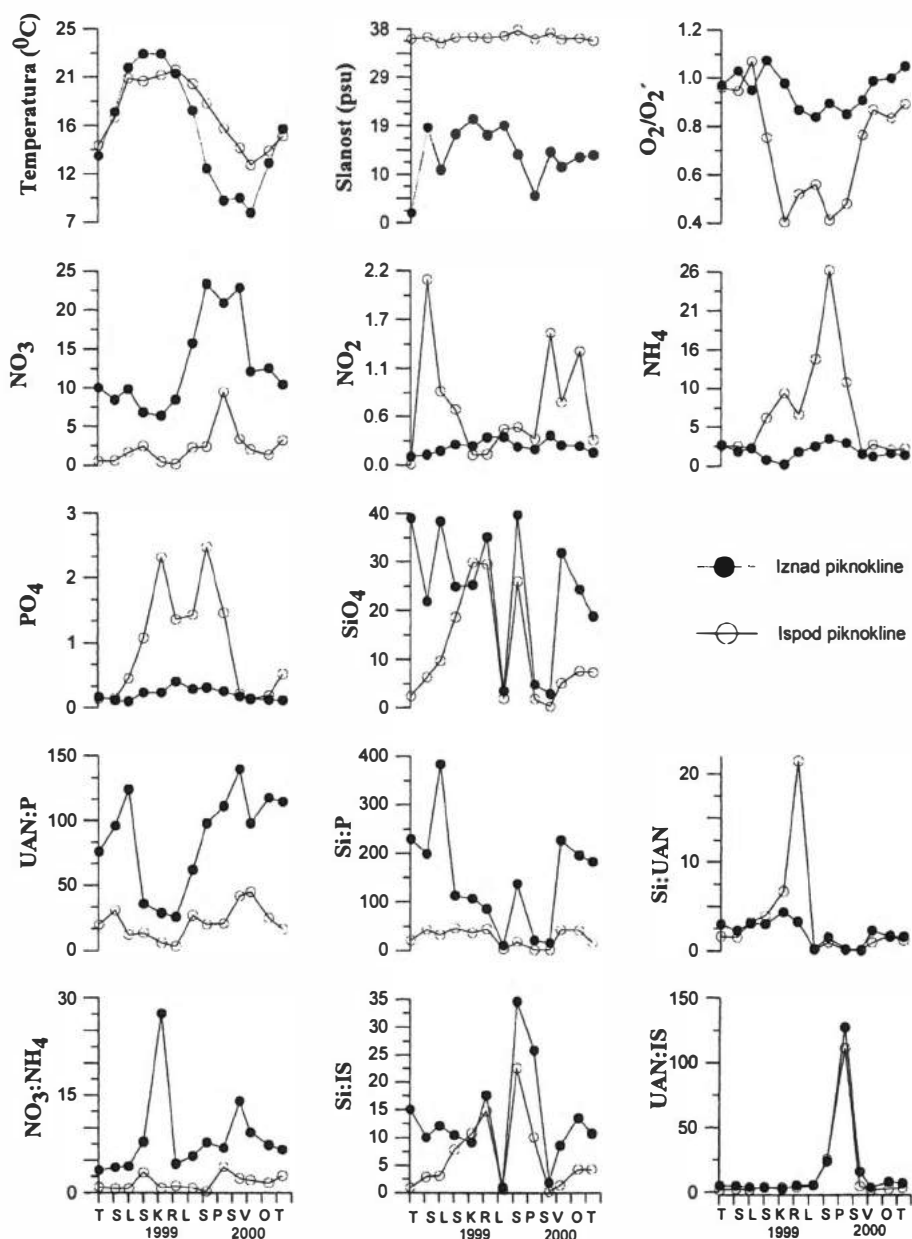
Potrebne količine fosfora, dušika i silicija za ishranu fitoplanktona su poznate u literaturi [5,8]. Prema tim podacima, koncentracije UAN i reaktivnog fosfora, čak i njihovi minimumi, zadovoljavaju potrebe za ishranu fitoplanktona. Međutim koncentracije reaktivnog silicija u sloju ispod piknokline u prosincu 1999. i u siječnju 2000., nedostatne su za fitoplankton.

U populaciji microfitoplanktona u jezeru Vlača (MICRO, stanica $>20 \mu\text{m}$) prevladavaju morske vrste. Male stanice dijatomeja dominirale su iznad piknokline tijekom proljeća (*Thalassiosira*, *Cyclotella*) i ljeti (*Chaetoceros*), dok su ispod piknokline najbrojnije velike stanice dijatomeja (*Nitzschia* i *Pseudo-nitzschia*) (Sl.3). Prethodile su im visoke koncentracije reaktivnog silicija i molarnog omjera Si:P. U srpnju se u sloju iznad piknokline povećava molarni omjer $\text{NO}_3:\text{NH}_4$ i to isključivo kao posljedica smanjenja koncentracije amonijaka za 65% u odnosu na lipanj. U kolovozu maksimalna je vrijednost $\text{NO}_3:\text{NH}_4$ ($28 \mu\text{mol}:\mu\text{mol}$) povezana sa smanjenjem koncentracije amonijaka za 72% u odnosu na srpanj. Maksimalna gustoća populacija nanofitoplanktona (NANO $5,7 \times 10^6$ stanica l^{-1}) je u kolovozu. Male stanice, kao izvor dušika radije koriste amonijak nego nitrat [1,2,6,7]. Krivulja $\text{NO}_3:\text{NH}_4$ u jezeru Vlača, odražava taj odnos. Najmanja godišnja gustoća populacija dijatomeja u oba sloja (iznad piknokline 2×10^3 , ispod piknokline 1×10^3 , stanica l^{-1}), u prosincu 1999., poklapa se s minimalnim vrijednostima omjera Si:P (iznad piknokline 16, ispod piknokline 2,47) i Si:UAN (iznad piknokline 0,11, ispod piknokline 0,05). Slični podaci su nađeni u literaturi [10].

Gustoća populacija dinoflagelata bila je najveća u rujnu (*Scrippsiella trochoidea*, 4×10^6 stanica l^{-1} , $>90\%$ MICRO) u sloju ispod piknokline. Visoke koncentracije reaktivnog fosfora ($2,32 \mu\text{M}$) i amonijaka ($9,83 \mu\text{M}$) izmjerene su u sloju ispod piknokline u mjesecu kolovozu. Najniže gustoće populacija MICRO i NANO su bile u prosincu 1999. i siječnju 2000. U tom razdoblju najmanja je bila prozirnost (0,5 m), indeks svjetlosti (0,19), koncentracija reaktivnog silicija ($0,14 \mu\text{M}$) kao i omjeri Si:P i Si:UAN.

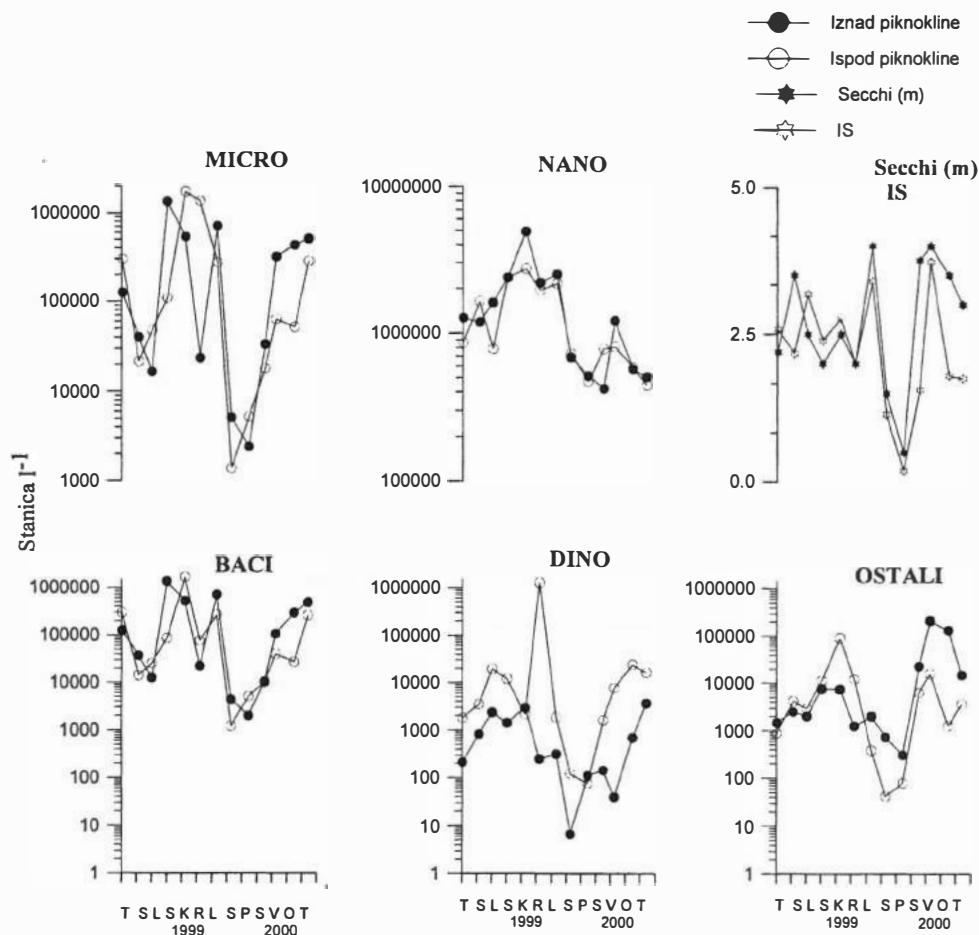
Ovo su prvi podaci o molarnim omjerima hranjivih soli u jezeru Vlačka. U jezeru postoji veza između molarnih omjera i gustoće populacija fitoplanktona. Optimalni omjeri utvrdit će se za dominantne fitoplanktonske vrste. Dobijeni rezultati usporedit će se s rezultatima iz drugih estuarija duž istočnojadranske obale.

Jezero Vlačka - Postaja Rogotin



Slika 2. Raspodjela fizičko-kemijskih parametara i molarnih omjera u jezeru Vlačka. Hranjive soli ($\mu\text{mol dm}^{-3}$), molarni omjeri ($\mu\text{mol}/\mu\text{mol}$)

Jezero Vlačka - Postaja Rogotin



Slika 3. Raspodjela gustoće populacija mikrofitoplankton (MICRO), nanofitoplanktona (NANO), dijatomeja (BACI), dinoflagelata (DINO) i ostalih skupina mikrofitoplanktona (kokolitoforidi, silikoflagelati, cijanobakterije, euglenofiti)

LITERATURA

1. Dortch, Q. (1990) : The interaction between ammonium and nitrate uptake i phytoplankton. Mar. Ecol. Prog. Ser. 61, 183-202.
2. Dortch, Q., Thompson, P.A., Harrison, P.J. (1991) : Short-term interaction between nitrate and ammonium uptake in *Thalassiosira pseudonana*: effect of preconditioning nitrogen source and growth rate. Mar. Biol. 110, 183-193.
3. Glamuzina, M. (1986) : Delta rijeke Neretve. Hrvatsko geografsko društvo, Zagreb, 145.
4. Juračić, M. (1998) : O nastanku i promjenama delte rijeke Neretve. Dubrovnik 4, 228-232.
5. Kohl, J. G., Niklisch, A. (1988) : Ökophysiologie der Algen. Akademie Verl. Berlin.
6. Koike, I., Holm-Hansen, O., Biggs, D.C. (1986) : Inorganic nitrogen metabolism by Antarctic phytoplankton with special reference to ammonium cycling. Mar. Ecol. Prog. Ser. 30, 105-116.

7. Probyn, A. T. (1987) : Ammonium regeneration by microplankton in an upwelling environment. Mar. Ecol. Prog. Ser. 37, 53-64.
8. Sommer, U. (1991) : The application of the Droop-model of nutrient limitation to natural populations of phytoplankton. Verh. Internat Verein Limnol. 24, 791-794.
9. Sommer, U. (1993) : Phytoplankton competition in Plußsee: A field test of the resource-ratio hypothesis. Limnol. Oceanogr. 38, 838-845.
10. Sommer, U. (1996) : Plankton ecology: The past two decades of progress. Naturwiss. 83, 293-301.
11. Strickland, D, J. D. H., Parsons, T. R. (1972) : A practical handbook of seawater analysis.. Fish. Res. Bd. Can. Bull. 167., 1-310.

Autori:

Dr.sc. Marina Carić, *Institut za oceanografiju i ribarstvo, Laboratorij za ekologiju planktona, pp.83, 20101 Dubrovnik, e-mail: caric@labdu.izor.hr*

Dr.sc. Nenad Jasprica, *Institut za oceanografiju i ribarstvo, Laboratorij za ekologiju planktona, pp.83, 20101 Dubrovnik*



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.09.

Fitoplankton kao pokazatelj stupnja trofije u estuariju Krke (2001-2002)

Ivona Cetinić, Damir Viličić

SAŽETAK: Količina i taksonomski sastav fitoplanktona, uz fizičko-kemijske, važni su parametri koji indiciraju stupanj eutrofikacije mora.

Estuarij rijeke Krke je visoko stratificirani sustav. Istraživanja fitoplanktona provedena su u veljači, travnju i rujnu 2001, te lipnju 2002 godine, u srednjem dijelu (postaja E3) i u donjem dijelu estuarija (postaje E4a, E5).

Cilj istraživanja jest definiranje stupnja eutrofikacije na temelju abundancije fitoplanktona.

Relativno mali broj podataka pokazuje da je donji dio estuarija pod znatnim antropogenim utjecajem.

Maksimalna abundancija mikrofitoplanktona ($3,3 \times 10^6$ stanica L⁻¹) i nanofitoplanktona ($9,3 \times 10^5$ stanica L⁻¹) određena je u šibenskoj luci (na postaji E4a). Visoke vrijednosti makrofitoplanktona ($6 \times 10^3 - 1,4 \times 10^6$ stanica L⁻¹) su detektirane i u ušću estuarija (na postaji E5). Povećana abundancija vrsta koje se najčešće pronalaze u estuariju Krke (i u drugim eutroficiranim područjima Jadrana) pokazuje viši stupanj trofije u donjem dijelu estuarija Krke.

Phytoplankton as a trophic level indicator in the Krka estuary (2001 – 2002)

SUMMARY: Abundance and taxonomic composition of phytoplankton and some abiotic parameters are important indices of the marine trophic state.

The Krka River estuary forms a highly stratified system. Phytoplankton distribution was investigated in the upper (station E3) and lower part of the estuary (stations E4a and E5) during February, April and September 2001, and June 2002.

The goal of this research is to define an eutrofication level based on phytoplankton abundance. Relatively small data set shows that the lower part of the estuary is mostly affected by anthropogenic influence.

Maximum microphytoplankton ($3,3 \times 10^6$ cell L⁻¹) and nanophytoplankton ($9,3 \times 10^5$ cell L⁻¹) abundance was detected in Šibenik harbour (station E4a). High cell number ($6 \times 10^3 - 1,4 \times 10^6$ cell L⁻¹) was also detected in the mouth of the estuary (station E5). Higher abundance of species such as *Skeletonema costatum*, *Leptocylindrus danicus*, *Thalassionema nitzschioides* and *Prorocentrum minimum* indicated higher trophic level in the lower Krka estuary.

UVOD

Eutrofikacija je proces obogaćivanja mora hranjivim tvarima, prvenstveno dušikom i fosforom, što dovodi do porasta primarne produkcije i vidljivog cvjetanja alga [13]. Kao dobar pokazatelj porasta stupnja trofije mora mogu se koristiti različiti abiotički

(koncentracija nutrijenata, količina ukupne suspendirane tvari) i biotički parametri (povećanje biomase, brzina primarne produkcije i abundancija fitoplanktona i herbivora). Taksonomski sastav fitoplanktona, prisutnost i abundancija indikatorskih vrsta dobar je pokazatelj stupnja trofije [5, 14], a često je i korištenje različitih indeksa bioraznolikosti [1].

Estuarij rijeke Krke je visoko stratificiran sustav, gdje je tijekom cijele godine prisutna je oštra haloklina debljine 20-50 cm [11]. Estuarij je dug 25 km. Postoje dva proširenja estuarija Prokljansko jezero i šibenska luka. Glavni izvori eutrofikacije na području estuarija rijeke Krke su prirodni donos nutrijenata, ispiranje okolnih sedimenata i donos otpadnih voda gradske kanalizacije [7]. Šibenska luka je najjače eutroficirano područje uz istočnu obalu Jadrana [3, 10], dok gornji dio estuarija nije pod jakim antropogenim utjecajem, što estuarij čini pogodnim područjem za definiranje određenih parametara kao indikatora eutrofikacije, što je i cilj ovog rada.

MATERIJALI I METODE

Istraživanja fitoplanktona provedena su u veljači, travnju i rujnu 2001, te lipnju 2002 godine na postajama na izlazu iz Prokljanskog jezera (E3), u Šibenskoj luci (E4a) i na ušću estuarija (E5).

Uzorci za analizu fitoplanktona skupljani su Niskinovim crpcem na dubinama od 0, 1, 2, 3, 4, 6, 20, 35 i 40 m, fiksirani su 2% otopinom formaldehida. Stanice mikropilanktona brojane su metodom po Utermölu [9] uz pomoć inverznog mikroskopa.

Kao pokazatelji bioraznolikosti korišteni su slijedeći indeksi:

1) Shannon - Weaverov index bioraznolikosti [8] (H')

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{n} \times \ln \frac{n_i}{n}$$

gdje je n_i broj jedinki vrste i u uzorku, a n ukupan broj jedinki u uzorku.

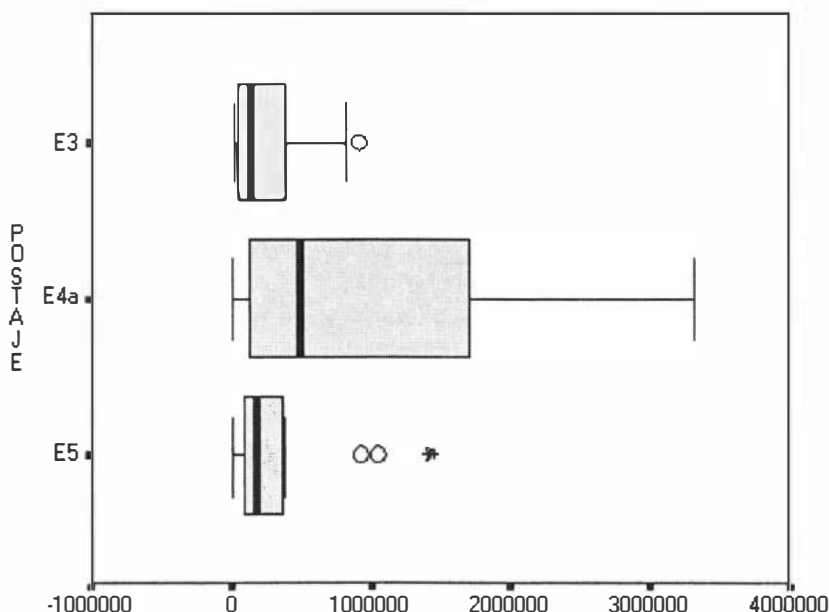
2) Manhinickov indeks (D_{Mn}) [1]

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

gdje je n ukupan broj jedinki u uzorku, a S ukupan broj vrsta.

REZULTATI

Maksimalna abundancija mikropilanktona ($3,3 \times 10^6$ stanica L^{-1}) i nanofitoplanktona ($9,3 \times 10^5$ stanica L^{-1}) određena je u šibenskoj luci (na postaji E4a), a velike vrijednosti makropilanktona ($6 \times 10^3 - 1,4 \times 10^6$ stanica L^{-1}) su detektirane i u ušću estuarija (na postaji E5). (Slika 1.)



Slika 1. Distribucija abundancije mikrofitoplanktona za estuarij Krke u istraživanom razdoblju. Prikazan je raspon, medijan, te gornji i donji kvartil.

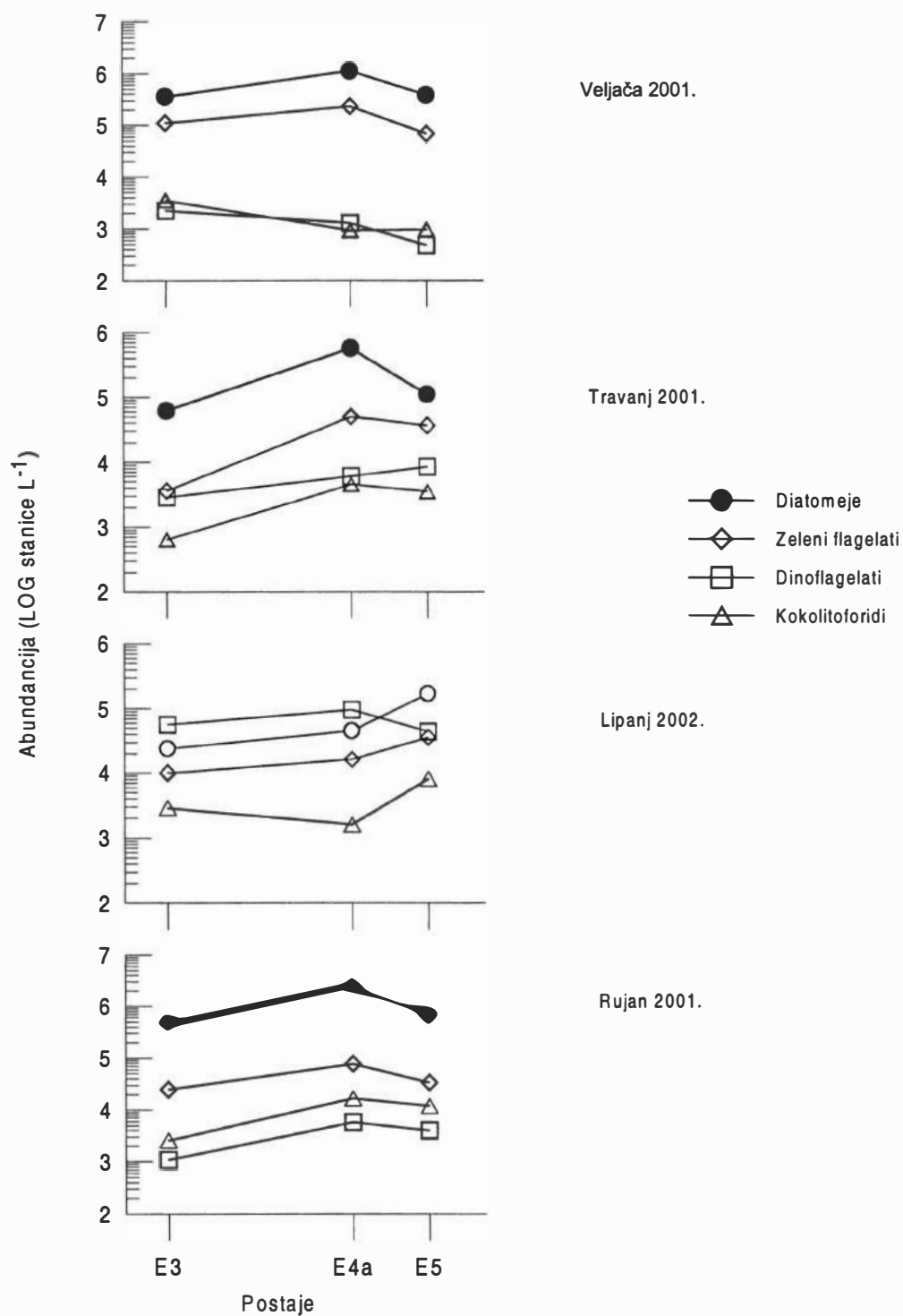
Ukupan broj vrsta je jednak na postajama E4a i E5, a na postaji E3 taj broj je manji (Tab. 1). Vrijednosti Shannon-Weaverovog, kao i Manchinickovog indeksa su najniže za postaju E4a a najviše za postaju E5 (Tab. 1).

Tablica 1. Mikrofitoplankton i indeks diverziteta fitoplanktona kao pokazatelj stupnja eutrofikacije u razdoblju 2001-2002. god.

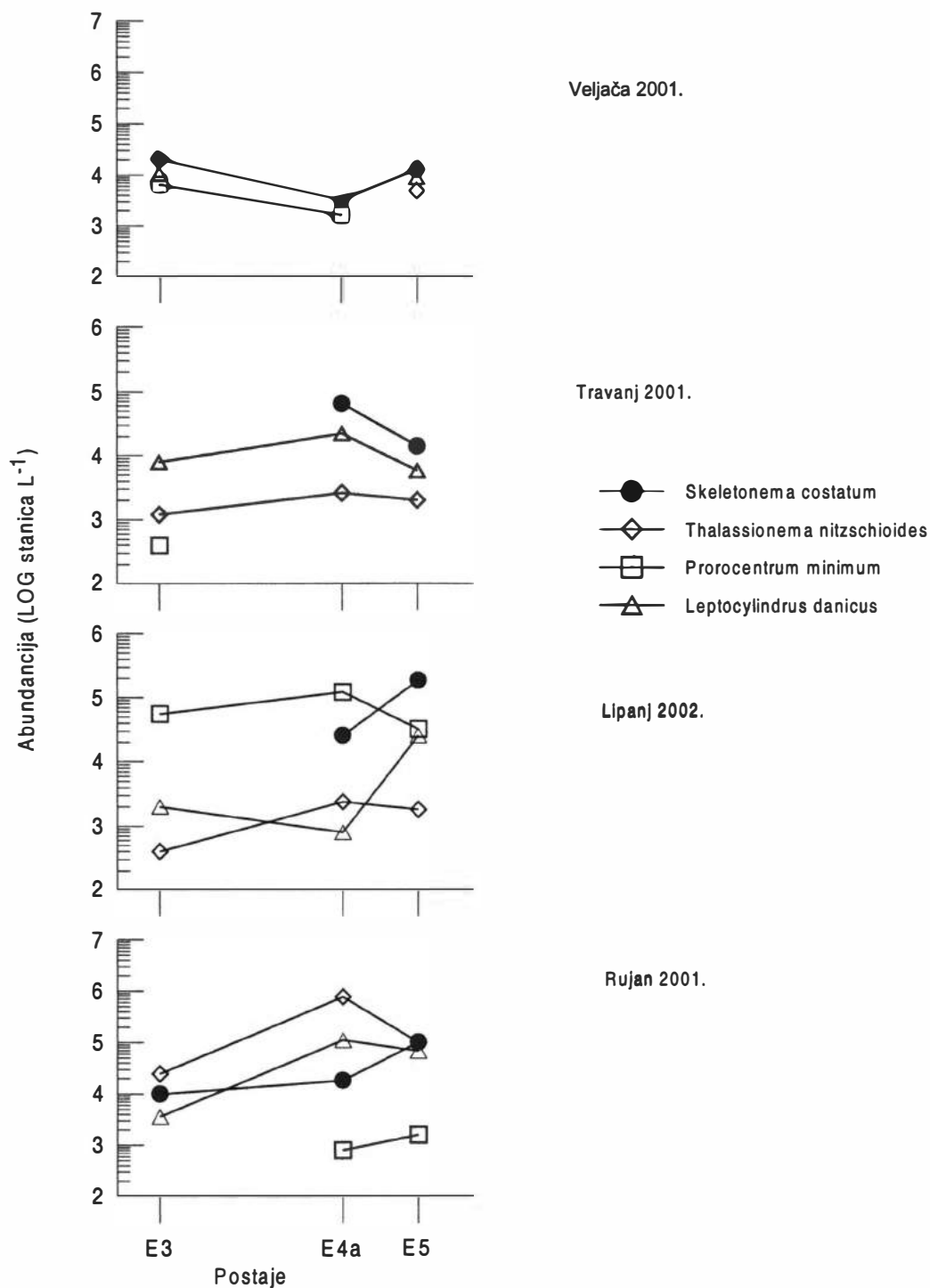
Ekološki pokazatelj	POSTAJE		
	E3	E4a	E5
Srednji broj vrsta	10	12	10
Srednja abundancija mikrofitoplanktona	249263	1046446	357569
Shannon – Weaverov indeks (H')	1,82	1,78	1,83
Manhinickov indeks (D_{Mn})	0,033	0,024	0,035

Abundancije ukupnog fitoplanktona najveće su na postaji E4a u veljači i rujnu. U travnju se maksimalne vrijednosti pojavljuju na postaji E4a za sve skupine osim dinoflagelata čije su maksimalne vrijednosti na postaji E5. U lipnju su maksimalne vrijednosti izmjerene na postaji E5 za sve skupine osim za dinoflagelate kod kojih je maksimalna vrijednost izmjerena na postaji E4a (Slika 2).

Dijatomeja *Skeletonema costatum* nađena je u uzorcima u sva četiri mjeseca, ali na E4a je brojnija i češća nego na postaji E3. Dominantnim vrstama dijatomeja pripada i *Leptocylindrus danicus*. U svim mjesecima je prisutna i dijatomeja *Thalassionema nitzschioides*, kao i dinoflagelat *Prorocentrum minimum* (Slika 3).



Slika 2. Distribucija viših taksonomskih kategorija fitoplanktona duž estuarija Krke tijekom 2001/2002.



Slika 3. Distribucija dominantnih vrsta fitoplanktona duž estuarija Krke tijekom 2001/2002.

RASPRAVA

Godišnji raspon abundancije fitoplanktona na postajama E4a i E5 (10^3 - 10^5 stanica L^{-1}) ukazuje na viši stupanj trofije nego na postaji E3 (10^3 - 10^6 stanica L^{-1}). U istraživanom razdoblju se prve dvije postaje (E3 i E4a) mogu svrstati u drugu, a E3 u prvu kategoriju ekosistema Jadranskog mora prema predloženoj kategorizaciji eutrofikacije [7]. Kitsiou i Karydis [2] su napravili klasifikaciju za područje istočnog Mediterana, gdje prema abundanciji fitoplanktona (N) i vrijednosti Manhinckovog indeksa (D_{Mn}) sve istraživane postaje spadaju u eutrofičke vode. Po istoj klasifikaciji, broj vrsta (S) u uzorku sve istraživane postaje bi svrstavao u oligotrofne vode, dok po vrijednostima Shannon-Wearovog indeksa (H') u skupinu donjih mezotrofnih voda. Iste vrijednosti Shannon-Wearovog indeksa H' , po kriterijima predloženim od Margalef [4] i Revalante i Gilmartin [6], sve postaje u estuariju Krke u istraživanom periodu bi definirale kao područja jake eutrofikacije.

Zastupljenost pojedinih grupa fitoplanktona u ukupnom fitoplanktonu je također pokazatelj eutrofikacije. Abundancija svih promatranih skupina je najveća na postajama E4a i E5. Količina dinoflagelata (miksotrofa) na postaji E4a je u prosjeku za 6 x veća nego na drugim postajama, što ukazuje na pojačano organsko onečišćenje.

Vrste *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*, *Prorocentrum minimum* i *Leptocylindrus danicus* definirane su kao indikatori eutrofikacije [14, 5, 6]. Maksimalne abundancije navedenih vrsta su pronađene na postajama E4a i E5 (osim u veljači 2000. god) što može biti posljedica najvećeg dotoka hranjivih tvari i regenerativnih procesa u donjem djelu estuarija.

Po dobivenim rezultatima donji dio estuarija rijeke Krke ima viši stupanj trofije nego gornji dio estuarija. Određivanje stupnja trofije je složen postupak zbog velikih razlika između pojedinih područja. Mali broj mjerenja u 2000. i 2001. u estuariju rijeke Krke dao je rezultate koji se ne uklapaju u dosadašnju kategorizaciju stupnja trofije mora. Da bi se došlo do boljih rezultata, trebalo bi uspostaviti redovita, mjesečna mjerenja, a trebalo bi uzeti u obzir i abiotičke čimbenike.

LITERATURA

1. Karydis M., Tsirtsis, G. (1996): Ecological indices: a biometric approach for assessing eutrophication levels in the marine environment. *Sci Total Environ* 186, 209–219.
2. Kitsiou D., Karydis M. (2000): Categorical mapping of marine eutrophication based on ecological indices. *Sci Total Environ* 255, 113–127.
3. Majić A. (1984): Characteristics of phytoplankton from some eastern Adriatic coastal localities. *Acta Adriat.* 25, 59 – 86.
4. Margalef, R. (1978): Diversity. In: Sournia, A. (ed.) *Phytoplankton manual*. UNESCO, Paris, 251 – 260.
5. Pucher – Petković, T., Marasović, I. (1980): Développement des populations phytoplanctoniques caractéristiques pour un milieu eutrophisé (Baie de Kastela, Adriatique centrale). *Acta Adriat.* 21, 79 – 93.
6. Revalante, N., Gilmartin, M. (1980): Microplankton diversity indices as indicators of eutrophication in the northern Adriatic Sea. *Hydrobiologia* 70, 277–286.
7. Sekulić B. (1990): Procjena antropogenih izvora u onečišćenju rijeke i estuarija Krke. Zbornik radova Simpozija “Nacionalni park Krka, stanje istraženosti i problemi zaštite ekosistema”, Šibenik; Ekološke monografije 2, 185 – 195.

8. Shannon, C.E., Weaver, W. (1949): The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana.
9. Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. 9, 1 – 38.
10. Viličić, D., (1989): Phytoplankton population density and volume as indicators of eutrophication in the eastern part of the Adriatic Sea. Hydrobiologia 174, 117 – 132.
11. Viličić, D., Petricoli, D., Jasprica, N. (1990): Sezonska raspodjela fitoplanktona u estuariju rijeke Krke i u Visovačkom jezeru. Zbornik radova Simpozija „Nacionalni park Krka, stanje istraženosti i problemi zaštite ekosistema“, Šibenik; Ekološke monografije 2, 317 – 330.
12. Viličić, D. (1993): Kriteriji za ekološku procjenu stupnja eutrofikacije mora. Primjer Gruškog zaljeva (južni Jadran). Hrvatske vode 1, 225-229.
13. Vollenweider, R.A. (1992): Coastal marine eutrophication: principles and control. In: Vollenweider, R.A., Marchetti, R., Viviani, R. (eds.), Marine coastal eutrophication, 1 – 20. Elsevier Science Publ., Amsterdam
14. Yamada, M., Tsurita, A., Yoshida, Y. (1980): A list of phytoplankton as eutrophic level indicator. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 46, 1435 – 1438.

Autori:

Ivona Cetinić, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6,
Zagreb, Tel: 4877716, fax:4826260, e-mail: icetic@botanic.hr

Damir Viličić, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6,
Zagreb, Tel: 4877716, fax:4826260



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.10.

Dugoročna istraživanja Rogozničkog jezera vezana za eutrofikacijske procese

Irena Ciglencečki, Marina Carić, Frane Kršinić, Damir Viličić and Božena Čosović

SAŽETAK: Od 1994 do danas prate se sezonske promjene temperature, saliniteta, okomite raspodjele koncentracije kisika, hranjivih soli, otopljenog organskog ugljika, površinsko aktivnih tvari, reduciranih sumpornih specija, te fitoplanktona i zoo-planktona u vodenom stupcu Rogozničkog jezera.

Za vrijeme izražene termohaline stratifikacije (proljeće, ljeto) u jezeru se razlikuje gornji, oksični sloj s intenzivnim procesima primarne produkcije te donji anoksični sloj. Anoksični sloj bogat je sumpornim spojevima koji su prisutni u relativno visokim koncentracijama, do 10^{-3} M uglavnom u obliku sulfida. U tom sloju također su povišene vrijednosti hranjivih soli: $[\text{NH}_4^+] = 150 \mu\text{M}$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 22 \mu\text{M}$; $[\text{SiO}_4^{4-}] = 400 \mu\text{M}$, te otopljenog organskog ugljika kao rezultat intenzivnih procesa remineralizacije organske tvari. Dubina anoksičnog sloja mijenja se sezonski i jako je ovisna o salinitetu odnosno o količini padalina čiji je utjecaj vidljiv i u dubljim slojevima. Miješanje slojeva u jezeru događa se uglavnom tijekom zimskih mjeseci (studen, prosinac) kada ohlađena slana voda tone u dublje slojeve noseći sa sobom vodu obogaćenu kisikom. Kao rezultat miješanja do površine stiže pridnena voda obogaćena hranjivim solima koje su osnova za novi razvoj fitoplanktona i produkciju kisika. Biogeokemijski ciklus i regeneracija hranjivih soli glavni su faktori prirodne eutrofikacije u Rogozničkom jezeru.

Naglo miješanje slojeva rezultiralo je pojavom anoksičnih uvjeta u cijelom vodenom stupcu Rogozničkog jezera u rujnu 1997. godine i najvjerojatnije je direktna posljedica miniranja okolnog terena u okviru izgradnje nautičko-turističkog centra te je vezano za antropogenu eutrofikaciju.

KLJUČNE RIJEČI: Rogozničko jezero, eutrofikacija, anoksija, sumporne specije, hranjive soli, otopljeni organski ugljik

Long-term Investigations in the Rogoznica Lake Related to Eutrophication Processes

SUMMARY: Since 1994 seasonal variations of temperature, salinity as well as vertical distribution of dissolved oxygen, nutrients, dissolved organic carbon, surface-active substances, reduced sulfur species, phytoplankton and zoo-plankton have been investigated in water column of the Rogoznica Lake. During the termohaline stratification (spring, summer) the surface water is well-oxygenated while anoxia occurring in the bottom layer. Anoxic deep water is characterised by high concentrations of sulfur compounds (up to 10^{-3} M, mainly in the form of sulfide); nutrients (NH_4^+ , up to $150 \mu\text{M}$; PO_4^{3-} , up to $22 \mu\text{M}$; SiO_4^{4-} , up to $400 \mu\text{M}$) and dissolved organic matter as a result of the pronounced remineralization of organic matter in this water layer. The depth of anoxic water layer changes seasonally and it is greatly influenced by rainfall, whose influence is visible from decreased salinity in deeper layers too. Vertical mixing occurs during winter when cold,

oxygen-rich water from the surface sinks downwards. As a result of mixing, bottom water enriched with nutrients is coming to the surface supporting new phytoplankton and oxygen productions. Natural eutrophication in the lake is strongly influenced by nutrient recycling under anaerobic conditions.

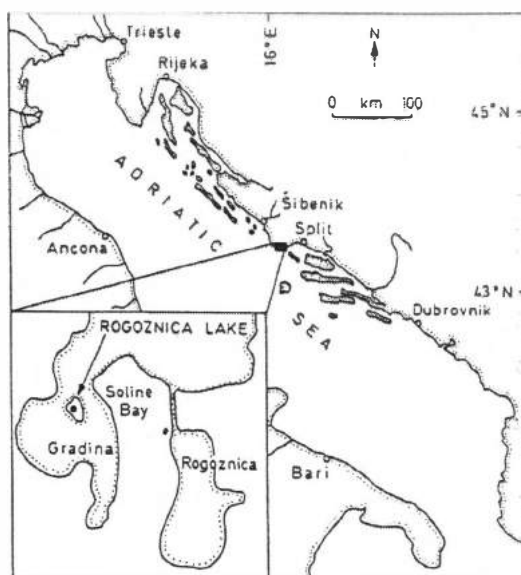
Turnover of the lake water layers in September, 1997 occurred so quickly that resulted in appearance of total anoxia throughout the water column. Mine and deep drilling in karstic rocks as a part of construction works which took place close to the lake in the framework of nautical centre building, the most probably caused the vertical vibration of water column and led to the overturn of water layers. This event is related to anthropogenic eutrophication.

KEYWORDS: Rogoznica Lake, eutrophication, anoxia, sulfur species, nutrients, dissolved organic carbon

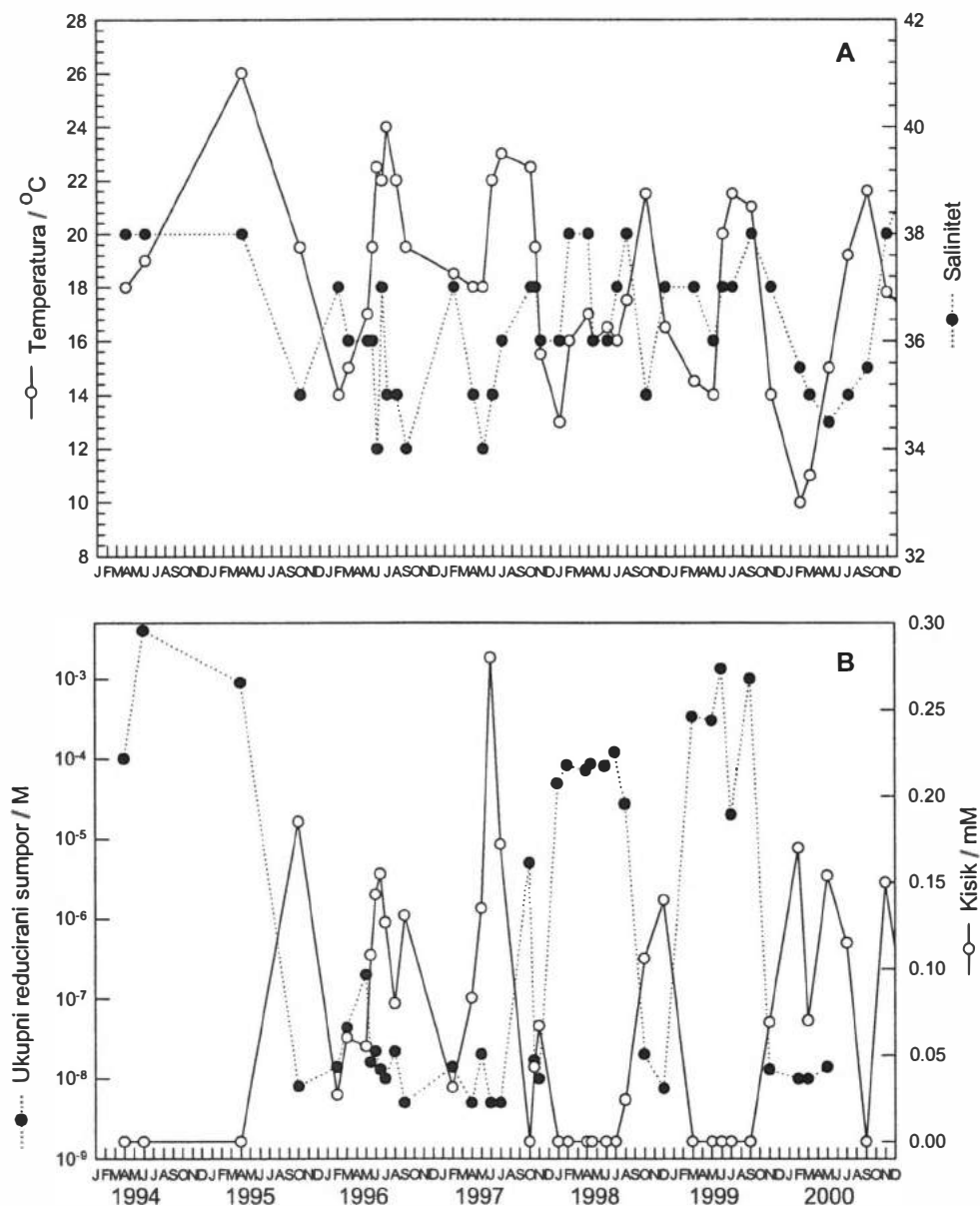
Uvod

Rogozničko jezero (Zmajevsko jezero) je malo (5300 m², najveća dubina 15 m), prirodno eutroficirano morsko jezero smješteno na poluotoku Gradina između uvala Soline i Koprišće u blizini mjesta Rogoznica, Slika 1 [9]. Glavna fizičko-kemijska karakteristika Rogozničkog jezera je postojanje izražene sezone stratifikacije vodenih slojeva te pojava anoksičnih uvjeta na dubini većoj od 10 m [3].

Za vrijeme izražene termohaline stratifikacije (proljeće, ljeto) u jezeru se razlikuje gornji, oksidni vodeni sloj s intenzivnim procesima primarne produkcije te donji anoksični sloj. Anoksični sloj bogat je sumpornim spojevima koji su prisutni u relativno visokim koncentracijama, do 10⁻³ M uglavnom u obliku sulfida [3]. U tom vodenom sloju također su povišene vrijednosti hranjivih soli: [NH₄⁺]= 150 μM; [PO₄³⁻]= 22 μM; [SiO₄⁴⁻]= 400 μM, te otopljenog organskog ugljika [DOC]= 2-3 mg/L kao posljedica intenzivnih procesa remineralizacije organske tvari [6,7]. Dubina anoksičnog vodenog sloja mijenja se sezonski i jako je ovisna o salinitetu odnosno o količini padalina čiji je utjecaj vidljiv i u dubljim slojevima [3].

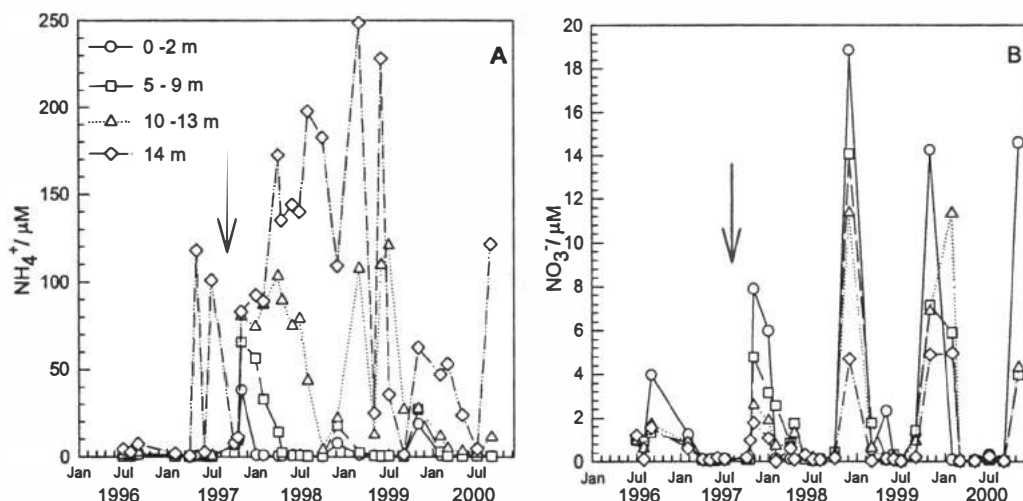


Slika 1. Položaj Rogozničkog jezera



Slika 2. Sezonske promjene temperature i saliniteta (A), te koncentracija otopljenog kisika i ukupnih reduciranih sumpornih specija (B) na dubini od 12 m u Rogozničkom jezeru.

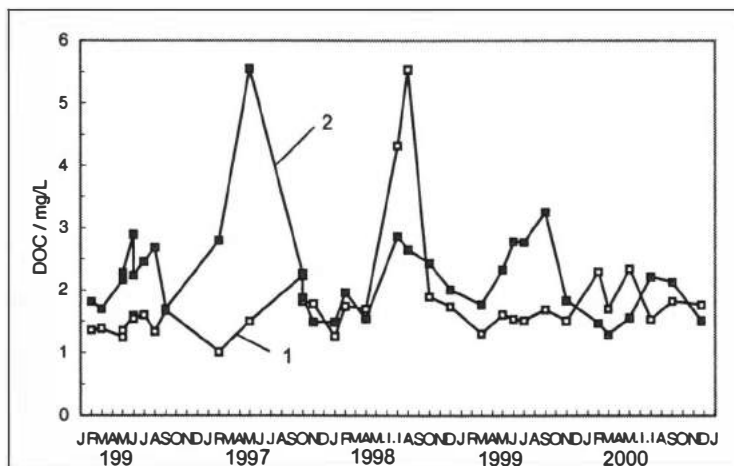
Potkraj rujna 1997. godine u Rogozničkom jezeru došlo je do naglog miješanja slojeva pri čemu se voda iz dubljih slojeva bogata sulfidom izmiješala s vodom bogatijom kisikom. Naglo miješanje slojeva te nepotpuna oksidacija reduciranih sumpornih specija (RSS) zbog nedovoljne količine kisika, rezultirala je pojavom anoksičnih uvjeta te pojavom relativno visoke koncentracije elementnog sumpora u cijelom vodenom stupcu Rogozničkog jezera [4]. Pojava anoksičnih uvjeta u cijelom vodenom stupcu dovela je do masovnog pomora biljnih i životinjskih organizama.



Slika 3. Sezonske promjene koncentracije hranjivih soli u vodenom stupcu Rogozničkog jezera. Naglo izmješavanje vodenih slojeva označeno je strelicama.

Zbog ekstremnih ekoloških uvjeta koji vladaju u Rogozničkom jezeru fitoplankton i zoo-plankton je zastupljen s relativno malo vrsta od kojih su neke prisutne u izrazito visokim koncentracijama. Nakon perioda totalne anoksije promijenio se broj vrsta te njihova zastupljenost u odnosu na vrijeme prije anoksije. Od mikrofitoplanktona dominirale su dijatomeje. Kopepodi, heterotrofni zoo-planktonski organizmi imaju važnu ulogu i kontroliraju biokemijske procese u jezeru, naročito u vremenu poslije anoksije [7].

Od 1994 do danas prate se sezonske promjene oksičnih i anoksičnih uvjeta u jezeru, mjerenjem temperature, saliniteta, okomite raspodjele koncentracije kisika, hranjivih soli, otopljenog organskog ugljika (DOC), površinsko aktivnih tvari, RSS, te fitoplanktona i zoo-planktona u vodenom stupcu Rogozničkog jezera. U ovom radu pokušavamo objasniti eutrofikaciju u Rogozničkom jezeru.



Slika 4. Sezonske promjene DOC u vodenom stupcu Rogozničkog jezera na dubinama: 1) 0.5 m i 2) 12 m

Eksperimentalni dio

Uzorci jezerske vode uzimani su s različitih dubina (okomiti profil jezerske vode) s Niskinovim crpcem u sredini jezera. Uzorci za analizu sumpornih vrsta i kisika uvijek su uzimani prvi, odmah nakon što je Niskin uzorkivač izvučen na čamac. Kako bi se očuvali anoksični uvjeti u uzorku, pretakanje uzorka iz crpca u staklene boce vršeno je pod strujom dušika preko silikonskog crijeva, uz ispiranje boce s nekoliko volumena uzorka prije zatvaranja s teflonskim čepom.

Temperatura i salinitet određivani su sa živinim termometrom i refraktometrom (Atago, Japan).

Za elektrokemijsko određivanje sumpornih spojeva (sulfida, polisulfida, elementnog sumpora, tiosulfat) koje se temelji na interakciji između različitih sumpornih vrsta i živine elektrode korištene su sljedeće tehnike: fazno-osjetljiva voltimetrija izmjenične struje i voltimetrija s linearnom promjenom potencijala [1,2,8]

Sadržaj otopljenog kisika određen je Winklerovom metodom prema Stricklandu i Parsons [10].

Određivanje otopljenog organskog ugljika (DOC) vršeno je postupkom visoko temperature katalitičke oksidacije s instrumentom TOC-500 Analyzer Shimadzu (Japan), a određivanje površinsko aktivnih tvari vršeno je polarografijom izmjenične struje (mjerenje van faze, i izraženo kao ekvivalent Tritona-X-100) [5].

Abundanciju i sastav vrsta fitoplanktona određivali smo metodom pomoću inverznog mikroskopa prema Utermöhl [11].

Hranjive soli određivane su standardnom oceanografskom metodom prema Stricklandu i Parsons [10].

Rezultati i diskusija

Dugoročna istraživanja Rogozničkog jezera, od 1994 do danas pokazuju sezonske promjene okomitog gradijenta saliniteta i temperature te položaja granice oksija-anoksija. Slike 2A i B pokazuju sezonske promjene saliniteta, temperature, koncentracije otopljenog kisika i ukupne koncentracije RSS u jezeru na dubini od 12 m.

Na dubini od 12 m temperatura se mijenjala od 10 do 26 °C dok se istovremeno vrijednost saliniteta mijenjala od 34 do 38. Koncentracija otopljenog kisika varirala je od 0 do 0.30 mM i usko je povezana s promjenama koncentracije ukupnih RSS (10^{-9} do 10^{-2} M). U sezonama kada su vrijednosti koncentracije kisika bile izrazito niske (1994, 1998, 1999), koncentracije RSS bile su vrlo visoke od 10^{-4} do 10^{-3} M i obrnuto. Istovremeno, promjena saliniteta na dubini od 12 m pokazuje isti trend kao i promjena koncentracije RSS odnosno u sezonama sa zabilježenom anoksijom salinitet je bio stabilan i relativno visok s vrijednostima od 38. Naime, salinitet površinskog vodenog sloja u Rogozničkom jezeru mijenja se ovisno o meteorološkim uvjetima odnosno kišnim padalinama. Taj utjecaj svježje vode vidljiv je preko nižih vrijednosti saliniteta i u dubljim slojevima u jezeru (1996, proljeće 1997 i 2000.) ukazujući na veliki utjecaj meteoroloških uvjeta i padalina na stratifikaciju i miješanje jezerske vode.

Posljedica naglog miješanja vodenih slojeva u rujnu 1997. bila je pojava anoksičnih uvjeta u cijelom vodenom stupcu Rogozničkog jezera (listopad 1997) te masivan pomor jezerskih organizama. Zbog raspada mrtvih organizama koncentracije hranjivih soli porasle su nekoliko puta u cijelom vodenom stupcu i kao takve zadržale su se nekoliko

mjeseci nakon katastrofalne anoksije, ukazujući na vrlo spore i složene procese obnavljanja Rogozničkog jezera. Na Slikama 3A i B prikazane su sezonske promjene koncentracije amonijaka i nitrata od 1994. do 2000. godine, pri čemu je vodeni stupac u jezeru podijeljen na nekoliko slojeva: površinski (0 - 2 m); srednji (5 - 9 m); pridneni (10 - 13 m) i dno (14 m). Iz prikazanog je vidljivo kako su najviše i izrazito visoke vrijednosti $[\text{NH}_4^+]$ do 250 μM , zabilježene na dnu, te u pridnenom vodenom sloju s višim vrijednostima tijekom 1999. godine nego nakon katastrofalne anoksije. Raspodjela nitrata u vodenom stupcu prilično je jednolična u navedenom periodu ispitivanja, izuzev u zimskim mjesecima (studen, prosinac, siječanj) kada su zabilježene relativno visoke i najviše koncentracije (do 19 μM) u površinskom i srednjem sloju ukazujući na pojačane procese nitrifikacije kao posljedicu miješanje vodenih slojeva tijekom zimskih mjeseci. Također više vrijednosti koncentracije nitrata zabilježene su tijekom 1999. i 2000. u odnosu na 1998., nakon katastrofalne anoksije.

Sezonske promjene koncentracije DOC prikazane su za dva karakteristična sloja, površinski sloj (0.5 m) i pridneni sloj (12m) na Slici 4. Raspon koncentracija DOC, s prosječnom vrijednošću od 1.88 mg/L karakterističan je za eutroficirane obalne morske sustave. Izrazito visoke vrijednosti DOC zabilježene su u pridnenom sloju u ljetu 1997., prije pojave totalne anoksije, te u površinskom sloju u ljetu 1998. nakon pojave totalne anoksije. U oba slučaja koncentracije DOC su bile iznad 5 mg/L, što je za morske sustave vrlo rijetko.

Zaključak

Istraživanja pokazuju kako se prirodno miješanje vodenih slojeva u jezeru (bez pojave anoksičnih uvjeta u cijelom vodenom stupcu) događa uglavnom tijekom zimskih mjeseci (studen, prosinac) kada ohlađena slana voda ($T \approx 10^\circ\text{C}$) tone u dublje slojeve noseći sa sobom vodu obogaćenu kisikom. Kao rezultat miješanja do površine stiže pridnena voda obogaćena hranjivim solima koje su osnova za novi razvoj fitoplanktona i produkciju kisika u gornjem vodenom sloju. Biogeokemijski ciklus i regeneracija hranjivih soli glavni su faktori prirodne eutrofikacije u Rogozničkom jezeru.

Pojava anoksičnih uvjeta u vodenom stupcu Rogozničkog jezera u rujnu 1997. bila je neuobičajena, i rezultat je naglog miješanja vodenih slojeva do kojeg je došlo najvjerojatnije uslijed miniranja okolnog terena u okviru izgradnje nautičko-turističkog centra, te je vezano za antropogenu eutrofikaciju.

Literatura

1. Ciglencečki, I. (1997): Specijacija sumpora u oksičnim i anoksičnim uvjetima u moru, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu.
2. Ciglencečki, I., Čosović, B. (1997): Electrochemical determination of thiosulfate in seawater in the presence of elemental sulfur and sulfide, *Electroanalysis*, **9** (10) 1.
3. Ciglencečki, I., Kodba, Z., Viličić, D., Čosović, B. (1998): Seasonal variation of anoxic conditions in the Rogoznica Lake, *Croat. Chem. Acta*, **71** (2) 217-232.
4. Ciglencečki, I., Viličić, D., Carić, M., Čosović, B. (1999): Složeni procesi obnavljanja Rogozničkog jezera, 2. Hrvatska konferencija o vodama, Dubrovnik 1999., Zbornik radova, 221 str.

5. Ćosović, B., Žutić, V., Vojvodić, V., Pleše, T. (1985): Determination of surfactant activity and anionic detergents in seawater and sea surface microlayer in the Mediterranean. *Mar.Chem.* **17**, 127.
6. Ćosović, B., Ciglencečki, 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.
7. Kršinić, F., Carić, M., Viličić, D., Ciglencečki, I. (2000): The calanoid copepod *Acartia italica* Steuer, phenomenon in the small saline Lake Rogoznica (Eastern Adriatic coast), *J. Plankton Res.*, **22** (8) 1441.
8. Luther, G.W., Giblin, A.E., Varsolon, R. (1985): Polarographic analysis of sulfur species in marine porewaters. *Limnol.Oceanogr.*, **30** (4), 727.
9. Mihelčić, G., Marguš, D. (1992): Osnove biogeokemijske karakteristike Rogozničkog jezera, *Pomorski zbornik* (Rijeka), **30**, 619.
10. Strickland, J.D.H., Parsons, T.R. (1972): A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, **167**, 310.
11. Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton Methodik, *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* **9**, 1.

Autori:

dr. Irena Ciglencečki i dr. Božena Ćosović

Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54,
Zagreb, tel: 01/4561-148; fax: 01/4680-242; e-mail: irena@rudjer.irb.hr

dr. Marina Carić i dr. Frane Kršinić

Institut za oceanografiju i ribarstvo, Laboratorij za ekologiju planktona, Dubrovnik,
tel: 020/323-484; fax:020/425-775; e-mail: caric@labdu.izor.hr

dr. Damir Viličić

Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6,
Zagreb, tel: 01/ 4877-745; fax: 01/ 4826-260; e-mail: dvilici@biol.pmf.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.11.

Holocenski sedimenti i sedimentacija na ušćima rijeka istočne obale Jadrana

Mladen Juračić, Ranko Crmarić

SAŽETAK: Rijeke u čijem porječju ima više fliškog i ostalog nekarbonatnog materijala nose veće količine čestičnog materijala, te je taloženje na njihovim ušćima intenzivnije (Mirna, Raša, Rječina, Cetina i Neretva), dok rijeke u čijem porječju prevladavaju karbonatne stijene, te su formirane sedrene barijere, nose manju količinu materijala, pa je i taloženje u ušćima minimalno (Krka, Zrmanja).

Glavni izvor materijala koji se taloži u otvorenom dijelu Jadrana je onaj koji dolazi iz Alpa (Po, Adige, Soča, Tagliamento, Piave, Reno, Brenta). Danas sustav morskih struja odnosi taj materijal uz talijansku obalu.

Jadranska obala je pretežito krška, pa zbog litoloških značajki porječja donos riječnog materijala nije velik. Također nema značajnijeg utjecaja morskih valova kao ni struja morskih mijena. Amplitude morskih mijena su malene (do 1 metar) te su plimske struje slabe, kao što je i djelovanje morskih valova i struja manje značajno zbog razvedenosti obale i niza otoka i zaštićenog položaja riječnih ušća.

KLJUČNE RIJEČI: Holocen, sedimenti, rijeke, morska razina, akumulacija, tok

Holocene Sediments and Sedimentation on the River Mouths at the Eastern Adriatic Coast

SUMMARY: The rivers with valleys that contain larger quantities of flysch and other non-carbonate material transport larger quantities of particulate matter, so sedimentation at their mouths is more intensive (Mirna, Raša, Rječina, Cetina and Neretva rivers), while the rivers with valleys dominated by carbonate rocks where sinter formations are present carry smaller quantity of material, so sedimentation at the mouths is minimum (Krka and Zrmanja rivers).

The main source of material deposited in the open part of the Adriatic is the one coming from the Alps (Po, Adige, Soča, Tagliamento, Piave, Reno, Brenta rivers). Today, the sea currents carry that material towards the Italian coast.

The Adriatic coast is predominantly karstic, so import of the riverine material is not intensive due to the lithological characteristics of the valleys. There is also no significant impact of either the sea waves or the currents caused by the tide. The tide amplitudes are low (to 1 meter) so the tidal currents are of low intensity, while the effect of the sea waves and currents has smaller importance because of the indented coast, numerous islands and protected position of the river mouths.

KEYWORDS: Holocene, sediments, rivers, sea level, reservoir, course

UVOD

Akumulacija, odnosno taloženje materijala kojeg je rijeka erodirala odvija se u području smanjenja dinamike vodenog toka. To je najčešće u blizini erozijske baze, tj. morske razine. Naravno usporavanje riječnog toka (i stvaranje uvjeta za taloženje čestica) može nastati i radi drugih razloga (poplava, ujezerenje). Smanjenjem brzine riječnog toka prvo će prestati prijenos vučenog nanosa (krupnije čestičnog materijala kojeg rijeka kotrljanjem i saltacijom nosi uz samo dno) a potom i suspendiranog materijala (prvo srednje zmatog, a potom i sitnozmatog). Iz navedenog proizlazi da će se ovisno o riječnom režimu i vodostaju materijal nošen rijekom povremeno taložiti a potom remobilizirati već u samom riječnom toku. No na ušću dolazi do završnog (dugotrajnijeg!) odlaganja čestičnog materijala donesenog rijekom. Stoga su ušća rijeka područja akumulacije većeg dijela materijala koji nastaje trošenjem kopna i rijekama se prenosi do mora. Količina materijala koju rijeka prenosi ovisit će o litološkim značajkama područja kojim rijeka protječe i o količini i dinamici vode koju rijeka nosi, dok će raspored i taloženje tog materijala u ušću ovisiti o osobinama i dinamici mora (morskih struja, valova, morskih mijena). U ušćima su intenzivni procesi flokulacije i koagulacije otopljenih koloidnih tvari i suspendiranih čestica. Prosječno se 93-95 % suspendiranog materijala i 20-40 % otopljenih tvari koje rijekama dolaze u mora taloži u samim ušćima [8].

Prave krške rijeke koje cijelim svojim tokom teku kroz karbonatne stijene nose vrlo malo ili nimalo čestičnog materijala. Alogene krške rijeke koje teku iz nekrškog područja u krško nose veću količinu materijala ovisno o udjelu nekarbonatnih stijena, tim materijalom mehanički djeluju na teren, te na kraju taj materijal talože u ušću.

Na istočnoj jadranskoj obali od istarskog poluotoka do ušća Neretve uz mnogobrojne vrulje, priobalne izvore i povremene bujične tokove postoje i stalni znatniji riječni tokovi Mime, Raše, Rječine, Zrmanje, Krke, Cetine i Neretve, koji su i predmet istraživanja ovog rada (slika 1.)

Današnja ušća svih tih rijeka mladog su, holocenskog, postanka i nastala su nakon relativnog zaustavljanja globalnog porasta morske razine prije oko 6000 godina [11]. Stoga će se u ovome radu razmatrati samo promjene i dinamika u ušćima vezana za vremenski raspon tih 6000 godina.

MIRNA

Rijeka Mirna je alogenog tipa te nosi znatne količine suspendiranog materijala koji nastaje kao posljedica intenzivnog trošenja fliških naslaga. Prijenos tog materijala naročito je izražen za kišnih perioda kada su koncentracije suspendiranog materijala u riječnoj vodi znatno veće nego u sušnom periodu. Stoga je karakterističan povremeni ili epizodni donos materijala. Važno je istaknuti da je i taj materijal pretežno sitnozmat, te da ima značajan udjel minerala glina [3].

Najveći dio porijekla izgrađen je od fliških naslaga, pa dolazi do njegova trošenja, spiranja i prijenosa do ušća. Donji dio riječne doline usječen je u istarsku karbonatnu zaravan. Znatna dio riječne doline koji je bio usječen u vapnence dublje od današnje morske razine (u pretholocenskom razdoblju dok je morska razina bila i do 120 m niže nego danas) je već ispunjen i zaravnjen aluvijalnim sedimentima, te dolazi do progradacije ušća prema moru.. Debljina aluvijalnog nanosa do vapnenačke podloge u području ušća znatno prelazi 10 metara.

Ušće rijeke Mirne primjer je stratificiranog estuarija s klinom morske vode [9]. Takva ušća efikasno zadržavaju terigeni riječni materijal jer se stvara pridnena protustruja morske vode koja čestice koje se talože iz površinskog bočatog sloja vraća prema rijeci. Budući da u ušću rijeke Mirne još postoji poluzatvoreno vodeno tijelo, ovo se ušće može svrstati u tip krškog estuarija s progradacijom estuarijske delte. U budućnosti će vjerojatno ušće rijeke Mirne postati delta jer će u potpunosti riječni materijal ispuniti dolinu i doći će do proširenja deltne ravnice prema moru, naravno uz pretpostavku da se morska razina bitnije ne mijenja.

RAŠA

Rijeku Rašu karakterizira pronos pretežito sitnozrnatog materijala u suspenziji. Suspendirani sitnozrnati materijal nastaje kao posljedica intenzivnog trošenja fliških eocenskih naslaga u gornjem toku rijeke. Procijenjeno hidrogeološko drenažno područje iznosi oko 450 km². Manji dio nastaje spiranjem materijala s okolnih vapnenačkih uzvišenja. Sedimentacija u donjim dijelovima toka rijeke Raše je mala zbog povremene erozije sedimenata s dna korita.

Tek dolaskom riječnog toka u zaljev (more), naglo se smanjuje energija okoliša, te tako nastaju uvjeti za sedimentaciju sitnozrnatog materijala. Pretežni dio sitnozrnatog materijala taloži se u ograničenoj zoni estuarijske delte i prodeltnom području [10]. Područje estuarija izduženog je oblika i pruža se istim smjerom kao i sliv rijeke Raše. Najveći dio suspendiranog materijala prenešenog rijekom sedimentira se u gornjim dijelovima estuarija dok je brzina sedimentacije u donjim dijelovima estuarija mala na što ukazuju i dubine mora (-44 m) koje su slične dubinama u Kvarnerskom zaljevu. Gruba je procjena da se godišnje u ušću istaloži oko 80 000 tona terigenog materijala [7].

Na samom ušću Raše formirana je riječna terasa koja blago tone prema jugu. Sedimentacija je toliko intenzivna da je pokraj obale u Bršici zabilježeno oplicavanje morskog dna za 4 do 5 metara u posljednjih 30 godina, odnosno oko 15 centimetara godišnje [2]. Povećana koncentracija suspendiranog materijala uz desnu obalu posljedica je strujanja vode u estuariju. Uz desnu obalu je i nagib dna manji nego uz lijevu obalu. To pokazuje da su procesi flokulacije i sedimentacije intenzivniji uz desnu obalu što uzrokuje i njeno intenzivno "zatrpavanje". Opisani sedimentacijski model predstavlja dobar primjer utjecaja Coriolisovog efekta na transport vode i suspendiranog materijala u području estuarija.

RJEČINA

Rječina je također alogena krška rijeka, jer u njenom izvorišnom području nalazimo paleogenske klastite, a samo u donjem toku ima duboko usječen kanjon kojim presjeca karbonatne naslage dinarskog pravca pružanja. Sedimentacija na izlasku iz kanjona zbiva se još od završetka posljednje holocenske transgresije. Tada je more prodrlo duboko u kanjon i stvorena je potopljena riječna dolina.

Sedimenti koji se talože u ušću rijeke Rječine su uglavnom donešeni riječnim tokom iz zaleđa. Sudeći prema njihovom mineraloško-petrografskom sastavu vjerojatno većinom potječu iz fliša ili fluvioglacijskih naslaga. Manji dio sedimentnog tijela nastao je i spiranjem karbonatnog materijala s okolnih uzvišenja [1]. Donos i taloženje materijala na ušću Rječine je intenzivno te je rječina stvorila deltno ušće. Područje ušća znatno je

izmijenjeno djelatnošću čovjeka još od rimskog doba.

Na dnu kanjona Rječine prevladavaju šljunak i valutice. Proširenjem doline prema jugu, česte su horizontalne i vertikalne izmjene sitno i krupnozrnatih sedimenata. To ukazuje na promjenjive uvjete taloženja u vremenu i prostoru. U području današnje delte Rječine kao i na morskom dnu ispred ušća, taloženje se zbivalo u vodi malih brzina. Stoga se većinom susreću pjeskovito-prašinski sedimenti. Njihov raspored je uvjetovan položajem osnovnih lepeza koje su otkrivene unutar sedimentnog tijela, što ukazuje na deltnu sedimentaciju. Ispod površinske holocenske deltno lepeze ustanovljena je bušenjem i dublje smještena šljunkovita lepeza je vjerojatno pleistocenskog postanka.

Zbog izloženosti djelovanju mora (uzajamno djelovanje morskih struja i valova), pjeskovite i prašinate frakcije, talože se oko ušća Rječine i dijelom su pretaložene uz obalu prema sjeverozapadu. Sitnozrnatije čestice praha i gline dispergiraju se u površinskom bočatom sloju u širem prodeltnom području, te se nošene strujama i valovima, talože po cijelom akvatoriju Riječkog zaljeva [1].

ZRMANJA

Zrmanja je izrazita/prava krška rijeka, koja u najvećem dijelu svog toka protječe kroz karbonate, tako da nosi izuzetno malu količinu čestičnog materijala. Samo mjestimice, gdje se uz rub korita nalaze nekarbonatne naslage dolazi do spiranja tih naslaga, pa ih rijeka odnosi i taloži na samom ušću. Glavnina sedimentnog tijela koje se uspijeva istaložiti je sitnozrnatog sastava. Zrmanja je tokom holocena u svom toku stvorila i nekoliko sedrenih barijera (Jankovića buk, Visoki buk). Stvaranje sedrenih barijera i ujezerenje rijeke iza njih uvjetovalo je da od ionako malene količine materijala kojeg nosi rijeka, još manja količina stiže do ušća. Može se pretpostaviti da je u pleistocenu, tijekom glacijala, pronos materijala Zrmanjom i sedimentacija u njenom ušću bila veća i izraženija. Zbog jačeg fizikalnog trošenja stijena i većih količina vode, procesi erozije su bili intenzivniji. Nije bilo sedrenih barijera, tako da se suspendirani materijal nije mogao na njima zadržavati i taložiti. U prilog povećanoj sedimentaciji ukazuje podmorska lepeza koja se nalazi na samom ušću Zrmanje u Novigradsko more, a prostire se do dubine od oko 10 metara.

Ušće rijeke Zrmanje se nalazi pod zanemarivim utjecajem morskih valova i struja budući se nalazi u poluzatvorenom Novigradskom moru.

KRKA

Krka je izrazito krška rijeka, koja u najvećem dijelu toka protječe kroz karbonatne naslage tako da nosi malenu količinu terigenog materijala. U izvorišnom području (porječje Butišnice) prisutne su u manjoj mjeri i klastične stijene permsko-trijaske starosti. Procijenjeno hidrogeološko drenažno područje iznosi oko 2430 km² [12].

Čestični materijal kojeg nosi Krka dijelom potječe i od spiranja konglomeratnih stijena koje se nalaze uz rub korita. Podaci o pronosu materijala kazuju da Krka godišnje pronese oko 5 000 materijala što je izrazito malo [6]. Na temelju određivanja apsolutne starosti biogenih ostataka u središtu Prokljanskog jezera određena je brzina sedimentacije od svega 0,27 mm/godišnje.

Mineraloške i kemijske analize uz raspodjelu veličina čestica u suspendiranom materijalu i recentnim sedimentima ukazuju na taloženje pretežnog dijela terigenog riječnog

materijala u proširenom dijelu estuarija (u Prokljanskom jezeru).

To se može objasniti malom energijom okoline u Prokljanu zbog zaštićenosti i malih amplituda morskih mijena (do 50 cm), estuarijskim tipom cirkulacije vode (pridnena protustruja morske vode koja čestice nosi natrag prema rijeci), i fizikalno-kemijski i biološki uvjetovanom flokulacijom sitnozrnatih terigenih čestica u bočatoj vodi u površinskom sloju u Prokljanu. Pretpostavljeni glavni izvor terigenih čestica je bujični potok Guduća, a ne rijeka Krka. Međutim izmjerene brzine taloženja u estuariju su veoma malene zbog neznatnih količina materijala koji pristiže u estuarij. Drugi značajniji izvor čestica koje se talože u estuariju su ostaci karbonatnog biogenog materijala. Nalaz pirita i relativno veliki udjel organske tvari u površinskim sedimentima Prokljana, te nedostatak bioturbacije u sedimentima ukazuju na anoksične uvjete u površinskom sedimentu i povremeno u pridnenoj vodi u Prokljanu [6].

CETINA

Cetina je također alogena krška rijeka koja izvire u nekarbonatnim stijenama, a ušće joj se nalazi na kontaktu karbonata i fliša, na izlasku iz kanjona duboko usječena u karbonate. Zbog spiranja većih količina fliških naslaga, koje se nalaze duž toka rijeke, Cetina nosi znatnu količinu suspendiranog materijala, te ga u ušću i taloži. Preteže sitno do krupnozrnati sediment koji se akumulira u području ušća u većim količinama.

U ušću Cetine donos riječnog materijala prevladava u odnosu na njegovo odnošenje u more, te se deltina površina postupno sve više povećava. Riječni materijal se distribuira prema sjeverozapadnom dijelu ušća, uslijed djelovanja morskih valova i struja južnih smjerova. Budući da se aluvijalni materijal već taloži u tolikoj mjeri da kopno progradira prema moru, ušće poprima značajke delte. Također je pod značajnim antropogenim utjecajem (pjeskarenje, izrada obalnih zidova). U pleistocenu tijekom niže morske razine Jadrana, ušće rijeke Cetine je imalo nekoliko krakova koji su meandrirali na prethodno istaloženim aluvijalnim naslagama. To potvrđuju horizontalna piješčana tijela istaložene u bazi recentnih naslaga. Najzapadnijim krakom Cetina je donosila pijesak i odlagala ga uz današnju obalu (snimanje podmorja s geološko-strukturnim dubinomjerom, Hidrografski institut, 1992 godine.)

Najmlađim tektonskim pokretima, došlo je do vertikalnih i paralelnih pomaka (klizanja) starijih naslaga i mikro boranja recentnog pijeska.

Tektonika obalnog područja se nije smirila. Stariji dio naslaga recentnog pijeska je deltni nanos rijeke Cetine. Mlađi tanki površinski dio nanosa je produkt marinske obalne sedimentacije koju pospješuje rijeka Cetina.

NERETVA

Neretva je najveća Hrvatska rijeka Jadranskog sliva. Porječje rijeke Neretve iznosi oko 5580 km² Neretva većim dijelom protječe kroz Bosnu i Hercegovinu, a utječe u Jadransko more južno od Ploča. Duga je oko 218 km (dužina u Hrvatskoj 22,3 km). U gornjem toku prolazi terenima koji su uz karbonatne stijene građeni i od klastičnih sedimentnim stijena, magmatskih te metamorfnihi stijena.

Rijeka Neretva do Počitelja u prirodnim je uvjetima (do izgradnje niza hidrocentrala) imala bujične erozivne karakteristike, dok nizvodno prelazi u deltno područje s ravničarskim meandrirajućim tokom, s mnogim zaostalim rukavcima, jezerima i

kriptodepresijama. Područje donjeg toka Neretve (nizvodno od Čapljine), obiluje vodom koja pristiže Neretvom, manjim pritokama ali i podzemnim tokovima, a veći dio tog dijela Neretve pod utjecajem je i morske vode. Prosječni godišnji protok Neretve kod Metkovića je $414 \text{ m}^3/\text{s}$, dok je maksimalni protok izmjeren 1959. godine i iznosio je $2130 \text{ m}^3/\text{s}$. Prema procjenama s početka prošlog stoljeća Neretva je nosila oko $500.000 \text{ m}^3/\text{god}$. suspeniranog materijala i vučenog nanosa [5].

Područje donjeg toka Neretve nizvodno od Počitelja, pretežno je građeno od krednih i paleogenskih karbonata (vapnenci, dolomiti i breče) i klastičnih sedimentnih stijena (fliš) koji su borani i rasjednuti. Za deltu Neretve vrlo je karakterističan njen rub koji je vrlo dobro određen naglom promjenom nagiba i vrstom stijena koje izgrađuju obodno područje. Unutar tog okvira delta Neretve može se dosta jednostavno definirati kao zaravnjeno područje uz donji tok rijeke Neretve koje se nalazi u aluvijalnim rastresitim sedimentima. To su vrlo različiti grubozrnati i sitnozrnati sedimenti (šljunci, pijesci, gline) taloženi u različitim riječnim, jezerskim, močvarnim pa i morskim okolišima. Površina tako određene neretvanske delte iznosi oko 170 km^2 , a od toga je u Hrvatskoj 120 km^2 .

Sam pojam delte za akumulacijski tip ušća uveo je grčki geograf Herodot još u 5. stoljeću prije Krista. On je deltom nazvao područje između rukavaca Nila jer ga je ono svojim oblikom podsjećalo na grčko slovo delta (Δ).

Može se pretpostaviti da je tijekom gornjeg pleistocena ondašnja Neretva usijecala svoje korito u vapnenačko krško područje donjoneretvanske zaravni. U to je doba Neretva pronosila materijal iz izvorišnog područja duž Neretljanskog i Korčulanskog kanala do ondašnjeg ušća koje je vjerojatno bilo na izlasku iz Korčulanskog kanala između Korčule i Visa u području gdje je današnja dubina mora preko 100 m .

Vrlo naglim porastom morske razine između 17.000 i 6.000 godina prije današnjice, more je preplavilo dolinu Neretve i okolni dosta razveden krški reljef. Nakon toga, porast morske razine znatno je usporen. Stoga se može pretpostaviti da početak stvaranja današnje delte pada u doba usporavanja porasta morske razine otprilike prije 8000 do 6000 godina, jednako kao i većine današnjih delti u svijetu. Budući da je donos čestičnog materijala relativno velik, zapunjavanje je teklo relativno brzo, pa je danas veći dio nekadašnjeg zaljeva ispunjen sedimentima. Arheološki nalazi, ali i stare geografske karte pokazuju dinamiku zapunjavanja u neposrednoj prošlosti [4,5].

ZAKLJUČAK

Sva ušća opisanih rijeka nalaze se u karbonatnim stijenama, a ušća Rječine i Cetine manjim dijelom i u flišu.

Prave krške rijeke (Zrmanja, Krka), u najvećem dijelu svoga toka protječu kroz karbonatne stijene, te pronose vrlo malo čestičnog terigenog materijala, pa je i taloženje na njihovim ušćima minimalno. Stoga su njihova ušća tipa krških estuarija. Alogene krške rijeke izviru u nekarbonatima, protječu karbonatnim područjem, pa donose relativno znatno više čestičnog materijala. Taj se materijal taloži u ušću i dolazi do progradacije estuarijskih delti i/ili stvaranja pravih delti (Raša, Mirna, Neretva, Rječina, Cetina).

Većina navedenih riječnih ušća je pod dominantnim riječnim utjecajem, a minimalan je utjecaj struja morskih mijena (mikrotajdalni okoliš). Utjecaj morskih valova i struja zamjetan je na ušćima Cetine i Rječine.

Riječne doline usječene u karbonate stvarane su tijekom pleistocena u razdobljima kada je morska razina bila i do 120 m niža od današnje.

Sva su ušća opisanih rijeka na približno današnjim lokacijama nastala zaustavljanjem naglog holocenskog izdizanja morske razine prije oko 6000 godina. Progradacija estuarijskih delti u neravnotežnim ušćima to je izrazitija što je veći riječni donos čestičnog terigenog materijala.

LITERATURA

- [1] Benac, Č. (1990): Sedimentacija u području ušća Rječine. Pomorski zbornik , 28 , 593-609, Rijeka
- [2] Benac, Č., Arbanas, Ž. & Pavlovec, E. (1991) : Postanak i geotehničke osobitosti doline i zaljeva Raše. Pomorski zbornik, 29 , 475-492, Rijeka.
- [3] Janeković, M., Juračić, m., & Sondi, I. (1995) : Sedimentacijske osobitosti rijeke Mirne (Istra, Hrvatska). 1. Hrvatski geološki kongres - Opatija, Zbornik radova 1 , 225-227 , Zagreb.
- [4] Juračić, M. (1992): Sedimentation in some adriatic karstic river mouths. (Are they estuaries or rias?). Zbornik radova Internacionalne konferencije *Geomorphology and the sea*, Mali Lošinj, 1992. Department of Geography, Faculty of Science, University of Zagreb, 55-63.
- [5] Juračić, M. (1998): O nastanku i promjenama delte rijeke Neretve. *Dubrovnik, Časopis za književnost i znanost, Nova serija, god. IX., 1998*, 4, 228-232, Matica hrvatska Dubrovnik.
- [6] Juračić, M. i Prohić, E. (1991) : Mineralogy, sources of particles, and sedimentation in the Krka river estuary (Croatia). *Geološki vjesnik*, 44, 195-200, Zagreb.
- [7] Juračić, M., Sondi, I., Rubinić, J. & Pravdić, V. (1995) : Sedimentacija u neravnotežnom estuariju pod utjecajem rijeke: krški estuarij Raše (Hrvatska). 1. Hrvatski geološki kongres - Opatija, Zbornik radova 1 , 265-267 , Zagreb.
- [8] Lisitzin, A.P. (1994): A marginal filter of the oceans. *Okeanologiya*, 24/5, 735-747.
- [9] Postma, H. (1980): Sediment transport and sedimentation. U: Olausson, E. & Cato, I. (ur.) *Chemistry and biogeochemistry of estuaries*, Willey, New York, 153-186
- [10] Sondi, I., Juračić, M & Pravdić, V. (1995): Sedimentation in a disequilibrium river-dominated estuary. The Raša River Estuary (Adriatic Sea-Croatia). *Sedimentology*, 42, 769-782
- [11] Stanley, D. J. (1995): A global sea-level curve for the late Quaternary: the impossible dream? *Mar. Geol.*, 125, 1-6
- [12] Štepinac, A. (ur.), (1976): Vodoprivredna osnova slivova Krke i Zrmanje. Knjiga 1: Hidrologija sliva Krke, I dio. Elektroprojekt, Zagreb.

Autori:

MLADEN JURAČIĆ, prof. dr. sc., Geološki odsjek , PMF, Sveučilište u Zagrebu, Kralja Zvonimira 8, 10000 ZAGREB, telefon: 01 46 06 648, telefax: 01 45 55 960
e-mail : mjuracic@ geol.pmf.hr

RANKO CRMARIĆ, dipl. inž. geol., HRVATSKI HIDROGRAFSKI INSTITUT, ZRINSKO-FRANKOPANSKA 161, 21000 SPLIT, telefon: 021 36 18 40, telefax: 021 34 72 48, e- mail : ranko.crmaric@ st. hinet.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.12.

Pristup istraživanju i osmišljavanju upravljanja brodskom balastnom vodom

Marija Crnčević, Ana Bratoš, Josip Lovrić, Adam Benović

SAŽETAK: Brodska balastna voda jedan je od najznačajnijih vektora prijenosa nedomicilnih vrsta u moru. Unos vrsta balastnom vodom u priobalne vode prouzročio je značajne negativne posljedice za biološku raznolikost, gospodarstvo i zdravlje čovjeka. Danas je potrebno osigurati mehanizme kontrole unosa vrsta. U ovom je radu opisan dio spoznaja, te se predlažu smjernice upravljanja brodskom balastnom vodom u svrhu smanjenja prijenosa nedomicilnih vrsta.

KLJUČNE RIJEČI: brodska balastna voda, nedomicilne vrste, bioraznolikost, upravljanje, Jadransko more

Approaches to Research and Development of Ballast Water Management

SUMMARY: The movement of ship's ballast water is currently the most important source of marine nonindigenous species transfer throughout the world. Ballast-mediated invasions into coastal waters have caused a serious threat to biodiversity, economy and human health. Therefore it is necessary to provide control mechanisms of species introduction. An overview of some present day knowledge and potential measures regarding ballast water management are given in this paper.

KEYWORDS: ship's ballast water, nonnative species, biodiversity, management, Adriatic Sea

Uvod

Unos biljnih i životinjskih organizama u novo stanište, prirodna je pojava koja je imala učinak na prostornu raspodjelu i specijaciju vrsta. Danas se najveći broj nedomicilnih vrsta rasprostranjuje antropogeno namjerno u svrhu unaprjeđenja kvalitete života čovjeka, ili slučajno. Za razumijevanje ekologije unosa vrsta potrebno je poznavati učestalost i načine prijenosa ili kretanja organizama, značajke koje im omogućuju uspješno naseljavanje u novo područje te značajke ekosustava koje ga čine podložnim ili otpornim na unose. Tijekom zadnja dva desetljeća brodska balastna voda je najznačajniji način prijenosa nedomicilnih organizama u vodene ekosustave, a povećanje veličine, broja i brzine teretnih brodova, te značajna eutrofikacija priobalnih voda pridonose uspješnijem unosu [6].

Balastna voda je slatka, bočata ili slana voda koju brodovi ukrcavaju radi pretege, stabilnosti i upravljivosti [5]. Balastna voda se nalazi u posebnim ili teretnim tankovima,

a položaj, veličina i oblik tankova mogu biti različiti. Ukupni kapacitet balastnih tankova može biti od nekoliko kubičnih metara kod ribarskih brodica do nekoliko stotina ili tisuća kubičnih metara kod teretnih brodova, dok veliki tankeri mogu imati kapacitet balasta i do 200 000 m³. Procjenjuje se da se godišnje svjetskim morima prenosi oko 10 x 10⁹ t balastne vode. Mogućnost prijenosa morskih organizama balastnom vodom postoji od sredine 19. stoljeća, kad su vodom zamijenjeni kruti materijali kao što su pijesak i kamen, koji su se dotad koristili za stabilnost drvenih teretnih brodova na moru [5]. Prve naznake u svezi s prijenosom morskih organizama balastnom vodom postoje od početka 20. st., ali tek 1975. zabilježeni su živi organizmi u balastnoj vodi [13]. U uzorcima balastne vode pronađeni su različiti stadiji biljnih i životinjskih organizama, bakterije te suspendirane čestice taloga. Debalastiranjem se ovi organizmi prenose i naseljavaju u novi morski okoliš. Prijenos vrsta balastnom vodom ograničen je smanjenim preživljavanjem organizama u balastnim tankovima, ali jednako tako poznato je da se brojnost pojedinih organizama povećava tijekom putovanja broda [8].

Unos vrsta balastnom vodom može prouzročiti negativne posljedice kao što je narušavanje biološke raznolikosti, štete u gospodarstvu i narušavanje zdravlja čovjeka [5]. Jedan od najpoznatijih primjera je unos slatkovodnog školjkaša *Dreissena polymorpha* Pallas iz južne Rusije u Velika jezera Sjeverne Amerike [17] 1985. ili 1986. Zbog nedostatka prirodnih ekoloških ograničavajućih čimbenika, ovaj se školjkaš rasprostranio vodenim putovima SAD-a i Kanade, te suspenzijskom prehranom i obraštajem uskoro prouzročio poteškoće u gospodarstvu. Vrsta *Mnemiopsis leidyi* unesena je u Crno more balastnom vodom ranih 1980-ih. Tijekom ljeta i jeseni 1988., masovni razvoj roda *Mnemiopsis* prouzročio je značajne promjene u strukturi planktonske zajednice Crnog mora [21], te je povremeno naglo smanjenje brojnosti srdele i ostale pelagičke ribe u svezi s unosom vrste *M. leidyi*. Ova je vrsta također zabilježena i u istočnom Sredozemnom moru [11]. Pojava PSP (paralytic shellfish poisoning), paralitičnog otrovanja u vodama Australije poznata je tek od 1980., kad su zabilježene prve "cvatnje" fitoplanktona roda *Gymnodinium* i *Alexandrium* [9]. Ovi se toksični dinoflagelati nakupljaju u školjkašima, a ukoliko kralješnjaci i čovjek konzumiraju takve školjkaše moguća je pojava PSP, pa i smrt. U Sredozemnom moru, toksična vrsta *A. minutum* prvi je put pronađena u priobalnim vodama Sicilije 1990., ali nije dominirala u fitoplanktonskoj zajednici [7]. Međutim, prema podacima novijih istraživanja [20] sve je češće pojavljivanje toksičnog dinoflegelata *Alexandrium catenella* uz obale sjeverozapadnog Sredozemnog mora.

Podaci u svezi s introdukcijom organizama balastnom vodom u Jadranu nedostatni su. Trenutno, najznačajnije je pojavljivanje tropskih vrsta zelenih algi *Caulerpa taxifolia* i *C. racemosa* [19,22] za koje se pretpostavlja da su unesene u Jadran pomoću brodskog sidra. Iako za spomenute vrste algi nije dokazano da su prenesene brodskom balastnom vodom, problematiku balastne vode potrebno je proučavati u kontekstu svjetskih mora. Postoji mogućnost da se u skoroj budućnosti poveća promet velikih teretnih brodova Jadranom, te da se stoga poveća i ispuštanje balastne vode u posebno sjevernom Jadranu [2,12]. Stoga je Jadran kao zatvoreno more izravno izložen riziku unosa vrsta brodskom balastnom vodom.

Nastojanja u svezi sa sprječavanjem unosa vrsta balastnom vodom

Danas je potrebno osmisliti načine kontrole prijenosa organizama kojim će se izbjeći budući unos vrsta brodskom balastnom vodom u slatkovodne i morske ekosustave. S obzirom na složenost problematike, nema jednostavnog i radikalnog rješenja [1]. Tijekom zadnjeg

desetljeća započeti su istraživački programi s ciljem pregleda dosadašnjih spoznaja i primjene znanja u svrhu smanjenja prijenosa organizama brodskom balastnom vodom. Istraživanja obuhvaćaju izradu popisa unesenih vrsta i epidemioloških studija, određivanje metoda obrade i upravljanja balastnom vodom, procjenu učinkovitosti izmjene balastne vode, uzorkovanje mora u lukama i monitoring brodske balastne vode, procjenu rizika za okoliš i gospodarstvo. Ključni dio programa je i razmjena podataka [16]. Sprječavanje unosa egzotičnih vrsta trebalo bi biti regulirano zakonom. Godine 1991. Međunarodna pomorska organizacija (International Maritime Organisation – IMO) uvodi upute za dobrovoljnu izmjenu balastne vode na otvorenom moru, a 1993. donesene su i izmijenjene upute u okviru rezolucije A.774(18) (IMO 1993). U Australiji, Novom Zelandu i SAD-u, zemljama s najizraženijim poteškoćama zbog unosa vrsta, postoje priručnici s preporukama o ispuštanju balastne vode prije ulaska u njihove teritorijalne vode.

Sprječavanje prijenosa vrsta moguće je ostvariti izmjenom balastne vode brodova na otvorenom moru koja u odnosu na priobalne i estuarijske vode sadrži manju količinu nutrijenata i manju brojnost planktonata [6]. Jedan od načina sprječavanja prijenosa toksičnih fitoplanktonskih vrsta je izbjegavanje balastiranja u vrijeme dinoflagelatnog cvjetanja mora [9]. Najučinkovitiji način sprječavanja prijenosa egzotičnih organizama je obrada balastne vode, koja se može obavljati tijekom punjenja balastnih tankova, tijekom putovanja, tijekom iskrcaja balasta, te nakon prebacivanja u sustav za skladištenje balasta na kopnu [5]. Obrada balastne vode može biti kemijska, fizikalna ili mehanička [14]. Pristup odabiru mogućih načina obrade balastne vode, posebno tijekom putovanja, trebao bi obuhvatiti sve potrebne kriterije za obradu balastne vode, a to su učinkovitost metode za uklanjanje ciljnih organizama, sigurnost posade, najmanja moguća štetnost za okoliš, jednostavna primjena i ekonomičnost [16].

Dosad je u laboratorijskim uvjetima istraživana učinkovitost različitih metoda inaktivacije većeg broja ciljnih vrsta fitoplanktona i zooplanktona. Također je istraživana učinkovitost toplinske metode u balastnim tankovima [10,16], te učinak UV zračenja za inaktivaciju prirodne populacije planktona u priobalnim vodama, odnosno u lukama [18]. U radovima, znanstvenim i stručnim, toplinska metoda navodi se kao najučinkovitija, a najviše je proučavana zbog razmjerno malog učinka na okoliš i ekonomičnosti. U skupinu metoda prihvatljivih za okoliš ubrajaju se metode mehaničke obrade, te metode obrade UV zračenjem i ozonom.

Podaci dosadašnjih istraživanja obrade balastne vode ukazuju da učinkovitost pojedinih metoda ovisi o ciljnim vrstama. Tako je najteže inaktivirati trajne stadije tj. ciste fitoplanktonskih vrsta. Pretpostavlja se da bi metoda kojom bi bilo moguće inaktivirati ciste dinoflagelata bila učinkovita za inaktivaciju odnosno usmrćivanje velikog broja morskih organizama [4,10].

Upravljanje brodskom balastnom vodom obuhvaća različite pristupe istraživanju i kontroliranju unosa. U svrhu bolje učinkovitosti potrebno je pravovremeno procijeniti rizik odnosno vjerojatnost unosa nedomicilnih vrsta kao i nepovoljne učinke za okoliš i gospodarstvo koji se mogu ili se pojavljuju zbog unosa. Procjena koje vrste, kad i gdje mogu biti unesene i naseljene i koje će od ovih postati štetne za novi okoliš, ostaje znanstveno pitanje. Stoga su dugoročna istraživanja okoliša nužna jer su dobiveni podaci temelj za razumijevanje promjena u okolišu. Područje na kojem se predviđa izgradnja luke za ukrcaj tereta, dakle područje kontinuiranog rizika zbog antropogenog učinka, potrebno je pravovremeno početi proučavati. Monitoring programi u lukama osmišljeni su na način da podaci ovih istraživanja čim prije ukažu na mogući učinak izlivanja

balastne vode kako bi se poduzele odgovarajuće mjere. Pristup je sličan ostalim monitoring programima, odnosno obuhvaća istraživanje planktona, bentosa i analizu sedimenata [3]. S obzirom na današnja nastojanja kontrole unosa nedomicilnih vrsta u tijeku su monitoring programi uzorkovanja balastne vode u brodovima u većem broju svjetskih luka. Monitoringom se provjerava provedba zakonskih obveza, ali je monitoring ujedno i istraživački program koji omogućuje bolju procjenu metoda obrade balastne vode i bolje razumijevanje posljedica unosa nedomicilnih vrsta, što može pridonijeti učinkovitijem upravljanju balastnom vodom. Značajke učinkovitog monitoringa brodske balastne vode trebale bi biti brzo skupljanje podataka, određivanje nepoželjnih unesenih organizama ili indikator-organizama, te sigurna i ekonomična metoda.

Važeći zakoni u svezi s upravljanjem okolišem i očuvanjem biološke raznolikosti ne obuhvaćaju mjere za sprječavanje unosa nedomicilnih vrsta u Jadranu. Planom intervencija kod iznenadnog onečišćenja Jadranskog mora (NN br. 88/93) određene su mjere radi smanjenja šteta u okolišu prouzročenih iznenadnim onečišćenjem mora. U smislu ovog plana u iznenadno onečišćenje ubrajaju se i prirodne pojave neuobičajenog intenziteta u moru, odnosno pojave koje nastaju zbog prekomjernog rasta određenih organizama u moru, kao što su alge i meduze. Međutim, ne postoje planovi u svrhu sprječavanja naseljavanja nedomicilnih vrsta u slučaju ispumpavanja balastne vode u Jadransko more. Spomenuti planovi trebali bi biti detaljno osmišljeni na temelju znanstvenih podataka i istraživanja autohtone flore i faune s posebnim osvrtom na područja najvećeg rizika unosa vrsta, a to su luke ukrcaja i iskrcaja tereta.

Zaključci

Problematika unosa vrsta brodom balastnom vodom od svjetskog je značenja, a posebno su riziku izložena zatvorena mora s većim brojem luka kao što je Jadransko more. Iskustva zemalja koje su propisale upravljanje balastnom vodom, a koje se najčešće odnosi na palijativne mjere, ukazuju na potrebu interdisciplinarnog pristupa tijekom izrade složenijih studija i procjene učinkovitosti dosad korištenih i novih metoda.

Napomena: Rad je izrađen u okviru projekta Ministarstva znanosti i tehnologije: Sprječavanje unosa alohtonih morskih organizama putem balastnih voda, br. 224001

LITERATURA

1. Benović, A., Lovrić, J., Ružinski, N. (1995): Ballast waters: problems and perspectives. IMAM '95, Dubrovnik, 440-446
2. Benović, A. (2002): Tko prvi riješi problem balastnih voda steći će ugled u znanstvenom, a još više u poslovnom svijetu. Vjesnik, 13, 26.06.2002.
3. Blanchard, A.L., Feder, H.M., Shaw, D.G. (2002): Long-term investigation of benthic fauna and the influence of treated ballast water disposal in Port Valdez, Alaska. Mar Pollut Bull 44:367-382
4. Bolch, C.J., Hallegraeff, G.M. (1993): Chemical and physical treatment options to kill toxic dinoflagellate cysts in ships' ballast water. J Marine Env Engg 1: 23-29
5. Carlton, J.T. (1985): Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms: The biology of ballast water. Oceanogr Mar Biol Ann Rev 23: 313-371
6. Carlton, J.T., Geller, J.B. (1993): Ecological roulette - the global transport of nonindigenous marine organisms. Science 261: 78-82

7. Giacobbe, M.G., Oliva, F.D., Maimone, G. (1996): Environmental factors and seasonal occurrence of the dinoflagellate *Alexandrium minutum*, a PSP potential producer, in a Mediterranean Lagoon. *Est Coast Shelf Sci* 42: 539-549
8. Gollasch, S., Lenz, J., Dammer, M., Andres, H.G. (2000): Survival of tropical ballast water organisms during a cruise from the Indian Ocean to the North Sea. *J Plankton Res* 22: 923-937
9. Hallegraeff, G.M., Bolch, C.J. (1992) Transport of diatom and dinoflagellate resting spores in ships' ballast water: implications for plankton biogeography and aquaculture. *J Plankton Res* 14: 1067-1084
10. Hallegraeff, G.M., Valentine, J.P., Marshall, J.A., Bolch, C.J. (1997): Temperature tolerances of toxic dinoflagellate cysts: application to the treatment of ships' ballast water. *Aquatic Ecology* 31: 47-52
11. Kideys, A.E., Niemann, U. (1994): Occurrence of *Mnemiopsis* along the Turkish coast. *ICES J Marine Sci* 51: 423-427
12. Lovrić, J., (2002): Silovanje Jadrana, *Feral Tribune*, 20.07.2002, 34-37
13. Medcof, J.C. (1975): Living marine animals in a ship's ballast water. *Proc Natl Shellfisheries Assoc* 65: 11-12
14. Oemcke, D. (1999): The treatment of ships' ballast water. *Ecoports Monograph Series No. 18* (Ports Corporation of Queensland, Brisbane), 102 pp.
15. Plan intervencija kod iznenadnog onečišćenja mora u Republici Hrvatskoj NN br 8/97
16. Rigby, G.R., Taylor, A.H., Hallegraeff, G.M., Mills, P. (1993) Progress in research and management of ships' ballast water to minimise the transfer of toxic dinoflagellates. *Proceedings of Sixth International Conference on Toxic marine Phytoplankton, Nantes, France*, 821-824
17. Roberts, R. (1990): Zebra mussel invasions threatens US Waters. *Science* 249: 1370-1372
18. Sutherland, T.F., Levings, C.D., Elliott, C.C., Hesse, W.W. (2001): Effect of a ballast water treatment system on survivorship of natural populations of marine plankton. *Mar Ecol Prog Ser* 210: 139-148
19. Špan, A., Antolić, B., Žuljević, A. (1998): The genus *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyta) in Adriatic Sea. *CIESM* 35:584-585.
20. Vila, M., Garces, E., Maso, M., Camp, J. (2001): Is the distribution of the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* expanding along the NW Mediterranean coast. *Mar Ecol Prog Ser* 222:73-83
21. Zaika, V.Y., Sergeeva, N.G. (1992): Diurnal variation in population structure and vertical distribution of the ctenophore *Mnemiopsis macradyi* in the Black Sea. *Hydrobiol J* 27: 1-6
22. Žuljević, A., Antolić, B., Onofri, V. (in Press): First record of *Caulerpa racemosa* var. *occidentalis* (J. Agardh) Burgesen (Caulerpales, Chlorophyta) in the Adriatic Sea. *J Mar Biol Ass UK*

Autori:

mr.sc. Marija Crnčević, Veleučilište u Dubrovniku, *Collegium ragusinum*, Ćira Carića 4, 20000 Dubrovnik, (tel: 020 445 700), e-mail: marijacrn@hotmail.com

Ana Bratoš, prof. biol., Veleučilište u Dubrovniku, *Collegium ragusinum*, Ćira Carića 4, 20000 Dubrovnik, (tel: 020 445 700), e-mail: abratos@vdu.hr

prof. dr.sc. Josip Lovrić, Veleučilište u Dubrovniku, *Collegium ragusinum*, Ćira Carića 4, 20000 Dubrovnik, (tel: 020 445 700), e-mail: josip.lovric@du.tel.hr

dr.sc. Adam Benović, Institut za oceanografiju i ribarstvo - Laboratoriji Dubrovnik, Damjana Jude 12, 20000 Dubrovnik, e-mail: benovic@labdu.izor.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.13.

Praćenje metalotioneina, biomarkera izloženosti metalima, u konzumnih riba Jadranskog mora

Vlatka Filipović, Biserka Raspor

SAŽETAK: Okoliš je izložen različitim zagađivačima, od teških metala do organskih spojeva, koji djeluju poput stresora na biosferu. U svrhu što ranijeg otkrivanja izloženosti štetnim tvarima razvijaju se različiti biomarkeri kao pokazatelji stresa na staničnoj razini organizma. U suradnji s norveškim Institutom za istraživanje voda (NIVA) od 2001. uvodimo cjeloviti biomonitoring u Republici Hrvatskoj.

U Kaštelanskom zaljevu, jednom od najzagađenijih područja Jadrana, praćena je koncentracija metala (Cu, Zn i Cd) i metalotioneina (MT), biomarkera izloženosti metalima, u jetri, bubrezima i mozgu trlje (bentoska vrsta) i cipla (pelagička vrsta). Uloga MT je u homeostazi esencijalnih (Cu, Zn), te detoksifikaciji neesencijalnih metala (Hg, Cd). Ribe su posljednja karika hranidbenog lanca u vodnom ekosustavu, te akumuliraju metale i u otopljenom obliku i putem hrane. Važne su za ljudsku prehranu, pa predstavljaju i potencijalnu opasnost za ljudsko zdravlje.

Najviša izmjerena vrijednost MT je u bubrezima trlje, a metala (Cu) u jetri cipla. Ovime se potvrđuje uloga jetre i bubrega kao glavnih detoksifikacijskih organa. Visoka korelacija MT i metala, posebno Zn u jetri trlje (0.95), te Cu u jetri cipla (0.69) potvrđuje ulogu MT kao glavnog proteina koji veže metale. Uočen je porast konc. MT i metala u jetri s godinama, što ukazuje na akumulaciju tokom života. Zato je u biomonitoringu važan utjecaj biometrijskih parametara, te izbora vrste organizma i tkiva.

KLJUČNE RIJEČI: metalotioneini; teški metali; ribe; biometrijski parametri

Determination of Metallothionein, Biomarker of Metal Exposure, in Commercial Fish from the Adriatic Sea

SUMMARY: The environment is exposed to different pollutants, from heavy metals to organic compounds, which represent the major stressors to the biosphere. As early warning signs of pollution different biomarkers, biochemical changes on the cellular level of the organism, are developed. In collaboration with the Norwegian Institute for Water Research (NIVA) an integrated biomonitoring program in the Republic of Croatia conducted since 2001.

Concentrations of metals (Zn, Cu, Cd) and metallothioneins, metal exposure biomarkers, were measured in liver, kidney and brain of *Mullus surmuletus* (benthic species) and *Liza aurata* (pelagic species) in the Kaštela Bay, one of the most contaminated areas along the Adriatic coast. Metallothionein has a main role in homeostasis of essential metals (Zn, Cu) and detoxification of nonessential ones (Cd, Hg). Fish are at the end of the aquatic food chain, so they can accumulate metals from the water column and from the diet. They are also consumed by humans so they represent a potential human health risk.

Highest measured level of metallothionein is in kidney of *Mullus surmuletus* and that of metals (Cu) in liver of *Liza aurata*. These results support the role of liver and kidney as the main detoxification organs. High correlation between metallothionein and metal levels, especially for Zn in liver of *Mullus surmuletus* (0.95) and Cu in liver of *Liza aurata* (0.69) indicated MT as the main metal binding protein. It is noticed that metallothionein and metal levels increase during the life period, indicating accumulation over the years. These results emphasize the importance of species and tissue selection and influence of biometric parameters in biomonitoring studies.

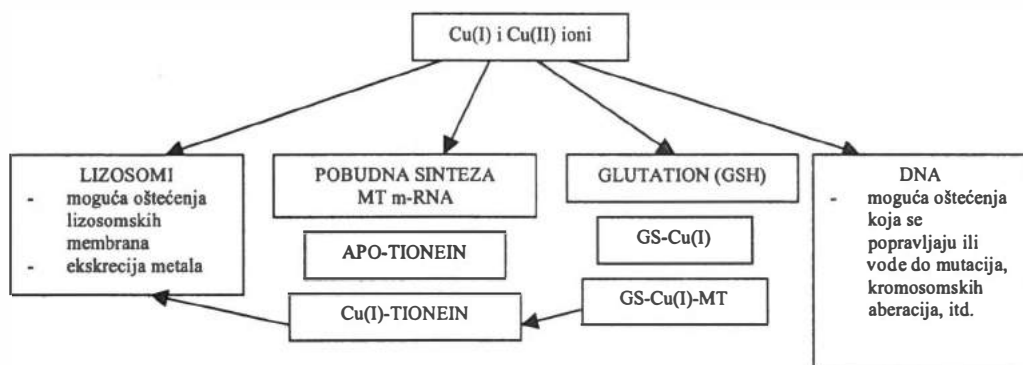
KEYWORDS: metallothioneins, heavy metals, fish, biometric parameters

UVOD

Unos različitih zagađivala u okoliš često premašuje njegov kapacitet, tako da kao posljedicu imamo pojavu zagađenja. Bez obzira na porijeklo svi otpadni produkti direktno ili indirektno, iz atmosfere ili kopnenim vodama, dospijevaju u more gdje se konačno pohrane na morskom dnu.

U šarolikom rasponu zagađivača vodnih ekosustava teški metali imaju važnu ulogu jer uzrokuju toksične efekte u vodnih organizama, a putem prehrane i u ljudi [1, 8]. Upravo su događaji koji su imali kao posljedicu ljudske žrtve doveli do prvih kontroliranih nadziranja stanja okoliša, iako su već prije primjećene promjene kvalitete voda. Tako se prvi testovi toksičnosti izvode već početkom 19. stoljeća, ali pravi interes započinje u drugoj polovici 20. stoljeća kao posljedica sve većeg antropogenog utjecaja [6]. Danas je naglasak na kontroliranom praćenju unosa i utjecaja zagađivala koji uključuje i kemijske i biološke parametre (monitoring), a težnja je usmjerena na što ranije uočavanje njihove prisutnosti i djelovanja praćenjem subletalnih promjena na staničnoj razini organizma putem biomarkera [5]. Huggett i sur. [5] definiraju biomarkere kao promjene staničnih struktura ili funkcija koje su posljedica izloženosti toksičnim tvarima. Razvoj biomarkera započinje 1979. kada je Bayne karakterizirao biološke parametre specifične za "sindrome stresa" inducirane u dagnji akumulacijom zagađenja. I u drugih morskih organizama su uočene različite fiziološke promjene na staničnoj razini, a zbog sposobnosti apsorpiranja i koncentriranja zagađivala iz vode organizmi su se počeli koristiti kao biološki indikatori onečišćenja (ribe, mekušci, raci) [15].

Kako su na vrhu hranidbenog lanca u vodnim ekosustavima ribe akumuliraju metale i putem vode i putem hrane, te se često koriste kao indikatorski organizmi [1]. Unos metala je neselektivan, te se uz esencijalne metale (Cu, Zn) koje uzimaju kao mikronutrijente u otopljenom ili partikularnom obliku akumuliraju i toksični (Cd, Hg) [2, 3]. Glavni putovi unosa su škrge i probavilo, a otuda se prenose krvlju vezani za transportne proteine do različitih tkiva. Raspodjela metala u stanici uključuje nekoliko kompleksnih mehanizama od kojih je najvažniji vezanje na cisteinske skupine metalotioneina, niskomolekularnih proteina karakteriziranih visokim sadržajem cisteina, odsustvom aromatskih kiselina, te toplinskom stabilnošću [4]. Zbog svoje uloge u homeostazi i detoksifikaciji metala metalotioneini se koriste kao biomarkeri izloženosti metalima. Slika 1 shematski prikazuje biokemijske i molekularne učinke metala u stanici na primjeru Cu, koji su ujedno i mjerljivi, te također imaju primjenu kao biomarkeri.



Slika 1. Pojednostavljeni prikaz biokemijskih i molekularnih učinaka metala u stanici na primjeru Cu

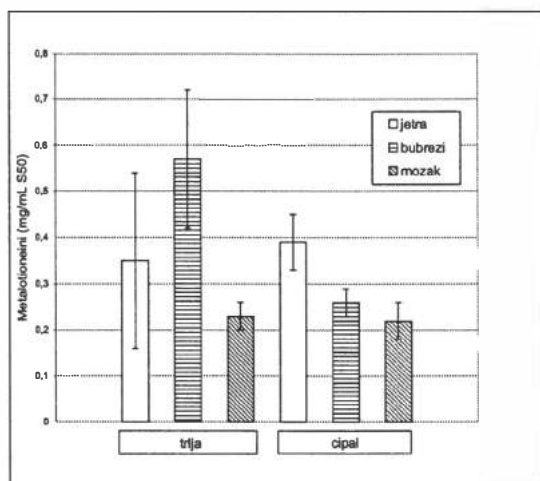
Prisustvo metalotioneina u riba su prvi dokazali Marafante i sur. [10] 1972. u zlatne ribice (*Carassius auratus L.*), a Noel-Lambot i sur. [11] su pokazali 1978. da je Cd vezan na metalotioneine, te povećava njihovu sintezu u škrigama i jetri jegulje (*Anguilla anguilla L.*). Upravo se svojstvo inducibilnosti metalotioneina koristi kao bioindikator prisustva metala u organizmu. Uočeno je, što je i ograničavajuća okolnost biomonitoringa, da količina apsorbiranih metala ne ovisi samo o koncentraciji biološki dostupnih metala u vodnom okolišu, već o nizu abiotičkih i biotičkih čimbenika. Zbog toga se istražuju utjecaji veličine, starosti, prehrane [1, 2], temperature, spola [12], sezone, saliniteta [7] u pojedinim ribljih vrsta, kao dodatni stresori koji također dovode do promjene koncentracije metalotioneina. Zato je važno uvoditi kontrolirana praćenja stanja okoliša kako bi se utvrdila bazalna razina promatranih biomarkera, a time i razlučio fiziološki odgovor od toksičnog učinka. Poznavajući navedene činjenice u radu je uz određivanje metalotioneina i metala praćen i utjecaj načina života, vrste tkiva, starosti, te veličine organizma.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA I METODOLOGIJA:

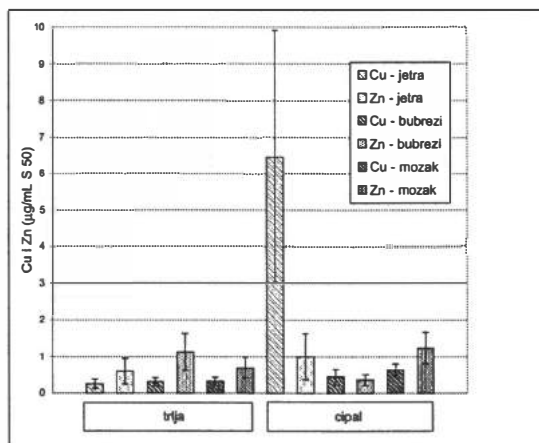
Nativne populacije dviju vrsta riba, trlje kamenjarke (*Mullus surmuletus L.*), predstavnika bentoskih, te cipla skočca (*Liza aurata L.*), predstavnika pelagičkih vrsta, uzorkovane su u Kaštelanskom zaljevu, jednom od najizloženijih područja Jadranske obale antropogenom utjecaju. Riba je ulovljena mrežom poponicom u studenom 2001., što je 4 mjeseca nakon mriješta kako bi se izbjegao utjecaj fiziološkog faktora stanja organizma na koncentraciju metalotioneina, a usmjerilo na ovisnost o koncentraciji metala, veličini i starosti jedinki. U jetri i bubrežima, glavnim detoksifikacijskim organima, te mozgu, rijetko istraživanom tkivu u biomonitoringu, određene su koncentracije metalotioneina, metala i ukupnih citozolskih proteina. Svrha je bila odrediti metalotioneine i metale u istom mediju, tj. u toplinski obrađenoj citozolskoj frakciji (S50), kako bi se ustanovila moguća korelacija. Metalotioneini su određeni elektrokemijski primjenom diferencijalne pulsne polarografije, prema uvjetima opisanim u Raspor [13], metali atomskim apsorpcijskim spektrometrom s plamenom tehnikom, a ukupni proteini spektrofotometrijskom metodom po Lowryu [9]. Biometrijski parametri (duljina, masa tijela i organa) su precizno izmjereni, a starost je određena prema godišnjim zonalnim prirastima kalcitnih prstenova na ljuskama i otolitima. Sadržaj probavila je utvrđen mikroskopskim pregledom.

REZULTATI I RASPRAVA

Sadržaj probavila potvrđuje razlike u načinu života istraživanih vrsta, te u bentoske trlje prevladava zoobentos (raci, mekušci), a u pelagičkog cipla detritus i alge. Canli i Atli [2] su pokazali istražujući 6 mediteranskih vrsta da način života, uključujući prehranu, metaboličke procese, utječu na unos, te koncentraciju metala i metalotioneina. Vrijednosti metalotioneina i metala dobivene u ovom radu potvrđuju svojim međusobnim razlikama ovisnost o vrsti organizma, načinu života, tkivu i starosti. Tako se srednja vrijednost koncentracije metalotioneina statistički značajno razlikuje u jetri ($p < 0.005$) i bubrezima ($p < 0.0001$) promatranih vrsta, dok su u mozgu vrijednosti ujednačene. Najviša izmjerena koncentracija metalotioneina u cipla je u jetri (0.39 ± 0.06 mg/mL S50), dok je u trlje u bubrezima (0.57 ± 0.15 mg/mL S50), što je ujedno i najveća izmjerena vrijednost (Slika 2).



Slika 2. Srednje vrijednosti masenih koncentracija metalotioneina (mg/mL S50) u jetri, bubrezima i mozgu trlje ($n = 19$) i cipla ($n = 23$)



Slika 3. Srednje vrijednosti masenih koncentracija Cu i Zn ($\mu\text{g/mL S50}$) u jetri, bubrezima i mozgu trlje ($n = 19$) i cipla ($n = 23$)

Ovime se potvrđuje uloga jetre i bubrega kao glavnih detoksifikacijskih organa, te dobrih indikatorskih organa, dok u mozgu nema promjene u koncentraciji metalotioneina bez obzira na sadržaj Cu i Zn. Srednje vrijednosti masenih koncentracija Cu i Zn, kao esencijalnih metala, su značajno više od toksičnog Cd, koji je zbog nedostatka tkiva izmjeren samo u jetri. Srednja vrijednost koncentracije Cd je veća u citozolu jetre cipla, što prate i metalotioneini, u odnosu na trlju. Cu i Zn se statistički značajno razlikuju među pojedinim organima promatranih vrsta, a njihove maksimalne vrijednosti se također podudaraju s maksimalnim vrijenostima metalotioneina. Tako je u trlje koncentracija metala najviša u bubrezima ($1.13 \pm 0.5 \mu\text{g Zn/mL S50}$), a u cipla u jetri ($6.46 \pm 3.45 \mu\text{g Cu/mL S50}$), sa 6 puta većom srednjom koncentracijom od trlje (Slika 3).

Ovako visoke koncentracije Cu su već prije uočene u ove vrste i povezuje se s njezinim načinom života i bržim metabolizmom [2]. Podaci za metale opet potvrđuju središnju ulogu jetre i bubrega u detoksifikaciji. Korelacije metalotioneina, kao glavnih proteina koji vežu metale i metala su statistički značajne, posebno u citozolu jetre trlje sa Zn (0.95), te cipla s Cu (0.69). Time se potvrđuje uloga metalotioneina u homeostazi esencijalnih metala, a u slučajevima kad su korelacijski koeficijenti niski vjerojatno je prijedjen koncentracijski prag metala i zauzeta su sva vezivna mjesta metalotioneina za metale [14]. Utjecaj drugih parametara, osim metala, na koncentraciju metalotioneina je praćen također na osnovi korelacijskog koeficijenta. Odnos metalotioneina i metala s biometrijskim parametrima ukazuje na ovisnost o veličini i starosti, a u jetri obadviju vrsta je primjećen njihov porast s godinama. To upućuje na moguću akumulaciju metala u jetri tokom života, što onda prate i metalotioneini. Drugi autori navode različite korelacijske odnose metalotioneina i metala, ali uglavnom mjerenih u tkivu, a ne citozolskoj frakciji kao u ovom radu. Canli i Atli [2] su u 6 mediteranskih vrsta dobili i pozitivne i negativne korelacije, ovisno o vrsti i drugim ekološkim faktorima. U trlje je visoka korelacija u jetri za Cu (0.59) i Zn (0.5) s godinama, te za Zn s duljinom (0.59) i masom (0.73). U cipla je značajna korelacija za Cu i Zn u jetri s duljinom (0.52; 0.56) i masom (0.5; 0.55).

ZAKLJUČAK

Metalotioneini, kao biomarkeri izloženosti metalima, upozoravaju na unos metala u organizam i interakciju s ciljnim molekulama u stanici. Kao i drugi biomarkeri nisu specifični samo za metale, već se induciraju i kod općeg stresa ili drugih fizioloških promjena. Iznešeni podaci upućuju na važnost biometrijskih parametara, posebno veličine i starosti jedinki na koncentraciju metalotioneina i metala u ribljim populacijama. Rezultati na nativnim populacijama pokazuju trend porasta koncentracije metalotioneina i metala u jetri kao posljedicu akumulacije tokom života. Zato je važno u biomonitoringu posvetiti pažnju izboru vrste i tkiva s poznatim metaboličkim i fiziološkim promjenama, te utjecaju biometrije kako bi se raspoznao odgovor metalotioneina na toksični učinak.

ZAHVALA

Istraživanje je provedeno u okviru projekta br. 0098130 Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske, te projekta br. 150463 u okviru suradnje s norveškim Institutom za istraživanje voda (NIVA).

LITERATURA

1. Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi, M.S., Al-Ghais, S.M. (2000): Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. *Sci. Total. Environ.* 256, 87-94.
2. Canli, M., Atli, G. (2003): The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution* 121(1), 129-136.
3. Clearwater, S.J., Farag, A.M., Meyer, J.S. (2002): Bioavailability and toxicity of dietborne copper and zinc to fish. *Comp. Biochem. Physiol.* 132C, 269-313.
4. Hogstrand, C., Haux, C. (1991): Binding and detoxification of heavy metals in lower vertebrates with reference to metallothionein. *Comp. Biochem. Physiol. C* 100, 137-141.
5. Huggett, R.J., Kimerle, R.A., Mehrle, P.M., Jr., Bergman, H.L. (1989): Biomarkers: Biochemical, Physiological, and Histological Markers of Anthropogenic Stress. *Proceedings of the Eighth Pellston Workshop Keystone, Colorado, 23-28 July 1989*, Lewis Publishers.
6. Langston, W.J., Bebianno, M.J. (1998): *Metal Metabolism in Aquatic Environments*. London: Chapman and Hall.
7. Langston, W.J., Chesman, B.S., Burt, G.R., Pope, N.D., McEvoy, J. (2002): Metallothionein in liver of eels *Anguilla anguilla* from the Thames Estuary: an indicator of environmental quality? *Mar. Environ. Res.* 53, 263-293.
8. Livingstone, D.R. (1993): Biotechnology and Pollution Monitoring: Use of Molecular Biomarkers in the Aquatic Environment. *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 57, 195-211.
9. Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J. (1951): Protein measurement with the Folin Phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193, 265-275.
10. Marafante, E., Pozzi, G., Scoppa, P. (1972): Detossicazione dei metalli pesanti nei Pesci, isolamento della metallothioneina dal fegato di *Carrasius auratus*. *Boll. Soc. Ital. Biol. Sper.* 48, 109.
11. Noel-Lambot, F., Gerday, C.H., Disteche, A. (1978): Distribution of Cd, Zn and Cu in liver and gills of the eel, *Anguilla anguilla*, with special reference to metallothioneins. *Comp. Biochem. Physiol.* 61, 177-187.
12. Olsson, P-E., Larsson, A., Haux, C. (1996): Influence of Sesonal Changes in Water Temperature on Cadmium Inducibility of Hepatic and Renal Metallothionein in Rainbow Trout. *Mar. Environ. Res.* 42 (1-4), 41-44.
13. Raspor, B. (2001): Elucidation of the mechanism of the Brdička reaction. *J. Electroanal. Chem.* 503, 159-162.
14. Romeo, M., Cosson, R.P., Gnassia-Barelli, M., Risso, C., Stien, X., Lafaurie, M. (1997): Metallothionein Determination in the Liver of the Sea Bass *Dicentrarchus labrax* Treated with Copper and B(a)P. *Mar. Environ. Res.* 44 (3), 275-284.
15. Viarengo, A., Burlando, B., Giordana, A., Bolognesi, C., Gabrielides, G.P. (2000): Networking and expert-system analysis: next frontier in biomonitoring. *Mar. Environ. Res.* 49, 483-486.

Autori:

Vlatka Filipović, dipl. ing., Institut "Ruđer Bošković", Zavod za istraživanje mora i okoliša, p.p. 180, 10002 Zagreb, tel. +38514680216, fax. +38514680242, e-mail: vf Filip@rudjer.irb.hr

dr. sc. Biserka Raspor, Institut "Ruđer Bošković", Zavod za istraživanje mora i okoliša, p.p. 180, 10002 Zagreb, tel. +38514680216, fax. +38514680242



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.14.

Prodor mora u aluvij Donje Neretve

Hrvoje Gotovac, Davor Bojanić, Mijo Vranješ, Vinko Jović, Roko Andričević

SAŽETAK: U ovom radu je cilj bio predstaviti osebnost hidrogeoloških i hidrauličkih karakteristika područja doline Neretve, povezanost podzemlja s površinskim tokovima i morem, te složenost cijelog sustava kao cjeline. Prikazana je numerička analiza vertikalnog presjeka Opuzen – Metković programom SUTRA. Dano je procijenjeno sadašnje stanje u tom presjeku i navedeni su problemi koji sprječavaju točniju procjenu tog stanja. Sveobuhvatna numerička analiza ovog presjeka, kao i cijele doline morala bi uključiti dodatne istražne radove radi uvida u bolje poznavanje disperzijskih karakteristika vodonosnika, potrebnog kapaciteta melioracijske kanalske mreže, stanja u površinskim tokovima, prije svega u rijeci Neretvi kao glavnom prijenosniku soli u melioracijski sustav, prihranjivanja dubljih vodonosnih slojeva iz okršenog okolnog područja, hidrauličke komunikacije slojeva, kako međusobno, tako i s morem.

KLJUČNE RIJEČI: dolina Neretve, prodor slane vode, disperzija, numeričko modeliranje, istjecanje u more, prirodno prihranjivanje.

Intrusion of Sea Into the Lower Neretva Alluvium

SUMMARY: The aim of this paper is to present specific hydrogeological and hydraulic characteristics of the Neretva River valley, connection between underground and the surface flows and sea as well as complexity of the entire system. Numerical analysis of vertical section Opuzen – Metković using the software SUTRA is described. Evaluated present state in that section is given, and the problems that are preventing more accurate estimates elaborated. A comprehensive numerical analyses of the section and the entire valley should include additional exploratory works for better knowledge of dispersion characteristics of the aquifer, required capacity of drainage network, characteristics of surface flows, before all the Neretva River since it is a principal carrier of salt that intrudes the land reclamation system, recharge of deeper aquifers from the surrounding karst and hydraulic communication between the aquifers, and between aquifers and the sea.

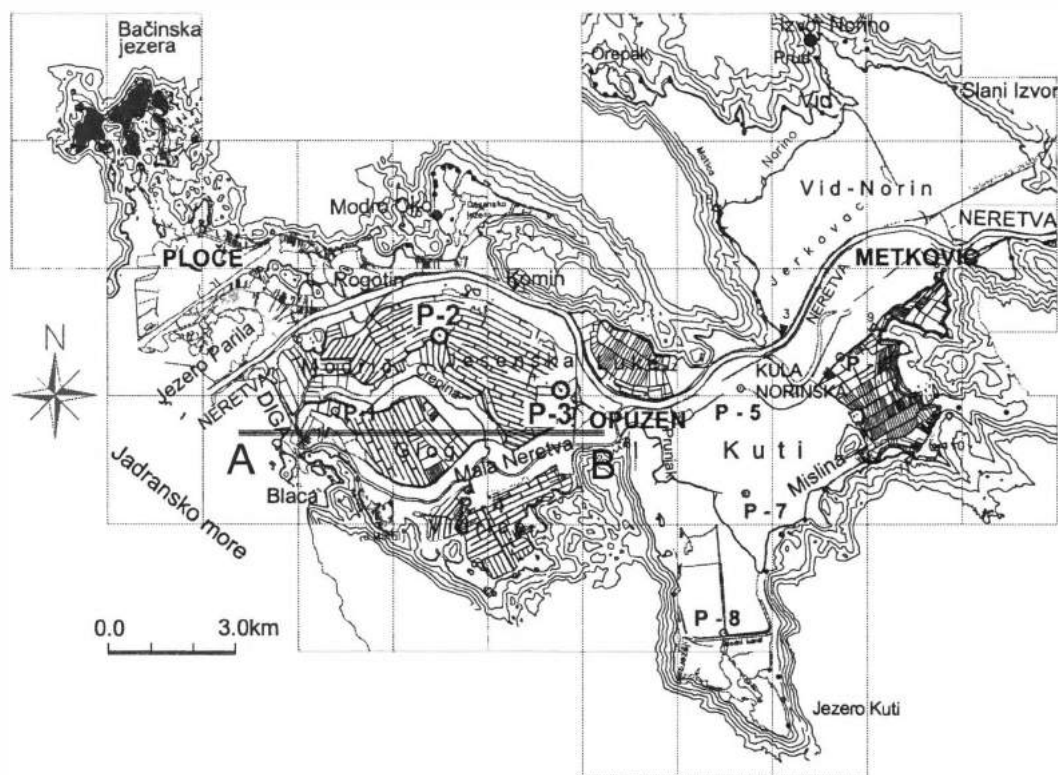
KEYWORDS: the Neretva River valley, saltwater intrusion, dispersion, numerical modeling, submarine groundwater discharge, natural recharge

UVOD

Dolina donje Neretve predstavlja veoma zanimljivo područje sastavljeno od povijesne, gospodarske, političke, pa sve do stručne i znanstvene komponente. Spletom ratnih i drugih, opravdanih i manje opravdanih okolnosti, područje cijele doline Neretve je veoma

zapušteno i prijeti ne samo gospodarska, nego i ekološka katastrofa. U svezi s tim veoma je bitno pokrenuti sve resurse i početi s konkretnim koracima za ponovno oživljavanje "naše Kalifornije". Mišljenja smo da u sklopu stručne i znanstvene domene potrebno je dati onaj početni pozitivni poticaj, rezimirati učinjeno, iskoristiti ne baš mali arhiv projekata i studija, analizirati sadašnju situaciju s obzirom na raspoloživu arhivsku građu i egzaktno definirati daljnje korake u vidu istražnih radova, projekata, studija i znanstvenih radova.

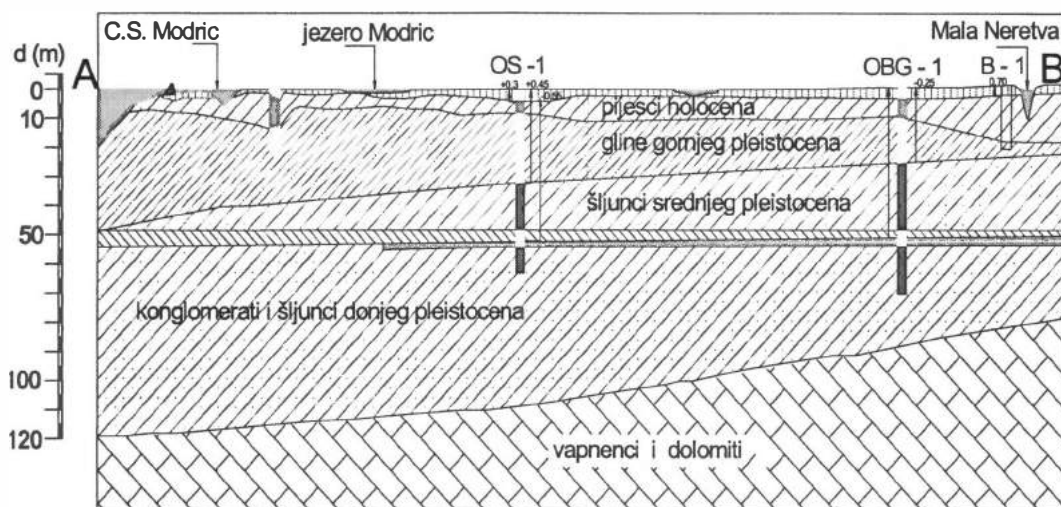
Postoji preko 500 raznih radova o području donje Neretve koji se mogu svrstati u hidrogeološka istraživanja, hidrološka, te razna geomehanička, kemijska istraživanja i analize. Mogu se posebno izdvojiti radovi Beljavskog [2], Vidovića [13] i Pollaka i Kamenića [11] iz ranijeg doba, te studije novijeg datuma s Građevinskog fakulteta [10,15] koje pokazuju nužnost sveukupnog sagledavanja doline s aspekata hidrogeologije, hidrologije, agronomije i ekologije. U ovom radu je cilj bio predstaviti osebnost hidrogeoloških i hidrauličkih karakteristika područja doline Neretve, povezanost podzemlja s površinskim tokovima i morem, te složenost cijelog sustava kao cjeline. Dan je i prijedlog mogućih dodatnih istražnih radova, te primjene numeričkog modeliranja kao osnovnog alata za analizu prodora slane vode u dolinu. U tu svrhu prikazana je numerička analiza vertikalnog presjeka Opuzen – Metković programom SUTRA. Procijenjeno je sadašnje stanje i mogući razlozi koji onemogućavaju bolju procjenu tog stanja.



Slika 1. Prikaz područja donje Neretve.

HIDROGEOLOŠKE I HIDRAULIČKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA

Hidrogeologija područja doline Neretve (Slike 1 i 2) je karakterističnog oblika za mediteranske aluvijalne obalne vodonosnike. Takvi vodonosnici najčešće imaju više šljunčanih ili pješčanih sub – akvifera sa slabo propusnim međuproslojcima gline. Osnovna stijena je većinom okršena vapneno dolomitna stijena s izrazitim ponornim pritocima i uzdužnim i poprečnim komunikacijama. Takva okršena podloga čini rub vodonosnog dijela akvifera u horizontalnom i vertikalnom smjeru i omogućava kontakt s okolnim brdovitim područjem koje je vrlo važno u hidrogeološkom smislu.



Slika 2. Hidrogeološki profil Opuzen – ušće.

Takav geološki sastav je naravno uvjetovan i sedimentacijom tokom geološke povijesti. Na osnovnoj podlozi naizmjenično se mijenja šljunčani sloj, glineni te opet šljunčani sloj. U vrijeme zajezerenja toka dolazi do formiranja debljeg slabopropusnog glinenog sloja prosječne debljine između 20 i 30 metara. Nakon toga formira se pješčani sloj s površinskim zamuljenim slojem koji odgovara nanosima donjeg riječnog toka. Ovakva hidrogeološka shema (Slika 2) potvrđena je dosadašnjim istražnim radovima na području Opuzen – ušće, djelomično na području Kutu, Koševo i Vrbovci, te na području od Metkovića prema Vidu. Uzvodno je ova shema nedokazana, te je potrebno radi daljnjeg sagledavanja veoma kompleksnih hidrogeoloških odnosa u dolini Neretve izvršiti dodatne istražne radove. Također bi bilo poželjno koristiti novije, sofisticirane geostatističke metode koje će omogućiti što efikasnije i preciznije određivanje lokacija novih dubokih i srednjih bušotina. Tako bi svaka nova bušotina dala neophodne dodatne podatke na optimalan način za uvid u kompletnu hidrogeološku sliku područja.

Hidrauličke karakteristike određene su prodorom slane vode (“saltwater intrusion”) u obalni vodonosnik. Pojavljuju se dva osnovna toka koja se međusobno dinamički uravnotežuju: tok slatke vode prema moru koji nastaje zbog pada piezometarske visine uslijed istjecanja podzemne vode u more i ciklički tok slane vode prema kopnu zbog gradijenta gustoće koji nastaje radi postojanja prijelazne, tranzicijske zone između slatke i slane vode. U toj zoni slanost se mijenja od maksimalne slanosti mora do slanosti slatke vode i njena širina prije

svega ovisi o disperzivnim karakteristikama vodonosnika. Duljina prodora slane vode u kopno ovisi o više faktora: količini istjecanja slatke vode, disperziji, promjenama plime i oseke, sezonskim promjenama prirodnog i umjetnog prihranjivanja, o količini crpljenja, prijemnim karakteristikama vodonosnika, itd... Dakle, osnovna hidraulička shema sastoji se u prodiranju slane vode u kopno i uravnoteženju s tokom slatke vode gdje pomiješana slana i slatka voda istječu nazad u more. Time morsko dno postaje granica na kojoj se vrši praktički cjelokupna hidrološka izmjena ("submarine discharge").

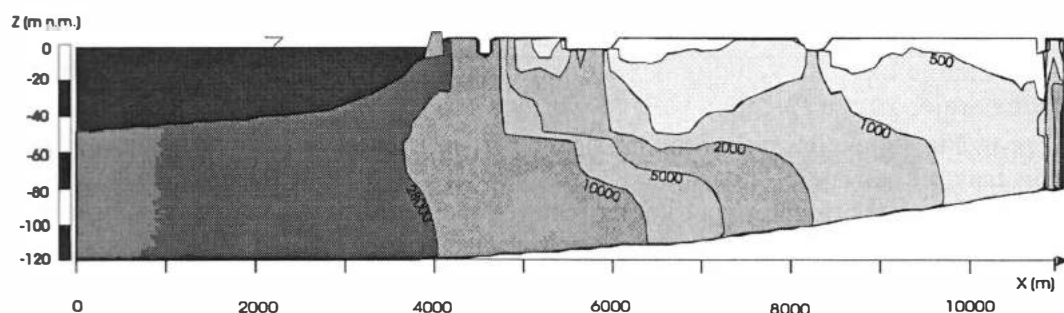
Ova poznata hidraulička shema nije uvijek bila potvrđena u prošlosti. Naime, FAO ekspert Beljavski [2] negirao je moguće pražnjenje slatke vode u dubljim šljunčanim vodonosnicima zbog navodnog isklinjavanja tog sloja pri ulazu u more. To nije dokazano mjerenjima, pa se taj zaključak temelji na određenim iskustvenim procjenama. Jović i ostali [10], kao i navedeni autori ovog rada ne vjeruju u ovakvu konstataciju i skloniji su klasičnoj varijanti komunikacije između mora i kopna. Piezometarsko stanje u površinskom pješčanom sloju određeno je razinama vode u Maloj i Velikoj Neretvi, te razinama u moru i okolnim jezerima i pritocima. U ljetnom, sušnom razdoblju u rijeku Neretvu ulazi klin slane vode čak 25 km od ušća prema kopnu i postaje značajni "slani izvor" za ovaj površinski pješčani sloj. Iako se u zimskom dijelu godine prodor klina bitno reducira (zbog uzvodnog režima hidroelektrana i obilnijih padavina), vezivanjem čestica soli za riječni nanos i tada se implicira određeno doziranje soli u površinski sloj. Također, izgrađeni melioracijski sustav je vrlo bitan regulator razine podzemne vode u tom sloju, posebice zbog njegove niske projektirane kote (-2 m.n.m.).

U dubljim, šljunčanim vodonosnim slojevima piezometarsko stanje je određeno prihranjivanjem iz okolnog okršenog područja. Tu nastaje bitna razlika između ljetnog i zimskog dijela godine: ljeti zbog klimatskih prilika postoji slabo prihranjivanje, dok zimi iz brdovitog okolnog područja i zbog velike propusnosti krša nastaje intenzivno prihranjivanje dubljih slojeva i bitno povećavanje tlaka. Ovime se jasno pokazuje bitna razlika u hidrauličkom režimu površinskog i dubljih slojeva. Zbog toga se generalno javlja drukčiji režim kretanja klina slane vode u tim slojevima. Prodor klina u dubljim slojevima određen je prije svega prihranjivanjem iz okolnog okršenog područja. Zbog stalne piezometarske razlike gornjeg i donjih slojeva (zbog različitog prihranjivanja i učinka melioracijskog sustava u gornjem sloju) vrši se permanentno zaslanjivanje iz dubokih slojeva. Koliki je učinak tog zaslanjivanja u odnosu na direktno zaslanjivanje iz mora i površinski rijekom Neretvom morao bi biti predmet posebne rasprave, te istraživanja.

Kompleksnost navedenih hidrauličkih transportnih odnosa potkrepljuje primjer slatkih i slanih izvora po rubu doline Neretve. Naime, te dvije vrste izvora se nepravilno izmjenjuju tako da postoje slani izvori daleko u kopnu, sve do Počitelja. Navedena pojava može se objasniti relativnim izdizanjem mora u povijesti. Stari izvori prenose tlak kojeg diktira morska razina bivšim podzemnim kanalima koji ovisno o vodopropusnosti postaju aktivni slani izvori, dok ima slučajeva da nedaleko od tih izvora postoje i slatki izvori koji onda očito imaju komunikaciju s novijim podzemnim kanalima. Kao što se vidi, osebnost hidrogeoloških i hidrauličkih karakteristika područja ne leži samo u problemu sagledavanja transporta soli kroz krš i aluvij u dolini Neretve, već problematiku treba sagledati cjelovito, u međusobnoj interakciji površinskih i podzemnih tokova i njihove komunikacije s morem u priobalnoj zoni. To uključuje na primjer, integralno sagledavanje površinskog toka rijeke Neretve i podzemnog toka u površinskom pješčanom sloju, te podzemno otjecanje iz okolnog okršenog područja u dublje šljunčane slojeve i istjecanje podzemne vode u more (npr. Malostonski zaljev) i površinski sloj.

NUMERIČKA ANALIZA

Poradi opisane kompleksnosti i osebnosti hidrogeoloških i hidrauličkih karakteristika područja veoma je teško očekivati da se klasičnim inženjerskim procjenama može sagledati cjelokupna problematika. Autori su skloni uvjerenju da se na primjer sofisticiranim, numeričkim modelima daleko bolje može pratiti dinamika transporta soli u dolini Neretve. U ovom radu se koristi jedan od najpoznatijih transportnih modela s varijabilno promjenjivom gustoćom osnovnog toka – SUTRA (Voss, [14]). Model je zasnovan na sustavu dvije spregnute nelinearne jednačbe kontinuiteta – za osnovni tok i čestice soli, i to za ravinsko strujanje u vertikalnom ili horizontalnom presjeku. Pošto je model široko prihvaćen i mnogo puta verificiran u literaturi, kako za idealne slučajeve (Henry - ev, Elderov problem), tako i za realne primjere (akvifer Hawai, Nitzanim akvifer u Izraelu,...), neće se ulaziti u matematičku i numeričku formulaciju.



Slika 3. Koncentracija soli nakon uključivanja prosječnih godišnjih padalina.

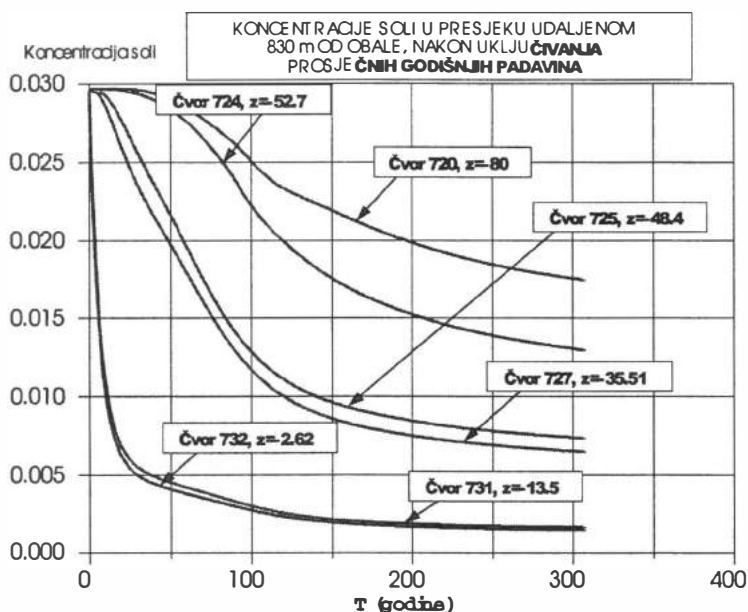
Cjelokupna numerička analiza prodora slane vode u dolinu bila bi izrazito kompleksna i zahtijevala bi prije svega dodatne istražne radove. Zbog toga u svrhu ovog rada odabran je hidrogeološki presjek Opuzen – ušće (Slika 2) duljine 11000 m, dubine oko 100 m i učinjena je globalna numerička analiza. Razina mora je 0.32 m.n.m., a na samom početku obale je izgrađen nasip iza kojeg se nalazi crpna stanica Modrič. Razina u crpnoj stanici je –2 m.n.m. Karakteristike tla odgovaraju hidrogeološkom opisu iz prošle točke i dan je njihov stvarni odnos u tablici 1.

Tablica 1. Koeficijenti hidrauličke propusnosti za pojedine slojeve geološkog uzdužnog presjeka.

Sloj	Opis sloja	K (m/s)	k (m/s)
1. Sloj	Glina, prašinasta glina i ilovačasto tlo	$1.0 \cdot 10^{-5}$	$1.02 \cdot 10^{-12}$
2. Sloj	Vodozasićeni sloj u pijescima holocena	$1.0 \cdot 10^{-4}$	$1.02 \cdot 10^{-11}$
3. Sloj	Gline i prašinaste gline gornjeg pleistocena	$7.0 \cdot 10^{-8}$	$7.14 \cdot 10^{-15}$
4. Sloj	Vodozasićeni sloj u šljuncima srednjeg pleistocena	$5.0 \cdot 10^{-4}$	$5.09 \cdot 10^{-11}$
5. Sloj	Gline srednjeg pleistocena	$1.0 \cdot 10^{-8}$	$1.02 \cdot 10^{-15}$
6. Sloj	Konglomerati i šljunci nižeg pleistocena	$1 \cdot 10^{-3}$	$1.02 \cdot 10^{-10}$
7. Sloj	Vodozasićeni sloj u konglomeratima i šljuncima donjeg pleistocena	$1 \cdot 10^{-3}$	$1.02 \cdot 10^{-10}$

Presjek je diskretiziran mrežom konačnih elemenata koja sadrži 1732 čvora i 1597 kvdrilateralnih elemenata. Mreža je nepravilnog oblika i potpuno se prilagođava prostornom rasporedu osnovnih geoloških slojeva. Uzeta je srednja poroznost svih slojeva – $n = 0.23$. Poznato je da modeliranje programom SUTRA zahtijeva prije svega pravilan odabir postavljene mreže. Proračun se kontrolira klasičnim numeričkim kriterijima koji definiraju Courantov i Pecletov broj. Disperzivne karakteristike određuju se u skladu s postavljenom mrežom uz uvjet da Pecletov broj mora biti manji od jedan (iako autori Sutre u praktičnim problemima garantiraju stabilnost modela i za Pe - brojeve od dva do četiri) da bi se izbjegao znatan učinak umjetne, numeričke disperzije i oscilacija na proračun. Iz ovoga je jasno da su vrijednosti longitudinalne i transverzalne disperzije (25 - 50 m i 2.5 – 5m) inače veoma dvojbene i općenito slabo poznate, te su podložne zasebnoj senzitivnoj analizi. Mreža je odabrana u skladu s iskustvenim procjenama autora pazeći na kompjutersku "cijenu" proračuna. Courantov broj osigurava maksimalni dozvoljeni vremenski korak koji će osigurati numeričku stabilnost postupka. Zavisno od početnih uvjeta, početni vremenski koraci su dosta manji (1000 s), dok kasnije posebice kada se ide ka nekom stacionarnom stanju ti koraci mogu biti jako veliki (čak nekoliko mjeseci). Molekularna difuzija se obično zanemaruje, osim u slučaju malog Pe – broja.

U proračun su također uključene prosječne godišnje padaline ($P = 1295$ mm/god) uz konstantan koeficijent otjecanja $c = 0.5$. Također su istraživane sezonske promjene prihranjivanja i promjenjivost koeficijenta otjecanja, ali se utjecaj takvih promjena nije pokazao posebno dominantan. Rubni uvjeti su odabrani na slijedeći način: na morskom dijelu granice hidrostatički tlak diktira morska razina, a slanost je jednaka slanosti mora (ovo inače predstavlja izrazito kompleksan rubni uvjet Chauchyevog tipa), dno je osnovna stijena koja se smatra nepropusnom, površinski rubni uvjeti su definirani piezometarskim stanjem i koncentracijom soli u crpnoj stanici Modrič, melioracijskom sustavu, u Velikoj i Maloj Neretvi, te Crepini, dok su kopneni rubni uvjeti odabrani kao hidrostatički tlak definiran razinom vode u Maloj Neretvi, koncentracija soli u donjem sloju je 15000 ppm (zbog primjećene velike mineralizacije donjih slojeva), a u površinskom toku je 500 ppm. Početni uvjeti su nepoznati, pa je napravljen proračun u više faza. Prva faza je imala početne uvjete za realan akvifer bez utjecaja kiše. Nakon duljeg razdoblja dobiveno je stacionarno stanje koje je onda uzeto kao početno stanje za drugu fazu. Druga faza uključuje utjecaj prirodnog prihranjivanja uslijed prosječnih godišnjih padalina. Nakon opet duljeg razdoblja (ta vremena nemaju stvarno značenje) dobiveno je stacionarno stanje (Slika 3) koje bi moglo odgovarati sadašnjem stanju u dolini Neretve na ovom presjeku Opuzen – ušće. Na Slici 3 je dan prikaz polja koncentracija u ovom vertikalnom presjeku. Na slici se vide neka glavna svojstva proračuna koja su očekivana s obzirom na prijašnja razmatranja. U površinskom pješčanom sloju koncentracije soli su izrazito podložne površinskim tokovima. Jasno je pokazana razlika u površinskom sloju i dubljim slojevima. Također se odmah može primijetiti gdje se nalazi slabo propusni proslojak gline zbog bitno drukčijeg gradijenta koncentracije od onih u vodonosnim slojevima. Jedna stvar je veoma očita: kopneni rubni uvjet za tlak i koncentraciju u dubljim slojevima je neprihvatljiv, no za sada bez dodatnih istražnih radova i analiza otjecanja iz krša u dublje slojeve nemoguće je odrediti neki drugi rubni uvjet. Na slici 4 je prikazana promjena koncentracije u svim vodonosnim slojevima 830 m od obale. Time se dokazuje stacionarnost dobivenog rješenja i opisana razlika po slojevima.



Slika 4. Prikaz koncentracija soli po slojevima u presjeku udaljenom 830 m od obale.

Očito je da bi ovako složenu analizu trebalo obraditi na jednom većem 3-D nestacionarnom modelu koji bi uključivao cijelo podzemlje (saturiranu i nesaturiranu zonu) doline s točnije određenim utjecajem mora, površinskih tokova, melioracijskog sustava i okolnog brdovitog područja na prihranjivanje dubljih slojeva na temelju pomno određenih dodatnih istražnih radova. Pošto bi ovo bilo jako teško izvesti, čak i s današnjim stupnjem kompjuterske tehnike, očito je da bi se moralo izvesti više međusobno povezanih proračuna manje složenosti, a da se na inženjerski korektan način analizira prodor slane vode u dolinu Neretve.

ZAKLJUČAK

Spletom raznih okolnosti, područje cijele doline Neretve je veoma zapušteno i prijeti ne samo gospodarska, nego i ekološka katastrofa. U svezi s tim veoma je bitno pokrenuti sve resurse i rezimirati učinjeno, iskoristiti ne baš mali arhiv projekata i studija, analizirati sadašnju situaciju i egzaktno definirati daljnje korake u vidu istražnih radova, projekata, studija i znanstvenih radova.

U ovom radu je cilj bio predstaviti kompleksnost hidrogeoloških i hidrauličkih karakteristika područja doline Neretve, povezanost podzemlja s površinskim tokovima i morem, te složenost cijelog sustava kao cjeline. U tu svrhu prikazana je numerička analiza vertikalnog presjeka Opuzen – Metković programom SUTRA. Na kraju treba reći da bi sveobuhvatna numerička analiza ovog presjeka, kao i cijele doline morala uključiti dodatne istražne radove radi uvida u bolje poznavanje disperzijskih karakteristika vodonosnika, potrebnog kapaciteta melioracijske kanalne mreže, stanja u površinskim tokovima, prije svega u rijeci Neretvi kao glavnog prijenosnika soli u melioracijski sustav, prihranjivanja dubljih vodonosnih slojeva iz okruženog okolnog područja, hidrauličke komunikacije slojeva.

LITERATURA

1. Andričević, R., 1996, Evaluation of sampling in the subsurface, *Water Resources Research*, 32, 863 – 874.
2. Beljavski, L., 1963, Tehnički izvještaj uz hidrogeološku kartu područja melioracije Opuzen – ušće, Opuzen.
3. Benson, D. A., Carey, A.E, Wheatcraft, S.W., 1998, Numerical advective flux in highly variable velocity fields exemplified by saltwater intrusion, *Journal of Contaminant Hydrology*, 34, 207 – 233.
4. Croucher, A.E., O'Sullivan, 1995, The Henry problem for saltwater intrusion, *Water Resour. Res.* 31 (7), 1809 – 1814.
5. Frind, E. O., 1982, Simulation of long – term transient density – dependent transport in groundwater, *Adv. Water Resour.*, 5, 73 – 88.
6. Gotovac, H., Andricevic R., Vranjes M., April 23-25, 2001, Effects of aquifer heterogeneity on the intrusion of sea water, *Proceedings of The First International Conference on Salt Water Intrusion and Coastal Aquifers, Monitoring, Modeling and Management, Essaouira, Morocco*.
7. Gotovac, H., Andricevic R., Gotovac B., Kozulic V., Vranjes M., (in press, 2003), An improved numerical method for solving the Henry problem, *Journal of Contaminant Hydrology*.
8. Henry, H. R., 1964, Effects of dispersion on salt enchroachment in coastal aquifers, *U.S. Geol. Survey Paper*, 1613 – C, C71 – C84.
9. Huyakorn, P. S., Andersen, P. F., Mercer, J. W., White Jr., H. O., 1987, Saltwater intrusion in aquifers: Development and testing of a three – dimensional finite element model, *Water Resource Research*, 23(2), 293 – 312.
10. Jović, V., i ostali, 1996, Studija za vodnogospodarsko rješenje i uređenje sliva donje Neretve, *Podzemne vode, Split. ources Research*, 6(3), 875 – 882.
11. Pollak, Z., Kamenić, V., 1973, Hidrogeološka istraživanja područja Kutu, Zagreb.
12. Segol, G. G., Pinder, G.F., Gray, W.G., 1975, A Galerkin finite element technique for calculating the transient position of the saltwater front, *Water Resources Research*, 11(2), 343 – 347.
13. Vidović, M., 1968, Hidrogeološki odnosi na području Opuzen, *Diplomski rad*, Zagreb.
14. Voss, C.I., Souza, W.R., 1987, Variable density flow and solute transport simulation of regional aquifers containing a narrow freshwater – saltwater transition zone, *Water resources research*, 1851 – 1866.
15. Vranješ, M.,(voditelj studije) i ostali, 1997, Studija za vodnogospodarstveno rješenje i uređenje sliva, 6 knjiga, Split.

Autori:

Mr. Hrvoje Gotovac, dipl. ing. građ., Hrvoje.Gotovac@gradst.hr
mr. sc. Davor Bojanić, dipl. ing. građ., Davor.Bojanic@gradst.hr
prof. dr. sc. Mijo Vranješ, dipl. ing. građ., Mijo.Vranjes@gradst.hr
prof. dr. sc. Vinko Jović, dipl. ing. građ., Vinko.Jovic@gradst.hr
prof. dr. sc. Roko Andričević, dipl. ing. građ., Rokoand@gradst.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.15.

Primjenjivost molekularnih biomarkera u kontroli kvalitete voda Hrvatske

**Branimir K. Hackenberger, Ketil Hylland, Biserka Raspor, Tvrtko Smital,
Goran I. V. Klobučar, Sandra Stepić**

SAŽETAK: Jedan od temeljnih ciljeva monitoringa kvalitete voda je pravovremeno utvrđivanje promjena sa svrhom predikcije i prognostike kvalitete u kraćim i duljim vremenskim rasponima. Krajnji cilj biomonitoringa je pravovremeno utvrđivanje biološkog učinka promjene kvalitete voda. Na Institutu Ruđer Bošković u Zagrebu, Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, te na Sveučilištu u Zagrebu, već više godina se primjenjuju najsuvremenije metode istraživanja zagađenja slatkih voda i mora pomoću molekularnih biomarkera. 2001. godine ove institucije su zajedno s Norveškim institutom za istraživanje voda (NIVA) pokrenule zajednički međunarodni projekt uspostave biomonitoringa na moru, rijekama i riječnim ušćima (CroWat).

U ovom radu je pomoću konkretnih primjera prezentirana usporedba rezultata klasičnog monitoringa mjerenjem kemijskih parametara vode s rezultatima biomonitoringa mjerenjem veličina pojedinih molekularnih biomarkera na istim lokalitetima kao i prednosti i nužnost upotrebe molekularnih biomarkera u budućoj kontroli kvalitete voda u Hrvatskoj.

KLJUČNE RIJEČI: biomonitoring, kvaliteta voda, biomarkeri, PAH, EROD

Applicability of Molecular Biomarkers to the Quality Monitoring of Croatian Waters

SUMMARY: One of the fundamental goals in water quality monitoring is to determine the changes in time in an effort to predict and prognosticate the water quality in shorter and longer time intervals. The ultimate goal of biomonitoring is to determine the biological effect of the changes in water quality. The most modern methods have been applied at Ruđer Bošković Institute of Zagreb, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, and University of Zagreb in fresh waters and sea pollution research with the help of molecular biomarkers for quite some time. In the year 2001, in association with the Norwegian Institute for Water Research (NIVA), these institutes initiated a common international project of biomonitoring establishment at sea, rivers and river mouths (CroWat).

In this paper, concrete examples are used for comparison of the results of classical monitoring by measuring chemical parameters of water with the results of biomonitoring by measuring the magnitudes of single molecular biomarkers in the same localities, and for presentation of advantages and necessity of using molecular biomarkers in future water quality monitoring in Croatia.

KEYWORDS: biomonitoring, water quality, biomarkers, PAH, EROD

1. Uvod

Od oko deset milijuna registriranih kemijskih tvari u svakodnevnoj upotrebi ih je preko 70.000, a vode i sediment su terminalno odredište za većinu od njih. Kako su vode esencijalne za život jasno je da ksenobiotici u njima predstavljaju stalan čimbenik rizika za organizme koji u njima žive ili o njima ovise. Prema direktivama Europske zajednice (WFD, 2000.) izdvojeno je četrdesetak za kontrolu prioriternih organskih ksenobiotika, prema kriterijima opasnosti i toksičnosti. Ukoliko se kao princip uzima određenje makisimalne tolerabilne koncentracije uz određenje štetnih i rizičnih koncentracija, onda su dosadašnji kriteriji praćenja kakvoće voda dostatni i administrativno zadovoljavajući. Međutim, ukoliko se u obzir uzmu saznanja o hormističnim učincima, te o biološkom učinku i rizicima njegovog nastanka kao mjerodavnom pri stvaranju kriterija odlučivanja o kvaliteti voda, puka kvalitativno-kvantitativna kemijska analiza nije dovoljna. Iako suvremene analitičke tehnike omogućavaju i grubu determinaciju prisustva određene grupe kemijskih spojeva, opsežna kemijska analiza često iz ekonomskih, ali i vremenskih i općenito praktičnih razloga nije moguća. Ta činjenica je posebno uočljiva pri studiranju biološkog učinka spojeva iz grupe polihalogeniranih dibenzodioksina (PxDD) i dibenzofurana (PxDF), te policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAH) i polihalogeniranih bifenila (PxB). S jedne strane su koncentracije ovih spojeva u vodama često ispod praga detekcije, a s druge strane njihov vrlo visok bioakumulacijski indeks jedan je od uzroka njihovog znatnog biološkog učinka. **Drugim riječima to znači da prisustvo ovih spojeva ispod praga detekcije u vodama ne znači nužno i izostanak biološkog rizika ili u nekim slučajevima nužnog biološkog učinka.** Izvršno oruđe u rješavanju ovog problema je primjena molekularnih biomarkera kao ranih pokazatelja biološkog učinka. Osim glede organskih spojeva i kvantifikacija biološkog rizika na temelju kemijske analize pojedinih metala često je nedostatna, a razina sigurnosti neodredljiva ili nezadovoljavajuće visoka. Naime, na toksičnost metala, kao i na toksičnost mnogih ksenobiotika, mogu utjecati različiti čimbenici prisutni u okolišu čiju analizu tekući propisi ne predviđaju, te se oni i ne obavljaju. Ti učinci mogu biti vanjski, koji djeluju na ksenobiotik izvan organizma, ili unutarnji, koji djeluju na ksenobiotik u organizmu, bilo djelujući na zagađivalo bilo na organizam mijenjajući vrstu, kakvoću i intenzitet odgovora na izloženost.

Svrha ovog rada je dati pregled nekih od postojećih metoda biomonitoringa koji se trenutno obavljaju u Hrvatskoj, te na praktičnom primjeru prikazati njihov značaj i mogućnost njihove primjene u svakodnevnoj kontroli kvalitete voda. Poseban naglasak u ovom radu dan je problematici uspostave stalnog biomonitoringa na moru, riječnim ušćima i rijekama Hrvatske koji u okviru projekta CroWat od 2000. godine rade znanstvenici s Instituta za istraživanje voda (NIVA) iz Osla u Norveškoj, Instituta Ruđer Bošković u Zagrebu, Prirodoslovno matematičkog fakulteta u Zagrebu i Zavoda za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. U okviru ovog projekta studiraju se metode detekcije izloženosti kadmiju određivanjem koncentracije metalotioneina (MT), izloženosti spojevima sa svojstvima inhibicije ili indukcije MXR-kompleksa mjerenjem njegove aktivnosti, izloženosti spojevima sa svojstvima indukcije CYP-enzima mjerenjem aktivnosti etoksirezorufin-deetilaze (EROD) ili etoksikumarin-deetilaze (ECOD), izloženosti inhibitorima enzima acetilkolin-esteraze (AChE), te izloženosti genotoksičnim tvarima u okolišu mjerenjem parametara komet-testa i brojanjem induciranih mikronukleusa.

2. Biomarkeri u kontroli zagađivanja

Intenzivno studiranje biomarkera u smislu ranih pokazatelja izloženost ksenobiotičima započelo je sedamdesetih godina da bi se već u osamdesetim godinama prošlog stoljeća razvile pojedine etablirane metode, pomoću kojih su se uspješno mogle detektirati razlike u statusu biomarkera između pojedinih različito zagađenih lokacija. Već u ranim godinama istraživanja biomarkera ukazao se problem koji je doveo do relativno kasnog uvođenja pojedinih biomarkera u legislativu. Naime, razine odgovora pojedinih biomarkera često nisu jednostavno interpretabilne i jednoznačne. Stoga se i danas veliki napor ulaže u poboljšanja kakvoće biomarkera u tom smislu. Iako suvremeno shvaćanje problematike kontrole kvalitete voda više nije antropocentričko, već čovjeka promatra kao sastavni dio ekološkog sustava, još uvijek postoji raskorak u istraživanjima biomarkera izloženosti zagađivalima na humanoj populaciji i na životinjskim i biljnim organizmima. Jedan od možebitnih glavnih razloga tome su različiti motivi istraživanja. Kod istraživanja biomarkera na životinjskim i biljnim organizmima u većini slučajeva motivacija je istraživanje i utjecaj zagađivala u okvirima ekoloških struktura (hranidbeni lanci, biocenoze, populacije, itd.), dok je kod istraživanja na humanoj populaciji najčešće glavna motivacija zaštita ljudskog zdravlja bez obzira na druge organizme u okolišu. Danas kada se govori o kvaliteti voda i njezinoj kontroli prema svjetskim standardima, više se ne izdvaja problematika zdravlja unutar ljudske populacije izdvojeno od zaštite svih ekoloških struktura. Suvremeno interdisciplinarno shvaćanje problematike biomarkera omogućilo je transdisciplinarni protok znanstvenih činjenica i njihovo iskorištavanje u boljem razumijevanju, bržem otkrivanju novih znanstvenih činjenica i širokoj primjenjivosti ovih metoda na stručnoj razini. Iz navedene različitosti pristupa može se pretpostaviti postojanje različitih definicija biomarkera (Benford i sur., 2000). Kemijska struka često biomarkerima smatra već samu pojavu pojedinih metabolita u organizmu ili na još nižoj razini samo detektiranje ciljnih zagađivala u biološkom materijalu. U našim laboratorijima uobičajeno je shvaćanje biomarkera kao bioloških odgovora na izloženost zagađivalima na bilo kojoj od bioloških razina. Ukoliko se radi o biološkim odgovorima na molekularnoj razini tada je uobičajen naziv molekularni biomarkeri; na razini tkiva histološki biomarkeri; na razini populacije populacijski biomarkeri, itd.

Biomarkeri se prema svojoj prirodi ili vrsti učinka kojeg detektiraju dijele na biomarkere izloženosti, biomarkere učinka i biomarkere osjetljivosti.

Biomarkeri izloženosti ukazuju da je organizam bio izložen zagađenju, ali ne daju informaciju o stupnju negativnih učinaka koje je ta promjena izazvala. U te biomarkere ubraja se indukcija citokrom P450 ovisnih oksidaza, enzima uključenih u I fazu metabolizma, kao što su EROD, ECOD ili benz[a]piren-monooksigenaza (BaPMO) (Haseltine i sur., 1983; Schut i Shiverich, 1992), kao i detekcija metabolita u biliarnim i glomerularnim ekskretima (Perera i Whyatt, 1994; Arif i Gupta, 1997; Wu i sur., 1993). U ove biomarkere ubrajaju se i pokazatelji oksidativnog stresa kao što su malondialdehidni DNA adukti (Fang i sur., 1997).

Biomarkeri učinka pokazuju nepoželjan učinak na biološki sustav. Od molekularnih markera to su specifični DNA adukti, DNA oštećenja, stvaranje mikronukleusa inhibicija AChE, različite druge inhibicije enzima neophodnih za homeostazu, itd.

Biomarkeri osjetljivosti su pokazatelji nasljedne ili stečene sposobnosti organizma da odgovori na izloženost ksenobiotičima. Ova grupa biomarkera najkasnije se počela istraživati, te se tek predviđa razvoj metoda akceptabilnih u praksi na stručnoj razini.

Istraživanje ovih biomarkera vodi se prvenstveno u smjeru predikcije i kvantifikacije rizika proizašlog iz izloženosti zagađivalima *a priori*, te se ovi biomarkeri dijele na biomarkere predodređenih oštećenja, biomarkere predispozicije i biomarkere metaboličkih utjecaja.

Općenito, biomarkeri se mogu dijeliti i prema krajnjoj točki učinka kojeg detektiraju ili kojeg su parametar. Tako je npr. krajnja točka biološkog učinka organofosfata inhibicija acetilkolinesteraze, te je razina inhibicije ovog enzima u organizmu njezin parametar. Slično je i sa različitim vrstama oštećenja ili preinaka DNA koja se mogu promatrati kao krajnja točka učinka zagađivala ili kao parametar kancerogenosti kao krajnje točke. Metalotioneini (MT) su bjelančevine male molekularne mase bogate cisteinom sa svojstvom vezanja metala. Geni za kodiranje MT inducibilni su različitim fiziološkim i toksikološkim podražajima. Smatra se da su za vezanje metala odgovorni cisteinski ostaci u molekulama proteina MT. Mnogobrojne studije pokazale su višestruku funkciju MT u organizmima od kojih su najznačajnije deponiranje cinka te zaštita od toksičnog djelovanja kadmija i slobodnih radikala. Osim toga dokazano je da se indukcija metalotioneina ubraja u jedno od važnijih adaptivnih svojstava stanica (Klaassen i Liu, 1998). Istraživanja u okolišu pokazala su da u slučajevima izlaganja visokim koncentracijama kadmija dolazi do pojačane indukcije metalotioneina. U Hrvatskoj se metalotioneini u temeljnom elektrokemijskom analitičkom ali i u ekotoksikološkom smislu istražuju na Institutu Ruđer Bošković. Pored ostalih metoda u istraživanju ovog biomarkera koristi se i modificirana metoda po Brdički (Brdička, 1933; Olafson i Sim, 1979; Paleček i Pechan 1971; Raspor i sur., 1994; Raspor, 2001; Raspor i sur., 2001). Ovom metodom istražuju se metalotioneini prvenstveno u morskim i slatkovodnim školjkašima i ribama.

Već spomenuti transdisciplinarni protok znanstvenih činjenica možda je najbolji učinak pokazao pri otkrivanju jednog od najvažnijih detoksifikacijskih mehanizama nazvanog MXR. Naime, sedamdesetih je godina u tumorskim stanicama, koje su postale otporne na tretman različitim citostaticima, otkriven tzv. MDR mehanizam (eng. *multidrug resistance*) (Juliano i Ling, 1976). Mehanizam analogan MDR mehanizmu kod tumorskih stanica otkriven je i kod vodenih organizama otpornih na pojedine ksenobiotike, kod kojih je taj mehanizam nazvan MXR (eng. *multixenobiotic resistance*). Fundamentalna istraživanja ovih mehanizama otkrila su da su i jednom i drugom mehanizmu zajedničke pojedine biokemijske odrednice od kojih je najznačajnija transmembranski glikoprotein P170 (Pgp), koji veže i izbacuje iz stanice ksenobiotike (Kurelec i Pivčević, 1989; 1991; 1992; Kurelec i sur., 1992; Hooland-Toomey i Epel, 1993; Minier i sur., 1993). Stalna istraživanja MXR mehanizma izvode se na Institutu Ruđer Bošković na slatkovodnim i morskim školjkašima i ribama.

Broj induciranih mikronukleusa kao test najprije je bio razvijen u svrhu detekcije strukturalnih oštećenja kromosoma pod utjecajem kemikalija (Schmidt, 1975). Kasnije je ustanovljeno da broj mikronukleusa može biti također i pokazatelj disfunkcije diobenog vretena (Yamamoto i Kikuchi, 1980). Dakle, mikronukleus test općenito detektira i strukturalne i kvantitativne kromosomske aberacije. Broj mikronukleusa može se uspješno upotrijebiti kao indeks citogenetičkih oštećenja kod školjkaša, vodozemaca i riba, te ukazati na njihovu izloženost zagađivalima genotoksičnog potencijala.

Komet test je osjetljiv i brz test kojim se mogu ustanoviti oštećenja DNA. Čak i ako je razina oštećenja DNA iznimno niska, komet testom mogu se otkriti jednolančani lomovi. Principijelno komet test je mikrogel elektroforeza temeljena na razlici u brzini migracija

cjelovite i izlomljene DNA. Mikronukleus i komet testovi izvode se u Hrvatskoj na slatkovodnim i morskim školjkašima kao i na drugim organizmima na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu.

Citokrom P450 otkriven je kasnih pedesetih godina prošlog stoljeća u endoplazmatskom retikulumu hepatocita sisavaca. Vrlo brzo otkriveni su citokromi ovog tipa i u drugim organizmima, a također je otkrivena uloga i važnost spojeva iz grupe citokroma P450 kao prostetskih skupina skupine iznimno važnih metaboličkih enzima od kojih su u toksikološkom smislu najbitnije oksidaze miješanih funkcija. Za ekotoksikologiju poznavanje fizioloških i biokemijskih procesa vezanih za citokrom P450 posebno je značajno jer je još osamdesetih godina otkrivena ovisnost indukcije oksidaza miješanih funkcija o razini izloženosti organizama zagađivalima PAH, PxB, PxDD i PxDF (Britvić i Kurelec, 1986; Britvić i sur., 1983; Britvić i sur., 1993; Buhler i Williems, 1989; Buhler i Rasmusson, 1968; Kezić i sur., 1983; Kurelec, 1985; Kurelec, 1982; Kurelec i sur., 1981). U Hrvatskoj se na Institutu Ruđer Bošković izvode mjerenja aktivnosti BaPMO i EROD direktnom fluorometrijskom metodom (Burke i Mayer, 1974; Galgani i sur., 1991; Grzebyk i sur., 1990), dok se na Zavodu za biologiju u Osijeku izvode mjerenja aktivnosti EROD i ECOD direktnom spektrofotometrijskom metodom (Klotz i sur., 1984), te mjernje koncentracija ukupnog citokroma metodom diferencijalne spektrofotometrije (Omura i Sato, 1964).

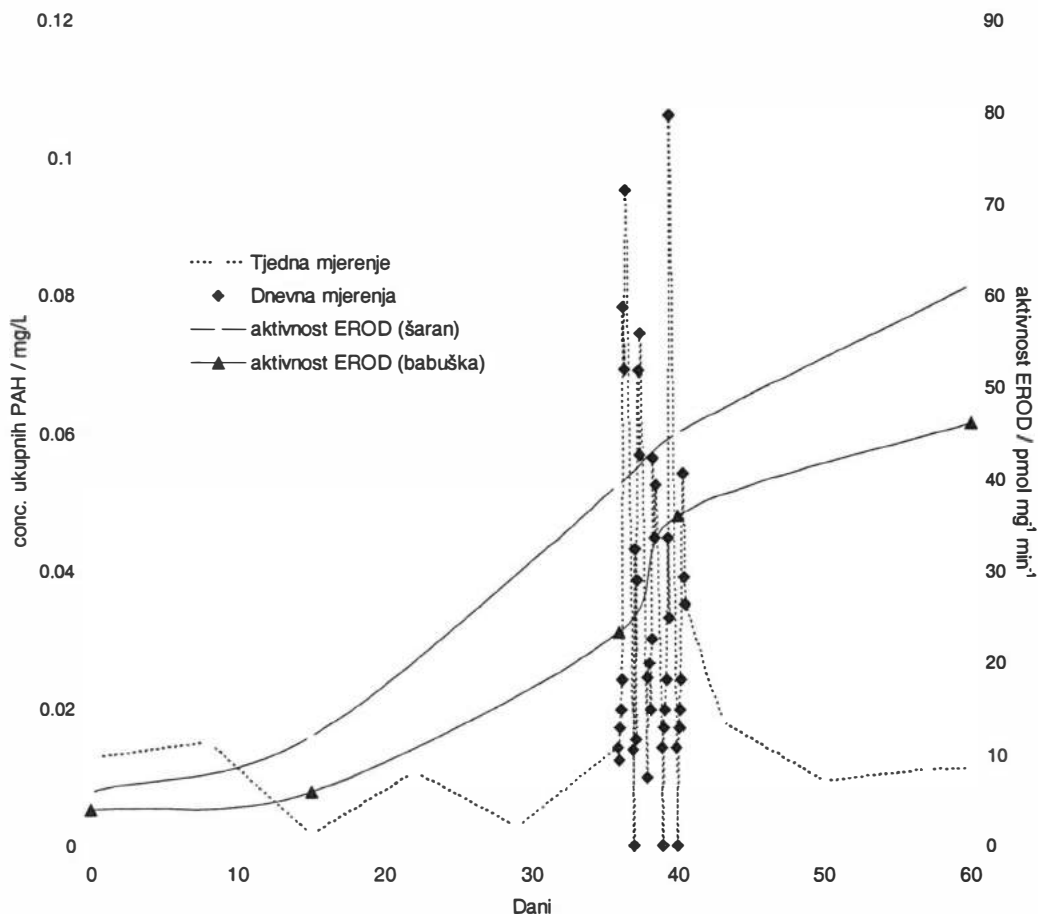
Organofosforni i karbamatni pesticidi, kadmij i detergentski inhibiraju enzim acetilkolinesterazu (AChE) uzrokujući time neurofiziološke patološke promjene na organizmima. Postoji izuzetno dobra korelacija između razine izloženosti zagađivalima i stupnja inhibicije AChE u vodenim organizmima (Herbert i sur., 1995; Labrot i sur., 1996; Guilhermino i sur., 1998). Aktivnost AChE u slatkovodnim i morskim školjkašima i ribama, kao i u drugim organizmima, u ekstraktima tkiva ili optjecajnom likvoru mjeri se spektrofotometrijski (Ellman i sur., 1961) na Zavodu za biologiju u Osijeku.

3. Odnos metoda biomonitoringa i kemijskog monitoringa

Primjer paralelnog kemijskog monitoringa i biomonitoringa provedenog na industrijskom ispustu u rijeku Dravu pokazatelj je razlika i značajnosti što skorijeg uvođenja metoda biomonitoringa u hrvatsko zakonodavstvo vezano za zaštitu vodotokova

Na ispustu iz industrijskog pogona, te oko 50 m nizvodno uzimani su uzorci otpadne vode u različitim vremenskim razmacima tijekom dva mjeseca. Istovremeno su, oko 50 m nizvodno postavljeni kavezi s 61 primjerkom šarana (*Cyprinus carpio*) i 39 primjeraka babuške (*Carassius auratus gibelio*). Svakih 14 dana izlaganja, iz kaveza je vađen dio izlaganih riba iz kaveza, te se u postmitohondrijskoj frakciji jetre određivala aktivnost EROD spektrofotometrijski. Tijekom perioda istraživanja uzorkovanje vode je izvođeno svakog prvog dana u tjednu s izuzetkom 5. tjedna istraživanja kada je uzorkovanje izvođeno 8 puta dnevno tijekom četiri dana. Na Slici 1. prikazani su rezultati mjerenja ukupne količine PAH tijekom dva mjeseca istraživanja. Kako je postojala velika zavisnost ukupnih koncentracija PAH na obje lokacije ($r=0.8925$) zaključilo se da su ribe bile izlagane koncentracijama PAH ovisnim o ispustu. Niti jedno tjedno mjerenje nije pokazalo koncentracije veće od dozvoljenih. Međutim, tijekom četverodnevnog uzorkovanja pojačane frekvencije uočene su periodične promjene ukupne koncentracije PAH višestruko iznad dozvoljenih u uzorcima uzorkovnim tijekom poslijepodneva. Nasuprot tome prema rezultatima mjerenja aktivnosti EROD, već nakon 14 dana izlaganja

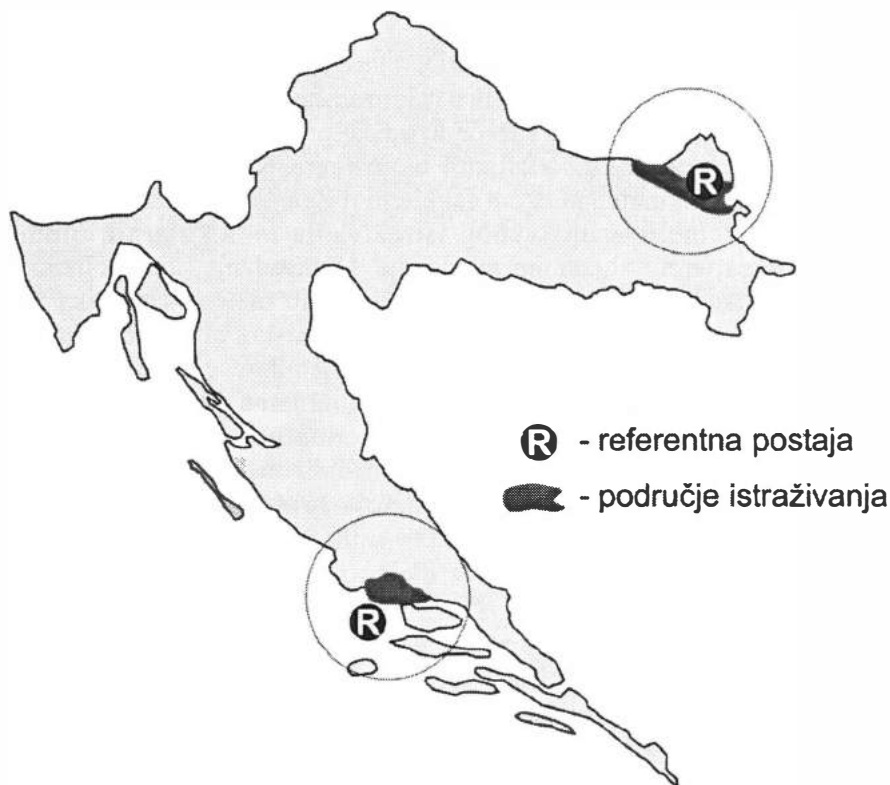
primjećena je statistički značajna razlika u smislu povećanja aktivnosti EROD kod obje vrste izlaganih riba, te se stoga zaključilo da se na ovom ispustu ispuštaju količine zagađivala tipa PAH dovoljno velike da izazovu biološki učinak na organizmima u okolišu. Pri ovom eksperimentu uočljiva je prednost kumulacijskog svojstva aktivnosti EROD kao molekularnog biomarkera izloženosti PAH jer rezultati mjerenja ne ovise o učestalosti uzorkovanja. Zbog toga je upotrebom biomarkera moguće optimalno detektirati emisiju PAH iz nekontinuiranog izvora.



Slika 1. Razlike u interpretacijskoj vrijednosti tjednih i dnevnih mjerenja koncentracija ukupnih PAH, te mjerenja aktivnosti EROD u postmitohondrijskim frakcijama šarana i babuške kavezno izlaganih na mjestima uzorkovanja tijekom 60 dana.

4. Projekt CroWat

U okviru hrvatsko-norveškog projekta CroWat punog naslova «*An integrated environmental monitoring system for Croatian freshwater, estuarine and coastal marine areas*» radi se na uspostavi permanentnog biomonitoringa kvalitete voda na, za sada, dvije lokacije. Na moru istraživanja se obavljaju na lokacijama Kaštelanskog zaljeva s otokom Šoltom kao referentnom postajom, dok se na kopnu istraživanja provode na dijelu toka rijeke Drave od 40. km do ušća uključujući Kopački rit kao referentnu postaju (Slika 2).



Slika 2. Područja istraživanja i uspostave integralnog sustava biomonitoringa u okviru projekta CroWat.

Ciljni organizmi u ovom projektu su morske vrste riba (trlja, lubin, cipal) i školjkaša (dagnja), te slatkovodne vrste riba (šaran, deverika) i školjkaša (raznolika trokutnjača, bezupka). Dosadašnja istraživanja su pokazala mogućnost uspostave integralnog biomonitoringa, ali su i ukazala na određene probleme. To se prije svega odnosi na teškoće odabira pogodne vrste za izvođenje biomonitoringa. Naime, pogodna vrsta mora zadovoljavati preduvjete kao što su široka zastupljenost, pogodan način prehrane, laka dostupnost, itd. U okviru projekta nakon jednogodišnje pilot studije i godine dana pokusnih uzorkovanja odabrane su optimalne vrste čija su biološka svojstva s obzirom na mjerene parametre predmet tekućih istraživanja. Osim toga jedan od problema koji se rješavaju je i broj uzoraka potrebnih za preciznije skaliranje i donošenje sigurnijih ocjena ekološkog i toksikološkog rizika. Naime, neki biomarkeri, kao što je npr. aktivnost EROD, pokazuju izuzetno veliku varijancu pa je stoga preciznije skaliranje vezano za uzorkovanje većeg broja jedinki. To često dovodi do granica isplativosti primjene metode. Vjeruje se da će jedan od rezultata ovog projekta biti upravo i optimizacija veličine uzoraka. Posebno je značajan dvosmjernan transfer znanja i tehnologije koji se odvija između Instituta NIVA i institucija, sudionika projekta iz Hrvatske. U tijeku je prijenos znanja vezanih za mjerenje parametara MXR mehanizma u Norvešku, a uspješno je proveden prijenos znanja o mjerenju vitelogenina, biomarkera izloženosti ksenoestrogenima, u Hrvatsku.

5. Zaključci

Prisustvo spojeva iz grupe PAH, PxDD, PxDF i PxB ispod praga detekcije u vodama ne znači nužno i izostanak biološkog rizika ili u nekim slučajevima nužnog biološkog učinka. Zbog toga je potrebno što prije u važeće hrvatske propise ubrojiti i metode kontrole kvalitete voda putem praćenja molekularnih biomarkera. Na Institutu Ruđer Bošković u Zagrebu, Prirodoslovno matematičkom fakultetu u Zagrebu, te Zavodu za biologiju u Osijeku, postoje temelji znanstvenog istraživanja molekularnih biomarkera s višegodišnjim iskustvom i uhodanim metodama. U navedenim institucijama jedan od prioritarnih zadataka je prilagođavanje laboratorijskih metoda i tehnika zahtjevima stručnog rada. Postojeće izvore zagađenja voda u Hrvatskoj pogodno je, a vjerojatno i nužno kontrolirati pomoću biomarkera, poglavito zbog njihovog kumulacijskog svojstva, koje omogućava kvalitetno praćenje izvora diskontinuirane dinamike. Projekt CroWat prvi puta u Hrvatskoj uvodi integralni biomonitoring voda mora i rijeka kao model mogućeg stalnog monitoringa u sprezi s postojećim oblicima monitoringa kvalitete voda. Samo uz upotrebu biomarkera u kontroli kvalitete voda moguće je spustiti razinu greške pri procjeni ekološkog i zdravstvenog rizika na prihvatljivu tj. optimalnu razinu.

6. Literatura

- Arif, J.M., Gupta, R.C. (1997): Detection of DNA-reactive metabolites in serum and their tissue distribution in mice exposed to multiple doses of carcinogen mixtures: role in human biomonitoring. *Carcinogenesis*, 17, 2213-2219.
- Benford, D.J., Hanley, A.B., Bottrill, K., Oehlschlager, S., Balls, M., Branca, F., Castegnaro, J.J., Descotes, J., Hemminki, K., Lindsay, D., Schilter, B. (2000): Biomarkers as predictive tools in toxicity testing. The report and recommendations of ECVAM Workshop 40, ATLA 119-131.
- Brdička, R. (1933): *Coll. Czech. Chem. Commun.*, 5, 112.
- Britvić, S., Kurelec, B. (1986): Selective activation of carcinogenic aromatic amines to bacterial mutagens in the marine mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 85C, 111-114.
- Britvić, S., Lucić, D., Kurelec, B. (1993): Bile fluorescence and some early biological effects in fish as indicators of pollution by xenobiotics. *Environ. Toxicol. Chem.*, 12, 765-773.
- Britvić, S., Protić, M., Rijavec, M., Zahn, R.K., Kurelec, B. (1983): Detection of xenobiotics in the Northern Adriatic waters by estimating their biochemical effects in fish. *Rapp. Comm. Int. Mer Medit*, 28, 137-138.
- Buhler, D.R., Rasmussen M.E. (1968): The oxidation of drugs by fishes. *Comp. Biochem. Physiol.*, 25, 223-339.
- Buhler, D.R., Williams, D.E. (1989): Enzymes involved in metabolism of PAH by fishes and other aquatic animals: Oxidative enzymes (or Phase I Enzymes). In: *Metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment*, CRC Uniscience Series, CRC Press Inc., Boca Raton, FL., 151-202.
- Burke, M.D., Mayer, R.T. (1974): Etoxyresorufin: Direct fluorimetric assay of a microsomal o-dealkylation which is preferentially inducible by 3-methylcholanthrene. *Drug Metab. Dispos.*, 2, 583-588.
- Ellman, G.L., Courtney, K.D., Andres, V., Featherstone, R.M. (1961): A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.*, 7, 88-95.

- Fang, J.L., Vaca, C.E., Valsa, L.M., Mutanen, M. (1997): Determination of DNA adducts of malonaldehyde in humans: effects of dietary fatty acid composition. *Carcinogenesis*, 17, 1033-1040.
- Galgani, F., Cadiou, Y., Bocquene, G. (1991): Routine determination of enzyme kinetics using plate reader. *Biotechnology and bioengineering*, 38, 434-437.
- Grzebyk, D., Galgani, F. (1990): Measurement of the effect of organic pollution on marine organisms: rapid determination of EROD induction using plate readers. *Aquat. Living Resour.*, 4, 53-59.
- Guilhermino, L., Barros, P., Silva, M.C., Soares, A.M.V.M. (1998) Should the use of inhibition of cholinesterase as a specific biomarker for organophosphate and carbamate pesticides be questioned. *Biomarkers*, 3, 2, 157-163.
- Haseltine, W.A., Franklin, W., Lippke, J.A. (1983): New methods for detection of low levels of DNA damage in human populations. *Environmental Health Perspectives*, 48, 29-41.
- Herbert, A., Guilhermino, L., Assis, D.S., Hansen, P.D. (1995): Acetylcholinesterase activity in aquatic organisms as pollution biomarker. *Zeitschrift für Angewandte Zoologie*, 3, 1-15.
- Hooland-Toomey, B., Epel, D. (1993): Multixenobiotic resistance in *Urechis caupo* embryos; Protection from environmental toxins. *Biol. Bull.*, 185, 355-364.
- Juliano, R.L. i Ling, V. (1976): A surface glycoprotein modulating drug permeability in chinese hamster ovary cell mutants. *Biochim. Biophys. Acta.*, 455, 152-162.
- Kezić, N., Britvić, S., Protić, M., Simmons, J.E., Rijavec, M., Zahn, R.K., Kurelec, B. (1983): Activity of benzo[a]pyrene monooxygenase in fish from the Sava river, Yugoslavia: correlation with pollution. *The Science of the Total Environment*, 27, 59-69.
- Klaassen, C.D., Liu, J. (1998): Induction of metallothionein as an adaptive mechanism affecting the magnitude and progreion of toxicological injury. *Environmental Health Perspectives*, 106, 297-300.
- Klotz, A.V., Stegeman, J.J., Walsh, I.C. (1984): An alternative 7-ethoxyresorufin o-deethylase activity assay: a continuous visible spectrophotometric method for measurement of cytochrome P-450 monooxygenase activity. *Anal. Biochem.*, 140, 138-145.
- Kurelec, B. (1982): Biološki efekti nekih najznačajnijih zagađivala morskog ekosistema. *Pomorski zbornik*, 20, 521-534.
- Kurelec, B. (1985): Exclusive activation of aromatic amines in the marine mussel (*Mytilus edulis*) by FAD-containing monooxygenase. *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 127, 773-778.
- Kurelec, B., Krča, S., Pivčević, B., Ugarković, Đ., Bachmann, M., Imsiecke, G., Müller, W.E.G. (1992): Expression of P-glycoprotein gene in marine sponges. Identification and characterization of the 125-kDa drug-binding glycoprotein. *Carcinogenesis*, 13, 69-76.
- Kurelec, B., Pivčević, B. (1991): Evidence for a multixenobiotic resistance mechanism in the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Aquat. Toxicol.*, 19, 291-302.
- Kurelec, B., Pivčević, B. (1992): The multidrug resistance-like mehanism in a marine sponge *Tethya aurantium*. *Mar. Environ. Res.*, 34, 249-253.
- Kurelec, B., Protić, M., Britvić, S., Kezić, N., Rijavec, M., Zahn, R.K. (1981): Toxic effects in fish and the mutagenic capacity of water from the Sava river in Yugoslavia. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, 26, 179-187.
- Kurelec, G., Pivčević, B. (1989): Distinct glutathione-dependent enzyme activities and a verapamil sensitive binding of xenobiotics in a fresh-water mussel *Anodonta cygnea*. *Biochem.*

- Biophys. Res Commun., 164,934-940.
- Labrot, F., Ribera, D., Saint Denis, M., Narbonne, J.F. (1996): In vitro and in vivo studies of potential biomarkers of lead and uranium contamination: lipid peroxidation, acetylcholinesterase, catalase and glutathion peroxidase activities in three non mammalian species. Biomarkers, 1, 21-28.
- Minier, C., Akcha, F., Galgani, F. (1993): P-glycoprotein expression in *Crassostrea gigas* and *Mytilus edulis* in polluted seawater. Comp. Biochem. Physiol., 106B, 1029-1036.
- Omura, T., Sato, R. (1964): The carbon monoxide-binding pigment of liver microsomes: I. Evidence for its hemoprotein nature. J. Biol. Chem., 239, 2370-2378.
- Paleček, E., Pechan, Z. (1971): Anal. Biochem., 42, 59.
- Perera, F.P., Whyatt, R.M. (1994): Biomarkers and molecular epidemiology in mutation/cancer research. Mutation Research, 313, 117-129.
- Raspor, B. (2001): Electroanal. Chem.
- Raspor, B., Paić, M., Erk, M. (2001): Talanta, in press.
- Raspor, B., Pižeta, I., Branica, M. (1994): Anal. Chim. Acta., 285,103.
- Schmidt, W. (1975): The micronucleus test. Mutat. Res., 3, 9-15.
- Schut, H.A.J., Shiverick, K.T. (1992): DNA adducts in humans as dosimeters of exposure to environmental, occupational, or dietary genotoxins. FASEB Journal, 6, 2942-2951.
- Wu, Y., Chen, J., Oshima, H., Pignatelli, Boreham, J., Li, J., Campbell, T.C., Peto, R., Bartsch, H. (1993): Geographic association between urinary excretion of N-nitroso compounds and oesophageal cancer mortality in China. International Journal of Cancer, 54, 713-719.
- Yamamoto, K.I., Kikuchi, Y. (1980): A comparison of diameters of micronuclei induced by clastogens and by spindle poisons. Mutat. Res., 71, 127-131.

Autori:

- Branimir K. Hackenberger, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Zavod za biologiju, Pedagoški fakultet, Lorentza Jägera 9, HR-31000 Osijek, Hrvatska, tel. ++ 385 31 211 400 loc. 219, GSM 098 338 998
- Ketil Hylland, NIVA, Norsk institutt for vannforskning, Postboks 173 Kjelsas, Brekkeveien 19 N-0411 Oslo, Norway, tel. 22 18 51 00
- Biserka Raspor, Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, PP 180 HR-10002 ZAGREB, tel ++385 1 4561 111
- Tvrtko Smital, Institut Ruđer Bošković, Bijenička cesta 54, PP 180 HR-10002 ZAGREB, tel ++385 1 4561 111
- Goran I. V. Klobučar, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet, Zoologijski zavod, Rooseveltov trg 9, HR-10000 Zagreb, ++385 1 4826 260
- Sandra Stepić, HAZU, Zavod za znanstveni i umjetnički rad, Franje Kuhača 29, 31000 Osijek, HR-Hrvatska, ++385 31 207 407



Rad 2.16.

Primjena GIS-okruženja na procjenu otjecanja

Bojana Horvat, Josip Rubinić

SAŽETAK: U radu je prikazan jedan od mogućih pristupa globalnoj procjeni elemenata vodne bilance slivova i njihova prostornog rasporeda korištenjem GIS tehnike. Namijenjen je prije svega slivovima za koje ne stoje na raspolaganju odgovarajući mjereni podaci o značajkama otjecanja, ali i za prostornu diferencijaciju hidroloških značajki na slivovima kod kojih su ti podaci na raspolaganju. Za procjenu deficita otjecanja u radu su korištene dvije metode – metoda Turca koja se inače dosta koristi pri takvim globalnim analizama na priobalnom području Hrvatske i na našim prostorima inače malo korištena metoda Langbeina. Proračun je proveden na primjeru područja Istre. Korišćeni podloge s prostornim rasporedom prosječnih godišnjih oborina i temperatura provedene su daljnje analiza koristeći GIS tehniku, odnosno program ILWIS. Na osnovu njih određen je prostorni raspored specifičnih godišnjih protoka te kvantifikacija elemenata otjecanja. Provedene su i usporedbe rezultata po metodi Turca i Langbeina, te je utvrđeno je da dati konceptijski pristup može imati i širu primjenu za buduća bilanciranja na području Hrvatske, odnosno pojedinih njenih dijelova s prostorno približno homogenim međudodnosima oborina i otjecanja.

KLJUČNE RIJEČI: vodna bilanca, metoda Langbein-a, GIS, specifične protoke

GIS Application In Surface Runoff Estimation

SUMMARY: The paper shows one of possible approaches to global estimation of water balance parameters and their spatial distribution by GIS application. Although it is primarily intended for watersheds for which adequate measured discharge data is not available, it can also find its application in spatial differentiation of characteristics of watersheds for which the data is available. To estimate runoff deficit, two methods are used in this paper: (i) the Turc method, which is often used for global analysis of the littoral Croatia and a rather infrequently used (ii) Langbein method. Estimation was done for the Istrian County. Spatial distribution inputs on 30-year average rainfall and temperature analyses were used for additional analyses within GIS environment using ILWIS software. Based on such analyses, the spatial distribution of specific annual discharges is determined and quantification of runoff elements performed. A comparison of the results obtained by both Turc and Langbein method shows that, conceptually, this approach may be applied to numerous cases of water balancing in Croatia, particularly in those parts of Croatia with more or less spatially homogenous relations between rainfall and runoff.

KEYWORDS: water balance, Langbein method, GIS, specific discharges

1. UVOD

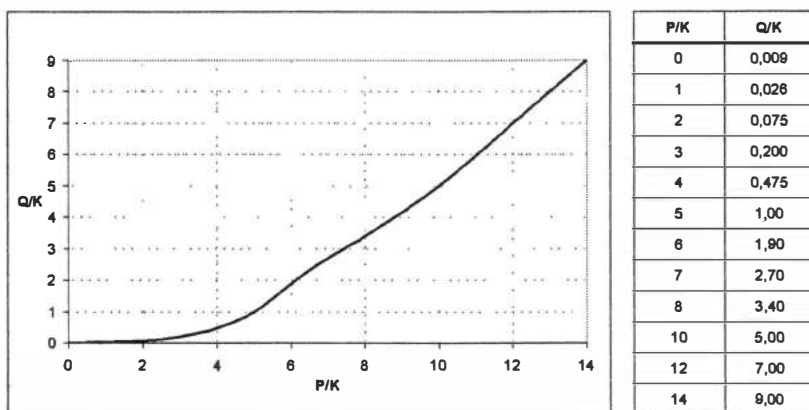
U nedostatku mjerenih podataka, kao i u situacijama analize slivova s neizraženim površinskim otjecanjem, procjena vodne bilance vrši se na osnovu različitih empirijskih metoda, uglavnom zasnovanih na poznavanju prostornog rasporeda meteoroloških

parametara (najčešće oborina i temperatura). U tu svrhu u kontinentalnoj je Hrvatskoj često korištena metoda - jednadžbe izvedene za slivove Save i Drave koje je dao Srebrenović [7], dok je u priobalnoj Hrvatskoj u tu svrhu uvriježeno korištenje metode Turca [8].

Tablica 1 – Usporedba proračunatih elemenata vodne bilance

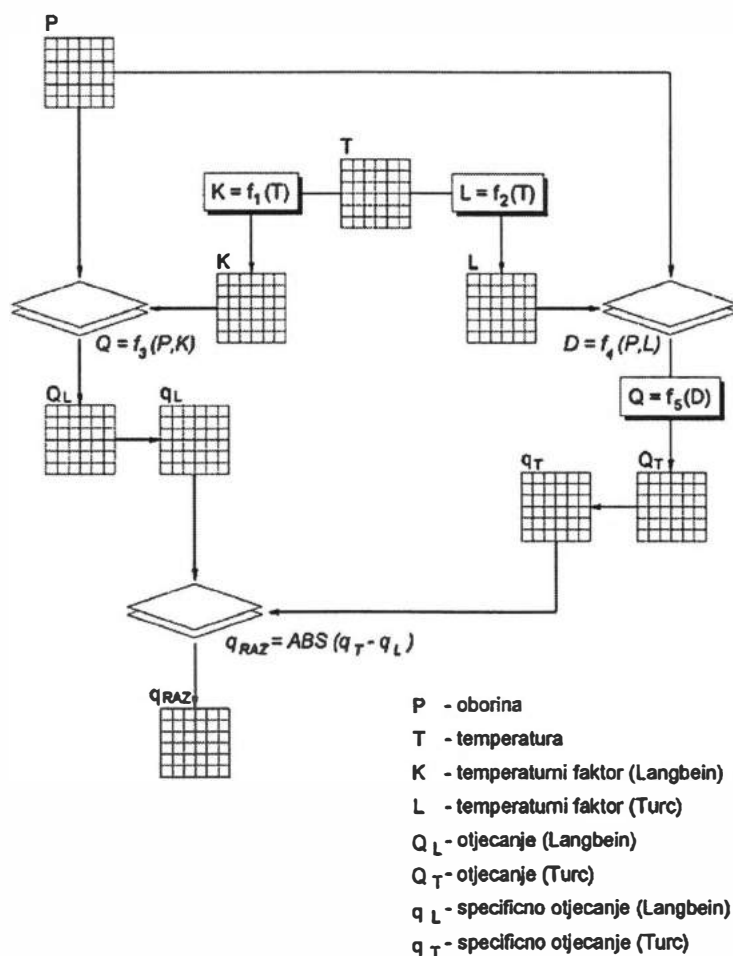
Parametar	Hrvatske vode, VGO Rijeka (2002)	
	Po Turcu	Po Langbeinu
Sr. god. Oborina	1159	
Sr. god. temp.	11,7	
Sr. god. otjecanje (mm)	580	462
Sr. god. otjecanje (m^3s^{-1})	50,65	35,53
God. koef. otjecanja	0,50	0,40

Pojedinačno su korištene i neke druge metode, ali osim spomenutih za sada nije niti jedna druga naišla na širu primjenu. Među takvima je i metoda Langbeina [6], koja je na temelju datog prikaza u radu Anđelića i Radića [1] unatrag desetak godina interno korištena prilikom bilanciranja pojedinih slivova u Istri. Stoga je i ta metoda, uz metodu Turca, uključena i pri aktuelnim preliminarnim analizama vodne bilance za potrebe izrade Vodnogospodarske osnove Hrvatske [4, 5]. Kao i metoda Turca i metoda Langbeina koristi kao prostorno promjenjive parametre samo srednje godišnje oborine i srednje godišnje temperature. Korištenjem GIS- tehnologije prostorna je razdioba i analitika bitno olakšana, a takvim je pristupom korištenjem rasterskih podloga omogućeno i dobivanje prostorne raspodjele specifičnih godišnjih otjecanja - za spoznaju o karakteru otjecanja u slivu najznačajnijeg hidrološkog parametra.



Slika 1 - Međuodnos $Q/K = f(P/K)$ po metodi Langbeina

Sasvim je sigurno da rezultati bilanciranja dobiveni po prikazanom postupku ne mogu zamijeniti elemente vodne bilance dobivene na osnovu izvornih mjerenja te to i nije bila intencija predmetnog rada. No, moguće ih je uključiti u prikazani postupak prostorne raspodjele, a u slučaju njihova nedostataka ili pak nedostatnih saznanja o nekim drugim bitnim elementima vodne bilance (npr. veličini sliva što je uobičajeni problem kod krških područja), prikazanim se postupkom osigurava početna aproksimacija. U radu su korišteni



Slika 2 - Shematski prikaz provedenog postupka procjene otjecanja u GIS okruženju

rezultati provedenih analiza na vodnom području primorsko-istarskih slivova dobiveni u okviru rada na hidrološkim podlogama za potrebe izrade Vodnogospodarske osnove Hrvatske, a za područje Istre te dijelom i Primorja, Gorskog kotara i Like. Same izvorne podloge - rasterske podloge prostorne raspodjele sr. god. oborina i temperatura zraka rezultat su obrada Državnog hidrometeorološkog zavoda [2], kao i korišteni osmotreni podaci o oborinama, temperaturama i protokama.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Cilj proračuna vodne bilance je određivanje raspoloživih količina voda u nekom slivu za koji postoje podaci o prostornom rasporedu godišnjih količina oborina i srednjih godišnjih temperatura u rasterskom obliku. Početni je korak definiranje hidroloških granica, a vrši se na osnovu topografskih značajki terena, rezultata trasiranja i hidrogeoloških spoznaja, te preliminarnih regionalnih sagledavanja međuodnosa veličine sliva i rezultirajućih protoka, ukoliko za dati sliv postoje raspoloživi rezultati hidroloških praćenja. Glavni koraci proračuna, provedeni u GIS okruženju, mogu se svesti na slijedeće:

I iteracija

1. Definiranje slivova na temelju hidrogeološke razvodnice;
2. Prostorna raspodjela srednjih godišnjih oborina;
3. Prostorna raspodjela srednjih godišnjih temperatura zraka;
4. Proračun prostorne raspodjele očekivanog srednjeg godišnjeg površinskog otjecanja po slivovima / Proračun prostorne raspodjele deficita otjecanja;
5. Proračun raspoloživih količina vode u slivu;
6. Usporedba dobivenih rezultata s regionalnim značajkama, te njihova verifikacija ili pristupanje II iteraciji.

II iteracija

Postupak kao u I iteraciji ali s promjenom nekog od ulaznih parametara za koga se pretpostavlja da za to postoje opravdani razlozi – npr. korekcije granica slivova ukoliko se radi o krškom području, kao i provjera i korekcije i drugih ulaznih parametara i njihove prostorne raspodjele.

Napomena – koraci u okviru točaka 3 i 4 nužno su potrebni u situacijama kada se ne raspolaže s dovoljno pouzdanim mjerenim podacima o protokama, pa se proračun očekivanog srednjeg godišnjeg površinskog otjecanja u slivu vrši uvođenjem temperaturnog faktora – u datom primjeru provedena je usporedba po metodama Langbeina i Turca, ali može i na temelju nekih drugih složenijih pristupa. Ukoliko su za neki prostor na temelju mjerenih podataka dovoljno istraženi regionalni međudodnosi oborina i otjecanja, isti se neposredno uvode u proračun umjesto spomenutih koraka 3 i 4.

Proračun površinskog otjecanja po metodi Langbeina

Temelji se na jednoznačnoj vezi između P/K (1) i Q/K (slika 1) gdje je:

P – srednja godišnja oborina u slivu (cm),

Q – srednje godišnje otjecanje sa sliva (cm),

K – temperaturni faktor:

$$K = 10^{0,0278 \times T + 0,886} \quad (1)$$

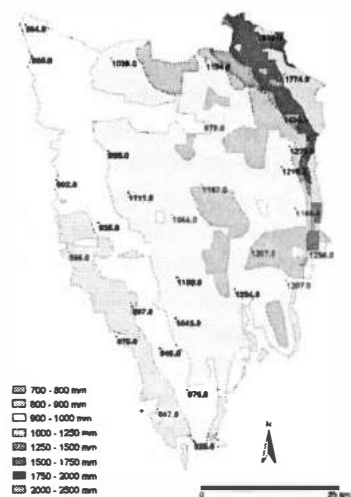
T – srednja godišnja temperatura u slivu (°C).

Na sličan način provodi se i proračun otjecanja po metodi Turca, kod koje se deficit otjecanja proračunava u ovisnosti o srednjim godišnjim oborinama i temperaturi zraka. Proračun otjecanja proveden je po jediničnom elementu rastera. Kako su prostorne raspodjele oborina i temperatura zraka određene temeljem digitalnog modela terena rezolucije 700 m tako se i svi daljnji proračuni vrše na rasteru iste rezolucije. Posljedica toga je smanjena točnost samog proračuna u područjima s naglim promjenama nadmorskih visina (slike 3-6) što treba uzeti u obzir prilikom analize rezultata.

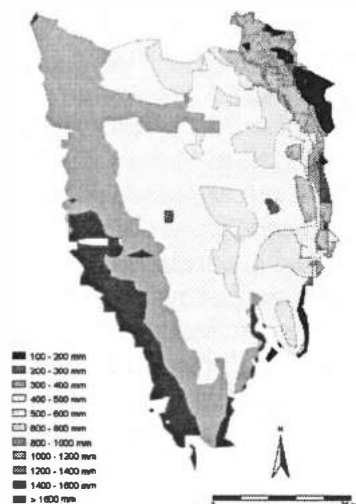
Sav daljnji postupak obrade prostornih podloga proveden u datom primjeru prikazan je na slici 2, pri čemu je korišten GIS programski paket ILWIS (Integrated Land and Water Information System). Sličan su pristup koristili i kolege iz Slovenije pri izradi studije Površinski vodotoci i vodna bilaca Slovenije [3].

3. REZULTATI PRORAČUNA

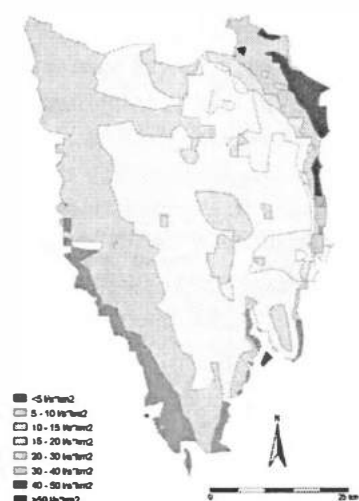
Rezultati proračuna i prostorne interpretacije važnijih analiziranih elemenata vodne bilance za područje Istre dati su na slikama 3-6, kao i u tablici 2.



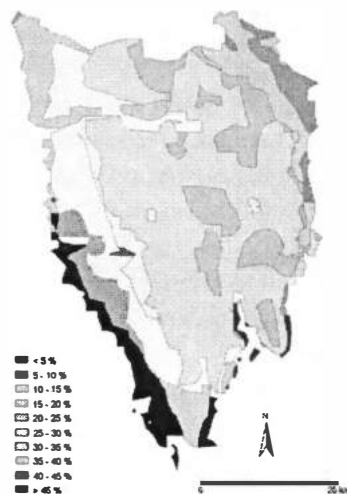
Slika 3 – Raspodjela sr. god. oborina te oborina izmjerena u točki



Slika 4 – Raspodjela sr. god. otjecaja po metodi Langbeina



Slika 5 – Raspodjela specifičnih sr. god. protoka po Langbeinu



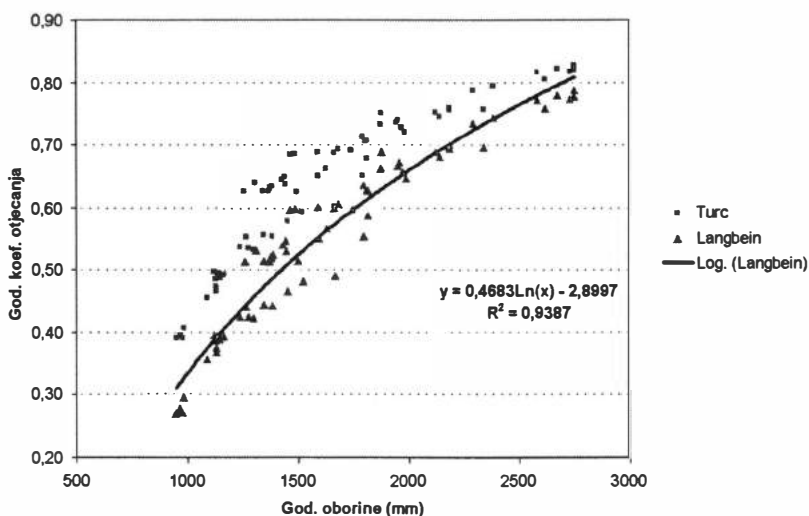
Slika 6 – Razlika sr. god. otjecanja po metodi Turca i Langbeina

4. DISKUSIJA

Iz datog je prikaza na slici 6 vidljivo da se rezultati obrada otjecanja po Langbeinu i po Turcu značajnije razlikuju, posebno u područjima s višim temperaturama (obalni dio Istre) gdje je ta razlika više od 45%. Snižanjem temperature odnosno povećanjem količine oborina smanjuje se i razlika između rezultata obrada do 5 – 10% na sjeveroistoku

poluotoka. Zbog toga je provedena regionalna obrada otjecajnih koeficijenata za analizirane slivove Vodnoga područja primorsko-istarskih slivova po obje metode te ispitivanje njihova međudnosa sa srednjim godišnjim količinama oborina (slika 7). Uz to, provedena je i njihova usporedba s vrijednostima utvrđenim na osnovu analize međudnosa pale i otekle oborine na profilima za koja postoje mjerenja [4], kao i s rezultatima regionalnih analiza otjecajnih koeficijenata [9].

Utvrđeno je da su po svojim vrijednostima za analizirano područje regionalno prihvatljiviji rezultati proračunatih vrijednosti god. otjecajnih koeficijenata po Langbeinu. Valja naglasiti i da su oborine glavni ulazni parametar pri proračunu površinskog otjecanja te je pri procjeni njihove prostorne raspodjele potrebno obratiti posebnu pažnju podlogama temeljem kojih je prostorna raspodjela određena. U ovom je slučaju rezolucija prostorne raspodjele oborina uvjetovana digitalnim modelom terena rezolucije 700 m. Takva prostorna raspodjela oborina može dati prihvatljive rezultate kod globalnih proračuna elemenata bilance voda međutim, u regionalnim analizama kao što je ova gdje do izražaja dolaze karakteristike manjih površina (npr. nagle promjene nadmorskih visina), tako velika prostorna rezolucija dovodi do precijenjenog površinskog otjecanja kod obje korištene metode. Rezultati Langbeinove metode bliži su stvarnoj situaciji te je za pretpostaviti da bi pravilnim izborom prostorne rezolucije rasterskih podloga u odnosu na veličinu i reljef analiziranog područja ta metoda dala rezultate još bliže stvarnom otjecanju. Taj se nedostatak također može prevazići korištenjem korekcijskih koeficijenata po slivovima, ali je i njih najčešće vrlo teško ili nemoguće odrediti ukoliko ne postoje pouzdana mjerenja.



Slika 7 - Usporedni prikaz međudnosa srednjih godišnjih oborina i proračunatih god. koeficijenata otjecanja po Langbeinu i Turcu

5. ZAKLJUČCI

Usporedbom rezultata obrade provedene metodama Turca i Langbeina ustanovljeno je da metoda Langbeina daje regionalno prihvatljivije rezultate od do sada za takve analize najčešće korištene metode Turca. Razlika rezultata najizraženija je u obalnom području Istre gdje su i temperature najviše odnosno količine oborina palih na promatrano područje najmanje. Povećanjem količine oborina (sjeveroistočni dio Istre), metode proračuna daju donekle bliske

rezultate (razlika 5 – 10%). Stoga je za preporučiti da se pri početnim – globalnim analizama vodne bilance, kao jedan od mogućih pristupa koristi i metoda Langbeina.

Očito je da poznavanje i primjena GIS-a znatno olakšava i ubrzava hidrološke proračune. Pri tome je posebno posebnu pažnju obratiti izboru podloga i uskladiti ih s regionalnim značajkama međuodnosa palih oborina i otjecanja s analiziranog područja. Prikazani postupak to i omogućava na način da se na osnovu mjerenih podataka s s hidrološki kontroliranih dijelova sliva značajke otjecanja mogu generalizirati i na šire regionalne prostore. Posebno je to korisno ukoliko se procijenjuje doprinos vlastitih voda s pojedinih administrativnih površina koje se ne poklapaju s granicama prirodnih slivova kao u datom primjeru za područje Istarske županije, te u širem kontekstu i same Hrvatske. U tom slučaju za prvu je procjenu prostorne raspodjele vodne bilance nužno korištenje prostornih podloga o oborinama i temperaturama. Na žalost, kao i kod mjerenih podataka, vrlo je čest slučaj da raspoložive podloge nisu i dostatne što može rezultirati podcijenjenim ili precijenjenim rezultatima obrade. No, i uz dana ograničenja, predloženi se konceptijski pristup korištenja GIS tehnike, može preporučiti za primjenu i na drugim regionalnim prostorima u Hrvatskoj. Posebno se to odnosi na mogućnost ekstrapolacije.

6. LITERATURA

1. Anđelić, M, Radić, Z. (1985): *Metode određivanja vodnog bilansa i njegovih komponenti*. U: Zborniku radova IV seminara JDH Metode mjerenja i obrade s računskim primjerima, Bled 21.-26.04.1985.
2. Državni hidrometeorološki zavod (2002): *Meteorološke podloge za vodnogospodarsku osnovu Hrvatske*. Zagreb, nepublicirano.
3. Hidrometeorološki zavod Slovenije (1998): *Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije*. Ministarstvo za okolje in prostor i HMZ Republike Slovenije, Ljubljana.
4. Hrvatske vode, VGO Primorsko-istarskih slivova (2002): *Vodnogospodarska osnova Hrvatske, Hidrološka studija za vodno područje primorsko-istarskih slivova, knjiga 1 – rezultati obrada*. Rijeka, nepublicirano.
5. Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. (2002): *Vodnogospodarska osnova Hrvatske, Hidrološka studija za vodno područje primorsko-istarskih slivova, knjiga 2 – podloge i obrade*. Zagreb, nepublicirano.
6. Langbein, W.B. (1962): *The Water Supply of Arid Valleys in Intermountain Regions, In Relation to Climate*. IAHS Bull., Vol. 7/1.
7. Srebrenović, D. (1986): *Primijenjena hidrologija*. Tehnička knjiga, Zagreb.
8. Turc, L. (1954): *Le biland' eau des sols, relation entve les precipitations, l' evaporation et iecoulment*. Troisiesme journees del' hydraulique a Alger.
9. Žugaj, R. (1995): *Regionala hidrološka analiza u kršu Hrvatske*. Hrvatsko hidrološko društvo, Zagreb.

Autori:

mr.sc.Bojana Horvat,dipl.ing.građ., Hrvatske vode, VGO Primorsko-istarskih slivova, 51000 Rijeka, Đ.Šporera 3, e-mail: bojanah@vode.hr, tel: 051-666-454, fax: 051-336-947
mr.sc.Josip Rubinić,dipl.ing.građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 51000 Rijeka, V.C.Emina 5, e-mail: [jrubic@gradri.hr](mailto:jrubinic@gradri.hr), tel. 051-352-111, fax. 051-332-816



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.17.

Bakteriološki indikatori kvalitete vode u gornjem dijelu estuarija Zrmanje

Jasna Hrenović, Damir Viličić, Božidar Stilinović

SAŽETAK: Prostorna i sezonska raspodjela ukupnih koliformnih bakterija (UK), heterotrofnih bakterija (HB) i proteolitičkih bakterija (PB) praćena je u odnosu na protok, temperaturu i salinitet vode u periodu od veljače do prosinca 2000. u visoko stratificiranom estuariju rijeke Zrmanje. Uzorkovanje je vršeno u površinskom bočatom i pridnom morskom sloju, uzvodno i nizvodno od naselja Obrovac (oko 1000 stanovnika). Abundancija mjerenih grupa bakterija bila je niža u pridnom sloju (ispod halokline) nego u površinskom sloju. Abundancija bakterija pozitivno je korelirana s protokom, a negativno s temperaturom i salinitetom vode. Maksimumi UK zabilježeni su u prosincu, a HB i PB u travnju u površinskom sloju nizvodno od Obrovca. Utok otpadnih voda Obrovca rezultirao je u porastu srednjih vrijednosti UK (92,05%), HB (36,36%) i PB (3,04%) u stupcu vode. Uzvodno od Obrovca kvaliteta vode je u odnosu na abundanciju UK i HB bila prve vrste. Utok otpadnih voda Obrovca uzrokovao je pad kvalitete vode, tako da je prešla u drugu vrstu voda. Prema niskoj bakterijskoj abundanciji može se zaključiti da je voda estuarija rijeke Zrmanje uzvodno od Obrovca bila oligotrofna, sa slabijim antropogenim utjecajem nizvodno od naselja Obrovac.

KLJUČNE RIJEČI: rijeka Zrmanja, estuarij, kvaliteta vode, koliformne, heterotrofne, proteolitičke bakterije.

Bacteriological Indicators of Water Quality in the Upper Zrmanja Estuary

SUMMARY: Spatial and seasonal distribution of total coliform bacteria (TCB), heterotrophic bacteria (HB) and proteolytic bacteria (PB) was determined in relation to riverine water inflow, temperature and salinity in the highly stratified Zrmanja Estuary, in the period February to December 2000. Sampling was performed in surface brackish and bottom marine layer of the water column, upstream and downstream of the town of Obrovac with approximately 1000 inhabitants. In the monitored period, the abundance of measured bacterial groups was lower in the bottom layer (below halocline) than in the surface layer. Bacterial abundance positively correlated with the riverine water inflow and negatively with the water temperature and salinity. Maximum TCB value was determined in December and maximum HB and PB values in April at the surface downstream Obrovac. Discharge of the Obrovac wastewater resulted in increased abundance of TCB (92.05 %), HB (36.36 %) and PB (3.04 %) in water column. Considering abundance of TCB, HB and PB, the water quality upstream Obrovac was of the first class. Discharge of the Obrovac wastewater resulted in the decrease of water quality towards the second class water. According to the low bacterial abundance it can be concluded that water of the Zrmanja Estuary upstream Obrovac was oligotrophic, with slight anthropogenic influence around the town of Obrovac.

KEYWORDS: Zrmanja river, estuary, water quality coliform, heterotrophic, proteolytic bacteria.

UVOD

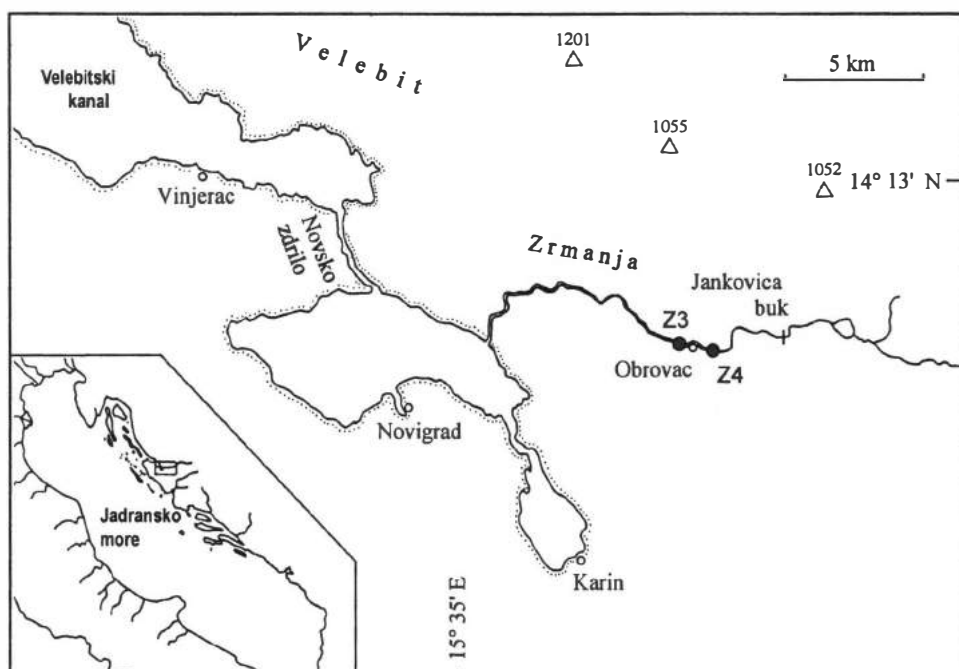
Visoko stratificirani estuariji nastaju u uvjetima velikog dotoka slatke vode koja se uljeva u more uz malu plimu i oseku [5]. Ovaj je fenomen poznat u Sredozemlju. Zrmanja je mala (69 km) krška rijeka koja formira visoko stratificirani estuarij [14]. Gornji dio estuarija rijeke Zrmanje je dug 14 km. Obale u ovom području su jako erodirane, tako da je korito relativno plitko, prosječno duboko oko 5 m. Područje je rijetko naseljeno, a jedini veći antropogeni utjecaj je naselje Obrovac smješteno u gornjem dijelu estuarija.

Estuariji su visoko produktivna staništa, koja omogućuju dinamičku izmjenu hranjivih tvari između rijeke i mora [9] te između sedimenta i mora [7]. Heterotrofne bakterije imaju važnu ulogu u transformaciji otopljene organske tvari u biomasu i u regenerativnim procesima. Broj bakterija koje izrastaju na krutom mediju u obliku kolonija (CFU- eng. Colony Forming Units) čini malu frakciju bakterija, ali može pokazati razgradnju alohnone i autohtone organske tvari [10], kao i komunalno i industrijsko opterećenje vode [16]. Brojevi bakterija obično su veći u gornjem [1, 6] nego u donjem dijelu estuarija [15].

Do danas nema publiciranih radova o bakteriološkim karakteristikama rijeke ili estuarija Zrmanje. U ovom radu ispitan je prostorni i sezonski utjecaj naselja Obrovac na bakteriološke pokazatelje kvalitete vode.

MATERIJALI I METODE

Uzorkovanje je vršeno na postajama uzvodno i nizvodno naselja Obrovac (Slika 1) s oko 1000 stanovnika tijekom 2000. godine: 26. veljače, 28. travnja, 21. lipnja, 17. srpnja, 15. listopada i 19. prosinca. Uzorci vode sakupljani su 5 L Niskin-ovim crpcima na 0,2 i 4,0 m dubine. Poduzorci vode za mikrobiološku analizu držani su u sterilnim 250 mL bocama na 4 °C tijekom prijenosa u laboratorij.



Slika 1. Postaje uzvodno i nizvodno od Obrovca na kojima je vršeno uzorkovanje.

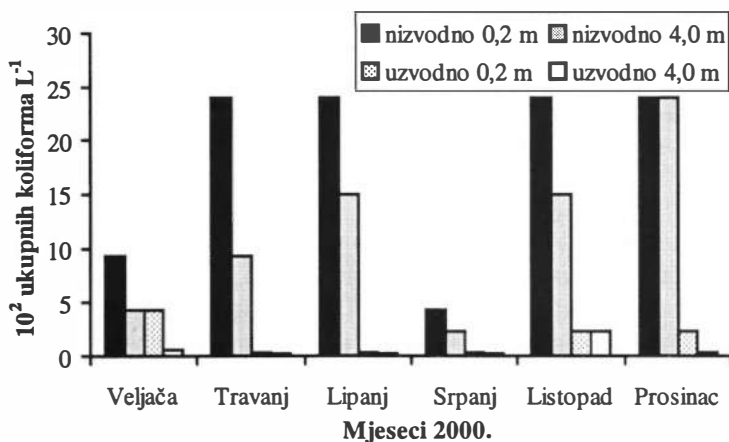
Bakteriološke analize provedene su u skladu sa standardnim metodama [2]. Najvjerojatniji broj ukupnih koliformnih bakterija (UK) određivan je metodom titra u tekućoj pdloz EC-broth (35 °C/48 h). Broj (abundancija) vijabilnih aerobnih i fakultativno anaerobnih heterotrofnih (HB) i proteolitičkih bakterija (PB) određivan je kao broj razvijenih kolonija (CFU) na hranjivom agaru sa dodatkom 15,0 g L⁻¹ želatine metodom širenja razmaza. Nakon perioda inkubacije (22 °C/72 h) na ploče je dodano 0,46 M otopine HgCl₂ te su brojene HB (sveporasle kolonije) i PB (kolonije s prozirnim okolnim zonama proteolize). Salinitet i temperatura vode određivani su CTD sondom (Sea Bird Electronics Inc, USA).

REZULTATI

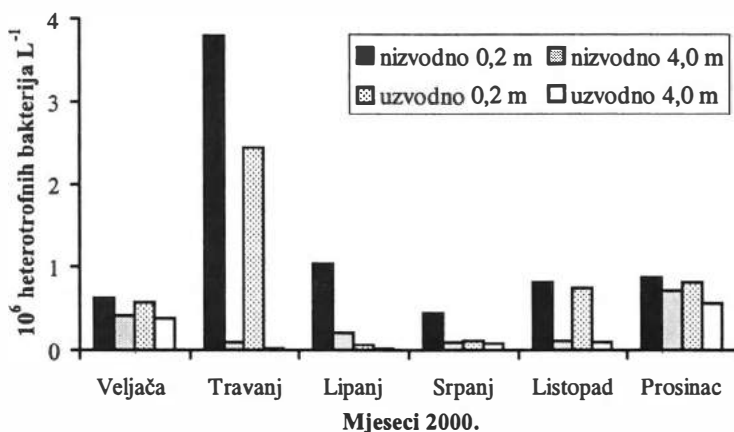
Abundancija UK uzvodno od Obrovca nije prelazila 5x10² L⁻¹, te je voda prema Uredbi o klasifikaciji voda [13] bila prve vrste. Utok otpadnih voda Obrovca doveo je do porasta srednje vrijednosti abundancije UK za prosječno 92,05 % s rezultirajućim brojem UK 5x10²-5x10³ L⁻¹, što je ukazalo da je kvaliteta vode pogoršana i bila druge vrste. Najveća abundancija UK (2,4x10³ L⁻¹) u stupcu vode zabilježena je u prosincu nizvodno od Obrovca (Slika 2).

Abundancija HB uzvodno od Obrovca nije prelazila 1x10⁶ L⁻¹, te je voda prema Uredbi o klasifikaciji voda [13] bila prve vrste. Utok otpadnih voda Obrovca rezultirao je u srednjim vrijednostima porasta abundancije HB za prosječno 36,36 %. Najveća abundancija HB (3,8x10⁶ L⁻¹) zabilježena je u travnju u površinskom sloju nizvodno od Obrovca (Slika 3).

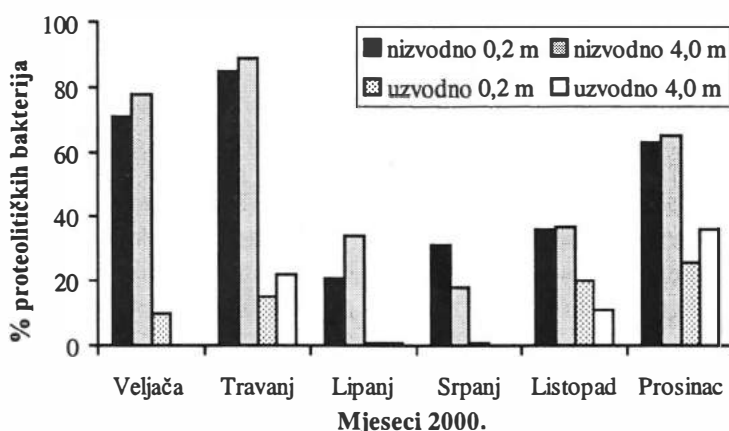
Udio fiziološke grupe PB u populaciji HB uzvodno od Obrovca bio je manji od 36 %, a nizvodno Obrovca 18-89 %. Utok otpadnih voda Obrovca uzrokovao je srednje vrijednosti porasta abundancije PB za prosječno 4,39 puta. PB su u populaciji HB činile najveći udio u zimsko-proljetnom razdoblju nizvodno od Obrovca (Slika 4). U praćenom razdoblju abundancija mjerenih grupa bakterija bila je niža ljeti nego u drugim sezonama i niži na 4,0 m nego u površinskom sloju. Porast abundancije bakterija nakon utoka otpadnih voda Obrovca bio je više izražen u površinskom sloju nego u pridnenom sloju (Slike 2, 3, 4).



Slika 2. Abundancija ukupnih koliformnih bakterija izoliranih s 0,2 i 4,0 m dubine uzvodno i nizvodno od Obrovca od veljače do prosinca 2000. Linija predstavlja granicu između prve i druge vrste voda.

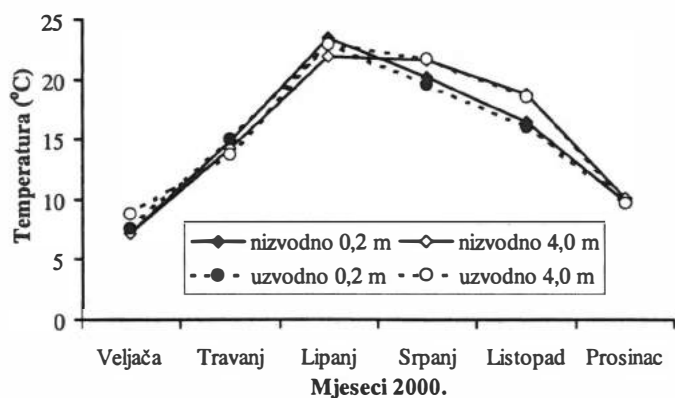


Slika 3. Abundancija (CFU) heterotrofnih bakterija na 0,2 i 4,0 m dubine uzvodno i nizvodno od Obrovca od veljače do prosinca 2000. Linija predstavlja granicu između prve i druge vrste voda.

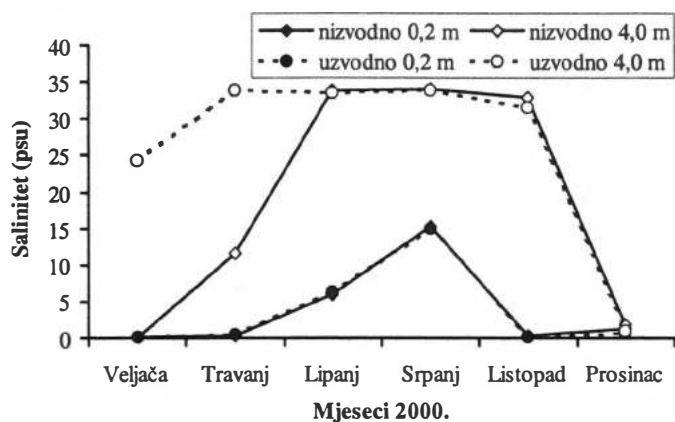


Slika 4. Udio proteolitičkih bakterija u ukupnoj populaciji heterotrofnih bakterija izoliranih s 0,2 i 4,0 m dubine uzvodno i nizvodno od Obrovca od veljače do prosinca 2000.

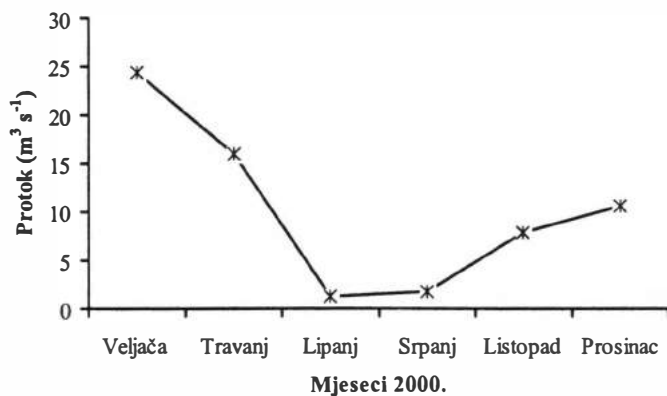
Najniža temperatura vode izmjerena je u veljači (7,25 °C), a najviša u lipnju (23,46 °C) u površinskom sloju nizvodno od Obrovca. Tijekom travnja i lipnja temperature su bile više u površinskom dijelu nego na 4,0 m, a u ostalim mjesecima bile su više na 4,0 m nego u površinskom dijelu stupca vode (Slika 5). Najniži površinski salinitet (0,18 psu) vode mjereno je nizvodno od Obrovca u veljači. Najviši salinitet (34,00 psu) zabilježen je u pridnom dijelu u srpnju nizvodno od Obrovca (Slika 6). Dotok riječne vode u estuarij varirao je tijekom godine od 1,2-24,4 m³ s⁻¹. Najveći protok mjereno je tijekom kišnog zimskog perioda, nakon čega u proljeće i jesen, a najmanji tijekom sušnog ljetnog perioda (Slika 7).



Slika 5. Sezonske varijacije temperature na 0,2 i 4,0 m dubine na uzvodnim i nizvodnim postajama od Obrovca.



Slika 6. Sezonske varijacije saliniteta na 0,2 i 4,0 m dubine na uzvodnim i nizvodnim postajama od Obrovca.



Slika 7. Sezonske varijacije protoka rijeke Zrmanje.

Kada su svi rezultati razvrstani u dvije grupe na osnovu vrijednosti saliniteta (bočati i morski sloj, Tablica 1), srednje abundancije UK, HB i PB bile su značajno više u bočatom sloju u odnosu na morski sloj stupca vode. Prosječne temperature tijekom mjerenog perioda bile su više u morskom sloju.

Tablica 1. Vrijednosti mjerenih parametara (srednja vrijednost $\pm$ standardna devijacija) u bočatom i morskom sloju stupca vode od veljače do prosinca 2000. UK = ukupne koliformne bakterije, HB = heterotrofne bakterije, PB = proteolitičke bakterije.

Parametar	Bočati sloj	Morski sloj
Broj uzoraka	12	8
Salinitet (psu)	4,03 $\pm$ 5,56	32,20 $\pm$ 3,33
Temperatura (°C)	15,11 $\pm$ 5,62	18,58 $\pm$ 4,89
UK (10 ² L ⁻¹)	9,23 $\pm$ 10,99	4,51 $\pm$ 6,53
HB (10 ⁵ L ⁻¹)	7,66 $\pm$ 6,03	1,24 $\pm$ 1,23
PB (10 ⁵ L ⁻¹)	2,21 $\pm$ 1,73	0,17 $\pm$ 0,25

RASPRAVA

Abundancija HB je ovisna o raspoloživosti dostupnog supstrata-organske tvari u estuariju, a opskrba supstratima je funkcija fizikalnih, kemijskih i geomorfoloških svojstava estuarija. Do danas nema publiciranih radova o bakteriološkim karakteristikama rijeke ili estuarija Zrmanje. Postoji samo nekoliko publiciranih radova o dinamici CFU bakterija u visoko stratificiranim estuarijima [16]. U estuariju Ria de Vigo, Španjolska CFU HB kretao se između 8,5 $\times$ 10⁴ i 2,5 $\times$ 10⁸ kolonija L⁻¹, što je bilo u prosjeku 1% ukupnog bakterioplanktona [16]. Mnogo je više publiciranih radova o abundanciji bakterija određenoj direktnim metodama brojenja. U estuariju Krke [6] abundancija bakterija kretala se 0,1-2,3 $\times$ 10⁹ stanica L⁻¹. U sjevernom Jadranu pod znatnim utjecajem dotoka slatkih voda prosječna abundancija HB bila je 6,0 $\times$ 10⁸ stanica L⁻¹ [10]. Ako uzmemo u obzir da je abundancija CFU HB 1 % od ukupnog bria bakterija, dobivamo vrijednosti 1 $\times$ 10⁶-2,3 $\times$ 10⁷ kolonija L⁻¹ u estuariju Krke i 6,0 $\times$ 10⁶ kolonija L⁻¹ u estuariju sjevernog Jadrana. Prema tome bi CFU HB u estuariju Zrmanje mogao biti jedan red veličine niži od estuarija Krke i nešto niži od estuarija sjevernog Jadrana. Niska abundancija HB u estuariju Zrmanje posljedica je niske autohtone produkcije organske tvari i niskog unosa alohotne organske tvari.

HB i PB ovisne su o izvorima hranjivih tvari kao izvora energije za održavanje, rast i umnožavanje. Porast abundancije HB može uzrokovati rast koncentracije otopljene organske tvari koju stvaraju autotrofi ili alohtonoe organske tvari [10]. Abundancija HB i PB je stoga indirektno vezana sa unosom hranjivih tvari. Najveća abundancija HB (3,8 $\times$ 10⁶ L⁻¹) i PB (3,23 $\times$ 10⁶ L⁻¹) zabilježena je u travnju u površinskom sloju nizvodno od Obrovca, što može biti vezano za proljetni maksimum fitoplanktona [4]. U estuariju Ria de Vigo povećane vrijednosti CFU zabilježene su nakon pada maksimuma fitoplanktona i nakon resuspenzije sedimenta [16]. U mjerenom razdoblju abundancija HB, PB i UK porasla je nakon utoka otpadnih voda naselja Obrovac. Povećan udio PB u populaciji HB ukazuje na antropogeni unos proteina i razgradnju proteina pomoću PB. Povećani broj UK, indikatora fekalnog opterećenja, također ukazuje na antropogeni donos otpadnih voda iz naselja Obrovac.

Oštra haloklina dijeli vodeni stupac estuarija Zrmanje na bočati sloj iznad halokline i morski sloj ispod halokline. Zbog dotoka hladnije riječne vode, termoklina se poklapa s

haloklinom [4]. Varijacije saliniteta od veljeće do prosinca 2000. bile su povezane s dotokom riječne vode. Veći dotok riječne vode uzrokovao je pad saliniteta i temperature. Povećan dotok riječne vode zimi uzrokovao je nestanak i spuštanje halokline do dna.

U površinskom bočatom sloju abundancija UK bila je dva, HB šest i PB trinaest puta veća nego u pridnenom morskom sloju vode (Tablica 1). U estuariju Krke zabilježena je dva puta veća bakterijska abundancija u površinskom bočatom sloju nego u dubljem slanom sloju vode [6].

Abundancija mjerenih grupa bakterija od veljeće do prosinca 2000. pozitivno se korelira s protokom, a negativno s temperaturom i salinitetom. Povećana abundancija bakterija tijekom povećanog protoka bila je povezana s resuspenzijom sedimenta i dotokom oborinskih voda s okolnog područja. Resuspenzija sedimenta omogućava organski supstrat za bakterije i podiže bakterije vezane za čestice sedimenta, povećavajući bakterijsku abundanciju u stupcu vode [16]. Dotok oborinskih voda povećava diverzitet bakterija kroz donos terestičkih bakterija ili onih iz plitkih voda [3, 16]. Porast broja HB i PB u vodi pozitivno korelira s riječnim protokom. U takvim situacijama, posebno u oligotrofnim vodama, udio PB može činiti i do 90 % abundancije HB [11]. Pikovi zamućenja u vodi povezani su s pikovima UK u morskoj vodi, ukazujući da se onečišćenje nalazi u morskom sedimentu više nego u stupcu vode [3]. Smanjena abundancija bakterija može biti posljedica jake sedimentacije bakterija tijekom niskog protoka slatke vode [3].

Više temperature vode uzrokuju višu bakterijsku aktivnost i kraće generacijsko vrijeme [10]. Povišene temperature uzrokuju povećanu metaboličku aktivnost HB, što dovodi do brže oksidacije organske tvari, nedostatka kisika u vodi i nagomilavanja štetnih metabolita, što uzrokuje smrt stanica. Stoga se veći intenzitet procesa samoočišćenja vode može očekivati tijekom viših ljetnih temperatura vode [11]. Nedostatak kisika nije do danas zabilježen u estuariju Zrmanje [14].

Povišeni salinitet ima negativan utjecaj na preživljavanje bakterija zbog osmotskog šoka ili specifične toksičnosti iona [12]. Salinitet je utvrđen kao glavni čimbenik u preživljavanju i vijabilnosti alohtonih mikroorganizama u estuarijima s velikim promjenama saliniteta [8, 12]. Salinitet je bio važan okolišni čimbenik u kontroli broja bakterija i u estuariju Zrmanje.

Prema niskoj bakterijskoj abundanciji može se zaključiti da je estuarij Zrmanje uzvodno od Obrovca oligotrofni sustav, sa slabijim antropogenim utjecajem nizvodno od naselja Obrovac.

Zahvala

Salinitet je odredio ing. Goran Olujić iz Hrvatskog hidrografskog instituta u Splitu. Zahvaljujemo Ministarstvu znanosti i tehnologije republike Hrvatske što je financijski pomoglo istraživanja (projekt 119121 i 119144).

LITERATURA

1. Albright, L.J. (1983): *Heterorophic bacterial biomasses, activities and productivities within the Fraser River Plume*. Can J Fish Aquat Sci, 40, 216-220.
2. APHA (1995): *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, 19th edn, New York
3. Briški, F., Šipoš, L., Perović, M. (2000): *Distribution of faecal indicator bacteria and nutrients in the Krka river in the region of the Krka National Park*. Period Biol, 102, 273-281.
4. Burić, Z., Viličić, D., Carić, M., Olujić, G. (2001): *Seasonal distribution of hidrographic characteristics and phytoplankton in the karstic Zrmanja Estuary (eastern Adriatic Sea)*. Rapp Comm Int Mer Médit, 36, 363.
5. Dyer, K.R. (1991): *Circulation and mixing in stratified estuaries*. Mar Chem, 32, 111-120.
6. Fuks, D., Devescovi, M., Precali, R., Krstulović, N., Solić, M. (1991): *Bacterial abundance and activity in the highly stratified estuary of the Krka River*. Mar Chem, 32, 333-346.
7. Levin, L.A., Boesch, D.F., Covich, A., Dahm, C., Erseus, C., Ewel, K.C., Kneib, R.T., Moldenke, A., Palmer, M.A., Snelgrove, P., Strayer, D., Weslawski, J.M. (2001): *The function of marine critical transition zones and the importance of sediment biodiversity*. Ecosystems, 4, 430-451.
8. Mallin, M.A., Williams, K.E., Esham, E.C., Lowe, R.P. (2000): *Effect of human development on bacteriological water quality in coastal watersheds*. Ecol Appl, 10, 1047-1056.
9. Nixon, S.W. (1995): *Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns*. Ophelia, 41, 199-219.
10. Puddu, A., La Ferla, R., Allegra, A., Bacci, C., Lopez, M., Oliva, F., Pierotti, C. (1998): *Seasonal and spatial distribution of bacterial production and biomass along a salinity gradient (Northern Adriatic Sea)*. Hydrobiologia, 363, 271-282.
11. Stilinović, B., Futač, N. (1985): *The abundance of proteolytic bacteria among the aerobic saprophytic bacteria in surface waters of different quality*. Prvi jugoslavanski simpozij mikrobne ekologije, Portorož, Jugoslavia, p 15-16.
12. Šolić, M., Krstulović, N. (1992): *Separate and combined effects of solar radiation, temperature, salinity and pH on the survival of faecal coliforms in seawater*. Mar Pollut Bull, 24, 411-416.
13. Uredba o klasifikaciji voda (1998): NN 77.
14. Viličić, D., Orlić, M., Burić, Z., Carić, M., Jaspirica, N., Kršinić, F., Smirčić, A., Grižetić, Z. (1999): *Patchy distribution of phytoplankton in a highly stratified estuary (the Zrmanja estuary, October 1998)*. Acta Bot Croat, 58, 105-125.
15. Wright, R.T., Coffin, R.B. (1983): *Planctonic bacteria in estuaries and coastal waters of northern Massachusetts: spatial and temporal distribution*. Mar Ecol Prog, 11, 205-216.
16. Zdanowski, M.K., Figueiras, E.G. (1999): *CFU bacterial fraction in the estuarine upwelling ecosystem of Ria de Vigo, Spain: variability in abundance and their ecophysiological description*. Mar Ecol Prog, 182, 1-15.

Autori:

Jasna Hrenović, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Botanički zavod, Laboratorij za mikrobiologiju, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, E-mail: jasnah@zg.biol.pmf.hr

Damir Viličić, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Botanički zavod, Laboratorij za mikrobiologiju, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb

Božidar Stilinović, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Botanički zavod, Laboratorij za mikrobiologiju, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb



Rad 2.18.

Određivanje razine metalotioneina u probavnoj žlijezdi dagnje *Mytilus galloprovincialis* kao biomarkera izloženosti organizma metalima u priobalnom moru

Dušica Ivanković, Jasenka Pavičić, Marijana Erk, Vlatka Filipović, Biserka Raspor

SAŽETAK: Metalotioneini (MT) su proteini niske molekulske mase koji imaju sposobnost vezanja većeg broja esencijalnih i toksičnih metala. U programima biomonitoringa povišena razina MT služi kao biomarker izlaganja organizma djelovanju teških metala.

U ovom su radu prikazani rezultati trogodišnjeg mjerenja (prosinac 1998. - listopad 2001) sadržaja MT spektrofotometrijskom metodom u uzorcima probavne žlijezde autohtonih populacija dagnji *Mytilus galloprovincialis* na dvanaest lokaliteta srednjeg Jadrana koji predstavljaju tzv. vruće točke u blizini velikih urbanih naselja, industrijskih zona i ušća rijeka. Radi potpunije interpretacije rezultata biomonitoringa prikazana su i mjerenja metala (Cd, Cu, Zn) u supernatantima probavne žlijezde, saliniteta i temperature vode kao i osnovna biometrijska mjerenja. Istraživanja su napravljena u okviru hrvatskog nacionalnog programa monitoringa obalnog mora, "Projekt Jadran".

Obradom dobivenih podataka ustanovljeno je statistički značajno povišenje srednjih vrijednosti MT ($p < 0.05$) na postajama estuarija rijeke Krke (šibensko područje) u odnosu na priobalne postaje u zadarskom i splitskom području. Ovo povišenje najviše je izraženo na postaji Martinska, a slijede je u padajućem nizu postaje Jadrija i Srima.

Osim razlika među postajama, tijekom trogodišnjeg uzorkovanja ustanovljene su i znatne varijacije razine MT u dagnjama na svakoj postaji pod utjecajem specifičnih biotičkih i abiotičkih čimbenika. Utvrđene bazalne razine MT karakteristične su za određeno područje odnosno postaju i služe kao polazište za procjenu odstupanja koja bi ukazivala na prisustvo zagađenja metalima.

KLJUČNE RIJEČI: metalotionein, biomonitoring, biomarker, dagnja *Mytilus galloprovincialis*, metali, bazalna razina

Determination of Metallothionein Level in the Digestive Gland of Mussels, *Mytilus Galloprovincialis*, as a Biomarker of Metal Exposure in Coastal Sea

SUMMARY: Metallothioneins are low-molecular weight proteins, which have a high affinity for binding a large number of essential and toxic metals. An increased level of metallothionein is used as a biomarker of organism exposure to increased level of metals in biomonitoring programs.

Results of spectrophotometric method determination of metallothionein content in digestive gland of indigenous populations of *Mytilus galloprovincialis* mussels collected at 12 sites along the middle part of the Eastern Adriatic coast (the Dalmatian coast) over a period of three years (December, 1998 – October, 2001) are presented. These sampling sites represent the so-called

hot spots, placed close to large cities, industrial areas and river mouths. Measurements of metal level (Cd, Cu and Zn) in the digestive gland supernatant, salinity and temperature of ambient water as well as general biometric parameters were also shown. The investigation was performed within the framework of the Croatian national monitoring program - the Adriatic Sea Project.

Analysis of obtained data showed that mussels, which were sampled along the Krka River Estuary (Šibenik area), have a significantly higher amount of metallothioneins ($p < 0.05$) in comparison with those from the Zadar and Split coastal sampling stations. The most pronounced increase of MT level was recorded on Martinska station followed, in a decreasing order, by Jadrija and Srma stations.

Besides the differences between stations, significant changes of MT level at each sampling site were also noted during the three-year sampling period. These changes could be attributed to the influence of specific biotic and abiotic factors.

Established basal levels of MT are specific for a particular site and serve as a starting point for estimation of metal pollution in coastal marine water.

KEYWORDS: metallothionein, biomonitoring, biomarker, *Mytilus galloprovincialis*, mussels, metals, basal level

UVOD

Metali predstavljaju jednu od glavnih skupina zagađivala antropogenog podrijetla koja dospjevaju u morski okoliš i onečišćuju ga. Dosadašnji sustav praćenja koncentracija tragova metala i nekih organskih zagađivala u dagnjama, poznat pod nazivom "The Mussel Watch" program, uključivao je među ostalim i mjerenje koncentracije metala u tkivima analitičkim metodama^[3,7]. U novije vrijeme, ovaj sustav klasičnog biomonitoringa metala nadopunjen je mjerenjem razine molekularnog biomarkera metalotioneina (MT), koji predstavlja specifični biološki odgovor organizma na povišeni sadržaj metala u njegovom okolišu i u boljoj je korelaciji s frakcijom biološki raspoloživog metala, nego što je to ukupno izmjerena koncentracija istog metala u organizmu^[9,10,12].

Zbog izražene sposobnosti ugradnje raznih zagađivala i zbog svoje široke rasprostranjenosti u priobalnom području, dagnja predstavlja odgovarajući organizam za biomonitoring prisutnosti i mogućih učinaka raznih zagađivala, uključujući i metale.

Uz metale, različiti biotički i abiotički čimbenici kao što su spolni ciklus, dob, spol, sezona uzorkovanja, salinitet i temperatura mogu utjecati na sadržaj MT u tkivu dagnje^[4]. Kako učinak ovih varijabli na sadržaj MT nije u potpunosti razjašnjen, ove prirodne varijacije sadržaja MT mogu otežati otkrivanje promjena koje nastaju zbog zagađenja metalima. Stoga je, kao preduvjet za primjenu MT kao biomarkera izloženosti metalima na određenom području, neophodno prikupiti adekvatnu bazu podataka iz kojih se onda mogu definirati "normalne" bazalne razine MT i procijeniti odstupanja koja nastaju zbog prisutnosti zagađivala.

Biomonitoring je uključen u hrvatski nacionalni program monitoringa obalnog mora, "Projekt Jadran". U sklopu tog projekta uvedeno je mjerenje koncentracije MT u probavnoj žlijezdi dagnje *M. galloprovincialis*, kao biomarkera izloženosti metalima, kako bi se utvrdio mogući ekotoksikološki rizik zagađenja teškim metalima uzduž istočne jadranske obale.

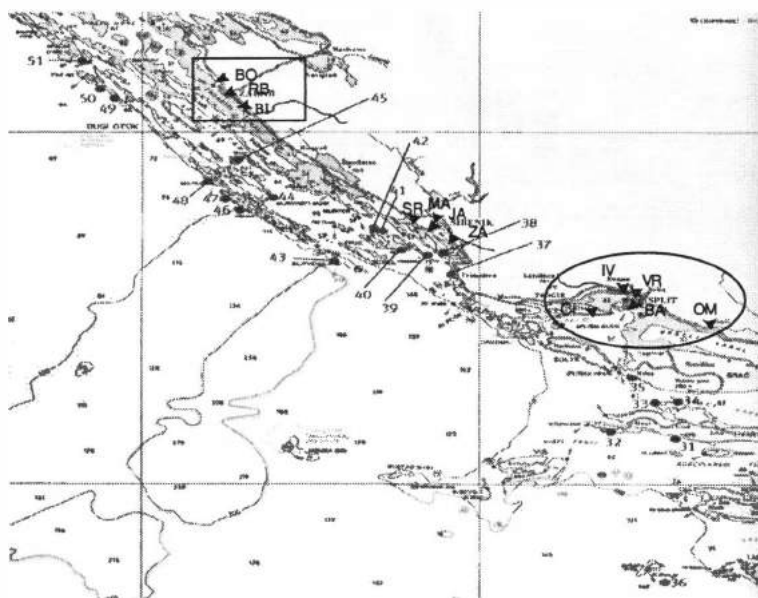
U ovom će radu biti prikazani rezultati trogodišnjeg određivanja (prosinac 1998. - listopad 2001) koncentracije MT spektrofotometrijskom metodom u uzorcima probavne žlijezde

autohtonih populacija dagnji *Mytilus galloprovincialis* na dvanaest priobalnih lokaliteta srednjeg Jadrana koji predstavljaju tzv. vruće točke ("hot spots") u blizini velikih urbanih naselja, industrijskih zona i ušća rijeka. Statističkom obradom dobivenih podataka utvrdit će se raspon variranja bazalnih koncentracija MT na određenom području kao i odstupanja koja bi ukazivala na prisustvo zagađenja metalima^[5].

MATERIJALI I METODE

Uzorkovanje

U razdoblju od prosinca 1998 do listopada 2001. godine, provedeno je jedanaest uzorkovanja autohtonih populacija dagnji *M. galloprovincialis* na dvanaest priobalnih lokaliteta srednjedalmatinskog područja, od Zadra do Omiša (Slika 1). Tijekom uzorkovanja mjereni su salinitet i temperatura vode u kojoj su obitavale dagnje.



Slika 1. Karta istraživanog područja s naznačenim područjima i lokalitetima uzorkovanja: zadarsko područje (Borik-BO, Bajla-RB, Bibinje-BI); šibensko područje (Srima-SR, Jadrija-JA, Martinska-MA, Zabraće-ZA) i splitsko područje (Čiovo-CI, Inavinil-IV, Vranjic-VR, Bačvice-BA, Omiš-OM).

Na svakoj postaji skupljeno je oko 30-ak jedinki dagnji. Za izolaciju MT napravljen je kompozitni uzorak tkiva probavne žlijezde iz 20 jedinki, dok je preostalih 10 jedinki poslužilo za određivanje biometrijskih pokazatelja.

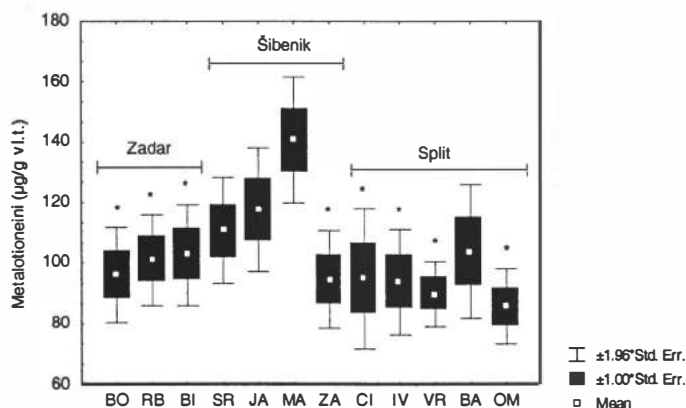
Izolacija i analiza metalotioneina

Postupak homogenizacije tkiva, pročišćavanje supernatanta taloženjem organskim otapalima te spektrofotometrijsko određivanje MT opisani su u radu Viarengo i sur.^[13]. Ova metoda određivanja MT preporučena je za područje Mediterana u dokumentu MED POL faza III ^[8].

REZULTATI I RASPRAVA

Prostorna raspodjela razine metalotioneina

Na slici 2 prikazani su rezultati određivanja sadržaja MT u probavnoj žlijezdi dagnje *M. galloprovincialis* na dvanaest postaja srednjeg Jadrana u razdoblju od prosinca 1998. do listopada 2001. godine. Izmjerene srednje vrijednosti sadržaja MT na pojedinim postajama kretale su se u rasponu 85-140 $\mu\text{g/g}$ vl.t. i u skladu su s vrijednostima sadržaja MT u probavnoj žlijezdi dagnji na drugim lokalitetima mediteranskog područja^[12,13]. Slične, mada u prosjeku nešto niže razine MT (50-100 $\mu\text{g/g}$ vl.t.) zabilježene su na sjevernom dijelu Jadrana^[11].



Slika 2. Sadržaj metalotioneina u stanicama probavne žlijezde dagnji *M. galloprovincialis*, uzorkovanih na dvanaest postaja srednjedalmatinskog područja, od Borika do Omiša, u razdoblju od prosinca 1998 do listopada 2001. Prikazane su srednje vrijednosti i 1.96 x standardna pogreška sredine od 11 uzorkovanja. Zvezdicom (*) su označene postaje koje se statistički značajno razlikuju u odnosu na postaju Martinska.

Može se uočiti da, tijekom istraživanih razdoblja, razina MT na svakoj postaji znatno varira. Međutim, ove su varijacije podjednake na svim postajama (koeficijent varijabilnosti 20-30%) i mogu se pripisati normalnim, prirodnim varijacijama sadržaja MT tijekom godišnjeg ciklusa dagnje a rezultat su djelovanja specifičnih biotičkih i abiotičkih čimbenika kao što su spolni ciklus, dob, spol, sezona uzorkovanja, salinitet i temperatura.

Tablica 1. Post-hoc usporedba srednjih vrijednosti metalotioneina na tri istraživana područja srednjeg Jadrana testom po Newman-Keuls-u.

Istraživano područje	Sadržaj MT ($\mu\text{g/g}$ vl.t.)	p		
		Zadar	Šibenik	Split
Zadar (BO, BA, BI)	100 (91-109) ^a		0.023669*	0.34861
Šibenik (SR, JA, MA, ZA)	116 (105-126) ^a	0.023669*		0.000738*
Split (CI, IV, VR, BA, OM)	90 (84-95) ^a	0.34861	0.000738*	

^a95%-tne granice pouzdanosti

*p<0.05

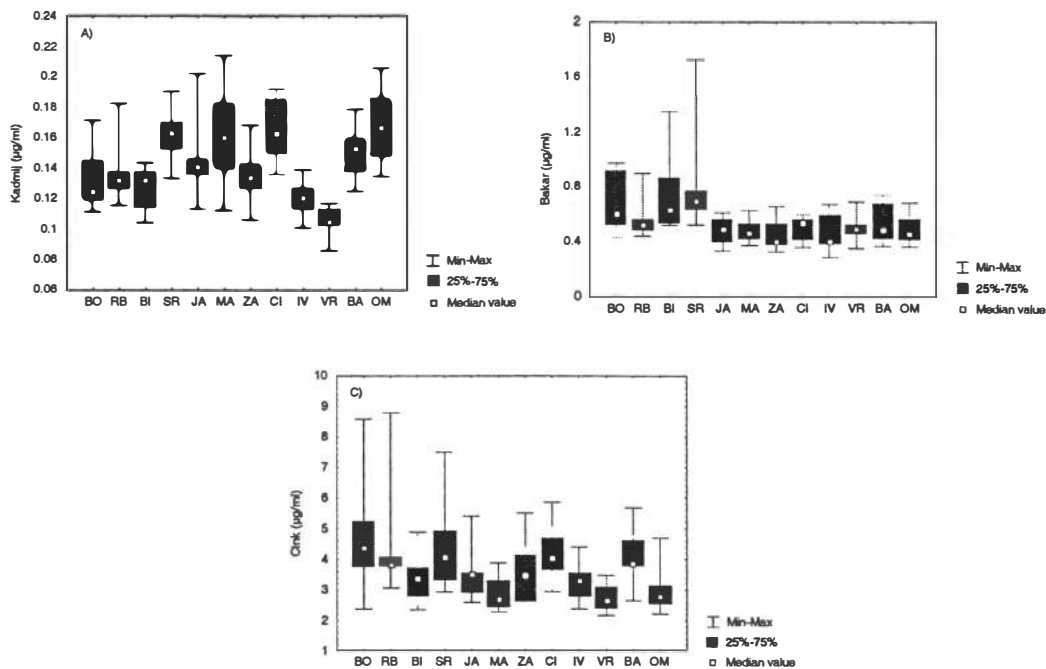
Osim razlika sadržaja MT na postaji, zabilježene su i statistički značajne razlike srednjeg sadržaja MT među istraživanim lokalitetima (ANOVA, $p < 0.01$). Ukoliko se postaje grupiraju u tri područja prema pripadnosti određenom akvatoriju, kao što je naznačeno u tablici 1, može se vidjeti da su na šibenskom području zabilježene signifikantno više razine MT ($116 \mu\text{g/g vl.t.}$) u odnosu na priobalne lokalitete zadarskog ($100 \mu\text{g/g vl.t.}$) i splitskog područja ($90 \mu\text{g/g vl.t.}$).

Ovo povišenje razine MT kod estuarnih postaja najviše je izraženo na postaji Martinska gdje je zabilježena srednja razina MT iznosila $141 \mu\text{g/g vl.t.}$, a slijede je u padajućem nizu u skladu sa smanjenim utjecajem slatke vode iz rijeke Krke, postaje Jadrija ($118 \mu\text{g/g vl.t.}$) i Srma ($111 \mu\text{g/g vl.t.}$). Premda je i postaja Zablaće smještena u šibenskom području, ona se ne nalazi pod direktnim utjecajem estuarijske vode pa je i izmjerena srednja vrijednost nešto manja i iznosi $95 \mu\text{g/g vl.t.}$.

Povezanost metalotioneina s metalima, fizikalno-kemijskim i biometrijskim parametrima

Jedan od ciljeva ovog terenskog istraživanja bio je utvrditi međuovisnost sadržaja MT sa sadržajem metala u topljivoj frakciji probavne žlijezde kao i korelacije s određenim fizikalno-kemijskim i biometrijskim parametrima.

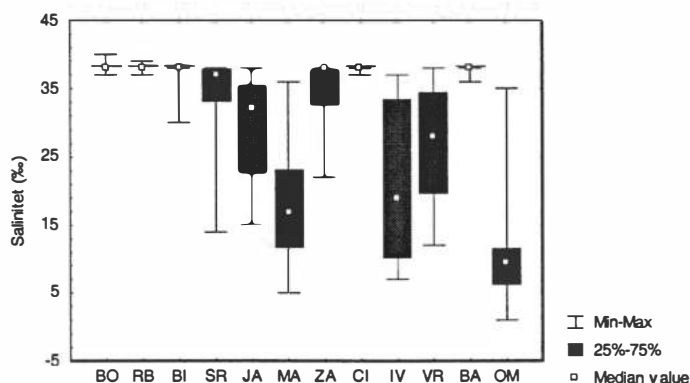
Raspodjele masenih udjela metala (Cd, Cu i Zn) u topljivoj frakciji probavne žlijezde dagnji uzorkovanih na srednjedalmatinskom području tijekom istraživanog razdoblja prikazane su na slikama 3A, 3B i 3C.



Slika 3. Sadržaj A) Cd, B) Cu i C) Zn u topljivoj frakciji probavne žlijezde dagnji *M. galloprovincialis*, uzorkovanih na dvanaest postaja srednjedalmatinskog područja, od Borika do Omiša, u razdoblju od prosinca 1998 do listopada 2001.

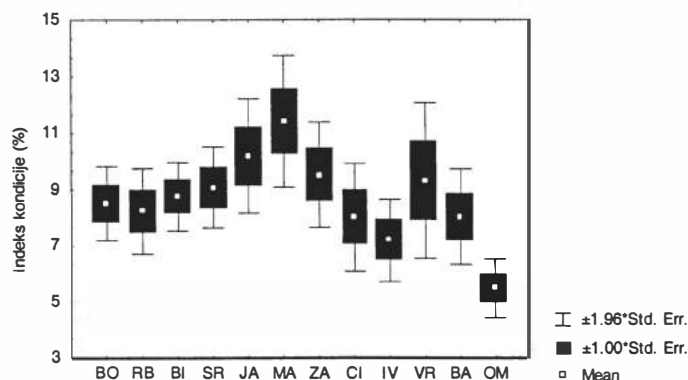
Može se vidjeti da tijekom istraživanog perioda sadržaj kadmija varira na svim postajama. Najviše prosječne razine kadmija zabilježene su na postajama Omiš, Martinska, Čiovo i Srima, dok su najniže razine zabilježene na postajama Inavinil i Vranjic. Na postajama zadarskog područja i postaji Srima, zabilježen je nešto viši srednji maseni udio bakra u odnosu na preostale istraživane postaje gdje su zabilježene ujednačene koncentracije bakra. Kao što je vidljivo iz slike 3C, zabilježen je značajno veći udio cinka na morskim postajama visokog i stalnog saliniteta u odnosu na estuarne postaje i morske postaje s promjenjivim salinitetom kao što su Inavinil i Vranjic.

Linearna Pearson-ova analiza, primjenjena na srednje vrijednosti mjerenih pokazatelja na svim postajama u trogodišnjem razdoblju, pokazala je da postoji umjerena pozitivna korelacija ($r=0.34$) između sadržaja kadmija i MT u topljivoj frakciji probavne žlijezde. Također je zabilježena statistički značajna pozitivna korelacija između saliniteta i sadržaja cinka ($r=0.71$, $p<0.05$).



Slika 4. Raspon kretanja saliniteta na dvanaest postaja srednjedalmatinskog područja, od Borika do Omiša, u razdoblju od prosinca 1998 do listopada 2001.

Na slici 4 prikazani su rasponi kretanja saliniteta na dvanaest postaja srednjedalmatinskog područja, od Borika do Omiša, u razdoblju od prosinca 1998 do listopada 2001. Na postajama BO, RB, CI i BA varijacije saliniteta izuzetno su male i zabilježeni prosječni salinitet iznosi 37-38‰. Na postajama smještenim u estuariju rijeke Krke (MA, JA i SR), kod kojih su ujedno izmjerene i najviše razine MT, zabilježene su izrazite promjene saliniteta. Poznato je da niski salinitet utječe na povećanje biološke raspoloživosti metala i njihovu ugradnju u vodeni organizme neovisno o unosu metala antropogenim djelovanje[²]. Dobivene visoke vrijednosti negativne korelacije ($r=-0.7$) između saliniteta i razine Cd u topljivoj frakciji probavne žlijezde dagnji uzorkovanih na postajama Martinska i Jadrija direktno potvrđuju ovo zapažanje. Budući da povišena razina MT nije zabilježena i u dagnjama na ušću rijeke Cetine, gdje su se izmjerene saliniteti kretali u rasponu od 1 do 25‰, možemo zaključiti da utjecaj niskog saliniteta nije presudni čimbenik za pojavu povišene razine MT na estuarnim postajama.



Slika 5. Raspon kretanja indeksa kondicije dagnji uzorkovanih na dvanaest postaja srednjedalmatinskog područja, od Borika do Omiša, u razdoblju od prosinca 1998 do listopada 2001.

Na slici 5 prikazani su rasponi kretanja indeksa kondicije dagnji uzorkovanih na dvanaest postaja srednjedalmatinskog područja, od Borika do Omiša, u razdoblju od prosinca 1998 do listopada 2001. Indeks kondicije koristi se kao pokazatelj somatskog rasta i reproduktivnog ciklusa[1]. Dobivena statistički značajna pozitivna korelacija između indeksa kondicije i temperature ($r=0.62$, $p<0.05$) ukazuje na postojanje intenzivnijeg somatskog rasta i spolnog ciklusa u dagnji ovog područja tijekom toplijeg perioda godine. Može se vidjeti da dagnje na estuarnim postajama, a posebno na postaji Martinska, imaju u prosjeku veći indeks kondicije u odnosu na morske postaje i postaju Omiš gdje je zabilježen najniži srednji indeks kondicije. Ovakva povezanost može se objasniti činjenicom da područja s povećanom eutrofikacijom i nižim salinitetom, uvjetovana mješanjem morske vode s riječnom i/ili otpadnom vodom pružaju bolje nutritivne uvjete za intenzivniji rast dagnji. Marguš i sur.[6] su na području zaljeva Martinska zabilježili kontinuirano prihvaćanje larvi dagnje gotovo tijekom cijele godine. Ovo zapažanje kao i činjenica da je zabilježena pozitivna korelacija između sadržaja MT i indeksa kondicije ($r=0.48$), govore u prilog mogućeg utjecaja spolnog ciklusa dagnje na zapažene povišene razine MT u probavnoj žlijezdi dagnji uzorkovanih na ovom području.

Također je zabilježena statistički značajna negativna korelacija indeksa kondicije i sadržaja Cd (morske postaje $r=-0.44$; estuarne postaje $r=-0.52$), Cu (morske postaje $r=-0.43$; estuarne postaje $r=-0.35$) te Zn (morske postaje $r=-0.43$; estuarne postaje $r=-0.35$). Ovaj nalaz može se objasniti fenomenom tzv. razrjeđenja funkcionalne mase tkiva na račun nagomilavanja rezervne hranjive tvari tijekom reproduktivnog ciklusa kada su ujedno zabilježeni i veći indeksi kondicije. Stoga je za ispravno tumačenje rezultata biomonitoringa metala u nativnim populacijama dagnji, neophodno uz određivanje sadržaja metala u tkivu probavne žlijezde, odrediti i indeks kondicije uzorkovanih jedinki.

Od preostalih mjerenih biometrijskih parametara (masa školjke, duljina školjke, masa ljuštura i prosječna masa probavne žlijezde), jedino se masa probavne žlijezde odnosno njen udio u ukupnoj masi mesa (tzv. hepatosomatski indeks) kod dagnji uzorkovanih na morskim postajama, pokazao kao čimbenik koji korelira s izmjerenim sadržajem MT u tkivu probavne žlijezde ($r=0.45$, $p<0.05$).

ZAKLJUČCI

Trogodišnjim sustavnim praćenjem razine MT u probavnoj žlijezdi dagnje *M. galloprovincialis* na dvanaest lokaliteta srednjeg Jadrana ustanovljene su statistički značajne razlike sadržaja MT između estuarnih (SR, JA, MA) i morskih postaja (BO, RB, BI, ZA, CI, IV, VR, BA). Pojavu povišene razine MT na estuarijskim postajama ipak ne bi mogli pripisati dodatnom zagađenju šibenskog akvatorija metalima već ju možemo objasniti djelovanjem posebnih hidrografskih i nutritivnih čimbenika kao i njihovim naglim promjenama kojima su izloženi školjkaši na tom području a što bi moglo rezultirati povišenjem sadržaja MT neovisno u unosu metala antropogenim djelovanjem.

Višegodišnjim uzorkovanjem prikupljen je set podataka iz kojih se može odrediti raspon variranja sadržaja bazalne razine MT pod utjecajem specifičnih biotskih i abiotskih čimbenika na određenom području. Utvrđene bazalne razine MT preduvjet su za primjenu MT kao biomarkera izloženosti metalima i služe kao polazište za sustavno praćenje i rano otkrivanje učinaka metala u dagnjama ovog područja.

Uzevši u obzir složenost ispitnog sustava, za konačnu ocjenu zagađenja nekog područja metalima, potrebno je uz ciljni biomarker, metalotionein, odrediti i dodatne pokazatelje koji pokazuju karakteristike vodnog sustava gdje obitavaju dagnje i definiraju fiziološko odnosno nutritivno stanje indikatorskih organizama na ispitivanom području.

LITERATURA

1. Davenport, J and Chen, X. (1987): A comparison of methods for the assessment of condition in the mussel (*Mytilus edulis* L.). *J. Moll. Stud.*, 53:293-297.
2. George, S.G., Carpena, E. and Coombs, T.L. (1978): The effect of salinity on the uptake of cadmium by the common mussel, *Mytilus edulis* (L.). In: Physiology and behavior of marine organisms. Proc. 12th Eur. Symp. Mar. Biol. (D. S. McLusky and A.J. Berry, eds.) Pergamon Press, Oxford and New York, pp. 189-193.
3. Goldberg, E.D., Bowen, V.T., Farrington, J.W., Harvey, G., Martin, J.H., Parker, P.L., Risebrough, R.W., Robertson, W., Schneider, E. and Gamble, E. (1978): The mussel watch. *Environ. Conserv.* 5:101-125.
4. Isani, G., Adreani, G., Kindt, M and Carpena, E. (2000): Metallothioneins in marine molluscs. *Cellular and Molecular Biology*, 46(2): 311-330.
5. Izvještaj "Projekt Jadran" za razdoblje 1998-2001, radna verzija, Institut "Ruđer Bošković", Centar za istraživanje mora, Rovinj, 2003.
6. Marguš, D., Teskeredžić, E. and Modrušan, Z. (1988): Settlement and growth of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck). *Ichthyologia*, 20:19-26.
7. Martinčić, D., Kwokal, Ž. and Branica, M. (1987): Trace metals in selected organisms from the Adriatic Sea. *Mar.Chem.*, 22:207-220.
8. MED POL phase III, Programme for Assessment and Control of Pollution in the Mediterranean Region, MAP, Technical Report Series No. 120, UNEP, Atena, 1999, pp. 169-174.
9. Pavičić, J., Škreblin, M., Raspor, B., Branica, M., Tušek-Žnidarič, M., Kregar, I. and Stegnar, P. (1987): Metal pollution assessment of the marine environment by determination of metal-binding proteins in *Mytilus* sp. *Mar.Chem.*, 22: 235-248.
10. Pavičić, J., Raspor, B., Martinčić, D. (1993): Quantitative determination of metallothionein-like proteins in mussels. Methodological approach and field evaluation. *Mar.Biol.*, 115: 435-444.

11. Petrović, S., Ozretić, B., Krajnović-Ozretić, M., Bobinac, D. (2001): Lysosomal membrane stability and metallothioneins in digestive gland of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) as a biomarkers in a field study. *Marine Pollution Bulletin*, 42:1373-1378.
12. Roesijadi, G. (1992): Metallothioneins in metal regulation and toxicity in aquatic animals. *Aquatic Toxicology*, 22:81-114.
13. Viarengo, A., Ponzano, E., Dondero, F. and Fabbri, R. (1997): A simple spectrophotometric method for metallothionein evaluation in marine organisms: an application to mediterranean and antarctic molluscs. *Mar. Environ. Res.*, 44:69-84.
14. Viarengo, A., Burlando, B., Dondero, F., Marro, A., Fabbri, R. (1999): Metallothionein as a tool in biomonitoring programmes. *Biomarkers*, 4:455-466.

Zahvala

Autori se zahvaljuju Ministarstvu znanosti i tehnologije Republike Hrvatske za financijsku potporu projektu "Sustavno istraživanje Jadranskog mora kao osnova održivog razvitka Republike Hrvatske – Projekt Jadran".

Autori:

mr.sc. Dušica Ivanković (kontakt osoba),
dr.sc. Jasenka Pavičić,
dr.sc. Marijana Erk,
Vlatka Filipović,
dipl.ing., dr.sc. Biserka Raspor

Institut "Ruđer Bošković", Zavod za istraživanje mora i okoliša, p.p. 180, 1002 Zagreb

Tel: +385 1 4561 047

Fax: + 385 1 4680 242

E-mail: djuric@rudjer.irb.hr



Rad 2.19.

Procjena antropogenog utjecaja na onečišćenje Drave i Mure teškim metalima

Tomislav Jakovčić, Marija Marijanović Rajčić, Ankica Senta

SAŽETAK: Za procjenu stupnja onečišćenja rijeka zbog antropološkog djelovanja razmatrani su teški metali poznati po svom toksikološkom djelovanju. U desetogodišnjem ispitivanju dana je ocjena utjecaja onečišćenja bakrom, cinkom, kadmijem, kromom, niklom i olovom u vodi rijeke Drave kod Botova, Terezinog Polja i Donjeg Miholjca i u vodi rijeke Mure kao najvećeg pritoka Drave.

Antropogeni utjecaj na svim mjernim postajama na Dravi i Muri po pojedinim ispitivanim metalima osim kroma i bakra (D.Miholjac) je "bez značaja". Onečišćenje kromom i bakrom je ocijenjeno kao "opaženi utjecaj".

Usporedbom rezultata utjecaja svih metala, antropogeno djelovanje je ocijenjeno "bez značaja" u Dravi kod Botova i Terezinog Polja, a kao "opaženi utjecaj" u Dravi kod Donjeg Miholjca i u Muri.

KLJUČNE RIJEČI: teški metali, antropogeni utjecaj, Drava i Mura

Assessment of Anthropogenic Influence on Pollution of River Water Drava and Mura by Heavy Metals

SUMMARY: Anthropogenic influence on water pollution was examined considering concentrations of heavy metals with toxic effect. Assessment of river water pollution with copper, zinc, cadmium, chromium, nickel and lead was made for the Botovo, Terezino Polje and Donji Miholjac stations at the Drava River and for the Mura River as the largest Drava tributary. The measurements have been conducted during a 10-year period.

The anthropogenic influence by heavy metals on all examined river waters was found "non significant" except for chromium and copper. The pollution with chromium and copper was estimated as "clear influence".

The anthropogenic influence determined on the basis of all examined metals was estimated as "non significant" for the Drava river water at Botovo and Terezino Polje stations, and "clear influence" was determined for the Drava river at Donji Miholjac and the Mura river water.

KEYWORDS: heavy metals, anthropogenic influence, the Drava and Mura rivers

Uvod

Praćenje stanja kakvoće površinskih voda regulirano je različitim kriterijima i različitim sistemima klasifikacije voda. Obično se voda raspodjeljuje prema kakvoći voda u pojedine vrste koje uvjetuju njenu uporabu za određenu namjenu. Takova se klasifikacija temelji na uspoređivanju fizikalnih, kemijskih, bioloških i mikrobioloških pokazatelja s graničnim vrijednostima propisanim za određenu vrstu voda.

Zbog unošenja štetnih i drugih tvari u površinske vode dolazi do promjene u kakvoći voda, čime se ograničava njena uporaba za određene namjene.

Klasifikaciju koja se temelji na opisu općeg utjecaja neke tvari na onečišćenje rijeke zbog antropogenog djelovanja dala je švedska agencija za zaštitu okoliša 1991. godine [2].

Metoda je primjenjena u ovom radu s namjerom da se na rijeci Dravi i njenom najvećem pritoku Muri procjeni antropogeno djelovanje na onečišćenje tih rijeka teškim metalima. Drava i Mura su međunarodne rijeke koje Hrvatska, Mađarska i Slovenija koriste za odvod otpadnih voda, a kao onečišćivala su prisutni i teški metali.

Metode ispitivanja

Kao temelj klasifikacije prema švedskoj agenciji za zaštitu okoliša uzima se:

- procjena vrijednosti prirodne razine pojedinog metala (C_0) u vodi rijeke
- prosječna višegodišnja vrijednost koncentracije pojedinog metala (C).

Iz odnosa C/C_0 ocjenjuje se stupanj utjecaja antropogenog onečišćenja metalima u vodi prema tablici 1.

U tablici su navedene klase prema stupnjevima utjecaja koji se ocjenjuju od 1 do 4. Za pojedine stupnjeve prikazane su granične vrijednosti obzirom na pojedine metale i na ukupne metale.

Tablica 1 - Ocjenjivanje stupnja antropogenog utjecaja na onečišćenje rijeka metalima

Stupanj utjecaja	Granične vrijednosti po pojedinom metalu	Granične vrijednosti po ukupnim metalima	Opis utjecaja
1.	<1,5	< 2	bez značaja
2.	1,5 – 3	2 – 5	opaženi
3.	3 – 10	5-10	jak
4.	>10	10	veoma jak

Koncentracija prirodne razine pojedinog metala (C_0) dobije se na osnovi korelacijske analize metala i njima pripadnih protoka [3]. U primjenjenoj jednadžbi regresije $y = ax + b$ koeficijent “b” označuje trajnu prirodnu koncentraciju metala u vodotoku.

Prosječna koncentracija pojedinog metala (C) izračuna se iz rezultata prikupljenih tijekom višegodišnjeg ispitivanja vodotoka.

U tablici 1 su navedene i vrijednosti utjecaja svih metala zbog njihovog sumarnog djelovanja kao što su aditivna, sinergistična ili antagonistička.

U tom se slučaju antropogeni utjecaj svih metala (S^*) izračunava prema izrazu:

$$S^* = S_1 + 0,5(S_2 - 1) + 0,5 (S_3 - 1) + \dots + 0,5 (S_n - 1)$$

gdje je S_1 najveća vrijednost utjecaja od svih pojedinih metala, a S_2 , S_3 i S_n su vrijednosti utjecaja po pojedinom metalu.

Predmet ispitivanja

Prikazani način klasifikacije proveden je, u ovom radu, na primjeru vodotoka Drave i Mure [1], a od pokazatelja odabrani su kao česta onečišćivala površinskih voda teški

metali zbog njihove toksičnosti, vrlo spore razgradnje u vodi i sklonosti da se akumuliraju u vodenom okolišu.

Ispitivanja su provedena na Dravi na postajama: Botovo, Terezino Polje i Donji Miholjac i na rijeci Muri kod Goričana.

Od metala analizirani su bakar, cink, kadmij, krom, nikal i olovo.

Ispitivanja su obavljena u vremenu od 1992. do 2001. godine osim na Dravi -Terezino Polje, gdje je ispitivanje bilo od 1997. do 2001. godine.

Uzorci voda rijeka uzimani su dva puta kvartalno tijekom godine.

Rezultati ispitivanja i rasprava

Veličina utjecaja antropogenog djelovanja na onečišćenje Drave na svim ispitivanim mjernim postajama i na Muri po pojedinim metalima prikazan je u tablici 2 zajedno s izračunatim pripadajućim stupnjem antropogenog utjecaja.

Tablica 2 - Rezultati ispitivanja stupnja utjecaja na onečišćenje Drave i Mure metalima

Metal	MURA		D		R A V A			
	Goričan		Botovo		Terezino Polje		D.Miholjac	
	C/C ₀	S	C/C ₀	S	C/C ₀	S	C/C ₀	S
Bakar	1,24	I	1,15	I	1,45	I	1,67	II
Cink	1,18	I	1,14	I	0	I	1,31	I
Kadmij	1,01	I	1,10	I	1,35	I	1,20	I
Krom	2,20	II	1,55	II	1,65	II	2,47	II
Nikal	1,13	I	1,03	I	1,13	I	1,12	I
Olovo	1,10	I	1,23	I	1,00	I	1,39	I
Ukupni	2,54	II	1,88	I	1,81	I	3,17	II

Kao što je vidljivo antropogeni utjecaj na svim ispitivanim postajama na Dravi i na Muri je osim za krom i bakar (Drava - Donji Miholjac) 1. stupnja odnosno “bez značaja”. Onečišćenje kromom i bakrom ocijenjeno je 2. stupnjem odnosno kao “opaženi utjecaj”. Međutim, kad se usporede rezultati utjecaja svih metala može se uočiti da je njihov sumarni utjecaj “bez značaja” odnosno 1. stupnja na Dravi Botovo i Dravi Terezino Polje. Njihove vrijednosti stupnja utjecaja su približno iste.

Na Dravi Donji Miholjac antropogeni utjecaj svih metala je utvrđen kao “opaženi” odnosno ocijenjen je 2.stupnjem, čija je vrijednost znatno viša nego kod Botova i D.Miholjca.

Na Muri kao najvećem pritoku Drave, čiji je utok uzvodno od Botova antropogeni utjecaj je 2.stupnja odnosno “opaženi”.

Zaključak

Dobiveni rezultati prilog su poznavanja stanja kakvoće voda rijeka obzirom na toksične teške metale.

Na osnovu rezultata ustanovljeno je da je doprinos aktivnosti čovjeka malen u usporedbi s prirodnim razinama metala u rijekama. Koncentracije metala osim kroma i bakra (D.Miholjac) u posljednjih deset godina nisu značajno više od prirodne razine. Onečišćenje kromom i bakrom je ocijenjeno kao “opaženi utjecaj”.

“Opaženi utjecaj” onečišćenja (2.stupanj) je nađen tijekom deset godina obzirom na ukupno djelovanje svih metala na Dravi D. Miholjac i pritoku Muri, a prirodne razine metala tj antropogeno djelovanje “bez značaja” su nađene na Dravi Botovo i Terezino Polje (pet godina ispitivanja).

Usprkos tome i nadalje je u Dravi i Muri potrebno kontrolirati metale naročito krom i bakar, a posebno na mjernim postajama Drava - D. Miholjac i Mura – Goričan.

Literatura

1. Godišnji izvještaji o sustavnom praćenju kakvoće voda rijeka Drave i Mure, Škola narodnog zdravlja “Andrija Štampar”, Zagreb, 1992. do 2001.godine.
2. Gustafsson, J.E. (1992): *Ambient water quality clasification and water management in Sweden*, Eur. Wat.Poll. Control 2(5), 33-38
3. Manczak, H., Florczyk H. (1971): *Interpretation of Results from the Studies and Pollution of Surface Flowing Waters*, Water Res. 5, 575-584.

Autori:

mr.sc.Tomislav Jakovčić, dipl.inž.kem.,

mr.sc.Marija Marijanović Rajčić, dipl.inž.kem.,

dr.sc.Ankica Senta, dipl.inž.biotehn.

Medicinski fakultet, Škola narodnog zdravlja “Andrija Štampar”, Zagreb,
Rockefellerova 4, tel. 45 90 167, fax.45 90 180,
e-mail:marija.marijanovic@snz.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.20.

Karakterizacija krških vodonosnika korelacijskom i spektralnom analizom

Damir Jukić, Vesna Denić-Jukić

SAŽETAK: U radu su pokazane mogućnosti primjene korelacijske i spektralne analize pri preliminarnom karakteriziranju vodonosnika u svrhu njegovog matematičkog modeliranja. Težište je stavljeno na određivanje relativnog udjela brze i spore komponente u ukupnom otjecanju, procjenu akumulacijskih sposobnosti, izbor mjerodavnih meteoroloških mjernih postaja, te na identificiranje prostorne varijabilnosti propusnosti kao i linearnosti veze između ulaznih i izlaznih vremenskih serija.

KLJUČNE RIJEČI: Hidrologija krša, Spektralna analiza, Korelacija, Analiza vremenskih serija

Karst Aquifer Characterization by Means of Correlation and Spectral Analysis

SUMMARY: This paper presents abilities of the correlation and spectral analysis for the preliminary characterization of karst aquifers with the purpose of mathematical modeling. The focus of the study is on determining the relative importance of the quick and slow flow component of the discharges, estimating storage capacities, selecting relevant meteorological stations, identifying spatial variability of the permeability as well as linearity between the input and output time series.

KEYWORDS: Karst hydrology, Spectral analysis, Correlation, Time series analysis

1. Uvod

Osnovna karakteristika krških vodonosnika je nepravilna mreža pukotina i šupljina te podzemnih cijevi i kaverni različitih veličina i oblika koja se nalazi u slabo propusnom mediju topivih stijena. Takva struktura vodonosnika uvjetuje i složene hidrauličke uvjete tečenja vode kroz podzemlje jer postoji izražena vremenska promjenjivost, te prostorna heterogenost i diskontinuiranost hidrauličkih parametara. Glavne smjerove kretanja podzemne vode u kršu određuje raspored većih kanala putem kojih infiltrirana voda poslije velikih pljuskova brzo dospijevaju do izvora. Pražnjenje kaverni, kanala i pukotina većih od približno 1 cm se odvija turbulentnim režimom tečenja, a na hidrogramu otjecanja iz krškog izvora se registrira kao brzo otjecanje. Pražnjenje sitnijih pukotina te slabo propusnih dijelova vodonosnika se odvija uglavnom laminarnim režimom tečenja a na hidrogramu otjecanja se registrira u obliku sporog ili baznog otjecanja. Za modeliranje otjecanja iz krških vodonosnika

se mogu primijeniti različiti tipovi modela (npr. [2], [3], [4], [5], [6], [7], [10], [13]). Za pravilan izbor modela potrebno je poznavati osnovne karakteristike vodonosnika među kojima su od posebne važnosti relativni udio pojedine komponente otjecanja u ukupnom otjecanju i linearnost veze između ulaznih i izlaznih veličina. Kako su ulazna veličina u konceptualne i black-box modele srednje oborine, u slučajevima gdje je potrebno koristiti mjerne postaje izvan slivnog područja često se postavlja pitanje izbora mjerodavnih postaja. Kod korištenja ovih modela je zanimljiva i prostorna varijabilnost propusnosti, odnosno procjena pogreške koja se radi prostornim objedinjavanjem sustava.

2. Metode

Korelacijska i spektralna analiza su zasnovane na sistemskom pristupu tj. promatraju odnose između ulaza i izlaza iz sustava kroz primjenu osnovnih statističkih funkcija. Vodonosnik je zamišljen kao filter koji transformira ulazni signal u izlazni gdje stupanj transformacije ulaznog signala daje informaciju o prirodi toka vode u vodonosniku. Ulazni signal je vremenska serija oborina dok je izlazni signal vremenska serija otjecanja. Statističke funkcije koje se najčešće koriste u korelacijskoj i spektralnoj analizi su: autokorelacijska funkcija (AKF), spektralna funkcija gustoće (SFG), kros-korelacijska funkcija (KKF), kros-spektralna funkcija gustoća (KSFG), funkcija koherencije (FK) i funkcija prigušenja (FP). Detaljna matematička osnova i primjena korelacijske i spektralne analize u hidrologiji krša se može naći u radovima: [1], [7], [8], [9], [11], [12].

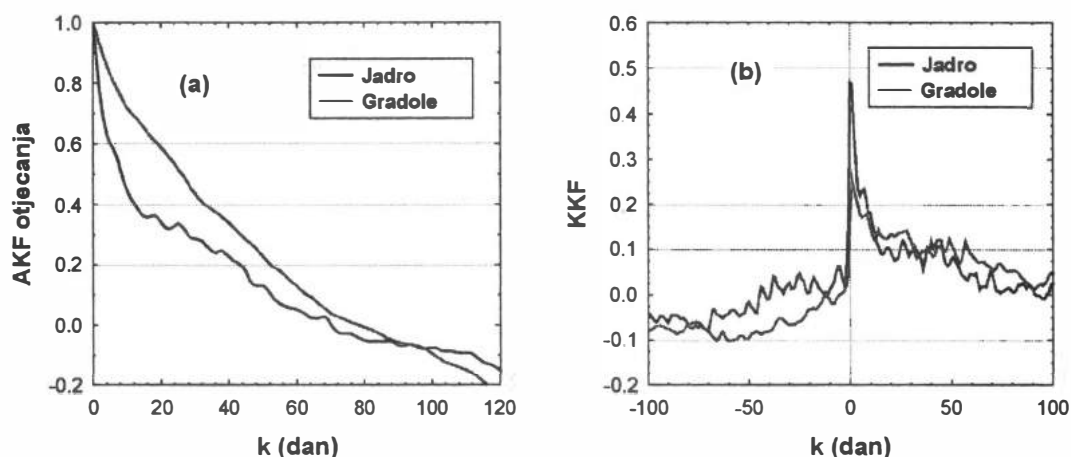
3. Rezultati

Primjena korelacijske i spektralne analize je pokazana na vodonosnicima izvora Jadra i Gradole. Za proračun statističkih funkcija Jadra su korištene oborine s postaja Dugopolje i Muć te opažena otjecanja za razdoblje 1995.-2000. dok su za Gradole korištene oborine s postaja Pazin i Baderna te otjecanja za razdoblje 1992.-1997. U tablici 1. se nalaze osnovni statistički pokazatelji ulaznih vremenskih serija oborina i izlaznih vremenskih serija otjecanja za oba analizirana izvora. Može se uočiti da je kapacitet izvora Jadra za oko četiri puta veći od kapaciteta izvora Gradole. Kako je istovremeno minimalni protok Jadra za više od devet puta veća od protoka izvora Gradole može se zaključiti da Jadro ima znatno ravnomjernije raspoređeno otjecanje tokom godine. Ukupna količina oborina koja godišnje padne na slivnu površinu izvora Jadra je prosječno za oko 18% veća a varijance pokazuju da su te oborine i znatno intenzivnije od oborina na slivu izvora Gradole.

Tablica 1. Srednje vrijednosti, varijance, minimumi i maksimumi vremenskih serija oborina i otjecanja za izvore Jadra i Gradole.

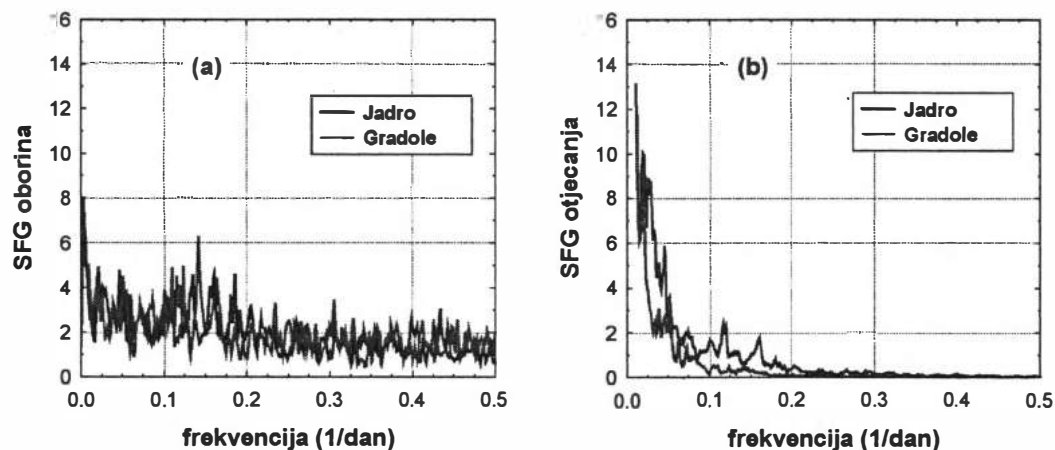
Izvor	Oborine			Otjecanja			
	Sredina (mm)	Varijanca (mm) ²	Max (mm)	Sredina (m ³ /s)	Varijanca (m ³ /s) ²	Min (m ³ /s) ²	Max (m ³ /s) ²
Jadro 1995.-2000.	3,28	85,02	141,41	9,83	49,24	3,72	64,66
Gradole 1992.-1997.	2,78	49,43	79,98	2,31	2,91	0,40	18,35

Na slici 1.(a) nalazi se AKF opaženih otjecanja izvora Jadra i Gradole. AKF kvantificira linearnu ovisnost dviju susjednih veličina tokom promatranog vremenskog razdoblja, odnosno opisuje tzv. „pamćenje sustava“ ili duljinu utjecaja ulaznog signala. Ako ulazni signal ima dugoročan utjecaj na izlazni signal, AKF ima blagi pad. AKF izvora Jadra pokazuje da kod otjecanja postoji izražena komponenta brzog otjecanja čije je trajanje oko 17 dana. Poslije 17. dana se vodonosnik nešto sporije prazni a pamćenje sustava je između 45 i 70 dana. AKF izvora Gradole ima približno jednolik i konstantan pad a pamćenje sustava je između 50 i 80 dana. Trajanje brze komponente nije jasno izraženo. Do sličnih rezultata se dolazi i analizom KKF između oborina na mjernim postajama Pazin i Dugopolje i otjecanja (slika 1.(b)). I ovdje se na funkciji izvora Jadra zapažaju dvije komponente otjecanja s točkom loma između 15. i 20. dana. Za razliku od AKF, KKF izvora Gradole ipak pokazuje nešto brži odgovor sustava u prvim desetak dana. Maksimalna vrijednost KKF izvora Gradole je vrlo niska i iznosi samo 0.25, što može biti posljedica nelinearnosti ili položaja mjerne postaje Pazin izvan slivnog područja izvora Gradole.



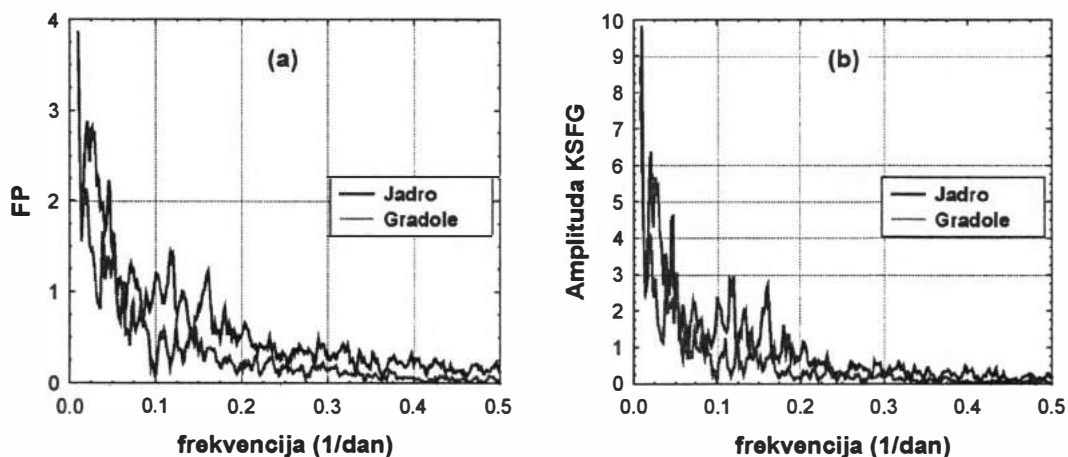
Slika 1. Autokorelacijska funkcija otjecanja (a) i kros-korelacijska funkcija oborina i otjecanja (b).

SFG pokazuje razdiobu varijance u frekvencijskoj domeni a njeni vrhovi otkrivaju periodičnosti u promatranoj vremenskoj seriji. Na slici 2.(a) se nalaze SFG oborina gdje se može zapaziti da ukupne oborine kod oba analizirana izvora imaju približno jednoliku razdiobu varijance na svim frekvencijama te da ne postoji izraženija periodičnost unutar njih. Ovakva razdioba varijance karakterizira nekorelirane vremenske serije odnosno vremenske serije koje se mogu smatrati realizacijom nezavisnog slučajnog događaja. Na slici 2.(b) se nalaze SFG otjecanja. Kod SFG otjecanja oblik preraspodjele varijance ukazuje na akumulacijske sposobnosti vodonosnika. Vodonosnici veće akumulacijske sposobnosti imaju izraženiju preraspodjelu varijance prema niskim frekvencijama. Usporedba dviju SFG otjecanja pokazuje da izvor Gradole ima veću akumulacijsku sposobnost jer je preraspodjela varijance jače izražena na svim frekvencijama. Osim toga, vodonosnik izvora Gradole znatno jače prigušuje ulazni signal jer je njegova funkcija znatno glađa i bez istaknutih vrhova. SFG otjecanja izvora Jadra ima tri nešto izraženija vrha. Dva vrha se nalaze između frekvencija 0.2 i 0.3 dok je treći između 0.02 i 0.03.



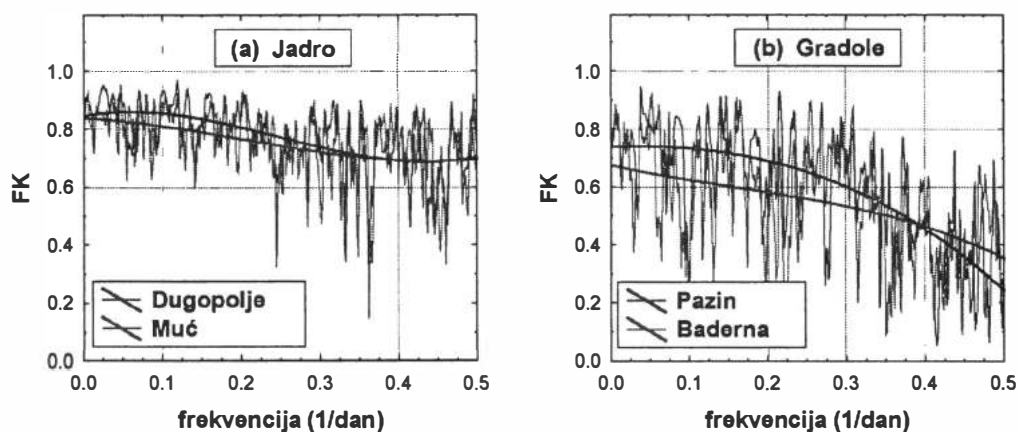
Slika 2. Spektralne funkcije gustoće oborina (a) i otjecanja (b).

Na slici 3.(a) se nalaze FP dok su na slici 3.(b) prikazane amplitude KSFG. Ove dvije funkcije opisuju način na koji krški sustav modificira ulazni signal. Vrijednosti $FP < 1$ pokazuju da vodonosnik na tim frekvencijama prigušuje ulazni signal, odnosno akumulira vodu u vodonosniku. Vrijednosti $FP > 1$ označavaju pojačanje signala što odgovara pražnjenju vodonosnika. Prethodno uočena tri vrha na SFG izvora Jadra su lako vidljiva i na amplitudi KSFG što znači da ti vrhovi nisu posljedica periodičnosti unutar izlazne vremenske serije već su rezultat slabog prigušenja periodičnih komponenti ulaznog signala. FP za izvor Jadra pokazuje da je njegovo vrijeme akumuliranja vode oko 17 dana, što se poklapa s trajanjem brze komponente otjecanja dobivenog korelacijskom analizom, nakon čega slijedi sporo pražnjenje vodonosnika odnosno bazno otjecanje. Na FP za izvor Gradole se zapaža da pražnjenje vodonosnika nastupa nakon približno dvadesetak dana što bi trebalo odgovarati i završetku brze komponente otjecanja. Slično kao i kod KKF izvora Gradole, i ovdje se može uočiti lom funkcije na frekvenciji 0.1 što odgovara periodu od 10 dana.



Slika 3. Funkcije prigušenja (a) i amplitude kros-spektralne funkcije gustoće (b).

Na slici 4. su prikazane FK za oba analizirana vodonosnika. Zbog izraženih oscilacija, kroz izračunate vrijednosti funkcija je provučen regresijski polinom. FK opisuje koreliranost ulaznog i izlaznog signala odnosno kvantificira linearnost veze između njih. Veza je linearna ako promjene u ulaznom signalu izazivaju proporcionalne promjene u izlaznom signalu. U tom slučaju je $FP \approx 1$. Na slikama 4.(a) i 4.(b) je vidljivo da su linearne zakonitosti između ulazne i izlazne vremenske serije izraženije kod vodonosnika izvora Jadra. Krški vodonosnici koji se prazne brzo kroz razvijenu mrežu većih pukotina i podzemnih kanala obično imaju jače izraženu linearnost dok smanjena linearna zakonitost karakterizira krške vodonosnike s manje izraženom karstifikacijom. Koristeći ovo svojstvo, FK se može koristiti za utvrđivanje prostorne varijabilnosti propusnosti vodonosnika. Na slici 4.(a) se može vidjeti da su kod Jadra nelinearne zakonitosti gotovo identične za obje mjerne postaje što ukazuje na homogenost njegovog slivnog područja. Kod izvora Gradole se obje mjerne postaje nalaze izvan slivnog područja te usporedba njihovih FK pokazuje koja je postaja mjerodavnija za opisivanje stvarnih oborina palih na slivno područje ovog izvora. Na slici 4.(b) je vidljivo da postaja Pazin uglavnom bolje aproksimira stvarne oborine gdje su jedini izuzetak visoke frekvencije.



Slika 4. Funkcije koherencije izvora Jadra (a) i izvora Gradole (b).

4. Zaključak

Korelacijska i spektralna analiza pokazuju da su vodonosnici izvora Jadra i Gradole različitih hidrogeoloških karakteristika. Izvor Jadra karakterizira izražena brza komponenta otjecanja trajanja oko 17 dana, linearnost veze između oborina i otjecanja, te prostorna homogenost vodonosnika. Gradole karakterizira značajna akumulacijska sposobnost vodonosnika i njegovo sporo pražnjenje. Trajanje brzog i početak sporog otjecanja kod izvora Gradole nije jasno definirano, već je prijelaz postepen i odvija se vjerojatno između 10. i 20. dana. Linearnost veze između oborina i otjecanja je manja nego kod Jadra i to posebno pri višim frekvencijama što je rezultat njegove slabije propusnosti. Usporedba rezultata pokazuje da izvor Gradole ima veću akumulacijsku sposobnost i sporije pražnjenje vodonosnika od izvora Jadra što je u suprotnosti s osnovnim statističkim pokazateljima u tabeli 1. prema kojima izvor Jadra ima znatno ravnomjernije raspoređeno otjecanje tijekom godine. Međutim, treba uzeti u obzir da korelacijska i spektralna analiza nije u mogućnosti prepoznati kontinuirana dotjecanja ili općenitije dotjecanja koja nisu korelirana s vremenskim serijama.

Prethodno izneseni rezultati pokazuju da korelacijska i spektralna analiza može dati vrijedne informacije o vodonosniku koje mogu znatno olakšati izbor optimalnog matematičkog modela kao i sam postupak modeliranja.

Literatura:

1. Angelini, P. (1997): *Correlation and spectral analysis of two hydrogeological systems in Central Italy*. Hydrol.Sci. J. 42 (3), 425-438.
2. Denić-Jukić, V., Jukić, D., (2003): *Composite transfer functions for karst aquifers*. J. Hydrol. (dostupan na sciencedirect.com).
3. Dreiss, S.J. (1982): *Linear kernels for karst aquifers*. Water Resour. Res. 18(4), 865-876.
4. Eisenlohr, L., Bouzelboudjen, M., Kiraly, L., Rossier, Y. (1997): *Numerical versus statistical modelling of natural response of a karst hydrogeological system*. J. Hydrol. 202, 244-262.
5. Halihan, T., Wicks, C. M. (1998): *Modeling of storm responses in conduit flow aquifers with reservoirs*. J. Hydrol. 208, 82-91.
6. Labat, D., Ababou, R., Mangin, A. (2000): *Rainfall-runoff relations for karstic springs. Part I: convolution and spectral analyses*. J. Hydrol. 238, 123-148.
7. Labat, D., Ababou, R., Mangin, A. (1999): *Linear and nonlinear input/output models for karstic springflow and flood prediction at different time scales*. Stochastic Environ. Res. Risk Assessment 13(5), 337-364.
8. Larocque, M., Mangin, A., Razack, M., Banton, O., (1997): *Contribution of correlation and spectral analyses to the regional study of a large karst aquifer (Charente, France)*. J. Hydrol. 205, 217-231.
9. Mangin, A. (1984): *Pour une meilleure connaissance des systemes hydrologiques a partir des analyses corrélatrice et spectrale*. J.Hydrol., 67, 25-43.
10. Padilla A., Pulido-Bosch A. (1993): *Application of a reservoir model to simulate the Torcal de Antequera karstic aquifer (Malaga)*. Some Spanish Karstic Aquifers, A Pulido-Bosch ed., University of Granada, 51-66.
11. Padilla, A., Pulido-Bosch, A. (1995): *Study of hydrographs of karst aquifers by means of correlation and cross-spectral analysis*. J. Hydrol., 168, 73-89.
12. Pulido-Bosch, A., Padilla, A., Dimitrov, D., Machkova, M. (1995): *The discharge variability of some karst spring in Bulgaria studied by time series analysis*. Hydrol.Sci. J. 40(4), 517-532.
13. Teutch, G., Sauter, M. (1997): *Distributed Parameter Modelling Approaches in Karst-Hydrological Investigations*. Proceedings of the 6 th Conference on Limestone Hydrology and Fissured Media, La Chaux de Fonds, Switzerland.

Autori:

mr.sc. **Damir Jukić**, dipl.ing.građ., Hrvatske vode VGO Split, Vukovarska 35, 21000 Split, e-mail: djukic@voda.hr

dr.sc. **Vesna Denić-Jukić**, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Matice hrvatske 15, 21000 Split, e-mail: vesna.denic-jukic@gradst.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.21.

Procjena erozije tla vodom prema vodnim slivovima R. Hrvatske

Ivica Kisić, Ferdo Bašić, Milan Mesić, Mijo Sabolić

SAŽETAK: Malo je podataka o eroziji tla vodom i vjetrom u nas. S ciljem doprinosa pojašnjenju i rasvjetljavanju složenih mehanizama i učinka erozije tla vodom u Hrvatskoj, a na temelju rezultata naših istraživanja i primjenom Univerzalne jednadžbe erozije USLE (Universal Soil Loss Equation), izračunata je ukupna masa erodiranog tla s poljoprivrednih površina u četiri vodna sliva RH. Prema tim rezultatima, ukupna prosječna masa erozijskog nanosa s poljoprivrednih tala na području sliva Save iznosi 1.449.110 t tla/god., što čini 1.16 t/ha/god., u slivu Drave i Dunava 686.940 t/godinu ili 1,04 t/ha/god., a na području Primorsko-istarskih slivova 623.808 t/god., odnosno 1.37 t/ha/god., dok je na području Dalmatinskih slivova 1.042.659 t/god., tj. 1.35 t/ha/god. Ukupna masa erodiranog tla na području Republike Hrvatske iznosi 3.802.517 tona ili 1.21 t/ha poljoprivrednog zemljišta. Istraživanje erozije po svojoj je naravi interdisciplinarni problem, pa bi, za razliku od dosadašnje prakse istraživanja erozije u budućnosti trebala imati snažna multidisciplinarna obilježja. U njih bi trebali biti uključeni agronomi, vodoprivrednici, građevinari, šumari, geolozi, hidrolozi, kao i svi oni koji bi željeli i trebali imati za cilj zaštitu prirodnih resursa Lijepe Naše u svrhu očuvanja za naraštaje koji dolaze.

KLJUČNE RIJEČI: erozija, tlo, vodni slivovi, USLE, onečišćenje voda

Estimation of Soil Erosion by Water in River Basins of Croatia

SUMMARY: In an attempt to quantify soil erosion by water as precisely as possible, we tried to estimate the total erosion drift from agricultural areas within four river basins in the Republic of Croatia using the results of the erosion studies done so far and applying USLE (Universal Soil Loss Equation) – the prognostic method applied worldwide in investigations of this kind. According to the said equation, the total erosion drift in the Sava basin amounts to 1,449,110 t/year, which makes 1.16 t/ha/year from the agricultural land in this basin. Total erosion drift in the Drava and Danube basins is 686.940 t/year, or 1.04 t/ha/year. Erosion drifts of 623,808 t/year, or 1.37 t/ha/year, were recorded in the Primorje-Istria catchment areas, while the erosion drift from agricultural areas in the Dalmatian river basins amounted to 1,042,659 t/year, or 1.35 t/ha/year. An overall annual erosion drift at the whole territory of the Republic of Croatia amounts to 3,802,517 tons or 1.21 t/ha of agricultural soil. As the problem of erosion touches on different scientific disciplines, erosion research should have a multidisciplinary character in the future. Such research should include agronomists, water management specialists, civil engineers, foresters, geologists, hydrologists, and all those whose aim it is to protect the natural resources of Croatia and thus preserve them for the coming generations.

KEYWORDS: water erosion, soil, river basins, USLE, water contamination

UVOD

Erozija tla vodom je prirodni proces kojega čovjek može ubrzati nepravilnim, a usporiti odabirom pravilnog načina odnosno smjera obrade tla. Ubrzana (antropogena) erozija se pojavila otprilike prije 7.000 g. odnosno onoga trenutka kada su stari Egipćani izmislili plug. Ona je do sada nepovratno uništila 430 milijuna hektara poljoprivrednog zemljišta što čini 30% ukupnih obradivih površina na Zemlji. Prirodna produkcija erozijskog nanosa iznosi 9.9 milijardi tona godišnje, a antropogenim utjecajem prouzročena je 2.5 puta veća i iznosi 26 milijardi tona godišnje [4, 14].

Do naših dana erozija je tretirana samo kao problem nepovratnog gubitka tla. Međutim, danas erozija ima "novu kvalitetu" [12, 19] zbog toga što je erozijski nanos s poljoprivrednih tala, napose tla pripremljenog za sjetvu ili netom zasijanog, kakvo najviše podliježe eroziji, obogaćen velikom količinom hranjiva, posebice nitrata i pesticida [3, 6, 13, 17]. Ulaskom u vodu te tvari smanjuju upotrebljivost vode u konvencionalne svrhe - za piće, za uzgoj ribe, a u kanalima, vodotocima i moru uzrokuje poremećaje biološke ravnoteže, s danas teško predvidivim posljedicama [2, 5, 8].

U Hrvatskoj su prva egzaktna istraživanja fenomena erozije provedena u razdoblju od 1956.-1977.g., na području fliša u srednjoj Istri, na eksperimentalnom objektu "Abrami". Naredni znanstvenoistraživački projekti protuerozijskih radova u Hrvatskoj odnosili su se na istraživanja erozije na werfenskim škriljalcima u dolini Zrmanje i na širem području izvorišta rijeke Une. Zbog temeljnih nedostataka u mjerenju (nepostojanje ombrografa na eksperimentalnim plohama, periodično kvantitativno mjerenje erozije, itd.), ostvareni rezultati nisu nikada bili publicirani [9]. [16] navode da o provedenom istraživanju erozije na vapnencima s pokusne plohe kraj Sinja ne postoje nikakve informacije. Znanstveno-istraživačka studija "Erozija i nanos sliva rijeke Save" [10] prethodila je izradi studije o uređenju korita rijeke Save. [16] su za potrebe "Dugoročnog plana razvoja vodoprivrede Hrvatske" izradili studiju stanja erozije i mogućnosti protuerozijske zaštite za cjelokupan teritorij Republike Hrvatske.

CILJ ISTRAŽIVANJA-PROCJENA EROZIJE PREMA VODNIM PODRUČJIMA RH

Temeljni je cilj ovog rada utvrditi primjenom USLE [22] - prognostičke metode eroziju tla vodom na dominantnim tipovima tala unutar 4 vodna sliva RH. Univerzalna jednadžba gubitka tla erozijom glasi:

$$A = R K L S C P,$$

A = prosječna količina erozijskog nanosa tla u t/ha/godišnje; *R* = erozivnost kiše – pokazatelj intenziteta kiše izračunat na temelju kinetičke energije kiše koja uzrokuje površinsko otjecanje ($J/m^2/mm/h$); *K* = erodibilnost tla – značajke tla; *L* = dužina padine (m); *S* = nagib padine (%); *C* = biljni pokrov i gospodarenje tlom i *P* = mjere i zaštite tla od erozije (konturna obrada, sjetva u pojaseve, terasiranje i dr.)

Erozivnost kiše (pokazatelj R). Za izračun ovoga pokazatelja korišten je postupak [7] prema jednadžbi:

$$R = (\sum p^2 : P)$$

p = srednja mjesečna količina oborina u promatranom razdoblju u mm i *P* = godišnja količina oborina u mm

Za proračun pokazatelja erozivnosti kiše korišteni su prosječni podaci za tri meteorološke postaje unutar svakoga vodnog sliva RH u razdoblju od 1965-1984. godine.

Erodibilnost tla (pokazatelj K). Značajke tla kao što je tekstura, posebice sadržaj frakcije pijeska i praha, sadržaj organske tvari, struktura i vodopropusnost odlučno utječu na erodibilnost tla. Erodibilnost tla određena je pomoću nomograma [21], a podaci za proračun su uzeti iz dostupnih podataka (Opće pedološke karte - OPK RH), kao i drugih istraživanja koje je proveo Zavod za Opću proizvodnju bilja (OPB) Agronomskoga fakulteta širom Hrvatske u posljednjih nekoliko desetljeća.

Utjecaj topografije (pokazatelj LS) je računat je pomoću jednadžbe [18]:

$$LS = \frac{s}{9} \sqrt{(l/22)(s/9)}$$

s = strmina nagiba u %; l = duljina padine, m

Pokrivenost površine tla i biljno-uzgojni zahvati (pokazatelj C) obuhvaća dva heterogena čimbenika – biljni pokrov i biljno-uzgojne zahvate (obrađa-dubina, smjer u odnosu na nagib, postupak s biljnim ostacima predusjeva, trajanje golog tla, itd.). U standardnim uvjetima (golo, orano, a nezasijano tlo) $C = 1$, a svaki usjev, plodored, korov, živi ili mrtvi malč smanjuje tu vrijednost, odnosno smanjuje eroziju. Što je vrijednost C manja biljno-uzgojni zahvati su sa stajališta zaštite tla od erozije djelotvorniji.

Utjecaj izvedenih konzervacijskih zahvata (pokazatelj P) vrednuje utjecaj izvedenih protiverozijskih zahvata na smanjenje erozije. Pri standardnim USLE uvjetima (dužina parcele 22.1 m, širina cca 2 m, nagib 9%, obrađa uz i niz nagib, golo, nezasijano tlo) ta vrijednost iznosi $P = 1$. Svaka manja dužina padine i zahvat obrade u odnosu na standardnu, dakle golo tlo, obrađivano niz nagib, smanjuje eroziju tla u odnosu na potencijalnu.

Posebno, vrlo zanimljivo, a u nas općenito malo raspravljano pitanje je pitanje tolerantnog gubitka tla – T vrijednosti (Soil loss tollerant). Za procjenu te vrijednosti poslužila su nam iskustva i kriteriji koje su koristili istraživači Njemačke, tj. Bavarske [18], kao i drugih europskih zemalja [20, 23]. Temeljem njihovih rezultata, a i naših dosadašnjih istraživanja u Daruvaru, Varaždinu i Butonigi u tablici 1. su prikazani tolerantni gubici za tipove tala koje smo koristili u ovom radu:

Tablica 1. Tolerantni gubitak za pojedine tipove tala

Tip tla	Tolerantni gubitak tla (T), t/ha/god
Koluvijalna tla	3
Regosol na rastresitim supstratima i kalkomelanosol	4
Crvenica plitka i ranker	4
Smeđe na vapnencu	5
Crvenica srednje duboka	5
Rigolano tlo	6
Rendzina na različitim matičnim supstratima	7
Kiselo smeđe	7
Eutrično smeđe	7
Tipično lesivirano i lesivirano pseudoglejno	8
Pseudoglej obronačni	8
Černozem na praporu	10

Procjenu smo izvršili za svaki tip tla na kojemu se očekuju ili su zabilježeni erozijski procesi na četiri vodna područja Hrvatske definirana Zakonom o vodama [24]. Temeljem ostvarenih rezultata na navedenim pokusnim poljima u RH, a koristeći i neke rezultate sličnih istraživanja u državama našeg okružja provedena je procjena gubitaka tla za svaki pojedini tip tla u svakom slivu na kome se očekuju i na kome su zabilježeni erozijski procesi. Zatim smo temeljem podataka OPK RH i Zavoda za OPB izračunali prosječan sadržaj organske tvari u tlu, te biljci pristupačnog fosfora i kalija. Matematičkim preračunavanjem dobili smo gubitke za svaki tip tla na području sliva, a zatim sumirajući pojedine tipove tla izračunati su gubici organske tvari, te fosfora i kalija na cjelokupnom slivu.

Prema podacima [1, 15] od ukupne pokrenute količine tla niz nagib erozijskim procesima oko 10% do 15% završava u otvorenim vodotocima, dok je ostali dio «*preraspoređen*» po obradivoj površini (najveći gubici su na vrhu padine, a najveće taloženje je u dnu padine). I taj kriterij je korišten u cilju procjene količine tla a samim time i organske tvari, te biljci pristupačnog fosfora i kalija koje završe u otvorenim vodotocima RH.

Procjena erozije tla vodom prema vodnim područjima

Vodno područje sliva Save

Od ukupne površine sliva Save (95.551 km²) cca 26,6% (25.412 km²) pripada teritoriju RH. Od toga cca 51% (12.954 km²) pripada slivovima brdskih savskih pritoka, koje su u većoj ili manjoj mjeri zahvaćene procesima erozije. Najjači erozijski procesi nalaze se na jakim strminama južnih i jugozapadnih ekspozicija, osobito na područjima gdje je antropogeno došlo do smanjenja vegetacijskog pokrova. Ako se ovom doda nepravilan smjer obrade tla – uz odnosno niz nagib (na žalost, zbog usitnjenosti parcela riječ je o vrlo zastupljenom smjeru obrade), to su glavni razlozi zbog povećanih erozijskih procesa na ovom području. Osim pogodnosti reljefa za erozijske procese (prema [11] u ovom slivu dominira brdsko-brežuljkasti reljef) veliki doprinos razvoju erozije na području sliva Save daje i geološko litološka građa u kojoj se javljaju brojni članovi neotporni na eroziju.

Kada se sumiraju ukupni gubici organske tvari, te biljci pristupačnog fosfora i kalija vidljivo je iz tablice 2 da ukupno s području ovog sliva u otvorene vodotoke dolazi 3.118 tona organske tvari na godinu, te 7,5 odnosno 12,6 tona biljci pristupačnog fosfora i kalija.

Tablica 2. Temeljne značajke erozije vodom na području sliva Save

Površina poljoprivrednog zemljišta: 1.244.890 ha		Površina poljoprivrednog zemljišta zahvaćenog erozijom: 416.069 ha ili 33% ukupnog poljoprivrednog zemljišta	
Dominantni oblik erozije: plošna		Prisutni oblik erozije: brazdasta i bujična	
Ukupni erozijski nanos		Gubici kroz erozijski nanos	
1.449.110 t/god.	organske tvari: 3.118 t/god.	P ₂ O ₅ = 7.5 t/god.	K ₂ O = 12.6 t/god.
1.16 t/ha/god.	org. tvari: 2.50 kg/ha/god.	P ₂ O ₅ = 0.006 kg/ha/god.	K ₂ O = 0.01 kg/ha/god.

Vodno područje slivova Drave i Dunava

Površina ovog sliva iznosi 9.135 km². Što se tiče ovog vodnog sliva važno je naglasiti da je u ovom slivu zastupljena i eolska erozija, što je posljedica veće zastupljenosti tala s nešto lakšom teksturom. No, kako je pokretanje nanosa eolskim putem neprekidan proces, koji je isprepleten s erozijom tla vodom, vrlo je teško kvantitativno odijeliti utjecaj vodne i eolske erozije. Temeljem navedenog smatramo da smo kroz ukupne gubitke tla koji su prikazani u tablici 3 zahvatili oba erozijska oblika. Podaci iz tablice 3

ukazuju da na području ovog vodnog sliva u vodotocima godišnje završi 1.245 tona organske tvari, odnosno 3.9 tona biljci pristupačna fosfora i 6.3 tona biljci pristupačna kalija.

Podaci koji su navedeni za područje vodnog sliva rijeke Save, kao i Drave i Dunava ukazuju da su lesivirano pseudoglejno i pseudoglej obronačni tipovi tala koji su najviše podložni erozijskim procesima. Razlog tomu je nepovoljna tekstura (prevladavanje sitnih praškastih čestica), te nizak sadržaj organske tvari, kao i nedostatak kalcija uslijed čega dolazi do slabog stvaranja strukturnih agregata kod ovog tipa tla. Uslijed navedenog na nagnutim terenima ovi tipovi tala su izrazito podložni erozijskim procesima, osobito u razdoblju svibanj-lipanj, kada se na ovim tlima uzgajaju jarine rijetkog sklopa (kukuruz, soja, suncokret, duhan itd.) koje su jako zastupljene u plodosmjeni ovog područja.

Tablica 3. Temeljne značajke erozije vodom na području sliva Drave i Dunava

Površina poljoprivrednog zemljišta: 657.951 ha		Površina poljoprivrednog zemljišta zahvaćenog erozijom: 69.054 ha ili 10% ukupnog poljoprivrednog zemljišta	
Dominantni oblik erozije: plošna		Prisutni oblik erozije: brazdasta	
Ukupni erozijski nanos		Gubici kroz erozijski nanos	
686.940 t/god.	organske tvari: 1.245 t/god.	$P_2O_5 = 3.9$ t/god.	$K_2O = 6.3$ t/god.
1.04 t/ha/god.	org. tvari: 1.89 kg/ha/god.	$P_2O_5 = 0.006$ kg/ha/god.	$K_2O = 0.01$ kg/ha/god.

Vodno područje primorsko-istarskih slivova

Vodno područje primorsko-istarskih slivova obuhvaća 9.876 km². Od toga je cca polovica površine ugrožena erozijskim procesima u različitim stupnju izraženosti. U usporedbi sa ostalim vodnim područjima u Hrvatskoj, ovo je područje najugroženije erozijom. To je vjerojatno i bio razlog zašto su u ovom području započela prva istraživanja erozijskih procesa u RH. Razlog za izražene erozijske procese u ovom kraju pronalazimo u rasporedu oborina (česta pojava oborina visokog intenziteta), te matičnoj (geološkoj) podlozi na kojoj se formiraju tipovi tala koji su vrlo skloni erozijskim procesima. Ukupna godišnja količina organske tvari koja završi u vodotocima ovog sliva iznosi 724 tona, dok su količine biljci pristupačnog fosfora i kalija 2,3 odnosno 3,6 tona na godinu (tablica 4).

Tablica 4. Temeljne značajke erozije vodom na području Primorsko-istarskih slivova

Površina poljoprivrednog zemljišta: 454.611 ha		Površina poljoprivrednog zemljišta zahvaćenog erozijom: 337.183 ha ili 74% ukupnog poljoprivrednog zemljišta	
Dominantni oblik erozije: brazdasta		Prisutni oblik erozije: bujična i podzemna erozija	
Ukupni erozijski nanos		Gubici kroz erozijski nanos	
623.808 t/god.	organske tvari: 724 t/god.	$P_2O_5 = 2.3$ t/god.	$K_2O = 3.6$ t/god.
1.37 t/ha/god.	org. tvari: 1.59 kg/ha/god.	$P_2O_5 = 0.005$ kg/ha/god.	$K_2O = 0.008$ kg/ha/god.

Vodno područje dalmatinskih slivova

Vodno područje Dalmatinskih slivova obuhvaća 12.613 km² površine. To je tipično krško područje, gdje erozija tla i njen najekscitivniji oblik – bujice, predstavljaju veliki problem. U velikom dijelu ovog područja u prošlosti je potpunom degradacijom i devastacijom tla (ogoljenjem – krške goleti) erozija dospjela do svog početka budući je tlo erodirano do matične stijene – geološke podloge. U ovom području u pogledu geološkog sastava

dominiraju vapnenci mezozojske starosti. Riječ je o matičnoj stijeni, koja je izrazito čistog kemijskog sastava i uslijed toga vrlo sporo se troši, a samim time i na njoj se tla vrlo sporo formiraju. Za nastanak 1 cm tla potrebno je da se otopi sloj vapnenca deobe 5 metara a za to je potrebno vrijeme od desetak tisuća godina. Temeljem navedenog ne iznenađuje nas da su erozijski procesi puno jači u odnosu na procese stvaranja tla. Iz podataka u tablici 5 vidljiv je nesrazmjer između površine zahvaćene erozijom i donesene količine organske tvari, te fosfora i kalija u vodotoke u odnosu na «kopnene» vodne slivove. Na području ovog sliva godišnje se u vodotoke donosi 1.262 tona organske tvari, tj. 3,5 odnosno 5,4 tona biljci pristupačna fosfora i kalija. Razlog tomu je vrlo degradirani i oskudni vegetacijski pokrov na cijelom ovom području. Uzroke takvom stanju treba tražiti u trajnom i vjekovnom procesu devastacije biljnog pokrova na ovom krškom području. Rezultat uništavanja prirodnog biljnog pokrova su nepregledne krške goleti. Danas na području Dalmacije ima pod šumom 460.000 ha. Međutim, visoke i ekonomski najvrijednije šume sudjeluju sa svega 6%, dok su one degradirane zastupljene na površini većoj od 400.000 ha. Kamenjari – krške goleti se prostiru na 335.385 ha. Ovako nepovoljna struktura šumskog fonda, uz vapnenac kao dominantan matični supstrat u ovom području svakako da će da pospješuje i daljne erozijske procese na ovom području.

U posljednje vrijeme kao značajan uzročnik erozije vodom u ovom području su ljetni požari. Nekada davno jedan dio površina na nagnutim terenima je bio zasađen trajnim poljodjelskim nasadima. Iz više razloga te obradive površine su napuštene, te ih je zarasla vegetacija i u tom vremenu to je bila najefikasnija zaštita od erozije. Upravo baš na tim površinama koje su sada opožarene, pa više nema vegetacije se javlja brazdasta erozija.

Tablica 5. Temeljne značajke erozije vodom na području sliva Dalmatinskih slivova

Površina poljoprivrednog zemljišta: 772.865 ha		Površina poljoprivrednog zemljišta zahvaćenog erozijom: 667.299 ha ili 86% ukupnog poljoprivrednog zemljišta	
Dominantni oblik erozije: bujična		Prisutni oblik erozije: brazdasta i podzemna erozija	
Ukupni erozijski nanos		Gubici kroz erozijski nanos	
1.042.659 t/god.	organske tvari: 1.262 t/god.	$P_2O_5 = 3.5$ t/god.	$K_2O = 5.4$ t/god.
1.35 t/ha/god.	org. tvari: 1.63 kg/ha/god.	$P_2O_5 = 0.005$ kg/ha/god.	$K_2O = 0.007$ kg/ha/god.

Ukupna erozija vodom na prostoru RH

Temeljem izloženih rezultata u prethodnom dijelu teksta nameće se zaključak da je na prostoru RH procesima erozije zahvaćeno 1.489.605 ha što čini 48% poljoprivrednoga zemljišta. Ukupni erozijski nanos iznosi 3.802.517 tona na godinu, što čini 0.015% svjetske antropogene erozije. Temeljem kemijskih i fizikalnih značajki erozijskoga nanosa godišnje direktno u otvorene vodotoke dolazi 17.2 tona biljci pristupačnoga fosfora odnosno 27.9 tona biljci pristupačnoga kalija.

Riječ je o onečišćenjima iz poljoprivrede koja direktno dolaze u otvorene vodotoke, a za točniju emisiju onečišćenja iz poljoprivrede trebalo bi u obzir još uzeti i onečišćenja koja dolaze sa procjednim vodama. Tek tada bi se moglo govoriti koliki je točan pritisak poljoprivrede na vodotoke RH.

ZAKLJUČAK

Erozija tala u oraničnoj biljnoj proizvodnji u nas je nedovoljno proučen, veoma značajan, a do nedavno marginaliziran problem. Razlozi u posljednje vrijeme aktualiziranog, naraslog interesa za ovo pitanje leže u činjenici da se erozijom odnose i nekontrolirano šire tvari rizične po okoliš, koje se uobičajeno koriste u poljoprivrednoj proizvodnji.

Moderne prognostičke metode (u ovom radu korištena je USLE jednadžba) pružaju veliku mogućnost procjene erozijskog procesa uz korištenje podataka koji su već prikupljeni i za našu znanost i struku dostupni. Parametre koji se u tim metodama koriste u našim uvjetima valja tek utvrditi i provjeriti njihovu pouzdanost za različite praktične potrebe. Tek višegodišnja znanstveno utemeljena istraživanja moći će poslužiti kao referentni podaci za prognostičke metode.

Ukupna prosječna masa erozijskog nanosa s poljoprivrednih tala na području sliva Save iznosi 1.449.110 t tla/god., što čini 1.16 t/ha/god., u slivu Drave i Dunava 686.940 t/godinu ili 1,04 t/ha/god., a na području Primorsko-istarskih slivova 623.808 t/god., odnosno 1.37 t/ha/god., dok je na području Dalmatinskih slivova 1.042.659 t/god., tj. 1.35 t/ha/god. Ukupna masa erodiranog tla na području Republike Hrvatske iznosi 3.802.517 tona ili 1.21 t/ha poljoprivrednog zemljišta.

Rezultati u ovom radu potvrđuju da erozivnost kiše i erodibilnost tla, kao prirodni čimbenici od presudnog utjecaja na intenzitet erozije u nas, variraju u širokim granicama, tako da zahvati zaštite okoliša (pedotehnički i agrotehnički) zahtijevaju veliku inventivnost stručnjaka.

Smatramo da borba protiv erozije i bujica u budućnosti traži jedan novi integralni pristup. Umjesto dosadašnjeg pojedinačnog (osobnog) znanstvenog pogleda na problematiku zaštite okoliša od erozije, treba pristupiti integralnom sagledavanju borbe protiv erozije. U tim radovima trebali bi biti uključeni timovi stručnjaka iz različitih područja, kao što su: agronomi, šumari, hidrotehničari, građevinari, geolozi itd. Dosadašnje pojedinačne i rascjepkane djelatnosti u poljoprivredi, šumarstvu, vodoprivredi, energetici, saobraćaju i sličnim granama u vezi borbe protiv erozije zemljišta i bujičnih tokova nisu vodile jedinstvenu koncepciju uređivanja bujičnih slivova i erozijskih područja. Problemi racionalnog korištenja i očuvanja tla u prvom redu se razmatraju i rješavaju u sklopu poljoprivrede i šumarstva, kao gospodarskih djelatnosti vezanih uz tlo, a problemi zaštite i korištenja voda u nadležnosti su vodoprivrede, što otežava zahvate zaštite tla.

Tablica 6. Temeljne značajke erozije vodom na području svih slivova Republike Hrvatske

Površina poljoprivrednog zemljišta: 3.130.407 ha		Površina poljoprivrednog zemljišta zahvaćenog erozijom: 1.489.605 ha ili 48% ukupnog poljoprivrednog zemljišta	
Dominantni oblik erozije: bujična plošna i brazdasta		Prisutni oblik erozije: bujična i podzemna erozija	
Ukupni erozijski nanos		Gubici kroz erozijski nanos	
3.802.517 t/god.	organske tvari: 6.349 t/god.	P ₂ O ₅ = 17.2 t/god.	K ₂ O = 27.9 t/god.
1.21 t/ha/god.	org. tvari: 2.03 kg/ha/god.	P ₂ O ₅ = 0.005 kg/ha/god.	K ₂ O = 0.009 kg/ha/god.

LITERATURA

1. Ampofo, E.A., Muni, R.K., Bonsu, M. (2002): Estimation of soil losses within plots as affected by different agricultural land management. *Hydrol. Sci. J.* 47(6), 957-967, IAHS Press, England.
2. Bašić, F., Kisić, I., Butorac, A., Nestroy, O., Mesić, M. (2001): Runoff and soil loss under different tillage methods on Stagnic Luvisols in central Croatia. *Soil & Tillage Research*, vol. 62, str. 145-151.
3. Bašić, F., Kisić, I., Butorac, A., Nestroy, O., Mesić, M. (2002): Particle Size distribution (Texture) of Eroded Soil Material. *J. Agron. Crop Sci.* 188(5), 311-322, Blackwell Verlag, Berlin.
4. Bazzofi, P. (2002): Impact of human activities on soil loss. *Sustainable land management – environmental protection*. Catena Verlag, Germany.
5. Bryan, R.B. (2000): Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope. *Geomorphology*, 32(3-4), 385-415, Elsevier Science, The Netherlands.
6. Chambers, B.J., Garwood, T.W.D. (2000): Controlling soil water erosion and phosphorus losses from arable land in England and Wales. *J. Environ. Qual.* 29(1), 145-150, Oxon, England.
7. Fournier, F. (1967): Research on soil erosion and soil conservation in Africa. *Afr. soils*, 12, str. 53-96.
8. Gimeno-Garcia, E., Andreu, V., Rubio, J.L. (2000): Changes in organic matter, nitrogen, phosphorus and cations in soil as a result of fire and water erosion in a Mediterranean landscape. *Eur. J. Soil Sci.* 51(2), 201-210, Blackwell Science, England.
9. Herjavec, D. (1963): Knjiga evidencije istraživačkih radova na istraživačkoj plohi 'Zrmanja' Rukopis. Vodoprivreda Zagreb.
10. Herjavec, D., Mikić, V., Turković, B. (1969): Erozijska i nanos sliva rijeke Save. Direkcija za Savu - Zagreb.
11. Kalmeta, V. (1999): Brdo, planina, brijeg. *Ekološki glasnik*, vol. 7/3, str. 37-40, Zagreb.
12. Kirkby, M.J., Le Bissonais, Y.L., Coulthard, T.J., Daroussin J., McMahon, M.D. (2000): The development of land quality indicators for soil degradation by water erosion. *Agric. Ecosyst. & Environ.* 125-136 (special Issue), Elsevier Science, The Netherlands.
13. Kisić, I., Bašić, F., Butorac, A., Nestroy, O., Mesić, M. (2002): Chemical properties of Eroded Soil Material. *J. Agron. Crop Sci.* 188(5), 323-334, Blackwell Verlag, Berlin.
14. Lal, R. (2001): Soil Degradation by erosion. *Land Degrad. Dev.* 12(6), 519-539. John Wiley & Sons, England.
15. Mossiman, T. (1990): Bodenerosion im schweizerischen Mittelland – Ausmas und Gegenmassnahmen, Bericht 51 des nationalen Forschungsprogrammes «Boden», Liebefeld-Bern.
16. Petraš, J. i sur. (1986): Dugoročni plan razvoja vodoprivrede Hrvatske od 1986-2005. Uređenje režima voda – postojeće stanje. Fakultet građevinskih znanosti, Zagreb.
17. Pisa, P.R., Preti, F., Rossi, M., Ventura, F., Mazzanti, B. (1999): Water, soil and chemical losses: Field experiments and model analysis. *Water Sci. Technol.* 39(3), 93-102. Pergamon-Elsevier, England.
18. Schwertmann, U., Vogl, W., Kainz, M. (1987): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, Stuttgart.
19. Sparovek, G., Schnug, E. (2001): Temporal erosion – induced soil degradation and yield loss. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65(5), 1479-1486. SSSA, Madison, USA.

20. Van Der Knijf, J.M., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (2000): Soil Erosion Risk Assessment in Europe, EUR 19044, Ispra, Italy.
21. Wischmeier, W.H., Johnson, C.B., Cross, B.V. (1971): A soil erodibility nomograph for farmland and constructions sites. J. of Soil and Water Cons. 26(5) 189-194.
22. Wischmeier, W.H., Smith, D.D. (1978): A Universal soil-loss equation guide for conservation farm planing. In Int. Congr. Soil Sci., Trans., 7th Int. Soc. Soil Sci., Madison, p. 418-425.
23. Yassoglou, N., Montanarella, L., Govers, G., Van Lynden, G., Jones, R.J.A., Zdruli, P., Kirkby, M., Giordano, A., Le Bissonnais, Y., Daroussin, J., King, D. (1998): Soil Erosion in Europe, European Soil Bureau, Ispra, Italy.
24. ***: Zakon o vodama – Narodne novine, 107/95.

Autori:

Doc.dr.sc. Ivica KISIĆ,

Prof.dr.sc. Ferdo BAŠIĆ,

Prof.dr.sc. Milan MESIĆ,

Zavod za opću proizvodnju bilja, Agronomskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu,
Svetošimunska 25, Zagreb, tel: 01 23 93 814; fax: 01 23 93 981;
email: ikisic@agr.hr; fbasic@agr.hr; mmesic@agr.hr)

Dr.sc. Mijo SABOLIĆ,

Poljodar, J. Jelačića 77, Daruvar (tel: 043 331 304; fax: 043 331 977)



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.22.

Prijedlog optimalizacije piezometarske mreže na slivnom području Grada Zagreba

Renata Kolačević, Višnja Grubišić, Andrea Bačani

SAŽETAK: Na slivnom području Grada Zagreba je u okviru projekta EGPV ("Evidencija i gospodarenje podzemnim vodama") izrađen prijedlog optimalizacije piezometarske mreže za praćenje nivoa i kakvoće podzemnih voda kojim će se racionalizirati broj opažачkih mjesta na način da se utvrdi raspored potencijala

KLJUČNE RIJEČI: optimalizacija piezometarske mreže, zagrebački vodonosni sustav

Piezometer Grid Optimization Proposal for City of Zagreb Catchment

SUMMARY: A proposal for optimization of the piezometer grid for monitoring of the groundwater tables and quality in the City of Zagreb catchment area has been made within the EGPV (Groundwater Resources Recording and Management) project. The proposal focuses on improvement in grid efficiency by determining distribution of potentials for the entire area and better access to the pollutant propagation information.

KEYWORDS: piezometer grid optimization, Zagreb catchment area

1. UVOD

U dugogodišnjem periodu, koji obuhvaća cijelo prošlo stoljeće, prilikom izrade raznih hidrotehničkih i drugih objekata Zagreba, vršena su hidrogeološka, hidrološka i geomehanička istraživanja za potrebe projekata crpilišta, hidroelektrana, glavnih kanala, zaštitnih sustava crpilišta od industrije i saobraćajnica, za sanacije smetlišta itd.

Zbog toga su formirane veće koncentracije istražnih bušotina, dijelom zacijevljene kao pijezometri, u užim zonama takvih objekata. Znatno manje koncentracije pijezometara nalaze se u međuprostorima, dok u rubnim zonama kvartarnog sustava nedostaju.

Zbog rijetke mreže izmjerenih podataka ne mogu se pouzdano odrediti hidroizohipse s implikacijom poteškoća definiranja priljevnih zona, dotoka vode iz rubnih zona u kvartarni sustav, pa i pronosjenje zagađene podzemne vode od poznatih i utvrđenih žarišta površinskog zagađenja tla.

Osim toga na pojedinim kritičnim mjestima dobave pitke vode, danas postojeća pijezometarska mreža, ne može dati egzaktno odgovore na najozbiljnija pitanja, kao što su utvrđivanje utjecaja smetlišta Jakuševac na kakvoću vode crpilišta Petruševac ili

utjecaj zračne luke Pleso na crpilišni kompleks Črnkovec, doseg zagađenja podzemne vode u priobalju nizvodno od ušća GOK-a i dr.

Potrebno je spomenuti, da se stanje podzemnih voda postupno mijenja u odnosu na kakvoću, nažalost u negativnom smislu, a promjene stanja se primjećuju i uslijed eksploatacije podzemnih voda, promjena režima Save uslijed erozije korita rijeke i izgrađenog praga kod Toplane, promjena na rijeci Odri i njenim pritokama, te promjena režima protoka Save na državnoj granici sa Slovenijom uslijed izgradnje lanca slovenskih hidroelektrana uzvodno od Jesenica.

Sve su to bili razlozi pristupanju izradi prijedloga optimalne mreže pijezometara što znači da se sa minimalnim brojem opažачkih mjesta dobije dovoljan broj podataka za pouzdano zaključivanje o stanju razina i kakvoće podzemnih voda. Prijedlog je izrađen u okviru dugogodišnjeg projekta "Evidencija i gospodarenje podzemnim vodama" koji se izvodi u suradnji Hrvatskih voda i Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta iz Zagreba [1].

2. OPTIMALIZACIJA PIEZOMETARSKJE MREŽE

2.1. Metodologija

Metodologija formiranja načelno je jednostavna. Optimalizirana mreža piezometara formirana je prvenstveno od postojećih ispravnih piezometara. Zone koje nisu dovoljno pokrivene, popunjene su evidentiranim piezometrima čije postojanje i ispravnost treba provjeriti na terenu. Zone koje niti na taj način nisu pokrivene, popunjene su nužnim brojem novih piezometara koje treba izraditi.

2.2. Postojeće stanje

U pregledu postojeće piezometarske mreže na prostoru zagrebačkog kvartarnog sustava od državne granice sa Slovenijom do Sesveta i Rugvice (Lekenika) evidentirano je 1160 piezometara (i 563 bunara), što nije konačan broj, jer je dio evidentiranih piezometara onesposobljen ili uništen, a dio još nije uveden u evidenciju zbog nedostatka ili nepristupačnosti podataka. Piezometri su svrstani u dvije osnovne grupe. U prvu grupu spadaju pouzdano ispravni piezometara, čija je ispravnost utvrđena iz dokumentacije mjerenja nivoa i uzimanjem uzoraka za kemijske analize vode u razdoblju od 1995. do 2001. god. Kao izvor podataka upotrebljena je dokumentacija mjerenja-monitoringa DHMZ-a, Gradskog Vodovoda i ZGO-a. Ukupan broj ispravnih piezometara je 647.

Drugu grupu čine piezometri čiju ispravnost ili postojanje treba provjeriti na terenu rekognosciranjem i testiranjem. Tu spadaju piezometri izrađeni i upotrebljeni u razne svrhe; za hidrogeološka, hidrološka, geofizička, hidrokemijska i druga istraživanja u vremenu do 1994. god. Ukupan broj tako određenih piezometara iznosi 374.

2. 3. Formiranje optimalizirane mreže

Analiza postojećeg stanja piezometara na terenu i specifičnih potreba monitoringa je pokazala da postojeća mreža ispravnih piezometara nije dovoljna za formiranje optimalizirane mreže mjerenja nivoa i kakvoće podzemnih voda. Stoga je mreža popunjena piezometrima čiju ispravnost (ev. i postojanje) treba utvrditi na terenu i novim piezometrima koji se trebaju izraditi.

Kod pristupa izradi optimalizirane mreže pijezometra u zagrebačkom kvartanom sustavu, prva ideja je bila izraditi jednu optimaliziranu mrežu za mjerenje nivoa i kontrolu kakvoće podzemne vode. Međutim, pokazalo se je, obzirom na opće kriterije i postavljene ciljeve potrebnim izraditi dvije komplementarne mreže, jedna za mjerenje nivoa podzemnih voda, a druga za kontrolu kakvoće podzemnih voda. Naime, piezometarska mreža za mjerenje nivoa mora omogućavati izradu pouzdanih karata hidroizohipsi, a mreža za mjerenje kakvoće mora omogućiti kontrolu priljevni zona postojećih crpilišta, širu zonu crpilišta Črnkovec, kao najvrednijeg područja dobave pitke vode Zagrebu u budućnosti, te specifično kontrolu utjecaja smetlišta Jakuševac na postojeća crpilišta i nizvodnu zonu Črnkovca. Osim toga, u mrežu za mjerenje kakvoće ne mogu biti uvršteni pijezometri snabdjeveni s limnigrafima, zbog komplicirane demontaže uređaja te ponovne montaže limnigrafa.

S obzirom na postavljene kriterije optimalizirana mreža pijezometara za mjerenje nivoa podzemne vode (slika 1) obuhvaća:

	ZONA ZAPAD Sutla-Podsused	ZONA ISTOK Podsused-Rugvica	UKUPNO
pouzdana ispravni pijezometari	64	129	193
pijezometri za provjeru	11	11	22
novi pijezometri	18	41	59
UKUPNO:	93	181	274

Optimalizirana mreža pijezometara za kontrolu kakvoće podzemnih voda prikazana je na slici 2. Ona obuhvaća:

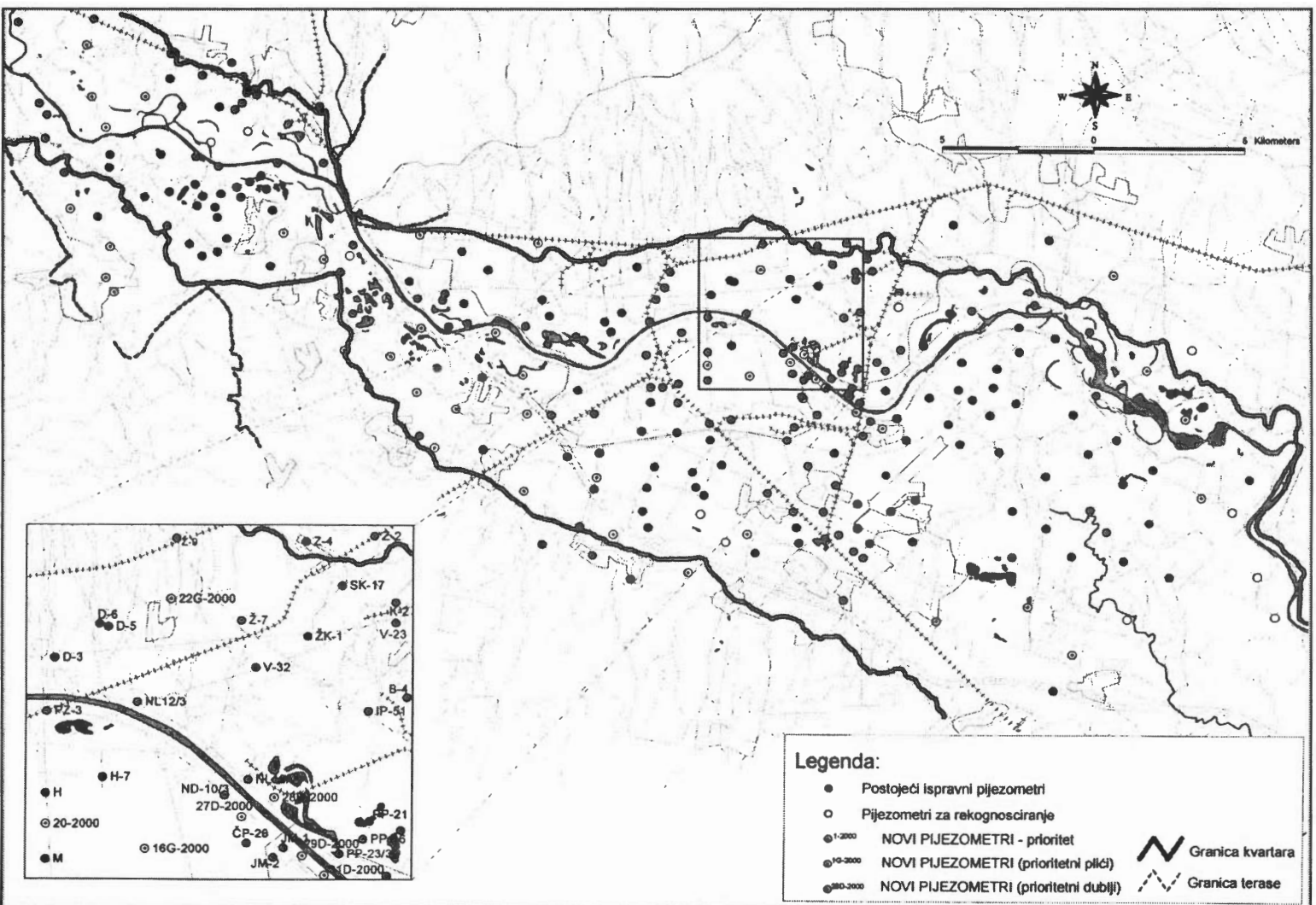
	ZONA ZAPAD Sutla-Podsused	ZONA ISTOK Podsused-Rugvica	UKUPNO
pouzdana ispravni pijezometari	37	235	272
pijezometri za provjeru	3	8	11
novi pijezometri*	8	33	41
UKUPNO:	48	276	324

* uključena izrada u mreži za mjerenje nivoa

Za sve pijezometre (uključivo i nove) definirane su koordinate (X,Y,Z) i dubina bušenja. Konačna optimalizirana pijezometarska mreža izraditi će se po izvršenim terenskim rekognosciranjima, testiranju i osposobljenju grupe odabranih pijezometara koji su bili u upotrebi do 1995 god. te nakon izrade novih pijezometara.

U optimaliziranu mrežu, uključene su i vodomjerne postaje, najprije postojeći ispravni objekti, a u konačnici postojeće, reaktivirane i novoizrađene vodomjerne postaje na Savi, vodotocima i jezerima. Postojeće postaje na Savi relevantne za stanje razina podzemnih voda su: Jesenice I (na slovenskom teritoriju), Jesenice II (na hrvatskoj strani), Otok, Medsave, HE Podsused, Podsused, Bundek, TE-TO srednja voda, Jakuševac I, Jakuševac II, Kosnica i Rugvica. Potrebno je uspostaviti vodomjernu postaju gornje vode TE-TO, koja bi bila u nadležnosti DHMZ, što je bitno za studije ne samo podzemne vode nego i djelovanje uspora na korito Save, eventualna taloženja i kolmataciju korita. Formirani uspor od pregrade TE-TO, podudara se s repom budućeg akumulacijskog bazena HE Drenje i predstavlja postojeći model u mjerilu 1:1 za korištenje uređenja i energetskog iskorištenja Save i savskog koridora.

Utjecaj vodotoka Bregana, Gradna, Rakovica, Gorjak i Lužnica, te ušća Sutle i Krapine u zapadnoj zoni sustava, te Odre s pritokama u istočnoj zoni treba tek ustanoviti, jer korespondencija nivoa podzemne vode i stanja vodostaja u tim vodotocima nije sustavno ispitivana.



Slika 2. Optimalizirana mreža za praćenje kakvoće podzemne vode

U šljunčarama, od kojih su neke formirane kao jezera za rekreaciju, vodostaji korespondiraju s podzemnom vodom, pa je stoga na njima potrebno postaviti barem vodomjerne letve.

3. ZAKLJUČAK

Optimalizirana mreža pijezometara na području kvartarnog vodonosnog sustava Zagreba predstavlja minimalni broj opažaćkih mjesta formiranih od postojećih i tamo gdje je nužno od novih pijezometara potrebnih za:

- utvrđivanje stanja i strujanja podzemnih voda tj. izradu što pouzdanijih karata hidroizohipsi,
- određivanje podzemnog dotoka iz rubnih područja u zagrebački vodonosni sustav,
- određivanje interakcija elemenata koje formiraju stanje i kakvoću podzemne vode,
- određivanje dovoljno informativne situacije kakvoće podzemnih voda na cijelom području kvartarnog sustava.

Optimalizacijom pijezometarske mreže, s dopunom mjerenja voda tekućica, Save i stajaćih voda te praćenjem kakvoće podzemnih voda uz vremenski definiran monitoring, stavit će se podzemna voda pod pouzdanu kontrolu i dobiti **izmjereni** podaci za studije i projekte eksploatacije i zaštite podzemnih voda.

4. LITERATURA:

Miletić, P. & Bačani, A. (*voditelji*) 2000: Projekt "Evidencija i gospodarenje podzemnim vodama", modul "Korekcija mreže mjerenja razina podzemnih voda te uzimanja uzoraka podzemne vode za kemijske analize, izrada pilot podloga moguće efikasne zaštite gradskih crpilišta na primjeru Male Mlake", knjiga 1, 1-49, Fond stručnih dokumenata Hrvatskih voda. [1]

Autori:

Renata Kolačević, dipl. ing. geol., Hrvatske vode, VGO za slivno područje grada Zagreba,
Ul. grada Vukovara 220, Zagreb

Višnja Grubišić, dipl. ing. biol. Hrvatske vode, VGO za slivno područje grada Zagreba,
Ul. grada Vukovara 220, Zagreb

Prof. dr. Andrea Bačani, dipl. ing. geol., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6,
Zagreb



Rad 2.23.

Oceanografska istraživanja za potrebe «Integralnog projekta zaštite Kaštelanskog zaljeva - kanalizacijski sustav Kaštela - Trogir»

**Nenad Leder, Vlado Dadić, Branka Grbec, Hrvoje Mihanović,
Petar Reić, Ante Smirčić, Ivica Vilibić**

SAŽETAK: Na osnovi mjerenja meteoroloških i oceanografskih parametara u okviru «Integralnog projekta zaštite Kaštelanskog zaljeva» prikazana su fizikalna svojstva mora u akvatoriju Splitskog kanala. Mjerenja su obuhvatila meteorološke parametre mjerene na postaji Punta Jurana, te termohalina svojstva i morske struje na velikom broju postaja u ljetnom (srpanj-rujan 2001) i proljetnom (travanj-lipanj 2002) razdoblju. Naglasak je dan na ljetno razdoblje, kada se očekuje maksimalno opterećenje otpadnim vodama. Glavno obilježje u ljetnom razdoblju jest izrazita vertikalna stratificiranost mora koja ne dozvoljava uzdizanje zagađivala na površinu, te baroklino dužobalno strujanje, jače u površinskom a slabije u pridnom sloju. Na osnovi ukupnih dinamičkih svojstava istraživnog akvatorija, preporučuje se postaviti ispust otpadnih voda na 2400 m od obale, jer je na tom području zabilježen najmanji udio struja usmjerenih prema obali.

KLJUČNE RIJEČI: podmorski ispust otpadnih voda, morske struje, termohalina svojstva

Oceanographic Research for the Project «Integral Environmental Protection of Kaštela Bay – Sewerage System Kaštela-Trogir»

SUMMARY: The paper encompasses sea properties in the area of Split Channel, based on the measurements of meteorological and oceanographic parameters performed within the Integral Environmental Protection of Kaštela Bay Project. The measurements comprised meteorological data collected at the Punta Jurana station, and thermohaline properties and currents measured at large number of stations during summer (July-September 2001) and spring (April-June 2002) seasons. Emphasis is laid on the summer season, when maximum pollutant loading is expected to occur. Major characteristics in that period are strong vertical stratification which prevents rising of the pollutants to the surface, and baroclinic alongshore currents, stronger at the surface and weaker near the bottom. In respect to overall dynamic characteristics of the investigated sea area, it is recommended to place the wastewater outfall at about 2400 m from the shore, as the minimum percentage of shore-directed currents is measured at that location.

KEYWORDS: submarine sewage outfall, currents, thermohaline properties

1. UVOD

Zagađenje priobalnog akvatorija industrijskim i urbanim otpadnim vodama u području između Trogira i Stobreča dugogodišnji je problem. Najveća devastacija morskog okoliša dogodila se u istočnom dijelu Kaštelanskog zaljeva i u splitskoj gradskoj luci.

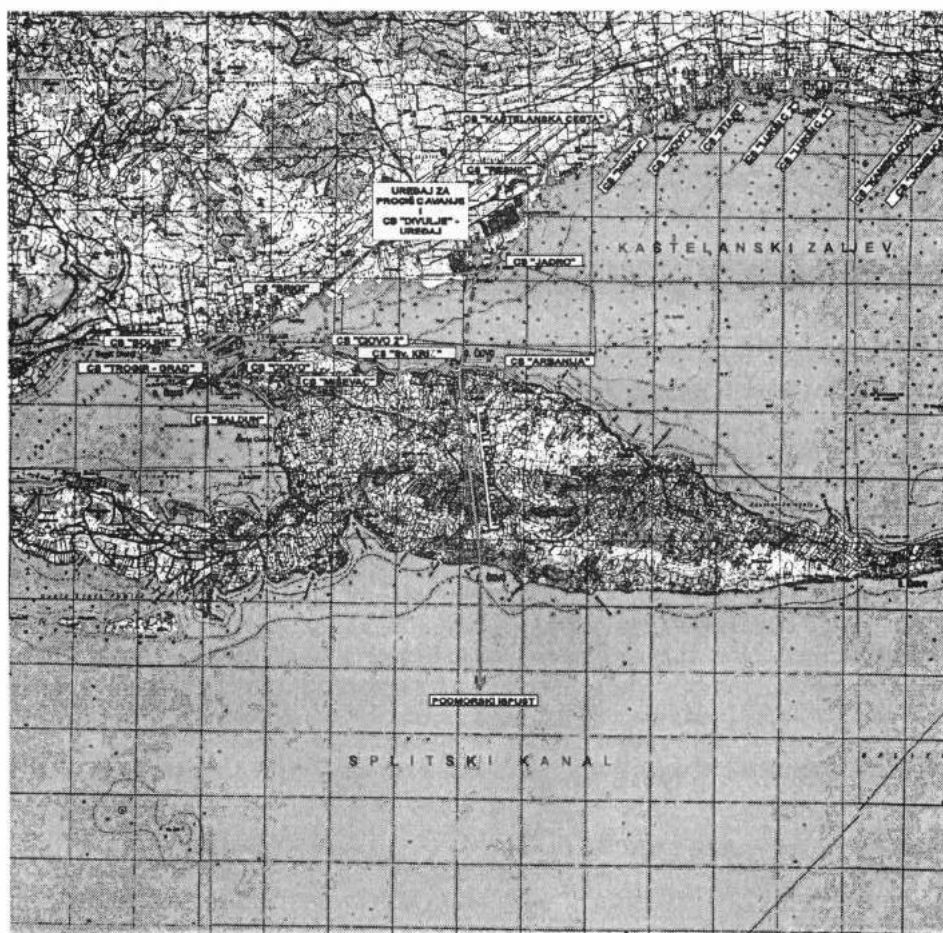
Rješenje ovog problema nastojalo se pronaći u nekoliko navrata, ali je tek osnivanje «Agencije EKO-Kaštelanski zaljev» i definiranje «Integralnog projekta zaštite Kaštelanskog zaljeva» omogućilo da se ostvare realne pretpostavke konačnog rješenja odvodnje, pročišćavanja i dispozicije otpadnih voda.

Cjelokupni «Integralni projekt zaštite Kaštelanskog zaljeva» podijeljen je na nekoliko podprojekata, od kojih je kanalizacijski sustav Kaštela-Trogir jedan od većih (slika 1). Kanalizacijski sustav Kaštela-Trogir je projektiran za prihvatanje fekalnih otpadnih voda oko 38.000 (158.000) stanovnika i turista 2010. (2025) godine, te industrijskih otpadnih voda [1].

S obzirom na složenost projekta, razmatrano je 20 varijanti rješenja cjelokupnog sustava. Uzimajući u obzir ukupne troškove izgradnje i pogonske troškove, etapnost izgradnje, priključenje korisnika, sagledive utjecaje na okoliš i imovinsko pravne probleme, odabrana je varijanta 10 [1] (slika 1).

Budući da je morski okoliš prirodno najprihvatljiviji prijemnik otpadnih voda u priobalnim područjima, kompleksna oceanografska istraživanja predstavljaju sastavni dio svakog ozbiljnijeg projekta javne odvodnje otpadnih voda.

U ovom radu će se prikazati samo neki rezultati fizičko-oceanografskih istraživačkih



Slika 1. Idejno rješenje projekta kanalizacijskog sustava Kaštela-Trogir.

radova (zbog velike količine mjerenih parametara) u akvatoriju Splitskog kanala, koja su obavljena u vremenskim razdobljima: srpanj-rujan 2001. i travanj-lipanj 2002. godine [2]. Pri tom će naglasak prvenstveno biti na ljetnoj sezoni, kada se očekuje maksimalno opterećenje sustava otpadnim vodama.

Cilj oceanografskih istraživanja bio je utvrditi kakvoću mora u akvatoriju Splitskog kanala, odrediti optimalnu duljinu podmorskog ispusta otpadnih voda, te procijeniti mogući utjecaj na okoliš za vrijeme rada kanalizacijskog sustava Kaštela-Trogir.

2. OPIS MJERENJA

Temperatura, slanost i gustoća mora mjerene su na 34 postaje, a morske struje na 5 postaja (2, 13, 14, 15 i 26) u širem akvatoriju predviđene trase podmorskog ispusta otpadnih voda (slika 2) u vremenskim razdobljima: srpanj-rujan 2001. i travanj-lipanj 2002. godine. Termohalina svojstva su se mjerila u vremenskim razmacima od oko 15 dana dvjema multisoninama visoke točnosti (SEABIRD i IDRONAUT). Mjerenja morskih struja obavljena su na postaji 2 na dubinama 2 m i 53 m, postaji 13 na dubinama 4 m i 45 m, postaji 14 na dubinama 2 m, 15 m, 35 m i 51 m, postaji 15 na dubinama 5 m, 20 m, 30 m, 40 m i 50 m, te na postaji 26 na dubinama 4 m i 49 m. Pri tom su na postajama 13 i 15 upotrebljavani ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) strujomjeri tvrtke RDI, a na ostalim postajama elektronički strujomjeri RCM 7 tvrtke AANDERAA. Važno je naglasiti da se postaje 13, 14 i 15 nalaze na predviđenoj trasi podmorskog ispusta otpadnih voda (slike 1 i 2). Strujomjerne stanice su bile usidrene na udaljenosti 800 m (13), 1800 m (14) i 2400 m (15) od obale.

Za vrijeme oceanografskih mjerenja obavljana su i meteorološka mjerenja na postaji «Punta Jurana» čiji su podaci dostupni na web stranicama Instituta za oceanografiju i ribarstvo (www.izor.hr).

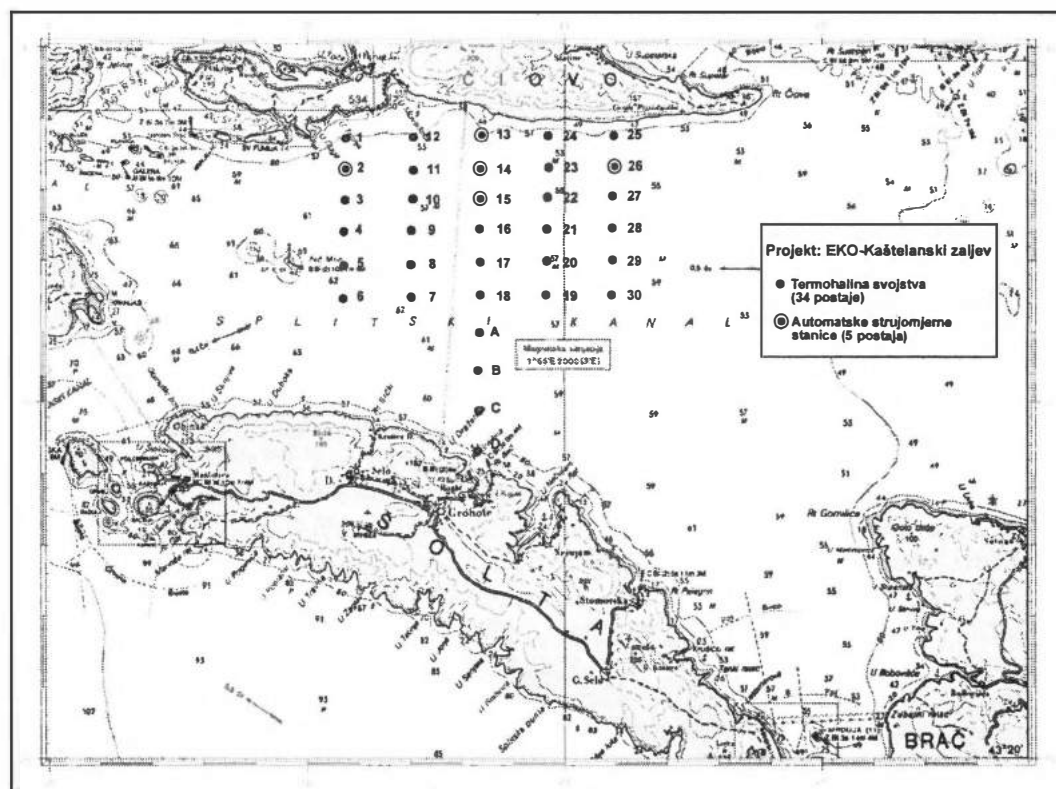
3. REZULTATI

3.1 Meteorološki parametri

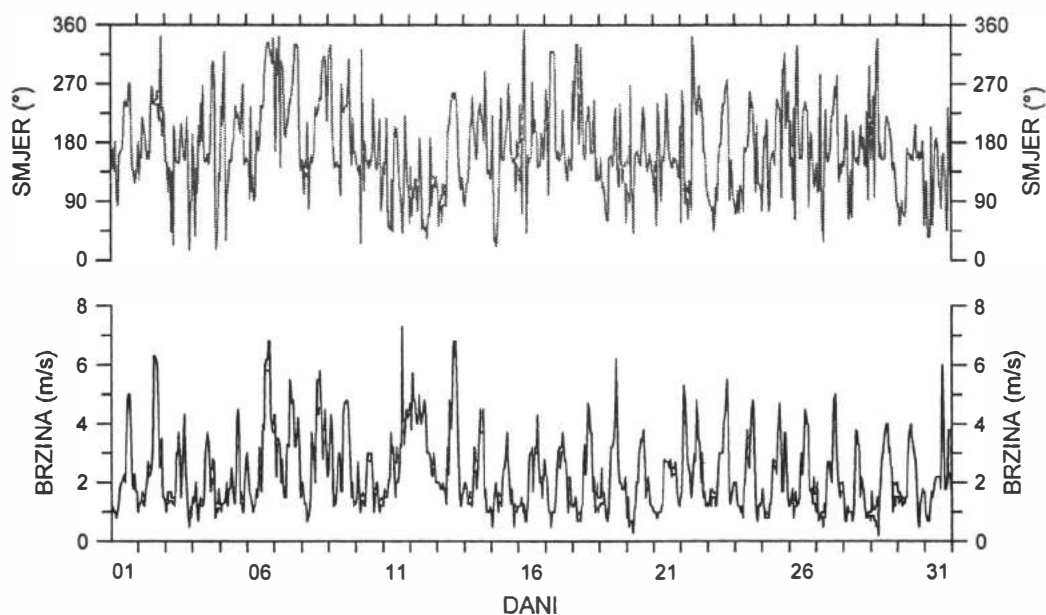
Općenito je 2001. godina u Republici Hrvatskoj po klimatskim karakteristikama bila toplija od višegodišnjeg prosjeka (1961-1990). Područje od Splita do Dubrovnika bilo je vrlo toplo. S obzirom na količinu oborina, godina je bila kišovita (studen je bio najkišovitiji mjesec). Godišnja količina isparavanja od 2.23 mm/dan ne odstupa od višegodišnjeg prosjeka [3], osim za mjesec srpanj kada su odstupanja bila znatna zbog izrazito zagrijane atmosfere.

U srpnju i kolovozu 2001. godine u području istraživanja prevladavalo je sunčano i toplo vrijeme, s povremenim frontalnim prodorima koji su uzrokovali kratkotrajne promjene vremena (17, 20. i 21. srpnja, 7, 8, 11. i 31. kolovoza). Do sredine rujna (do kada su trajala oceanografska mjerenja) prevladavalo je nestabilno vrijeme, s mnogobrojnim izmjenama ciklona i anticiklona.

Promjene smjera i brzine vjetrova od velike su važnosti za sve procese koji se događaju u moru. Na slici 3 prikazane su, kao tipične za ljetno razdoblje, satne vrijednosti smjera i brzine vjetrova tijekom kolovoza 2001. godine na meteorološko-oceanografskoj postaji «Punta Jurana». Prevladavala je obalna cirkulacija koja je bila poremećena prodorom ciklona (uz vrlo jaku buru i sjeverozapadnjak) 7. i 8. kolovoza, odnosno 11. kolovoza, vezano uz ciklonu nad Genovskim zaljevom. Epizode bure izazvale su jako zapadno strujanje.



Slika 2. Shema oceanografskih postaja na kojima su mjerena termohalina svojstva i morske struje.



Slika 3. Satne vrijednosti brzine i smjera vjetra tijekom kolovoza 2001. godine na meteorološko-oceanografskoj postaji «Punta Jurana».

3.2 Termohalina svojstva

Za potrebe lociranja ispusta otpadnih voda potrebno je poznavati stabilnost stupca morske vode. Stabilnost vodenog stupca se određuje iz izraza $N(z)$ (Brunt-Väisälä frekvencija) koji predstavlja frekvenciju oscilacija čestica oko ravnotežnog položaja u vertikalnom smjeru [4]:

$$N(z) = \left(-\frac{g}{\rho} \frac{d\rho}{dz} \right)^{1/2}$$

gdje je g ubrzanje sile teže, a $\rho(z)$ je vertikalni profil gustoće.

Izraz uključuje i promjenu gustoće mora s dubinom, a kako je gustoća funkcija temperature, slanosti i dubine, potrebno je poznavati vertikalnu razdiobu temperature i slanosti. Općenito se može reći da je stabilnost veća što je veći vertikalni gradijent gustoće mora. Stoga je stabilnost najveća u ljetnom razdoblju, kada je u vodenom stupcu prisutna naglašena negativna termoklina, te je utjecaj vertikalne promjene temperature na vertikalnu razdiobu gustoće značajniji od utjecaja slanosti. Piknoklina sprječava vertikalna gibanja u moru, te ju je za potrebe lociranja ispusta otpadnih voda nužno dobro istražiti.

Vertikalna razdioba termohalinih svojstava uzduž cijelog profila u Splitskom kanalu na kojem se nalazi trasa podmorskog ispusta otpadnih voda (od uvale Orlica na Čiovu do uvale Rogač na Šolti) prikazana je na slici 4 za početak kolovoza 2001. godine. Gustoća mora je prikazana preko vrijednosti sigma-t (što je uobičajeno u oceanografiji). Piknoklina je vrlo intenzivna u sloju između 10 m i 30 m, kao posljedica razvijene termokline. Vertikalne promjene slanosti mora su vrlo male, osim u obalnom području Čiova, zbog dotoka slatke vode s kopna i vrulja. Vertikalna stabilnost u stupcu morske vode zabilježena je i u rujnu 2001. godine (slika 5).

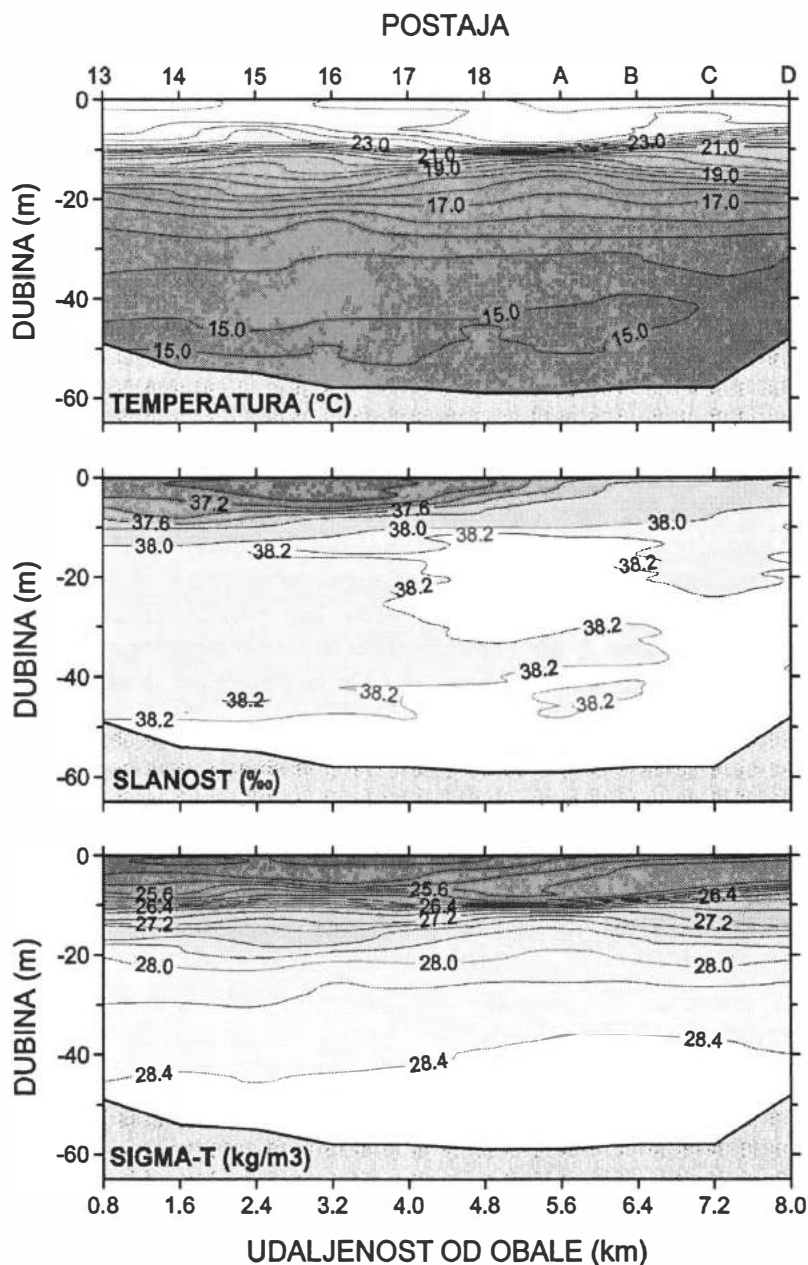
3.3 Dinamika vodenih masa

Analizirane su značajke morskih struja izmjerene na postajama 2, 13, 14, 15 i 26 u vremenskom razdoblju od 23. srpnja do 3. rujna 2001. godine (slika 2). Postaje 13, 14 i 15 su se nalazile na predviđenoj trasi podmorskog ispusta otpadnih voda, a mjerenja na postajama 2 i 26 su se obavila da bi se analizirale prostorne razlike značajki morskih struja.

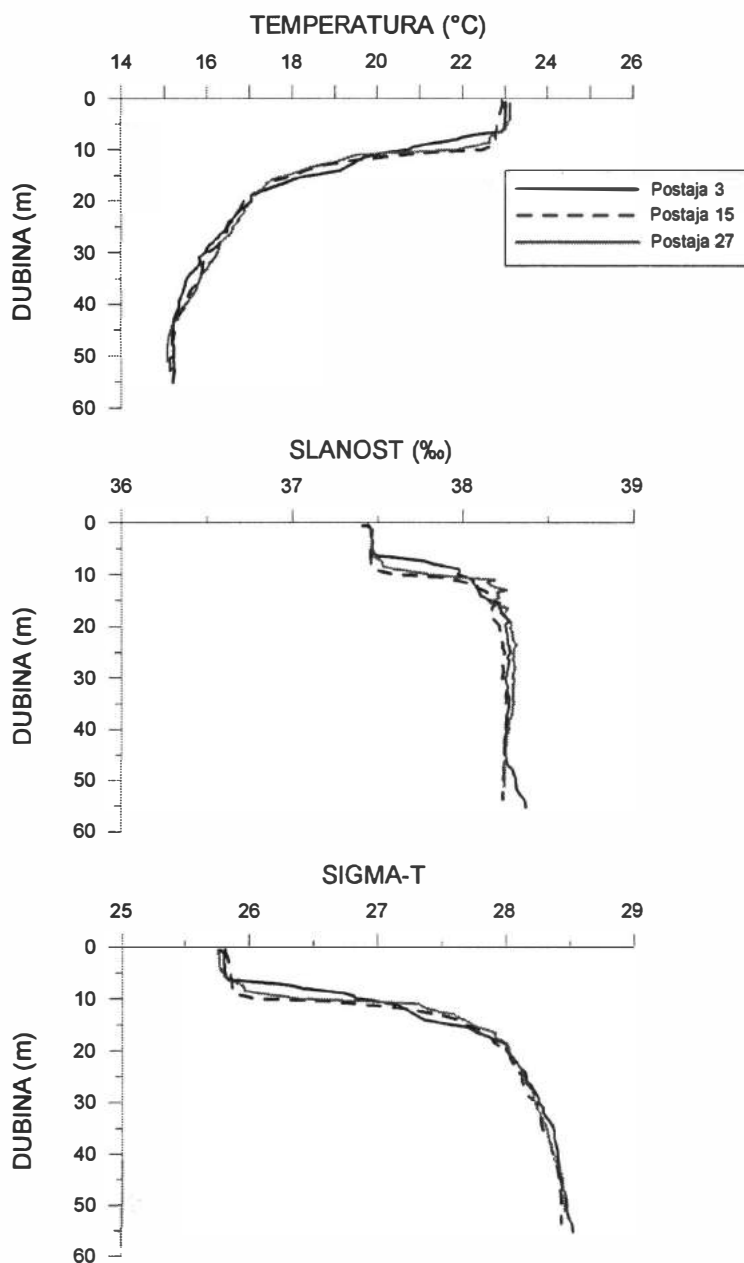
Interpretacija rezultata mjerenja struja je ponajprije obavljena koristeći osnovnu statističku analizu, te analizu ruža vektora struja. Nadalje, korištena je analiza dnevnih vektorskih srednjaka, pomoću koje su dobijene udaljenosti koje eventualno onečišćenje može prijeći tijekom jednog dana. Zatim su podaci podvrgnuti spektralnoj analizi koja opisuje razdiobu energije strujanja po pojedinim periodima i frekvencijama. Naposljetku su računate niskoperiodičke komponente struja (periodi veći od jednog dana), jer su obično najveće energije strujanja upravo na tim periodima.

Maksimalne izmjerene brzine struja variraju od 40 do 70 cm/s u površinskom sloju, dok u pridnenom sloju iznose od 15 do 17 cm/s. Rezultantno strujanje je uglavnom usmjereno prema zapadu, sa višom promjenjivošću (manjim faktorom stabilnosti) u pridnenom sloju postaja 13, 14 i 15, te u površinskom sloju postaja 2 i 26. Analizom srednjih satnih

vrijednosti uočljiv je utjecaj vjetrova poglavito na površinsko strujanje, te se tako maksimalne brzine struja javljaju pod utjecajem bure koja je puhala u razdoblju od 11. do 13. kolovoza (slika 6). Istovremeno, u pridnom sloju se uočava slaba protustruja, što upućuje na dominantno baroklino strujanje, koje je posljedica vertikalne stratifikacije u cijelom području, uobičajene za ljetno razdoblje. Osim vjetrovnog utjecaja, zapaža se i utjecaj plimotvorne sile, koja dnevno uzrokuje promjenu brzine struje oko 10 cm/s.



Slika 4. Vertikalna razdioba termohalinih svojstava uzduž N-S profila početkom kolovoza 2001. godine.

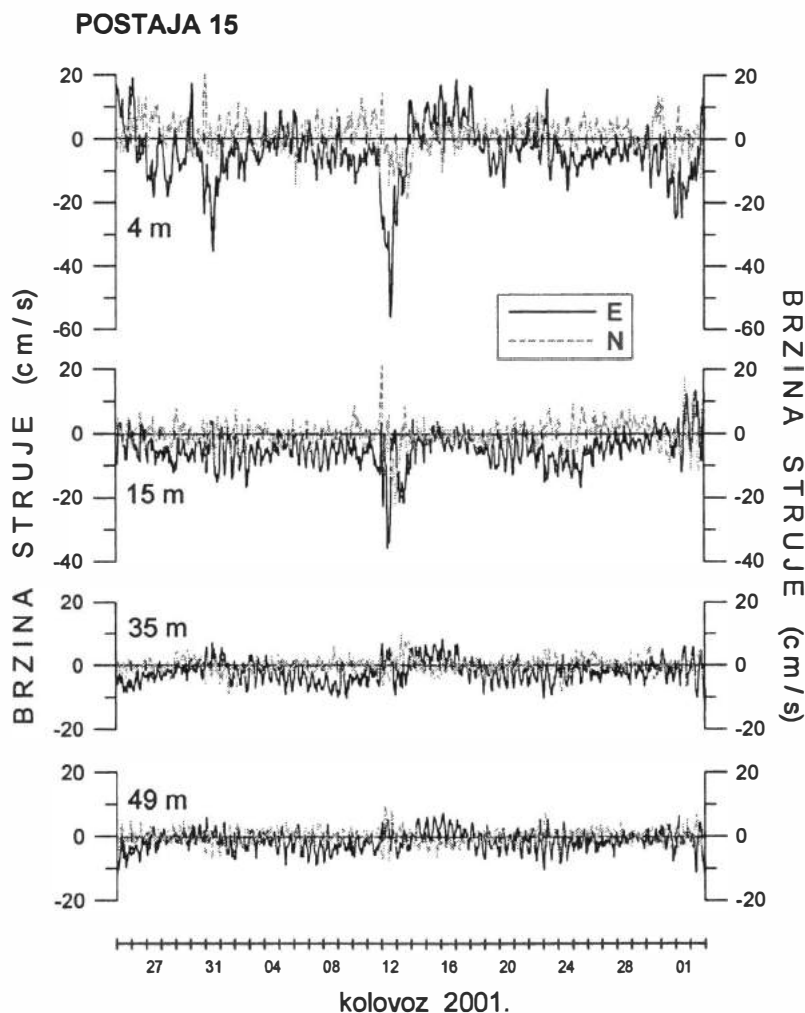


Slika 5. Vertikalna razdioba termohalinih svojstava na postajama 03, 15 i 27, početkom rujna 2001. godine.

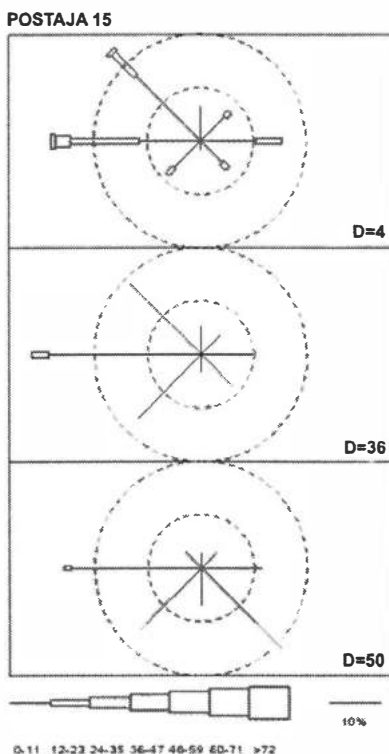
Analizom dnevnih srednjih struja moguće je procijeniti dnevni prijeđeni put eventualnog zagađenja. Tako u površinskom sloju on iznosi od 13.8 km na postaji 2 do 38.9 km na postaji 26. U pridnenom sloju ove vrijednosti se kreću od 5.2 km na postaji 15 do 6.5 km na postaji 26. Širenje eventualnog zagađenja je usmjereno uzduž obale, dok su iznosi komponenti strujanja prema obali vrlo mali. Pri tome udio struja koje su usmjerene prema obali iznosi 25 % na postaji 13, 15 % na 14, 11% na 15, 14% na 26 te 30% na 2.

Obzirom da su brzine ovih struja male (slika 7), može se zaključiti da je pozicija postaje 15 najpovoljnija za postavljanje difuzora podmorskog ispusta otpadnih voda, te da će se na taj način eventualna zagađenja obalnog pojasa svesti na minimum.

Spektri snage pokazuju da najveće energije osciliranja strujnog polja potječu od sinoptičkih poremećaja. Naime, upravo u tom frekvencijskom području se nalaze najveće energije, dok su na plimnim oscilacijama one nešto manje, ali također značajne. Energije su najveće u površinskom sloju, dok s dubinom opadaju. Najjače struje uzrokovane atmosferskim djelovanjem na sinoptičkoj skali su se javile 11-13. kolovoza (slika 6), kada su u površinskom sloju postaje 26 zabilježene niskoperiodične struje brzine i preko 50 cm/s, dok su na ostalim postajama iznosila od 15 do 35 cm/s. Istovremeno, u pridnenom sloju niskoperiodične struje nisu prelazile 7 cm/s na svim postajama, pa se može zaključiti da ljetni atmosferski poremećaji vrlo slabo djeluju na pridneno strujno polje u istraživanom akvatoriju.



Slika 6. Vremenski nizovi satnih vrijednosti E i N komponente struja na postaji 15 u razdoblju srpanj/rujan 2001. godine.



Slika 7. Ruža struja na postaji 15 u razdoblju srpanj/rujan 2001.

4. ZAKLJUČCI

Kanalizacijski sustav Kaštela-Trogir, kao podprojekt «Integralnog projekta zaštite Kaštelanskog zaljeva», je projektiran za prihvaćanje fekalnih otpadnih voda oko 53.000 (75.000) stanovnika i turista 2010. (2025.) godine, te industrijskih otpadnih voda.

Idejnim projektom (varijanta 10) predviđeno je da sve otpadne vode, nakon pročišćavanja na uređajima Duilovo i Orlice, budu ispuštene dugim podmorskim ispustom u akvatorij Splitskog kanala.

Na osnovi Zakona o zaštiti okoliša [5] bilo je potrebno obaviti dugotrajna kompleksna oceanografska istraživanja kojima bi se utvrdila kakvoća mora u Splitskom kanalu, odredila optimalna duljina podmorskog ispusta otpadnih voda [6], te procijenio mogući utjecaj na okoliš za vrijeme rada kanalizacijskog sustava Kaštela-Trogir.

Analizom rezultata oceanografskih istraživanja preporuča se investitorima da se ispust otpadnih voda postavi na poziciji postaje 15 koja se nalazi na udaljenosti 2400 m od obale, zbog najmanjeg postotka struja usmjerenih prema obali. Vrlo je mala vjerojatnost da će otpadne vode s ove lokacije doći u obalno područje otoka Čiova s obzirom da je brzina struja od spomenute postaje prema obali izrazito mala. Osim toga, jaka sezonska piknoklina sprječava da otpadne vode dođu do površine mora u najopterećenijem turističkom razdoblju (srpanj-rujan).

Na kraju, može se zaključiti da će se izgradnjom kanalizacijskog sustava «Kaštela-Trogir» riješiti problem zagađenosti Kaštelanskog zaljeva, koji je godinama predstavljao ekološku crnu točku na jadranskoj obali.

LITERATURA

1. Ivanović, M. i sur. (2002): *Studija o utjecaju na okoliš kanalizacijskog sustava Kaštela – Trogir*. Rijeka, lipanj 2002.
2. Krstulović, N. i sur. (2002): *Istraživanje mora za potrebe projektiranja podmorskog ispusta za I. fazu realizacije kanalizacijskog sustava Kaštela-Trogir*. Institut za oceanografiju i ribarstvo u suradnji sa Hrvatskim hidrografskim institutom, prosinac 2002.
3. Grbec, B., Beg Paklar, G., Morović, M. (1997): *On the evaporation problem over the Adriatic Sea*. Acta Adriatica, 38 (2), 69-77.
4. Knauss, J.A. (1978): *Introduction to physical oceanography*. Prentice-Hall Inc.
5. Zakon o zaštiti okoliša, NN 82/94, 128/99.
6. Smirčić, A., Gržetić, Z., Leder, N., Petričević, B. (2002): *Hidrografsko-geološki i oceanografski istraživački radovi u hidrotehničkim projektima na moru i priobalju*. Zbornik radova «Urbana hidrologija», Hrvatsko hidrološko društvo, Hrvatske vode, EKO Kaštelanski zaljev, Vodovod i kanalizacija, Split, 25. i 26. travnja 2002, 183-195.

Autori:

mr.sc.Nenad Leder, Hrvatski hidrografski institut, 21000 Split, Zrinsko-Frankopanska 161, Tel. +385 21 361840, fax. +385 21 347242, e-mail: nenad.leder@hhi.hr

dr.sc. Vlado Dadić, Institut za oceanografiju i ribarstvo, 21000 Split, Šetalište I. Meštrovića 63

dr.sc.Branka Grbec, Institut za oceanografiju i ribarstvo, 21000 Split, Šetalište I. Meštrovića 63

dipl.inž. Hrvoje Mihanović, Hrvatski hidrografski institut, 21000 Split, Zrinsko-Frankopanska 161

dr.sc. Petar Reić, Agencija «EKO-Kaštelanski zaljev», 21000 Split, Dražanac 70

dr.sc. Ante Smirčić, Hrvatski hidrografski institut, 21000 Split, Zrinsko-Frankopanska 161

dr.sc. Ivica Vilibić, Hrvatski hidrografski institut, 21000 Split, Zrinsko-Frankopanska 161



Rad 2.24.

Modelsko istraživanje rešetke na ulaznoj građevini

Goran Lončar, Goran Gjetvaj, Vladimir Andročec

SAŽETAK: Na prelaznim dionicama iz otvorenih vodotoka u cijevni sustav pod tlakom kao što su temeljni ispusti retencija ili mjesta ulijevanja vodotoka u zatvorenu kanalizacijsku mrežu postavljaju se rešetke. Osnovni cilj rešetke je da zadržava krutu mehaničku fazu toka koja bi mogla uzrokovati bitno smanjenje propusne moći kanalizacijske mreže ili temeljnog ispusta na retencijama. Željena uloga rešetki biti će ostvarena samo ukoliko zadržavanje krute faze ne uzrokuje naglo začepljenje i bitno smanjenje propusnosti te ako je njezino čišćenje jednostavno. U ovom radu daju se rezultati komparativnih hidrauličkih modelskih istraživanja dva najčešća oblika rešetki na ulaznim građevinama retencija: kavezna rešetka i jednoplošna rešetka. Kriteriji usporedbe su hidraulička propusnost i pouzdanost.

KLJUČNE RIJEČI: Rešetke, prelazna građevina, modelska istraživanja, propusnost, pouzdanost

Model Investigation of Trash Racks on Inlet Structure

SUMMARY: Trash racks are built in transitions between an open channel and pressurized pipelines, like retention bottom outlets or stream inlets into city sewers. The trash racks are basically intended to prevent intrusion of coarse load, which could decrease conductivity of downstream sewer or retention bottom outlets. This aim will be achieved only if the load stopped on trash racks does not cause rapid clogging or conductivity decrease, and if maintenance is simple. Comparative hydraulic model investigation conducted on two most frequently used inlet structure trash rack designs is presented in this paper, i.e. a three-dimensional trash rack and screen rack. Criteria of comparison are hydraulic conductivity and reliability.

KEYWORDS: Trash racks, inlet structure, model investigation, hydraulic conductivity and reliability

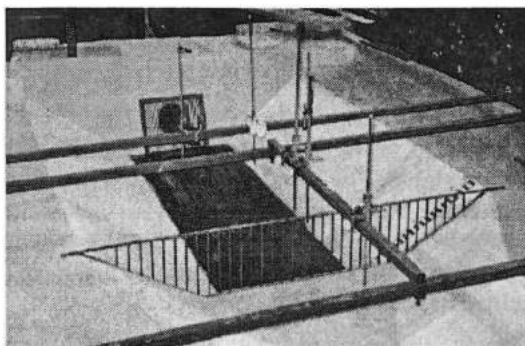
1. UVOD

Gradovi su često smješteni na obroncima ili u podnožju planinskog masiva. Za vrijeme intenzivnih oborina formiraju se bujični tokovi velikih protoka koji ugrožavaju nizinsko naseljeno područje poplavlivanjem. Dimenzioniranje kanalizacijske mreže naselja za prihvrat maksimalnih tokova rezultirao bi sa velikim dimenzijama kanalizacijske mreže. Iskoristivost kapaciteta takve kanalizacijske mreže osim u slučaju vrlo intenzivnih oborina bila bi vrlo niska i neekonomična. Iz navedenih razloga bujični se dotoci često prihvaćaju u retencije pomoću kojih se transformira vodni val i upušta u nizvodnu kanalizacijsku mrežu sa znatno manjim protocima. Na taj način se zaštićuje nizinsko područje od poplave a kanalizacija se može projektirati sa znatno manjim dimenzijama. Na izgrađenim retencijama kao problem uočena je pojava začepljenja rešetki na ulazima temeljnih ispusta sa tvarima i predmetima koje su donešene bujičnim dotocima (krutom fazom toka). Time se smanjuje propusnost i

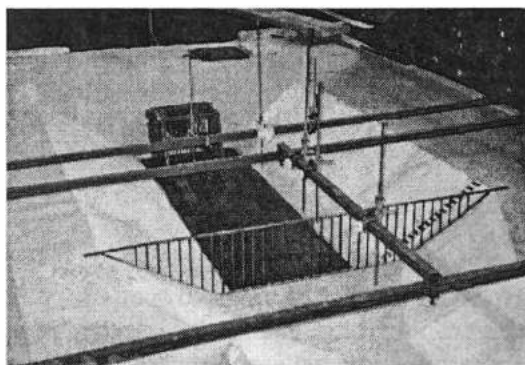
pouzdanost rada temeljnog ispusta. Također je primjećeno da se na izgrađenim objektima retencija pojavljuje cijeli spektar različitih oblika rešetki od kojih su najčešći oblici jednoplošne i kavezne rešetke. U ovom radu dani su rezultati komparativnih modelskih hidrauličkih ispitivanja povoljnosti ova dva tipa rešetki obzirom na kriterij hidrauličke propusnosti i kriterija pouzdanosti, gdje je pouzdanost shvaćena kao mogućnost kontinuiranog rada rešetke bez naglog začepljenja i bitnog smanjenja propusnosti u kratkom vremenskom razdoblju.

2. HIDRAULIČKI MODEL

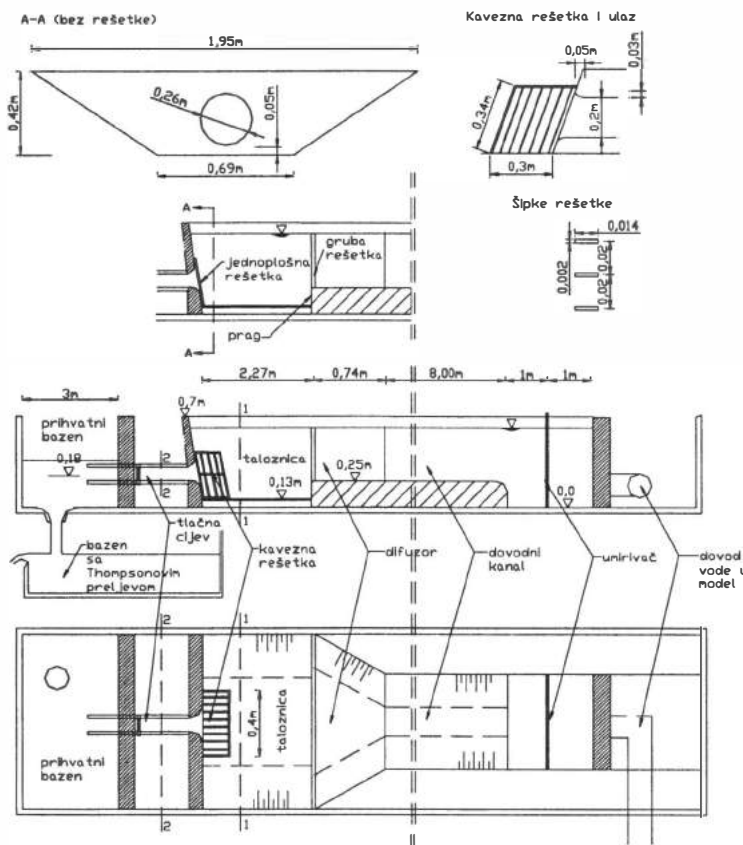
Model standardne ulazne građevine izveden je u prostorijama Hidrotehničkog laboratorija Građevinskog fakulteta u Zagrebu. Model je izveden po kriteriju Froude-ove sličnosti u mjerilu 1:5. Reynolds-ovi brojevi strujanja na modelu Re_m postižu vrijednosti $Re_m > 3 \cdot 10^4$, gdje je $3 \cdot 10^4$ minimalni Reynolds-ov broj potreban za kvalitetnu reprodukciju prototipnog turbulentnog strujanja u okviru modelskih istraživanja (Zeghzda, 1978). Nadalje, uvjet za modelsku sličnost rešetke $Re_{rešetke,m} > 1000$ (Kobus, 1980) zadovoljen je budući da Reynolds-ov broj za rešetku na modelu $Re_{rešetke,m} = 1330$. Odabranim mjerilom osigurana je i neporemećenost strujnih linija na modelu. To se očituje kroz poštivanje uvjeta $[R_m/k_m > 5]_{MIN}$ (Novak, Čabelka 1981) gdje je R_m hidraulički radijus na modelu a k_m hrapavost na modelu. Na modelu se ostvaruje $R_m/k_m = 165$. Slike 1 i 2 prikazuju izvedeni model ulazne građevine na retenciji a na slici 3 dani su tlocrt, presjeci i karakteristične dimenzije elemenata modela ulazne građevine. Ulaz je kružnog oblika a njegovi geometrijski odnosi definirani su prema preporuci C.D. Smith-a (1995).



Slika 1 – varijanta sa jednoplošnom rešetkom



Slika 2 – varijanta sa kaveznom rešetkom



Slika 3 – tlocrt i presjeci varijantnih modelskih rješenja (sa jednoplášnom i kaveznom rešetkom)

3. PROPUSNOST I JEDNADŽBA PROCESA

Analiza propusnosti pojedinog rješenja vrši se pomoću usporedbe formiranih gubitaka energije ΔE_i između dva mjerna presjeka za pojedino rješenje rešetke na ulazu temeljnog ispusta. Uobičajena forma prezentacije gubitaka odnosno smanjenja propusnosti daje se u obliku koeficijenta lokalnog gubitka ξ_i . Pad energije ΔE_i dobiva se primjenom Bernoulli-jeve jednadžbe u visinskom obliku :

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + \Delta E_{1 \rightarrow 2(UBRZANJA)} + \Delta E_{1 \rightarrow 2(DISIPACIJE)} \quad (1)$$

gdje je :

V_1, V_2 – srednje brzine u proticajnim presjecima 1 i 2

$h_1 = p_1/\rho g + z_1, h_2 = p_2/\rho g + z_2$ – piezometarske razine 1 i 2 u proticajnim presjecima 1 i 2

z_1, z_2 – geodetske razine dna u presjecima 1 i 2

α_1, α_2 – Coriolis-ovi koeficijenti korekcije kinetičke energije u presjecima 1 i 2

$\Delta E_{1 \rightarrow 2(UBRZANJA)}$ – energija “potrošena” za ubrzavanje toka (u sklopu ispitivanja proces je stacionaran $\Rightarrow \partial/\partial t = 0 \Rightarrow \Delta E_{1 \rightarrow 2(UBRZANJA)} = 0$)

$\Delta E_{1 \rightarrow 2(DISIPACIJE)} = \xi_i \frac{V_2^2}{2g}$ energija "potrošena" na disipaciju energije između presjeka 1 i 2

Izračun koeficijenata lokalnih gubitaka ξ_i za pojedino rješenje dobiva se zamjenom mjerenih i računatih vrijednosti iz jednadžbe 1 čime je dobivena naredna jednakost:

$$\xi_i = \frac{\Delta E_i}{\frac{V_2^2}{2g}} = \frac{2g(h_1 - h_2) - (\alpha_2 V_2^2 - \alpha_1 V_1^2)}{V_2^2} \quad (2)$$

Na ovaj način određuju se koeficijenti lokalnih gubitaka na ulazu bez rešetke ξ_{ulaz} , ulazu sa jednoplošnom rešetkom $\xi_{ulaz+jed.reš.}$ i ulazu sa kaveznom rešetkom $\xi_{ulaz+kav.reš.}$. Za određivanje vrijednosti navedenih koeficijenata gubitka ξ_i potrebno je poznavati vrijednosti na desnoj strani izraza 2 a to su: α_1 , α_2 , V_1 , V_2 , h_1 , h_2 . Kako bi se odredile vrijednosti Coriolis-ovih koeficijenata α_1 i α_2 , na modelu su definirani presjeci "1,2" na kojima se mjere parametri potrebni za njihov izračun. Coriolisov koeficijent α_1 predstavlja korekcijski koeficijent kinetičke energije poprečnog presjeka i izračunava se na definiranom proticajnom presjeku korištenjem sljedećeg izraza:

$$\alpha_1 = \frac{1}{A_1} \sum_{i,j=1}^n \frac{V_{1,i,j}^3}{V_1^3} A_{1,i,j} \quad \alpha_2 = 1,05 \quad (3)$$

gdje je:

A_1 – ukupna proticajna površina presjeka 1

$A_{1,i,j}$ – parcijalna površina u presjeku i na kojoj se mjeri pripadna srednja brzina $V_{1,i,j}$

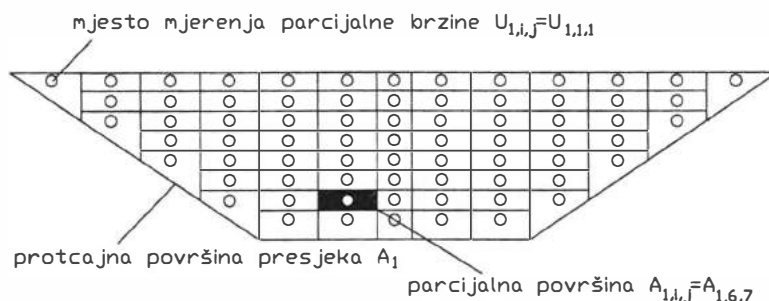
$V_{1,i,j}$ – srednja brzina za parcijalnu površinu $A_{1,i,j}$ presjeka A_1

V_1 – srednja brzina za cijeli proticajni presjek A_1

$1, i, j$ – indeksne oznake za definiranje poprečnog presjeka i položaja parcijalne površine na proticajnom presjeku.

α_2 – poznata vrijednost koeficijenta (u cijevi pod tlakom) iz niza ispitivanja raznih autora

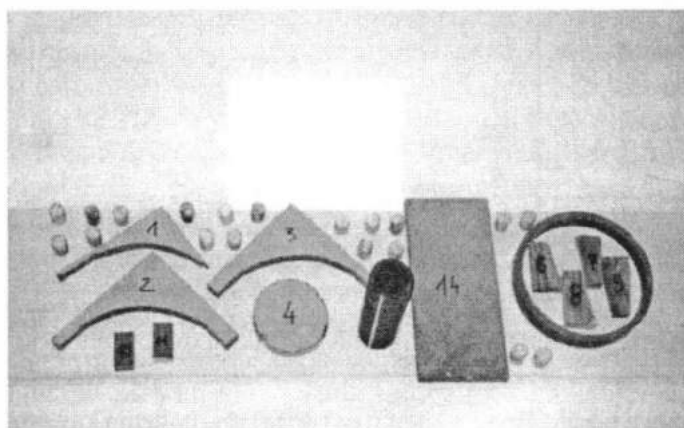
Za određivanje parcijalnih brzina $V_{1,i,j}$ i pripadnih parcijalnih površina $A_{1,i,j}$ usvajeno se mjerno polje kao na slici 4. Na definiranim mjernim mjestima prema slici 4 na svakih 5cm po visini i svakih 15 cm po širini postavlja se hidrometrijsko krilo. Trajanje mjerenja brzina $V_{1,i,j}$ u pojedinoj mjernoj točki je 2 minute kako bi se dobile precizne i pouzdane a u vremenu osrednjene vrijednosti. Razine h_1 , h_2 i tlakovi p_1 , p_2 precizno su izmjerene sa mjernim iglama i piezometrima postavljenim u proticajnim presjecima. Srednje brzine V_1 , V_2 proticajnih presjeka "1" i "2" sa pripadnim površinama A_1 , A_2 dobivene su iz jednadžbe kontinuiteta $V_{1,2} = Q_{THOMPSON}/A_{1,2}$, gdje je $Q_{THOMPSON}$ protok kroz sustav očitavan na Thompson-ovom preljevu.



Slika 4 – proticajni presjek “I” i pripadno mjerno polje sa parcijalnim površinama $A_{1,i,j}$

4. POUZDANOST

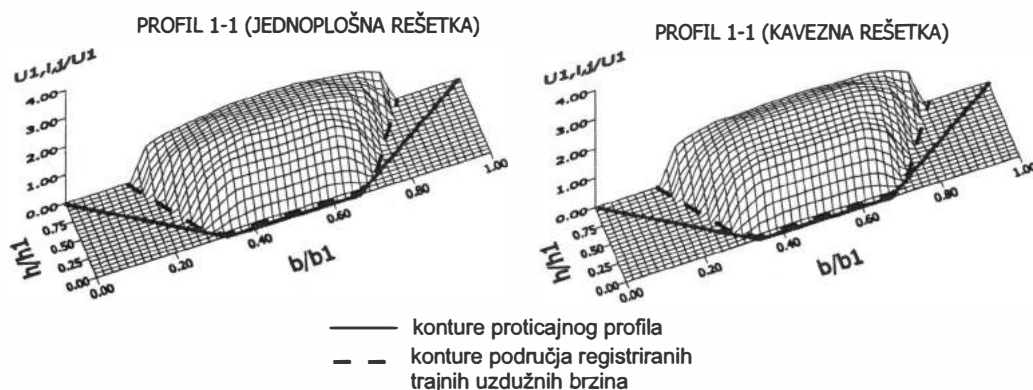
Predmet ovog istraživanja nije fizikalno modeliranje procesa pronosa, erodiranja ili sedimentacije nanosa, nego utjecaj zadržavanja nanosa na rešetki na rast razina u akumulacijskom prostoru. Iz tog razloga se ne koriste klasične metode analize pronosa nanosa poput pojave pokretnog dna, već se koriste materijali od plastičnih, drvenih, papirnatih i plutanih smjesa kao sa slici 5. Oblici elemenata krute faze odabrani su na način da što više sliče elementima krute faze nađenim na rešetkama izvedenim u prirodi a skupljenim za vrijeme akvizicije terenskih podataka. Dimenzije elemenata krute faze definirane su u relativnom odnosu naspram površine ulaza A_{ulaza} čime su se dobile naredne bezdimenzionalne vrijednosti $A_{elementa\ krute\ faze}/A_{ulaza} = 0,006; 0,03; 0,06; 0,1; 0,15; 0,9$. Materijali od kojih je izvedena modelska kruta faza odabrani su na način da jedan dio predstavlja plutajuću a drugi dio vučenu krutu fazu. Suspendirana kruta faza nije simulirana na modelu. Za svaki pojedini oblik rešetke, u vremenskim razmacima od 3 sekunde, u tok na modelu ubacivani su spomenuti elementi krute faze. Nakon 90 sekundi prestaje se sa ubacivanjem krute faze u tok. Također je definirano mjesto i redosljed ubacivanja komponenti krute faze čime je omogućena ponovljivost pojedinog pokusa. Istovremeno je praćen rast razina ispred ulaza, a do kojeg dolazi uslijed prigušenja rešetke. Početna razina ispred ulaza od koje je praćen rast je na koti 0,18 (vidi sliku 3), odnosno u horizontalnoj ravnini kroz os cijevi koja spaja ulaz i prihvatni bazen. Oblik rešetke kojim se ostvaruje sporije prigušenje, odnosno sporiji rast razina vodnog lica ispred ulaza predstavlja rješenje sa većim stupnjem pouzdanosti.



Slika 5 – neki elementi krute faze koje su ubacivane u tok modelskih rješenja

5. REZULTATI ISPITIVANJA

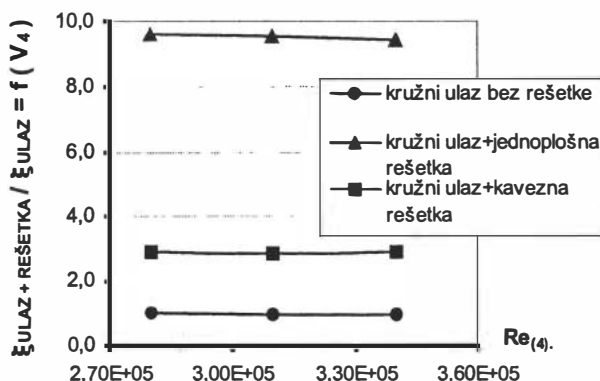
Na slici 6 dana je usporedba dijagrama trajnih brzina u longitudinalnom smjeru, za izradu ulazne građevine sa jednoplošnom i kaveznom rešetkom. Dijagrami su dobiveni mjerenjem u točkama mjernog polja definiranog slikom 4 (profil 1).



Slika 6 – usporedba dijagrama trajnih brzina u x smjeru za proticajni presjek 1

Primjećuje se koncentracija uzdužnih trajnih brzina i toka u srednjem dijelu taložnice i pojava dugih vrtloga na bočnim dijelovima taložnice. Vrtlozi se protežu kroz cijelu dužinu taložnice od stacionaže ulaza do uzvodne grube rešetke i praga na ulazu u taložnicu.

Na dijagramu 1 dana je usporedba koeficijenata lokalnih gubitaka ulaza bez rešetke $\xi_{ulaz} = 0,021$, ulaza sa jednoplošnom rešetkom $\xi_{ulaz+jed.reš.} = 0,200$, i ulaza sa kaveznom rešetkom $\xi_{ulaz+kav.reš.} = 0,061$. Koeficijenti lokalnih gubitaka odnose se na brzine u tlačnom cjevovodu (presjek 2). U smislu veće točnosti modelsko ispitivanje je ponovljeno za tri vrijednosti Reynolds-ovog broja u tlačnom cjevovodu (presjek 2) $Re_{1(2)} = 2,8 \cdot 10^5$; $Re_{2(2)} = 3,1 \cdot 10^5$; $Re_{3(2)} = 3,4 \cdot 10^5$.



Dijagram 1 – usporedba koeficijenata lokalnih gubitaka u ovisnosti o Reynolds-ovom broju

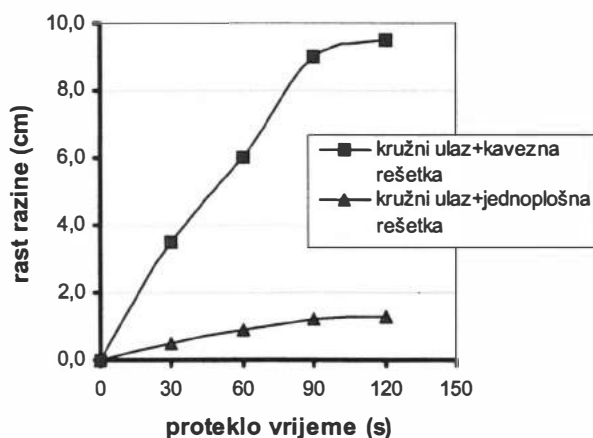
Dobivene vrijednosti koeficijenata ukazuju na prednost izvođenja kaveznog oblika rešetke na ulazu budući se time postiže trostruko smanjenje koeficijenata gubitaka.

Na dijagramu 2 dan je rast razina vodnog lica Δh ispred ulaza u funkciji vremena. Rast razina je dan u bezdimenzionalnom odnosu $\Delta h/(D/2)$ gdje je D promjer cijevi između ulaza i prihvatnog bazena.

Vrijeme t u kojem se ostvaruje rast razina također je dano u obliku bezdimenzionalnog odnosa $t/t_{ubac. kr. faz.}$ gdje je $t_{ubac. krut. faz.}$ trajanje ubacivanja elemenata krute faze.

Do rasta razina ispred ulaza dolazi uslijed prigušenja na jednoplošnoj (—△—) odnosno kaveznoj rešetki (—■—). U smislu veće točnosti modelsko ispitivanje je ponovljeno tri puta a na priloženom dijagramu prikazane su osrednjene vrijednosti rasta razina.

Komparacija rasta razina između ispitivanih varijanti (kavezne i jednoplošne rešetke) ukazuje na prednost izvođenja kaveznog oblika rešetke na ulazu budući se time postiže sporije prigušenje rešetke i sporiji rast razina vode u retencijskom prostoru.

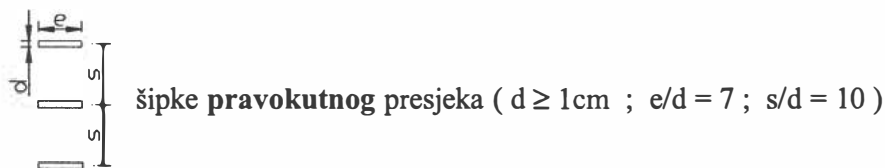


Dijagram 2 – usporedba rasta razina vodnog lica (ispred ulaza) tokom vremena za postavljenu kaveznu i jednoplošnu rešetku na ulazu

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu dani su rezultati komparativnih hidrauličkih modelskih istraživanja dva najčešća oblika rešetki na ulaznim građevinama retencija: kavezna rešetka i jednoplošna rešetka. Kriteriji usporedbe su hidraulička propusnost i pouzdanost. Usporedba po kriteriju propusnosti ostvarena je kroz analizu koeficijenata gubitaka kružnog ulaza i varijantnog rješenja rešetke. Komparacija pouzdanosti provedena je kroz praćenje intenziteta rasta razine vode u prostoru ulazne građevine (ispred ulaza i rešetke) do kojeg dolazi uslijed začepljenja rešetke sa krutom fazom toka. Na temelju rezultata istraživanja došlo se do narednih zaključaka:

- Postavljanjem kavezne rešetke na kružni ulaz ostvaruje se 3,3 puta manji koeficijent gubitka $\xi_{ulaz+rešetka}$ u usporedbi sa postavljenom jednoplošnom rešetkom.
- Postavljanjem kavezne rešetke na kružni ulaz ostvaruje se 7 puta sporiji rast razina vode ispred ulaza u usporedbi sa postavljenom jednoplošnom rešetkom.
- Shodno gore navedenom preporučuje se upotreba kružnog ulaza geometrijskih odnosa prema C.D. Smithu (1995) sa kaveznom rešetkom za koju su dimenzije, oblik i međusobna udaljenost pojedinih šipki definirane na sljedeći način:



Slika 7 – dimenzije, oblik i međusobna udaljenost pojedinih šipki

7. POPIS LITERATURE:

1. French, R. (1987) : *"Open Chanel Hydraulic"*, McGraw-Hill Editions, NewYork, USA
2. Kobus, H. (1980) : *"Hydraulic Modelling"*, German association for water resources and land improvement, Verlag Paul Parley, Berlin, Germany.
3. Lončar, G., Andročec V. (2000) : *"Istraživanje optimalnih oblika rešetki na vodotocima i temeljnim ispuštima retencija u gradu Zagrebu-Terenska i teoretska istraživanja"*, Hydroexpert, Zagreb, Hrvatska
4. Lončar, G., Gjetvaj, G., Andročec, V. (2001) *"Istraživanje optimalnih oblika rešetki na vodotocima i temeljnim ispuštima retencija u gradu Zagrebu-II i III faza (ispitivanja na fizikalnom modelu)"*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska
5. Novak, P., Čabelka, J. (1981) : *"Models in Hydraulic Engineering"*, Pitman, USA
6. Smith, C. (1995) : *"Hydraulic Structures"*, University of Saskatchewan Printing Services, Saskatoon, Canada

Autori:

mr. sc. **Goran Lončar**, dipl. ing. građ.

doc.dr. sc. **Goran Gjetvaj**

prof.dr. sc. **Vladimir Andročec**

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU, ZAVOD ZA
HIDROTEHNIKU, HIDROTEHNIČKI LABORATORIJ, TEL 484-3527 ; FAX 484-
3529, goran@master.grad.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.25.

Pravna regulativa onečišćenja mora iz izvora na kopnu

Axel Luttenberger

SAŽETAK: Rad obrađuje složenu pravnu problematiku onečišćenja mora iz izvora na kopnu uz analizu odredaba Konvencije Ujedinjenih Naroda o pravu mora, Konvencije o sprečavanju onečišćenja mora iz izvora na kopnu, te Protokola o zaštiti Sredozemlja protiv onečišćenja iz kopnenih izvora i djelatnosti. Razmatraju su, kao domaći izvori, rješenja Ustava i Deklaracije o zaštiti okoliša, te sustav zakona o zaštiti prirode i drugih ekoloških zakona, uz posebni naglasak na rješenja iz područja pomorstva. Autor naglašava da je svrha regulative u propisivanju uređenja okoliša i načina obavljanja pojedinih djelatnosti, zajedno s sustavom nadzora onečišćenja i sankcijama za nepridržavanje normi. Nadalje, ističe se značaj uključivanja u proces donošenja zakona osoba koje će te odredbe primjenjivati, te se predlaže pristup u donošenju zakona koje je primjeren sadašnjem trenutku, imajući na umu strateške ciljeve. Napominje se da je potrebno usvojiti propise tek nakon razmatranja stvarne mogućnosti primjene, s odnosnim preventivnim mjerama i postupcima nakon nastupa štetnog događaja. Konačno, predlaže se uspostava specijaliziranih neovisnih agencija zaduženih za nadzor oživotvorenja propisa.

KLJUČNE RIJEČI: regulativa, onečišćenje mora, izvori iz kopna, oživotvorenje, nadzor

Legislation Concerning Marine Pollution from Land-based Sources

SUMMARY: The paper deals with the complex issue of pollution of the sea from land-based sources and analyzes provisions of the UN Convention on the Law of the Sea, Convention on Prevention of Marine Pollution from Land-based Sources and the Protocol on Protection of the Mediterranean against Pollution from Land-based Sources and Activities. Relevant domestic documents considered in the paper include the Croatian Constitution and the Declaration on Nature Protection, as well as the legislation on nature protection and other environmental laws with particular reference to the provisions regulating maritime affairs. The author accentuates that the purpose of legal instruments must be prescribing of the environmental improvement, applicable procedures, and monitoring and punitive system enforced for violation of set up standards. Furthermore, significance of involvement of the stakeholders who shall implement the legislation into the law promulgation process is highlighted, and an approach proposed to the law adoption process tailored to the present moment respecting the strategic objectives. The regulations should only be adopted after consideration of real possibility of their enforcement, inclusive of respective preventive measures and damage management procedures. Finally, establishment of specialized independent agencies in charge of monitoring enforcement of regulations is proposed.

KEYWORDS: legislation, marine pollution, land-based sources, implementation, monitoring

1. UVOD

Osnovni problemi onečišćenja su siromaštvo uz pritisak populacije na prirodne izvore i manjkavo planiran gospodarski razvitak. Tome doprinosi i nedovoljna i neprimjerena reguliranost te materije od strane zakonodavca koji ne formuliра jasno dugoročnu strategiju uz konkretne provedbene mjere u sadašnjosti.

Iako je onečišćenje s kopna je jedna od glavnih izvora onečišćenja, pravno reguliranje navedene problematike nije dostatno razrađeno. Osobitu poteškoću čini okolnost da se pojedinačni uzroci onečišćenja ne mogu rješavati odvojeno, jer se njihovo reguliranje mora sagledati u cjelovitosti ekosustava. Pri tome je neosporno da postoji međuovisnost pomorskog okoliša i onog s kopna, uz društvenu i ekonomsku interakciju ljudskih aktivnosti neovisno od granica.

2. MEĐUNARODNI IZVORI

2. 1. Konvencija Ujedinjenih naroda o pravu mora

U dijelu Konvencije pod naslovom Zaštita i očuvanje morskog okoliša naglašava se da države donose zakone i druge propise za sprečavanje, smanjivanje i nadziranje onečišćenja morskog okoliša iz izvora na kopnu, uključujući rijeke, estuarije, cjevovode i odlivne uređaje, vodeći računa o međunarodno priznatim pravilima, standardima, te preporučenoj praksi i postupcima.

Države poduzimaju druge mjere koje mogu biti potrebne za sprečavanje, smanjivanje i nadziranje takvog onečišćenja. Nadalje, one nastoje uskladiti svoje politike s tim u vezi na odgovarajućoj razini. Države, naročito djelujući preko nadležnih međunarodnih organizacija ili na diplomatskoj konferenciji, nastoje usvojiti opća i regionalna pravila, standarde, te preporučenu praksu i postupke radi sprečavanja, smanjivanja i nadziranja onečišćenja morskog okoliša iz izvora na kopnu, vodeći računa o regionalnim osobitostima, o gospodarskim mogućnostima država u razvoju i o potrebi njihovog gospodarskog razvoja. Ta se pravila, standardi, te preporučena praksa i postupci, ovisno o potrebi, povremeno preispituju. Zakoni, propisi, mjere, standardi, te preporučena praksa obuhvaćaju i one kojima je svrha umanjiti, koliko god to moguće, ispuštanje u morski okoliš otrovnih, štetnih ili škodljivih tvari, osobito onih koji su neizgradive.¹

Obveza je države da provode svoje zakone i druge propise glede onečišćenja iz izvora na kopnu, te donose zakone i druge propise i poduzimaju druge mjere potrebne za izvršavanje primjenjivih međunarodnih pravila i standarda usvojenih preko nadležnih međunarodnih organizacija ili na diplomatskoj konferenciji radi sprečavanja, smanjivanja i nadziranja onečišćenja morskog okoliša iz izvora na kopnu.²

2.2. Konvencija o sprečavanju onečišćenja mora iz izvora na kopnu, 1974., 1986.

Onečišćenje iz izvora na kopnu znači onečišćenje obalnog područja putem vodnih tokova iz obale, uključujući priljeve iz podmorja ili drugih cjevovoda, iz postrojenja napravljenih po čovjeku.³

¹ Konvencija Ujedinjenih naroda o pravu mora, Narodne novine Međunarodni ugovori, 92000., čl.207

² Konvencija Ujedinjenih naroda o pravu mora, op.cit., čl.213

³ Convention for the Prevention of Marine Pollution from Land-based Sources, done at Paris, June 4th, 1974, www.tufts.edu/departments/fletcher/multi/texts/BH646.txt, Art.3

Ugovorne strane poduzeti će mjere uklanjanja, ako je potrebno po fazama, onečišćenja obalnog područja iz izvora s kopna tvari navedenih u Dijelu I Dodatka A Konvencije, uz striktno ograničenje onečišćenja obalnog područja iz kopnenih izvora navedenih u Dijelu II Dodatka A Konvencije. Štoviše ugovorne strane će ukloniti onečišćenje i onih tvari iz Dodatka I ukoliko znanstveni dokazi ustanove da mogu izazvati ozbiljniju pogibelj kao i tvari iz Dijela I. Program mjera uključuje po potrebi određene propise i standarde koje se odnose na kakvoću okoliša, izljeva u obalno područje i emisija u atmosferu izljeva iz vodnih tokova koje utječu na obalno područje, i sastav i uporabu tvari i proizvoda.

Radi očuvanja i povećanja kakvoće morskog okoliša ugovorne strane će smanjiti postojeće i svako novo onečišćenje iz kopnenih izvora, uključujući i ona koja nastaju od novih tvari.⁴ Nijedna odredba ove konvencije ne smije se tumačiti na način da ugovorne strane poduzmu oštrije mjere za zaštitu od onečišćenja iz izvora na kopnu.⁵ Ugovorne strane poduzet će zajedničke programe znanstvenih i tehničkih istraživanja u svrhu izbjegavanja korištenja opasnih stvari.⁶ Ugovorne strane ustanovit će stalni nadzorni sustav koji omogućuje što brže utvrđivanje razine morskog onečišćenja i utvrđivanja mjera za smanjivanje onečišćenja mora.

Ustrojit će se povjerenstvo sastavljeno od predstavnika svih ugovornih strana koje će se sastajati u redovitim zasjedanjima i izvanrednim u odnosu na posebne okolnosti⁷. Zadatak je Povjerenstva uspostava cjelovitog nadzora nad oživotvorenjem konvencije, pregled općenitog stanja mora, te uspješnosti nadzornih mjera, utvrditi do koje se mjere konvencija odnosni na vodne tokove, istražiti izvodljivost programa uklanjanja ili smanjivanja onečišćenja, davati preporuke, primati i informacije, te predlagati izmjene liste tvari⁸, a ugovorne strane dužne su pružati informacije povjerenstvu.

Protokol o izmjeni Pariške konvencije o sprečavanju onečišćenja mora iz kopna od 4. lipnja 1974. u Parizu donesen je 26. ožujka 1986.⁹

2.3. Protokol o zaštiti Sredozemlja protiv onečišćenja iz kopnenih izvora i djelatnosti

Na osnovi Konvencije o zaštiti Sredozemlja protiv onečišćenja, prihvaćene u Barceloni 16.02.1976.¹⁰ donesen je Protokol po kojem su države ugovornice obvezne poduzeti primjerene mjere za sprječavanje, smanjivanje, borbu i nadziranje onečišćenja iz izljeva rijeka, obalnih postrojenja ili ispusta, proisteklih iz bilo kojeg kopnenog izvora s njenog teritorija.¹¹ Stranke ugovornice će poduzete mjere za isključivanje onečišćenja tvari iz Dodatka I Protokola¹².

⁴ Convention for the Prevention of Marine Pollution from Land-based Sources, op.cit., Art.6

⁵ Convention for the Prevention of Marine Pollution from Land-based Sources, op.cit., Art.8

⁶ Convention for the Prevention of Marine Pollution from Land-based Sources, op.cit., Art.10

⁷ Convention for the Prevention of Marine Pollution from Land-based Sources, op.cit. Art.15

⁸ Convention for the Prevention of Marine Pollution from Land-based Sources, op.cit., Art.16

⁹ Convention for the Prevention of Marine Pollution from Land-based Sources, done at Paris, June 4th, 1974 (as amended by the Protocol of 26 March 1986), www.tufts.edu/departments/fletcher/multi/texts/BH646.txt

¹⁰ The Convention for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution (the Barcelona Convention), www.ciesin.org/entri/texts7mediterranean.pollution.1976.tlm. Barcelonska Konvencija je prihvaćen 16. veljače 1976., a stupila na snagu 12. veljače 1978. Konvencija je izmjenjena 10. lipnja 1995. i označena kao Konvencija za zaštitu morskog okoliša i obalnog područja Sredozemlja (UNEP(OCA)/MED IG.6/7), te kao takva još nije stupila na snagu.

¹¹ Protocol for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution from Land-based Sources, signed in Athens on 17 May 1980, in force 17 June 1983, www.unep.ch/seas/main/med/mlbsprot.html, Art.1

¹² Protocol for the Protection of Mediterranean Sea against Pollution from Land Based Sources, op.cit. Art.5

Daljnji razvoj prava očituje se u izmjenama iz Syracuse koje ističu pogibelj izljeva neobrađenog ili nedostatno obrađenog kućnog ili industrijskog otpada, koji sadrži toksične, postojeane i na bioakumulaciju podobne tvari.¹³

3. DOMAĆI IZVORI

3.1. Ustav i Deklaracija o zaštiti okoliša

Ustav Republike Hrvatske navodi da svatko ima pravo na zdrav život i Republika Hrvatska osigurava pravo na zdrav okoliš. Građani, državna, javna i gospodarska tijela i udruge dužni su, u sklopu svojih ovlasti i djelatnosti, osobitu skrb posvećivati zaštiti zdravlja ljudi, prirode i ljudskog okoliša¹⁴. Na opisani način domaći zakonodavac uvodi u najviši pravni akt izrijekom norme ekološkog prava.

U Deklaraciji o zaštiti okoliša ističe se da je država odlučna ustrajati u izgradnji pravnog sustava sukladno međunarodnim ugovorima i standardima europske i svjetske zajednice, koji će u potpunosti osigurati trajnu, sustavnu i učinkovitu zaštitu okoliša. Slijedom toga ističe se provedba neodložnih mjera zaštite priobalja i podmorja Jadrana, s time da se spriječi njegovo daljnje onečišćenje s kopna, uz prenošenje težišta upravljanja otpadom s mjera orijentiranih na posljedice na mjere orijentirane na uzroke.¹⁵

3.2. Zakoni o zaštiti prirode i drugi ekološki zakoni kao izvori prava okoliša

Poslije Ustava, zakon je najvažnije i osnovno pravno vrelo. Kada je riječ o normama prava okoliša treba istaknuti da se time bave sve grane prava, pa zbog toga trebamo razlikovati zakone koji su izvori prava okoliša. Prije svega treba napomenuti postojanje općih ekoloških zakona kao što je to Zakon o zaštiti prirode,¹⁶ te cjelovitih zakona o zaštiti, kao Zakon o zaštiti zraka.¹⁷

Nadalje, brojni su tzv. individualni zakoni (nacionalni park, prirodni rezervat, park prirode), a izvor prava su i posebni upravni zakoni (pitanja opasnih stvari, kemikalija, otpada, zaštite od buke, zračenja). Također, treba se istaknuti značenje ostalih zakona s ekološkim normama s uobičajenim poglavljljima o toj materiji (kazneni i civilni kodeksi). Isto tako, treba napomenuti postojanje tzv. zakona pluralne namjene¹⁸, kao i zakona koje ne obrađuju izričito ekologiju, ali su za tu oblast važni (inspekcije, porezi, upravni postupci).

Podzakonski propisi su značajni kao provedbeni propisi koje donosi ministri i ravnatelji u obliku pravilnika, uredba, napatka, kao i podzakonskih propisa. Daljnja vrsta općenormativnih akata su opći akti Vlade kao izvršnog tijela koja donosi uredbe, odluke, rješenja i zaključke.

3.2.1. Zakon o zaštiti okoliša

Imenovani zakon uređuje zaštitu okoliša radi očuvanja, smanjivanja rizika za život i zdravlje ljudi, osiguranja i poboljšanja kakvoće življenja za dobrobit sadašnjih i budućih

¹³ Protocol for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution from Land-based Sources and Activities, as amended in Syracuse, Italy, 7 March 1996., www.unep.ch/seas/main/med/mlbspaii.html, Art. 1

¹⁴ Ustav Republike Hrvatske, Narodne novine, 56/90., 135/97., 8/98., 113/00., 124/00., 41/01, čl. 69

¹⁵ Deklaracija o zaštiti okoliša u Republici Hrvatskoj, Narodne novine, 37/92.

¹⁶ Zakon o zaštiti prirode, Narodne novine, 82/94.

¹⁷ Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine, 45/95.

¹⁸ Primjera radi, takav pluralni zakon je Zakon o prostornom planiranju, Narodne novine, 30/94., 68/98., 61/00., 30/02.

generacija¹⁹. Onečišćenje okoliša je definirano kao promjena stanja okoliša koja je posljedica štetnog djelovanja ili izostanka potrebnog djelovanja, ispuštanja, unošenja ili odlaganja štetnih tvari, ispuštanja energije i utjecaja drugih zahvata i pojava nepovoljnih po okoliš.²⁰

Štetnik onečišćenja okoliša odgovara za nastalu štetu po načelu objektivne odgovornosti (uzročnosti) prema općim pravilima obveznog prava, s time da je odgovorna i osoba koja je nezakonitim ili nepravilnim djelovanjem omogućila ili dopustila onečišćenje okoliša²¹. Pri tome treba napomenuti da naš zakonodavac samo iznimno propisuje da se za štetu odgovara bez obzira na krivnju i po pravilima o objektivnoj odgovornosti, i to samo kad je takva odgovornost izričito propisana zakonom.

Štetnik je dužan je bez odlaganja poduzeti mjere predviđene planom intervencija, odnosno sve druge mjere usmjerene na smanjenje šteta ili uklanjanje nastanka daljnjih rizika, opasnosti ili šteta, te podmiruje sve troškove, a dužan je izvijestiti nadležno tijelo i javnost²². Nadalje, zakonodavac nedopuštenim smatra svako odstupanje od upotrebe uređaja i opreme u proizvodnji ili odstupanje od proizvodnih postupaka²³. Onečišćivač okoliša dužan je u rokovima koje je odredila Vlada, izvesti i provesti sanacijski program uz suglasnost državnog tijela za uklanjanje oštećenja okoliša. Program sadrži analizu vrste onečišćenja, prijedlog proizvodnih i drugih postupaka s ocjenom prikladnosti, mjere za uspostavljanje prethodne kakvoće okoliša, redoslijed i rokove provedbe i plan osiguranja sredstava, uključivo troškove odštete za umanjenje vrijednosti i oštećenje okoliša²⁴. U slučaju da nije moguće utvrditi onečišćivača, izradu sanacijskog programa provode državna tijela²⁵, a radi sprečavanja većih šteta i ograničavanja daljnjeg štetnog djelovanja Vlada može na teret počinitelja provesti mjere sanacije ako to nije učinio sam onečišćivač, uz njegovo privremeno ograničavanje rada, a kada je to nužno, i zaustavljanje rada počinitelja onečišćavanja²⁶.

3.2.2. Zakon o obveznim odnosima

Naš obligacioni zakon ističe da svatko može zahtijevati od drugog da ukloni izvor opasnosti od kojeg prijeti znatnija šteta njemu ili određenom broju osoba, a i suzdržati se od djelatnosti od koje proizlazi uznemiravanje ili opasnost štete ako se nastanak uznemiravanja ili štete ne može spriječiti odgovarajućim mjerama²⁷.

Za štetu od stvari ili djelatnosti od kojih potječe povećana opasnost štete za okolinu odgovara bez obzira na krivnju²⁸. Isti zakon nije naveo što je opasna stvar, to je odredila doktrina i praksa, pa se s obzirom na okolnost da onečišćenje redovito potječe od opasnih stvari ili djelatnosti, pravila o objektivnoj odgovornosti iz domaćeg građanskog zakonika mogu primjenjivati za okolišne štete. Štetnik je onečišćivač koji plaća, s time da se pravila o solidarnoj odgovornosti²⁹ primjenjuju između više osoba ako se ne može utvrditi

¹⁹ Zakon o zaštiti okoliša, Narodne novine, 82/94., 128/99., čl.1

²⁰ Zakon o zaštiti okoliša, op.cit., čl.5

²¹ Zakon o zaštiti okoliša, op.cit., čl.50

²² Zakon o zaštiti prirode, op.cit., čl.51

²³ Zakon o zaštiti prirode, op.cit., čl.53

²⁴ Zakon o zaštiti okoliša, op.cit., čl.55

²⁵ Zakon o zaštiti okoliša, op.cit., čl.56

²⁶ Zakon o zaštiti okoliša, op.cit., čl.58

²⁷ Zakon o obveznim odnosima, Narodne novine, 53/91., 83/91., 11/93, 3/94., 107/95., 7/96., čl.156. st.1

²⁸ Zakon o obveznim odnosima, op.cit., čl.154 st.2., čl.173 do 179

²⁹ Zakon o obveznim odnosima, op.cit., čl.414 do 435

tko je štetu uzrokovao, a nedvojbeno je da je neka od tih osoba uzrokovala štetu. Glede popravljivanja štete i visine naknade³⁰, domaći zakonodavac predviđa popravljivanje naturalnom restitucijom, odnosno ponovnim uspostavljanjem stanja prije onečišćenja, a zastarni rokovi su objektivno 5 godina i subjektivno 3 godine³¹.

3.3. Zakoni iz područja pomorstva i ostali zakoni

U Pomorskom zakonu³² onečišćenja morskog okoliša sastoji se od štete koja se u pravilu sastoji u izdacima učinjenim u smislu suzbijanja nastalog oštećenja te uklanjanju njegovih posljedica sanacijom, pri čemu treba imati na umu da se unošenjem štetnih tvari u morski okoliš narušava kakvoća morskog okoliša, što može prouzročiti znatan financijski gubitak obalnom gospodarstvu, kao što je to turizam ili ribarstvo.

Po Zakonu o morskim lukama lučka uprava, odnosno trgovačko društvo koje je dobilo koncesiju, odgovorno je za onečišćavanje mora u luci i za taloženje otpadaka kojima se zatrpava luka³³, dok Zakon o prijevozu opasnih stvari propisuje obvezno osiguranje odgovornosti za štetu trećim osobama nanesenu prijevozom opasnih stvari³⁴. Nadalje, Zakon o odgovornosti za nuklearne štete regulira pitanja odgovornosti za štetu po osnovi kauzaliteta i odgovornosti korisnika nuklearnog postrojenja, koji može ograničiti svoju odgovornost, ima i mogućnost ekskulpacije, a određeno je i obvezno osiguranje odgovornosti³⁵.

4. KARAKTERISTIKE REGULATIVE ONEČIŠĆENJA MORA IZ IZVORA NA KOPNU

Temeljna je svrha pravne regulative zaštite okoliša urediti korištenje određenih dijelova okoliša i pravnim propisima utvrditi način obavljanja pojedinih djelatnosti polazeći od toga da se okoliš štiti danas za sutra. Primjenjuju se instrumenti regulative zajedno sa sustavom nadzora onečišćenja i sankcijama za nepridržavanje propisa.

Pri tome, onečišćenje morskog okoliša znači čovjekovo izravno ili neizravno unošenje u morski okoliš (uključivo estuarije) tvari ili energije koje uzrokuju ili mogu uzrokovati razne škodljive učinke kao što je šteta živim bićima te morskoj fauni i flori, ugrožavanje zdravlja ljudi, ometanje pomorskih djelatnosti, uključujući ribarstvo i druge zakonite upotrebe mora, pogoršanje kakvoće morske vode za uporabu i umanjeње privlačnosti prostora za stanovanje i rekreaciju³⁶.

Međunarodna zajednica prihvatila je načelo da onečišćivač plaća, a cilj odgovornosti za okoliš je da uzročnik okolišne štete (onečišćivač) plati naknadu štete, primjenom principa da onečišćivač plaća, pa taj temeljni princip služi politici zaštite okoliša. Tako je Europska komisija prihvatila Bijeli knjigu (White paper) o okolišnoj odgovornosti³⁷. Hrvatski zakonodavac prihvaća načelo da onečišćivač plaća, a u području odgovornosti za

³⁰ Zakon o obveznim odnosima, op.cit., čl.185 do 20.

³¹ Zakon o obveznim odnosima, op.cit., čl.376

³² Pomorski zakonik, Narodne novine, 17/94., 74/94., 43/96.

³³ Zakon o morskim lukama, Narodne novine, 108/95., čl.50 i 51

³⁴ Zakon o prijevozu opasnih stvari, Narodne novine, čl.97/93., čl.9

³⁵ Zakon o odgovornosti za nuklearne štete, Narodne novine, 53/91.

³⁶ The Law of the Sea, Official text of the United Nations Convention on the Law of the Sea with Annexes and Index, Final Act of the Third United Nations Conference on the Law of the Sea, United Nations, 1983, Art.1(4)

³⁷ European Commission, White Paper on Environmental Liability (on 9 February 2000) (COM(2000)66final)

onečišćenje okoliša u Hrvatskoj je usvojena objektivna (kauzalna) odgovornost prema općim pravilima obveznog prava. Temeljno je pravilo da onečišćivač snosi troškove nastale onečišćavanjem okoliša koji obuhvaćaju troškove u vezi s onečišćavanjem okoliša, troškove sanacije i troškove pravične naknade štete.

Štete biorazličitosti obuhvaćaju troškove sanacije i alternativnih rješenja kada sanacija nije moguća. U slučaju da se šteta biorazličitosti ne može popraviti, troškovi sanacije su osnova kalkulacije, a u slučaju nepopravljive štete ta metoda nije primjenjiva. Prirodni resursi uključuju žive i nežive resurse kao zemlju, habitat, ribe, divlje životinje, biote, zrak, podzemne vode i ekosustave. Štete prirodnim resursima mogu se smatrati promjena, izmjena, povreda, umanj enje ili uništenje ili gubitak prirodnih resursa, gubitak ili umanj enje javnih korisnika ili servisa kao posljedica oštećenja prirodnih resursa, što se također smatra štetom. Nedvojbeno je da je okoliš ponekad i ozbiljno ugrožen poradi ljudskih djelatnosti. Propisi polaze od priznavanja običajnog prava, uspostave institucionalnog sustava, pravila, kriterija, standarda i pravila upotrebe, s odnosnim odredbama o provedbi, te zoniranje, crte i administrativni nadzor razvitka. Dakle, legislacija je usmjerena na pružanje pravne osnove za institute upravljanja prirodnim resursima i nadzornim mjerama s ciljem zaštite okoliša. Pri tome mora se naglasiti da je ponekad oživotvorenje ekoloških normi manjkavo, što je naročito prisutno u manje razvijenim državama.

5. PRIJEDLOZI ZA PRISTUP REGULIRANJU ONEČIŠĆENJA MORA IZ IZVORA NA KOPNU

Kada je riječ o normama regulacije onečišćenja mora iz izvora na kopnu, po našem mišljenju, osobito je važno u postupak donošenja propisa uključiti subjekte koji će te norme kasnije primjenjivati. Nadalje, treba usvojiti propise tek nakon razmatranja mogućnosti stvarne primjene, kao i uspostaviti pravnu strukturu za dobrovoljne radnje industrije i poljoprivrede za smanjivanje degradacije resursa. Također, treba osigurati primjenu propisa uspostavom specijaliziranih neovisnih agencija.

Treba naglasiti da naredbujuća i nadzorna pravila donose oštre standarde i određuju proceduru ekološkog menadžmenta, kao i opremu koju treba koristiti, uvjete koje treba udovoljavati i odnosne sankcije. Nedostaci postojanja samo takvih propisa ogledaju se u relativno visokim troškovima inspekcija, administracije, tehničke pomoći i pravnih radnji, uz otežano primjenu za slučaj više korisnika resursa ili onečišćivača. Nadalje, te odredbe nisu često fleksibilne i mogu biti ekonomski neefikasne, pa sve te okolnosti moraju se pažljivo razmotriti prilikom odlučivanja o mogućim složenim i sveobuhvatnim pravnim rješenjima.

Također, potrebno je istaknuti poteškoće u primjeni propisa ako država pretjerano ovisi od pojedinog subjekta onečišćavanja zbog prihoda, vanjske razmjene i drugih razloga. Konačno, djelatnosti s relativno malim ekološkim rizikom zbog njihove prirode nerijetko su isključene iz pravila, što ujedno znači da određeni izvori bivaju neprepoznati i neregulirani, te takvu manjkavost treba ubuduće izbjeći.

6. ZAKLJUČAK

Zahtjev je današnjice uspostava primjernih i praktičnih pravnih mehanizama s ciljem osnaženja održivog razvitka. Zakonodavac stoga treba djelovati na osnovi realnog stanja prilikom predlaganja propisa, a regulacija mora biti cjelovita, bez isključivanja pojedine djelatnosti i izvora onečišćenja.

Za pravne norme općenito, a posebno ekološke norme, značajna je njihova primjena. Kada vlast nema sposobnost da ih primjenjuje – kroz osnaženje, sudjelovanje svih strana, obrazovanje ili na drugi način – pravo okoliša ne samo da neće biti efikasno, već postaje i kontraproduktivno.

Princip dobrog okolišnog menadžmenta uključuje potrebu za preventivnom djelatnošću i reguliran postupak kod nastanka štete. Poboljšanju efikasnosti zaštite od onečišćenja i organiziranom djelovanju nakon nastupa štetnog događaja pozitivno mogu doprinijeti neovisne specijalizirane agencije.

LITERATURA

1. Bolanča, Dragan, Pomorsko pravo (Odabrane teme), Pravni fakultet Split, 1999.
2. Luttenberger, Axel, Ostvarivanje prava na naknadu ekološke štete, Zbornik Pravnog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, 2, 2002., str.63-80
3. Konvencija Ujedinjenih Naroda o pravu mora, Narodne novine, Međunarodni ugovori, 9/00.
4. Zakon o potvrđivanju izmjene konvencije o zaštiti Sredozemnog mora od onečišćenja s Protokola o sprječavanju onečišćavanja Sredozemnog mora potapanjem otpadnih i drugih tvari s brodova i zrakoplova, Narodne novine, Međunarodni ugovori, 17/98.
5. Protokol o zaštiti Sredozemlja od onečišćenja s kopna, Narodne novine, Međunarodni ugovori, 12/93.
6. Convention for Prevention of Marine Pollution from Land-based Sources, done in Paris, June 4th, 1974 (as amended by Protocol of 26 March 1986), www.tufts.edu/departments/fletcher/multi/texts/BH646txt
7. Protocol for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution from Land-based Sources, signed in Athens on 17 May 1980, www.unep.ch/seas/main/med/mlbsprot.thlm
8. Protocol for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution from Land-based Sources and Activities, as amended in Syracuse, Italy, 7 March 1996, www.unep.ch/seas/main/med/mbspii.html
9. European Commission, White paper on Environmental Liability (on 9 February 2000) (COM(2000)66final)
10. Ustav Republike Hrvatske, Narodne novine, 56/90., 135/97., 8/98., 113/00, 124/00., 41/01
11. Deklaracija o zaštiti okoliša u Republici Hrvatskoj, Narodne novine, 34/92
12. Zakon o obveznim odnosima, Narodne novine, 53/91., 73/91., 111/93., 3/94., 107/95., 7/96., 112/99
13. Zakon o zaštiti okoliša, Narodne novine, 82/94., 128/99.
14. Pomorski zakonik, Narodne novine, 17/94., 74/94., 43/96.
15. Zakon o morskim lukama, Narodne novine, 108/95.
16. Plan intervencija kod iznenadnog onečišćenja mora u Republici Hrvatskoj, Narodne novine, 8/97.
17. Nacionalna strategija zaštite okoliša, Narodne novine, 46/02.
18. Nacionalni plan djelovanja na okoliš, Narodne novine, 46/02.

Autor:

Doc.dr.sc. Axel Luttenberger, Pomorski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 51000 Rijeka, Studentska 2, tel.051 338411, fax.051 336755, e-mail: axel@pfri.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.26.

Istraživanje raspodjele oborina Osijeka

Siniša Maričić, Tatjana Mijušković, Vladimir Patrčević

SAŽETAK: Oborine, glavna prirodna odrednica odvodnje, u središtu su pozornosti hidrotehničara. U radu je dat prikaz istraživanja osobina oborina na području grada Osijeka. Opisano je provođenje monitoringa oborina pomoću pet automatskih ombrografa. Uspostava relativno guste mreže instrumenata u urbanoj zoni omogućila je uočavanje prostorne i vremenske raspodjele oborina.

Analizom podataka petogodišnjeg razdoblja izdvojene su istovremene oborine određenog trajanja kod pojave maksimalnih vrijednosti na nekoj od lokacija mjerenja. Rekonstruirane su kišne epizode različitih minimalnih međurazmaka (1, 3, 6, 12 sati), te uočeni njihovi maksimalni volumeni, trajanja i intenziteti.

Konstatirane su velike razlike oborinskih događaja na gradskom području. Na razlike ukazuje i interna struktura karakterističnih kišnih epizoda. Rekonstruirana struktura evidentiranih pljuskova ukazuje na njihove pojavne osobine.

Predstoji detaljnija interpretacija oborina za potrebe inženjerske prakse.

KLJUČNE RIJEČI: oborine, kišna epizoda, raspodjela oborina

Investigation of Osijek's Rainfall Distribution

SUMMARY: Rainfalls, the basic element affecting urban drainage, are in focus of hydrotechnical interest. The paper shows investigation of rainfall characteristics at the City of Osijek area. Also, rainfall monitoring setup, which consists of five automatic ombrographs, is described in the paper.

The analysis of a five-year period (1998-2002) singled out simultaneous rainfalls with determined duration by the maximum value appearances on the monitoring location. Rainfall episodes with different minimum interevent times (MIT = 24; 12; 6; 3 and 1 hour) are reconstructed, with maximal volumes, durations and intensities pointed out.

Differences in rainfall episodes across the city were observed. Internal structure of the characteristic rainfall episodes also lead to visible differences. Reconstructed structure of documented rainfall events clearly shows their characteristics of appearance.

The more detailed interpretation of rainfall for the engineering practice requirements follows.

KEYWORDS: rainfall, rainfall episode, rainfall distribution

1. OPĆENITO

Bez mjerenih podataka o oborinama gotovo da nema govora o kvalitetnim hidrotehničkim rješenjima. Mjerenja moraju biti pravilno i kontinuirano provođena, a obrade prilagođene inženjerskim potrebama. [7,2]

Problemi i štete koje izazivaju pljuskovi (intenzivne oborine kratkog trajanja) znatno su izraženiji, pa su često u prvom planu hidroloških interesa inženjerske prakse. Riječ je o intenzivnim oborinama (od 10 pa i oko 100 mm/sat) uglavnom kraćeg trajanja od 1 sat, a zasigurno od nekoliko sati, koji se stoga mogu mjeriti isključivo pomoću automatskih registratora. Da bi se dobila dobra vizija o internoj strukturi pljaska (vremenska i prostorna raspodjela intenziteta unutar jednog oborinskog događaja) potrebno je raspolagati automatskim ombrografima s bilježenjem kratkih intervala (i manjim od 5 min) te što gušćom mrežom njihove postave (cca jedan instrument u krugu promjera par km). Zbog visokih troškova takvog monitoringa teško je očekivati njegovu provedbu, tj. poželjne informacije. [1,6]

Količina i kakvoća ulaznih podataka od presudnog su značaja za vrijednost dobivenog modela hidrotehničkog sustava, a time i za ispravnost odabira tehničkih zahvata na objektima sustava u cilju unapređenja i odluka kod upravljanja sustavom u realnom vremenu. Dakle, treba uočiti da mjerenja dobivaju sve veći značaj i da je već danas potrebno posebnu težinu staviti na kakvoću mjerenja hidroloških parametara u nekom odvodnom sustavu. [4]

2. OKOLNOSTI ISTRAŽIVANJA OBORINA OSIJEKA

Osijek ima izduženu gradsku površinu (cca 1:5) jer se razvijao uz rijeku Dravu. Zauzima površinu od oko 20 km² i ima blizu 120 000 stanovnika. U povijesti Osijeka moglo bi se reći da je pet puta dolazilo do razvoja gradskog vodoopskrbnog i odvodnog sustava. Danas je još uočljiv i sustav u starom dijelu grada -Tvrđi koji datira iz 1758. godine. Razvoj posljednjeg sustava obilježili su: a) izgradnja novog glavnog kolektora (započela 1969., još nedovršen) i b) korištenje vode iz arteških bunara (od 1984.). Iako ima niz novih znatnih razvojnih pomaka prava novina će najvjerojatnije biti izgradnja urađaja za pročišćavanje otpadnih voda. [3]



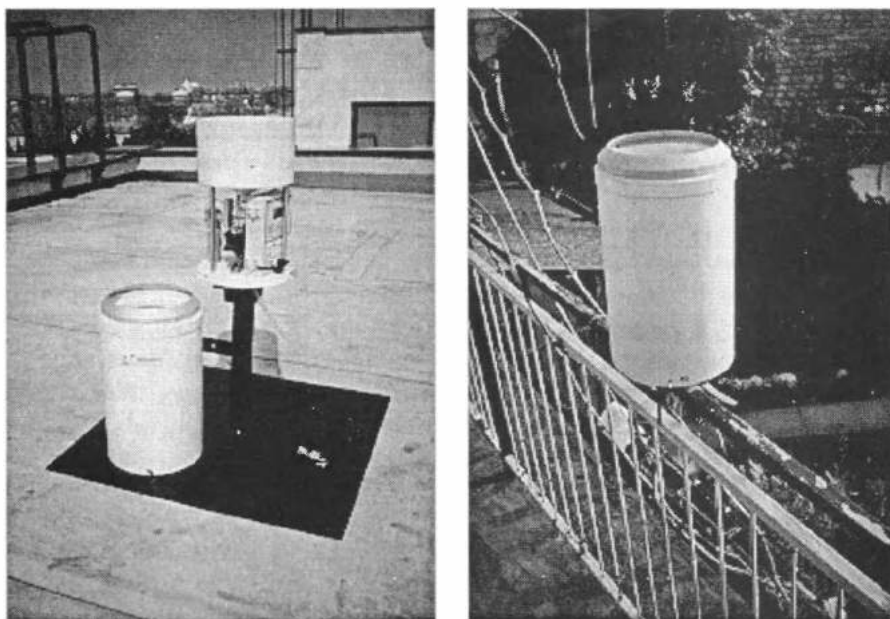
Slika 1: Urbana zona grada sa naznačenim lokacijama i oznakama mjerenja oborina

U gradu postoji mješoviti kanalizacijski sustav. Najvažniji hidrološki parametri su oborine i protoci otjecanja u glavnim kolektorima, a potom vodostaji rijeke Drave koji ponekad utječu na tečenje odvodnim kolektorom prije ispusta u vodotok. Zato se i pojavio interes za mjerenje i izučavanje osobina oborina u gradu (Osječki Građevinski fakultet je samoinicijativno, u rujnu 1998., započeo opažati oborine u gradu, a pri pokretanju modeliranja kanalizacije odmah se pristupilo detaljnijem monitoringu oborina i otjecanja ove urbane površine). [8]

Moguće lokacije postave mjernih uređaja (ombrografa i protokomjera) analizirane su s obzirom na slivne površine i uvjete odvodnje te specifičnosti konfiguracije kanalizacijskog sustava grada Osijeka, a prema zahtjevima matematičkog modeliranja odvodnje. Odabrane su lokacije povoljnije prema prilikama vezanim za postavljanje i obilazak (kontrolu, očitavanje te sigurnost mjernih instrumenata), označene na slici 1.

Uz prethodno započeta mjerenja na dvije lokacije uvažena je i činjenica da za grad, dugi niz godina, postoji službena hidrometeorološka postaja (DHMZ). Tako je, u okviru raspoloživih financijskih sredstava, odlučeno uspostaviti još tri dodatna ombrografska mjerna mjesta (u travnju 1999. godine).

Nabavljena je mjerna oprema proizvođača SEBA-HYDROMETRIE iz Njemačke. Osobine kišomjera predstavljene su u tablici 1. Elektronske kišomjere - ombrografe karakterizira automatski rad i kontinuirano mjerenje (digitalno zapisuju vrijeme i prirast ukupno pale oborine u obliku kišnih impulsa točnosti od 0,1 mm - volumen mjerne posude na klackalici). Za postavu ombrografa izrađeni su posebni nosači za svaku specifičnu situaciju (slike 2).



Slike 2: Izgled i način postavljanja ombrografa na primjeru nekih lokacija

Komunikacija sa memorijom mjernih instrumenata i očitavanje podataka obavljali su se, više puta godišnje, prijenosnim kompjuterom (lap-top, notebook). Mnogo češće su vršeni kontrolni obilasci instrumenata – pazilo se na instrumente i provjeravala njihova funkcionalnost. Monitoring je nastavljen i u 2003. godini.

Tbl. 1: Osobine korištenih kišomjera

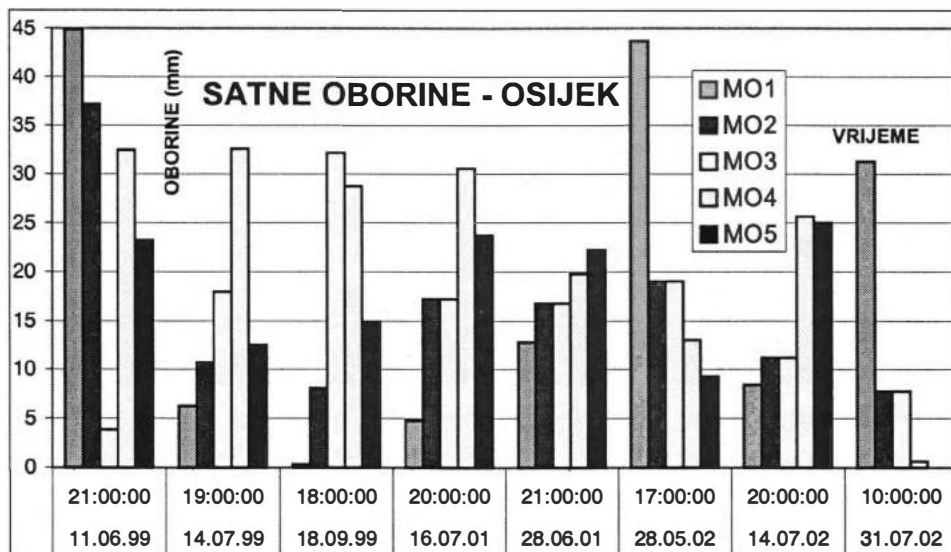
O M B R O G R A F I	
TIP	SEBA RG-50
DIJELOVI	POSTOLJE, CILINDAR, MEMORIJA RDS I, LIJEVAK, AUTOMATSKI MJERAČ
GLAVNE DIMENZIJE	D = 20,5 cm, H = 34,6 cm, (LIJEVAK) D = 16 cm, G = 3,9 kg,
NEKE OSOBIJE	MILNEOVA POSUDA 0,1 mm OBORINE, 200 cm ² POVRŠINA

Tbl. 2: Odnos prosječnih podataka o oborinama Osijeka (30-godišnjeg mjerenja DHMZ-a) i ekstremnih podataka izmjerenih na pet novih lokacija

OBORINE GRADA OSIJEKA (mm)														
(prema mjerenjima DHMZ-a na jednoj lokaciji i GF-a na pet lokacija)														
vrijeme/ karakt.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god.
1969.-1998.	sr.	45,1	39,3	41,1	51,9	59,0	83,7	63,8	64,6	50,5	53,7	58,0	52,2	662,7
	max.										62,2*	67,6*	27,7*	157,5*
	min.										54,1*	59,7*	25,8*	139,6*
1999.	max.	38,7*	68,6*	25,7*	50,1*	75,8	164,5	111,5	77,5	81,2	23,9	129,3	65,5	879,9*
	min.	33,3*	54,3*	25,5*	49,9*	49,2	116,1	81,0	51,1	50,2	20,2	108,5	52,2	711,3*
2000.	max.		9,5	49,0	30,9	27,0	29,6	63,5	11,7	15,2	12,2	41,7	37,1	302,8
	min.		7,3	36,4	25,7	21,8	7,9	57,0	8,2	12,8	9,2	34,9	32,9	260,4
2001.	max.	76,3	22,9	93,5	77,0	77,9	253,7	88,6	34,1	208,5	5,6	85,2	26,6	1023,8
	min.	67,6	16,4	73,6	59,6	51,2	198,2	75,8	7,4	161,9	3,8	73,2	19,5	839,1
2002.	max.	16,9	49,1	9,5	66,8	124,2	43,7	106,7	101,0	76,4	53,7	33,9	15,6	676,0
	min.	6,3	42,7	6,8	51,9	92,4	33,9	65,5	57,7	51,8	50,5	31,2	13,7	515,8

* - za dvije lokacije mjerenja;

x,x - moguća pogreška uslijed smrzavanja i isključivanja



Slika 3: Različitość satnih vrijednosti oborina zabilježenih istovremeno na pet mjesta

3. ANALIZA OSOBINA OBORINA

Analiza je obuhvatila podatke prikupljene na pet lokacija raspoređenih uzduž gradske zone - slika 1. Položaji ombrografa proizašli su iz osnovnog zadatka mjerenja – da se dobro obuhvate zone otjecanje prema kanalizacijskoj mreži, za potrebe modeliranja. No, zbog razvučene postave (izduženosti grada) raspored nije najpogodniji za općenitu analizu prostorne raspodjele oborina.

Analizirani period opažanja obuhvaća dio 1998. (od rujna) do kraja 2002. godine. Mjerenja su, na dvije lokacije (MO2 i MO5), duža, a na preostale tri započela su u travnju 1999. godine - tablica 2. [8]

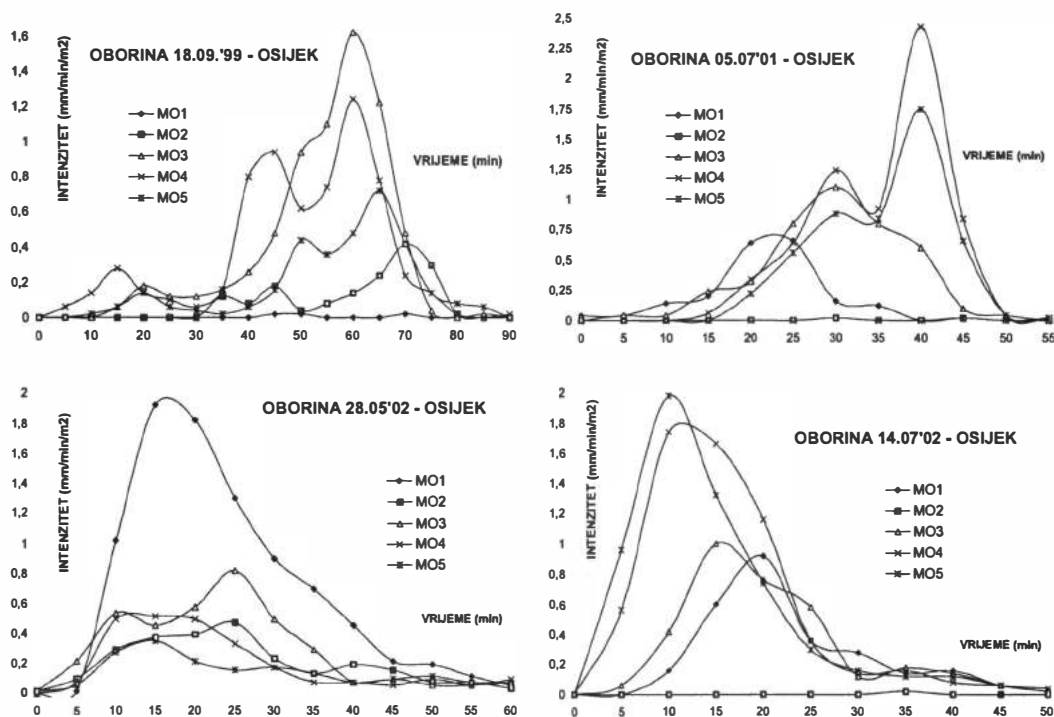
Kako instrumenti nisu opremljeni za rad u uvjetima leđenja ponekad su zimi bili izvan pogona. No mjerenja su obuhvatila upravo sezone pojave pljuskova koje se principijelno koristi za analize intenzivnih oborina. Dakako, ukupno pala oborina umanjena je tako za dio snježne oborine i poneku zimsku kišu dok su instrumenti bili isključeni. [5]

Od problema koji su se javljali prilikom mjerenja ovdje treba spomenuti nekoliko slučajeva začepljenja grla lijevka za prikupljanje oborine (uginuli i začahureni kukci, zrno sjemenke) i pojavu krupnog grada (tuče) tako velikog da je prouzročio razbijanje lijevka na jednoj lokaciji. Oštećeni lijevak je istog dana zakrpan te nije nastala pogreška u prikupljenim podacima na toj lokaciji. Začepljenja su otklonjena čim su primijećena uz evidenciju lokacije i vremena. Prilikom obrade uočeni su periodi ometanog rada ombrografa te su podaci unutar njih korigirani interpolacijom podataka sa okolnih lokacija mjerenja. Takovi korigirani podaci korišteni su kod iskazivanje ukupno pale oborine, ali su izbjegavani pri usporedbama pojedinih kiša.

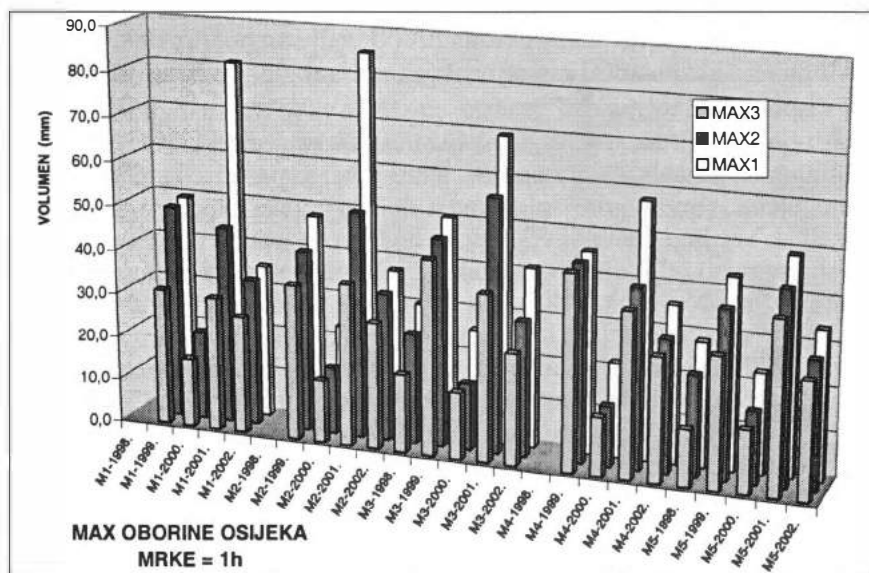
Podaci srednjih mjesečnih oborina sa različitih lokacija (tablica 2.) ukazuju na znatne mjesečne razlike (ponekad i više od dvostruko) između pojedinih lokacija. Ne uočava se stanje permanentnog manjka ili viška oborina na nekoj lokaciji već samo njihova različita pojavnost. Iz usporedbe s prosječnim vrijednostima tridesetgodišnjeg razdoblja (izmjerenih na GMS Osijek) zapaža se da su obradom obuhvaćene dvije približno prosječne godine (1999. i 2002.) te jedna izrazito vlažnija (2001. godina gdje se po znatno nadprosječnoj oborini ističu VI., VII. i XI. mjesec, a X. mjesec je izrazito podprosječan) i jedna izrazito sušna godina (2000., gdje su podprosječni VI., VIII. i X. mjesec). Iz toga se daje naslutiti povoljnost promatranog perioda za analize pljuskova.

Različitosti raspodjele oborina duž gradske površine prvo su analizirane preko pojave maksimalnih oborina određenog trajanja. Ilustrativni su podaci o oborinama dnevnog, satnog i 15-minutnog trajanja. Dijagramom (slika 3.) dati su podaci o zabilježenim iznosima satnih oborinama na svim mjernim mjestima u slučaju pojave maksimalnih vrijednosti na nekoj od lokacija. Već kod dnevnih vrijednosti uočljivo je znatno (i 80%-tno) međusobno odstupanje istovremeno zabilježenih podataka te je logično da su ta odstupanja kod oborina kraćeg trajanja još izraženija pa i 100%-tna. Nije tome glavni uzrok vremensko kašnjenje oborine uslijed kretanja mase oblaka ili eventualna neusklađenost satova instrumenta (Satovi su provjeravani svakih par mjeseci, a pojedino maksimalno ugađanje za cijelo razdoblje je cca 5 min.) već prostorna neravnomjerna rasprostranjenost oborina. Točnost prethodne tvrdnje potkrepljuju slike 4. Na svakom dijagramu prikazana je oborina jedne kišne epizode registrirana istovremeno na različitim lokacijama. Dakle, predočena je interna struktura izdvojenih oborina. Očito se radi o intenzivnim oborinama kratkog trajanja (pljuskovima) koji su hidrološki najinteresantniji sa stanovišta inženjerske prakse. Odabiru je prethodilo razdvajanje (pomoću modelskog paketa SWMM) svih registriranih oborina na kišne epizode s međurazmakom različitog trajanja bez oborina (MRKE = 24; 12; 6; 3 i 1 sat). I tu su zamjetne velike razlike registriranih vrijednosti između različito lociranih instrumenata,

ali one, uz to, ukazuju i na razlike u ukupnom volumenu pale oborine, što također ima velik inženjersko-praktični značaj. Utjecaj međurazmaka oborina na vrijednosti volumena i trajanja tako definirane oborine predložene su tablicom 3. I ovdje se uočava vrlo različita prostorna ispoljenost unutar istog događaja (kišne epizode).



Slika 4: Interna struktura izdvojenih karakterističnih kišnih epizoda



Slika 5: Po tri najveća volumena oborina zabilježena na svakoj od lokacija mjerenja uz jednosatni međurazmak kišnih epizoda (MRKE)

Tbl. 3: Raspon iznosa volumena i trajanja oborina na pet lokacija mjerenja pri pojavi maksimalne vrijednosti proračunat za različite međurazmake kišnih epizoda

UTJECAJ MEĐURAZMAKA KIŠNIH EPIZODA NA MAX. IZNOSE V I T KIŠA				
MRKE**	* volumen V (mm)	datum	* trajanje T (h)	datum
1 h	85,1 – 48,9	05.09.2001.	51 – 48	08.11.1999.
	57,3 – 37,3	03.06.2001.	49 – 29	23.11.1998.
	50,4 – 43,1	08.11.1999.	35 – 15	20.06.2001.
3 h	89,0 – 67,6	05.09.2001.	57 – 29	24.11.1999.
	66,2 – 43,4	03.06.2001.	57 – 49	23.11.1998.
	66,2 – 35,5	28.05.2002.	51 – 50	08.11.1999.
6 h	91,7 – 67,6	05.09.2001.	67 – 58	22.09.2002.
	85,1 – 51,4	28.05.2002.	61 – 1	06.07.2002.
	68,8 – 35,6	11.06.1999.	57 – 49	23.11.1998.
12 h	91,7 – 69,6	05.09.2001.	139 – 34	06.08.2002.
	85,1 – 51,4	28.05.2002.	82 – 49	23.11.1998.
	68,8 – 35,6	11.06.1999.	75 – 47	29.01.2001.
24 h	91,7 – 69,9	05.09.2001.	215 – 30	14.02.1999.
	85,5 – 1,1	17.06.2001.	101 – 4	19.02.1999.
	85,1 – 51,4	28.05.2002.	90 – 15	17.06.2001.

* - raspon volumena kiša registriranih na pet lokacija pri pojavi maksimalnog iznosa

** - MRKE skraćenica za međurazmak kišnih epizoda

4. ZAKLJUČAK

Iskustva na monitoringu oborina i otjecanja u kanalizacijskom slivu grada Osijeka ukazala su da je potrebno raspolagati sa puno iskustva i sreće da se postavljeni zadatak kvalitetno izvede do kraja.

Pouzdana hidrometrijska oprema, dobar odabir lokacija mjernih stanica, ispravna ugradnja i programiranje rada te praćenje i kontrola monitoringa pokazali su se vrlo osjetljivim momentima od sudbonosnog značenja za izmjeru raspodjele oborina i otjecanja unutar urbane zone grada. Uočena je potreba za kontinuiranim nadzorom, redovitim održavanjem mjerne opreme i očitavanjem podataka.

Iznešeno istraživanje u znatnoj mjeri rasvjetljava oborinske događaje na području grada Osijeka. Značajno je jer je prvo takovog tipa u ovom gradu, a postignuti rezultati morali bi imati odraza na praktično inženjerstvo ove sve urbaniziranije sredine.

Provedenim monitoringom nesumljivo je utvrđeno da se po izduženoj urbanoj površini grada Osijeka oborine znatno razlikuju uslijed vremenske i prostorne neravnomjernosti. Za duži period promatranja ukupne oborine po gradu su podjednakog iznosa, ali kod kraćih perioda evidentne su njihove razlike po lokacijama. Za pojedine gradske pljuskove uočljiv je lokalni karakter (nekoliko km²) o čemu treba voditi računa kod projektiranja objekata gradske odvodnje. Za razmatrani period istraživanja interna struktura značajnijih pljuskova ukazuje na njihovu veliku prostornu neravnomjernost (raznolikost značajki pljaska po lokacijama). Također, rekonstruirana interna struktura pljuskova daje mogućnost proučavanja pojavnosti oblika hidrograma, maksimuma, volumena i trajanja pljuskova na različitim lokacijama.

Svakako bi trebalo nastaviti istraživanja, prvenstveno daljnjim mjerenjima, i to ne samo oborina već i otjecanja kanalizacijskim sustavom. Predstoji analize u cilju definiranja osnovnih karakteristika reprezentativnih (mjerodavnih) pljuskova.

LITERATURA

1. Bonacci, O. (1994.): Oborine: glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus, GEING, Split, Sveučilišta u Splitu i Osijeku, R. Hrvatska.
2. Bras, R. L. (1990.): Hydrology, Addison – Wesley Publ. Comp., Reading, Massachusetts, USA.
3. Čačić, Lj., Vouk, V. (1994.): Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda grada Osijeka, Problemi u zaštiti okoliša Osijeka - Zbornik ekoloških radova, Ministarstvo kulture i prosvjete i drugi, Tipografija, Đakovo, R. Hrvatska.
4. Deduš, B. (2002.): Hidroinformatika i urbana odvodnja, Zbornik radova okruglog stola "Urbana hidrologija", Split, Hrvatsko hidrološko društvo.
5. Patrčević, V., Maričić, S., Mijušković-Svetinović, T.: The parameters determination problem of the sewage system function; XXIth Conference of the Danube Countries on Hydrological Forecasting and the Hydrological Basis of Water Management, Bucharest, Romania, 2.- 6. September 2002.
6. Patrick, N., A., Stephenson, D. (1990.): Spatial variation of rainfall intensities for short duration storms, Hydrol. Sci. J. 35 (6).
7. Srebrenović, D. (1986.): Primjenjena hidrologija, Tehnička knjiga, Zagreb, R. Hrvatska.
8. *(2000.): "Izvještaj o provedenom monitoringu oborina i otjecanja tijekom 1999. godine", Zavod za hidrotehniku - Građevinski fakultet u Osijeku, R. Hrvatska.

Autori:

Mr. sc. Siniša Maričić, dipl. ing. građ. E-mail: smaricic@most.gfos.hr

Mr. sc. Tatjana Mijušković, dipl. ing. građ. E-mail: tatjanam@most.gfos.hr

Dr. sc. Vladimir Patrčević, dipl. ing. građ. E-mail: vladimir.patrcovic@zg.tel.hr
Građevinski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku, Drinska 16a,
Osijek, tel.031/274-377



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.27.

Vremenske serije i klaster analiza u ocjeni kvalitete vode rijeke Drave

Marija Marijanović Rajčić, Tomislav Jakovčić, Ksenija Vitale, Ankica Senta

SAŽETAK: U rijeku Dravu, neposredno prije mjesta uzorkovanja s mosta između Donjeg Miholjca i Dravasabolča, ulijeva se s mađarske strane potok Fekete viz, koji dovodi i otpadne vode grada Pečuha. Zbog pretpostavke da vode potoka Fekete viz i rijeke Drave nisu dobro izmiješane do mjesta uzorkovanja, u međunarodnom monitoringu između Hrvatske i Mađarske uspostavljena su tri mjesta ispitivanja – sredina, lijeva i desna obala rijeke.

U monitoring je uključen veliki broj pokazatelja kvalitete voda, a iz neobrađenih podataka je teško procijeniti koliko se vode s tri mjerna mjesta razlikuju u kvaliteti.

Iz mjesečnih podataka međunarodnog monitoringa iz 2000. i 2001. god. načinjena je statistička analiza podataka, koja uz osnovne statističke veličine, sadrži vremenske serije i klaster analizu. U statističku obradu su uključeni sljedeći pokazatelji kvalitete voda: temperatura vode, pH, vodljivost, otopljene i suspendirane tvari, zasićenje kisikom, KPK-Mn, KPK-Cr, BPK₅, amonij, nitriti, nitrati, kloridi, sulfati, kalcij, magnezij, natrij, kalij, alkalitet i tvrdoća.

Iz vremenskih serija uočljive su sezonske promjene kvalitete vode vezane uz temperaturu i protok vode. Iz klaster analize proizilazi grupiranje uzoraka sličnog kemijskog sastava po vremenu uzorkovanja. Grupiranje po mjestu uzorkovanja nije dokazano, te se ne može govoriti o značajnom zagađenju koje donosi potok Fekete viz u rijeku Dravu niti o utjecaju njegovih voda na bilo koje promatrano mjerno mjesto.

KLJUČNE RIJEČI: kvaliteta voda rijeka, rijeka Drava, monitoring, vremenske serije, klaster analiza

Time Series and Cluster Analysis in River Drava Quality Control

SUMMARY: Fekete viz is the tributary creek from Hungarian side near the sampling station at the bridge between Donji Miholjac and Dravasabolč. Fekete viz brings wastewater from town of Pečuh and there is a possibility that water is not well mixed before the sampling station. Therefore, in regularly international monitoring between Hungary and Croatia, three sampling stations at the bridge are established - middle of the river flow and right and left banks of the river.

Monitoring includes large numbers of parameters and raw data are inconclusive in assessing the difference of water quality between samples from three sampling stations.

Beside the basic statistical analysis, time series and cluster analysis on monthly monitoring data from year 2000 and 2001, were performed. Next parameters of water quality were included: water temperature, pH, conductivity, dissolved and suspended matter, oxygen saturation, COD-Mn, COD-Cr, BOD₅, ammonium, nitrite, nitrate, chloride, sulfate, calcium, magnesium, sodium, potassium, alkalinity and hardness.

Results of time series have shown that there are evident seasonal changes in river water quality in relation to water temperature and flow. Grouping by the time of sampling is evident from cluster analysis, in which samples with similar chemical composition are grouped. Grouping by sampling locations is not evident from cluster analysis, and it could be concluded that there is no significant influence of tributary creek Fekete viz, on water quality at any examined sampling station.

KEYWORDS: river water quality, Drava river, monitoring, time series, cluster analysis

UVOD

Uobičajena situacija u monitoringu kvalitete voda rijeka je mjerenje velikog broja pokazatelja, uzorkovanje u različito doba godine i na mnogo mjernih mjesta [1], čime se dobiva veliki broj podataka koje je često teško interpretirati [9]. U monitoringu kvalitete voda rijeka, potrebno je također odrediti da li je promjena koncentracije mjerenog pokazatelja uzrokovana onečišćenjem prouzrokovanim ljudskim aktivnostima ili je posljedica prirodnih (klimatskih, vremenskih) promjena u hidrologiji rijeke [1]. Ocjena kvalitete voda temelji se i u svijetu i u Hrvatskoj uglavnom na pojedinom pokazatelju ili određenoj grupi pokazatelja [8], dok se u redovnom monitoringu mjeri mnogo veći broj pokazatelja i za ocjenu kvalitete voda potrebna je primjena istraživačke analize podataka i multivarijantnih statističkih metoda kojima se može reducirati veliki broj fizičkih i kemijskih pokazatelja. Klaster analiza se široko primjenjuje jer kao neovisna metoda može ukazati na povezanost između uzoraka i/ili varijabli [1, 7]. Povezanost uzoraka temelji se na sličnim udaljenostima u fizičkom i kemijskom sastavu i može ukazati na prisutnost sezonskih promjena ili utjecaja uzrokovanih ljudskim aktivnostima. Vremenskim serijama može se utvrditi postojanje sezonskih varijabilnosti.

U posljednje vrijeme veliki broj radova bavi se razlikovanjem sezonskih promjena kvalitete voda i antropogenog utjecaja na kvalitetu voda primjenom istraživačke analize podataka [1, 6, 9].

U međunarodnom monitoringu, u koji je uključena Mađarska i Hrvatska, voda rijeke Drave na mjernom mjestu Donji Miholjac - Dravasabolč uzorkuje se na tri mjesta - sredina, desna i lijeva obala rijeke jer se neposredno prije mjesta uzorkovanja, oko 6 rkm uzvodno, u rijeku Dravu ulijeva s mađarske strane potok Fekete viz, kojim se odvođe i otpadne vode grada Pečuha, a pretpostavka je da do mjesta uzorkovanja, vode nisu potpuno izmiješane, te se od siječnja 1983. god. uzorkuje na navedene tri mikrolokacije.

U ovom radu iz podataka monitoringa iz 2000. i 2001. god. [4, 5], odredit će se da li postoji razlika u uzorcima s tri mikrolokacije uzrokovana ulijevanjem voda Fekete viz. Uz osnovne statističke veličine, srednju vrijednost i standardnu devijaciju, primjenjene su vremenske serije i klaster analiza u ocjeni kvalitete vode. U obradu su uključeni sljedeći podaci iz monitoringa: protok vode, temperatura vode, koncentracija otopljenih i suspendiranih tvari, vodljivost, zasićenje kisikom, kemijska potrošnja kisika iz kalijeva permanganata (KPK-Mn) i kalijeva dikromata (KPK-Cr), biološka potrošnja kisika (BPK₅), amonij, nitriti, nitrati, kloridi, sulfati, kalcij, magnazij, natrij, kalij, alkalitet i ukupna tvrdoća.

MATERIJAL I METODE

Način uzorkovanja

Uzorci vode rijeke Drave uzorkovani su mjesečno s mosta. Uzorkovanje je obavljeno ponedjeljkom, uglavnom do 10. u mjesecu. Uzorkovanje je ponavljano u redovitim

tromjesečnim ciklusima: prvi mjesec uzorkuje hrvatska strana, drugi mjesec mađarska strana, a treći mjesec se provodi zajedničko uzorkovanje. Analize svaka strana obavlja zasebno, a rezultati analiza zajedničkih uzorkovanja se usklađuju polugodišnje. Pri uzorkovanju vode mjerena je samo temperatura vode. Svi ostali pokazatelji mjereni su drugi dan nakon uzorkovanja u laboratoriju.

Analitičke metode

Svi pokazatelji mjereni su primjenom standardnih hrvatskih, europskih ili međunarodnih normi ili preporučenim metodama, a sadrže ih izvještaji o kakvoći voda [4, 5].

Podaci o protoku dobiveni su iz vrijednosti vodostaja [3] za sat i dan uzorkovanja, te su očitani iz krivulja ovisnosti vodostaja i protoka.

Obrada podataka

Podaci iz monitoringa obrađeni su statističkim programom Statistica 6.0 (StatSoft, Inc. 1984-2001, Tulsa, SAD). Od osnovnih statističkih veličina u radu su prikazane srednja vrijednost i standardna devijacija. Načinjene su vremenske serije za pojedine pokazatelje i hijerarhijska klaster analiza za sve uzorke i pokazatelje za obje promatrane godine.

Vremenske serije su načinjene s pomičućim prosjecima za uzorke sa sve tri mikrolokacije kroz obje godine ispitivanja, jer je za njih potreban veći broj podataka.

U klaster analizi korištena je Ward-ova metoda i Euclidean-ova udaljenost kao mjera sličnosti među uzorcima.

REZULTATI I DISKUSIJA

U tablici 2 prikazane su osnovne statističke veličine - srednja vrijednost i standardna devijacija po pojedinom pokazatelju i mjernom mjestu kroz period od dvije godine ispitivanja, što znači da je u obradu uključeno 24 podatka.

Iz srednjih vrijednosti pojedinih pokazatelja, koje su vrlo bliske na pojedinim mikrolokacijama, može se govoriti o sličnom fizičko-kemijskom sastavu voda, a iz visokih standardnih devijacija po pokazateljima o prisutnim sezonskim promjenama u kvaliteti voda.

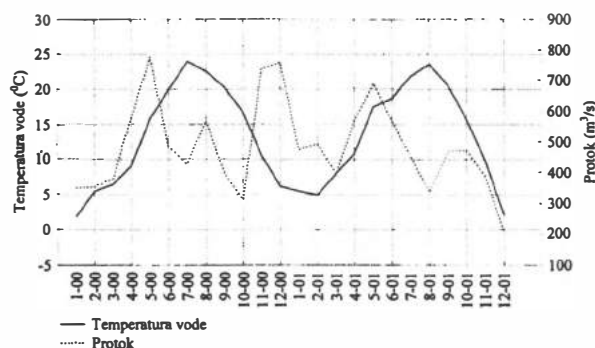
Protok vode (slika 1) ukazuje na dvije hidrološki različite godine. U 2000. god. visoke vode su bile u travnju, svibnju, studenom i prosincu, a u 2001. god. u svibnju, lipnju, rujnu i listopadu, a izrazito nizak protok zabilježen je pri uzorkovanju u prosincu.

Temperatura vode prikazana za mikrolokaciju sredina rijeke (slika 1) pokazuje vrlo slične godišnje raspodjele uvjetovane klimatološkim promjenama godišnjih doba.

Na slikama 2 i 3 prikazane su vremenske serije za odabrane pokazatelje za sve mikrolokacije kroz promatrani period od dvije godine. Vremenske serije za vodljivost, otopljenost tvari i zasićenje kisikom (slika 2) pokazuju izraziti utjecaj klimatoloških i hidroloških uvjeta i sezonsku varijaciju. Sezonsku varijaciju pokazuje i zasićenje kisikom iako je na neki način kod njega trebao biti uklonjen sezonski utjecaj jer se računa iz izmjerene otopenosti kisika i teoretske vrijednosti kisika pri izmjerenoj temperaturi vode. U vodi rijeke Drave u ljetnim mjesecima dolazi do povišenog zasićenja kisikom, a najvjerojatnije zbog biološke aktivnosti. Vremenske serije za KPK-Mn i BPK₅ (slika 3) koji se kao pokazatelji organskog onečišćenja mogu povezati s antropogenim utjecajem, ne pokazuju izrazite sezonske promjene.

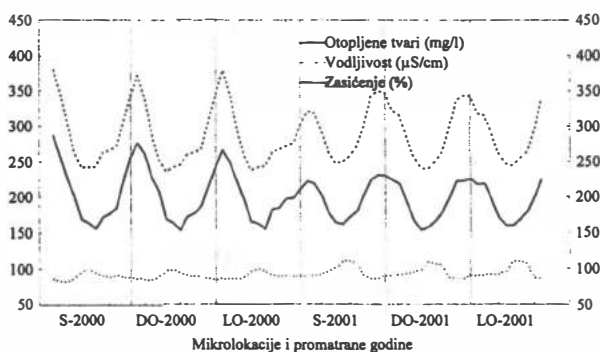
Tablica 1 - Prikaz srednjih vrijednosti i standardnih devijacija po pokazatelju kvalitete voda na mikrolokacijama sredina, desna i lijeva obala rijeke Drave na mjernom mjestu Donji Miholjac - Dravasabolč u periodu 2000. - 2001. god.

POKAZATELJ	SREDINA		DESNA OBALA		LIJEVA OBALA	
	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
Temperatura vode (°C)	13,28	7,26	13,33	7,29	13,40	7,28
pH	7,98	0,27	7,98	0,28	7,98	0,28
Otopljene tvari (mg/l)	203	43,6	201	43,1	200	38,8
Suspendirane tvari (mg/l)	20,8	12,0	17,8	8,5	19,3	8,1
Vodljivost (μS/cm)	293	52,0	288	51,5	291	52,0
Zasićenje kisikom (%)	93,0	10,6	92,9	10,5	93,1	10,9
KPK-Mn (mgO ₂ /l)	2,59	0,54	2,47	0,55	2,50	0,51
KPK-Cr (mgO ₂ /l)	7,2	1,4	6,9	1,7	6,7	1,4
BPK ₅ (mgO ₂ /l)	2,1	0,84	2,0	0,86	1,9	0,74
Amonij (mgN/l)	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
Nitriti (mgN/l)	0,015	0,007	0,014	0,007	0,014	0,007
Nitrati (mgN/l)	1,20	0,48	1,20	0,45	1,20	0,52
Kloridi (mg/l)	9,95	2,94	9,83	3,01	9,98	2,87
Sulfati (mg/l)	30,4	7,3	30,4	7,2	30,4	7,2
Kalcij (mg/l)	45,0	8,0	45,4	8,5	44,8	7,9
Magnezij (mg/l)	12,2	3,5	11,3	3,0	12,1	3,4
Natrij (mg/l)	7,1	1,9	6,8	2,0	7,0	1,9
Kalij (mg/l)	1,9	0,28	1,8	0,28	1,9	0,27
Alkalitet (mekv/l)	2,8	0,72	2,8	0,74	2,8	0,72
Ukupna tvrdoća (°njemački)	9,1	1,72	9,0	1,64	9,1	1,74

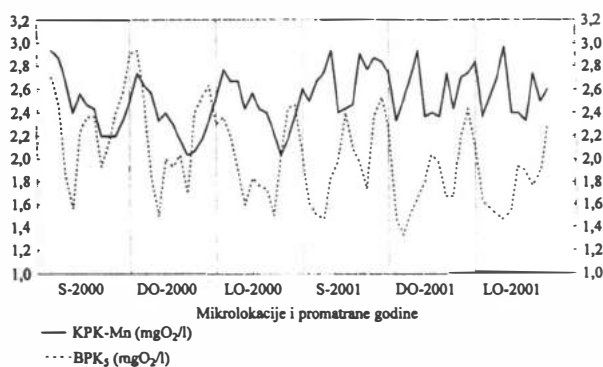


Slika 1 - Prikaz temperature vode na mikrolokaciji sredina rijeke Drave na mjernom mjestu Donji Miholjac - Dravasabolč i protoka kroz dvije ispitivane godine (1-00 - 12-00 su temperature vode uzoraka i protoka po mjesecima u 2000. god. a 1-01 - 12-01 u 2001. god.)

Vremenske serije su vrlo slične za sve tri mikrolokacije u istim godinama, a razlikuju se po pokazateljima u različitim godinama.

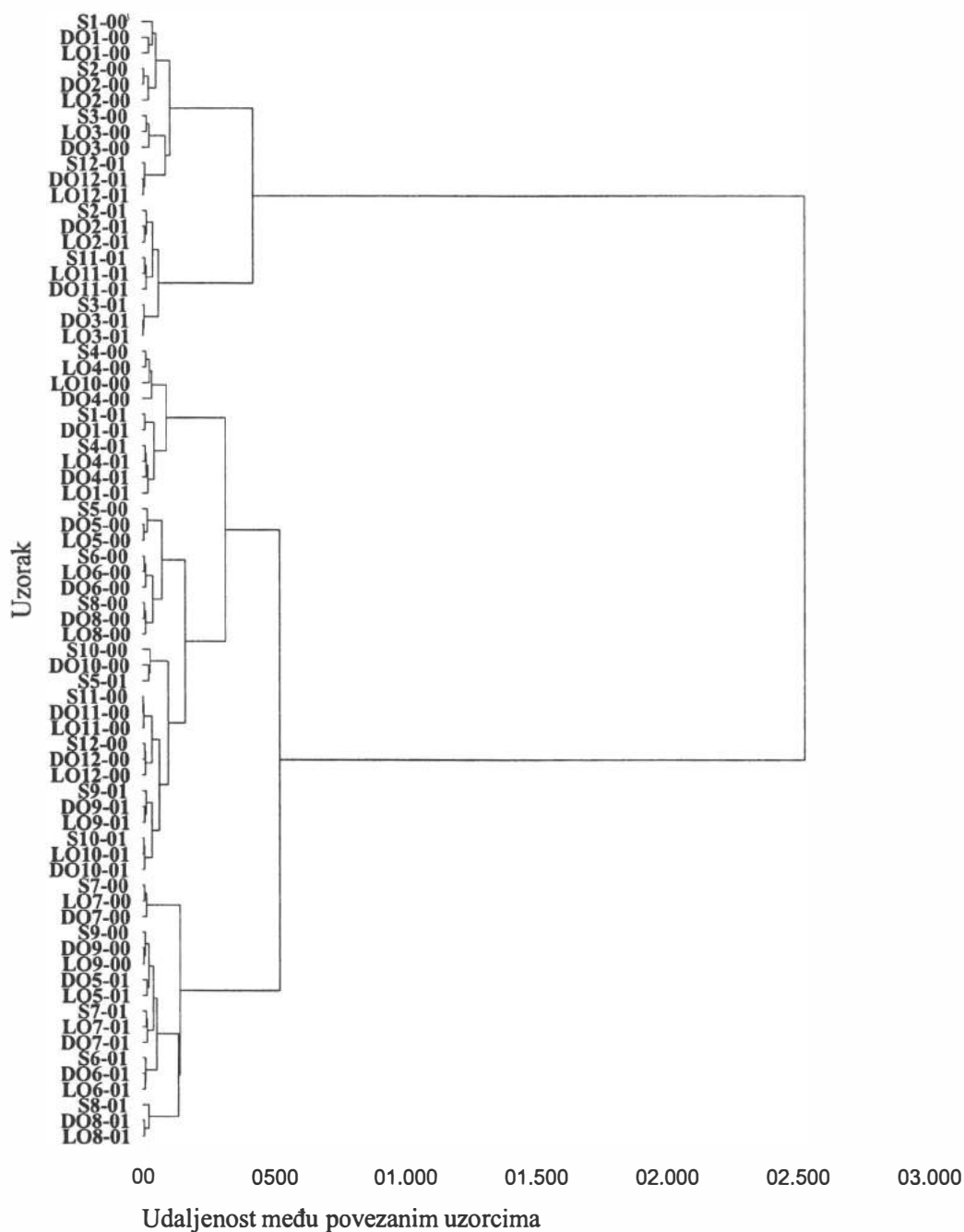


Slika 2 - Prikaz vremenskih serija za otopljene tvari, vodljivost i zasićenje kisikom za period od 2000. - 2001. god. na tri mikrolokacije na rijeci Dravi na mjernom mjestu Donji Miholjac - Dravasabolč (S - sredina rijeke, DO - desna obala, LO - lijeva obala)



Slika 3 - Prikaz vremenskih serija za KPK-Mn i BPK5 za period od 2000. - 2001. god. na tri mikrolokacije na rijeci Dravi na mjernom mjestu Donji Miholjac - Dravasabolč (S - sredina rijeke, DO - desna obala, LO - lijeva obala)

Na slici 4 prikazana je hijerarhijska klaster analiza svih uzoraka. Klaster analiza grupira uzorke prema njihovoj sličnosti u fizičko-kemijskom sastavu koristeći sve informacije sadržane u originalnim podacima.



Slika 4 - Prikaz klastera za uzorke svih mikrolokacija (S - sredina rijeke, DO - desna obala rijeke, LO - lijeva obala rijeke) kroz promatrani period od dvije godine (1-00 - 12-00 su uzorci po mjesecima iz 2001. god.)

Na dijagramu klaster analize (slika 4) uočljiva su dva veća klastera od kojih se svaki sastoji od dva manja. Gornji klaster, koji predstavlja uzorke vode bolje kvalitete, obuhvaća manji broj uzoraka. U prvom podklasteru su uzorci iz siječnja, veljače i ožujka 2000. god. te uzorci iz prosinca 2001. god. - uzorci iz hladnog dijela godine i perioda manjih protoka (slika 1). U sljedećem podklasteru s još većom međusobnom sličnošću su uzorci iz veljače, ožujka i studenoga 2001. god. Zatim slijedi podgrupa s najvećim brojem uzoraka. U toj podgrupi s udaljenosti od oko 400, obuhvaćeni su uzorci vode iz travnja, svibnja, lipnja, kolovoza, listopada, studenoga i prosinca 2000. god. te iz siječnja, travnja, rujna i listopada 2001. god. Posljednja podgrupa, koja predstavlja uzorke najlošije kvalitete, obuhvaća uzorke iz srpnja i rujna 2000. god., te iz svibnja, lipnja, srpnja i kolovoza 2001. god. - uzorci iz toplog dijela godine i uzorkovani pri višim vodostajima. Iz dijagrama klaster analize nije uočljivo grupiranje uzoraka po mjestu uzorkovanja, nego samo po vremenu uzorkovanja, iz čega se može zaključiti, da vode potoka Fekete viz ne utječu na kvalitetu vode rijeke Drave ni na jednoj mikrolokaciji na mjernom mjestu Donji Miholjac – Dravasabolč, odnosno da su izmiješane do mjesta uzorkovanja.

ZAKLJUČAK

Provedenom statističkom analizom 20 pokazatelja kvalitete voda rijeke Drave na mjernom mjestu Donji Miholjac – Dravasabolč na tri mikrolokacije – sredina, desna i lijeva obala rijeke u periodu od 2000. –2001. god., može se zaključiti, već po srednjim vrijednostima, o velikoj sličnosti između uzoraka, a iz visokih vrijednosti standardnih devijacija o sezonskoj varijabilnosti pokazatelja.

Vremenskim serijama je potvrđena izražena sezonska varijacija za otopljene tvari, vodljivost i zasićenje kisikom, a promjene koje nisu vezane uz klimatske i hidrološke uvjete su karakteristične za KPK-Mn i BPK₅.

Hijerarhijskom aglomerativnom klaster analizom dokazano je grupiranje uzoraka samo po vremenu uzorkovanja, a ne i po mjestu uzorkovanja, te se ne može govoriti o utjecaju voda potoka Fekete viz na neku od mikrolokacija promatranog mjernog mjesta.

Prema grupiranju uzoraka po vremenu uzorkovanja može se zaključiti da u ocjeni kvalitete voda možda nije potrebno mjesečno uzorkovanje što treba potvrditi analizom podataka za dvomjesečna uzorkovanja.

Kvaliteta voda je najbolja u vrijeme niskih vodostaja i zimskom periodu, a najlošija u toplom dijelu godine i/ili pri visokim vodostajima.

Povezivanje uzoraka po sličnom kemijskom sastavu trebalo bi još dokazati i provedbom ostalih metoda istraživačke analize podataka i multivarijantne statistike.

Literatura

- [1] Alberto, W.D., Del Pilar, D.M., Valeria, A.M., Fabiana, P.S., Cecilia, H.A., De Los Angeles, B.M. (2001): *Pattern recognition techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality. A case study: Sequía river basin (Córdoba – Argentina)*. Water Research, 35(12), 2881-2894.
- [2] Brodnjak-Vončina, D., Dobčnik, D., Novič, M., Zupan, J. (2002): *Chemometrics characterisation of the quality of river water*. Analytica Chimica Acta, 462, 87-100.
- [3] <http://www.voda.hr/vodostaj.htm>

- [4] Izvještaj, *Sustavno ispitivanje kakvoće vode rijeka Mure, Drave i Dunava u 2000. godini*. Škola narodnog zdravlja "Andrija Štampar", Zagreb, 2001.
- [5] Izvještaj, *Sustavno ispitivanje kakvoće vode rijeka Mure, Drave i Dunava u 2001. godini*. Škola narodnog zdravlja "Andrija Štampar", Zagreb, 2002.
- [6] 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.
- [7] Simeonov, V., Stefanov, S., Tsakovski, S. (2000): *Environmetrical treatment of water quality survey data from Yantra river, Bulgaria*. Mikrochimica Acta, 134, 15-21.
- [8] *Uredba o klasifikaciji voda*, Narodne novine, 77, 1998.
- [9] Vega, M., Pardo, R., Barrado, E., Debán, L. (1998): *Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis*. Water Research, 32 (12), 3581-3592.

Autori:

mr.sc. Marija Marijanović Rajčić, dipl. ing. kem.,

mr.sc. Tomislav Jakovčić, dipl.ing.kem.,

dr.sc. Ksenija Vitale, dipl.ing.bioteh.,

dr.sc. Ankica Senta, dipl.ing.bioteh.

Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet, Škola narodnog zdravlja "Andrija Štampar", Zagreb, Rockefellerova 4

Telefon: 4590 167, 4590 173, telefax: 4590 180,

e-mail: marija.marijanovic@snz.hr



Rad 2.28.

Utjecaj gnojidbe mineralnim dušikom na sadržaj nitrata u tlu i na koncentraciju NO_3^- N u vodi iz drenskih cijevi

Milan Mesić, Ferdo Bašić, Ivica Kisić, Anđelko Butorac, Ivan Gašpar

SAŽETAK: Na dreniranom pseudoglejnom tlu blizu Popovače postavljen je 1996. godine stacionarni poljski pokus s različitim količinama mineralnog dušika primijenjenog u gnojidbi ratarskih kultura. U radu su prikazani rezultati ostvareni u razdoblju od 1996. do 2001. godine, s posebnim naglaskom na sadržaj NO_3^- u tlu i koncentraciju NO_3^- N u vodi iz drenskih cijevi. U pokusu su bile uključene sljedeće varijante:

1. Kontrola 2. N_0 PK 3. N_{100} PK 4. N_{150} PK 5. N_{200} PK 6. N_{250} PK
7. N_{250} PK+Fosfogips 8. N_{250} PK+Zeolit+ CaCO_3 9. N_{300} PK, i 10. Crni ugar.

Na pokusnoj površini uzgajani su usjevi u sljedećoj plodosmjeni: kukuruz (*Zea mays*) - ozima pšenica (*Triticum aestivum*) – ozima uljana repica (*Brassica napus* var. *oleifera*). Prema ostvarenim rezultatima prosječni sadržaj NO_3^- u tlu varirao je od 0,7 do 7,9 mg NO_3^- 100g⁻¹ tla. Prosječna koncentracija NO_3^- N u vodi iz drenskih cijevi varirala je prema godinama istraživanja i varijantama pokusa između 2,5 mgL⁻¹ u kontrolne varijante do 27,5 mgL⁻¹ NO_3^- N u varijante s 300 kg mineralnog dušika.

KLJUČNE RIJEČI: nitrati, nitratni dušik, tlo, voda, drenaža

Influence of Mineral Nitrogen Fertilization on Nitrate Content in Soil and on NO_3^- N Concentration in Drainpipe Water

SUMMARY: Effect of nitrogen fertilization upon the concentration of nitrate nitrogen in subsurface drainage water was studied in stationary field experiment with different mineral nitrogen rates applied to arable crops. The trial was established on drained Stagnosols near Popovača in 1996. The results presented in the paper are for the period from 1996 to 2001, with special emphasis on NO_3^- content in soil and on NO_3^- N concentration in drainpipe water. Trial treatments were:

1. Check–unfertilized, 2. N_0 PK, 3. N_{100} PK, 4. N_{150} PK, 5. N_{200} PK, N_{250} PK, N_{250} PK + Phosphogypsum, N_{250} PK + Zeolite tuff + CaCO_3 , 9. N_{300} PK and 10. Black fallow.

Trial crops were grown in a following crop sequence: corn (*Zea mays*) – winter wheat (*Triticum aestivum*) – winter oilseed rape (*Brassica napus* var. *oleifera*). According to the results of the trial, the average soil nitrogen content varied from 0.7 to 7.9 mg NO_3^- 100g⁻¹ of soil. According to the drainage discharge analyses the average NO_3^- N concentration varied per investigation year and per trial treatment between 2.5 mgL⁻¹ in check treatment to 27.5 mgL⁻¹ NO_3^- N in treatment with 300 kg of mineral nitrogen.

KEYWORDS: Nitrate, nitrate nitrogen, soil, water, drainage

Uvod

Raspored i intenzitet oborina, fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla, te faza razvitka usjeva i evapotranspiracija presudno utječu na ispiranje dušika iz tla. Ispiranje nitrarnog dušika iz tla ovisi o količini NO_3^- u tlu i količini vode koja se procjeđuje kroz masu tla (Addiscott et al., 1991, Meissner et al., 1999, Pratt, 1984). Svi biljno uzgojni zahvati, uključujući i gnojdbu, moraju osigurati dovoljne količine dušika za različite usjeve, pri čemu se postavlja uvjet da se smanji mogućnost za gubitke dušika ispiranjem. Intenzitet gnojdbu dušikom presudno utječe na sadržaj nitrarnog dušika u vodi (Pratt i Adriano, 1973, Meissner et al., 1999). U istraživanju gubitaka dušika porijeklom iz mineralnih gnojiva bez korištenja izotopa N^{15} ne može se precizno pratiti sudbina primijenjenog dušika. Ako se zanemari pitanje da li je dušik u vodi porijeklom iz primijenjenih gnojiva ili je nastao mikrobiološkom razgradnjom organske tvari tla, javlja se mogućnost pojednostavljenog pristupa u istraživanju ispiranja dušika. Utjecaj obrade tla na ispiranje dušika dobro je vidljiv upravo u slučaju crnog ugara. Ako se usporede gubici nitrata iz tla pod biljnim pokrovom, te iz tla koje se obradom održava u stanju crnog ugara, uvjerljivo su veće količine nitrata zabilježene u vodi porijeklom iz tla pod ugarom (Zavadil and Kvitek, 1997, Ylaranta et al., 1993, Mclenaghan et al., 1996, Merbach et al., 1997., Meissner et al., 1999). Drugi razlog većih gubitaka dušika iz tla pod ugarom može se naći u povećanoj količini vode koja se nakon oborina procjeđuje kroz tlo (Aase et al., 1996, Wong and Rowell, 1994), pri usporedbi sa tlom pod biljnim pokrovom, gdje se dio vode troši za transpiraciju. Ukupni gubici dušika mogu se razmjerno dobro pratiti na dreniranim površinama, pri čemu se prati drenskog istek, te koncentracija dušika u vodi iz drenskih cijevi.

Materijal i metode

U pokusu s test kulture uzgajani: kukuruz (1996. i 1998/99.), ozima pšenica (1996/97. i 1999/2000.), ozima uljana repica (1997/98. i 2000/01.). Gnojdba dušikom varirala je od 0 do 300 kg/ha za svaku kulturu. U pokusu su zastupljene sljedeće varijante:

1. Kontrola,
2. N_0 PK,
3. N_{100} PK,
4. N_{150} PK,
5. N_{200} PK,
6. N_{250} PK,
7. N_{250} PK+ fosfogips,
8. N_{250} PK+zeolitni tuf+ CaCO_3 ,
9. N_{300} PK i
10. Crni ugar

Primjena fosfogipsa u količini 12 t/ha, te zeolitnog tufa i CaCO_3 u količini 3t/ha provedena je prije osnovne obrade tla za prvu test kulturu. U varijante s crnim ugarom provedeni su svi zahvati obrade tla kao i na ostalim varijantama pokusa, uključujući i zahvate dopunske obrade tla. Veličina pokusne parcele za svaku varijantu je 30x130 m (3900 m²), a uvjetovana je razmakom drenskih cijevi, kao i s njihovom dužinom (130 m). U svakoj pokusnoj varijanti nalaze se po dvije drenske cijevi u punoj dužini, pri čemu je jedna instalirana sa, a druga bez šljunka, koji je korišten kao filter materijal. U vrijeme kad je postojao drenski istek prikupljeni su podaci o količinama isteka za svaku drensku cijev, te su dnevno uzimani uzorci vode. Sadržaj $\text{NO}_3^- \text{N}$ u vodi, te količina drenskog isteka poslužili su za proračun gubitaka $\text{NO}_3^- \text{N}$ drenskim cijevima prema varijantama pokusa i prema godinama istraživanja.

Rezultati i rasprava

Višegodišnje prosječne vrijednosti mjesečnih količina oborina i srednje mjesečne temperature (1965-1990) prikazane su u tablici 1. Prosječna godišnja suma oborina iznosi 865 mm, a srednja godišnja temperatura 10,7 °C.

Tablica 1. - Prosječna mjesečna količina oborina i srednja mjesečna temperatura

1965-90.	Prosječna mjesečna količina oborine (mm) i srednja mj. temperatura (°C)												Suma/ Prosjek
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
mm	53	51	59	73	80	90	77	85	80	63	87	65	865
°C	-0,2	2,0	6,6	11,0	15,9	19,0	20,8	19,8	16,1	10,8	5,3	1,4	10,7

U tablici 2 prikazana je mjesečna količina oborina koja je zabilježena u razdoblju istraživanja. Poznavanje mjesečnih količina oborina, zajedno s podacima o vrsti i fazi razvitka test kulture presudni su za bolje razumijevanje dinamike nitrata u tlu, drenskog isteka, te ukupnih gubitaka nitratnog dušika drenskim cijevima.

Tablica 2. - Količina oborina u razdoblju istraživanja

Godina	Oborine, mm												Suma
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1997.	44	55	24	46	73	81	103	63	30	76	127	86	808
1998.	65	23	56	59	103	107	121	87	174	120	102	49	1066
1999.	36	36	24	112	92	74	80	67	67	47	59	79	773
2000.	26	49	72	125	28	48	58	3	82	49	96	79	715
2001.	88	4	102	60	35	121	35	44	197	15	78	35	814

Značajke tla

Tlo na pokusnoj površini je drenirani pseudoglej, ravničarski, duboki, distrični, sa stratigrafijom profila A+E_g – E_g – B_g – C. Suvišno vlaženje prisutno je u gornjem dijelu profila i to od oborinske vode, a podzemna voda se javlja ispod 175 cm dubine. Oborinska voda stagnira povremeno na teksturno težem - iluvijalnom horizontu formiranom u procesu lesivaže. Zbog fizikalnih (visok udio praha i gline) i kemijskih značajki (nedostatak kalcija, nizak sadržaj humusa), ovo je tlo ograničene plodnosti. Razmjerno intenzivna mineralna gnojidba veoma je važna za ratarenje u datim agroekološkim uvjetima. Podaci u tablici 3 ukazuju na mali porozitet i osrednji kapacitet za vodu. Zbog rješavanja problema stagnirajuće površinske vode površina je drenirana, pri čemu je razmak ugrađenih drenskih cijevi 20 m.

Tablica 3. - Fizikalne značajke tla

Genetski horizont	Dubina, cm	Porozitet, (% Vol.)	Kapacitet za vodu, %	Kapacitet za zrak, %	Relativna gustoća, g/cm ³	
					Volumna	Prava
A+E _g	0-32	43,7	39,7	4,0	1,54	2,74
E _g	32-52	40,0	39,2	0,8	1,65	2,74
B _g	52-97	43,0	41,2	1,6	1,58	2,77

Tlo je u A and E_g horizontima ilovaste teksture, dok je u B_g horizontu riječ o pjeskovito glinastoj ilovači (tablica 4).

Tablica 4. - Tekstura tla

Genetski horizont	Dubina, cm	% čestica tla, mm				Tekstura
		Krupni pijesak (2-0.2)	Sitni pijesak (0.2-0.02)	Prah (0.02 - 0.002)	Glina (< 0.002)	
A+E _g	0-32	0,15	48,55	30,80	20,50	Ilovača
E _g	32-52	0,18	45,17	31,40	23,25	Ilovača
B _g	52-97	0,04	51,11	24,50	24,35	Pj. glinasta ilovača

Reakcija tla je kisela u oraničnom i u eluvijalnom horizontu, a slabo kisela u B_g horizontu (tablica 5). Tlo je u oraničnom horizontu slabo humozno, dobro opskrbljeno dušikom i biljci pristupačnim fosforom, te umjereno opskrbljeno kalijem.

Tablica 5. – Kemijske značajke tla

Genetski horizont	Dubina, cm	pH u nKCl	Humus %	N – ukupni %	mg/100 g tla	
					P ₂ O ₅	K ₂ O
A+E _x	0-32	4,84	1,01	0,15	17,72	10,45
E _x	32-52	5,12	0,91	0,10	5,20	7,15
B _g	52-97	6,02	0,35	0,04	7,68	6,43

Nitrati u tlu

U četverogodišnjem razdoblju određivan je sadržaj nitrata u tlu. U tablici 6 su prikazane prosječne vrijednosti za dubine 0-30 cm, 30 – 55 cm i 55-80 cm. Razlike u sadržaju nitrata u tlu izražene su prema varijantama pokusa. S obzirom da je sadržaj nitrata u tlu pod utjecajem brojnih čimbenika, tek višegodišnji prosjek ukazuje na određene pravilnosti. S povećanjem količine apliciranog mineralnog dušika u pravilu se povećavao i sadržaj nitrata u tlu za sve tri dubine. Razlike u sadržaju nitrata u tlu prema varijantama ukazuju na brzinu transformacije dušika u tlu nakon primjene mineralnih dušičnih gnojiva. Veće razlike javljaju se uglavnom između varijanata bez dušika ili onih s gnojdbom od 100 i 150 kg dušika te onih s gnojdbom od 250 i 300 kg dušika. Ako se posebno promotri sadržaj nitrata u tlu u varijanata bez gnojidbe dušikom, te u varijante crnog ugara, evidentno je da je u većini slučajeva sadržaj nitrata u tlu pod ugarom bio veći. Ta razlika dijelom se može objasniti pojačanom mineralizacijom dušika u tlu pod ugarom, a dijelom nepostojanjem biljnog pokrova koji bi utrošio oslobođene nitratre.

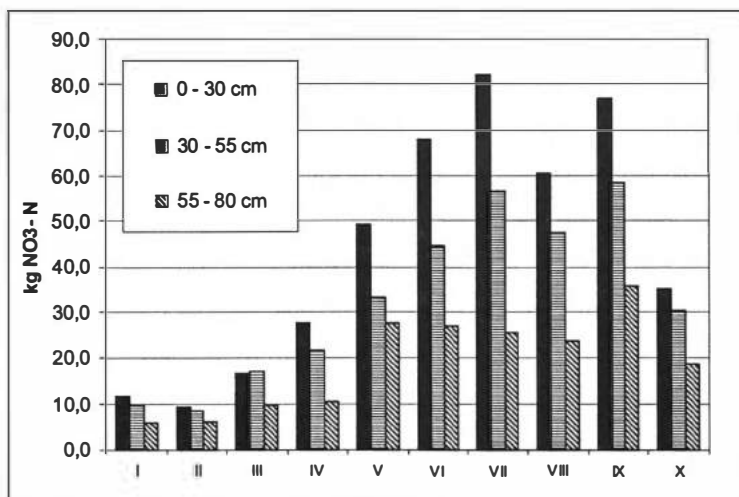
Tablica 6. – Prosječni sadržaj nitrata u tlu, 1996-2001. godina

Varijanta	Dubina		
	0 - 30 cm	30 - 55 cm	55 - 80 cm
	mg NO ₃ ⁻ 100g ⁻¹ tla		
1. Kontrola	1,1	1,0	0,7
2. N ₀ PK	0,9	0,9	0,7
3. N ₁₀₀ PK	1,6	1,8	1,1
4. N ₁₅₀ PK	2,6	2,3	1,2
5. N ₂₀₀ PK	4,7	3,6	3,1
6. N ₂₅₀ PK	6,5	4,8	3,0
7. N ₂₅₀ PK FG	7,9	6,1	2,9
8. N ₂₅₀ PK ZT	5,8	5,1	2,6
9. N ₃₀₀ PK	7,4	6,3	4,0
10. Crni ugar	3,4	3,2	2,1

Na dubini od 30 do 55 cm sadržaj nitrata u tlu u pravilu je bio niži od onog u površinskom sloju tla, ali uz gotovo istu pravilnost vezanu uz količinu primijenjenog mineralnog dušika. Ista tvrdnja vrijedi i za dubinu od 55 do 85 cm, pri čemu se može pretpostaviti da su nitrati na ovoj dubini uglavnom porijeklom iz plićih horizonata tla. Sadržaj organske tvari na ovoj dubini je mali, a razmjerno su male i mogućnosti njezine mineralizacije.

Ovakvo stanje u podoraničnom horizontu ukazuje na raspoređivanje nitrata u profilu tla pod utjecajem kretanja podpovršinske vode. Prema prosječnom sadržaju nitrata u tlu izračunate su prosječne količine dušika koje se odnose na tlo do dubine 30, 30 – 55, te 55 – 80 cm, a prema varijantama pokusa prikazane su na grafu 1.

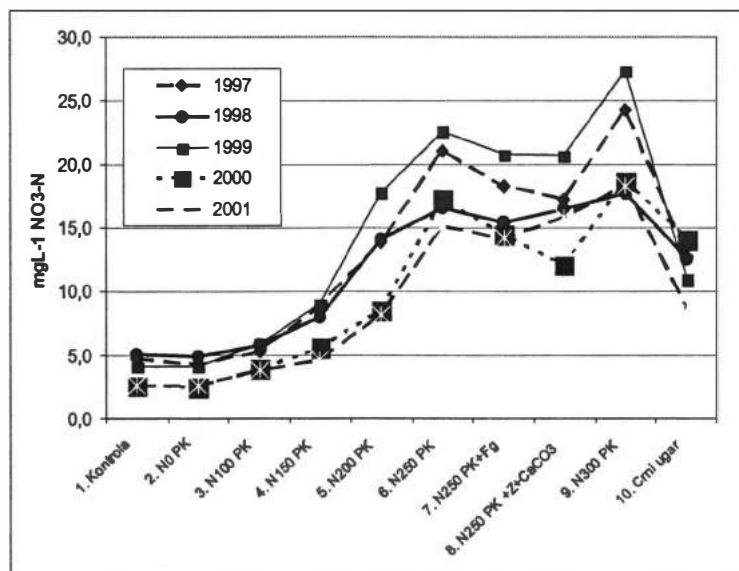
Graf 1. – Prosječna količina nitratnog dušika u tlu prema varijantama pokusa



Nitratni dušik u vodi iz drenskih cijevi

Koncentracija NO₃⁻ N u vodi iz drenskih cijevi varirala je prema količini primijenjenog dušika, prema količini i intenzitetu oborina, te prema količini drenskog isteka. U varijantama bez gnojidbe dušikom, preciznije, u kontrolne varijante, varijante s gnojidbom fosforom i kalijem, te u varijante crnog ugara prosječne koncentracije NO₃⁻ N bile razmjerno su niske (graf 2).

Graf 2. – Prosječna koncentracija NO₃⁻ N u vodi iz drenskih cijevi



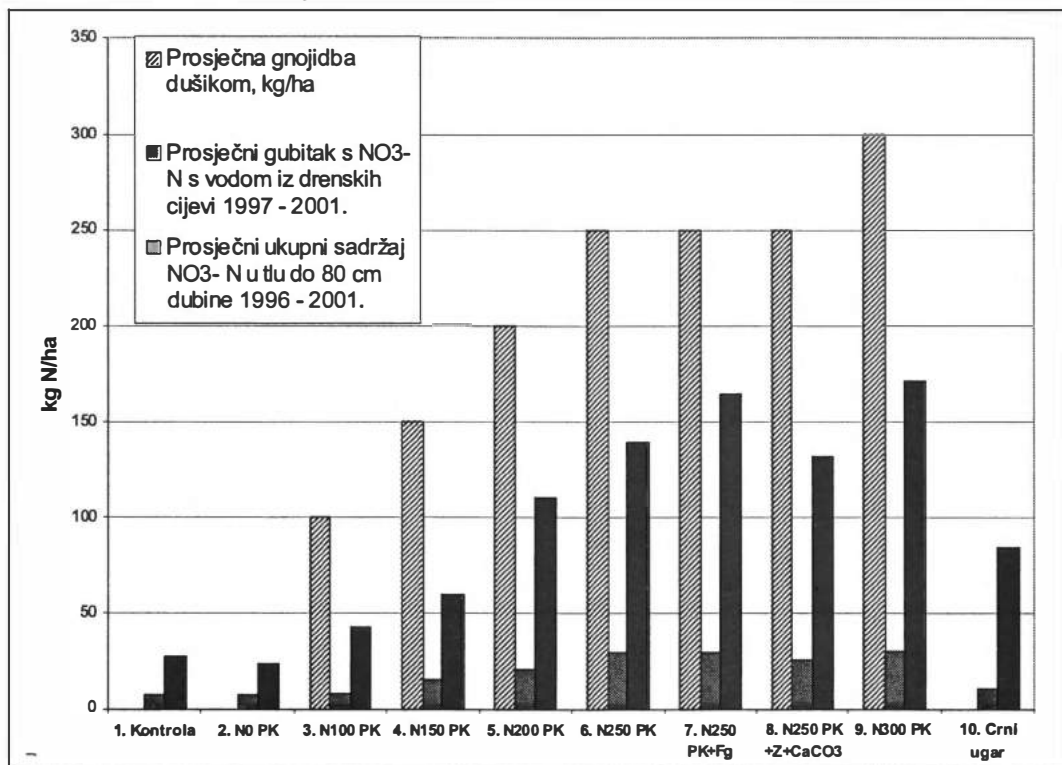
S povećanjem količine mineralnog dušika primijenjenog u gnojidbi povećavala se i prosječna vrijednost koncentracije $\text{NO}_3^- \text{N}$. Maksimalna prosječna koncentracija od $27,5 \text{ mgL}^{-1} \text{NO}_3^- \text{N}$ zabilježena je u varijante s $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{N}$. Slične rezultate navode i drugi autori Klačić i sur. (1998), Šimunić i sur. (2002). Na temelju koncentracije $\text{NO}_3^- \text{N}$ u vodi, te prema količini drenažnog isteka izračunati su ukupni gubici dušika s vodom iz drenskih cijevi (Tab. 7).

Tablica 7. - Ispiranje $\text{NO}_3^- \text{N}$ s vodom iz drenskih cijevi

Varijanta pokusa	1997.*	1998.	1999.	2000.	2001.	Prosjek
	Kg N ha ⁻¹					
1. Kontrola	4,7	14,0	11,9	2,7	2,6	7,2
2. N ₀ PK	5,5	14,3	11,8	3,1	2,6	7,5
3. N ₁₀₀ PK	6,1	14,2	11,5	3,9	3,9	7,9
4. N ₁₅₀ PK	12,3	27,1	27,5	6,7	4,6	15,7
5. N ₂₀₀ PK	17,2	35,9	34,5	9,7	8,1	21,1
6. N ₂₅₀ PK	22,8	42,6	49,0	17,1	15,1	29,3
7. N ₂₅₀ PK+Fg	25,2	43,7	49,5	15,1	14,2	29,5
8. N ₂₅₀ PK+Z+CaCO ₃	21,7	32,5	41,7	17,5	15,7	25,8
9. N ₃₀₀ PK	27,4	30,2	51,0	25,8	18,3	30,5
10. Crni ugar	13,6	7,2	10,7	13,2	8,6	10,7

* samo studeni i prosinac

Graf 3. – Usporedni prikaz prosječne gnojidbe dušikom, prosječnog ukupnog sadržaja nitratnog dušika u tlu i prosječnih gubitaka dušika s vodom iz drenskih cijevi, 1997 – 2001.g.



Prosječni gubici dušika u kontrolne varijante iznosili su $7,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ NO}_3^- \text{ N}$, dok je u varijante s gnojidbom fosforom i kalijem zabilježena količina od $7,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ NO}_3^- \text{ N}$. Slijedi varijanta br. 3 u kojoj je od 100 kg dušika primijenjenog u gnojidbi zabilježen gubitak od svega $7,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$. U varijante br. 4 sa 150 kg N ha^{-1} , s vodom iz drenskih cijevi isprano je prosječno $15,7 \text{ kg ha}^{-1}$, a od 200 kg dušika u slučaju varijante br. 5, gubitak je iznosio $21,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ NO}_3^- \text{ N}$. U slučaju varijanti 6, 7 i 8 gubici su redom iznosili $29,3$, $29,5$ i $25,8 \text{ kg}$ dušika. U varijante 9 s maksimalnih 300 kg mineralnog dušika zabilježen je prosječni gubitak od $30,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ NO}_3^- \text{ N}$. Ispiranje u varijante crnog ugara bilo je razmjerno visoko – $10,7 \text{ kg ha}^{-1}$ što je vrijednost koja je primjerice veća nego gubitak zabilježen u varijante sa 100 kg dušika.

Na grafu 3 prikazana je ukupna prosječna količina primijenjenog mineralnog dušika, prosječna količina nitratnog dušika u tlu do dubine 80 cm i prosječni gubitak dušika s vodom iz drenskih cijevi. Može se zaključiti da su, izraženo u postotku, gubici dušika s vodom iz drenskih cijevi u prosjeku iznosili od 8 do 12% ukupne primijenjene količine mineralnog dušika. Ako se uvaži činjenica da se i iz tla koje nije gnojeno, a na kojem se uzgajaju kulture, ispiru određene količine dušika, tada se odnos mijenja, te se ispire od $0,4$ do $8,8 \%$ primijenjenog mineralnog dušika.

Zaključci

Rezultati istraživanju upućuju na sljedeće zaključke:

1. Prosječni gubici dušika s vodom iz drenskih cijevi u varijanti 1 i 2 u kojih su usjevi uzgajani bez gnojidbe dušikom varirali su od $7,2$ to $7,5 \text{ kg ha}^{-1}$. Pri usporedbi s ovim vrijednostima prosječni gubici u varijante crnog ugara bili su veći – $10,7 \text{ kg ha}^{-1}$.
2. Gubici nitratnog dušika s vodom iz drenskih cijevi u varijanti s različitim količinama dušika varirali su od $7,9 \text{ kg ha}^{-1}$ u varijante sa $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ do $30,5 \text{ kg ha}^{-1}$ u varijante s $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$.
3. Gubici dušika s vodom iz drenskih cijevi u prosjeku iznosili od 8 do 12% ukupne primijenjene količine mineralnog dušika.
4. Ako se računa ispiranje iz tla koje nije gnojeno dušikom kao prirodni gubitak, tada je gubitak dušika u dušikom gnojenih varijanti iznosio $0,4$ do $8,8 \%$ primijenjenog mineralnog dušika.

Zahvala

Ovo istraživanje provedeno je u okviru znanstvenog projekta «Utjecaj rastućih doza mineralnog dušika na njegovo ispiranje». Provedbu veoma skupih i zahtjevnih terenskih i laboratorijskih istraživanja omogućila su sredstva dobivena od Ministarstva znanosti i tehnologije RH, Hrvatskih voda, te poduzeća Petrokemija d.d. i Moslavka d.d. Autori koriste ovu priliku da se zahvale za pomoć, potporu i razumijevanje pri radu.

Literatura:

- Aase, J.K., Pikul, J.L., Prueger, J.H., Hatfield, J.L., 1996. Lentil water use and fallow water loss in a semiarid climate. *Agronomy Journal* 88(5):723-728.
- Addiscott, T.M., Whitmore, A.P., Powlson, D.S., 1991. Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem, C.A.B International, Wallingford, UK.

- Bakhsh, A., Kanwar, R. S., Jaynes, D. B., Colvin, T. S., Ahuja, L. R., 2000. Prediction of NO₃-N losses with subsurface drainage water from manured and UAN-fertilized plots using GLEAMS. Transactions of the ASAE, VOL. 43(1): 69-77.
- Bašić, F., Tomić, F., 1996. Classification of soil damages in Croatia. Second Inter. Conference - Soil Monitoring in Czech Republic, Brno. 134-143.
- Bielek, P., 1988. Nitrate in nature: product of soil cover. Proceedings of the First International Nitrogen Conference, 23-27 March 1998. Noordwijkerhout, The Netherlands.(Edits.) van der Hoek *et al.* Elsevier science. 527-530.
- Butorac, A., 1994. Conservation Tillage in Eastern Europe. In Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems. Edited by M.R. Carter, Lewis Publishers, Boca Raton, USA, p. 354-374.
- Hoffmann, M., Johnsson, H., Gustafson, A., Grimvall, A., 2000. Leaching of nitrogen in Swedish agriculture —a historical perspective. Agriculture, Ecosystems and Environment 80 (2000) 277–290.
- Hoffmann, M., Johnsson, H., 1999. A method for assessing generalised nitrogen leaching estimates for agricultural land. Environmental Modeling and Assessment 4 (1999) 35–44 35
- Kersebaum, K.C., Wenkel, K.-O. 1998. Modelling water and nitrogen dynamics at three different spatial scales – influence of different data aggregation levels on simulation results. Nutrient Cycling in Agroecosystems 50: 313–319.
- Kitchen, N.R., Hughes, D.E., Donald, W.W., Alberts, E.E., 1998. Agrichemical movement in the root-zone of claypan soils - ridge- and mulch-tillage systems compared. Soil & Tillage Research. 48(3):179-193.
- Klačić, Ž., Petošić, D., Čoga, L., 1999. Nitrate leaching in different pipe drainage distances, Agriculturae Conspectus Scientificus, Supplement No.4 Vol. 63:331-338.
- Klocke, N.L., Watts, D.G., Schneekloth, J.P., Davison, D.R., Todd, R.W., Parkhurst, A.M. 1999. Nitrate leaching in irrigated corn and soybean in a semi-arid climate. Trans. ASAE. 42(6):1621-1630.
- Mclenaghan, R.D., Cameron, K.C., Lampkin, N.H., Daly, M.L., Deo, B., 1996. Nitrate leaching from ploughed pasture and the effectiveness of winter catch crops in reducing leaching losses. New Zealand Journal of Agricultural Research. 39(3):413-420.
- Meissner, R., Seeger, J., Rupp, H., Balla H., 1999. Assessing the impact of agricultural land use changes on water quality. Water Sci. Technol. 40(2):1-10.
- Merbach, W., Holzel, D., Schalitz, G., Pickert, J., Jacob, H.J., Latus, C., 1997. Lysimeter investigations on the effect of winter catch crops and weeded fallow on the N-dynamics in a sandy treposol soil of northeast Germany. Isotopes in Environmental & Health Studies. 33(1-2):53-59.
- Mesić, M., A. Butorac, F. Bašić, I. Kisić, I. Gašpar. 2001. Effect of nitrogen fertilization for oil seed rape on nitrogen leaching with subsurface drainage water. 12th World Fertilizer Congress, August, 3-9. 2001. Beijing, China.
- Mesić, M., A. Butorac, F. Bašić, I. Kisić. 2001. Influence of Nitrogen Fertilization on NO₃-N Concentration in Lysimeter Water. N 2001 The Second International Nitrogen Conference 2001. Potomac, Maryland, USA.
- Mesić, M., Bašić, F., Kisić, I., Bičanić, V., Višeznačna uloga poljoprivrede i gospodarenja tlom u Hrvatskoj, 36. Zbornik, Znanstveni skup hrvatskih agronoma, Opatija, 22.-25. veljače, - 2000., str. 16-21.

- Mesić, M., Bašić, F., Kisić, I., Butorac, A., Gašpar, I. Utjecaj gnojidbe mineralnim dušikom na sadržaj nitrata u tlu i na koncentraciju NO₃-N u vodi iz lizimetara, Znanstveno – stručni skup: Kako zaštititi vode Hrvatske s gledišta vodoopskrbe i odvodnje, Pula, 26-30. lipnja 2001. str. 381-386.
- Mesić, M., Butorac, A., Bašić, F., Kisić, I., Gašpar, I., Efficiency of Mineral Nitrogen rates Applied in Maize Fertilization, 10th Nitrogen Workshop, Copenhagen, Denmark, 1999.
- Mesić, M., Butorac, A., Bašić, F., Kisić, I., Gašpar, I., 2000. Influence of Black Fallow on Nitrate Leaching. Proceedings of 15th ISTRO Conference, 2000. – CD, p. 7. Fort Worth, Dallas, USA.
- Ng, H.Y.F., Tan, C.S., Drury, C.F., Gaynor J.D. 2002. Controlled drainage and subirrigation influences tile nitrate loss and corn yields in a sandy loam soil in Southwestern Ontario. Agriculture, Ecosystems and Environment 90 (2002) 81–88.
- Ostrom, N.E., Knoke, K.E., Hedin, L.O., Robertson G.P., Smucker, A.J.M., 1988. Temporal trends in nitrogen isotope values of nitrate leaching from an agricultural soil. Chemical Geology. 146(3-4):219-227.
- Sheldrick W.F., Syers, J.K., Lingard, J., 2002. A conceptual model for conducting nutrient audits at national, regional, and global scales. Nutrient Cycling in Agroecosystems 62: 61–72.
- Šimunić, I., Tomić, F., Klačić, Ž., 1998. Djelovanje drenaže na koncentraciju dušika u drenaznoj vodi. Hrvatske vode, 1:107-110.
- Šimunić, I., Tomić, F., Mesić, M., Kolak, I., 2002. Nitrogen leaching from meliorated soil. Die Bodenkultur 53 (2) 73-81.
- Tan, C.S., Drury, C.F., Reynolds, W.D., Groenevelt, P.H., Dadfar, H. 2002. Water and nitrate loss through tiles under a clay loam soil in Ontario after 42 years of consistent fertilization and crop rotation, Agriculture, Ecosystems and Environment 93 (2002) 121–130.
- Zavadil, J., Kvitek, T., 1997. The effect of soil management on washing-off nitrates and risk elements. Rostlinna Vyroba. 43(8):371-377.
- Ylaranta, T., Uusikamppa, J., Jaakkola, A., 1993. Leaching of nitrogen in barley, grass ley and fallow lysimeters. Agricultural Science in Finland. 2(4):281-291.
- xxx 1994. World Reference Base for Soil Resources, Draft. ISSS, ISRIC, FAO, Wageningen/Rome.

Autori:

Milan Mesić, Ferdo Bašić, Ivica Kisić, Anđelko Butorac,

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb

Ivan Gašpar,

Petrokemija d.d. Kutina, Aleja Vukovar 4, 44 320 Kutina



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.29.

Kakvoća vode za kupanje

Tatjana Mijušković-Svetinović, Siniša Maričić, Božena Tušar

SAŽETAK: U radu se daje osvrt na naše i europske propise, u pogledu kakvoće vode za kupanje i rekreaciju. Napravljen je i prikaz propisane kakvoće vode za kupanje u cilju sagledavanja njenih bitnih odrednica. Uočene su prisutne neusklađenosti propisa i prakse na primjerima kopnenih (slatkih) voda interesantnih za kupanje, vodene sportove i rekreaciju. Ističu se problemi utjecaja kanalizacijskih sustava na kakvoću vode prijamnika – istovremeno interesantnih za kupaće i slične korisnike. Na primjeru iz naše svakodnevice želi se potencirati uočeni problem nedorečene odgovornosti i nedostatne informiranosti.

KLJUČNE RIJEČI: kakvoća vode, voda za kupanje, propisi

Bathing Water Quality

SUMMARY: The paper gives an overview of provisions of the European and Croatian regulations in terms of bathing water quality. The paper shows prescribed bathing water quality, and definitions of “bathing water area”, “bathing”, “bathing water”, “bathing area (zone)” and “bathing season”. The paper considers present inconsistency of regulation and practice on the example of fresh (inland) waters that could be used for bathing, recreation and aquatic sports. The problems of combined sewer overflow impact on the recipient water quality affecting bathers and other users are also emphasized. The examples from everyday practice are used to highlight the problem.

KEYWORDS: water quality, bathing water, regulations

1. OPĆENITO

Upotrebljivost voda za pojedine namjene ovisi o sastavu, svojstvima i koncentraciji pojedinih tvari. Pri korištenju vode za kupanje i rekreaciju kakvoća vode je od izuzetne važnosti, u pogledu zdravstvenih i higijenskih uvjeta, a prisutne su još i subjektivne ocjene.

Kakvoća vode općenito, a naročito kakvoća vode za kupanje je u fokusu interesa građana. Na to ukazuje i činjenica da je već godinama DG Environment “water homepage” među 10 najposjećenijih internet stranica EU. Europljani su vrlo zainteresirani za kakvoću vode priobalnog mora, obale, rijeka i jezera. Oni stavljaju dobru kakvoću vode za kupanje na prvo mjesto kada prosuđuju svoj neposredan životni okoliš. Saznanje da imaju čistu i zdravstveno sigurnu vodu za kupanje i rekreaciju je važan faktor za odabir gdje će provesti praznike ili vikend. Također za turizam, čista i sigurna voda je važan razlog koji će privući posjetitelje na neko područje.

2. EUROPSKI PROPISI

2.1. Direktiva o vodi za kupanje 76/160/EEC i Okvirna direktiva o vodama (WFD 2000/60/EC)

Još davnih 70-tih godina, u Europi je odlučeno da će se pratiti kakvoća vode za kupanje u cilju zaštite zdravlja kupaca, kao i zaštite okoliša od zagađenja. To je 1976. godine rezultiralo jednom od prvih propisa Europskog zakonodavstva koji se tiču okoliša, Direktivom o vodi za kupanje 76/160/EEC. [3]

Tablica 1. Mikrobiološki pokazatelji [3]

Pokazatelj	Dopušteno		Dopušteno	
	Preporučljive vrijednosti	odstupanje (više) od preporučljive vrijednosti	Obvezne vrijednosti	odstupanje (više) od obvezne vrijednosti
Koliformne bakterije ukupno	500/100 ml	20%	10.000/100 ml	5%
Fekalne koliformne bakterije	100/100 ml	20%	10.000/100 ml	5%
Fekalni steptokoki	100/100 ml	10%	-	-

Tablica 2. Fizikalno-kemijski pokazatelji [3]

Pokazatelj	Dopušteno		Preporučljive vrijednosti	Dopušteno odstupanje (više) od preporučljive vrijednosti
	Obvezne vrijednosti	odstupanje (više) od obvezne vrijednosti		
pH	6-9	5%		
Boja	Bez abnormalnih promjena	5%		
Mineralna ulja	Voda: bez opne vidljive na površini i bez mirisa. Tlo: plaža mora biti pod nadzorom, za slučaj zagađenja, a plan za nuždu mora predviđati i mjere za slučajeve zagađenja uljem			
Površinski aktivne tvari	Bez trajne pjene	5%	<0.3mg/l	10 %
Fenoli	Bez posebnog mirisa	5%		
Prozirnost	Dubina secchi > 1m ili "bez abnormalnih smanjenja" kada norma >1m ne može biti ispunjena iz geografskih razloga			
Ostaci katrana i putajućih materijala kao što su drvo, plastični proizvodi, boce, staklo, plastika, guma ili bilo koje druge stvari	Bez kanalizacijskih krutina u vodi i na tlu	5%	Bez navedenih predmeta i tvari u vodi i na tlu	10%

Direktiva o vodi za kupanje iz 1976. godine je postavila obvezujuće standarde za vodu za kupanje širom Europske unije. Godišnji Izvještaj o vodi za kupanje (Bathing Water Report) i Turistički atlas (Tourist Atlas) pokazuju stvaran napredak stanja kakvoće vode za kupanje u Europi i kao i u svijesti javnosti u promicanju kakvoće vode za kupanje.

Međutim, 1976. g. Direktiva o vodi za kupanje je jasno odražavala stanje spoznaja i iskustava ranih 70-tih, kako tehnički tako i sociološki. Od 1976. godine epidemiološko znanje je unapređivalo, a poboljšane su i metode upravljanja i gospodarenja.

Ta Direktiva EU o vodi za kupanje (76/160/EEC) iz 1976. g. je još uvijek važeći propis, ali nedavno su države članice Europske unije morale su tu staru važeću Direktivu uskladiti s Okvirnom direktivom o vodama (Water Framework Directive, WFD 2000/60/EC). Ta Direktiva donosi novi, integralni pristup upravljanju zaštitom voda. [1,4]

Kriteriji kakvoće vode za kupanje utvrđuju se mikrobiološkim pokazateljima (Tablica 1) i fizikalno-kemijskim pokazateljima (Tablica 2.) prema još uvijek važećoj Direktivi iz 1976.g. [3]

2.2. Prijedlog revizije Direktive - COM(2002)581

24. listopada 2002. godine Europska komisija je prihvatila prijedlog revizije Direktive, Europskog parlamenta i Vijeća koja se odnosi na Kakvoću vode za kupanje COM(2002)581. Predložena Direktiva koristi samo dva bakteriološka parametra kao indikatore ali postavlja više zdravstvene standarde od Direktive 1976/160. Bazirajući se na internacionalnim epidemiološkim istraživanjima i na iskustvu s primjenom sadašnje Direktive o vodi za kupanje, kao i Okvirne direktive o vodama (Water Framework Directive), revidirana Direktiva omogućuje dugoročnu procjenu kakvoće i metode gospodarenja u cilju smanjenja učestalosti i cijene praćenja. [5]

Glavna promjena, s obzirom na staru direktivu, je drastično smanjenje broja parametara kakvoće vode koji će se koristiti. Uzimat će se u obzir i druge aktivnosti rekreacije na vodi (npr. kajak, i surfanje), ne samo kupanje, a predviđa se i uspostavljanje Planova za izvanredna stanja, za događaje kao što su poplave, akcidenti ili kvarovi na objektima infrastrukture.

Sama definicija vode za kupanje će biti izmjenjena tako da uključi sve tekućice ili kopnene stajačice površinske vode, prijelazne vode i obalne vode, ili njihove dijelove, gdje kupanje nije zabranjeno i tradicionalno se koristi za kupanje od velikog broja kupaca, ili gdje se aktivno potiče od javnih tijela ili komercijalnih interesa. Bit će također određene predviđene mjere gospodarenja u cilju poboljšanja kakvoće vode.

Kakvoća vode

Profil vode za kupanje bit će ustanovljen za svaku vodu koja se koristi za kupanje dajući opis njenih glavnih karakteristika i identificirati sve potencijalne izvore onečišćenja s procjenom njegovog mogućeg štetnog utjecaja na zdravlje. Profil će također uključivati i relevantne informacije, kao što su opis točaka praćenja i procjenu da li praćenje osigurava odgovarajuće inoformacije i za druge rekreativne aktivnosti.

Prijedlog je da se voda za kupanje klasificira kao loša, dobra ili odlična, prema tome kako je izmjereno prema reduciranom skupu parametara. Komisija predlaže dva mikrobiološka parametra za sva mjesta, koja se temelji na 95% ocjeni:

- crijevni *Intestinal Enterococci* (I.E), kolonija/100 ml (Dobra=200; Odlična=100)
- *Escherichia coli* (E.C.), kolonija/100 ml (Dobra=500; Odlična=250) i dodatni parametar za cvjetanje fitoplanktona ili proliferacija (razmnožavanje) mikroalgi za osjetljiva mjesta s obzirom na specifično toksično cjetanje. Dobra kakvoća podrazumjeva negativan rezultat testa.

Standardi su postavljeni s obzirom na epidemiološku studiju Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) koja je dovela u vezu nivo mikrobiološkog zagađenja i nivo oboljelih ljudi koji su se kupali u zagađenoj vodi, a čiji su rezultati potvrđeni i epidemiološkom studijom provedenom u Njemačkoj. Studija koju je naručila Defra (Department for Environment, Food and Rural Affairs) iz Londona, Velika Britanija, a publicirana u lipnju 2002.g., procjenjuje da približno 1.3 miliona slučajeva želučanih tegoba koje se javljaju u Engleskoj i Walesu, mogu se pripisati kupanju u zagađenim voda za kupanje.

Osim toga ispitivala bi se i dva fizikalno-kemijska parametra za sve vode:

- mineralna ulja (nema vidljivog filma na površini i nema mirisa); i
- ostaci kantrana i plivajućih tvari kao što su granje, plastika, staklo, guma ili bilo koje druge otpadne tvari (odsutnost)

Također, za slatke vode predviđa se i dodatni parametar:

- pH vrijednost (6-9 – bez neobjašnjivih varijacija).

Praćenje kakvoće vode

U prijedlogu su izložene metode za procjenu i klasificiranje područja vode za kupanje, kao i pravila što se tiče učestalosti praćenja. Za vodu za kupanje klasificiranu kao lošu, potrebno je periodično (najmanje jednom godišnje) napraviti detaljnu studiju i analizirati sve izvore i okolnosti koje mogu uzrokovati ili doprinijeti onečišćenju ili zagađenju. Rezultati će pomoći u odabiru odgovarajućih mjera gospodarenja. Za vode “odličnog stanja”, mora se provoditi ponovna analiza na bazi svake tri godine, a za vode “dobrog stanja” barem svake dvije godine.

Učestalost uobičajenog praćenja je dva analizirana uzorka mjesečno. U cilju klasifikacije vode učestalost je predložena za dva slučaja, za vrijeme jednog razdoblja od tri godine (0,5; 1 i 2 uzorka mjesečno) i za vrijeme dva razdoblja od tri godine (0,25; 0,5 i 2 uzorka mjesečno).

Jedan dodatni uzorak mora se uzeti jedan tjedan prije početka sezone kupanja. Uzimajući u obzir taj extra uzorak, ni u kom slučaju to ne bi smjelo biti manje od dva uzeta i analizirana uzoraka za jednu sezonu kupanja. Usklađeni standardi za rukovanje, analizu, skladištenje i transport uzoraka, također su navedeni u prijedlogu.

Planovi izvanrednog stanja

Planovi izvanrednog stanja trebali bi biti napravljeni za sve događaje kao što su poplave, akcidenti ili kvarovi na infrastrukturi koji mogu nepovoljno utjecati na kakvoću vode za kupanje. To bi identificiralo potencijalne uzroke i rizike utjecaja, uspostavilo nadzor i/ili rani sustav upozorenja i osiguralo vodič za prevenciju ili ublažavanje štete.

Informiranje i sudjelovanje javnosti

Prijedlog zahtijeva da se konzultira zainteresirana javnost i da je istoj dopušteno participirati ne samo u donošenju propisa, reviziji i osuvremenjivanju lista i profila vode za kupanje nego i kod gospodarskih mjera. U neposrednoj blizini svake vode za

kupanje, koncesionari moraju oglasiti netehnički sažetak profila vode za kupanje i njenu klasifikaciju kroz zadnje tri godine i dati procijenu da li su podaci praćenja relevantni i za druge rekreacijske aktivnosti. Tamo gdje je voda za kupanje uklonjena s liste, obavijest upozorava javnost i daje razloge koji moraju biti objavljeni za vrijeme sezone kupanje za godinu u kojoj je došlo do uklanjanja s liste. Upozorenje mora biti naznačeno najbliže što je moguće vodi za kupanje. Informacija mora bi trebala biti objavljena i na drugi način, npr. preko interneta, gdje bi bio objavljen kalendar praćenja i povijest incidenata koji zahtijevaju mjere gospodarenja.

3. HRVATSKI PROPISI I PRAKSA

U Republici Hrvatskoj propisi koji obuhvaćaju kakvoću vode su: Zakon o vodama (NN 107/95), Uredba o klasifikaciji voda (NN 77/98), Uredba o opasnim tvarima u vodama (NN 78/98), Uredba o standardima kakvoće mora na morskim plažama (NN 33/96), te Državni plan za zaštitu voda (NN 8/99).

Propisi Republike Hrvatske, koji se primjenjuju na morske plaže kao vode za kupanje, postoje i nešto su stroži od europskih propisa. Hrvatska je zainteresirana i za Program plava zastava (Blue flag). Taj program se godinama u Europi provodi, cilj mu je odgoj i obrazovanje u zaštiti kakvoće okoliša, mora i priobalja. Dodjeljuje se plažama i marinama koje ispunjavaju određene kriterije kakvoće vode, odnosno Plava zastava simbolički predstavlja očuvan i kvalitetan okoliš namijenjen odmoru, rekreaciji i svim drugim oblicima turizma. Ona podrazumjeva načela cjelovitog gospodarenja obalnim područjem. Također, u Hrvatskoj postoji i niz plaža i marina, koje već imaju Plavu zastavu, i više njih koji izrađuju dokumentaciju, kojom dokazuju da su ispunjeni zahtjevi za posjedovanje iste. [2]

Problem postoji kod kupališta, odnosno plaža na kopnenim vodama, jer se praćenje kakvoće voda na takovim plažama ne radi, jer nije striktno zakonski propisan. Dovoljno je reći da bi neki vodotok, odnosno rijeka trebala biti II. vrste i da se kao takova se u prirodnom stanju može koristiti za kupanje i rekreaciju, kao i za sportove na vodi. O tome da određena rijeka ne udovoljava propisima za II. vrstu kakvoće, i to uobičajeno za kritične parametre, javnost nije informirana. Drugi je problem što se voda ispituje na određenim točkama praćenja, koje su najčešće izvan grada, a ne na kupalištima, tako da je i takav podatak o kakvoći vode upitan, jer čak ni on ne odražava stanje na kupalištu. Kupališta se najčeće nalaze u centrima gradova, gdje određeni gradovi imaju na svojoj kanalizacijskoj mreži kišne preljeve preko kojih se ispušta voda koja značajno utječu na kakvoću vode prijamika, pa samim tim i kupališta.

Na Slici 1. prikazan je primjer upozoravanja kupaca na problematičnu kakvoću vode, odnosno potencijalnu opasnost kišnih rasterećenja iz kanalizacijske mreže na kakvoću vode, iz američke prakse.

S obzirom da je Hrvatska je potpisnica više međunarodnih ugovora i bilateralnih sporazuma u svezi praćenja stanja vodnih resursa, što sve utječe na obujam i vrstu godišnjeg praćenja, marala bi svojim propisima slijediti primjer Europske unije pa tako i po samim definicijama [4,5] kao što su:

- „kupanje“ – podrazumjeva kontakt s vodom uključujući uranjanje glave u vodu i/ili gutanje vode;
- „voda identificirana kao voda za kupanje“ – podrazumjeva sve tekućice ili slatkovodne stajačice, prijelazne vode i obalne vode koje se aktivno promiču za kupanje – na

lokalnoj, regionalnoj, nacionalnoj ili internacionalnoj razini – za kupanje (ili je vrlo vjerojatno da će biti promicane u bliskoj budućnosti) i/ili se redovito koriste za kupanje od strane lokalnog stanovništva ili gostiju.

- „zona kupanja“ znači određenu/zasebnu lokaciju unutar vode za kupanje gdje se, prosječno kroz sezonu kupanja, može naći veliki broj kupaca.
- „sezona kupanja“ podrazumjeva: razdoblje za vrijeme kojeg se očekuju kupaci, u svjetlu lokalnih običaja koji se tiču kupanja, i vremenskih uvjeta.

S obzirom na prethodne definicije, obveza ispitivanja kakvoće vode na plaža na kopnenim vodama, mora se uspostaviti kako zbog sigurnosnih, tako i iz zdravstvenih razloga.



Slika 1. Upozorenje javnosti na kišnom rasterećenjima iz kanalizacijske mreže iz američke prakse



Slika 2. Primjer kupališta na umjetnom jezeru Lapovac kod Našica

4. ZAKLJUČAK

S obzirom na naše važeće propise i na svakodnevicu, kupališta na kopnenim vodama se ne tretiraju kao kupališta ili plaže, pa se iz tog razloga i ne vrši ispitivanje njihova kakvoća vode. S obzirom i na staru Direktivu o vodi za kupanje iz 1976.g., a i s obzirom na prijedlog revizije Direktive iz 2002.g., to nikako ne bi ne bi smjelo biti, jer se kao voda za kupanje podrazumjevaju i mjesta na tekućicama ili slatkovodnim stajaćicama, gdje kupanje nije zabranjeno, a tradicionalno se koristi za kupanje velikog broja kupaca. Hrvatska bi morala osuvremeniti svoje propise po tom pitanju, kako kao zemlja koja pretendira na članstvo u EU, ali i kao zemlja koja brine o zdravlju i sigurnosti svojih građana.

Literatura:

1. Tališman, Ž. (2001): *Obnavljanje Direktive o kakvoći vode za kupanje (76/160/EEC)*. Hrvatska vodoprivreda br. 108, godište X., str. 30.
2. Tušar, B. (2002): *Plava zastava na našim plažama i marinama*. Hrvatska vodoprivreda, br. 117-118, godište XI., str.74-79.
3. *** (1976): *Council directive (76/160/EEC) concerning the Quality of Bathing Water*. Brussels.
4. *** (2000): *Communication from the Commission to the European Parliament and the Council – Developing a New Bathing water Policy, COM(2000)860 final*. Brussels
5. *** (2002): *Proposal for a Directive of the European parliament and of the Council concerning the quality of bathing water, COM(2002)581 final*. Brussels.

Autori:

mr.sc.Tatjana Mijušković-Svetinović, dipl.ing.građ. E-mail: tatjanam@most.gfos.hr

mr.sc.Siniša Maričić, dipl.ing.građ. E-mail: smaricic@most.gfos.hr

Građevinski fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku, Drinska 16a, 31000 Osijek

doc.dr.sc.Božena Tušar, dipl.ing.građ. E-mail: btusar@gtfvz.hr

Geotehički fakultet u Varaždinu, Hallerova aleja 7, 42000Varaždin



Uzroci zijeva (ugibanja) riba u Parku prirode Kopački rit

Stjepan Mišetić, Milorad Mrakovčić

SAŽETAK: U radu su prikazani rezultati dijela opsežnih bio-ekoloških istraživanja Specijalnog zoološkog rezervata Parka prirode Kopački rit provedenih u okviru projekta Hidrološke značajke Specijalnog zoološkog rezervata Kopački rit s posebnim osvrtom na ihtiofaunu. Cilj istraživanja je utvrditi prostornu i vremensku dinamiku abiotičkih i biotičkih činitelja u ekosistemu specijalnog zoološkog rezervata radi određivanja mjera za očuvanje najpovoljnijih ihtiocenoza, odnosno sprječavanja pojave zijeva riba. U tu svrhu istraživanja su obuhvatila fizikalno-kemijske, biološko-biocenotičke i ihtiološke analize. Utvrđena je povezanost pojave zijeva s dinamikom osnovnih abiotičkih parametara, temperature vode i sadržaja otopljenog kisika u određenim hidrološkim prilikama. Zijev je vezan za visinu vodostaja i pogoršanje meteoroloških uvjeta u kasnojletnom razdoblju.

KLJUČNE RIJEČI: Jezero Sakadaš, temperatura vode, otopljeni kisik, zijev riba, stratifikacija

Oxygen Deprivation as Cause of Fish Deaths in the Kopački Rit Nature Park

SUMMARY: The paper presents results of a comprehensive bioecological research conducted by the Kopački Rit Nature Park Special Zoological Reserve within the project Hydrological Characteristics of the Kopački Rit Special Zoological Reserve, which particularly focused on ichthyofauna. The aim of the research was to determine spatial and temporal changes of abiotic and biotic factors in the reserve ecosystem, in order to determine the measures for preservation of the most favorable ichthyocenoses and thus prevent the oxygen deprivation in fish. The research included physico-chemical, biological-biocenotic and ichthyological analyses. The relation has been determined between the oxygen deprivation and changes in the basic abiotic parameters, water temperature and dissolved oxygen content under particular hydrological conditions. The oxygen deprivation is related with the water levels and deterioration in meteorological conditions in late summer.

KEYWORDS: Sakadaš Lake, water temperature, dissolved oxygen, oxygen deprivation, stratification

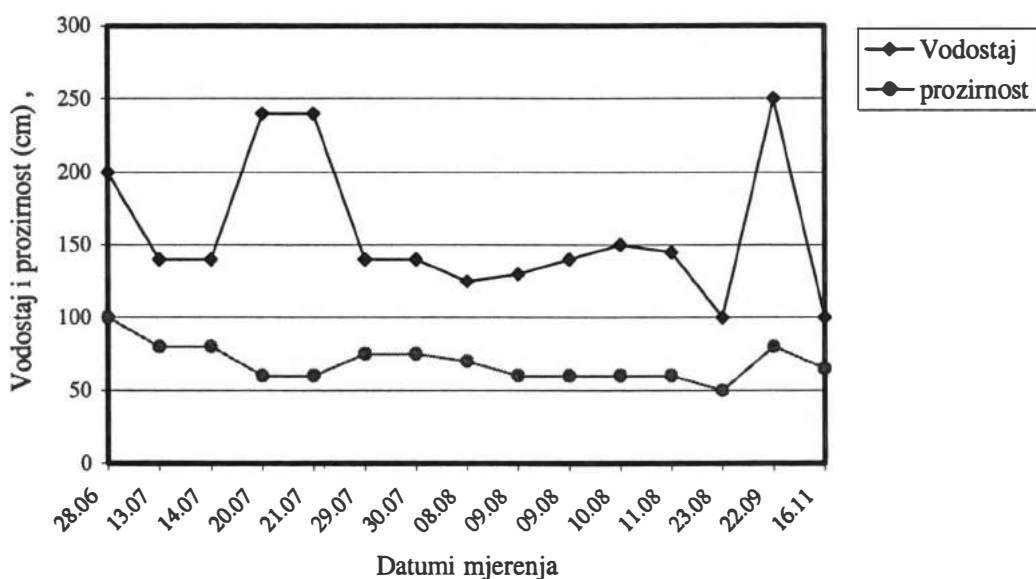
Uvod

Park prirode Kopački rit je poplavno područje Dunava i Drave i predstavlja jedno od najočuvanijih močvarnih prirodnih područja Europe. Nalazi se na sjeveroistoku Hrvatske s obje strane Dunava. Međunarodna važnost njegovih 23 000 ha potvrđena je 1993. godine uvrštavanjem na Ramsarski popis među 1198 najvrednijih močvarnih područja svijeta.

U mozaičnom rasporedu dijelova ritskog kopna i ritskih voda dominiraju jezera i bare povezani prirodnim kanalima i fokovima.

Od jezera posebice se ističe jezero Sakadaš kao dio ekosistema specijalnog zoološkog rezervata izdvojenog zbog raznolikosti ptica i prirodnog mrijestilišta riba unutar prostora Parka. Jezero Sakadaš je nastalo 1926. godine. Pored voda Dunava preko hulovskog kanala, nakon izgradnje ustave Kopačevo godine 1959. u njega su se do godine 1985. upuštale vode Stare Drave i kanala Barbara. Ove vode povremeno opterećene su otpadnim vodama, posebice sa svinjogojskih farmi. Posljedice toga bila su ugibanja riba u jezeru Sakadaš. Međutim, kako je do ugibanja riba dolazilo i nakon prestanka upuštanja ovih voda, godine 1988. vršena su fizikalno-kemijska i biološko- biocenotička istraživanja ovog ekosistema. Cilj im je bio utvrditi povezanost između pojave zijeva riba i ekoloških uvjeta jezera (Mišetić et al 1989). Nakon toga, istraživanja ovog tipa u ovom jezeru nisu provedena.

U ovom su radu izloženi osnovni ekološki uvjeti koji dovode do pojave zijeva riba s posebnim osvrtom na dinamiku temperature vode i otopljenog kisika. Dinamika vodostaja i prozirnosti vode tijekom istraživanog razdoblja vidi se na slici 1.



Slika 1: Dinamika vodostaja i prozirnosti vode jezera Sakadaš

Područje istraživanja i metode rada

Istraživanja su provedena u vremenskom razdoblju između lipnja i studenog 1988. godine na vertikalnom profilu najdubljeg dijela jezera u različito doba dana, ukupno 16 uzorkovanja. Najveća izmjerena dubina iznula je 7,5 m. Osim termičke stratifikacije i stratifikacije otopljenog kisika istraživana je stratifikacija CO_2 , mineralnih soli dušika i fosfora, organskih tvari, BPK5, reakcije vode pH vrijednosti, alkaliteta, tvrdoće, te kalcija i magnezija.

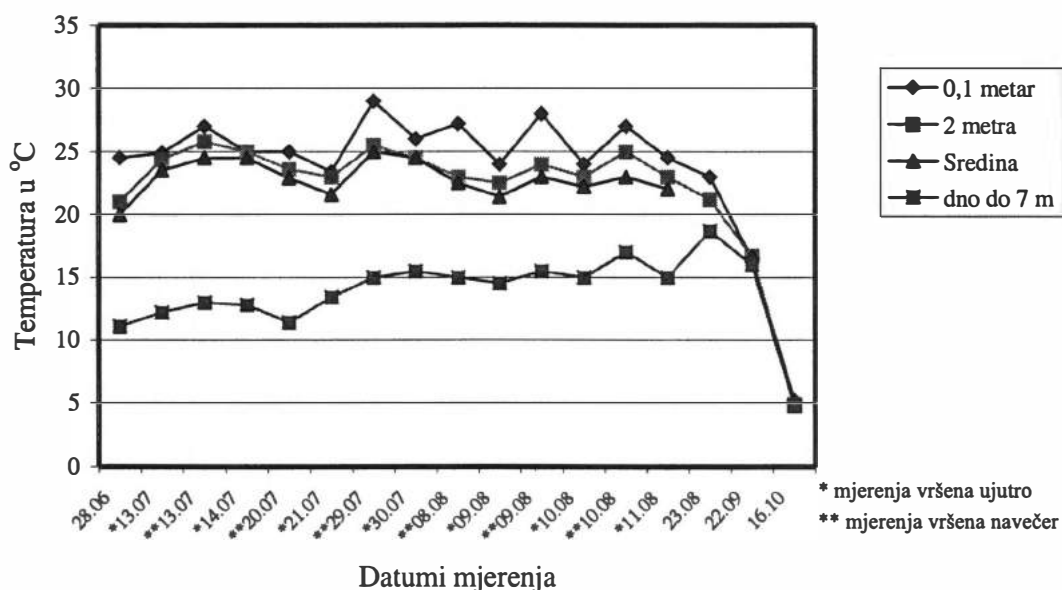
Uzorci vode uzimani su bocom tipa Ruttner. Na terenu pored prozirnosti i temperature vode mjereni su koncentracija otopljenog kisika i sadržaj ugljičnog dioksida. Ostali parametri analizirani su u laboratoriju prema uobičajenoj metodici (APHA 1967.).

Kako bi se utvrdile biološko-biocenotičke, posebice ihtiološke, značajke jezera Sakadaš sabirani su i odgovarajući uzorci flore i faune. Sabrani uzorci su konzervirani u 4 % formaldehidu i naknadno u laboratoriju obrađivani.

Rezultati istraživanja

Osnovni uzrok nepovoljnih životnih uvjeta, koji dovode do pojave zijeva riba u jezeru Sakadaš je ljetna temperaturna stratifikacija i dinamika vodostaja.

Mjerenja temperature vode u u kasnoproletnom razdoblju pokazala su da je već u lipnju došlo do termičke stratifikacije sa jasno izraženim termičkim slojevima vode. Gornji s temperaturom vode od 24,5 °C, središnji s temperaturom vode od 16,0 °C i pridneni sloj s temperaturom vode od 11,1 °C (Slika 2)



Slika 2: Dinamika temperatura vode jezera Sakadaš

Stratifikacija temperature vode u jezeru Sakadaš ne navodi se u radovima (Seleši, 1974. i Gucunski 1979.), kao i u radu (Mihaljević, 2000.) čiji rezultati nisu komparabilni, budući da su u njemu izloženi samo rezultati istraživanja provedeni u jesensko zimskom razdoblju (studeni 1997. - ožujak 1998.).

Do intenzivnijeg zagrijavanja površinskog sloja vode došlo je u prvoj polovici srpnja, kod vodostaja od 140 cm. Temperatura površinskog sloja vode u odnosu na lipanj porasla je za oko 3,0 °C, dok je analogni porast u pridnenom sloju vode iznosio 1,1 °C. Noćno hlađenje dovelo je do pada temperature samo u površinskom sloju vode tako da je razlika iznosila oko 1,5 °C.

Nakon zahlađenja u drugoj polovici srpnja temperatura vode površinskog sloja, kod vodostaja od 240 cm iznosi 25,0 °C, a pridnenog sloja na dubini od 6,5 m 11,4 °C.

Ponovno zatopljenje i sniženje vodostaja na 140 cm uvjetovali su zagrijavanje cijelog stupca vode, krajem srpnja. Vrijednosti su 29,0 °C u površinskom, 25,0 °C u središnjem i 15,0 °C u pridnenom sloju vode. Noćno hlađenje dovelo je do pada temperature

površinskog sloja vode za 3 °C, a središnjeg sloja vode za 0,5 °C , dok je temperatura pridnenog sloja vode povećana za 0,5 °C .

Približno ista dinamika temperature vode utvrđena je i u prvoj polovici kolovoza kada vodostaj varira između 125 i 150 cm. Nakon toga kod vodostaja od 100 cm dolazi do postupnog izjednačavanja temperature cijelog stupca vode. Vrijednosti su iznosile 23,0 °C, u površinskom, a 18,7 °C u pridnenom sloju vode.

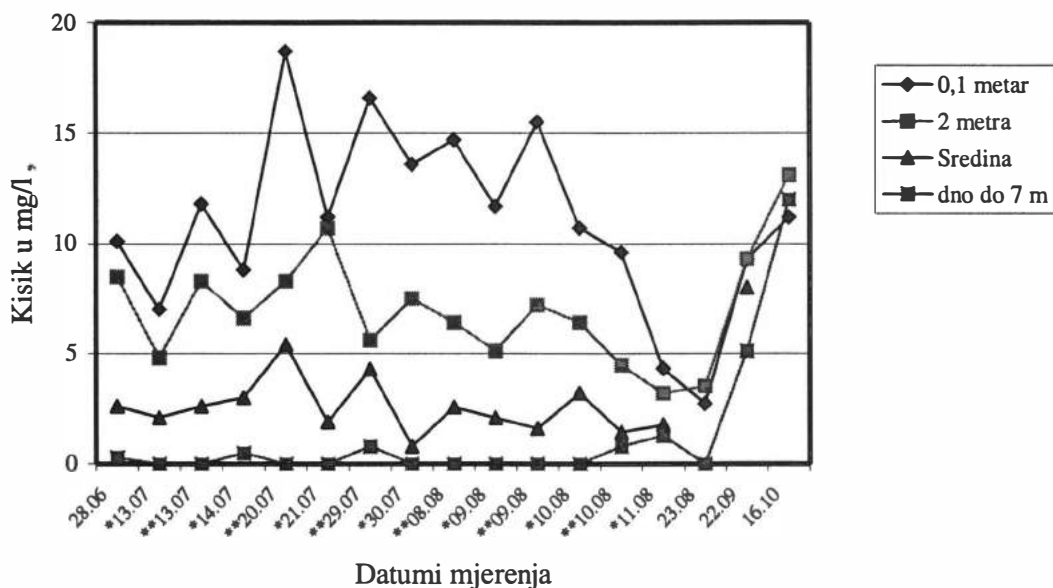
Punjenje kopačkog rita sve hladnijom dunavskom vodom u rujnu, visina vodostaja 250 cm, dovelo je do homotermije na vertikalnom profilu jezera dubine do 6,7 m. Vrijednosti su 16, 5 °C u površinskom, a 16,0 °C u pridnenom sloju vode.

Pad temperature zraka i smanjenje vodostaja na 100 cm u studenom, uvjetovali su homotermiju na vertikalnom profilu istraživane postaje. Vrijednosti su 5,2 °C u površinskom, a 4,8 °C u pridnenom sloju vode na dubini od 4,8 m.

Izmjerene koncentracije otopljenog kisika na vertikalnom profilu jezera Sakadaš su pod utjecajem temperature vode i reakcijskih djelovanja cenoza. Dinamika otopljenog kisika vidi se na slici 3.

Kao što se vidi na slici 3 stratifikacija kisika utvrđena je već u lipnju. Vrijednosti su 10,1 mg O₂/l u površinskom sloju vode, 8,5 mg O₂/l u sloju vode od 2 m, 2,6 mg O₂/l u sloju vode od 4 m, a 0,3 mg O₂/l u pridnenom sloju vode.

Smanjenje prozirnosti vode na 50 cm u prvoj polovici srpnja, intenziviranje oksidacijskih procesa i pritjecanje podzemnih voda uvjetovali su pojavu anoksije u ranim jutarnjim satima u sloju vode ispod 5,0 m. Tijekom dana usljed biogenog prozračivanja količina otopljenog kisika površinskog sloja vode povećana je za 4,8 mg mg O₂/l i iznosi 11,8 mg O₂/l, a sloja vode od 2 m za 3,5 mg O₂/l i iznosi 8,3 mg O₂/l, dok je pridneni sloj vode bio bez kisika. Noćno hlađenje površinskog sloja vode dovelo je do difuzije kisika u dublje slojeve vode, tako da je u pridnenom sloju vode izmjerena koncentracija od 0,5 mg O₂/l.



Slika 3: Dinamika kisika jezera Sakadaš

U drugoj polovici srpnja površinski sloj vode tijekom dana je presaturiran otopljenim kisikom. Zasićenje vode ovim biogenim plinom iznosilo je oko 230%, dok je saturacija sloja vode od 3 m iznosila oko 64,0 %. Dublji slojevi vode su bez otopljenog kisika. Tijekom noći koncentracije otopljenog kisika u sloju vode do 2 m su izjednačene, dok je u sloju vode dubljem od 3 m deficit kisika povećan i iznosi oko 78 %.

Krajem srpnja, usljed temperaturnog gradijenta ne dolazi do mješanja vode tijekom noći, što uvjetuje veće razlike između koncentracija otopljenog kisika u sloju vode između 2 i 3 m. Tijekom dana koncentracije otopljenog kisika bile su 16,6 mg O₂/l, u površinskom sloju vode, 5,6 mg O₂/l u sloju vode na dubini od 2 m, 4, 3 mg O₂/l u sloju vode od 3 m i 0,8 mg O₂/l u pridnenom sloju vode na dubini od 6 m. Ove vrijednosti u ranim jutarnjim satima narednog dana su 13, 6; 7,5; 0,8 i 0 mg O₂/l.

Stratifikacija kisika na vertikalnom profilu sa jasno izraženim dnevno noćnim oscilacijama utvrđena je i u prvoj polovici kolovoza. Nakon toga, naglo zahlađenje praćeno smanjenjem vodostaja uvjetovali su pad kisika i u površinskom sloju vode. Vrijednosti su 2,72 mg O₂/l u površinskom sloju vode, 3,52 mg O₂/l u središnjem sloju vode na dubini od 2,5 m, dok je pridneni sloj vode bez kisika. Ovo je razdoblje, osobito za vrijeme oblačnosti, najkritičnije za pojavu ugibanja riba.

Niske koncentracije otopljenog kisika u površinskom sloju vode utvrđene su u kolovozu i listopadu 1999, te u listopadu 2000, u pridnenom sloju vode u kasno proljeće, ljetu i jesen tijekom četverogodišnjih istraživanja provedenih u razdoblju između 1997. i 2001. godine (Vidaković et al 2001.). Međutim, u radu nije navedeno vrijeme mjerenja otopljenog kisika, a

navodeno je da je nestašica kisika popraćena pojavom zijeva riba.

S pojavom homotermije u jesenskom razdoblju gradijent opadanja kisika se smanjuje, odnosno kisik je dostatan u cijelom stupcu vode.

Diskusija i zaključci

Pojava zijeva u jezeru Sakadaš s jedne strane uvjetuju nepovoljni fizikalno-kemijski režim u doba ljetne stagnacije, a s druge strane bitno veća biomasa riba na ovom dijelu specijalnog zoološkog rezervata, od njegovog stvarnog prirodnog produktiviteta.

Zbog toga, razloge ove pojave treba tražiti u uzrocima koji dovode do stvaranja nepovoljnih životnih uvjeta i migriranja riba u ovaj dio specijalnog zoološkog rezervata.

Osnovni uzrok nepovoljnih životnih uvjeta je utvrđena temperaturna stratifikacija čiju je pojavu u ovom relativno plitkom jezeru na temelju jednogodišnjih istraživanja sa sigurnošću teško objasniti. Utvrđenu temperaturnu stratifikaciju, što nije značajka ovako plitkih jezera, vjerojatno uvjetuje visina vodostaja i prihranjivanje jezera vodom iz podzemlja. Naime, intenzivnije proljetno zagrijavanje površinskog sloja vode i pritjecanje hladnije podzemne vode u pridneni sloj, osobito za vrijeme većeg vodostaja, dovodi do stratifikacije temperature na vertikalnom profilu jezera Sakadaš.

Početak pojave izotermije koju prati nestašica kisika, osobito za vrijeme oblačnosti utvrđena je krajem kolovoza kod temperature zraka od 18,0 °C, vodostaja od 100 cm i prozirnosti vode od 50 cm.

Utvrđena sezonska dinamika otopljenog kisika pokazuje da rano proljetno zagrijavanje površinskog sloja vode, smanjena prozirnost vode, intenzivniji oksidacijski procesi i pritjecanje hladnijih podzemnih voda siromašnih kisikom na najdubljem profilu jezera

Sakadaš uvjetuju pojavu anoksije u sloju vode ispod 5 m. Međutim, noćno hlađenje površinskog sloja vode dovodi do određene difuzije kisika u donje slojeve vode, tako da je u ranim jutarnjim satima i u pridnenom anoksičnom sloju vode izmjerena koncentracija otopljenog kisika od 0,5 mg O₂/l.

Difuzija otopljenog kisika u donje slojeve vode, tijekom noći nije utvrđena krajem srpnja i početkom kolovoza. Razlog su vjerojatno veći temperaturni gradijent, odnosno intenzivnije dnevno zagrijavanje površinskog sloja vode. Temperaturni gradijent u to doba iznosio je i do 14,0 °C, dok su razlike u koncentraciji otopljenog kisika između površinskog sloja vode i sloja vode na dubini od 2 i 3 m iznosile do 6,0, odnosno 12,0 mg O₂/l.

S početkom izotermije krajem kolovoza utvrđen je deficit otopljenog kisika i u površinskom sloju vode. Razlog ove pojave osim miješanja vode vjerojatno je povezan i sa smanjenim intenzitetom biogenog prozračivanja zbog oblačnosti. Zbog toga, vjeruje se da je izotermija praćena manjim intenzitetom fotosinteze najkritičniji moment za pojavu zijeve riba u jezeru Sakadaš.

Naime, smanjenje redoks potencijala u doba deficita otopljenog kisika, odnosno potpune anoksije ima višestruke negativne posljedice na kakvoću vode i razvoj zajednica, kroz povećanje toksičnosti amonijaka, te povećanje količine fosfora i željeza. Zbog nepovoljnih životnih uvjeta na ovom dijelu specijalnog zoološkog rezervata ribe imaju potrebu migriranja.

U slučaju, kada radi visine vodostaja, ne postoji veza između jezera Sakadaš i hulovskog kanala, odnosno jezera Kopačevo, riba migrira na područje Novog kanala, u kojem također može doći do nestašice otopljenog kisika i pojave zijeve.

Rješenje ovog problema treba tražiti u otklanjanju uzroka proljetne migracije riba na ovaj dio specijalnog zoološkog rezervata, jer su zbog stalnog pritjecanja novih količina podzemnih voda siromašnih kisikom zahvati umjetne oksigenacije donjih slojeva vode jezera Sakadaš teško izvedivi. Osim toga, osvježanje jezera Sakadaš vdom u doba ljetne stagnacije upitno je zbog kakvoće vode kanala prije ustave Kopačevo.

Uzroci migracije riba u područje jezera Sakadaš su višestruki. Proljetne migracije iz jezera Kopačevo u jezero Sakadaš vjerojatno, iako je teško tvrditi zbog jednokratnog mjerenja, su i posljedica temperaturnih prilika na ovim područjima. Prema jednokratnim proljetnim mjerenjima temperatura vode u površinskom sloju jezera Sakadaš je veća za oko 2 °C nego površinskog sloja jezera Kopačevo.

Drugi uzrok migracije riba na područje jezera Sakadaš i Novog kanala treba tražiti u nepovoljnom utjecaju ihtiofagnih vrsta ptica, koje su zbog većeg mira brojnije zastupljene na preostalom plićem području specijalnog zoološkog rezervata.

Naime, na plićim dijelovima rezervata ugroženost riba zbog ihtiofagnih vrsta ptica bitno je veća, te zbog toga ribe migiraju iz straha u periferna staništa, s većom dubinom vode i u proljeće s povoljnim bio-ekološkim uvjetima. Zbog povećane koncentracija riba pogoršavaju se ekološki odnosi ovih staništa. Pogoršanje ekoloških odnosa ispoljava se kroz deficit osnovnog faktora života, kisika. U situacijama kad se poklope nepovoljni činioci dolazi do djelomične ili potpune asfiksije unutar zajednice riba. Ovim postupkom priroda regulira neprirodnu situaciju.

Provedenim istraživanjima utvrđeni su određeni poremećaji. Preostalo područja Specijalnog zoološkog rezervata veće biološke produktivnosti i boljih fizikalno-kemijskih značajki vode, gotovo idealnih mjesta za život i razvoj ihtiocenoza su praktički prazna. S druge strane područje jezera Sakadaš, pa i Novog kanala koja po bio-ekološkim značajkama u velikoj mjeri zaostaju za drugim predjelima rezervata, nagomilava se gotovo cjelokupna ihtiomasa specijalnog zoološkog rezervata. Tako preopterećena

staništa nisu u mogućnosti održati prisutnu ihtiomasu u svim njezinim bio-ekološkim zahtjevima, već se sve svodi na puko preživljavanje.

Od 1975. godine kada se masovnije pojavila babuška u zajednici riba ovog područja, stanje se je pogoršalo, jer je ova vrsta u prostornim i prehrambenim kompeticijskim odnosima s autohtonim vrstama riba, prvenstveno sa šaranom. Prema provedenim istraživanjima babuška u ukupnoj ihtiomasi jezera Sakadaš sudjeluje s oko 35,0%, dok njezin udio u ulovu tradicionalnih ribara iznosi oko 70,0 %. Sa svojim dominantnim mrijestom babuška pogoršava opće stanje ihtipopulacija, tako da je utvrđeno stanje zajednice riba neprirodno. Zbog toga je potrebno provesti određene mjere prvenstveno radi prirodne rasprostranjenosti ihtiofaune po cijelom specijalnom zoološkom rezervatu.

Na migracije izazvane razlikama u temperaturi voda istraživanih vodenih ekosistema, ne može se utjecati. Međutim, moguće je utjecati na migratorna kretanja riba izazvana djelovanjem ihtiofagnih vrsta ptica, prvenstveno kormorana kao i na smanjenje alohtone babuške u ukupnoj ihtiomasi u jezeru Sakadaš, a time i Novom kanalu.

Budući da zbog različitog tumačenja Zakonom o zaštiti prirode (NN 30/1994) nema suglasnosti o provedbi mjera za uklanjanje dvaju posljednje navedenih uzroka pojave zijeve, predlažemo da se u cilju zaštite utvrđenih ihtiocenoza od daljnje devastacije osigura u doba najnižih vodostaja u Kopačkom ritu stalna komunikacija vode između jezera Sakadaš i jezera Kopačevo.

Isto tako nužna su daljnja istraživanja ovog ekosistema, kako bi se sa sigurnošću utvrdila korelacija između analiziranih ekoloških parametara i zijeve riba koji se ne mora dogoditi svake godine. Na taj način moguće je zaštititi ribe od ugibanja pravovremenim izlovom i/ili prebacivanjem u ostala staništa Parka prirode Kopački rit.

Literatura

1. APHA (1967): Standard metodes for the examination of water and wastewater 12.th Edition, Apha, New York
2. Gucunski, D., Šomođi, I. (1979): Fitoplankton sakadaškog jezera u odnosu na organska onečišćenja. Drugi kongres ekologa Jugoslavije, 1747 – 1757, Zadar
3. Mihaljević, M., Novoselić, D. (2000): Trophic state of Lake Sakadaš (Nature Reserve Kopački rit Croatia) in the late autumnal and winter period of 1997/98, Periodicum Biologorum, vol.102, No3, 253 – 257.
4. Mišetić, S., Šurmanović, D., Popović, J. (1989): Hidrološke značajke Specijalnog zoološkog rezervata Kopački rit s posebnim osvrtom na ihtiofaunu, Dokumentacija IRC-a za ribarstvo Zagreb, 147 str.
5. Seleši, Đ. (1976): Uzroci ubrzane eutrofizacije plitkih stajaćih voda Panonske nizine, Godišnjak Pokrajinskog fonda voda, Vode Vojvodine.
6. Vidaković, J., Bogut, I., Borić, E., Zahirović, Ž. (2002): Hidrobiološka istraživanja u Parku prirode Kopački rit u razdoblju od studenog 1997. do listopada 2001., Hrvatske vode, 10, 39, 127 – 144.

Autori:

Dr. sc. Stjepan Mišetić, Elektroprojekt d.d. Zagreb, e-mail: stjepan.miseti@elektroprojekt.hr

Prof. dr. sc. Milorad Mrakovčić, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, e-mail: milorad.mrakovcic@zg.tel.hr



Rad 2.31.

Hidraulična primjerenost mjernih mjesta za mjerenje protoka

Jure Mlačnik, Uroš Cerar, Primož Banovec, Franci Steinman

SAŽETAK: U tekstu se daje prikaz važnosti mjerenja protoka i opis metoda ocjene primjerenosti mjernih točaka za mjerenje protoka. Mjerenje protoka zahtijeva takav tehnološki proces koji će osigurati određenu točnost mjernih rezultata. To je neophodno za uspješnu provedbu nadziranog procesa, ali i za udovoljavanje zahtjevima upravnih akata, odnosno propisa kojima se regulira provedba praćenja emisija. Osposobljenost za obavljanje praćenja predmnijeva specifična znanja, sredstva i iskustvo, a pojedini postupci su u mnogo čemu specifični. U okviru ovog projekta razvijen je proces provjere mjernih točaka u kojima se mjeri protok pomoću kojega se, uz upotrebu različitih sredstva, može verificirati pogodnost različitih mjernih objekata. Taj se postupak može podijeliti na tri osnovna elementa:

1. mjerenje brzinskog polja i izračun protoka
2. verifikacija prema međunarodnim standardima
3. provjera primjenjivosti korištenih rubnih hidrauličkih uvjeta pomoću matematičkog modeliranja.

U radu se primijenjena metoda prikazuje na dva primjera.

KLJUČNE RIJEČI: kanalizacija, otpadne vode, modeliranje, mjerenje, protok, hidrologija, hidraulika

Hydraulic Suitability of Measuring Points for Measuring the Water Flow

SUMMARY: The paper discusses the meaning of the water-flow measurement and gives a description of the methodology for the grading of the measuring points suitability for measuring the water flow. Measuring the water flow may require such technological process in which the water flow is measured with certain accuracy. This is a requirement for the successful realization of the supervised process, but it can also be demanded by an administrative statement (similar to a document of regulations), which regulates the measuring of successive monitoring. Being qualified for the execution of monitoring requires specific knowledge, means and experience, and the individual procedures are special in many ways also. This procedure also encompasses the process for the verification of measuring points for measuring the water flow. This process, with the application of different means, helps verify the suitability of various measuring objects. The process can be divided into three basic elements:

1. measuring the velocity field and the water flow estimate
 2. verification by international standards
 3. balance verification of used hydraulic marginal conditions, assisted by mathematical modeling
- The methodology is presented on two examples.

KEYWORDS: sewer system, liquid waste, modeling, measurement, water flow, hydrology, hydraulics

1. UVOD

Jedna od osnovnih fizikalnih veličina u hidrotehnici svakako je protok. Podaci o protocima potrebni su kod planiranja novih i sanacije starih objekata, kod praćenja i modeliranja prirodnih i laboratorijskih pojava, kod nadziranja procesa u industrijskoj proizvodnji, kod praćenja emisija iz onečišćivačkih izvora i još u velikom broju drugih primjera. Mjerenja se mogu izvoditi povremeno ili kontinuirano, ovisno o cilju i potrebama mjerenja. Mjerenje protoka može zahtijevati tehnološki proces sam po sebi u slučaju kada je protok, izmjeren određenom preciznošću, uvjet uspješnoga izvođenja kontrolnog procesa, a može ga zahtijevati i upravni akt, kao npr. skup propisa kojima se uređuju pitanja sprovođenja emisijskog monitoringa.

Osposobljenost za mjerenje protoka zahtijeva specifična znanja, oruđa i iskustvo, i sami postupci u mnogočemu su posebni. Metode za mjerenje protoka mogu se podijeliti na:

- neposredne i
- posredne

Neposredno mjerenje izvodi se volumenskom metodom, pri čemu se protok mjeri direktno, pomoću kalibrirane mjerne posude i mjerenjem vremena punjenja, te metodom mješanja supstanci u masu vode. Kod posrednih metoda protok se obično izračunava na osnovi mjerenja veličina, koje su funkcija protoka.

Posredne metode u osnovi se mogu podijeliti na:

- metode površina-brzina
- metode uzdužni pad-površina
- metode uporabe mjernih korita i ustava

2. VRSTE MJERNIH OBJEKATA

Mjerne objekte možemo podijeliti u tri osnovne skupine, od kojih svaka ima i svoje posebnosti kod kalibracije i verifikacije:

- a) Mjerni objekti za mjerenje protoka, opisani u standardima (SIST, CEN, ISO, DIN standardi),

Osnovno, zajedničko svojstvo mjernih uređaja za mjerenje protoka, koji su propisani u skladu sa odredbama standarda, je izvođenje pretvorbe iz jedne mjerne veličine (npr. dubine) preko fizikalno-analitičnih transformacija izravno u mjerenu veličinu (protok). Taj jednostavni način pretvorbe mjerene jedinice u veličinu, jako olakšava kalibraciju i verifikaciju takvih mjernih objekata. Primjeri takvih sprava su Venturijevo korito, Khafagi Venturijevo korito, oštrorubni preljevi i zarezi.

- b) Mjerni objekti opisani u stručnoj literaturi,

Ovi objekti predstavljaju nešto između objekata opisanih kao standardni i onih koji su specifični za svakog proizvođača. Naime, pojedini specifičniji mjerni objekti za mjerenje protoka, zabilježeni su i relativno dobro opisani u stručnoj literaturi, ali se (još) ne uvrštavaju u standard. Još uvijek pripadaju skupini objekata, koje je moguće verifikirati putem jednostavnih pretvorbi. Ova skupina mjernih objekata veća je od skupine opisane pod točkom a); primjeri su Terzaghijev preliv, Cipolletijev preliv, H-korito, isl.

- c) Mjerni objekti izvan standarda (verifikacija prema uputama proizvođača).

Ova skupina mjernih objekata obuhvaća objekte za mjerenje protoka, koji su specifičan proizvod određenog proizvođača. U mnogo slučajeva neposredni odnos između

mjerene veličine (ili više mjerenih veličina) i protoka, ne postoji, nego se način vrijednovanja određene veličine određuje specifikacijom proizvođača. Zbog toga su kalibracija i verifikacija mjernih mjesta takve vrste načelno zahtijevnije u usporedbi sa objektima pod točkom a) i b).

3. STANDARDIZACIJA MJERENJA PROTOKA

Standarde se može definirati kao dokumentirane dogovore koji sadrže tehničke specifikacije i kriterije u obliku pravila, propisa ili definicije karakteristika. Pomoću njih se omogućava kvaliteta pri uporabi materijala ili proizvoda i pri izvođenju procesa, te djelovanju službi.

Uporaba standarda ujediniuje izreke i postupke rada, u našem slučaju mjerenja protoka, a uz to omogućava i lakšu stručnu komunikaciju.

U našem prostoru, u oblasti mjerenja protoka u uporabi pretežno su uz slovenske SIST standarde i međunarodni ISO i njemački DIN standardi. Uporaba standarda nije obavezna, ali standardiziranje postupaka i obrada mjerenja obično predstavljaju preduvjet za kvalitetno izvođenje postupaka. Potreba za standardizacijom se svakako javlja, ako izvođači mjerenja žele uspješno nastupiti na međunarodnom tržištu.

Na području mjerenja protoka najveći je broj standarda odredila međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO). Područje protočnih mjerenja obuhvaćeno je u standardnoj klasifikaciji pod brojem 17.120. Do kraja 1999 godine bila su ukupno prihvaćena 33 standarda sa područja mjerenja u zatvorenim vodovima (17.120.10), 61 standard sa područja mjerenja u otvorenim vodovima (17.120.20) te 1 standard zajednički za oba područja.

DIN norme obuhvaćaju na području mjerenja protoka (17.120) 29 standarda za mjerenje protoka u zatvorenim vodovima, 1 standard za mjerenje u otvorenim vodovima (DIN 19559) i jedan standard za oba područja.

U Sloveniji na području standardizacije djeluje Ured za standardizaciju i mjeriteljstvo (Urad za standardizaciju in meroslovje - USM). Standardi se određuju preko tehničkih komisija, slično organiziranim po područjima, kao što je to u međunarodnoj ISO organizaciji. Do 1999 g. bilo je ukupno određenih 17 SIST standarda sa područja protoka u zatvorenim vodovima, međutim, područje otvorenih vodova SIST standardi još ne pokrivaju.

Opis metoda mjerenja protoka u otvorenim kanalima nalazi se u standardima ISO 8363 i ISO 9824 i DIN 19559. Standard DIN 19559, kao metoda rada za izvođenje monitoringa otpadnih voda, propisan je Pravilnikom o prvim mjerenjima i pogonskom monitoringu otpadnih voda (Pravilnik o prvim meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod, Ur.l. RS 35/96).

4. VERIFIKACIJA MJERNIH MJESTA

Stupanjem na snagu Pravilnika o prvim mjerenjima i pogonskom monitoringu otpadnih voda (Ur.l. RS 35/96), u Sloveniji, određeni su i obveznici za monitoring. Uvođenjem takse na količinu i vrstu onečišćivala koji zagađuju okoliš, neprestano raste i potreba za kvalitetnim mjerenjima protoka otpadnih voda i koncentracija tvari u njima.

Određenje masnog protoka nekog onečišćivala predstavlja tzv. sastavljeno mjerenje i u ovisnosti je od vremenskog mjenjanja koncentracije i protoka otpadne vode, radi čega je potrebno oba parametra izmjeriti jednako kvalitetno odn. jednakom preciznošću.

Pri samom planiranju mjerenja protoka nadasve značajno je imati jasno definiran cilj mjerenja i to kolika je zahtijevana preciznost mjerenja. Kod biranja mjernog mjesta često se moraju uzeti u obzir ograničenja glede raspoložive energije, jer su mjerna mjesta određena na odabranim strateškim lokacijama postojećih kanalizacijskih sustava, tj. npr. na ispuštima iz uređaja za pročišćavanje, na priključenjima većih onečišćivača na javnu kanalizaciju i sl., gdje nema dovoljnog hidrauličnog pada, potrebnoga za mjerenje protoka. Radi toga je planiranje mjernoga mjesta kompleksan proces, pri kojem je potrebno imati u vidu mnogo čimbenika. Pri tom imaju najveću ulogu hidraulične prilike na širem odsjeku mjernoga mjesta i rubni uvjeti, npr. utjecaj visokih voda odvodnika na djelovanje mjernog objekta.

U praksi se mogu pojaviti brojne pogreške na mjernim objektima:

- pogreška pri projektiranju geometrije i lokacije mjernog objekta,
- pogreška radi neodgovarajućeg namještenja mjerne opreme,
- pogreška neodgovarajuće izvedbe mjernog mjesta,
- utjecaj nizvodnih hidrauličnih uslova na mjerno mjesto,
- utjecaj neodgovarajućih dotočnih uslova (siloviti tok, nejednoliki tok u profilu, povratni tokovi),
- prevelika variranja protoka za uspostavljeno mjerno mjesto (izvan mjernog područja)
- smetnje zbog promjenljivog sadržaja otpadnih tvari u vodi (prljavština, odlaganje, začepljenje),
- agresivan okoliš (temperatura, kemikalije),
- smetnje u mjernom profilu (sprave za uzorkovanje, oduzimanja,...).

Uvjet za normalan rad mjernog objekta je isto tako i odsutnost plavina i sedimenata.

Opseg veličine protoka, u kojem objekat omogućava zadovoljivo mjerenje odn. mjerno područje sprave, definiran je minimalnim i maksimalnim protokom i uvjetuje se vrstom i veličinom mjernog objekta.

Sanacija neodgovarajućih mjernih objekata u mnogo slučajeva zahtijeva velika financijska ulaganja ili nije ni moguća, te je zato najbolje već u fazi planiranja mjernog mjesta izvesti cjelovitu pretragu primjerenosti, odn. verifikaciju mjernog mjesta.

Na Institutu za hidraulična istraživanja te Građevinskom fakultetu na Sveučilištu u Ljubljani (Katedra za mehaniku tekućina sa laboratorijem), razvijen je postupak prosuđivanja mjernih mjesta za mjerenje protoka, sa kojim se može, uz upotrebu različitih oruđa, ustanoviti u kakvu je stanju mjerni objekat ili verificirati prikladnost odabrane lokacije za mjerno mjesto. Postupak se u osnovi može podijeliti na slijedeća tri elementa:

1. Verifikacija skladnosti sa postojećim standardima, stručnom literaturom ili uputama proizvođača

Cilj je provjeravanje skladnosti uređenja mjernoga mjesta sa SIST, ISO, CEN i DIN standardima. U slučaju da mjerno mjesto nije standardizirano, uvažavaju se podaci iz stručne literature ili uputa proizvođača. Rezultat analize je određenje tipa i oblika novog mjernog objekta ili provjeravanje odstupanja geometrijskih podataka za postojeće mjerno mjesto i izračun protoka po važećim jednadžbama.

2. Terensko mjerenje postojećih hidrauličnih prilika

Cilj mjerenja je analiza postojećih prilika na mjernom objektu i/ili predviđenoj lokaciji. Mjerenja obuhvaćaju izmjeru dvo- ili trodimenzionalnoga polja brzine u mjernom presjeku (ISO 748 : metode brzina-površina) i integraciju brzine po presjeku za određenje

protoka (ISO 8363). Kada je pregledom utvrđeno, da je mjerno mjesto uređeno u skladu sa odredbama odgovarajućih standarda, te kada su obezbjeđeni odgovarajući uzvodni i nizvodni rubni uvjeti, izvođenje mjerenja nije obavezno potrebno, ali sa mjerenjima brzinskog polja možemo uvidjeti i neregularnosti na dotoku u mjerni objekat.

3. Matematično modeliranje hidrauličnih prilika

Cilj je provjeravanje prikladnosti hidrauličnih rubnih uvjeta za mjerno mjesto. Kod mjernih objekata u kojima dolazi do kritičnoga toka važno je da ne dolazi do uticaja sa nizvodne strane. Sa matematičnim modelom može se analizirati i utjecaje mogućih korekcija geometrije mjernog objekta na preciznost mjerenja. Analize se izvodi uporabom jednodimenzionalnih matematičnih modela.

Međusobnim uspoređivanjem analiza po svim navedenim načinima može se, glede na deklariranu preciznost svake od njih, prosuditi primjerenost novog ili postojećega mjernoga mjesta i predložiti eventualne korekcije.

Postupak je posebno primjeren za mjerne naprave koje zahtijeva zakonodavstvo, važeće u Sloveniji i zakonodavstvo EU. Iako Pravilnik o prvim mjerenjima i pogonskom monitoringu otpadnih voda te o uvjetima za njegovo izvođenje (Uradni list RS 35/96) propisuje uporabu standarda DIN, u praksi se pokazalo da je u pravilniku (jedini) propisani standard u svojim određenjima previše općenit, preciznije određuje samo Venturijevo mjerno korito (DIN 19559-2), a ostale mjerne metode samo su općenito obrađene i nisu detaljnije opredjeljene kao npr. u ISO standardima. Smatramo, da je radi toga uporaba ISO standarda u takvim slučajevima primjerenija, a kao nadopuna pretpisanoj metodi vrlo smisljena.

Potreba za verifikaciju mjernih mjesta značajna je i sa vidika izvođenja nadzornih mjerenja sa strane države ili ovlaštene institucije. Za vrijeme djelovanja mjernih objekata za mjerenje protoka svakako će biti potrebno uspostaviti i sustav nadzora nad izvođačima monitoringa. Postupak verifikacije mjerenja koji u slučajevima otkrivanja koncentracije različitih tvari u otpadnoj vodi potječe s međulaboratorijskom razmjenom uzoraka, na području mjerenja protoka ne dolazi u obzir. Nadzorna mjerenja, se naime, ne mogu izvoditi na neodgovarajućem mjernom objektu, već je potrebno mjerno mjesto prethodno odgovarajuće verificirati. Tek kada je postignuto da se mjerenja (svo vrijeme) mogu primjerenom izvoditi, moguć je povremeni nadzorni pregled.

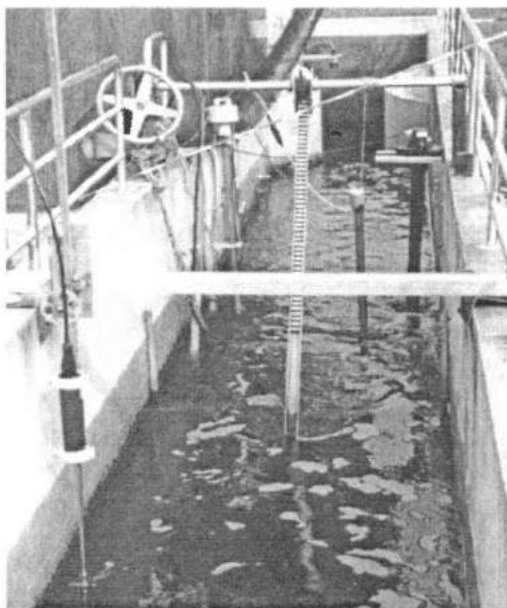
5. PRIMJERI UPORABE POSTUPKA VERIFIKACIJE

5.1. Mjerač protoka centralnog uređaja za pročišćavanje domžale

Mjerenje protoka na ispustu CCN Domžale izvodi se s pomoću Khafagi Venturi mjerača širine korita 118 cm sa kratkim suženjem širine 52 cm. Mjerač je lociran ispred ispusta iz CCN u Kamnišku Bistricu. Cilj zadatka bio je provjeriti djelovanje mjernog mjesta i odrediti krivulju protoka. Mjerno korito je prikazano na slici 1.

U prvoj fazi zadatka, bili su precizno izmjereni i provjereni geometrijski podaci korita i istražena odstupanja odn. tolerancije, pri čemu se smisljeno upotrebljavaju zahtjevi standarda DIN 19559-2 koji inače ne obrađuju takav slučaj, nego samo klasično Venturijevo korito sa dugim suženjem. Na osnovi podataka iz stručne literature određena je teorijska protočna krivulja.

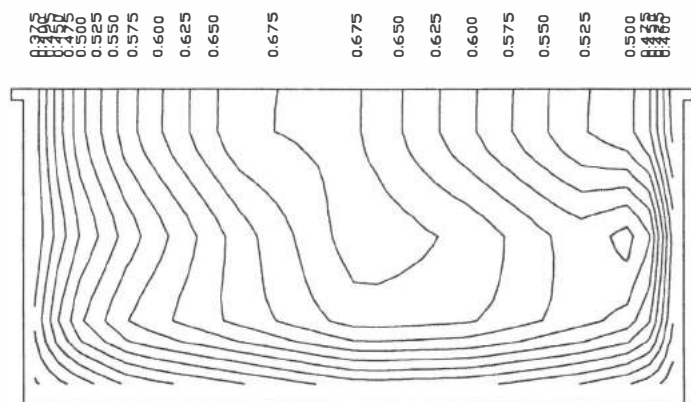
Terenska mjerenja protoka izvođena su u mjernom profilu ispred suženja. Primjenjivan je način kalibracije mjernoga mjesta sa metodom mjerenja brzine u pojedinim točkama presjeka i integracijom brzine po presjeku za izračun protoka u skladu sa uputama standarda ISO 8363 i ISO 748.



Slika 1: Khafagi Venturi korito na istoku CUP Domžale
Figure 1: Khafagi Venturi flume on Domžale WWTP outflow

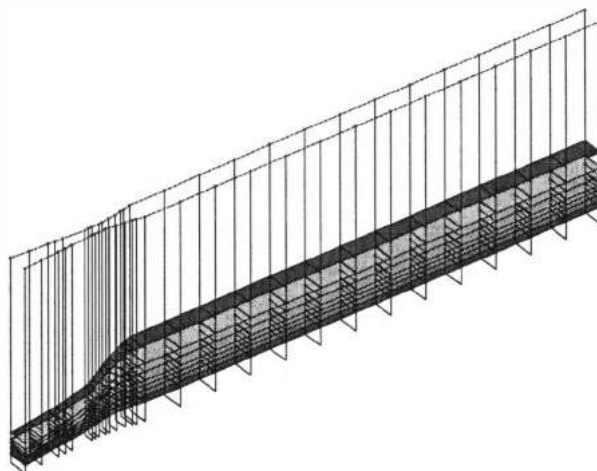
Mjerenja dvodimenzionalnoga polja brzine bila su izvedena u 21 točki presjeka kod 7 različitih protoka. Uporabljena je bezkontaktna sonda za točkovno mjerenje dvodimenzionalnoga vektora brzine ADVLab-2D sa nazivnom točnošću 0,5 % mjernoga polja i rezolucijom 0,1 mm/s, proizvođača Nortek AS. Prednost uporabe te sonde pokraj njene preciznosti je i to da nema pomičnih dijelova, kao npr. hidrometrijsko krilo.

Za izračun protoka uporabljen je program PROTOK7 koji izvodi integraciju izmjerenih brzina po presjeku pomoću funkcije spline, uz pretpostavku jako razvijene turbulencije u mjenom profilu (slika 2).



Slika 2. Izotahe mjerenoga profila kod protoka 285 l/sec
Figure 2. Velocity profile at discharge 285 l/sec

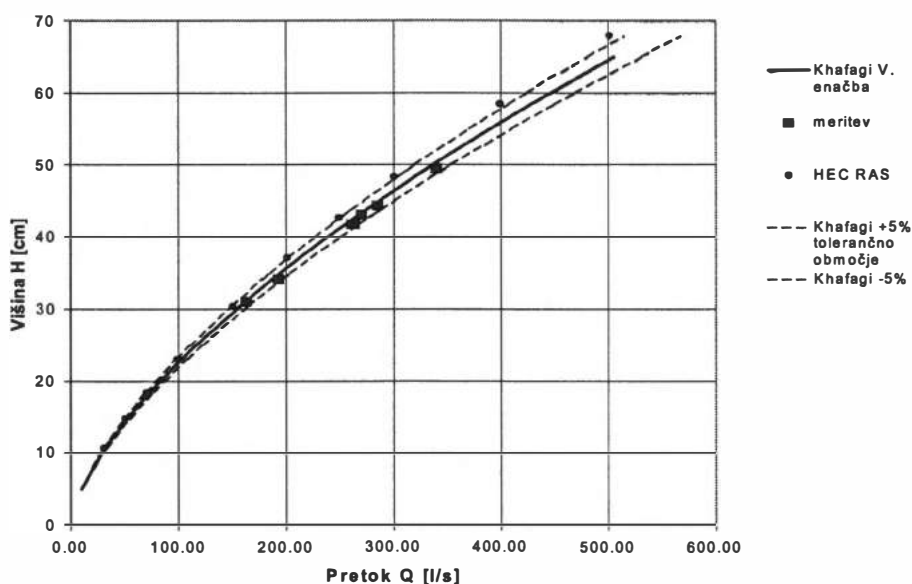
Provjera hidrauličnih rubnih uvjeta izvedena je pomoću HEC RAS programa odgovarajućeg za izračun konstantnoga, postupno mjenjajućeg se toka. Uračunata je stvarna geometrija korita, i analiziran utjecaj korekcija geometrije korita na izračun uzdužnog profila razina vode i protoka (slika 3).



Slika 3. Aksonometrični prikaz izračunatih razina vode sa programom HEC RAS ver.2.2.

Figure 3. Aksonometric view of water levels computed with HEC RAS ver.2.2.

Rezultati tri vrste analiza prikazani su na donjem dijagramu



Slika 4. Q-H dijagram – usporedba rezultata

Figure 4. Q-H curves analysis

Iz dijagrama očito je (vrlo) dobro slaganje rezultata mjerenja protoka sa izračunom po teorijskoj jednadžbi, jer odstupanja nigdje nisu iznosila više od 3%. Izračun s pomoću

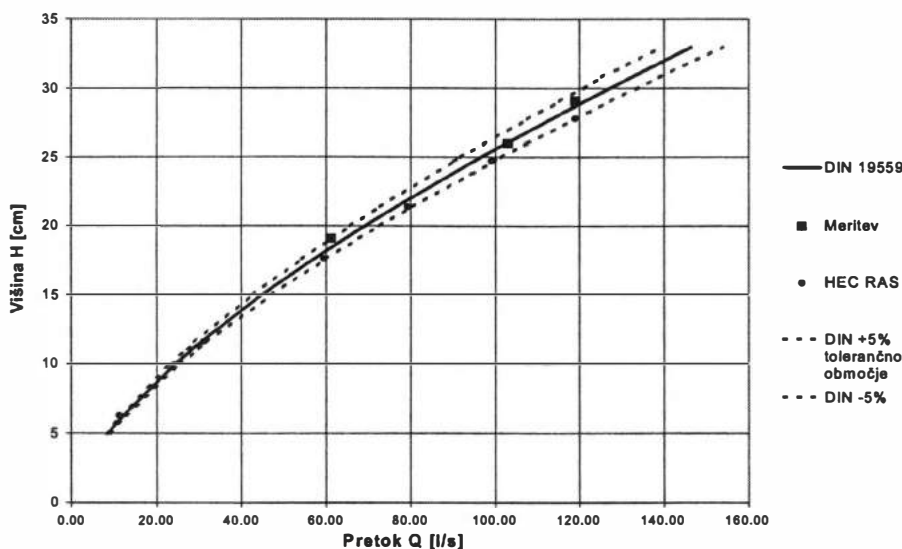
HEC RAS programa bio je u prvom redu namijenjen provjeri rubnih uslova, radi čega koeficijent hrapavosti nije preciznije kalibriran. Rezultati su zato samo indikativni.

Kao konačni rezultat zadatka može se zaključiti, da je sa mjerenjima i izračunima dokazano da je mjerni objekat odgovarajuće izveden, da su rubni uvjeti odgovarajući i da je mjerni objekat pravilno umetnut na ispustu iz uređaja za pročišćavanje. Tako se kao kalibracijska krivulja na području mjerenja može uporabiti teorijska krivulja protoka Khafagi Venturi korita, kao odgovarajuća zamjena odredbama Pravilnika o prvim mjerenjima i pogonskom monitoringu otpadnih voda te o uvjetima za njegovo izvođenje.

5.2. Mjerač protoka NA kanalizacijskoM sustavu kamnik - Domžale

Mjerač protoka je lociran na granici između općina Kamnik i Domžale i služi za provjeravanje dotoka otpadne vode iz općine Kamnik. Mjerni objekat je klasično Venturijevo korito, širine korita 70 cm sa dugim suženjem, širine 47 cm.

Uporabljena je ista metodologija rada, a konačni rezultati analiza prikazani su na dijagramu ispod.



Slika 5. Q-H dijagram – usporedba rezultata

Figure 5. Q-H curves analysis

Odstupanja izvedenih mjerenja od teorijski izračunatih protoka su nešto veća, *no* još uvijek unutar dozvoljene granice tolerancije po standardu DIN 19559-2. Na osnovi tog zaključka na području mjerenja verificirala se uporaba protočne krivulje po DIN standardima.

6. ZAKLJUČAK

Zaključke možemo ovako sažeti:

- Izvođenje mjerenja protoka mora biti kvalitetno i zahtijeva specifična znanja.
- Preporučuje se uporaba standarda pri projektiranju mjernih objekata, ocjeni postojećih objekata i izvođenju mjerenja protoka.

- Verifikacija mjernih mjesta potrebna je prije početka izvođenja monitoringa protoka.
- Elementi verifikacije obuhvaćaju provjeru skladnosti mjernog objekta sa standardima, mjerenja protoka i matematično modeliranje hidrauličnoga djelovanja objekta.
- Postupak verifikacije je u praksi pokazao široku uporabnost, od verifikacije izbora vrste i generalnog uređenja mjernog objekta do prijedloga za premještaj odn. sanaciju, a i pitanja o nužnosti uklanjanja objekata koje nije moguće primjereno osposobiti.
- Verifikaciju mjerenja (kontrolna mjerenja) protoka moguće je izvoditi na verificiranim mjernim mjestima.

7. IZVORI

- o International Organisation for Standardisation (2000). ISO catalogue 2000, (<http://www.iso.ch>)
- o Deutsches Institut fuer Normung (2000). DIN katalog 2000, (<http://www.din.de/>)
- o MZT-Urad za standardizaciju in meroslovje (1999). SIST katalog 1999, Urad za standardizaciju in meroslovje, Ljubljana
- o Cerar, U. (2000). Standardi za meritve pretokov in natančnost meritev, Strokovni seminar 2000 Zbornice sanitarnih inženirjev in tehnikov, Radenci, Zbornik predavanj (v tisku)
- o Banovec, P. (1996). Merilni sistemi, Strokovni seminar o meritvah pretokov, Portorož, Zbornik predavanj, 15-27.
- o Steinman, F., Banovec P. (1996). Merski objekti, Strokovni seminar o meritvah pretokov, Portorož, Zbornik predavanj, 31-50.
- o Cerar, U., Banovec, P. (1999). Umerjanje merilnikov pretoka CČN Domžale - iztok in Nožice. Poročilo o raziskavi, Inštitut za hidravlične raziskave in FGK Katedra za mehaniko tekočin, 40p.
- o Mlačnik, J. (2003). Vodilo za meritve pretokov, Slovenska akreditacija, strokovno gradivo za ocenjevanje laboratorijev, akreditiranih za vzorčevanje odpadnih vod.

Autori:

Jure MLAČNIK, Uroš CERAR, dr. Primož BANOVEC

Inštitut za hidravlične raziskave

Hajdrihova 28, SI – 1000 Ljubljana

prof.dr.Franci STEINMAN

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem

Hajdrihova 28, SI – 1000 Ljubljana



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.32.

Oblikovanje i provedba monitoringa kakvoće voda u Republici Hrvatskoj

Valerija Musić, Ljubica Pojatina Basta, Siniša Širac

SAŽETAK: Nacionalni monitoring kakvoće voda uspostavljen je još 1973. godine i od tada se kontinuirano provodi. Monitoring program je usklađen s programima ispitivanja na prekograničnim vodama koje su predmet ugovora između RH i susjednih država u svezi vodnogospodarskih odnosa, programom Stalne komisije Konvencije o zaštiti rijeke Dunavi i programom ispitivanja kakvoće voda na državnim vodama, unutrašnjim morskim vodama i teritorijalnom moru pod utjecajem onečišćenja s kopna. Obuhvaća sve površinske vode iz Državnog plana za zaštitu voda (N.N. 8/99), priobalno more Dalmacije i podzemne vode Grada Zagreba. Nacionalni monitoring program provodi Glavni vodnogospodarski laboratorij i još 14 ovlaštenih laboratorija na području Hrvatske. Svim aktivnostima na području organizacije i provođenja monitoringa kakvoće voda u Republici Hrvatskoj nastoji se razviti sustav monitoringa koji će pružiti cjelovit i sveobuhvatan pregled ekološkog i kemijskog stanja u svakom riječnom slivu kao jasno definiranu informaciju potrebnu za djelotvorno i aktivno upravljanje vodama.

KLJUČNE RIJEČI: monitoring, program, ispitivanje kakvoće voda, površinske vode, priobalno more, podzemne vode, ocjena kakvoće voda

Setting Up and Implementation of the Water Quality Monitoring in the Republic of Croatia

SUMMARY: A national water quality monitoring program was set up already in 1973 and has since been continuously implemented. The monitoring program complies with the testing programs stipulated under the water management agreements signed between Croatia and neighbouring countries, the program of the International Commission for the Protection of the Danube River and the water quality testing program for the national waters, inland waters, sea and territorial sea affected by pollution from the land-based sources. This program encompasses all the surface waters covered by the National Water Protection Plan (Official Gazette 8/99), coastal sea in the Dalmatian region and groundwater on the City of Zagreb territory. The national monitoring program is implemented by the Central Water Management Laboratory and another 14 authorized laboratories in Croatia. All the activities regarding organization and implementation of the water quality monitoring in Croatia are aimed at development of such a monitoring system that will offer a comprehensive and integrated overview of the environmental status and chemistry of all the catchments and offer a clearly defined information necessary for efficient and pro-active management of the water resources.

KEYWORDS: monitoring, program, water quality testing, surface water, coastal sea, groundwater, water quality assessment

UVOD

Svjetska komisija za okoliš i razvoj (WCED) definira pojam održivi razvoj kao zadovoljenje sadašnjih potreba bez ugrožavanja mogućnosti budućih naraštaja u zadovoljenju svojih potreba. Ovakav pristup nas obvezuje da unapređujemo i čuvamo kakvoću vode koja je osnovni činitelj razvoja ljudske civilizacije i opstanka ljudi uopće. Budući da vode nema u neograničenim količinama i nije obnovljiva u mjeri u kojoj bi se to htjelo, potrebno je prirodnim bogatstvima upravljati na učinkovitiji način. Ovdje je potrebno istaknuti ulogu Hrvatskih voda koje su zakonom zadužene za gospodarenje vodama i koje u tu svrhu provode monitoring kakvoće voda.

ZNAČAJ I OPSEG NACIONALNOG MONITORINGA KAKVOĆE VODA

Ispitivanja i istraživanja kakvoće voda i mora temelji su od kojih se polazi u aktivnostima zaštite voda od onečišćenja. Prvi propisi za ocjenu kakvoće voda u Republici Hrvatskoj doneseni su 1981. godine, a programi ispitivanja kakvoće voda se na nekim vodotocima provode već više od 30 godina. Mreža mjernih postaja koja je tada uspostavljena u velikoj mjeri se održala i danas, i to na način da kontrolira utjecaj zagađivača na vodotoke, odnosno da prati kvalitativni i kvantitativni utjecaj ispuštenog onečišćenja na vode. Donošenjem novog Državnog plana za zaštitu voda 1999. godine utvrđuje se kategorizacija voda za državne vode kojom se vodotoci, dijelovi vodotoka i druge vode, te dijelovi mora pod utjecajem onečišćenja s kopna, razvrstavaju u skupine za koje se utvrđuje kategorija vode, koja mora zadovoljavati propisane uvjete za određenu vrstu vode polazeći od mjerila Uredbe o klasifikaciji voda (N.N. 77/98).

Program nacionalnog monitoringa kakvoće voda usklađen je s:

- programima ispitivanja kakvoće voda na prekograničnim vodama, koje su predmet ugovora Republike Hrvatske i susjednih država u svezi vodnogospodarskih odnosa;
- programom Stalne komisije Konvencije o zaštiti rijeke Dunava, a u Programu mreže međunarodnog monitoringa dunavskog sliva (Trans National Monitoring Network);
- programom ispitivanja kakvoće voda na državnim vodama, unutrašnjim morskim vodama i teritorijalnom moru pod utjecajem onečišćenja s kopna (Protokol o zaštiti Sredozemnog mora od onečišćenja s kopna Konvencije o zaštiti Sredozemnog mora od onečišćenja).

Program nacionalnog monitoringa obavlja Glavni vodnogospodarski laboratorij Hrvatskih voda u suradnji s još 14 ovlaštenih laboratorija na području Hrvatske, koji imaju provedenu međunarodnu (međunarodni program ispitivanja) i nacionalnu (program ispitivanja na državnim vodama) interkalibraciju na pokazatelje koji su sadržani u programu ispitivanja kakvoće voda.

PROGRAM NACIONALNOG MONITORINGA KAKVOĆE VODA ZA 2003. GODINU

Pregled Programa

Nacionalni monitoring program nastoji obuhvatiti sve državne vode, pa će se u 2003. godini ispitivati kakvoća vode na 286 mjernih postaja na površinskim vodama, 167 mjernih postaja podzemnih voda Grada Zagreba, te 82 mjerne postaje obalnog mora, koje je pod utjecajem zagađenja s kopna.

Zbog zakonske obveze ocjenjivanja kakvoće voda i svrstavanja voda u vrste na temelju dopuštenih graničnih vrijednosti pojedinih skupina pokazatelja koji obilježavaju izvore i uzročnike onečišćenja voda, u Program ispitivanja kakvoće voda uvršteni su obvezni pokazatelji za ocjenu opće ekološke funkcije voda koju čine fizikalno-kemijski pokazatelji, režim kisika, hranjive tvari, mikrobiološki i biološki pokazatelji i pokazatelji koji služe za širu ocjenu ekološke funkcije voda i utvrđivanja uvjeta korištenja voda za određene namjene koju čine metali, organski spojevi i radioaktivnost, a prema Uredbi o klasifikaciji voda (N.N. 77/98).

Pored ovih pokazatelja u Program su uključeni i specifični pokazatelji iz Uredbe o opasnim tvarima u vodama (N.N. 78/98) u pojedinim vodotocima ili dijelovima vodotoka gdje je utvrđena prisutnost ili postoji vjerojatnost pojave ovih tvari opasnih za vodni okoliš, a s obzirom na specifična onečišćenja.

Sastavni dio Programa su i pokazatelji koji se ispituju u sklopu bilateralnih suradnji sa susjednim državama, Programa mreže međunarodnog monitoringa dunavskog sliva i LBA programa, kao i pokazatelji koji se preporučuju u smjernicama Europske Unije.

More

Program ispitivanja kakvoće obalnog mora je uglavnom napravljen prema prijedlogu Instituta za oceanografiju i ribarstvo, Split, koji i vrši ispitivanja. U Državnom planu za zaštitu voda, Uredbi o klasifikaciji voda i Uredbi o opasnim tvarima u vodama postoje samo osnovne naznake za klasifikaciju mora, koje su uzete u obzir kod izrade programa monitoringa obalnog mora. Namjena je istraživanja da se sustavnim praćenjem kakvoće mora utvrde moguće promjene uzrokovane prirodnim procesima ili antropogenim djelovanjem. Promatranja se vrše u devet stručnih područja, razvrstanih u pet tematskih cjelina: klimatološke osobine područja, fizikalne i kemijske osobine morske vode, biološke osobine, teški metali u sedimentu, dinamika vodenih masa. Dinamika uzorkovanja je 4 puta godišnje (sezonski), a ispituje se područje Zadra, Šibenika, Splita, Ploča, Dubrovnika, Novigradskog mora, te referentna mjerna postaja Stončica.

Podzemne vode

Kakvoća podzemnih voda Grada Zagreba ispitivat će se na priljevnim područjima 11 vodocrpilišta vode za piće. Budući da se radi o vodi koja se koristi za vodopskrbu, uz pokazatelje iz gore navedenih Uredbi, u program su uvršteni i dodatni pokazatelji iz Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće (N.N. 46/94).

Lokalne vode

Na slivnom području Grada Zagreba postoji i program praćenja kakvoće površinskih voda potoka i stajaćica na 35 mjernih postaja s učestalošću od četiri puta godišnje.

Sediment

U Hrvatskoj ne postoji sustavni monitoring kakvoće riječnog sedimenta kao ni standardi za ocjenu kakvoće sedimenta. Sediment se trenutno ispituje samo na 2 mjerne postaje u Istri i 7 mjernih postaja na dalmatinskim slivovima, i to pokazatelji: ukupni dušik, ukupni fosfor, teški metali, PCB, organoklorni pesticidi i TOC.

Posebni programi ispitivanja

Na rijeci Kupi i Savi postoji i poseban program ispitivanja polikloriranih bifenila u vodi, sedimentu i bioti. Ovaj program već nekoliko godina prati utjecaj vodotoka Lahinje koji dolazi iz Slovenije, zbog dugogodišnjeg prisustva PCB-a na tom području.

U 2003. godini će se na području Grada Zagreba obavljati jednogodišnji ciljani program ispitivanja: određivanje kakvoće vode i stupnja trofije Maksimirskih jezera i utvrđivanje utjecaja vode iz akumulacije Jazbina na poboljšanje kakvoće vode Maksimirskih jezera, s dinamikom od 6 puta u godini dana.

Unapređenje programa monitoringa

Program nacionalnog monitoringa kakvoće voda za 2003. godinu, u odnosu na prethodno razdoblje, unaprijeđen je u nekoliko smjerova.

Veća je učestalost i raznovrsnost ispitivanja specifičnih pokazatelja s obzirom na specifična onečišćenja. Na rijeci Savi se od ove godine ispituju poliklorirani bifenili i herbicid atrazin, čije su koncentracije nizvodno od Siska znatno povećane.

Na pritocima u Hrvatskoj do sada je učestalost ispitivanja bila neujednačena, a od ove godine uvedena je učestalost ispitivanja od dvanaest (12) puta godišnje.

U tekućoj godini će se ispitivati biološki pokazatelji barem dva (2) puta godišnje na svim mjernim postajama površinskih voda, što u prethodnom razdoblju nije bio slučaj.

S obzirom na to da hrvatska strana Potkomisije za zaštitu kakvoće voda Stalne slovensko-hrvatske komisije za vodno gospodarstvo predlaže da se uvede radiološki monitoring na rijeci Savi, zbog praćenja mogućeg utjecaja Nuklearne elektrane Krško, poduzimaju se određene aktivnosti da se uspostavi i ovaj dio monitoringa.

Prema Državnom planu za zaštitu voda, za programe ispitivanja na prekograničnim vodama i na državnim vodama zadužen je Glavni vodnogospodarski laboratorij i provodi ga u suradnji s ovlaštenim laboratorijima. U vezi s tim, u 2003. godini je laboratorij Hrvatskih voda preuzeo ispitivanja kakvoće voda na svim mjernim postajama koje su predmet rada Potkomisije za zaštitu voda Stalne slovensko-hrvatske komisije za vodno gospodarstvo, kao i monitoring rijeke Save.

U nizu aktivnosti od ugovaranja do provedbe monitoringa pokazala se potreba za bližom suradnjom između Hrvatskih voda i ugovornih laboratorija. Da bi se povezali zahtjevi Hrvatskih voda koje upravljaju vodnim dobrima i iskustva laboratorija, za pojedine suradničke institucije imenovani su nadzorni inženjeri, koji će, osim poslova stručnog i financijskog nadzora, sudjelovati u daljnjem razvijanju programa monitoringa. Ova aktivnost je definirana na pojedinim slivnim područjima a isto tako i na području uže stručne specijalnosti inženjera iz nadzornog tima.

RAZVOJ PROGRAMA NACIONALNOG MONITORINGA KAKVOĆE VODA

Nacionalni monitoring kakvoće voda s gore navedenim sastavnim dijelovima rezultat je dugogodišnjeg iskustva i saznanja na terenu, u laboratoriju i kod obrade podataka. Međutim, u uvjetima financijskih, tehničkih i ostalih ograničenja u vodnom gospodarstvu, nameće se potreba za pregledom dosadašnjeg monitoringa kakvoće voda. Revizija monitoringa podrazumjeva pored pregleda postojećih mjernih postaja, pokazatelja i učestalosti, uvođenje novih metoda u domeni zaštite voda, da bi se s ograničenim

uloženim sredstvima dobili što bolji rezultati. Vezano uz gore navedeno postupno se rješavaju nedostatci prisutni u monitoringu kakvoće voda:

1. Nepostojanje potpune veze podataka o protoku i kakvoći, što veže na sebe i nemogućnost procjene tereta onečišćenja u vodotocima. S tim u vezi sklopljen je od strane Hrvatskih voda Ugovor o hidrološkim radovima u 2003. godini sa Državnim hidrometeorološkim zavodom, kojim bi se, između ostalog, izvršila revizija hidroloških mjernih postaja.
2. Prema Programu nacionalnog monitoringa kakvoće voda za 2003. godinu na svim državnim vodama Republike Hrvatske predviđeno je ispitivanje bioloških pokazatelja kao najboljeg indikatora ekološkog stanja voda. U organizaciji Zavoda za vodno gospodarstvo u tijeku je izrada projekta Standardizacija i unapređenje nacionalnog biomonitoringa na površinskim vodama tekućica i stajaćica na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta. Cilj je ovog projekta izrada metodike i standardizacija biološke valorizacije voda u Hrvatskoj.
3. Iz Programa nacionalnog monitoringa kakvoće voda vidljiva je nepotpuna obrada sedimenta kao bitnog pokazatelja stanja voda. Aktivnosti u uspostavljanju sustavnog praćenja kakvoće sedimenta će u narednom razdoblju biti pojačane.
4. Što se tiče ispitivanja kakvoće podzemnih voda, već smo prije naveli da jedino Grad Zagreb ima sustavno praćenje kakvoće vode na priljevnim područjima vodocrpilišta vode za piće. S tim u vezi, u Hrvatskim vodama je pokrenuta izrada projekta Program usklađivanja sustava mreže piezometara u Republici Hrvatskoj na temelju kojeg će se izraditi optimalan program praćenja kakvoće vode na priljevnim područjima vodocrpilišta.
5. Tijekom 2003. godine sustavno će se raditi na stvaranju baze podataka kakvoće voda na vodozahvatima velikih komunalnih sustava, u normativnom i tehničkom dijelu.
6. Nepostojanje objedinjenih podataka o količini i kakvoći ispuštenog onečišćenja, kao preduvjet za pravilniju i potpuniju analizu stanja voda. U Hrvatskim vodama je u tijeku sustavna organizacija podataka o zagađivačima (količine i kakvoće otpadnih voda, broj ispusta, vodopravni akti i ostalo) što će tvoriti bazu podataka o otpadnim vodama.

ZAKLJUČAK

Svim aktivnostima na području organizacije i provođenja monitoringa kakvoće voda u Republici Hrvatskoj nastoji se razviti sustav monitoringa koji će pružiti cjelovit i sveobuhvatan pregled ekološkog i kemijskog stanja u svakom riječnom slivu kao jasno definiranu informaciju potrebnu za djelotvorno i aktivno upravljanje vodama.

Okvima direktiva o vodama Europske Unije (Water Framework Directive) više ne promatra vodotok samo kao vodu koja se može koristiti za određenu namjenu već i kao stanište za brojne biljne i životinjske vrste, pa uvodi pojam i klasifikaciju ekološkog stanja površinskih voda i priobalnog mora. Također, vodotok se promatra kao vodeni ekosustav koji uključuje i kopneni ekosustav direktno ovisan o vodi. Ovakav pristup će, prije ili kasnije, biti prihvaćen u vodnom gospodarstvu Hrvatske, pa će se prema tome sustavno oblikovati i razvijati programi monitoringa kakvoće voda.

LITERATURA:

1. Državni plan za zaštitu voda, "Narodne novine" br. 8 - 1999.
2. Uredba o klasifikaciji voda, "Narodne novine" br. 77 - 1998.
3. Uredba o opasnim tvarima u vodama, "Narodne novine" br. 78 - 1998.
4. Širac S., Pojatina Basta Lj., Musić V., Mirković G., Marušić R., Koren P., Bujas N.: Program nacionalnog monitoringa kakvoće voda za 2003. godinu, 2002.
5. Širac S., Hak. N., Mirković G., Bujas N.: Godišnje izvješće programa nacionalnog monitoringa kakvoće voda na državnim vodama za 2000. godinu, 2001.
6. Širac S., Mirković G., Bujas N., Musić V., Pojatina Basta Lj.: Izvještaj o ispitivanju kakvoće voda u Republici Hrvatskoj u 2001. godini, 2002.
7. Literathy P., Kozarac Z., Kreitner P., Liska I., Varduca A.: Environmental Programme for the Danube River Basin, 1998.
8. Okvirna direktiva o vodama Europske Unije, Direktiva 2000/60/EC Europskog parlamenta i vijeća, kojom se uspostavlja okvir za djelovanje Zajednice na području politike voda, 2000.

Autori:

Valerija Musić, dipl. ing. biol.,
e-mail: vmusic@voda.hr

Ljubica Pojatina Basta, dipl. ing. biol.
e-mail: pljubica@voda.hr

dr. sc. Siniša Širac, dipl. ing. kem.
e-mail: ssirac@voda.hr

HRVATSKE VODE, Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

tel. 01/ 63 07 333

fax. 01/ 61 51 794



Rad 2.33.

Priprava uzoraka za kromatografsku analizu pesticida u vodama

Dragana Mutavdžić, S. Babić, Marija Kaštelan-Macan

SAŽETAK: Razvijena je analitička metoda za određivanje pesticida alaklora, atrazina i α -cipermetrina u vodama, koja uključuje ekstrakciju na čvrstoj fazi kao metodu za koncentriranje spomenutih pesticida iz uzoraka vode te tankoslojnu kromatografiju kao metodu separacije.

Pesticidi su ekstrahirani iz uzoraka vode na C18-ekstrakcijskim diskovima primjenom različitih organskih otapala, a djelotvornost ekstrakcije je određena tankoslojnom kromatografijom na HPTLC RP-18 F_{254S} pločicama uz razvijatelj 2-propanol:voda = 8:2. Pri tome je utvrđeno da je djelotvornost ekstrakcije najveća primjenom diklormetana i heksana. Na taj način dobivena su sljedeća iskorištenja: 94,7 $\pm$ 4,4 za atrazin, 104,2 $\pm$ 3,7 za alaklor i 100,2 $\pm$ 4,2 za α -cipermetrin.

Kako vode bogate organskim tvarima sadržavaju huminske kiseline koje zbog svojih svojstava uzrokuju međudjelovanje s pesticidima, ispitan je i njihov utjecaj na djelotvornost ekstrakcije. Uzorcima vode dodana je otopina huminskih kiselina tako da je koncentracija otopljenog organskog ugljika iznosila 5,00 odnosno 10,00 mgL⁻¹. Pri tome je ustanovljeno da porastom koncentracije huminskih kiselina u uzorku vode, djelotvornost ekstrakcije pesticida opada.

KLJUČNE RIJEČI: pesticidi, alaklor, α -cipermetrin, ekstrakcija na čvrstoj fazi, tankoslojna kromatografija, huminska kiselina

Preparation of Chromatography Specimen of Pesticides in Water

SUMMARY: An analytical method has been developed for determination of presence of pesticides alachlor, atrazine, and α -cipermethrin in water. The method relies on solid-phase extraction as a method for concentration of the subject pesticides from the water specimen and a thin-layer chromatography as a separation method.

The pesticides were extracted from the water specimen on C18 extraction disks by using different organic solvents, and the extraction efficiency was determined with the thin-layer chromatography on HPTLC RP-18 F_{254S} disks, using 2-propanol:water=8:2 as developer. It has been determined that the extraction efficiency is the highest when dichloromethane and hexane are used. In this way, the following yields were obtained: 94.7 $\pm$ 4.4 for atrazine, 104.2 $\pm$ 3.7 for alachlor and 100.2 $\pm$ 4.2 for α -cipermethrin.

Since waters rich in organic matter contain humic acids, which interact with pesticides because of their characteristics, their impact on the extraction efficiency has been researched into. The water samples were added humic acid solution so that the concentration of the dissolved organic carbon was 5.00, i.e. 10.00 mgL⁻¹. It was determined that increase in concentration of humic acids in the water sample causes decrease in the pesticide extraction efficiency.

KEYWORDS: pesticides, alachlor, α -cipermethrin, solid-phase extraction, thin-layer chromatography, humic acid

1. UVOD

Zagađenje prirodnih voda pesticidima sve je veće zbog sve veće primjene pesticida u poljoprivredi. Zbog toga je važno razviti analitičku metodu za određivanje pesticida u vodama. Tankoslojna kromatografija se u tom smislu pokazala vrlo brзом i učinkovitom tehnikom. Međutim, uzorci iz okoliša često su vrlo složeni za izravnu kromatografsku analizu. Stoga je, kod takvih uzorka, neophodna prethodna priprava uzorka čiji je konačni cilj dobivanje ispitnog uzorka koji sadrži sve bitne sastojke cjeline. Ekstrakcija čvrstom fazom je metoda koja se često primjenjuje za pripravu uzoraka vode za kromatografsku analizu. To je tehnika ekstrahiranja i koncentriranja organskih nehlapljivih komponenata iz uzoraka vode. Uzorak vode se propušta preko diska promjera 47 mm ili 92 mm. Materijal diska mogu biti uobičajeni anorganski sorbensi (silikagel, aluminijev oksid, Florisil), modificirani sorbensi s različitim funkcionalnim grupama (RP-2, RP-8, RP-12 i RP-18) te ionoizmjenjivačke smole. Prolaskom vode kroz disk, analit se zadržava na čvrstoj fazi s koje se kasnije eluira različitim otapalima. Zbog malog volumena otapala za eluiranje, uzorak se koncentrira i do tisuću puta. [1]

Prirodne humusne tvari čine 30-60 % otopljenog organskog ugljika u površinskim i podzemnim vodama. Zbog velike kemijske reaktivnosti, koja je posljedica složene strukture i brojnih aktivnih, hidrofilnih i hidrofobnih funkcionalnih skupina, humusne tvari sudjeluju u mnogim kemijskim i biokemijskim procesima u vodi i tlu. Posebice je značajno njihovo međudjelovanje s teškim metalima, policikličkim aromatskim ugljikovodicima te pesticidima. Vezanjem organskih i anorganskih zagađivala, humusne tvari utječu na njihovu toksičnost i pokretljivost u okolišu. Kada je riječ o postupku ekstrakcije pesticida čvrstom fazom, posljedica tog međudjelovanja je niže iskorištenje. [2, 3]

Cilj ovoga rada je odrediti optimalno otapalo ili smjesu otapala za ekstrakciju čvrstom fazom pesticida a-cipermetrina (sintetski piretroid, insekticid), atrazina (triazin, herbicid) i alaklora (anilin, herbicid) te ispitati utjecaj različitih koncentracija huminskih kiselina u uzorku vode na iskorištenje ekstrakcije pesticida uporabom C18 ekstrakcijskih diskova. Ispitivani pesticidi pripadaju različitim strukturnim skupinama.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

2.1. Materijal

Korišteni su standardi pesticida a-cipermetrina, atrazina i alaklora čistoće najmanje 98% (PLIVA, Zagreb).

Sva upotrebljena otapala su p.a. čistoće (Kemika, Zagreb).

Uzorci vode prikupljeni su na kaptiranom izvoru Kneginec gornji, Hrvatska i nisu bili izloženi djelovanju pesticida.

Korištene su kromatografske ploče HPTLC RP-18 F_{254S} 10 x 10 (Merck, Darmstadt).

Za ekstrakcijske eksperimente korišteni su C18 Empore diskovi, 47 mm (Varian, Harbor City, USA).

2.2. Priprava standardne otopine smjese pesticida

Standardna otopina smjese pesticida pripravljena je točnim vaganjem određene mase pojedinog standarda pesticida i otapanjem odvaga u određenom volumenu metanola. Masene koncentracija pesticida u tako pripremljenoj standardnoj otopini su: 1 mg×mL⁻¹ za atrazin, 3 mg×mL⁻¹ za α-cipermetrin i 6 mg×mL⁻¹ za alaklor.

2.3. Priprava otopine huminskih kiselina

U ovom radu korištene su huminske kiseline izolirane iz rijeke Krke koje sadrže 53,9% ugljika. Otopina huminskih kiselina pripravljena je otapanjem 116,4 mg huminskih kiselina u 250 mL NaOH tako da je masena koncentracija otopljenog organskog ugljika iznosila $250 \text{ mg} \times \text{L}^{-1}$.

2.4. Priprava uzorka vode sa standardnim dodatkom pesticida

Uzorci vode pripremljeni su dodatkom 1 mL standardne otopine pesticida u 500 mL uzorka vode. pH tako pripremljenog uzorka vode podešen je na 2-2,5 dodatkom nekoliko kapi koncentrirane kloridne kiseline, kako bi se izbjeglo vezanje proteina za analit što bi utjecalo na iskorištenje ekstrakcije ispitivanih pesticida.

2.5. Ekstrakcija čvrstom fazom

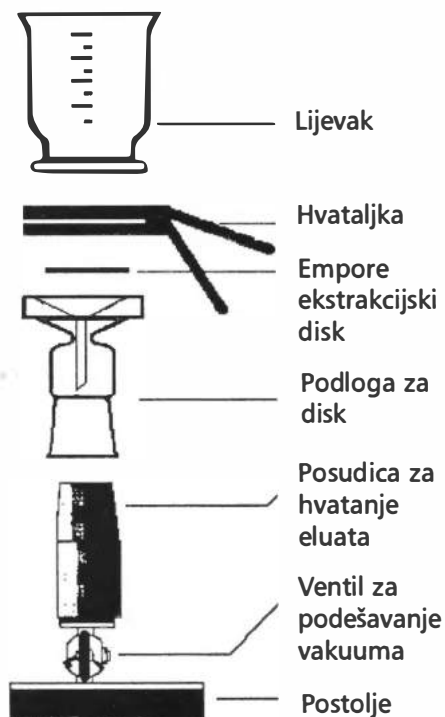
Prije nego se uzorci vode propuste kroz ekstrakcijske diskove moraju se profitirati prolazom kroz $0,45 \text{ } \mu\text{m}$ teflonske filtre. Na taj način se eliminiraju sitne čestice koje bi mogle začepiti pore Empore diskova. Prije propuštanja uzorka, diskovi se moraju oprati i kondicionirati. Diskovi se peru propuštanjem 20 mL otapala za eluiranje nakon čega se spomenuti disk kondicionira s 20 mL metanola tako da se preko ekstrakcijskog diska propusti nekoliko mililitara metanola pod vakuumom, a zatim se vakuum zatvori 30-60 sekundi pri čemu tanki sloj metanola ostaje na disku. Pri tomu se ne smije pustiti da se disk osuši, jer se u tom slučaju postupak kondicioniranja mora ponoviti. Na postojeći metanol na disku doda se nekoliko mL destilirane vode, a zatim se propušta uzorak vode. Nakon prolaska uzorka, disk se suši na zraku oko 10 minuta nakon čega slijedi eluiranje analita s 20 mL eluensa.

Nakon ekstrakcije otopina analita se upari do suha na rotavaporu pri sniženom tlaku i temperaturi vodene kupelji $40 \text{ } ^\circ\text{C}$. Suhi ostatak nakon uparavanja otopi se u 1 mL metanola. Količina ekstrahiranih pesticida određena je tankoslojnom kromatografijom i izračunato je iskorištenje ekstrakcijskog postupka za svaki pesticid u smjesi.

U prvom nizu eksperimenata ispitivana je djelotvornost ekstrakcije s različitim otapalima: heksan, diklormetan, aceton, acetonitril, metanol, etanol, etil acetat i 2-propanol, a u drugom nizu ispitao se utjecaj huminskih kiselina na iskorištenje ekstrakcije pesticida iz vode.

2.6. Tankoslojna kromatografija

Uzorci otopljeni u 1 mL metanola nanoseni su na kromatografske ploče $10 \times 10 \text{ cm}$ HPTLC RP-18 F_{254S} Linomatom IV (Camag, Muttentz, Švicarska). Nanešeno je pet vrpca volumena $10 \text{ } \mu\text{L}$: slijepi uzorak, standardna otopina te tri



Slika 1. 3M Aparatura za ekstrakciju čvrstom fazom

paralelna ekstrakta uzorka vode. Kromatogrami su razvijani uzlaznom tehnikom u zasićenim komorama sve dok fronta otapala nije dosegla oko 1 cm od gornjeg ruba pločice. Razvijач se sastojao od 2-propanola i vode u volumnom omjeru 8:2. Po završetku razvijanja, pločice su osušene na zraku i snimljene pod UV svjetlom valne duljine 254 nm 3CCD kolor video kamerom HV-C20 CCIR/PAL (Hitachi, Denshi, Japan) uz pomoć programa VideoStore 2. Digitalizirane slike kromatograma su zatim kvantitativno obrađene primjenom VideoScan 1.01 računalnog programa. Za svaki ekstrakcijski eksperiment određeno je relativno standardno odstupanje na temelju tri mjerenja.

Svaki ekstrakcijski eksperiment ponovljen je tri puta da bi se moglo odrediti relativno standardno odstupanje (RSD, %), te slijepi uzorak s uzorkom vode bez standardnog dodatka pesticida.

R_F -vrijednosti ispitivanih pesticida određene su nanošenjem otopine standarda svakog pesticida zasebno na kromatografsku pločicu tako da su njihove R_F -vrijednosti u smjesi bile poznate.

3. REZULTATI I RASPRAVA

3.1. Izbor optimalnog otapala za ekstrakciju

U ovom radu kao tehnika pripreme uzorka primijenjena je ekstrakcija čvrstom fazom s Empore diskovima. Pesticidi su ekstrahirani iz vode primjenom različitih organskih otapala. Djelotvornost ekstrakcije izražena iskorištenjem pesticida prikazana je u tablici 1.

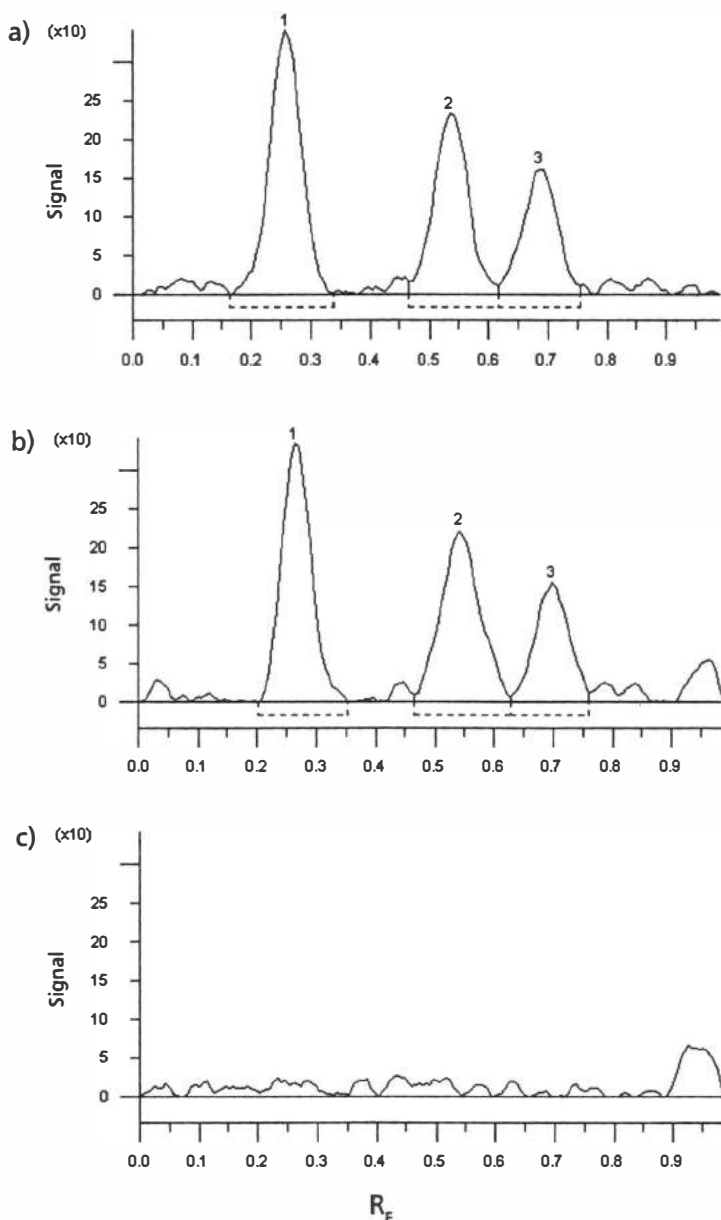
Tablica 1. Iskorištenja pesticida ekstrakcijom na čvrstoj fazi primjenom različitih otapala

Otapalo	Iskorištenja (%) (intervali pouzdanosti) (n=3)		
	Atrazin	Alaklor	α -cipermetrin
Heksan	-*	53.5±12.5	98.5±3.8
Diklormetan	92.8±2.5	95.2±5.9	92.2±2.6
Aceton	90.3±5.6	88.9±4.7	90.7±2.8
Acetonitril	109.6±6.1	104.0±6.9	102.1±9.4
Metanol	88.9±6.7	86.5±13.2	94.6±5.4
Etanol	81.9±8.1	92.4±10.2	94.6±2.9
Etil acetat	91.4±8.9	83.7±3.5	90.8±7.8
2-propanol	92.5±2.2	109.4±1.8	93.9±5.0

* Primjenom heksana kao eluenta nije određen atrazin

Iz tablice 1 je vidljivo da je najbolje iskorištenje alaklora i atrazina postignuto primjenom diklormetana, dok se α -cipermetrin najbolje ekstrahira primjenom heksana. Iz tog razloga su se u daljnjim eksperimentima primjenjivala ta dva otapala, tj. prvo su pesticidi eluirani s 10 mL heksana, a zatim s 10 mL diklormetana. Na taj način su dobivena sljedeća optimalna iskorištenja: 94.7±4.4 za atrazin, 104.2±3.7 za alaklor i 100.2±4.2 za α -cipermetrin.

Dobiveni kromatogrami su prikazani na slici 2, pri čemu se može vidjeti da nisu prisutni nikakvi interferencijski pikovi u ekstrahiranim uzorcima.

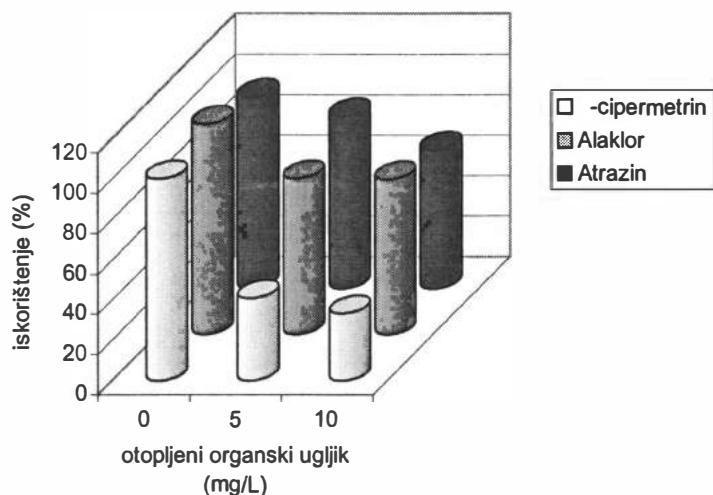


Slika 2. Kromatogram smjese pesticida: a) standardna otopina pesticida, b) smjesa pesticida ekstrahirana iz uzoraka vode, c) ekstrakt iz uzorka vode bez dodatka pesticida; 1- α -cipermetrin, 2-alaklor, 3-atrazin.

3.2. Određivanje utjecaja huminskih kiselina na ekstrakciju pesticida

Ako su vode bogate organskim tvarima obično sadržavaju huminske kiseline koje zbog svojih svojstava uzrokuju međudjelovanje s pesticidima koje je vrlo kompleksno.

Da bi se ispitao utjecaj huminskih kiselina na iskorištenje ekstrakcije, u uzorke vode dodano je 10 odnosno 20 mL otopine huminskih kiselina tako da je masena koncentracija otopljenog organskog ugljika iznosila 5 odnosno 10 mg×L⁻¹. Otopljeni organski ugljik nije se izravno mjerio, već su te otopine pripremljene na način prikazan u literaturi [4], preračunavanjem s obzirom na udio ugljika. Dobiveni rezultati prikazani su na slici 3.



Slika 3. Utjecaj huminskih kiselina na iskorištenje pesticida

Kao što je i očekivano, porastom koncentracije huminskih kiselina u uzorku vode iskorištenja ekstrakcije ispitivanih pesticida bitno su se smanjila. Do smanjenja iskorištenja ekstrakcije najvjerojatnije je došlo zbog zasićenja pora diska huminskim kiselinama, što se vidi po smeđem obojenju diskova. S druge strane pesticidi se mogu vezati na huminske kiseline što također uzrokuje smanjenje iskorištenja.

4. ZAKLJUČAK

Alaklor, atrazin i α -cipermetrin su koncentrirani iz vodenih uzoraka ekstrakcijom na čvrstoj fazi te su kvantitativno određeni tankoslojnom kromatografijom. Optimalna iskorištenja ispitivanih pesticida postignuta su kada su se pesticidi eluirali s heksanom, a zatim s diklormetanom. Tim postupkom dobivena su dobra iskorištenja za sve pesticide.

U prisutnosti huminskih kiselina iskorištenja ispitivanih pesticida su se smanjila. Iskorištenja su bila sve manja s porastom koncentracija huminskih kiselina u uzorku vode, što može biti uzrokovano: zasićenjem pora diska za ekstrakciju huminskim kiselinama, vezanjem pesticida na huminske kiseline koje se ne desorbiraju tijekom ekstrakcije otapalom, ili manjim afinitetom pesticida prema ekstrakcijskom disku kada su ti pesticidi vezani s huminskim kiselinama u otopini.

U daljnjim ispitivanjima tom problemu posvetit će se veća pozornost.

Literatura

- [1] M.C. Hennion, Sample Handling Strategies u D. Barceló (ur.), Sample Handling and Trace Analysis of Pollutants, Elsevier, Amsterdam, 2000., str.10-40
- [2] M. Ibañez, Y. Picó, I. Mañes, J. Chromatogr. A **823** (1998) 137-146
- [3] W.E. Johnson, N.J. Fendinger, J.R. Plimmer, Anal. Chem. **63** (1991) 1510-1513
- [4] S.A. Senseman, T.L. Lavy, J.D. Mattice i E.E. Gbur, Environ. Sci. Technol. **29** (1995) 2647-2653

Autori:

Dragana Mutavdžić

S. Babić

Marija Kaštelan-Macan

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu,
Marulićev trg 19, 10000 Zagreb



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.34.

Preliminarno ispitivanje organske tvari u oborinama u hrvatskom priobalju

Palma Orlović Leko, Marta Plavšić, Zlatica Kozarac, Božena Čosović

SAŽETAK: Mokre oborine su važan izvor organskih spojeva za površinske vode. U uzorcima oborina sakupljenih u Šibeniku, 2003. god., određene su koncentracije otopljenog organskog ugljika (DOC): 1,48; 1,89 mg dm⁻³ i površinski aktivnih tvari (PAT): 0,13; 0,22 ekv. T-X-100 mg dm⁻³. Dobiveni rezultati ovih preliminarnih istraživanja uspoređeni su sa vrijednostima dobivenim u kontinentalnom području Hrvatske, u Zagrebu 1998, 1999 i 2003. god. (DOC: 0,78-4,39 mg dm⁻³ i PAT: 0,08-0,37 ekv. T-X-100 mg dm⁻³, N=30). U ovom radu određen je prvi put kapacitet kompleksiranja metala (KKM) u oborinama na ovim prostorima: ($L_T = 6,6 \times 10^{-8}$ mol Cu²⁺ dm⁻³; $L_T = 1,3 \times 10^{-8}$ mol Pb²⁺ dm⁻³, Šibenik, i $L_T = 5,1 \times 10^{-7}$ mol Cu²⁺ dm⁻³, Zagreb).

KLJUČNE RIJEČI: oborine, otopljeni organski ugljik, površinski aktivne tvari, kapacitet kompleksiranja.

Preliminary Investigation of Organic Matter in Precipitation in the Croatian Costal Zone

SUMMARY: Wet precipitation is an important source of organic compounds in surface waters. The concentrations of dissolved organic carbon (DOC: 1.48; 1.89 mg dm⁻³) and surface active substances (SAS: 0.13; 0.22 eqv. T-X-100 mg dm⁻³) were determined in precipitation samples collected in Šibenik (Croatian coastal zone) during 2003. These preliminary data were compared with those obtained in the continental region of Croatia, in the city of Zagreb in 1998, 1999 and 2003 (DOC: 0.78-4.39 mg dm⁻³ and SAS: 0.08-0.37 eqv. T-X-100 mg dm⁻³, N=30). This paper reports on the first data on determination of complexing capacity in precipitation in this region ($L_T = 6.6 \times 10^{-8}$ mol Cu²⁺ dm⁻³; $L_T = 1.3 \times 10^{-8}$ mol Pb²⁺ dm⁻³, Šibenik, and $L_T = 5.1 \times 10^{-7}$ mol Cu²⁺ dm⁻³, Zagreb).

KEYWORDS: precipitation, dissolved organic carbon, surface active substances, complexing capacity

UVOD

Taloženje onečišćenja iz atmosfere ugrožava osjetljive vodene sustave jer utječe na kemijski sastav i procese te biološku raznolikost površinske vode. U Hrvatskoj, a posebno u priobalju, praćen je kemijski sastav oborina te taloženje štetnih tvari: sumpora iz sulfata, anorganskog dušika iz nitrata i amonijaka [11,1]. Međutim iz literature je vidljivo da u mokrim oborinama hrvatskog priobalja do sada nije određivana organska tvar. Poznato

je da mokre oborine često sadrže znatnu količinu organske tvari; prema Likens-u i sur. [5] oko 5 mg dm^{-3} . Organska tvar u atmosferu dopire iz primarnih antropogenih i biogenih emisija, ili fotokemijskim transformacijama prekursora [2]. Količina otopljenog ugljika (DOC) je parametar koji se najčešće koristi za izražavanje sadržaja organske tvari u prirodnim vodama, odnosno u mokrim oborinama. Unos otopljenog organskog ugljika kišom u površinsku morsku vodu ($90 \times 10^{12} \text{ g C god.}^{-1}$) ekvivalentan je veličini unosa DOC u otvoreni ocean u globalnom mjerilu [13]. Organske kiseline čine veliki dio otopljenog organskog ugljika u kiši; 40% u nekim regijama [12]. Formaldehid i acetaldehid kao i amino kiseline prisutne su u manjim količinama (2-5 %). Utvrđena je i prisutnost humusnih tvari. Međutim, približno polovina otopljenog organskog ugljika još uvijek nije okarakterizirana s obzirom na vrstu kemijskih spojeva, njihovo podrijetlo, te njihovu promjenjivost u uzorku [13].

Znatan dio otopljene organske tvari u mokrim oborinama pokazuje površinsku aktivnost [7]. Površinski aktivne tvari (PAT) imaju značajnu ulogu u okolišu jer adsorpcijom na međupovršine utječu na procese transporta mase i energije. Ovaj tip organskih tvari može se akumulirati i na međupovršini kišna kapljica/zrak i tako stvoriti monoslojni organski film.

DOC može biti osnovni reaktant u mnogim reakcijama u kiši uključujući fotokemijske procese i kompleksiranje metala u tragovima [6,10].

Količina organske tvari u odnosu na količinu prisutnih iona metala je gotovo uvijek u suvišku u prirodnim vodama. Kapacitet kompleksiranja definira se kao količina dodanog metalnog iona koja se može vezati u inertni kompleks sa organskom tvari prisutnom u uzorku prirodne vode. Za razumijevanje biogeokemijskih procesa u prirodnim vodama važno je poznavati prisutne koncentracije, vrste i oblike organske tvari i tragova metala. Svrha ovog rada je bila započeti sustavno istraživanje organske tvari u oborinama hrvatskog priobalja, a prvi uzorci su uzorkovani u Šibeniku i uspoređeni s rezultatima dobivenim u kiši kontinentalnog dijela Hrvatske.

EKSPERIMENTALNI POSTUPAK

Uzorci oborina su prikupljeni u otvorenom uzorkovaču (smeđa staklena boca i stakleni lijevak), po "bulk" metodi, za vrijeme različitih kišnih događaja. Tako sakupljeni uzorci sadrže i dio suhog - gravitacionog taloženja što prema literaturi može iznositi i do 20 %. Određivanje otopljenog organskog ugljika vršeno je postupkom visoke temperature katalitičke oksidacije s instrumentom TOC-500 Analyzer tvrtke Shimadzu (Japan). Uzorci su prethodno filtrirani pomoću staklenog Millipore sustavu za filtriranje i staklenog Whatman GF/F filtera veličine pora 0.7 mm prethodno žarenih na 450°C kroz 4 sata. Filtrirani uzorci konzervirani su s dodatkom HgCl_2 ($c=10 \text{ mg dm}^{-3}$) i pohranjeni na tamno mjesto do mjerenja.

Površinska aktivnost određena je mjerenjem kapacitetne struje upotrebom fazno osjetljive voltametrije s izmjeničnom strujom (van faze). Mjerenja su vršena uz akumulaciju površinski aktivnih tvari u vremenu od 15, 30, 60 i 120 s, na potencijalu - 0.6 V. Određivanje je vršeno u originalnim, nefiltriranim uzorcima, uz dodatak osnovnog elektrolita do koncentracije 0.55 M NaCl . Sadržaj PAT izražen je u ekvivalentima modelne neionske PAT, Tritona -X-100 u mg dm^{-3} [3]. Utjecaj PAT iz uzoraka oborina na redoks procese iona olova studiran je voltametrijom s izmjeničnom strujom (u fazi). Mjerenja su vršena uz akumulaciju površinski aktivnih tvari u vremenu od 60, 180 i 300 s na

potencijalu - 0.2 V. Za navedena mjerenja korišten je instrument m-Autolab povezan sa GPES 4.6 softwarom (ECO-Chemie, Nizozemska).

Mjerenje kapaciteta kompleksiranja su rađena na instrumentu m-Autolab (ECO-Chemie, Nizozemska) uz korištenje automatske elektrode VA-663 (Metrohm, Švicarska). Analizom podataka metodom po Ružiću [9], uz pretpostavku da se prisutni ligandi i ioni metala vežu u omjeru 1:1, određen je kapacitet kompleksiranja (L_T) izražen kao $\text{mol M}^{2+} \text{ dm}^{-3}$ i prividna konstanta kompleksiranja (K) izražena kao $\text{dm}^{-3} \text{ mol}^{-1} \text{ M}^{2+}$. Za ova mjerenja uzorci nisu bili prethodno filtrirani.

REZULTATI I RASPRAVA

U oborinama koje su uzorkovane u Šibeniku i Zagrebu tijekom zimskog razdoblja 2003. god., određen je sadržaj otopljenog organskog ugljika, sadržaj površinski aktivnih tvari, kapacitet kompleksiranja i pH vrijednost. Rezultati su prikazani u tablicama 1 i 2.

Tablica 1. Koncentracija PAT i DOC za oborine s područja Šibenika i Zagreba za zimsko razdoblje 2003.god.

broj i vrsta uzorka	DOC [mg dm^{-3}]	PAT ekv. T-X-100 [mg dm^{-3}]		ΔPAT^* (%)	pH
		prirodni pH	pH = 2		
1 kiša-Šibenik 29. 01. 03.	1,48	0,13	0,16	23	7,16
2 kiša-Šibenik 4.2. 03.	1,89	0,22	0,26	18	6,17
3 susnježica Zagreb 5.02.03.	1,08	0,08	0,08	-	7,02

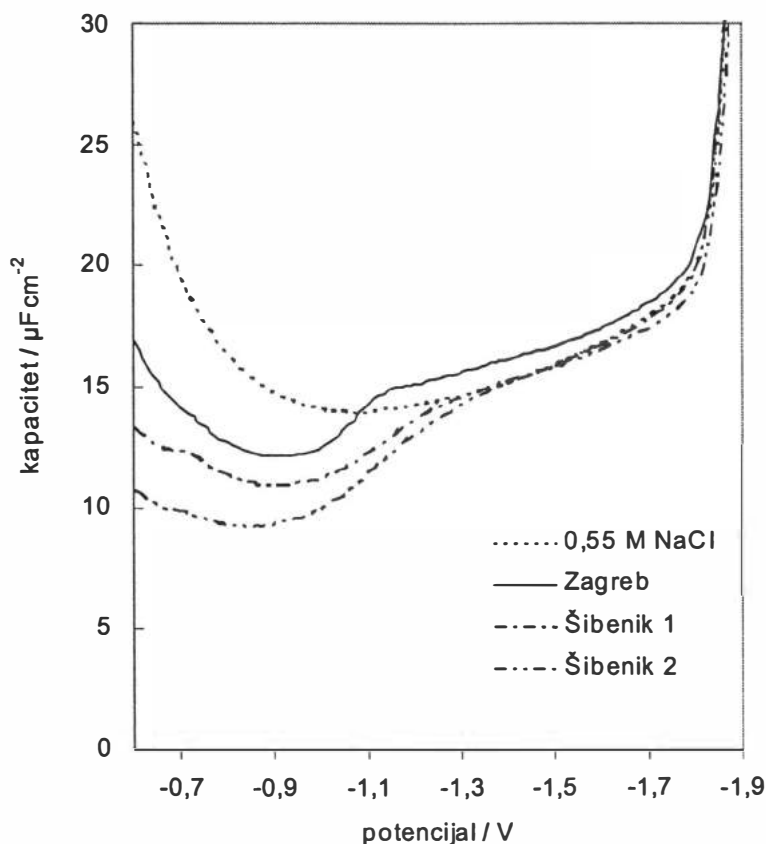
* ΔPAT = povećanje površinske aktivnosti u kiselom uzorku.

Analiza kiselosti, tj. pH vrijednost pokazuje da su oborine promatranog razdoblja bile neutralne što znači da su kisele komponente vjerojatno neutralizirane česticama iz atmosfere. Prema ranijim istraživanjima izmjerene pH vrijednosti oborina na Šibenskom području su se kretale u rasponu od pH = 3,86 do pH = 7,93, a udio kiselih kiša (pH $\leq$ 5,6) je bio 4 - 6 % [11]. Kiselost oborina sakupljenih na Zagrebačkom području tijekom 1998. i 1999. god. kretala se od pH = 3,8 do pH = 7,7, a udio kiselih kiša je bio 38 %.

Izmjerena količina otopljenog organskog ugljika u oborini u Zagrebu je manja (1,08 mg dm^{-3}) od vrijednosti DOC u kiši u Šibeniku (1,84 i 1,89 mg dm^{-3}). Međutim, u našim prethodnim ispitivanjima količina otopljene organske tvari u oborinama (29 uzoraka) na različitim lokacijama u gradu Zagrebu kretala se u rasponu od 0,79-4,39 mg dm^{-3} ; od toga 13 uzoraka imalo je vrijednost DOC veću od 1,9 mg dm^{-3} . Na kakvoću oborine utječe veliki broj čimbenika, te stoga oborine pokazuju prostornu i vremensku promjenljivost. Kemijski sastav oborina ovisi o klimatskim karakteristikama ispitivanog područja, godišnjem dobu, lokalnim izvorima emisije, količini i intenzitetu oborine i utjecaju daljinskog prijenosa [11]. Na području Šibenika nema značajnih izvora emisija

organskog ugljika osim prometa i kućnih ložišta, pa su značajnija onečišćenja atmosfere vjerojatno pod utjecajem daljinskog prijenosa. Nadalje, za očekivati je da su rezultati uzoraka kiše iz Šibenika pod velikim utjecajem morskih aerosola osobito za vrijeme južnih vjetrova koji su vrlo česti.

Ispitana su adsorpcijska svojstva površinski aktivnog materijala prisutnog u oborinama. Na slici 1 date su krivulje kapacitet-potencijal snimljene u uzorcima oborina koje su uzorkovane u Šibeniku i Zagrebu u istom vremenskom periodu. Iz datih krivulja određen je sadržaj ukupnih površinski aktivnih tvari, a rezultati su izraženi kao ekvivalent Triton-X-100 u mg dm^{-3} (tablica 1). Dobivene vrijednosti za uzorke oborina iz Šibenika iznose 0,13 i 0,22 ekv. Triton-X-100 mg dm^{-3} , a za Zagreb 0,08 ekv. Triton-X-100 mg dm^{-3} . Ranije vrijednosti PAT za uzorke oborina u Zagrebu su bile u rasponu od 0,09-0,37 ekv. Triton-X-100 mg dm^{-3} ; za 7 uzoraka koncentracija PAT je bila veća od 0,20 ekv. Triton-X-100 mg dm^{-3} . Može se pretpostaviti da je niska vrijednost PAT u Zagrebu, u 2003.god. uzrokovana prethodnom velikom količinom oborina što je doprinjelo ispiranju atmosfere.

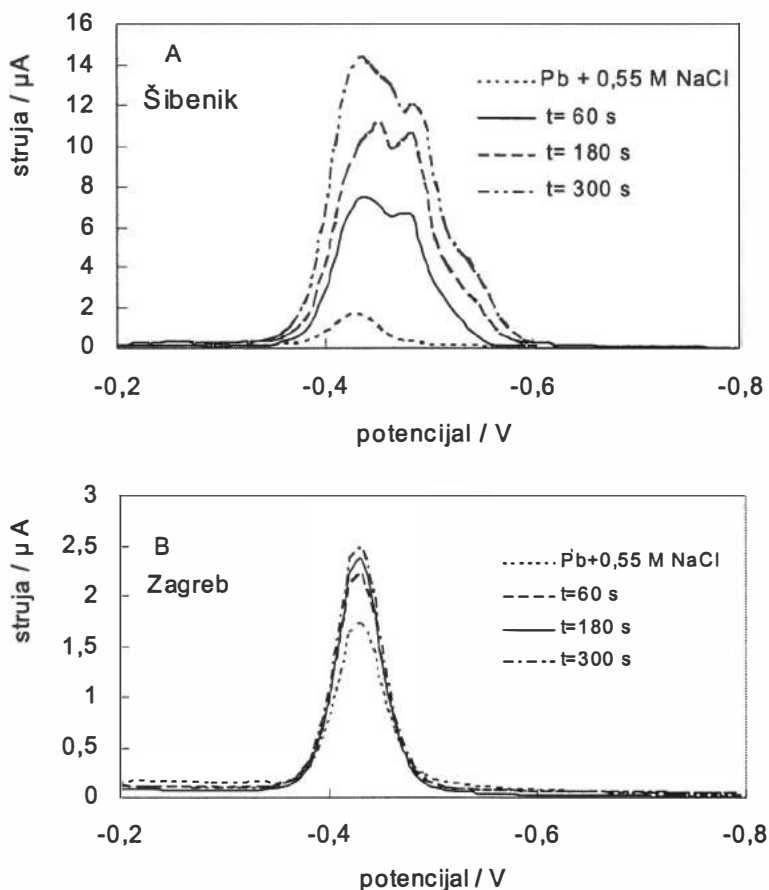


Slika 1. Krivulje kapacitet-potencijal za uzorke oborina uzorkovane 2003.god. na području Šibenika i Zagreba. Akumulacija je vršena na potencijalu -0,6 V u trajanju od 120 s..

Zakiseljavanjem uzoraka na $\text{pH} = 2$, došlo je do jače adsorpcije organskih tvari na živinoj elektrodi u uzorcima iz Šibenika (23 % u uzorku 1 i 18 % u uzorku 2), dok je u uzorku iz Zagreba taj učinak izostao. U našim ranijim istraživanjima na modelnim tvarima

uočeno je da se pojačanje adsorpcije nakon zakiseljavanja javlja zbog protoniranja tvari polielektrolitskih svojstava. Za pretpostaviti je da uzorci kiše iz Šibenika sadrže hidrofobno kisele tvari, dok uzorak iz Zagreba sadrži neutralne površinski aktivne tvari koje se zakiseljavanjem dodatno ne protoniraju.

Da bi se dobile dodatne informacije o strukturi adsorbiranih slojeva površinski aktivnih tvari iz oborina i da bi se procijenio njihov utjecaj na fizičko-kemijske procese u području međupovršina mogu se koristiti različite elektrokemijske probe kao što su npr. pozitivno nabijeni metalni ioni [7]. U ovom radu istražen je utjecaj prisutnih površinski aktivnih tvari na elektrodne procese olova, uz prirodni pH i pH=2. Rezultati za uzorke 1 i 3 prikazani su na slici 2.



Slika 2. AC voltamogrami olovo (II) iona ($c = 10^{-4}$ mol dm $^{-3}$) za različita vremena akumulacije (60, 180 i 300 s) na potencijalu - 0,2 V, u uzorku kiše iz Šibenika od 4. 02. 2003. god. (A) i oborine iz Zagreba od 5. 02. 2003. god. (B).

Uočljivo je da je došlo do jakog povećanja katodnog vala olova u uzorku kiše iz Šibenika, slika 2A, (više od 4 puta) uslijed akumulacije metala u adsorbiranom sloju, što može biti objašnjeno prisustvom humusnih tvari koje posjeduju slobodna mjesta za protoniranje i/ili vezanje iona metala. Ovu pretpostavku potvrđuje činjenica da se nakon zakiseljavanja uzorka katodni val olova smanjio - uslijed protoniranja preostaje manje raspoloživih

veznih mjesta za metalne ione [8]. U uzorku oborine iz Zagreba (slika 2B), povećanje katodnog vala je manje izraženo, a nakon zakiseljavanja uzorka nije došlo do znatne promijene visine vala. U ovom slučaju se vjerojatno radi o slabijoj akumulaciji olovnog iona u adsorbiranom sloju nezasićenih masnih kiselina preko p elektrona[4]. Razmatrani procesi ukazuje na mehanizme kojim se metalni ion može akumulirati u organskom sloju kišne kapljice.

U uzorcima oborina iz Zagreba koje su sakupljane tijekom 1998. i 1999. god značajan utjecaj PAT na oksido - reduksijski val olova uočen je samo kod onih uzoraka kod kojih je prirodni pH bio veći od 6. Iz prethodno opisanih mjerenja također slijedi da PAT iz kiše kod viših pH vrijednosti akumuliraju olovo. U daljnim istraživanjima potrebno je utvrditi koji sve čimbenici dovode do tako snažne akumulacije metala u adsorbiranom organskom sloju; morski aerosoli vjerojatno imaju ulogu u tome.

U ispitivanim uzorcima određen je i kapacitet kompleksiranja (tablica 2), kao dodatni pokazatelj koji kvalitativno i kvantitativno karakterizira organsku tvar u oborinama.

Tablica 2. Kapacitet kompleksiranja (L_T) i prividna konstanta kompleksiranja (K) za oborine s područja Šibenika i Zagreba.

Uzorak	L_T	K
1 kiša - Šibenik 29. 01. 03.	$L_T = 6,6 \times 10^{-8} \text{ mol Cu}^{2+} \text{ dm}^{-3}$ $L_T = 1,3 \times 10^{-8} \text{ mol Pb}^{2+} \text{ dm}^{-3}$	$K = 1,2 \times 10^7 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ $K = 9,1 \times 10^7 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$
3 susnježica - Zagreb 5.02.03.	$L_T = 5,1 \times 10^{-7} \text{ mol Cu}^{2+} \text{ dm}^{-3}$	$K = 1,3 \times 10^6 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$

Rezultati mjerenja kapaciteta kompleksiranja pokazuju da je količina organske tvari koja može kompleksirati ione metala veća u uzorku oborine iz Zagreba ($L_T = 5,1 \times 10^{-7} \text{ mol Cu}^{2+} \text{ dm}^{-3}$) nego u uzorku kiše iz Šibenika ($L_T = 6,6 \times 10^{-8} \text{ mol Cu}^{2+} \text{ dm}^{-3}$). Kako uzorci za određivanje kapaciteta kompleksiranja nisu bili filtrirani, a čestice mogu pridonijeti rezultatu kapaciteta kompleksiranja, može se pretpostaviti da je uzorak iz Zagreba dodatno sadržavao i određenu količinu anorganskih čestica. Kapacitet kompleksiranja određen sa ionima olova: $L_T = 1,3 \times 10^{-8} \text{ mol Pb}^{2+} \text{ dm}^{-3}$ (uzorak iz Šibenika) je manji od kapaciteta kompleksiranja određenog sa ionima bakra jer ioni olova pokazuju manji afinitet vezanja na organsku tvar. Organsko kompleksiranje može utjecati na atmosferski ciklus metala i kiselina kao i na biogeokemijske procese bakra u morskoj vodi [10].

ZAKLJUČAK

U preliminarnim istraživanjima oborina šibenskog područja određena je koncentracija otopljenog organskog ugljika: 1,48; 1,89 mg dm^{-3} i površinski aktivnih tvari: 0,13; 0,22 ekv. Triton-X-100 mg dm^{-3} . Izmjerene vrijednosti su vrlo slične onima koje su dobivene u oborinama koje su sakupljene na zagrebačkom području 1998, 1999, i 2003. god. Uočena je jaka akumulacija olova u adsorbiranim slojevima PAT u oborinama iz Šibenika

što može biti vrlo važno u procesima prijenosa olova jer se olovo može akumulirati u organskom sloju na međupovršini kišna kapljica/zrak. Rezultati mjerenja kapaciteta kompleksiranja pokazuju da je količina organske tvari koja može kompleksirati ione metala bila veća u uzorku oborine iz Zagreba ($L_T = 5,1 \times 10^{-7} \text{ mol Cu}^{2+} \text{ dm}^{-3}$) nego u uzorku kiše iz Šibenika ($L_T = 6,6 \times 10^{-8} \text{ mol Cu}^{2+} \text{ dm}^{-3}$). Kapacitet kompleksiranja određen sa ionima olova: $L_T = 1,3 \times 10^{-8} \text{ mol Pb}^{2+} \text{ dm}^{-3}$ (uzorak iz Šibenika) je manji od kapaciteta kompleksiranja određenog sa ionima bakra jer ioni olova pokazuju manji afinitet vezanja na organsku tvar.

Literatura

1. Alebić-Juretić, A., Šojat, V.: Kemijski sastav oborina na dvije postaje u Rijeci. Priopćenje Prvog hrvatskog znanstvenog-stručnog skupa: "Zaštita zraka", Crikvenica, 16.-18. listopada, 1997., 409-413.
2. Chebbi, A., Carlie, P. (1996) : Carboxylic acid in the troposphere, occurrence, source and sinks: a review. *Atmos. Environ.*, 30 (24) 4233-4249.
3. Čosović, B., Vojvodić, V., Pleša, T. (1985) : Electrochemical determination and characterization of surface active substances in freshwaters, *Water Res.*, 19, 175-183.
4. Krznarić, D., Čosović, B., Kozarac, Z. (1983) : The adsorption and interaction of long-chain fatty acids and heavy metals at the mercury electrode/ sodium chloride solution interface, *Mar. Chem.*, 14, 17 -29.
5. Likens, G. E., Edgerton, E.S., Galloway, J.N. (1983) : The composition and deposition of organic carbon in precipitation. *Tellus* 35B, 16-24.
6. Nimo, M. (1997) : The potential pool of Co, Ni, Cu, Pb and Cd organic complexing ligands in costal and urban rain. *Atmos. Environ.* 30 (23), 3959-3966.
7. Orlović Leko, P. : Fizičko-kemijske interakcije površinski aktivnih tvari s olovom u vodenim sustavima. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu , 2001.
8. Plavšić, M., Čosović, B., Miletić, S. (1991) : Comparison of the behaviours of copper, cadmium and lead in the presence of humic acid in the sodium chloride solutions. *Anal. Chim. Acta*, 255 15-21
9. Ružić J. (1982) : Theoretical aspect of the direct titration of natural water and its information yield for trace metal speciation, *Anal. Chim. Acta*, 140, 99-113.
10. Spokes, L. J., Lucija, M., Campos, A. M., Jickells, D. T. (1996) : The role of organic matter in controlling copper speciation in precipitation. *Atmos. Environ.* 30 (23), 3959-3966.
11. Šojat, V., Borovečki, D.: Kemijski sastav i svojstva oborina na meteorološkim postajama Rijeka, Senj i Šibenik. Zbornik radova 1. Hrvatske konferencije o vodama, Dubrovnik, 24-27. svibnja 1995., 561-568.
12. Tang, Y. : Organic Acids in Costal north Carolina Rainwater, Master's thesis. University North Carolina at Wilmington, 1998.
13. Willey, J.D., Kieber, R. J., Eyman, M. S., Brooks, G. (2000) : Rainwater dissolved organic carbon: Concentrations and global flux. *Global Biogeochem. Cycles.*, 14 (1), 139-148.

Autori:

Dr.sc. Palma Orlović Leko, Rudarsko-Geološko-Naftni fakultet u Zagrebu, 10 000
Zagreb, Pierottijeva 6, Hrvatska, tel. + 385 1 46 05 158, e-mail: paorleko@rgn.hr

Dr. sc. Marta Plavšić, Dr.sc. Zlatica Kozarac, Dr.sc. Božena Čosović, Institut "Ruđer
Bošković", Zavod za istraživanje mora i okoliša, Bijenička 54, 10 002 Zagreb,
Hrvatska, tel. + 385 1 46 80 127, fax. 468 02 42, e-mail: plavsic@rudjer.irb.hr



Rad 2.35.

Razine polikloriranih bifenila zemljišta trafopostrojenja u Komolcu i Rijeci Dubrovačkoj

Mladen Picer, Nena Picer, Ana Škrlin

SAŽETAK: Na osnovi dosadašnjih istraživanja postoje konkretni dokazi da su tokom ratnih razaranja stradala elektropostrojenja u trafostanici Komolac kraj Dubrovnika, te da su u okoliš prodrli poliklorirani bifenili (PCB). Povišene razine PCB u sedimentima i morskim organizmima sakupljenim u obližnjoj marini, kao i neposredno uz nju, mogle bi se protumačiti više kao posljedica zagađenja same marine servisnim uslugama plovni objekata, nego kao posljedica prodora PCB iz oštećene trafostanice. Određivanjem razina PCB u sedimentima uzorkovanim duž Rijeke Dubrovačke, na postaji u blizini Sustjepana opažena je izvanredno visoka koncentracija PCB od 2594 ng/g. To bi moglo ukazivati da je negdje u blizini deponiran PCB-om kontaminiran građevinski otpad nastao prilikom sanacije ratom razorenog trafopostrojenja u Komolcu. Zbog toga je od izuzetne važnosti pomnije istražiti ovu lokaciju radi sigurnije procjene zagađenja polikloriranim bifenilima i njenog značenja po ekosustav Rijeke Dubrovačke.

KLJUČNE RIJEČI: PCB, sediment, morski organizmi, trafostanica, ratni otpad, Dubrovnik.

Pcb Levels in Soil Inside Komolac Substation and Rijeka Dubrovačka

SUMMARY: Investigations carried out so far offer concrete proofs that the electrical equipment in the Komolac Substation near Dubrovnik suffered war-inflicted damage, and that polychlorinated biphenyls (PCBs) were released into the environment. Increased levels of PCBs in sediments and sea organisms collected from the nearby marina, and its immediate vicinity, could be interpreted as the marina pollution from services rendered to vessels rather than as a consequence of the PCB release from the damaged substation. However, the PCB levels in sediments sampled along Rijeka Dubrovačka, at the station nearby Sustjepan, indicate particularly high PCB level of 2594 ng/g. This indicates that the PCB contaminated rubble, generated during remediation of the Komolac Substation destroyed during the war, might be deposited nearby. Therefore, it would be particularly important to research this site thoroughly for assessment of its contamination with polychlorinated biphenyls and analyze importance of such contamination for the ecosystem in Rijeka Dubrovačka.

KEYWORDS: PCBs, sediment, sea organisms, substation, waste as result of war operations, Dubrovnik.

UVOD

Tijekom ratnih stradanja elektroenergetskih postrojenja, naročito kondezatora u velikim trafostanicama, postoji mogućnost prodora polikloriranih bifenila u okoliš [5]. Iako se organoklorirani pesticidi i PCB nakon dospijevanja u okoliš brzo i djelotvorno sorbiraju

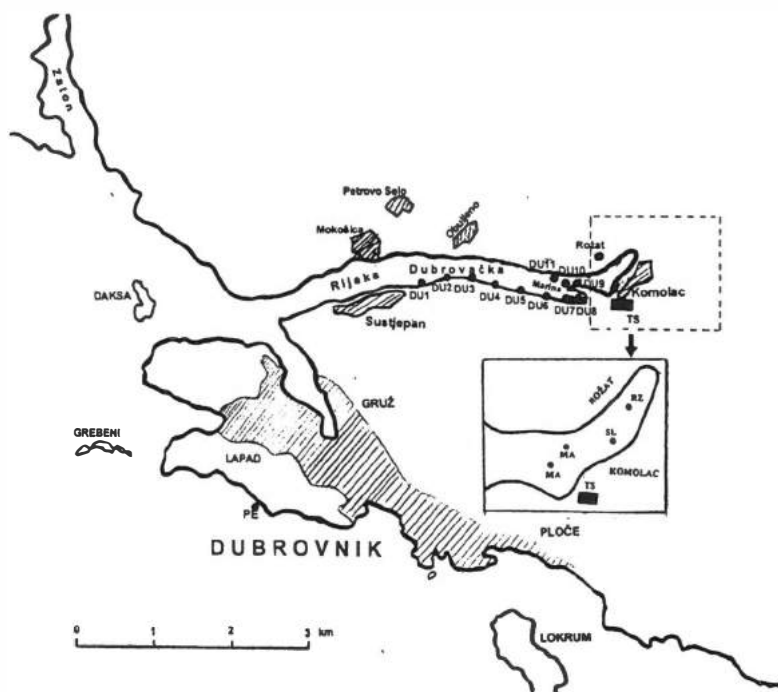
u prirodnim sorbensima, bilo da se radi o tlu [1] ili o sedimentu u vodenom okolišu [2], procesima desorpcije lako mogu ući u ekosustav. Tokom nekontroliranog izgaranja PCB i drugih organohalogenih tvari dolazi do stvaranja još daleko opasnijih polihalogeniranih dibenzofurana i dibenzodiodksina, pa je time ugroženost ratnih područja još i veća [6]. Također je potrebno upozoriti na činjenicu da neodgovarajuće odlaganje otpada ili zagađenog tla, primjerice u vrtače (a što se u svrhu "sanacije zagađivanja" ponekad dešava), može i višestruko potencirati opasnost od zagađivanja podzemnih voda u krškim terenima, jer s takvih točkastih mjesta unosa zagađivala, ona mogu desorpcijom izravno dospjeti do razine vode temeljnice i mora.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA I METODOLOGIJA

Tijekom ratnih razaranja na području Dubrovnika oštećeni su :

- HE Dubrovnik -oštećen regulacijski transformator 115/36 kV, 20 MVA
- TS 110/35/10 kV "Komolac" - oštećeni strujni i naponski mjerni transformatori; 110 kV - TS Komolac - kompletno uništeno postrojenje. Za ovo postrojenje postoje dokazi da su se u kondenzatorskim baterijama nalazili poliklorirani bifenili [5].

Na Slici 1. prikazano je istraživano područje Rijeke Dubrovačke, kao i pozicija trafostanice TS 110/35/10 kV "Komolac" s postajama na sljedećim lokalitetima: Rezervat (RZ) , ušće potoka Slavijana (SL) i marina (MA). Uz to su sakupljeni i neki uzorci na području Petke (PE) u blizini pozicije gdje ulaze otpadne vode Dubrovnika i Mokošice, odnosno gdje se je za vrijeme Domovinskog rata i okupacije kraće vrijeme odbacivao kruti otpad s toga područja.

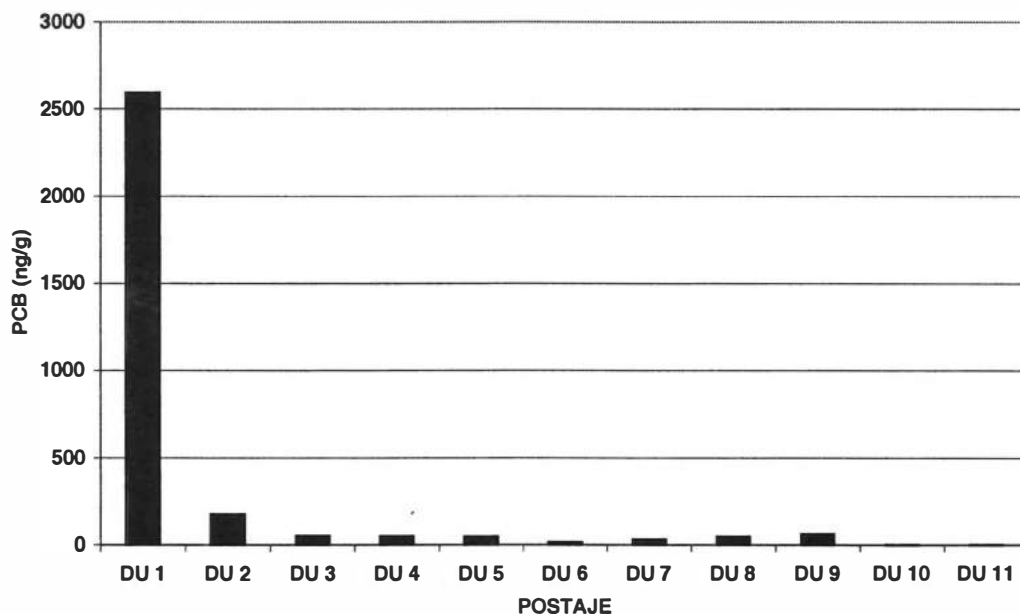


Slika 1. Istraživano područje Rijeke Dubrovačke i pozicija trafostanice TS 110/35/10 kV "Komolac" s postajama na sljedećim lokalitetima: Rezervat (RZ) , ušće potoka Slavijana (SL), marina (MA) i područje Petke (PE).

METODOLOGIJA: Ekstrakcija PCB-a iz uzoraka sedimenata provodi se otapalima pomoću ekstraktora po Soxhletu, dok iz organizama pomoću visoko obrtnog blender aparata. Sumpor iz ekstrakata sedimenata se odstranjuje otopinom KCN ili elementarnom živom [4]. Ekstrakti se čiste na koloni aluminij oksida, dok se klorirani insekticidi odvajaju od polikloriranih bifenila na koloni silikagela [3]. Poliklorirani bifenili analiziraju se pomoću plinskog kromatografa opremljenog kapilarnom plinsko-kromatografskom kolonom i detektorom zahvata elektrona. [8].

REZULTATI

Rezultati istraživanja razina visokostabilnih kloriranih ugljikovodika u uzorcima sedimenata sakupljenih tijekom 1997. godine na području rijeke Dubrovačke na lokalitetu rezervat (RZ), uz ušće potoka Slavijana (SL) i marine (MA) prikazani su u Tablici 1. Osim razina DDT (p,p'-diklordifenil trikloreten) i njegovih metabolita, DDE (p,p'-diklordifenil dikloreten) i DDD (p,p'-diklordifenil dikloreten), prikazane su razine PCB, ECD –ukupan (hlapljivi organohalogeni spojevi određeni pomoću detektora adsorpcije elektrona), i ECD – benzenska frakcija, i to na suhu težinu uzorka u težinskim udjelima ($\omega \times 10^9$), što odgovara ng/g ili ppb. Uz to su prikazani rezultati analiza uzoraka na području Petke (PE) u blizini pozicije gdje se povremeno ispuštaju otpadne vode, odnosno gdje se za vrijeme Domovinskog rata i opsade Dubrovnika, kraće vrijeme odbacivao kruti otpad grada Dubrovnika. Na osnovi razgovora s lokalnim stanovništvom, postoji sumnja u odvoženje otpadnog materijala nastalog prilikom sanacije trafostanice u Komolcu, na morsku obalu kod Sustjepana. Kako je došlo do razlijevanja ulja s PCB to je velika vjerojatnost da je dio toga otpadnog materijala zagađen polikloriranim bifenilima. Zbog toga se tijekom 1999. godine detaljno istražilo na 11 pozicija sadržaj PCB u sedimentima Rijeke Dubrovačke. Pozicije postaja gdje su se sakupljali uzorci sedimenata prikazani su na Slici 1, a vrijednosti razina PCB na Slici 2.



Slika 2. Razine PCB (ng/g) u sedimentima Rijeke Dubrovačke, uzorkovanim tijekom 1999.g.

Tablica 1. Razine DDT i PCB u uzorcima sedimenata sakupljenih tijekom 1997. godine ($\omega_{st} \times 10^9$)

Postaja	Datum	PCB	ECD- ukupan	ECD-ben. frakcija	p,p'DDT	p,p'DDE	p,p'DDD	DDT- ukupan
Rezervat	04.05.97.	12	np	np	<0,3	0,5	<0,3	0,8
Rezervat	02.10.97.	8	46	23	<0,3	0,9	0,3	1,3
Slavijan	04.05.97.	20	76	14	0,5	0,7	<0,3	1,3
Slavijan	02.10.97.	27	98	21	<0,3	0,8	0,6	1,6
Marina	04.05.97.	216	297	97	0,9	5,0	0,4	6,3
Marina	02.10.97.	265	351	np	2,0	1,1	0,3	3,4
Petka	02.10.97.	18	46	32	0,6	0,2	0,5	1,3

np = nema podataka

Visokostabilni klorirani ugljikovodici istraživani su i u uzorcima mekušaca i riba, sakupljenih tijekom 1997.g. Na području Rijeke Dubrovačke, na lokalitetu Marine, prikazani su rezultati analiza uzoraka dagnji i puža, dok su na području Petke sakupljeni i analizirani uzorci dagnji i priljepaka (Tablica 2). Rezultati istraživanja razina DDT, PCB i ECD fingerprint materijala u uzorcima riba, sakupljenih na području Rijeke Dubrovačke, na lokalitetima rezervata i marine, prikazani su u Tablici 3, a dati su na mokru težinu u težinskim udjelima ($\omega \times 10^9$), tj. u ng/g mokre težine.

Tablica 2. Razine DDT i PCB u uzorcima mekušaca sakupljenih tijekom 1997. godine ($\omega_{mt} \times 10^9$)

Vrsta	Postaja	Datum	EOM (%)	PCB	ECD- ukupan	ECD-ben. frakcija	p,p'DDT	p,p'DDE	p,p'DDD	DDT- ukupan
Dagnje	marina(a)	04.05.97.	1,1	97	326	92	0,6	0,9	0,4	1,9
Dagnje	marina(b)	04.05.97.	1,7	90	474	69	1,1	0,9	<0,3	2,1
Dagnje	marina	02.10.97.	2,6	199	451	198	0,9	1,6	<0,3	2,7
Dagnje	Petka	02.10.97.	1,4	143	347	131	0,9	1,9	0,6	3,4
Kamenica	marina	02.10.97.	1,1	388	805	144	0,7	0,3	0,6	1,6
Puž	marina	02.10.97.	2,8	1510	2398	326	12	27	6,0	45,0
Priljepak	Petka	02.10.97.	1,6	13	263	42	0,5	0,9	0,3	1,7

a i b = paralelni uzorci; EOM=ekstrahirana organska materija

Tablica 3. Razine DDT i PCB u uzorcima riba sakupljenih tijekom 1997 godine ($\omega_{mt} \times 10^9$)

Vrsta	Broj riba	Postaja	Datum	EOM (%)	PCB	ECD- ukupan	ECD-ben. frakcija	p,p'DDT	p,p'DDE	p,p'DDD	DDT- ukupan
Glavoč	4	rezervat	04.05.97.	1,9	938	np	79	0,8	1,9	0,2	2,9
Glavoč	2	rezervat	02.10.97.	1,0	183	280	143	0,3	1,0	0,4	1,7
Lumbrak	1	rezervat	04.05.97.	3,3	74	147	231	0,1	0,1	0,4	0,6
Lumbrak	4	rezervat(a)	02.10.97.	0,7	153	689	278	1,0	0,2	0,5	1,7
Lumbrak	4	rezervat(b)	02.10.97.	0,5	173	690	167	2,0	0,3	0,9	3,2
Barbun	4	rezervat	02.10.97.	0,4	208	321	142	0,2	0,6	0,7	1,5
Špar	4	marina	02.10.97.	6,5	311	423	264	2,3	7,2	1,9	11,4
Cipal	1	marina	02.10.97.	0,7	240	459	321	1,7	5,2	0,7	7,6
Barbun	2	marina(a)	01.10.97.	2,0	263	347	52	0,1	0,1	0,5	0,7
Barbun	2	marina(b)	01.10.97.	2,3	303	672	np	0,2	0,3	0,2	0,7

a i b = paralelni uzorci; np = nema podataka

EOM= ekstrahirana organska materija

RASPRAVA

Dubrovačko područje, gdje su uzimani uzorci, podijeljeno je na četiri uža lokaliteta: Marina, Petka, rezervat i ušće potoka Slavijana (Slika 1 – povećani lokalitet u kvadratu). Vrijednosti razina PCB-a na navedenim lokalitetima područja Dubrovnika u uzorcima sedimenata sakupljenih tijekom 1997. godine prikazane su u Tablici 1. Iz dobivenih rezultata vidljivo je da se razine PCB, zavisno o mjestu uzorkovanja, kreću u rasponu od 8 ng/g, na području Petke, do 265 ng/g na području marine. Usporedbom razina ukupnih ECD tvari s PCB vidi se da povišenje razina PCB slijedi povišenje razine ukupnih ECD tvari. Razine DDT i njegovih metabolita su očekivano niske. Ukupne ECD tvari u benzenskoj frakciji dobivenoj nakon separacije na silika gelu, znatno su više u odnosu na DDT i njegove metabolite, što ukazuje na potrebu njihovog identificiranja. Na spomenutoj lokaciji marine opažene su najviše vrijednosti i kod određivanja razina PCB u mekušcima (1510 ng/g) u uzorku puža (Tablica 2). Razine PCB u mekušcima, u usporedbi sa razinama u sedimentima, pokazuju više vrijednosti, a nalaze se u raponu od 13 ng/g, na području Petke, do 1510 ng/g, na području marine. Budući da potok Slavijan na neki način drenira vode s područja trafostanice, očekivalo se da će tamo biti opažene povišene razine PCB. Kako su na tome području zapravo niže razine PCB, smatramo, da se povišene razine polikloriranih bifenila u sedimentima i organizmima sakupljenim u obližnjoj marini, kao i neposredno uz nju, mogu protumačiti više kao posljedica zagađenja same marine servisnim uslugama plovni objekata, nego kao posljedica prodora PCB iz oštećene trafostanice u Komolcu. U uzorcima sedimenata i mekušaca (Tablica 1 i 2) također su određivane i razine DDT i njegovih metabolita (pp' DDT, pp' DDE, pp' DDD). Razine su očekivano niske, s maksimalnim vrijednostima za sediment 6,3 ng/g, i za mekušce 45 ng/g, uzorkovanih na području marine.

Osim sedimenata i mekušaca uzorkovan je i analiziran određen broj uzoraka riba. Poznato je da su bentoske ribe prilično dobar indikator malo šireg, ali prilično dobro definiranog područja, te se određivanje ovih zagađivala koncentriralo samo na bentoske ribe . Iz rezultata prikazanih u Tablici 3. vidi se da razine PCB variraju u rasponu od 7 do 93 ng/g. Maksimalna vrijednost određena je u uzorku glavoča, uzorkovanom na lokaciji rezervata. Razine DDT i njegovih metabolita, i u uzorcima riba, također su očekivano niske, od 0.7 do 11,4 ng/g (Tablica 3). Tijekom 1999. godine pristupilo se uzorkovanju sedimenata na 11 postaja duž Rijeke Dubrovačke (Slika 1). Na postaji DU1 u blizini Sustjepana, određena je značajna razina PCB od 2594 ng/g (Slika 2). Sumnja se da je to posljedica odlaganja otpada nakon sanacije ratom razorene trafostanice u Komolcu, na čijem je području tijekom prethodnih istraživanja zabilježena razina PCB od 2136 ng/g u zemljištu udaljenom oko dvadesetak metara od pogođene kondenzatorske baterije [7].

ZAKLJUČAK

Rezultati analiza polikloriranih bifenila u tlu na području TS Komolac ukazuju na određeno zagađenje istraživanog područja polikloriranim bifenilima. Premda razine polikloriranih bifenila u tlu istraživanog lokaliteta na području Komolca nisu alarmantne (2,1 ppm) , s obzirom na udaljenost od raketiranog postrojenja i relativnu blizinu akvatorija Rijeke Dubrovačke, nisu zanemarive. U svakom slučaju količine PCB koje su eventualno prodrle u okoliš trafostanice, za sada direktnim putem nisu doprle do akvatorija rijeke Dubrovačke, jer bi se u blizini pozicije trafostanice opazile povišene razine PCB. Ova kontaminacija tla polikloriranim bifenilima vjerojatno nije direktno

rizična za osoblje trafostanice i obližnje stanovništvo, te ne postoji značajna opasnost zagađenja pitke vode, ali zbog relativne blizine akvatorija Rijeke Dubrovačke postoje određeni rizici prenosa ovih zagađivala u ovaj ekosustav.

Obzirom da je na postaji u blizini Sustjepana opažena izvanredno visoka koncentracija PCB u sedimentu, smatra se da je od izuzetne važnosti pomnije istražiti ovu lokaciju radi sigurnije procjene zagađenja i njenog značenja po ekosustav rijeke Dubrovačke. U toku su opsežna istraživanja identifikacije kritičnog područja zagađenog PCB u okviru međunarodnog projekta potporom Europske Komisije.

LITERATURA

1. Cortes, A., Riego, J., Paya-Perez, A.B. and Larsen, B.(1991): *Soil sorption of coplanar and non-coplanar PCBs*. Toxicol. Environ. Chem., 91: 31-32, 79-86.
2. Larsen, B. and Fytianos, K. (1989): *Organochlorine compounds and PCB congeners in contaminated sediments*. Sci. Total Environ., 86: 273-279.
3. Picer, M. and Ahel, M. (1978): *Separation of polychlorinated biphenyls from DDT and its analogues on a miniature silica gel column*. J. Chromatogr. 150: 119-127.
4. Picer, M. and Picer, N.(1991): *Long-term trends of DDTs and PCBs in sediment samples collected from the Eastern Adriatic coastal waters*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 47(6), 864-873.
5. Picer, Mladen (koordinator); Barišić, Delko; Drevenkar, Vlasta; Fröbe, Zlatko; Hršak, Dubravka; Mayer, Darko; Milanović, Zlatko; Sekulić, Bane; Soldo, Mladen, (1996): *Studija ugroženosti voda i pristup optimalnom rješavanju ratnih otpada na krškom području*. Hrvatska vodoprivreda, 5, 3-10.
6. Picer, M. (1996): *Procjena ugroženosti voda ratnim otpadom na krškom području Hrvatske*. U: IV međunarodni simpozij "Gospodarenje otpadom Zagreb 96", Zagreb 20-22. 11. 1996. (odgovorni urednik Zlatko Milanović).- Zagreb: Tectus-Zagreb, 1996, 431-439.
7. Picer, M i Picer, N. (1998): *Ratna razaranja i ugrožavanje vode na krškom području Hrvatske*: III. Studija višegodišnjih rezultata analize polikloriranih bifenila u ribama priobalnog područja Zadra, Vranskog jezera, Bilica kod Šibenika i Komolca u rijeci Dubrovačkoj s obzirom na zagađenja zemljišta trafostanica na ovim područjima, Hrvatska vodoprivreda, 7(75): 55-63.
8. Picer, N. (1990): *Klorirani insekticidi i poliklorirani bifenili u akvatoriju Riječkog zaljeva*. Institut "Rudjer Bošković", Disertacija.

Autori:

dr.sc. Mladen Picer, znanstveni savjetnik

dr.sc. Nena Picer, znanstveni suradnik

dipl.ing. Ana Škrilin, znanstveni novak

Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut "Ruđer Bošković", Zagreb, Bijenička 54

Tel: 4561003, fax: 4680242, email: picer@rudjer.irb.hr, askrlin@rudjer.irb.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.36.

Određivanje i uloga folne kiseline u prirodnim vodama

Marta Plavšić, Senka Terzić, Marijan Ahel, C.M.G. van den Berg

SAŽETAK: Folna kiselina (FA, pteroilglutaminska kiselina) je dio grupe B-vitamina, topljiva u vodi, značajna kao faktor rasta i u stvaranju hemoglobina. Folna kiselina i folati uključeni su u sintezu amino kiselina i nukleotida. Folna kiselina ima značajnu ulogu u reprodukciji i zdravlju čovjeka (npr. sprečavanje pojave rascjepa završnog dijela kralježnice kod novorođenčadi i smanjenje razine homocisteina u krvi, tvari povezane sa srčanim oboljenjima). Preporučeni dnevni unos folne kiseline u ljudskoj prehrani kreće se između 200 µg do 400 µg.

Zbog rasprostranjenosti u biološkim sustavima, FA se pojavljuje u značajnim količinama u slatkoj i morskoj vodi, ali je malo poznato o količinama i izvorima otopljene folne kiseline u prirodnim vodama. Eksperimenti s nekim kulturama morskih algi su pokazali da dijatomeja *Phaeodactylum tricornutum* može koristiti FA kao nutrijent, za razliku od kultura primneziofita (*Emiliania huxleyi*) i zelenih algi (*Dunalliella minuta*).

Ispitivanje ponašanja i raspodjele otopljene FA u prirodnim vodama postalo je moguće tek nedavno zahvaljujući vrlo osjetljivoj elektrokemijskoj metodi koja se osniva na adsorptivnoj voltametriji katodnog otapanja. Uočena je velika bioreaktivnost FA u prirodnim vodama, vjerojatno kao posljedice proizvodnje i trošenja FA od strane prisutnih mikroorganizama.

U ovom radu ispitivane su sezonske promjene u koncentraciji FA u dva različita morska ekosistema: u slanom, stratificiranom jezeru (Rogozničko jezero), gdje se *in situ* produkcija može smatrati jednim izvorom FA i u sjevernom Jadranu, gdje je prisutan veliki donos slatke vode (rijeka Po) koji može biti važan dodatni izvor FA. Koncentracija FA u Rogozničkom jezeru je određena u rasponu od 0.1-13.5 nM, a u Sjevernom Jadranu od 0.1-22 nM/L. Raspodjela FA raspravlja se u radu sa naglaskom na dinamiku fitoplanktona uz određivanje biomarkerskih pigmenata karakterističnih za određenu skupinu.

KLJUČNE RIJEČI: folna kiselina, prirodne vode, cijanobakterije, biomarkerski pigmenti

Determination and Role of Folic Acid in Natural Waters

SUMMARY: Folic acid (pteroylglutamic acid, FA), is an important constituent of the vitamin B group, important as the growth factor and for haemoglobin production. It is included in the synthesis of amino acids and nucleotides. Folic acid plays an important role in the human reproduction and health and recommended daily uptake is 200-400 mg.

The determination of FA in natural waters was possible due to the development of very sensitive electrochemical method – cathodic stripping adsorptive voltammetry (CSV). FA was determined during a period of two years in the water column of a small meromictic saline lake on the eastern Adriatic coast (Rogoznica Lake) as well as in the western part of the northern Adriatic Sea. The FA concentration was in the range of 0.1-13.5 nM in the oxic part of Rogoznica Lake, and in the range 0.1-22 nM in the northern Adriatic, with a maximum of 22 nM in the upper layer of the water column,

possibly caused by the impact of the Po river freshets on the FA levels. A weak but statistically significant correlation was established between photosynthetic pigment zeaxanthin (zea), a characteristic biomarker of cyanobacteria, and FA in the oxic layer of the Rogoznica Lake ($r^2=0.3967$; $n=29$, $p<0.01$), indicating cyanobacteria as a possible source of FA in this ecosystem. A statistically significant correlation ($r^2=0.36$; $n=18$, $p<0.01$) between the two parameters was also found in the surface layer of the northern Adriatic (0 m). A stronger relationship ($r^2=0.46$; $n=16$, $p<0.01$) between FA and chlorophyll b (chl b) was found in the top 10 m of the northern Adriatic, indicating green algae as one of the possible sources of FA. High bioreactivity of FA in natural waters is the consequence of its production and uptake in the water column. FA could serve as an indicator for the presence of cyanobacteria, which very often cause toxic blooms.

KEYWORDS: Folic acid, natural waters, cyanobacteria, biomarker pigments

UVOD

Folna kiselina je raširena u biološkim sustavima, a nalazi se i u prirodnim vodama kao rezultat aktivnosti mikroorganizama, međutim malo se zna o izvorima i sudbini otopljen FA u prirodnim vodama. Folna kiselina i folati uključeni su u sintezu aminokiselina i nukleotida. Utvrđeno je da neke zelene alge (*Chlamydomonas reinhardii*, *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus obliquus*) i cijanobakterija *Anabena cylindrica* ispuštaju značajne količine folata u medij [1]. Studij raspodjele otopljen folne kiseline u prirodnim vodama postao je moguć tek nedavno razvitkom vrlo osjetljive voltametrijske metode koja se osniva na adsorptivnoj voltametriji katodnog otapanja (CSV) [10,11,12,13]. U navedenim radovima utvrđena je interakcija FA sa prisutnom organskom tvari (humusnom tvari) i česticama, kao i razgradnja folne kiseline pod djelovanjem sunčevog svjetla. U eksperimentu sa kulturama morskih algi utvrđeno je da dijatomeja *Phaeodactylum tricornutum* može koristiti FA kao nutrijent, za razliku od kultura algi *Emiliania huxleyi* i *Dunaliella tertiolecta* [12]. U Atlanskom oceanu [11] utvrđena je visoka bioreaktivnost FA, kao posljedica *in situ* nastajanja i trošenja folne kiseline od strane mikroorganizama.

U ovom radu FA je određivana u morskim uzorcima metodom CSV uz pretkoncentraciju adsorpcijom na statičnoj živinoj kap elektrodi (SMDE). Sezonske varijacije u koncentraciji FA praćene su u dva morska okoliša: u slanom, permanentno stratificiranom Rogozničkom jezeru, gdje se *in situ* produkcija može smatrati jedinim izvorom FA i na postaji 101 u Sjevernom Jadranu, gdje veliki donos slatke vode rijekom Po može biti važan dodatni izvor FA. U navedenim uzorcima mjereni su i fotosintetski biomarkerski pigmenti koji su specifični za pojedinu vrstu fitoplanktona i čija se prisutnost može utvrditi kroz povećanu koncentraciju tih pigmenata u uzorku [2, 3] .

METODE I PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Određivanje folne kiseline

Folna kiselina određivana je metodom voltametrije katodnog otapanja (CSV) prema metodi detaljno opisanoj u radu Le Gall i van den Berg [10]. Osjetljivost CSV metode je kalibrirana sa standardnim dodacima FA u uzorak, puferiran sa boratnim puferom (1M boric acid, 0.4M NaOH) u konačnoj koncentraciji od 0.01 M borata do pH= 8.3. Mjerenja su rađena na m- Autolab voltammetru (Eco-Chemie, Nizozemska) koji je vezan na automatsku elektrodu Metrohm (model VA 663). Uzorci su mjereni nefiltrirani. Zbog osjetljivosti FA na svjetlo [12] svi uzorci su čuvani u tami na 4° C. Svi uzorci mjereni su unutar 24 sata od uzorkovanja.

Određivanje fotosintetskih pigmenata

Određivanje fotosintetskih pigmenata rađeno je prema metodi opisanoj u radu Barlow i dr. [3] i radu Ahel i Terzić, [2]. Uzorci (0.5-1 L) su filtrirani preko GF/F filtera i filteri su odmah zamrznuti u tekućem dušiku. Filteri su ekstrahirani u 4 ml hladnog 90 % acetona sonifikacijom i fotosintetski pigmenti su separirani sa metodom tekućinske kromatografije (reverse-phase HPLC). Klorofil i karotenoidni pigmenti detektirani su preko absorbancije na 440 nm na instrumentu Spectra Physics, Model UV 2000. Kvalitativna identifikacija i kvantitativno određivanje pojedinih pigmenata provedeno je uz vanjski kalibracijski standard (VKI, Danska) .

Rogozničko jezero

Rogozničko jezero je malo (5300m²), eutrofno, slano jezero , dubine do 15m, koje je smješteno u blizini Šibenika na poluotoku Gradina (43° N;15°58' E). Jezero je stratificirano i anoksični uvjeti prevladavaju u vodenom stupcu na dubinama većim 10 m [4,5,6,7]. Jezero je prirodno eutrofno [9], prvenstveno zbog recikliranja hranjivih soli iz sedimenta. U rujnu 1997 došlo je do izmješavanja cjelokupnog vodenog stupca i potpune anoksije, čak i u površinskom sloju. Praćeno je postupno obnavljanje oksičnih uvjeta i regeneracija jezera koja je trajala više mjeseci pa i godina [7] .Uzorci su uzimani u razdoblju od veljače 1997 do listopada 1998.

Sjeverni Jadran (Postaja 101)

Sjeverni Jadran je plitki bazen, najveće dubine 35 m, koji pokazuje jaki eutrofni gradijent između zapadne i istočne obale [8]. Zapadni dio je eutrofan zbog donosa slatke vode rijekom Po, dok je istočni dio uglavnom oligotrofan. Postaja 101 (44°59' N ; 12°19' E) je pod utjecajem donosa slatke vode rijekom Po. Uzorci su uzimani u razdoblju veljača 1998 - kolovoz 2000 sa istraživačkog broda Vila Velebita na 5 dubina (0, 5, 10, 20 and 30 m) sa 5L Niskin-ovim crpcima.

REZULTATI I DISKUSIJA

Koncentracija FA u Rogozničkom jezeru je određena u različitim sezonama (veljača 1997 do listopad 1998). U uzorcima nije uočeno jasno sezonsko ponašanje u koncentraciji FA. Rezultati mjerenja sumarno su prikazani u Tablici 1 (Tablica1).

U uzorcima su najzastupljeniji pojedinačni pigmenti bili zeaksantin (zea; 380±520 ng/L; n=33) i fukoksantin (fuko; 280±230 ng/L; n=33), što ukazuje na činjenicu da cijanobakterije i dijatomeje čine glavninu u biomasi fitoplanktona izraženoj kao koncentracija klorofila a (Chl a). Zelene alge (klorofil b (Chl b); 145±172 ng/L; n=33) i primneziofite (19-

Tablica 1. Rasponi i prosječne vrijednosti koncentracije folne kiseline(FA) u Rogozničkom jezeru po dubini za razdoblje veljača 1997 – listopad 1998.

Dubina (m)	Br.uzoraka	Min.vrijed. (nM)	Maks.vrijed. (nM)	Aritmet.sred. (nM)	Stand.devijac. (nM)
0	9	0.1	13.5	2.6	4.2
2	7	0.2	4.9	1.3	1.6
5	9	0.3	6.5	1.5	2.0
13	7	0.2	1.7	0.9	0.6
0-5	19	0.1	13.5	1.9	3.2
0-10	27	0.1	13.5	1.6	3.2
10-13	12	0.1	1.7	0.7	0.6

heksanoilfukoksantin(hexfuco); 174 ± 414 ng/L; $n=33$) su također bile značajnije zastupljene u ukupnoj biomasi. Usporedba koncentracije FA i koncentracije pojedinih biomarkerskih pigmenata pokazala je jasnu međuovisnost samo za zeaksantin.

U 1997 godini u biomasi fitoplanktona prevladavale su dijatomeje što je vidljivo preko prilično visokog omjera fuco/Chl a koji je iznosio 0.35 ± 0.12 . U tom vremenu srednje vrijednosti koncentracije FA bile su prilično niske (0.83 ± 0.73 nM; $n=18$), ukazujući na moguće korištenje FA kao nutrijenta od strane dijatomeja [12]. U 1998 godini, pojavio se značajan pomak u sastavu biomase izraženoj kao koncentracija Chl a. Prilično veliki omjer zeax/Chl a (0.43 ± 0.28 ; $n=15$) ukazuje na činjenicu da su cijanobakterije postale značajan član ukupne fitoplanktonske populacije. U tom razdoblju koncentracija FA se također povećala na 2.6 ± 3.8 nM ($n=15$). Najveće koncentracije FA zabilježene su u lipnju 1998 na 0 m i 5m, i podudarale su se izrazitim «cvatom» cijanobakterija koji je bio karakteriziran odgovarajućim visokim zeax/Chl a omjerima od 0.77 i 0.87. Statističke korelacije između FA i fotosintetskih pigmenata za razdoblje veljača 1997- listopad 1998, prikazane su u Tablici 2 (Tablica 2).

Tablica 2. Statističke korelacije između folne kiseline (FA) i fotosintetskih pigmenata u Rogozničkom jezeru u razdoblju veljača 1997- listopad 1998.

Parametri	Sloj	Br.uzoraka(n)	r^2	p
FA:Chl a	svi uzorci	33	0.0094	0.591
FA:zea	svi uzorci	33	0.2048	<0.01
FA:Chl b	svi uzorci	33	0.0138	<0.01
FA:zea	0-10 m	29	0.3967	<0.01
FA:zea	0m	9	0.7235	<0.01
FA:zea	5m	9	0.8638	<0.01

Chl a- klorofil a; Chl b- klorofil b; zea- zeaksantin

Rezultati koji pokazuju raspone koncentracija FA i njihove aritmetičke sredine za pojedine dubine i slojeve na postaji SJ101 u sjevernom Jadranu za razdoblje od veljače 1998 godine do rujna 2000 godine dane su u Tablici 3 (Tablica 3). Koncentracija FA kretala se u rasponu od 0.1-22 nM.

Tablica 3. Rasponi i srednje vrijednosti koncentracije folne kiseline (FA) u u karakterističnim slojevima u vodenom stupcu postaje na sjevernom Jadranu (SJ101) za period veljača 1997- listopad 1998 i veljača 1999-ožujak 2000.

Dubina (m)	Br.uzoraka	Min. konc. (nM)	Maks.konc(n M)	Aritmet.sred (nM)	Stand.devijac. (nM)
0	18	0.1	18.7	3.1	4.7
5	19	0.2	22.0	4.8	6.0
10	19	0.2	16.6	4.0	4.4
20	18	0.1	9.6	2.1	2.4
30	19	0.1	8.1	2.3	2.5
0-10	56	0.1	22.0	4.0	5.0
20-30	37	0.1	9.6	2.2	2.4
0-30	93	0.1	22.0	3.3	4.3

Osim povećane koncentracije u sloju gornjih 10 m, koncentracija FA u sjevernom Jadranu slična je onima koje su određene u oceanskim vodama Sjeverne Atlantika [11]. Za razliku od Rogozničkog jezera, zea je bio prisutan na SJ 101 u znatno manjoj koncentraciji ($zea/Chl\ a = 0.032 \pm 0.036$; $n=0.93$) što ukazuje na mali doprinos cijanobakterija ukupnoj biomasi izraženoj preko koncentracije Chl a. Nije bilo značajne korelacije FA sa glavnim biomarkerskim pigmentima (fukoksantinom, heksanoilfukoksantinom, butanoilfukoksantinom). Jedina statistički signifikantna, mada prilično slaba korelacija, nađena je za zeaksantin u površinskom sloju ($r^2 = 0.3557$, $n=18$; $p<0.01$) i za klorofil b (Chl b) u gornjih 10 m vodenog stupca ($r^2 = 0.4630$; $n=16$; $p<0.01$). U Tablici 4 (Tablica 4) prikazane su statističke korelacije između FA, zeaksantina i Chl b za razne slojeve u vodenom stupcu na postaji SJ101.

Tablica 4. Statističke korelacije između FA i fotosintetskih pigmenta za različite slojeve u Sjevernom Jadranu (postaja SJ 101)

Parametri	sloj	Broj uzoraka (n)	r^2	p
FA:Chl a	svi uzorci	93	0.0068	0.4322
FA:zea	svi uzorci	93	0.0484	<0.01
FA: Chl b	svi uzorci	93	0.0030	0.6084
FA:zea	0m	18	0.3557	<0.01
FA(>4nM/L):Chl b	0-10 m	16	0.4748	<0.01

Chl a- klorofil a ; Chl b – klorofil b ; zea-zeaksantin

ZAKLJUČCI

Folna kiselina određena je u svim mjerenim uzorcima, što ukazuje na činjenicu da je ona rasprostranjena u morskom okolišu. Njezina koncentracija u Jadranskom moru kreće se između 1- 5 nM. Međutim, katkada se javljaju i povećane koncentracije (do 22 nM), što ukazuje na izvore FA u obalnim, eutrofnim vodama. Slaba, ali ipak statistički značajna korelacija FA i pigmenta zeaksantina ukazuje da bi cijanobakterije mogle biti značajni izvor folne kiseline. Ta korelacija je jasnije izražena u Rogozničkom jezeru, gdje *in situ* produkcija predstavlja jedini mogući izvor FA i cijanobakterije su jedna od značajnih komponenti fitoplanktonske biomase. Sezonske varijacije i raspodjela FA ukazuje na veliku bioreaktivnost FA i predstavlja ravnotežu između njezine proizvodnje i potrošnje. FA može također poslužiti kao indikatorski spoj prisutnosti cijanobakterija, čije je nekontrolirano razmnožavanje u prirodnim vodama često i toksično za druge oblike života.

LITERATURA

1. Aaronson S., Dahwale S.W., Patni N.J., De Angelis B., Frank O. and Baker H. (1977): The cell content and secretion of water soluble vitamins by several freshwater algae. Archives of Microbiology. 112, 57-59.
2. Ahel M and Terzić S. (1998): Pigment signatures of phytoplankton dynamics in the northern Adriatic, Croatia. Croatica.Chemica Acta 71(2), 199-215.
3. Barlow R.G., Mantoura R.F.C., Gough M.A. and Fileman T.W. (1993): Pigment signatures of the phytoplankton composition in the northeastern Atlantic during the 1990 spring bloom. Deep-Sea Research II , 40, 459-477.

- 4.Ciglonečki I., Kodba Z., and Čosović B. (1996): Sulfur species in Rogoznica lake , Marine. Chemistry. 53, 101-110.
- 5.Ciglonečki I., Kodba Z., Viličić D. and Čosović B. (1998a): Seasonal variation of anoxic conditions in the Rogoznica lake, Croatica Chemica. Acta 71 (2), 217-232.
- 6.Ciglonečki I., Kodba Z., Viličić D., Carić M. and Čosović B. (1998b): Developement of anoxia in the small coastal sea lake , Rogoznica lake (Eastern Adriatic coast), Rapport. du 35e Congres de la Commission Internationale pour l' exploration scientifique de la mer Mediterranee(Monaco) 35(I), 242-243.
- 7.Ciglonečki I, Viličić D, Carić M and Čosović B (1999): Complex processes in the Rogoznica Lake regeneration , 2nd Croatian Conference on Waters, 19-22. 5. 1999, Dubrovnik, Proceedings (in Croatian , abstract in English) 221-226.
- 8.Gilmartin M, Degobbi D., Revelante N, Smolaka N.(1990): The mechanism controlling plant nutrient concentrations in the northern Adriatic Sea.Internationale Revue fur Gesamten Hydrobiologie. 75 , 425-445.
- 9.Kršinić F, Carić M, Viličić D and Ciglonečki I .(2000): The callanoid copepod *Acartia italica* Steuer, phenomenon in the small saline Lake Rogoznica (Eastern Adriatic Coast), Journal of Plankton Research 22/8,1441-1464.
- 10.Le Gall A.C. and van den Berg C.M.G. (1993):Determination of folic acid in seawater using adsorptive cathodic stripping voltammetry , Analytica. Chimica. Acta 282 , 459-470.
- 11.Le Gall A.C. and van den Berg C.M.G. (1998):Folic acid glutathione in the water column of the North East Atlantic, Deep-Sea Research I 45 , 1903-1918.
- 12.Plavšić M., Lu X. and van den Berg C.M.G. (1997): A voltammetric study of the reactivity of folic acid in algal cultures and in natural waters, Croatica Chemica Acta 70 (1), 179-191.
- 13.Plavšić M. , Lu X. and van den Berg C.M.G.(1998):Determination and reactivity of folic acid in natural waters , Rapport du 35e Congres de la Commission Internationale pour l'exploration scientifique de la mer Mediterranee (Monaco) 35(I), 286-287.

AUTORI:

Dr sci Marta Plavšić, viši znanstveni suradnik, Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Bijenička c 54, P.p. 180, 10002 Zagreb.Tel. 385- 1-4680127, Fax 385-1-4680242, e-mail:plavsic@rudjer.irb.hr

Dr sci Senka Terzić, znanstveni suradnik, IRB, ZIMO, Bijenička c. 54, P.p.180, 10002 Zagreb, Tel. 385-1- 4680944, Fax 385-1-4680242 , e-mail:terzic@rudjer.irb.hr

Dr sci Marijan Ahel, znanstveni savjetnik, IRB, ZIMO, Bijenička c. 54, P.p.180, 10002 Zagreb, Tel. 385-1- 4680944, Fax 385-1-4680242 , e- mail: ahel@rudjer.irb.hr

Prof. C.M.G. van den Berg, Professor,University of Liverpool, Oceanographic Laboratories, Liverpool L693BX, Great Britain, Tel. 44 151 794 4096 Fax. 44 151794 4099, e-mail: vandenbergliv.ac.uk



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.37.

Primjena modernih mjernih tehnologija u vodnom gospodarstvu

Miljenko Plazibat, Berislav Glavaš

SAŽETAK: U posljednjih su se desetak godina moderne metode GPS-a (Global Positioning System) etablirale kao točne, pouzdane i vrlo ekonomične kod određivanja koordinata točaka u prostoru. Za vrijeme opažanja nije neophodno dogledanje među točkama, statička mjerenja su provodiva u bilo koje doba dana ili noći bez obzira na vremenske uvjete. Zbog navedenog je GPS osobito zahvalan u iznimnim situacijama kad su uvjeti za klasična opažanja nepovoljni, a mjerenja nužna, hitna i neodgodiva.

Kombinirajući metode GPS-a s ultrazvučnim mjerenjem dubina omogućena je izmjera dugih i prostranih riječnih korita i jezera u kratkom vremenu, što je klasičnim geodetsko-hidrografskim metodama bilo teško izvedivo. Moderne mjerne tehnologije nalaze sve širu primjenu u svim segmentima vodnog gospodarstva.

KLJUČNE RIJEČI: moderne mjerne tehnologije, GPS, geodetsko-hidrografska metoda, ultrazvučno mjerenje dubina, vodne građevine, vodno gospodarstvo

Application of Modern Measuring Technologies in Water Management

SUMMARY: In the last ten years, modern GPS (Global Positioning System) methods have been established as accurate, reliable and very economical at determining the coordinate points in space. Static measurements are carried out at any time of the day or night regardless of the weather conditions. For this reason, GPS is particularly useful in specific cases when the conditions for classical observations are unfavorable and measurements are necessary, urgent and impossible to postpone. By combining the GPS methods with ultrasonic depth measuring, the measurement of long and vast river beds and lakes is possible in a short time which was difficult to achieve with classical land surveying/hydrographic methods. Modern measuring technologies are becoming increasingly applicable in all segments of water management.

KEYWORDS: modern measuring technology, GPS, land surveying/hydrographic method, ultrasonic depth measuring, water structures, water management

1. Uvod

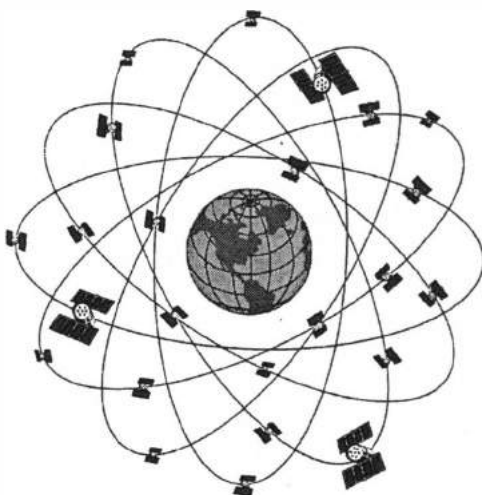
Živimo u vremenu tehničkih inovacija i vrlo dinamičnih privrednih i društvenih promjena, koje se snažno reflektiraju na različita područja ljudskog djelovanja. Osobit utjecaj navedenog osjeća se u geodeziji, pod kojom se danas podrazumijeva prikupljanje, obrada

i vizualizacija podataka o prostoru. Moderne geodetske metode izmjere zasnovane su na elektromagnetskim i ultrazvučnim valovima. Primjenom GPS-a u geodeziji, moglo bi se reći kako u ovoj disciplini više ništa nije kao prije. Mnogi se zadaci rješavaju jednostavnije, brže i ekonomičnije. U mnogome je olakšano točno pozicioniranje i navođenje na kopnu, vodi i u zraku. Mjerenja GPS-om moguće je kombinirati sa gotovo svim drugim geodetskim mjerenjima a osobito sa ultrazvučnim mjerenjima dubina. Kako su ove dvije metode između ostalog našle primjenu i u vodnom gospodarstvu, to će ovdje biti kratko pojašnjene s težištem na konkretnim zadacima njihove primjene.

2. GPS

Globalni pozicijski sustav je razvilo Ministarstvo obrane SAD-a za vojne potrebe, s ciljem da preko poznatih koordinata satelita omoguće određivanje pozicije bilo koje točke na Zemlji, moru i u zraku. Sustav se sastoji od prostornog, kontrolnog i korisničkog segmenta (Bauer1997; Hofmann-Wellenhof i dr.1994).

Prostorni segment čine sateliti koji dvaput dnevno okruže oko Zemlje na visini od 20200 km. Punu konstelaciju čine 24 satelita razmještena u šest orbitalnih ravnina (međusobno razmaknutih po 60°), koje se nalaze pod kutom inklinacije od 55° u odnosu na ekvator (slika 1).



Slika 1

Sateliti su opremljeni skupocjenim atomskim satovima, radio primopredajnicima i drugim uređajima neophodnim za njihovo funkcioniranje.

Putanje satelita se neprekidno prate i po potrebi korigiraju sa pet kontrolnih stanica na Zemlji (Colorado Springs, Hawaii, Ascension, Diego Garcia i Kwajalein).

Korisnički segment predstavljaju vojni i civilni korisnici GPS-tehnologije.

2.1 Metode mjerenja GPS-om

Sateliti kontinuirano odašilju na dvije frekvencije modularane pakete informacija. Pored općih informacija o svom stanju, podatke svoje putanje, vrlo precizne podatke o vremenu i elektromagnetske valove temeljem kojih je moguće izračunati prostorne udaljenosti

između njih i prijamnika na Zemlji. Koristeći istovremena opažanja na bar četiri satelita moguće je jednoznačno odrediti poziciju stajališne točke na Zemlji. Točnost ovako određenih točaka danas se kreće od 1 – 10 m, a posljedica je nesavršenosti satelitskih satova, netočnosti podataka satelitskih putanja, refrakcije elektromagnetskih valova u ionosferi i troposferi kao i kvaliteti samih GPS-prijamnika.

Kod mjerenja GPS-om razlikuje se apsolutno od relativnog pozicioniranja. Apsolutnim pozicioniranjem određuju se koordinate točke uporabom jednog GPS-prijamnika, dok se pod relativnim pozicioniranjem podrazumijeva korištenje bar dva prijamnika. Istovremena uporaba dva ili više prijamnika omogućuje visoku relativnu točnost koordinata mjerenih točaka a tim i primjenu GPS-a u geodeziji. Ovdje su se razvile tri osnovne mjerne metode: statička, brza statička i kinematička.

Statičkom metodom opaža se simultano iste satelite sa dva ili više prijamnika. Ovom metodom se postiže najveća relativna točnost (ispod 1 ppm). Trajanje opažanja ovisi o duljini opažanog vektora, traženoj točnosti i trenutnoj konstelaciji satelita.

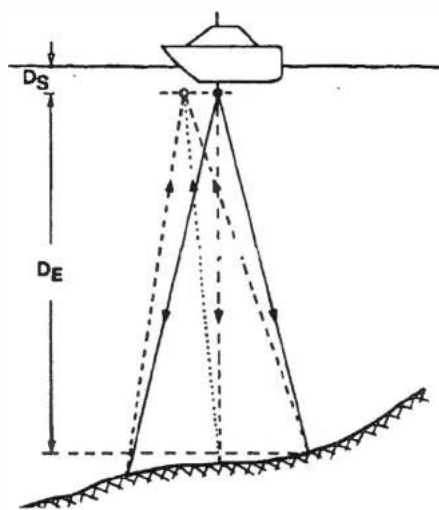
Brza statička metoda je vrlo slična statičkoj metodi. Skraćenje vremena opažanja rezultat je poboljšanja kako u software-u tako i hardware-u prijamnika. Koristi se kod zahtjeva relativne točnosti od 1 – 2 cm.

Kinematička metoda je najekonomičnija, a koristi se u 'stop-and-go' ili kontinuiranom modu. Koordinate daje odmah u stvarnom vremenu ili nakon obrade (post processing). Osobito je interesantna kinematička metoda u stvarnom vremenu (RTK-Real Time Kinematic), gdje su opet neophodna bar dva prijamnika. Jedan od njih je stacionaran (bazni) dok je (su) drugi u pokretu (rover). Bazni se prijamnik postavi na točku poznatih koordinata ili se njegova pozicija posredno odredi, kako bi se mogle sračunati korekcije mjerenih pseudoudaljenosti u odnosu na geometrijske udaljenosti dobivene iz koordinata. Dobivene korekcije prenose se do pokretnih prijamnika radijskim vezama, pri čemu svaki rover istovremeno opaža bar četiri ista satelita kao i bazni prijamnik.

3. Ultrazvučno mjerenje dubina

Primjenom ultrazvuka u hidrografiji je u potpunosti istisnuto dugotrajno i mukotrpno mehaničko mjerenje dubina. Princip na kojem počiva rad ultrazvučnih dubinomjera ili ehosondera zasnovan je na rasprostiranju zvuka kojeg generira dubinomjerna sonda u mediju vodi, dok ne dođe na granicu medija drugačije gustoće (morsko, jezersko ili riječno dno) od kojeg se reflektira (slika 2).

Reflektirani zvuk (eho) registrira dubinomjerna sonda a preko vremena putovanja akustičnog signala dolazi se do dubine ispod sonde. Rad ehosondera predstavlja jedan kontinuirani ciklus odaslanih ultrazvučnih impulsa i primljenih jeka. Kako voda nije homogeni medij konstantne gustoće i elastičnosti, promjenjiva je i brzina rasprostiranja akustičnog signala u njoj, zbog čega se za točnija opažanja mjeri temperatura i slanost, odnosno češće vrši 'bar check' kalibracija dubinomjera. Iako je metoda ultrazvučnog mjerenja dubina sama po sebi jednostavna, u geodetsko-hidrografskoj primjeni ovako izmjerene dubine se uzimaju kao približne.



Slika 2

Kroz daljnju obradu one se korigiraju zbog različitih utjecaja, a osobito je značajna korekcija zbog nagiba podvodnog terena (Meiswinkel, 1983; Kuntz i Egle, 1985).

4. Primjena u vodnom gospodarstvu

4.1 Proširenje oslone geodetske mreže kod redovitog tehničkog promatranja vodograđevnih objekata

U sklopu redovitog tehničkog promatranja vodnograđevnih objekata (brane, ustave i prevodnice) koja su po zakonu obvezujuća, jedan od najvažnijih elemenata predstavljaju geodetska mjerenja. Ona služe pravovremenom prepoznavanju promjena forme i položaja građevine, odnosno njenog neposrednog okoliša. Katastrofalne posljedice mogućih propusta na jednoj brani obvezuju geodete na neprestano poboljšanje i razvoj njihovih metoda, postupaka i opreme. Iako je ova problematika multidisciplinarna jer zahtjeva suradnju i s drugim znanstvenim disciplinama (geolozima, građevinarima, geofizičarima, ...) ipak su geodeti oni koji moraju dati veličine, smjer i tendencije mogućih pomaka. Od njih se zahtijevaju najtočnija mjerenja i njihova sofisticirana obrada koja će omogućiti jasnu i nedvosmisleni interpretaciju rezultata.

Temeljem dosadašnjih iskustava sa branama, poznato je kako jedna brana odnosno vodne mase, utječu na daleko šire područje no što se prije dvadesetak godina pretpostavljalo. Plastične deformacije na rubovima udolina su konstatirane na više slučajeva u svijetu. Kao najpoznatiji slučaj navodi se švicarska brana Zeuzier u kantonu Wallis. Jedna analiza od 43 katastrofe na branama potvrđuje da je u 90% svih slučajeva uzrok katastrofe u promjeni svojstava ili pomaku temeljne stijene odnosno okoliša, a ne samog objekta. Konzekvence tog saznanja su novo koncipiranje oslonih geodetskih mreža, koje pokrivaju znatno šire područje. Stabiliziraju se dodatne točke koje znaju biti i do nekoliko kilometara udaljene od same građevine. Razlog što su dosadašnje oslone mreže zahvaćale samu vodnu građevinu i usko područje oko nje, leži u nedostacima klasičnih geodetskih metoda opažanja, koje zahtijevaju direktno dogledanje među točkama u mreži, a s tim u vezi i nepovoljnoj topografiji.

GPS-a opažanja ne zahtijevaju dogledanje među točkama a u izjednačenju kombiniraju se s klasičnim geodetskim opažanjima tvoreći takozvane 'hibridne mreže', što na jednostavan način omogućuje proširenje postojećih oslonih mreža. Pri tom se vodi računa da točke budu stabilizirane sigurno izvan zone utjecaja građevine i na geološki stabilnom terenu. Nadalje, GPS mjerenja su provodiva u bilo koje doba dana i noći bez obzira na vremenske uvjete. Zbog navedenog je GPS osobito zahvalan u iznimnim situacijama kad su uvjeti za klasična opažanja nepovoljni, a kontrolna mjerenja nužna, hitna i neodgodiva.

4.2 Uspostava polja homogenih točaka različitih namjena

S ciljem podizanja nivoa sigurnosti i što kvalitetnijeg gospodarenja određenim prostorom uspostavljaju se polja homogenih točaka. Između ostalih spomenut će se mreža točaka stabilizirana uz obrambeni nasip rijeke Cetine u Sinjskom polju, koje ujedno predstavljaju kilometarske stupove. Točke su izvedene na terenu tako da olakšavaju ne samo orijentaciju i pozicioniranje u polju, već omogućuju jednostavno praćenje provedbe mjera obrane od poplava (slika3).

Obzirom na visoku točnost određivanja koordinata GPS-om, služiti će kao oslone svim budućim aktivnostima u smislu tehničko-gospodarskog održavanja vodograđevnih objekata na promatranom području. Valja napomenuti i to kako se izjednačenjem GPS opservacija dobivaju jednoznačne trodimenzionalne (elipsoidne) koordinate u globalnom



Slika 3

svjetskom koordinatnom sustavu. Danas su one samo međuprodukt ka koordinatama službenog državnog koordinatnog sustava. No s vremenom će njihov značaj bivati sve veći, jer imaju vremensku i dinamičku dimenziju i kao takve će pružati mogućnost praćenja globalnih kretanja Zemljine kore.

4.3 Hidrografsko snimanje rijeka i jezera

Kratkotrajna, a pogotovo dugoročna poznavanja prostorne varijacije matice jedne rijeke (i posebice njenih maksimalnih dubina) je od velikog značaja za sve ljudske djelatnosti vezane uz nju. U tom smislu kao i potrebe definiranja dinamike sliva vodnog toka, određen je kontinuirani uzdužni presjek rijeka Neretve i Tihaljina-Mlade-Trebižat.

Mjerenja su izvršena kombinirajući kinematičku diferencijalnu GPS metodu s ultrazvučnim mjerenjem dubina. Pokretni GPS prijamnik i dubinomjer se postavljaju na čamac, kod čega se dubinomjerna sonda montira na vertikalni štap ispod GPS antene, kao što pokazuje slika 4.



Slika 4

Registracija podataka je automatska i teče kontinuirano uzduž mjerenog profila u zadanom vremenskom intervalu. Objedinjavanje GPS podataka s izmjerenim dubinama vrši se odmah ili naknadno temeljem zajedničke vremenske markice.

5. Zaključak

Ovim radom prikazan je samo dio primjene modernih mjernih metoda u vodnom gospodarstvu. Niz odrađenih projekata gdje se mjerilo GPS metodama, potvrdio je da se radi o moćnoj tehnologiji koja može udovoljiti najvišim zahtjevima točnosti i pouzdanosti, kao što su deformacijskamjerenja. Metoda je superiorna i kod pozicioniranja odnosno iskolčenja na vodi (polaganje svjetlovodnih i energetskih kabela, vodoopskrbnih cjevovoda, iskolčenja istražnih polja na ušćima rijeka).

Kombinirajući metode GPS-a s ultrazvučnim mjerenjem dubina omogućena je izmjera dugih riječnih korita odnosno dna prostranih jezera u vrlo kratkom vremenu, što je klasičnim geodetsko-hidrografskim metodama bilo gotovo neizvedivo. Spomenuta kombinacija je vrlo ekonomična i kod određivanja zapremine jedne akumulacije, odnosno utvrđivanja količine nataloženog materijala u njoj. Svojom točnošću i pouzdanošću a pogotovo ekonomičnošću, moderne mjerne tehnologije sve više potiskuju klasična geodetsko-hidrografska mjerenja u vodnom gospodarstvu.

Literatura

- Bauer, M., 1997: Vermessung und Ortung mit Satelliten. Wichmann Verlag, Heidelberg 1997.
Hofmann-Wellenhof, B., Kienast, G., Lichtenegger, H., 1994: GPS in der Praxis. Springer Verlag, Wien New York 1994.
Kuntz, E., Egle, F., 1985: Hydrographische Vermessung von Binnengewässern mit dem Echolot. Allgemeine Vermessungsnachrichten, 10/1985.
Meiswinkel, H.-G., 1983: Zur Genauigkeit der Tiefenmessung mit Echoloten. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz 1983.
Zakon o vodama, Narodne novine br. 107/95.

Autori:

Mr.sc. Miljenko Plazibat, dipl.ing.geod.
GEOMATIKA d.o.o.
21 240 TRILJ - Stari Most
Tel.: 021 832 419
Fax.: 021 832 418
e-mail: geomatika@st.tel.hr

Berislav Glavaš, dipl.ing. kult.teh.
HRVATSKE VODE
VGO-Split, Vukovarska 35
Tel.: 021 309 409
Fax.: 021 309 491
e-mail: bglavas@voda.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.38.

Stanje kakvoće priobalnog mora Hrvatske

Robert Precali, Mladen Šolić, Dagmar Šurmanović, Gorana Ćosić-Flajsig

SAŽETAK: Zakon o vodama more tretira samo s aspekta zaštite okoliša, dok priobalno more, kao pojam u hrvatskom zakonodavstvu još nije definirano. Kriteriji razgraničenja prema kojima se definira “priobalno more” Okvirnom direktivom o vodama EU su teško primjenjivi za naše uvjete te su za potrebe izrade nacionalnog vodnogospodarskog planskog dokumenta korišteni podaci prikupljeni unutar 5 Nm od obale. Također, u hrvatskim zakonskim aktima koji su na snazi ne postoje jasno definirani kriteriji ispitivanja te sustavnog praćenja kakvoće mora, osim praćenja kakvoće mora na plažama.

Procjena kakvoće priobalnog mora izvršena je na temelju dobivenih rezultata istraživanja prema slijedećim programima i projektima: “Projekt Jadran”, Programi praćenja onečišćenja Jadrana s kopna (LBA), Programi praćenja kakvoće mora na plažama i “Projekt Vir-Konavle”.

U radu su opisane metode ispitivanja i ocjenjivanja kakvoće priobalnog mora, te dati kriteriji za procjenu stupnja eutrofikacije određenog morskog područja, kao i kriteriji za procjenu sanitarne kakvoće priobalnog mora uz interpolaciju trofičkog statusa u klasifikaciju priobalnog mora prema EU Direktivi o vodama.

KLJUČNE RIJEČI: ekološko stanje, stupanj eutrofikacije, trofički indeks, priobalno more, Hrvatska

Ecological Status of the Croatian Coastal Sea

SUMMARY: The Croatian Waters Acts still does not define the coastal sea, it only deals with the ecological protection aspect. The criteria for definition of the “coastal sea” as provided under the European Union Water Framework Directive are difficult for implementation under the current Croatian conditions, so the data collected within 5 Nm from the coastal line were used for the National Water Resources Management Plan. Further, the relevant Croatian regulations do not clearly define the research and ecological status monitoring criteria for the sea water quality, with the exception of the bathing water quality.

The ecological status of the coastal sea was assessed from data collected within the frame of the projects: Project Jadran, Monitoring of Land-Based Sources and Activities (LBA), Monitoring of Bathing Water Quality and Project Vir-Konavle.

Methodologies and criteria for the assessment of the coastal sea quality and the criteria for evaluation of the sanitary quality of the coastal sea with interpolation of the trophic status are tentatively described and applied as provided by the European Union Water Framework Directive.

KEYWORDS: ecological status, trophic state, trix, coastal sea, Croatia

Uvod

Pod eutrofikacijom podrazumijeva se povećanje primarne proizvodnje organske tvari, uzrokovano stalnim dotokom hranjivih soli iz vanjskih izvora u eufotski sloj dijela područja mora, u odnosu na tipičnu razinu za šire područje. Do eutrofikacije može doći prirodnim mehanizmima, ali i utjecajem čovjeka, npr. neprikladnim odlaganjem otpadnih voda u more, čime se mogu prouzročiti i štetne posljedice za lokalni ekosustav. To su, na primjer, učestali nedostatak kisika u pridnenom sloju (izražena hipoksija i anoksija) uz pomor bentoskih organizama. Nadalje, moguće su značajne promjene u sastavu bioloških zajednica, koje redovno dovode do smanjivanja biomase komercijalno važnih organizama, odnosno do pojave toksičnih planktonskih vrsta.

Određivanje stupnja eutrofikacije od osnovne je važnosti kod planiranja i upravljanja prostorom u priobalnom području, kao i za predlaganje mjera sanacije već onečišćenog područja, uključujući izbor pogodnog sustava odlaganja otpadnih voda u more. Opće pokazatelje stupnja eutrofikacije određenog morskog područja su prvi razradili Yamada i sur. (1980). Predložili su kompleksne kriterije za klasifikaciju obalnih područja koji se temelje na nekoliko oceanografskih, kemijskih i bioloških parametara. Chiaudani i sur. (1982) su klasificirali zapadnu (talijansku) obalu Jadranskog mora na temelju koncentracija klorofila *a* i ukupnog fosfora.

Obzirom na značajne probleme sa eutrofikacijom uz talijansku obalu Vollenweider i sur. su 1998. godine razradili trofičku skalu na temelju trofičkog indeksa koji se izračunava iz koncentracija klorofila, ukupnog anorganskog dušika i ukupnog fosfora, i udjela zasićenja kisikom. Navedena klasifikacija uvedena je u talijanski zakon 1999. godine (D.LGS. 152/99).

U ovom radu pokušat će se ukazati na manjkavosti hrvatskog zakonodavstva te na temelju tentativne klasifikacije kakvoće mora u skladu sa Okvirnom direktivom o vodama Europske Unije dati pregled kakvoće priobalnog mora Hrvatske.

Metode

U ovom pregledu stanja okoliša sa stanovišta eutrofikacije korištene su metode obrade i prikazivanja podataka koje su, koliko je god moguće u ovom trenutku, u skladu sa Okvirnom direktivom o vodama Europske Unije. U svrhu što kvalitetnije obrade postojećih tentativno je primijenjen kompleksan pristup analize podataka na pojedinim postajama koje se mjere u sklopu Projekta Jadran (1998.-2001.). Uz standardne indikatore stupnja eutrofikacije (prozirnost, udio otopljenog kisika, te koncentracije klorofila *a*, ukupnog anorganskog dušika i ortofosfata) prvi je put korišten i trofički indeks koji je usvojen u talijanskom zakonu o vodama već 1999. (D. LGS. 152/99) i koji je razrađen na temelju dugoročnih sistematskih mjerenja u regiji Emilie-Romagne (Vollenweider i sur., 1998).

Trofički indeks izračunava se iz koncentracija klorofila, ukupnog anorganskog dušika i ukupnog fosfora, te udjela zasićenja kisikom. Uzima se ukupni fosfor, jer ortofosfat vrlo brzo prelazi u organsku frakciju, a i brzo se oslobađa (Ivančić i Degobbis, 1987).

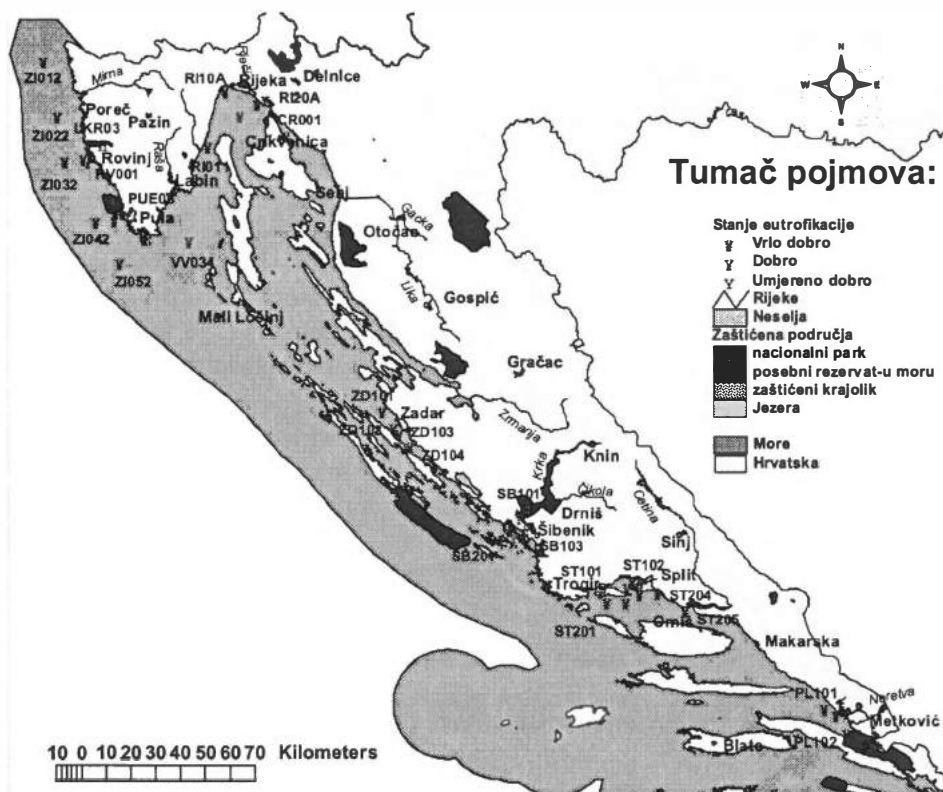
Podaci su obrađeni Box-i-Whisker dijagramima. Obojena područja na Slici 2. predstavljaju područja različitih stupnjeva eutrofikacije razrađenih na temelju dosadašnjeg iskustva u istraživanju Jadrana (Tablica 1.).

Procjena sanitarne kakvoće mora izvršena je na temelju koncentracija indikatora fekalnog zagađenja (ukupni koliformi – TK; fekalni koliformi – FK; fekalni streptokoki – FS), a

Tablica 1. Klasifikacija ekološkog stanja mora s obzirom na stupanj eutrofikacije Tablica je nadopunjena klasifikacijom na osnovi trofičkog indeksa iz talijanskog zakona o vodama.

Ekološko stanje Stupanj eutrof. Boja	z_{sd}/m	$\gamma(O_2/O_2')$	$c(TIN)$ $mmol\ m^{-3}$	$c(TP)$ $mmol\ m^{-3}$	$c(Chla)$ $mg\ m^{-3}$	Trix	Uvjeti
Vrlo dobro Oligotrofno Plava	>10	0,8-1,2	<2	<0,3	<1	2-4	- niska produktivnost - dobra prozirnost - obojenost odsutna - odsutnost hip oksije
Dobro Mezotrofno Zelena	3-10	p.- 1,2-1,7 d.- 0,3-0,8	2-10	0,3-0,6	1-5	4-5	- srednja produktivnost - povremeno smanjenje prozirnosti - povremena obojenost - povremene hipoksije
Umjereno dobro Eutrofno Žuta	<3	p.- >1,7 d.- 0,3-0,8	>10	0,6-1,3	5-10	5-6	- visoka produktivnost - slaba prozirnost - povremena obojenost - hipoksija i povremene anoksije - problemi sa bentoskim zajednicama
Slabo Ekstremno eutrof. Narančasta	<3	p.- >1,7 d.- 0,0-0,3	>10	>1,3	>10	6-8	- visoka produktivnost - loša prozirnost - obojenost - perzistentne anoksije/hipoksije - uginanje bentoskih organizama - promjene u bentoskim zajednicama

z_{sd} - prozirnost, γ – Udio zasićenja kisikom, c - koncentracija, TIN - Ukupni anorganski dušik, TP – Ukupni fosfor, Chla – Klorofil a , Trix – Trofički indeks, p.- površinski i d.- pridneni sloj

**Slika 1.** Ekološko stanje na postajama od Savudrije do Ploča za razdoblje 1998.-2001. godina

prema Uredbi o standardima kakvoće mora na morskim plažama (NN 33/1996), koja je u skladu s EU Direktivom (76/160/EEC). Uredba definira sljedeće granične vrijednosti indikatora fekalnog zagađenja:

$$\begin{array}{ll} \text{TK}_{80} \leq 500 \text{ TK/100 ml}; & \text{TK}_{100} \leq 1000 \text{ TK/100 ml} \\ \text{FK}_{80} \leq 100 \text{ FK/100 ml}; & \text{FK}_{100} \leq 200 \text{ FK/100 ml} \\ \text{FS}_{80} \leq 100 \text{ FS/100 ml}; & \text{FS}_{100} \leq 200 \text{ FS/100 ml} \end{array}$$

Rezultati i diskusija

Procjena ekološkog stanja priobalnog mora važna je komponenta u upravljanju vodenim resursima kao i očuvanju kvalitete našeg okoliša. Stoga je značajno tu procjenu definirati kao sa znanstvene tako i sa jurisdikcijske strane.

Definicija priobalnog mora

Priobalno more, kao termin, u hrvatskom zakonodavstvu nije definiran. U svakom slučaju, definiranje priobalnog mora Republike Hrvatske značajno će biti komplicirano razvedenošću obale te velikim brojem otoka. Europsko zakonodavstvo je novom Okvirnom direktivom o vodama (EUC, 2001) donekle definiralo navedenu kategoriju. Tako u tom dokumentu piše:

Termin "Priobalne vode" označava površinske vode unutar crte udaljene jednu nautičku milju, od crte od koje se mjeri širina teritorijalnih voda, a mogu se protezati do vanjske granice prijelaznih voda (EUC, 2001).

Obzirom na razvedenost naše obale kao i postojanja značajnog broja otoka takvo razgraničenje je praktički neprimjenjivo za naše more te će na tome trebati poraditi. U ovom radu su stoga korišteni podaci prikupljeni unutar 5Nm od obale.

Ekološko stanje

Glede na more hrvatsko zakonodavstvo je u značajnom zaostatku. Za sada ne postoji uredba kojom bi se klasificiralo more prema svom ekološkom i kemijskom stanju. Prema ekološkom stanju mora najveći problem predstavlja eutrofikacija morskih priobalnih područja. Za kvalitetnu procjenu potrebno je poznavati specifične karakteristike i mehanizme eutrofikacije svakog pojedinog područja.

Temeljem graničnih vrijednosti indikatora (Tablica 1.) ocijenjeno je ekološko stanje voda na pojedinim postajama u praćenim područjima duž hrvatske obale za razdoblje 1998-2001. (Slika 1.), na temelju trofičkog indeksa odnosno glavnih pokazatelja (Slike 2.),

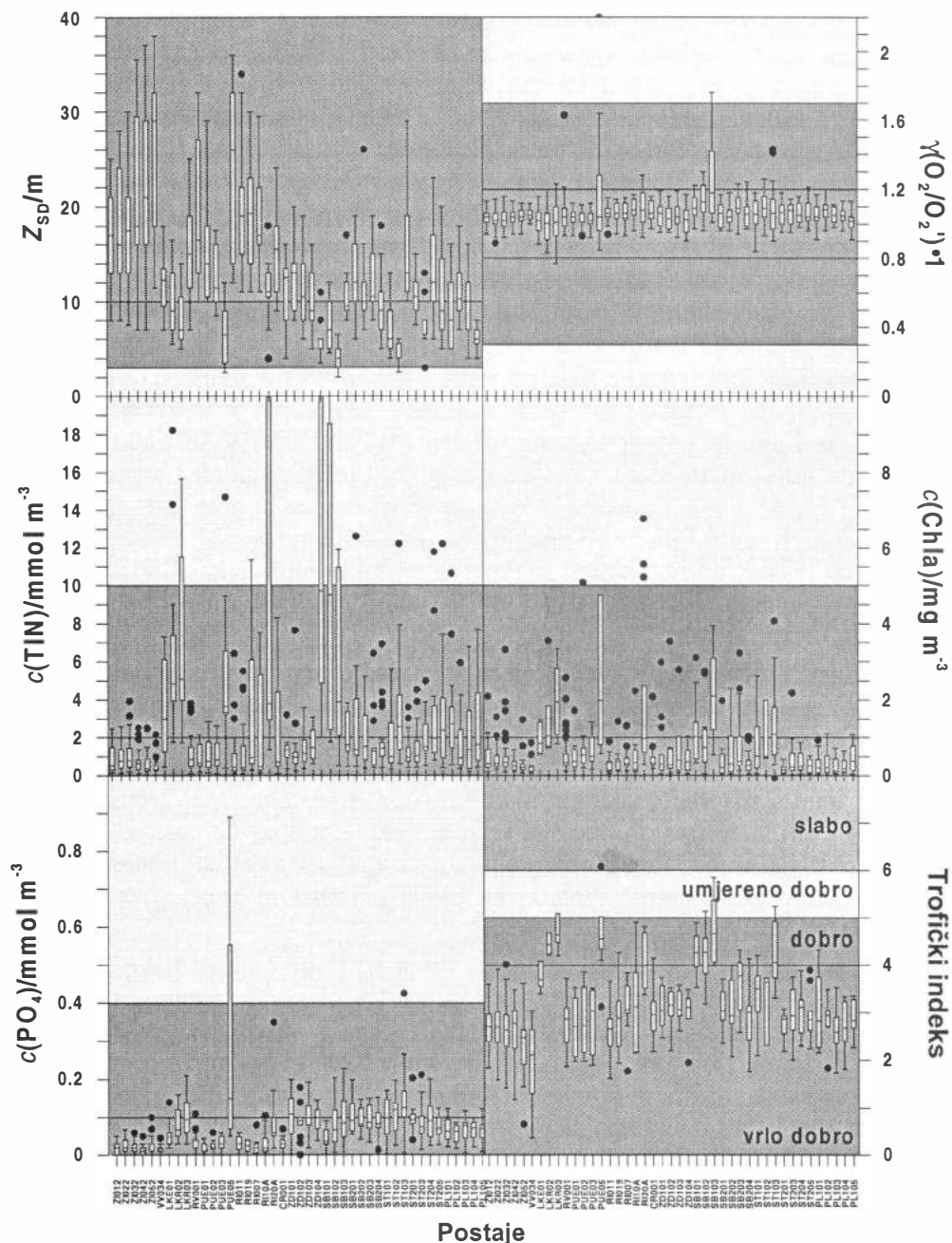
Ekološko stanje najvećeg dijela akvatorija Republike Hrvatske može se ocijeniti najvišim stupnjem, tj. vrlo dobro.

Stanje za jedan stupanj niže (dobro) procijenjeno je za pojedine dijelove Limskog kanala, Pulske Luke te Bakarskog, Šibenskog i Kaštelanskog zaljeva.

Umjereno dobar ekološki stupanj procijenjen je samo u najdubljem dijelu Limskog kanala te u dijelu Šibenskog zaljeva ispred Šibenika.

Limski kanal i Bakarski zaljev predstavljaju osobita područja pod značajnim utjecajem podzemnih voda a time i koncentriranog donosa hranjivih sa okolnih područja. Kao takva mogu se smatrati osjetljiva područja koja vjerojatno neće podnijeti daljnja opterećenja. Stoga valja razmišljati o saniranju uzvodnih izvora zagađenja.

Nepovoljni ekološki status Pulske luke, kao limitrofno gradsko područje, prvenstveno je uvjetovan neriješenim ili nedovršenim kanalizacijskim sustavom odvodnje i odlaganja urbanih i industrijskih otpadnih voda. Nakon izgradnje prikladnog sustava, ekološko stanje će se značajno popraviti, ali zbog relativno male brzine izmjene vode s otvorenim morem, te donosa podzemnim vodama područje će ostati osjetljivo.



Slika 2. Box i Wisker prikaz indikatora zagađenja u površinskom sloju postaja od Savudrije do Ploča za razdoblje 1998.-2001. godina. Boje označavaju ekološko stanje prema Tablici 1. Oznake postaja kao i geografske pozicije date su na Slici 1.

Tablica 2. Broj ispitivanih plaža (n) i postotak plaža koje zadovoljavaju zakonske kriterije (Z%).

Godina Područje	1998		1999		2000		2001	
	N	Z%	N	Z%	N	Z%	N	Z%
Pula (Istra)	151	98.0	214	99.5	120	98.3	122	98.4
Rijeka	213	92.5	213	94.8	214	78.0	228	81.6
Senj	66	99.5	51	100	41	58.5	43	100
Zadar	63	98.4	49	100	53	90.6	55	92.7
Šibenik	62	98.4	62	98.4	60	93.3	60	76.7
Split	134	98.5	134	98.5	134	97.8	140	96.4
Dubrovnik	80	95.0	80	96.3	80	81.3	79	89.9
UKUPNO	769	96.4	803	97.8	702	86.8	727	89.7

Riječki zaljev kao područje s koncentriranim unosom hranjivih soli (Rječina, podzemne vode, ispusti), a prvenstveno zbog povećanog unosa hranjivih soli dušika može se smatrati osjetljivim područjem. Stoga bi trebalo sadašnje opterećenje smanjiti (Rječina i ispusti), i to se prvenstveno odnosi na fosfor, koji je u tom području limitirajući čimbenik primarne proizvodnje organske tvari.

Dio Šibenskog zaljeva neposredno ispred Šibenika pokazuje najveću promjenu ekološkog stanja uzduž cijele obale. Ta promjena rezultat je kombiniranog utjecaja rijeke Krke i antropogenog utjecaja. U situaciji kad rijeka Krka praktički teče dalje Šibenskim zaljevom do mora, gdje se tek počinje miješati sa morskom vodom, a gradske otpadne vode donose soli fosfora stvaraju se idealni uvjeti za povećanu fitoplanktonsku proizvodnju, tj. eutrofikaciju. Time taj dio akvatorija postaje jako osjetljivo područje na dodatni unos hranjivih soli te se u ovom trenutku mora razmišljati o kompletnom rješenju odlaganja tih voda te kao što je slučaj uz cijelu našu obalu prvenstveno dodatnog unosa fosfora.

Slično Pulsnoj luci te dijelu Šibenskog zaljeva opaža se i promjena u dijelu kaštelanskog zaljeva (Vranjički bazen). Uzrok tome je što taj dio Kaštelanskog zaljeva služi kao prijemnik nepročišćenih otpadnih voda grada Splita, te unosa ortofosfata i dušika rijekom Jadro. Posljedice eutrofikacije Vranjičkog bazena su redovite ljetne masovne cvatnje, znatni rasponi zasićenja kisikom tijekom godine te povremena uspostava anoksije u pridnenom sloju bazena krajem ljeta. Pravilno odlaganje otpadnih voda grada Splita rješenje je tom problemu iako ne treba zanemariti niti unos hranjivih soli rijekom Jadro što dodatno čini taj akvatorij osjetljivim područjem sa stanovišta eutrofikacije.

Na poluzatvorenim područjima pulske, šibenske i sjeverne splitske luke (Vranjic) povremeno dolazi do «crvenih plima» («red tide»), tj. prekomjernog razmnožavanja nekih vrsta dinoflagelata, kao i do nedostatka kisika u pridnenom sloju. Takve se pojave obično opažaju u ekstremno eutrofnim uvjetima. Ova su područja relativno mala, ali vrlo važna sa stanovišta njihovog korištenja, jer uključuju centar grada i šetališta, te susjedna kupališta i tradicionalna područja sakupljanja, odnosno uzgoja školjaka (koji se npr. na području pulske luke morao prekinuti).

Područja Ploča i Dubrovnika mogu se svrstati na granici oligotrofnih i eutrofnih, prema prozirnosti i hranjivim solima, ali treba istaknuti da su biomasa fitoplanktona (klorofil *a*) i promjene zasićenja kisikom bile tipične za izrazito oligotrofne uvjete. To ukazuje da je utjecaj njihovih gradskih luka, kao i rijeke Neretve (kod Ploča) ograničen, zahvaljujući također izmjeni s izrazito oligotrofnim vodama s pučine južnog Jadrana.

Prednosti primjene trofičkog indeksa

Primjenom trofičkog indeksa omogućava se donošenje pravilnije ocjene o stanju nego na temelju pojedinih parametara, odnosno taj se postupak pojednostavljuje u slučaju kada se želi koristiti više parametara. Na primjer, često se kisik predstavlja kao glavni parametar eutrofikacije, jer je njegova analiza jednostavna i jeftina. Međutim mjerenja na području Jadrana pokazala su da je to često neprimjeren parametar.

Na primjer, u pulskoj luci (Slika 2.) trofički indeks kao i drugi parametri, ukazuje na mezotrofno stanje, dok kisik na oligotrofno. U otvorenim vodama sjevernog Jadrana dogodila su se stanja izražene hipoksije, a i anoksija (npr. u studenom 1989), a da nije zabilježeno povećanje stupnja eutrofikacije. Glavni uzrok tim pojavama je bila neuobičajeno niska brzina izmjene vode između sjevernog i srednjeg Jadrana (Degobbi i sur., 2000).

Značajan dio podataka za ukupni anorganski dušik ukazuje na mezotrofno stanje u Bakarskom zaljevu, ali ne drugi parametri, uključujući klorofil *a*, kao ni trofički indeks (Slika 2.). Razlog tome je da je za povišenje primarne proizvodnje u području, kao uostalom u cijelom sjevernom Jadranu, važnija koncentracija ortofosfata od anorganskog dušika.

Sanitarna kvaliteta plaža

Procjena sanitarne kakvoće mora na morskim plažama izvršena je za razdoblje 1998.-2001. More na plažama uzorkovano je svakih 15 dana u razdoblju od svibnja do listopada. Broj ispitivanih plaža kretao se tijekom ovog razdoblja od 702 do 803 (Tablica 2.).

Rezultati pokazuju da se tijekom razdoblja 1998.-2001. postotak ispitivanih plaža koji je udovoljavao zakonskim kriterijima za tu namjenu kretao u rasponu od 86% do 97% (Tablica 2.) Na najvećem broju plaža koje nisu zadovoljile kriterije u pravilu su utvrđene neznatno više koncentracije indikatora od dozvoljenih, dok je broj plaža na kojima su koncentracije indikatora bile konstantno vrlo visoke bio vrlo mali i uglavnom se radilo o riječkom području. Za područja Rijeke, Zadra, Šibenika i Dubrovnika je utvrđen nešto veći broj plaža koje nisu zadovoljavala zakonske kriterije tijekom 2000. i 2001. u odnosu na 1998. i 1999. Tijekom 2000. godine veliki broj plaža na području Senja nije zadovoljavao zakonske kriterije, ali treba naglasiti da su se loši rezultati na ovim plažama temeljili isključivo na koncentracijama fekalnih streptokoka, dok su vrijednosti za preostale dvije skupine indikatora bile izrazito niske.

Glavni razlog nezadovoljavanja zakonskih kriterija na pojedinim plažama leži u činjenici da se još uvijek veliki dio otpadnih voda fekalnog porijekla direktno ulijeva u morski okoliš bez prethodne obrade. Utjecaj tih voda na sanitarnu kakvoću mora osobito je izražen na širem području velikih gradova, ali je isto tako sanitarna kakvoća mora često pod utjecajem manjih lokalnih kanalizacijskih ispusta u manjim mjestima na obali.

Zaključak

Temeljem graničnih vrijednosti indikatora ocijenjeno je ekološko stanje voda duž hrvatske obale za razdoblje 1998.-2001. i ono se uglavnom može ocijeniti najvišim stupnjem, tj. vrlo dobro. Stanje za jedan stupanj niže (dobro) procijenjeno je za pojedine dijelove Limskog kanala, Pulske Luke te Bakarskog, Šibenskog i Kaštelanskog zaljeva. Umjereno dobar ekološki stupanj procijenjen je samo u najdubljem dijelu Limskog kanala te u dijelu Šibenskog zaljeva ispred Šibenika.

Primjenom trofičkog indeksa omogućava se donošenje pravilnije ocjene o stanju nego na temelju pojedinih parametara, odnosno taj se postupak pojednostavljuje u slučaju kada se želi koristiti više parametara.

Literatura

- Chiaudani, G., Gaggino, G.F., Marchetti, R. Vighi, M. (1982): Caratteristiche trofiche delle acque costiere Adriatiche: campagna di rilevamento 1978-1979. CNR, Promozione della qualità dell'ambiente, Serie di Monografie AQ/2/14, Roma, 170 str.
- Degobbis, D., Precali, R., Ivančić, I., Smolaka, N., Kveder, S. (1997): The importance and problems of nutrient flux measurements to study eutrophication of the northern Adriatic. *Period. biol.*, 99, 161-167.
- Degobbis, D., Precali, R., Ivančić, I., Smolaka, N., Fuks, D., Kveder, S. (2000): Long-term changes in the northern Adriatic ecosystem related to anthropogenic eutrophication. *Int. J. Envir. Poll.*, 13, 495-533.
- EUC (2001): Direktiva 2000/60/EC Europskog Parlamenta i Vijeća kojom se uspostavlja okvir za djelovanje zajednice na području politike voda, od 23. listopada 2000., 86 str.
- Ivančić, I., Degobbis, D. (1987): Mechanisms of production and fate of organic phosphorous in the northern Adriatic Sea. *Mar. Biol.*, 94 (1), 117-125.
- Vollenweider, R.A., Giovanardi, F., Montanari, G., Rinaldi, A. (1998): Characterisation of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Envirometrics*, 9, 329-357.
- Yamada, M., Tsuruta, A., Yoshida, Y. (1980): A list of phytoplankton as eutrophic level indicator. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, 46, 1435-1438.

Autori:

- Dr. Robert Precali, Centar za istraživanje mora, Institut «Ruđer Bošković», G. Paliage, 552210 ROVINJ; Tel: 052-804-741; Fax: 052-816-496; e-mail: precali@cim.irb.hr
- Dr. Mladen Šolić, Institut za Oceanografiju i Ribarstvo, Šet. I. Meštrovića 63, 21000 SPLIT, Tel: 021-358-688; Fax: 021-358-650; e-mail: solic@izor.hr
- Dagmar Šurmanović, Gorana Čosić-Flajsig, *Hrvatske Vode, Ul. Grada Vukovara 220, 10000 ZAGREB*, Tel: 01-6307-333; Fax: 01-6307-686; e-mail: surmanovic@voda.hr; gcasic@voda.hr



Prodor morske vode i njen utjecaj na kakvoću površinskih voda u dolini Neretve

Davor Romić, Mijo Vranješ, Gabrijel Ondrašek

SAŽETAK: Dolina Neretve, ukupne površine 12.067 ha predstavlja specifični prirodno - geografski prostor usječen u krški okvir, a južnu granicu područja čini Jadransko more. Organizacija života ljudi, ciklusi poljoprivredne proizvodnje, ali i cjelokupni živi svijet bili su prilagođeni vodnom režimu prirodnog okruženja. Zahvati na uređenju zemljišta, regulacijski zahvati u samoj delti kao i izgradnja hidroenergetskih i drugih objekata unutar sliva Neretve imali su značajan utjecaj na promjenu vodnog režima. Morska voda sve dublje prodire unutar delte. Poljoprivrednici u dolini Neretve koriste površinske i podzemne vode za navodnjavanje.

U 1997. godini započeta su istraživanja zaslanjenosti tala i kakvoće vode potencijalnih izvora za navodnjavanje u dolini Neretve. Istraživanja su nastavljena do 2002. godine. Koncentracije soli u vodama u dolini Neretve mijenjale su se tijekom godine, što se povezuje s hidrološkim režimom, a uobičajen aje pojava maksimalnih koncentracija u ljetnim mjesecima. Na nekim lokacijama utvrđene su visoke koncentracije soli, a izraženo elektrovodljivošću i do 14,5 dS/m. Istraživanje utjecaja zaslanjene vode na uzgoj lubenice i promjene u tlu provedeno je dvofaktorijelnim poljskim pokusom. U istraživanju su korištena dva sustava za navodnjavanje: kišenjem i kapanjem, te dvije razine kakvoće vode: vodovodna voda ($EC_{iw} = 0,7$ dS/m) i voda iz kanala koja se inače koriste za navodnjavanje, a elektrovodljivost u vrijeme uzgoja lubenice iznosila je od 3,4-7,4 dS/m. Korištenje takve vode za navodnjavanje sustavom kišenja potpuno je uništilo urod. Navodnjavanjem kvalitetnom vodom i navodnjavanjem kapanjem vodom iz kanala ostvareni su prinosi od 38-42 t/ha. Navodnjavanje zaslanjenom vodom ostavilo je posljedice i na tlo.

KLJUČNE RIJEČI: Zaslanjivanje, Alkalizacija, Toksičnost

Intrusion of Seawater and its Effect on Quality of Surface Water in the Neretva River Valley

SUMMARY: The Neretva valley, total area 12,067 ha, is a specific natural-geographic area, cut into the karst environment and bordering on the Adriatic Sea in the south. Organization of human life, agricultural production cycles, and also the overall living world are adjusted to the water regime of the natural environment. Land development practices, regulation interventions in the delta as well as the construction of hydro-electric and other structures within the Neretva catchment area have exerted a substantial influence on the changes in the water regime. Seawater intrudes deeper and deeper into the delta. Farmers in the Neretva valley use surface and ground water for irrigation.

Investigations of soil salinity and quality of water from potential sources of irrigation water were started in the Neretva valley in 1997. Investigations went on until 2002. Results of chemical

analyses of the Neretva valley water show fluctuations of salt concentrations during the year, which is attributed to the hydrological regime. Maximal salt concentrations occur in the summer months, being as high as 15 dS/m on some locations.

A field trial was set up to investigate the influence of the saline water upon watermelon culture and changes in the soil. The two-factor field trial was laid out on the trial plot. The main factor, quality of irrigation water, had two steps: two sources of water of different quality. The subfactor - irrigation had also two steps: sprinkling and drip irrigation. Water used in the trial came from the canals, which is also otherwise used for irrigation, since producers have no alternative. Salt concentration during watermelon culture ranged from 3.4 dS/m to 7.4 dS/m. Use of such water for irrigation, notably sprinkling irrigation, completely destroyed the yield. Irrigation with good quality water and drip irrigation with canal water resulted in yields of 38 t/ha to 42 t/ha. Irrigation with saline water had adverse effects on the soil as well.

KEYWORDS: Salinity, Alkalization, Toxicity

Uvod

Dolina Neretve, ukupne površine 12.067 ha predstavlja specifični prirodno - geografski prostor usječen u krški okvir. Zahvati na uređenju zemljišta, regulacijski zahvati u samoj delti kao i izgradnja hidroenergetskih i drugih objekata unutar sliva Neretve imali su značajan utjecaj na promjenu vodnog režima. Morska voda sve dublje prodire unutar delte. U Neretvi more izravno prodire u korito uzvodno sve do Gabele (BiH). Zaslanjivanje područja se ne događa samo kroz površinske vodotoke, nego značajne količina soli dolazi iz dubokih podzemnih slojeva aluvija.

Zaslanjivanje poljoprivrednih površina posljedica je i navodnjavanja zaslanjenim vodom. Poljoprivrednici u dolini Neretve koriste pretežno površinsku vodu, premda se u nekim slučajevima za navodnjavanje koristi i podzemna voda. Korištenje vode za navodnjavanje nedefinirane kakvoće može imati za posljedicu zaslanjivanje ili/i alkalizaciju poljoprivrednih tala. Teško je i nabrojati primjere sekundarne salinizacije ili/i alkalizacije koji su zabilježeni u dugoj povijesti navodnjavanja.

U svim strateškim dokumentima razvoja ovog područja poljoprivreda se stavlja na prvo mjesto, te ističe zeleno - plava linija kao komplementarne grane. Novim održivim tehnologijama uz korištenje prirodnog bogatstva očekuje se razvoj poljoprivrede, razvoj povrćarske i voćarske proizvodnje, koje je u ovom prostoru neostvariva bez navodnjavanja. Sadašnje rješenje navodnjavanja, koje se zasniva na crpnoj stanici koja je izgrađena uzvodno od Metkovića na teritoriju BiH, te glavnom kanalu za navodnjavanje koji je prokopan kroz nestabilno, propusno i slabo nosivo tlo, kroz koji se upuštanju cjelokupne količine vode u korito Male Neretve, u praksi se pokazalo pogonski skupim i neučinkovitim, a zadovoljava samo dio poljoprivrednih površina.

Do sada dobiveni rezultati vlastitih istraživanja, ali i podaci iz znanstvene literature, upućuju na zaključak da je obrana od soli vrlo složena zadaća. Kombinacija utjecaja zaslanjene podzemne vode i korištenje zaslanjene vode za navodnjavanje može imati katastrofalne posljedice i u dolini Neretve. Područje Donje Neretve je područje na kojem se suprotstavljaju različite aktivnosti i interesi. Složenost hidrološkog sustava Donje Neretve uvjetuje kompleksan i cjelovit pristup u rješavanju problema korištenja i zaštite vodnih resursa. Cilj ovog rada je bio ukazati na duboki prodor morske vode u dolinu Neretve koji rezultira zaslanjivanjem površinskih i podzemnih voda. Primjena takve vode može uništiti usjev ili reducirati prinos u jednoj godini. Međutim, dugogodišnja

primjena zaslanjene vode može ostaviti katastrofalne posljedice na tlo koje je nezamjenjiv medij za uzgoj poljoprivrednih kultura.

Materijal i Metode

U dolini Neretve se od 1997. godine motri kakvoće vode. Uzorci vode za laboratorijske analize uzimani su jednom mjesečno tijekom razdoblja 1998. - 2001. godine sa 10 lokacija iz otvorenih vodotoka. Otvorni vodotoci su ujedno i potencijalni izvori vode za navodnjavanje. Uzorci vode uzeti su i konzervirani na način propisan "*Pravilnikom o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće*" (N.N. 46/94). U uzorcima vode određeni su svi parametri potrebni za ocjenu kakvoće vode za navodnjavanje prema mjerilima preporučenima od *University of California Committee of Consultants* (Ayers i Westcot, 1985): reakcija (pH), elektrovodljivost (EC_{iw}) i sadržaj pojedinačnih kationa i aniona, a prema metodama APHA (1992). Analize ionskog sastava uzoraka vode učinjene su u laboratoriju Zavoda za melioracije Agronomskog fakulteta.

Istraživanje utjecaja zaslanjenih voda na uzgajane kulture i tlo provedeno je 2001. godine u dolini Neretve na obiteljskom gospodarstvu. Postavljen je dvofaktorijski poljski pokus. Glavni faktor, kakvoća vode za navodnjavanje, imao je dvije stepenice: dva izvora vode različite kakvoće (vodovodna voda ($EC_{iw} = 0,7$ dS/m) i voda iz kanala), a podfaktor navodnjavanje također dvije stepenice: navodnjavanje kišenjem i kapanjem. Kod svakog navodnjavanja uzimani su uzorci vode za navodnjavanje iz kanala. U laboratoriju određivani su svi parametri koji definiraju kakvoću vode za navodnjavanje, a prema metodama APHA (1992). Navodnjavana kultura je lubenica koja je bila uzgajana na malču od crne PE folije. Uzorci tla uzeti su prije sadnje lubenice, te nakon sezone navodnjavanja. U uzoraka tla utvrđene koncentracije ukupnih soli te vodotopivih aniona i kationa analizom saturacijskog vodnog ekstrakta (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

Rezultati i rasprava

Određivanje stupnja zaslanjenosti vode jedan je od važnih parametara za utvrđivanje pogodnosti vode za navodnjavanje. U tablici 1 prikazane su minimalne, maksimalne i prosječne vrijednosti analiziranih parametara sa 10 lokacija motrenja u dolini Neretve za razdoblje 1998-2001. Iz rezultata se uočava da su se koncentracije soli mijenjale ovisno o lokalitetu. Najniže prosječnih vrijednosti izmjerene su na lokalitetu Norin $EC_{iw} = 1,4$ dS/m, a najviše na lokalitetu Crnoj Riki $EC_{iw} = 7,2$ dS/m. Na potonjoj lokaciji izmjerena su i najveća variranja ukupnih koncentracija soli od minimalno 0,4 dS/m do maksimalno 17,2 dS/m. Od 10 lokacija obuhvaćenih istraživanjem samo na dvije, Norin, Bočina i Neretva-Opuzen, prosječna elektrovodljivost vode je manja od 2 dS/m, što prema klasifikaciji pripada klasi malo zaslanjene vode. Vode iz ostalih lokacija klasificiraju se, prema prosječnim vrijednostima, kao srednje zaslanjene. Na dvije lokacije prosječna elektrovodljivost u 2001. godini bila je viša od 6 dS/m – Crna Rika i CS Vidrice. Dominantni kation na svim lokacijama je Na^+ , a od aniona Cl^- . Maksimalne koncentracije natrija i klorida prate maksimalne ukupne koncentracije soli.

Rezultati izraženi statističkim parametrima teško da mogu biti jedini kriteriji za procjenu kakvoće vode za navodnjavanje. Naime, poznato je da je prodor morske vode u dolinu Neretve povezan s hidrološkim prilikama. Procjenu pogodnosti vode za navodnjavanje puno je važnije učiniti u vremenu kada se navodnjavanje i provodi, odnosno tijekom vegetacijske sezone. Zbog toga su izdvojena tri lokaliteta: Neretva-Opuzen, Crepina i

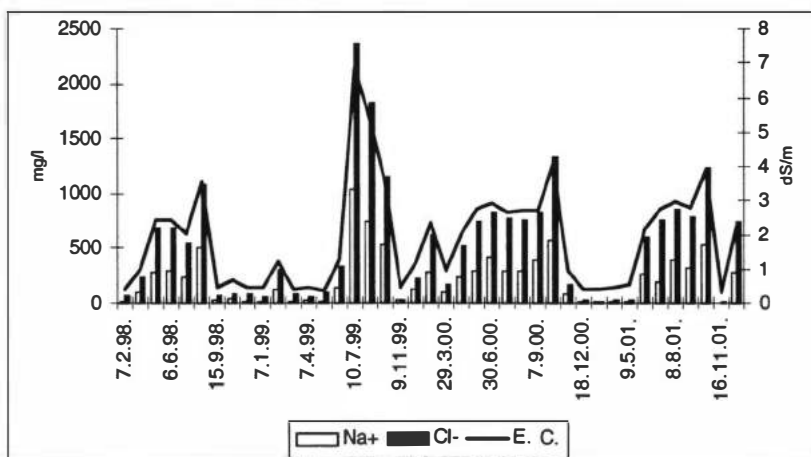
Tablica 1. Minimalne, maksimalne i prosječne vrijednosti pH, EC i aniona i kationa u površinskim vodama u dolini Neretve

Lokacija	Statistički parametar	pH	E.C. dS/m	% soli	mg/L									
					NO ₃ - N	NH ₄ - N	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	P
Crepina stanica Ušće	Minimum	7,32	1,19	0,08	0,00	0,00	4,70	120,00	65,73	22,36	94,55	63,40	308,41	0,00
	Maksimum	9,27	9,98	0,64	8,73	1,91	57,70	1700,00	240,48	217,77	433,10	956,76	3509,55	0,97
	Prosjeak	7,97	4,70	0,30	0,41	0,89	26,30	651,40	130,75	103,47	295,67	226,88	1430,00	0,15
Crepina stanica Vistice	Minimum	6,78	1,29	0,08	0,00	0,00	3,70	140,00	81,76	4,86	207,40	56,60	243,19	0,00
	Maksimum	8,41	12,73	0,82	1,77	2,67	81,20	2087,00	232,46	290,79	503,25	559,20	4892,10	0,51
	Prosjeak	7,81	6,64	0,42	0,24	0,96	36,16	1005,44	146,52	144,38	307,21	259,82	2206,19	0,11
Stara Neretva Ušće	Minimum	7,03	1,19	0,08	0,00	0,00	5,20	120,00	64,13	3,90	179,95	44,00	260,91	0,00
	Maksimum	8,41	11,92	0,76	0,82	1,62	78,00	1900,00	237,27	263,47	451,40	430,00	4395,80	0,44
	Prosjeak	7,85	3,60	0,23	0,10	0,71	19,60	512,68	108,38	73,09	264,20	141,47	1101,26	0,09
Crepina	Minimum	7,11	0,73	0,05	0,00	0,00	2,00	55,00	65,73	1,94	137,25	42,00	159,52	0,00
	Maksimum	8,60	10,41	0,67	5,98	1,47	65,00	1700,00	145,89	237,91	451,40	397,80	3615,90	0,50
	Prosjeak	7,85	3,15	0,20	0,24	0,76	16,97	440,01	100,02	69,42	253,37	121,31	968,45	0,09
Kanal Modrič	Minimum	7,23	1,77	0,11	0,00	0,00	8,50	210,00	62,52	35,97	173,85	48,00	439,58	0,00
	Maksimum	8,55	17,23	1,10	5,74	2,01	104,40	2750,00	367,13	449,16	536,80	1274,40	5884,70	0,40
	Prosjeak	7,77	5,77	0,37	0,42	0,90	33,34	810,29	159,17	126,03	323,23	349,58	1786,67	0,12
Crepina Ušće	Minimum	7,31	0,44	0,03	0,00	0,00	1,50	22,50	43,28	1,94	195,20	41,20	43,96	0,00
	Maksimum	8,90	17,20	1,10	3,79	1,81	108,00	2650,00	210,02	376,24	359,90	1226,00	5991,05	0,76
	Prosjeak	7,89	7,20	0,46	0,26	0,73	43,06	1081,20	122,27	156,74	238,20	309,85	2490,32	0,10
Neretva Opuzen	Minimum	7,27	0,32	0,02	0,00	0,00	0,00	5,50	51,30	3,89	152,50	21,89	17,72	0,00
	Maksimum	8,32	6,85	0,44	3,45	1,63	42,00	1035,00	107,41	160,41	283,65	294,60	2353,88	0,48
	Prosjeak	7,83	1,89	0,12	0,34	0,74	9,92	227,70	83,56	41,20	216,10	99,79	535,09	0,09
Bočina	Minimum	7,14	0,74	0,05	0,00	0,00	6,50	63,70	46,48	16,53	213,50	9,82	93,59	0,00
	Maksimum	8,65	5,64	0,36	2,08	1,69	48,00	1000,00	105,81	134,16	387,35	207,00	2027,74	0,54
	Prosjeak	7,96	1,62	0,10	0,22	0,74	16,90	183,54	85,73	40,12	321,85	55,55	389,72	0,22
Jasenica	Minimum	6,99	1,34	0,09	0,00	0,00	6,20	140,00	86,57	37,91	240,95	71,00	319,05	0,00
	Maksimum	8,49	7,33	0,47	1,08	1,94	40,00	1090,00	251,70	168,19	414,80	622,40	2141,18	2,78
	Prosjeak	7,83	3,87	0,25	0,18	0,72	20,39	500,89	120,87	85,03	294,46	178,92	1131,61	0,23
Norin	Minimum	7,32	0,67	0,04	0,00	0,00	0,00	16,25	100,20	2,43	161,65	61,80	49,63	0,00
	Maksimum	8,33	5,26	0,34	3,45	1,41	30,00	800,00	192,38	116,66	311,10	448,80	1772,50	0,44
	Prosjeak	7,80	1,40	0,09	0,39	0,71	5,21	126,90	137,59	31,31	256,71	171,91	265,60	0,11

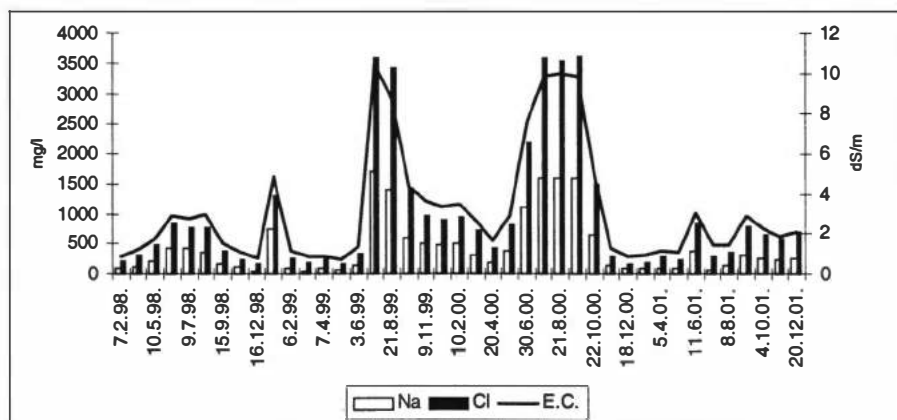
Kanal Modrič, na kojima je dinamika koncentracija soli prikazana po vremenu uzorkovanja.

Grafikon 1 prikazuje dinamiku vrijednosti E.C._{iw}, te koncentracija Na⁺ i Cl⁻ na lokaciji Neretva-Opuzen. U ljetnim mjeseci, vrijednost E.C._{iw} vode rijeke Neretve kod Opuzena najviše su, a maksimalna vrijednost od 6,85 dS/m izmjerena je u srpnju 1999. godine. Nakon toga koncentracije soli počinju opadati da bi tijekom prosinca bile izmjerene najniže vrijednosti. U svim godinama istraživanja primjećuje se da su i ukupne količine soli i koncentracije natrija i klorida najviše u ljetnim mjesecima. Posebno treba napomenuti da su uzorci uzimani sa 0,5 m dubine, te da je u dubljim slojevima voda znatno slanija. U vrijeme najveće koncentracije soli u vodi, u srpnju 1997., izmjerena je i maksimalna koncentracija iona natrija koja je iznosila 1035 mg Na⁺/l, a klorida 2354 mg Cl⁻/l. Variranja tijekom godina povezuju se s hidrološkim režimom.

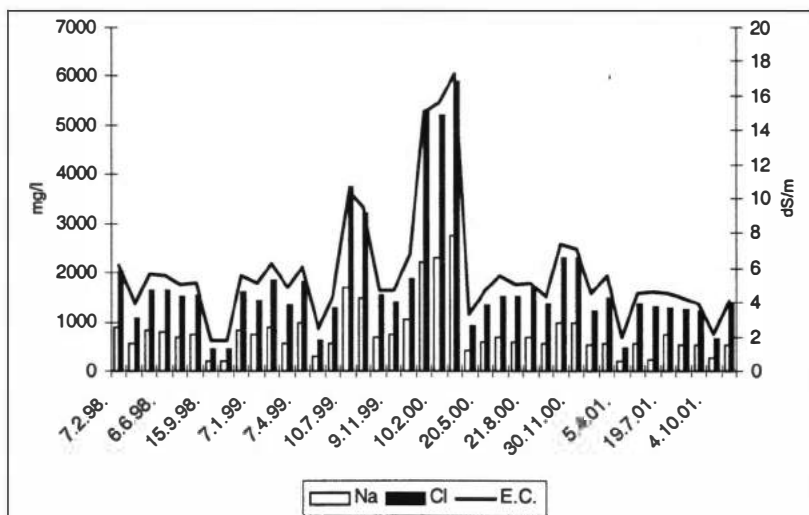
Voda u Crepini povezana je s vodom u Maloj Neretvi, a mogu se regulirati izgrađenom ustavom. Na grafikonu 2 prikazana je dinamika vrijednosti E.C._{iw}, te koncentracija iona natrija i klorida na lokaciji Crepina. I iz ovog grafikona uočava se da se maksimalne koncentracije soli javljaju u ljetnim mjesecima. U 1999. i 2000. godini maksimalne koncentracije bile su približno jednake i iznosile nešto više od 10 dS/m. Maksimalne ukupne koncentracije soli prate i maksimalne koncentracije natrija i klorida. U 2001. godini maksimalne koncentracije soli nisu tako izražene kao predhodnih godina što se povezuje s radom *natapnog kanala*. Naime, u 2001. godini odlukom županijske skupštine u rad je pušten "*natapni kanal*" kojim se zahvaćena voda uzvodno od Metkovića dovodi do Male Neretve i Crepine.



Grafikon 1. Koncentracija iona natrija i klora i elektrovodljivost u vodi Neretve-Opuzen (1998-2001)



Grafikon 2. Koncentracija iona natrija i klora i elektrovodljivost u vodi Crepine (1998-2001)



Grafikon 3. Koncentracija iona natrija i klora i elektrovodljivost u vodi Kanala Modrič (1998-2001)

Kanal Modrič kao jedan od glavnih odvodnih kanala služi i za navodnjavanje tijekom vegetacijskog razdoblja. Dinamika $E.C._w$ vrijednosti, te koncentracije iona natrija i klorida na lokaciji Kanala Modrič prikazana je na grafikonu 3. Iz grafikona se uočava da su ukupne koncentracije soli uvijek više od 2 dS/m. Nadalje, za razliku od drugih lokacija maksimalne koncentracije javljaju se u zimskom razdoblju. Kanal Modrič predstavlja drenažni kanal koji skuplja procjedne vode s poljoprivrednih površina. Navodnjavanjem zaslanjenom vodom i kapilarnim dizanjem zaslanjene podzemne vode tijekom vegetacijske sezone u rizosferi se akumuliraju soli koje se tijekom jesensko-zimskog razdoblja ispiru iz tla nakon obilnih oborina.

Kakvoća vode ocjenjuje se na temelju triju potencijalnih problema: zaslanjivanja, smanjenja infiltracijske sposobnosti i toksičnosti, dodajući još i specifične efekte pri različitim tehnologijama (npr. bikarbonati kod navodnjavanja kišenjem) (Ayers i Westcot, 1985). Potrebno je dodati da su granične vrijednosti uvjetovane time da mora biti iskorišten pun potencijal uzgajanih kultura, da je teksturni sastav navodnjavanih tala od praškaste ilovače do glinaste ilovače, da tlo ima dobru internu dreniranost, te da će navodnjavanje biti prilagođeno potrebama kulture, a da sadržaj fiziološke vode neće pasti ispod 50% poljskog kapaciteta. Pogodnost vode za navodnjavanje ovisna je o uvjetima korištenja, uključujući vrstu usjeva (Maas, 1990), klimu, tlo, tehniku navodnjavanja i tehnologiju gospodarjenja. Na temelju podataka višegodišnjeg monitoringa ocjenjuje se da je kakvoća voda za navodnjavanje na području doline Neretve ima velika ograničenja s obzirom na mogućnost korištenja za navodnjavanje. Primjenom takve vode mogu se javiti svi potencijalni problemi vezani za primjenu zaslanjene i alkaliziranih vode. Upravo iz tog razloga postavljen je poljski pokus kako bi se na primjeru uzgoja lubenice utvrdile posljedice korištenja zaslanjenih voda za navodnjavanje.

Na pokusu provedenom na obiteljskom gospodarstvu korištena je voda iz kanala, koja se inače koriste za navodnjavanje, jer proizvođači nemaju alternative, a koncentracije soli u vrijeme uzgoja lubenice kretale su se od 3,4 dS/m do 7,4 dS/m. Korištenje takve vode za navodnjavanje, posebno kišenjem potpuno je uništilo urod. Navodnjavanje kvalitetnom vodom i navodnjavanje kapanjem vodom iz kanala ostvareni su prinosi od 38 t/ha do 42 t/ha. Navodnjavanje zaslanjenom vodom ostavilo je svoje posljedice i na tlo. Tako su u uzorku tla prije instaliranja pokusa koncentracije soli iznosile 1,99 dS/m. Koncentracije soli kod navodnjavanja vodom iz kanala povećale su se krajem lipnja na 3 dS/m. a na kraju vegetacije lubenice (20. srpnja) na 3,7 dS/m.

Zaključak

Koncentracije soli u vodama u dolini Neretve mijenjaju se tijekom godine pod utjecajem hidrološkog režima. Maksimalne koncentracije javljaju se u ljetnim mjesecima. Dominantni ioni u površinskim vodama su natrij i kloridi. Navodnjavanjem zaslanjenom vodom ostavlja posljedice na tlo i uzgajanu kulturu. Navodnjavanje kišenjem sa zaslanjenom vodom potpuno je uništilo biljku dok primjena navodnjavanja kapanjem zaslanjenom vodom smanjuje prinos. Koncentracije soli u tlu tijekom sezone navodnjavanja višestruko se povećavaju.

Literatura

- American Public Health Association, 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (18th Edition). APHA-AWWA-WPCF, Washington D.C.
- Ayers R.S. and Westcot D.W., 1985. Water quality for irrigation. Irrigation and Drainage Paper 29, FAO, Rome.
- Rhoades J.D., Kandiah A., Mashali A.M., 1992. The use of saline waters for crop production. Irrigation and Drainage Paper 48, FAO, Rome.
- Romić D., Romić M. (1997): Ratio of salt content added by irrigation with saline water and percolated from the root zone. Proceedings of the International Conference on "Water management, salinity and pollution control towards sustainable irrigation in the Mediterranean region". Bari, Italy. Volume IV, p.275-284.
- Romić D., Vranješ M., Tomić F., 2001. Prodor morske vode i zaslanjivanje tala u dolini Neretve. IX Kongres Hrvatskog tloznanstvenog društva. 3-7 srpnja, Brijuni.

Autori:

Davor Romić, Gabrijel Ondrašek, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb

Mijo Vranješ, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, Matice Hrvatske 15 21000 Split



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.40.

Sudjelovanje hrvatskog nacionalnog tima stručnjaka u zajedničkom istraživanju rijeke Dunava /Joint Danube Survey (JDS), kolovoz-rujan 2001. godine

**Vera Santo, Zdenka Čuljak, Brigita Homan-Krtić, Dario Mandić, Nena Hak,
Davor Haničar**

SAŽETAK: Podunavske države osnovale su Međunarodnu komisiju za zaštitu rijeke Dunava / International Commission for the Protection of the Danube River / ICPDR. Unutar Komisije djeluje nekoliko ekspertnih grupa. Države koje su potvrdile Konvenciju, obvezale su se registrirati stanja prirodnih resursa u slivu Dunava, uz primjenu dogovorenih pokazatelja za količinu i kakvoću vode, uključujući pripadajuću metodologiju.

Republika Hrvatska 1996. godine, potvrdila je Konvenciju o zaštiti rijeke Dunav. Za obveze koje proizlaze iz Konvencije zadužena je Državna uprava za vode, a za njihovu operativnu provedbu, Hrvatske vode.

Sukladno čl. 9. Konvencije o zaštiti rijeke Dunav, ugovorene strane složile su se oko suradnje na području monitoringa i ocjenjivanja vodenih resursa, te je započela realizacija Projekta Joint Danube Survey / Zajedničko istraživanje Dunava.

Projekt se od sredine kolovoza do 20. rujna 2001. godine provodio na cijelom toku Dunava, od Regensburga u Njemačkoj, kroz Austriju, Slovačku, Mađarsku, Hrvatsku, Jugoslaviju, Bugarsku, Rumunjsku, Moldaviju i Ukrajinu. Dva broda, Argus /Njemačka i MS Szechenyi /Mađarska, opremljeni kao laboratorij, s istraživačima, na svom putu, uzorkovali su na 98 mjernih postaja na Dunavu i većim pritokama.

Zavod za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije, kao ovlašteni laboratorij, sudjelovao je kao nacionalni tim u Projektu, te je uzorkovao rijeku Dunav i rijeku Dravu, kao veću pritoku, na šest mjernih postaja kroz Hrvatsku.

KLJUČNE RIJEČI: JDS, ICPDR, rijeka Dunav

Participation of the Croatian National Expert Them on the Joint Danube Survey (JDS), August - September 2001

SUMMARY: The Danube Basin countries have established the International Commission for the Protection of the Danube River (ICPDR). The Commission has a number of expert teams. The countries that ratified the Convention on the Protection of the Danube River have undertaken to register the status of the natural resources in the Danube catchment by using agreed indicators for quantity and quality of water, including the corresponding methodology.

The Republic of Croatia ratified the Convention in 1996. The obligations under the Convention are the responsibility of the State Water Directorate and Hrvatske Vode (*Croatian Waters*) are in charge of their practical implementation.

Pursuant to Article 9 of the Convention on the Protection of the Danube River, the parties have

agreed on collaboration in monitoring and evaluation of the water resources, and launched the Joint Danube Survey Project.

Between mid-August and 20 September 2001, the Project was carried out on the entire course of the Danube, from Regensburg in Germany, through Austria, Bulgaria, Croatia, Hungary, Moldavia, Romania, Slovakia, Ukraine and Yugoslavia. Two ships, Argus (Germany) and MS Szechenyi (Hungary) equipped as laboratories, carrying crews of researchers, performed on their way sampling in 98 measuring stations on the Danube and its major tributaries.

The Public Health Institute of the Osječko-Baranjska County, with its licensed laboratory, participated on the Project as the Croatian national team. The team members sampled the Danube and the Drava rivers as one of the larger tributaries, in six measuring stations in Croatia.

KEYWORDS: JDS, ICPDR, Danube River

UVOD

Međunarodna komisija za zaštitu rijeke Dunava (ICPDR) pokrenula je zajedničko snimanje stanja na Dunavu (JDS) sa ciljem dobivanja pravih vrijednosti i usporedivosti podataka o kakvoći vode, dobivenih redovitim programima praćenja kvalitete. Glavni cilj JDS bio je dobivanje kompletnih homogenih podataka o odabranim odrednicama za cijeli Dunav i određivanje i potvrđivanje specifičnih izvora zagađenja.

14. kolovoza 2001. ekipa od deset znanstvenika iz Njemačke, Austrije, Slovačke, Mađarske, Jugoslavije, Rumunjske i Bugarske ukrcala se u Regensburgu na njemački brod "Argus" i mađarski brod "Szechenyi" i krenula na put dug 2581 km i šest tjedana prema Crnom moru.



Ekipa je slijedila pažljivo pripremljeni plan uzimanja uzoraka, uzimajući uzorke vode, pridnenih sedimenata, suspendiranih krutih tvari i školjaka, na 98 odabranih profila rijeke. Istovremeno su biolozi prikupljali bogatu zbirku vodenih organizama. Neki od pokazatelja analizirani su na brodu "Argus" neposredno nakon uzimanja uzoraka. Ostali uzorci su pažljivo konzervirani i slani u redovitim intervalima u centralno skladište instituta VITUKI (Institute for Water Pollution Control, Water Resources Research Centre

Plc.) u Budimpešti, odakle su proslijeđivani u devet referentnih laboratorija u Njemačkoj, Austriji, Slovačkoj i Mađarskoj.

Akciju su financirale Njemačka i Austrija. Svaka od zemalja sudionica dala je svoj doprinos

CILJ PROJEKTA

Cilj Projekta bio je:

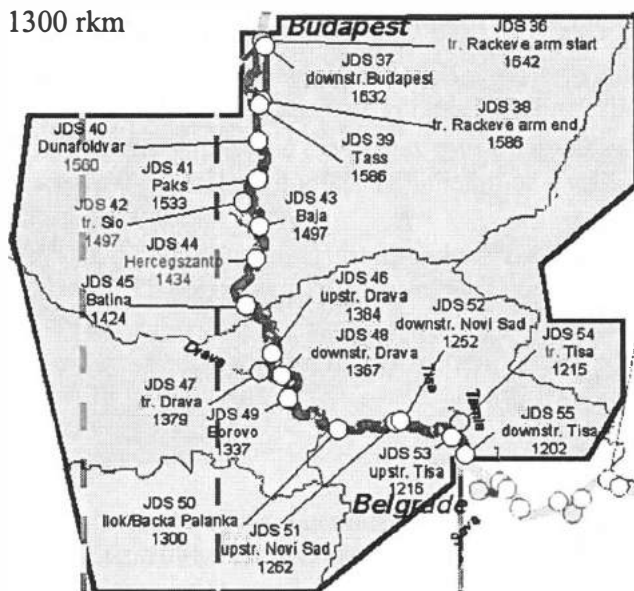
- proizvesti homogene podatke o kakvoći rijeke Dunav, osnovane na pojedinačnim laboratorijskim analizama specifičnih pokazatelja,
- identificirati i potvrditi specifične izvore zagađenja,
- otkriti zagađivala, specificirana u preporučenim Okvirnim direktivama EU o vodama,
- priskrbiti forum pripadajućih podunavskih zemalja u učestvovanju, uzorkovanju i međulaboratorijskim poredbenim ispitivanjima,
- omogućiti specifičan trening (obuku) i unaprijediti metode rada,
- poboljšati svijest javnosti.

Projekt se od sredine kolovoza do 20. rujna 2001. godine provodio na cijelom toku Dunava, od Regensburga u Njemačkoj, kroz Austriju, Slovačku, Mađarsku, Hrvatsku, Jugoslaviju, Bugarsku, Rumunjsku, Moldaviju i Ukrajinu. Dva broda, Argus /Njemačka i MS Szechenyi /Mađarska, opremljeni kao laboratorij, s istraživačima, na svom putu, uzorkovali su na 98 mjernih postaja na Dunavu i većim pritokama [5].

Zavod za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije kao ovlaštenu laboratorij, sudjelovao je kao nacionalni tim u Projektu, te je uzorkovao rijeku Dunav i rijeku Dravu, kao veću pritoku, na šest mjernih postaja kroz Hrvatsku.

Uzorkovana je matica rijeke, te sediment na lijevoj i desnoj obali slijedećih mjernih postaja:

- JDS 45 – Batina 1424 rkm
- JDS 46 – rkm 1384
- JDS 47 – Drava
- JDS 48 – Erdut 1367 rkm
- JDS 49 – Dalj 1355 rkm
- JDS 50 – Ilok 1300 rkm



U uzorcima voda rađeni su fizikalno kemijski pokazatelji, hranjive tvari, metali, organski spojevi i biološki pokazatelji, dok su se u uzorcima sedimenta određivali metali i organski spojevi. Rezultate analiza dostavili smo JDS koordinatoru i oni su poslužili za izradu nacionalnog i međunarodnog izvještaja [3].

REZULTATI I DISKUSIJA

Istraživanja su vršena u sukladnosti s Okvirnom direktivom EU vodama, koja se bavi ne samo kemijskom kakvoćom voda, nego posebnu pažnju posvećuje ekološkom stanju. Stoga su za vrijeme snimanja ispitivani svi biološki elementi navedeni u Direktivi kao pokazatelji za ocjenu ekološkog stanja (osim riba). U određivanju kemijskog stanja vode analizirane su prioritetne tvari navedene u Okvirnoj direktivi EU o vodama. Neke od njih po prvi put su promatrane na slivu Dunava.

Dobivena je pouzdana slika kakvoće Dunava i njegovih glavnih pritoka s obzirom na kemijske, biološke i mikrobiološke pokazatelje.

Prikupljeni podaci pokazuju visok stupanja **biološke raznolikosti Dunava**, jer je identificirano više od 1000 vrsta vodenih i viših organizama. Identificirano je:

- 268 vrsta makrozoobentosa (malih životinja koje žive u sedimentu dna)
- 340 vrsta fitozoobentosa (algi koje žive u sedimentu dna)
- 49 vrsta makrofita (vodenih biljaka i mahovina)
- 261 vrsta fitoplanktona (plutajućih algi)
- 120 vrsta zooplanktona (malih životinja koje plutaju u vodi)

Organsko zagađenje u Dunavu bilo je od umjereno do kritično zagađenih voda. Mnogi rukavci i pritoke su zagađeniji od glavnog toka.

Eutrofikacija: Naročito visoke koncentracije biomase nađene su nizvodno od Budimpešte, što ukazuje na povećanu koncentraciju hranjivih tvari u ovom dijelu Dunava.

Mikrobiološki (bakterijski) pokazatelji imaju široku primjenu pri ocjenjivanju ljudskog djelovanja, uzrokovanog ispuštanjem nepročišćenih ili nedovoljno pročišćenih otpadnih voda. Najviše vrijednosti mikrobiološkog zagađenja opažene su u pritokama.

Otkrivene su specifične “vruće točke” zagađenja **teškim metalima**. Najveće koncentracije teških metala u vodi zamjećeno je u pritokama u Bugarskoj.

Plovidba Dunavom glavni je izvor zagađenja uočen tijekom akcije. Najveće vrijednosti **naftnih ugljikovodika** u sedimentu i suspendiranoj krutoj tvari nađene su u Srednjem Dunavu.

Od 23 **pesticida** koji su bili predmet istraživanja, u Dunavu su nađeni samo atrazin i deetilatrazin, a maksimalne koncentracije primjećene su u Savi koja je utjecala i na Dunav nizvodno od ušća Save.

Znatne koncentracije štetnih **kemijskih zagađivala** otkrivene su u sedimentima dna i suspendiranoj krutoj tvari [2][3].

ZAKLJUČAK

JDS je najopsežnije dosad provedeno snimanje stanja Dunava. Po prvi put dobiveni su usporedivi podaci o cijelom toku rijeke Dunava za preko 140 različitih pokazatelja: bioloških pokazatelja, kemijskih zagađivala, vodene flore i faune, te bakterioloških pokazatelja [1][4][3].

Akcija je osigurala izvrstan okvir za usklađivanje metoda uzorkovanja, pripreme uzoraka i analitičkih metoda, koje se primjenjuju u raznim podunavskim zemljama. Zajednički prikupljeni uzorci analizirani na brodu i u nacionalnim laboratorijima dali su znanstvenicima jedinstvenu priliku da usporede svoje rezultate i poboljšaju kvalitetu svojih analiza i rezultata monitoringa.

Pouke koje je donijela akcija zajedničkog snimanja Dunava trebale bi poslužiti kao čvrsta osnova za buduće akcije na zaštiti rijeke Dunava.

Na kraju, važno je napomenuti da su bliski kontakti, koje su znanstvenici za vrijeme akcije uspostavili s predstavnicima pojedinih zemalja, otvorili mogućnosti za obavješćavanje javnosti o politici i akcijama za smanjenje zagađenosti u slivu Dunava. Više od 40000 rezultata proizašlih iz zajedničkog istraživanja, dovode nas korak bliže čistijem Dunavu.

LITERATURA:

1. Equipe Cousteau: The Danube - for whom and for what? Report 1993.
2. JOINT DANUBE SURVEY, Summary of the Final Report, ICPDR Vienna, May 2002.
3. JOINT DANUBE SURVEY, Technical Report of International Commission for the Protection of the Danube River, September 2002.
4. Vom Rhein zur Ungarischen Donau - Mesfahrt der MS Burgund. Report 1998.
5. ZAJEDNIČKO ISTRAŽIVANJE RIJEKE DUNAVA, Joint Danube Survey – JDS /kolovoz-rujan 2001. godine (N. Hak, voditelj nacionalnog JDS tima, Hrvatske vode), Izvještaj, Zagreb, listopad 2002.



Autori:

Vera Santo, Zdenka Čuljak, Brigita Homan-Krtić, Dario Mandić, Zavod za javno
zdravstvo Osječko-baranjske županije, Osijek, F. Krežme 1, tel: +385 (31) 225
787; fax: +385 (31) 206 870; e-mail: dario.mandic@zzjzosijsk.hr

Nena Hak, Hrvatske vode - Direkcija, Zagreb, Ulica grada Vukovara 220, tel: +385 (01)
6307 329; fax: +385 (01) 6151 794; e-mail: nenahak@voda.hr

Davor Haničar, Hrvatske vode Zagreb, VGO za VP slivova Drave i Dunava, Osijek,
Splavarska 2a, tel: +385 (31) 375 677, fax: +385 (31) 375 699; e-mail:
handav@voda.hr



Rad 2.41.

Višak vode u hidromelioriranom tlu

Ivan Šimunić, Franjo Tomić, Dragutin Petošić

SAŽETAK: Cilj istraživanja je bio utvrditi višak vode (drenažni istek) u hidromelioriranom tlu Gleyic Podzoluvisolu (pseudoglej-gleju) na različitim razmacima cijevne drenaže (od 10 m do 30 m sa i bez hidrauličnog materijala šljunka). Trogodišnja istraživanja (1999-2001) obavljena su na melioracijsko pokusnom polju Jelenščak Kutina u Srednjoj Posavini. Drenažni istek mjerio se elektronskim mjeračima i uspoređivao se s matematički izračunatim višakom vode u tlu prema metodi Palmera.

Višak vode izmjeren elektronskim mjeračima iznosio je u 1999 godini 237 mm, u 2000 god. 124 mm i u 2001 god. 234 mm (prosječne vrijednosti svih razmaka cijevne drenaže). Metodom Palmera izračunati višak vode u tlu bio je u 1999 god. 261 mm, u 2000 god. 125 mm i u 2001 god. 159 mm.

Na temelju utvrđenih rezultata, razvidno je da su samo u 2000 god. rezultati izravnog mjerenja i metodom Palmera identični, dok se u 1999 god. razlikuju za 10 %, odnosno u 2001 god. za čak 30%.

Prema tome, višak vode u hidromelioriranom tlu Srednje Posavine izračunat metodom Palmera prihvatljiv je samo u određenim godinama.

KLJUČNE RIJEČI: Višak vode, hidromeliorirani Gleyic Podzoluvisol

Excess Water in Drained Soil

SUMMARY: The research objective was to determine excess water (drainage discharge) in drained Gleyic Podzoluvisol (pseudogley-gley) at different drainpipe spacings (from 10 m to 30 m, with/without contact material - gravel). The three-year research (1999-2001) was done on the amelioration trial field Jelenščak, Kutina, in the central Sava valley (Srednja Posavina region). Drainage discharge was measured with electronic meters and compared to excess water in soil mathematically calculated by Palmer's method.

Excess water measured with electronic meters amounted to 237 mm in 1999, 124 mm in 2000, and 234 mm in 2001 (mean values of all drainpipe spacings). Excess water in soil calculated by Palmer's method was 261 mm in 1999, 125 mm in 2000, and 159 mm in 2001.

The obtained results clearly show that the results of direct measurements and those obtained by Palmer's method were identical only in 2000, while they differed by 10% in 1999, and by as much as 30% in 2001.

Therefore, excess water in drained soil of the central Sava valley calculated by Palmer's method is acceptable only in certain years.

KEYWORDS: Excess water, drained Gleyic Podzoluvisol

UVOD

Svekolike pojave premještanja vode u tlu, promjene njezinih zaliha po dubini profila i razmjena vode između tla i drugih prirodnih čimbenika odgovara vodnom režimu tla. Količinski izraz za vodni režim tla je bilanca vode u tlu. S hidropedološkog i biljno-proizvodnog aspekta to znači primanje vode u tlo, njezino zadržavanje u tlu i gubitak vode iz tla u sustavu tlo-biljka-atmosfera. Voda se u tekućem stanju iz tla gubi površinskim istjecanjem i/ili perkolacijom.

Višak vode u hidromelioriranim tlima iskaziva se količinom drenažnog istjecanja. Odnos ukupnog drenažnog istjecanja i dužina njegovog trajanja ukazuju na učinkovitosti cijevne drenaže u odvodnji suvišne vode iz tla, odnosno intezitet odvodnje. Djelotvorniji su sustavi s većim drenažnim istjecanjem i kraćim vremenskim razdobljem.

METODIKA RADA

U razdoblju od 1999.-2001. godine provedena su istraživanja na hidromelioriranom Gleyic Podzoluvisolu, na razmacima cijevne drenaže od 15 m u kombinaciji s kontaktnim hidrauličnim materijalom šljunkom, s ciljem:

Da se odredi ukupno godišnje drenažno istjecanje (višak vode) i usporedi s matematičkim modelom po Palmeru. Referentna evapotranspiracija računata je prema metodi Penman-Monteith.

Istraživanja su provedena na melioracijsko pokusnom polju Jelenščak-pored Kutine, na tipu tla hidromeliorirani Gleyic Podzoluvisol. U istraživanjima je razmatrana varijanta razmaka cijevne drenaže od 15 m u kombinaciji s kontaktnim hidrauličkim materijalom šljunkom (o 5-25 mm). Drenske cijevi su dužine 95 m, promjera 65 mm, prosječnog pada 3 ‰ i prosječne dubine 1 m, koje se izravno ulijevaju u otvorene kanale. Cijevi su plastične (PVC)- prstenasto rebraste i perforirane. Drenažno istjecanje mjereno je kontinuirano pomoću automatskih elektronskih mjerača (limnigrafa), koji su postavljeni na izljevnu drenažne cijevi u otvoreni kanal.

Početkom svibnja 1999. zasijan je bio kukuruz, koji se brao u listopadu. Ujesen 2000. posijana je ozima pšenica a žetva je obavljena u srpnju 2001. god.

3. REZULTATI I RASPRAVA

Značajke tla i oborina

Važnije značajke tla i oborina prikazane su u tablicama 1 i 2.

Tablica 1. Važnije značajke dreniranog Gleyic Podzoluvisol

Dubina, cm	Sadržaj čestica, %		Poroznost %	Kapacitet, %		Vodopropusnost (m/dan)	Vodne konstante tla, mm		
	Prah	Glina		Vodu	Zrak		PKv	Tv	FAv
0-35	47	46	48	44	4	0.011	*315	*189	126
35-75	45	48	49	45	4	0.010			
75-115	55	39	46	42	4	0.011			
115-130	63	25	49	45	4				

* Vrijednosti se odnose za dubinu do 1 m.

Tlo do 0.75 m dubine je praškasto glinastog teksturnog sastava. Dubina tla od 0.75-1.15 m teksturno je lakša. Dominacija u teksturnom sastavu tla pripada praškastoj komponenti (55%), dok se sadržaj gline smanjuje (34%). Teksturni sastav tla na dubini većoj od 1.15 m je praškasto ilovast. Tlo je porozno s ukupnim volumenom pora od 48-49 %. Kapacitet tla za vodu kreće se od 42-45 %. Kapacitet tla za zrak je mali. Vertikalna hidraulička provodljivost je vrlo mala (0.011 m/dan).

Tablica 2. *Ukupne mjesečne i godišnje padaline (mm), u razdoblju od 1999-2001. g.

God.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
1999	42.3	62.7	37.6	125.8	107.0	88.9	85.9	65.5	95.4	72.8	92.1	104.3	980.4
2000	29.1	36.5	63.1	76.6	26.0	47.4	73.3	20.3	82.5	71.4	88.3	133.8	748.3
2001	90.7	12.3	95.8	83.0	61.9	128.1	43.8	21.9	249.9	9.0	131.9	45.8	974.1

*Meteorološka postaja Sisak

Ukupna godišnja količina padalina kretala od 748.3 mm (2000.) do 980.4 mm (1999.). Primarni padalinski maksimum zabilježen je u jesenskom razdoblju, dok je sekundarni maksimum uglavnom bio u kasno proljetnom razdoblju.

Hidrološki odnosi

Rezultati istraživanja viška vode (drenažnog istjecanja) prikazani su u tablici 3., dok je matematičkom metodom prema Palmeru izračunati višak vode prikazan u tablici 4.

Tablica 3. Srednje mjesečno i srednje godišnje drenažno istjecanje (mm)

God.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ukupno
1999	51	70	2	29	12	7	6		1	3	11	44	236
2000	3	35	30	29								33	130
2001	19	23	37	10				4	11		15	14	133

Iz tablice 3. razvidno je da postoje određene razlike u ukupnoj količini drenažnog istjecanja između istraživanih godina. Tako je najmanje ukupno drenažno istjecanje bilo u 2000. i zabilježeno je 130 mm (ili 17.4% od ukupnih godišnjih padalina), dok je ukupno najviše drenažno istjecanje utvrđeno u 1999. i izmjereno je 236 mm (ili 24.1% od ukupnih godišnjih padalina). S porastom ukupne količine oborina povećava se i ukupno drenažno istjecanje [2,4]. Najveće količine drenažnog istjecanja utvrđene su u jesensko-zimskom i proljetnom razdoblju, u vremenu najveće količine oborina i najmanje evapotranspiracije. Utvrđeni rezultati su u skladu s rezultatima istraživanja [3,6,7,8,9]. No, na dinamiku i ukupnu količinu drenažnog istjecanja utječe i količina i vrijeme padalina, kao i pokrivenost tla biljnim pokrivačem, odnosno stadij usijeva (tablica 2), što je i potvrđeno [5].

Višak vode u tlu izračunat prema modelu Palmera (tablica 4) bio je veći u 1999. i u 2001. god. u odnosu na izmjerenu ukupnu količinu drenažnog istjecanja. Za navedene godine razlika je iznosila 27 mm. Dok je u 2000. godini višak vode u tlu izračunat prema modelu Palmera bio manji u odnosu na izmjerenu ukupnu količinu drenažnog istjecanja. Razlika je bila 6 mm. Dakle, razvidno je da postoje određene razlike između izmjerenog i izračunatog viška vode u hidromelioriranom tlu, na što utječu mnogobrojni

Tablica 4. Bilanca oborinske vode u tlu prema Palmeru (1999-2001)

God.	Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
1999	Off	39	56	35	101	89	76	74	59	81	64	79	87	840
	ETo/ETc	12	22	53	69	40	96	143	103	60	26	18	12	654
	AE	12	22	51	69	40	93	102	73	60	26	18	12	578
	OT	27	34		16	49					1	61	75	263
	ETc-AE			1			3	42	31					77
2000	Off	28	34	57	67	25	44	65	20	72	63	76	105	655
	ETo/ETc	9	25	59	84	124	165	164	152	81	12	7	4	886
	AE	9	25	59	82	64	77	82	36	72	12	7	4	529
	OT	18	9										97	124
	ETc-AE				2	60	88	82	116	9				357
2001	Off	78	12	81	72	56	102	41	21	150	9	104	42	768
	ETo/ETc	16	28	53	79	124	129	143	136	66	47	24	12	856
	AE	16	26	53	79	84	110	68	42	66	30	24	12	610
	OT	62		15								53	30	160
	ETc-AE		2			40	19	75	95		17			248

Izvorna metoda Palmer W.C., 1965; korigirao i kalibrirao Vidaček Ž., 1981.

KAZALO:

Off - efektivne oborine u mm;

ETo - referentna evapotranspiracija u mm;

ETc - evapotranspiracija kulture u mm;

AE - stvarna evapotranspiracija u mm;

OT - otjecanje ili višak vode u tlu u mm;

čimbenici. Držimo da su utvrđene razlike u dopuštenim granicama. Model prema Palmeru daje prilično pouzdane podatke o gubitku vode iz tla [10]. Držimo, da se navedeni model može koristiti u agroekološkom području Srednje Posavine za izračunavanje viška vode u hidromelioriranom tlu.

ZAKLJUČAK

Na temelju trogodišnjeg istraživanja viška vode u hidromelioriranom tlu može se zaključiti sljedeće:

1. Izmjereni višak vode u tlu kretao od 130 mm (ili 17.4% od ukupnih godišnjih padalina) u 2000.g. do 236 mm (ili 24.1% od ukupnih godišnjih padalina) u 1999.god.
2. Višak vode u tlu izračunat prema modelu Palmera kretao se od 124 mm u 2000.g. do 263 mm u 1999.god.
3. Višak vode u tlu izračunat prema modelu Palmera bio je u 1999. i u 2001. god. veći u odnosu na izmjerenu ukupnu količinu drenažnog istjecanja. Razlika je iznosila 27 mm.
4. U 2000. godini višak vode u tlu izračunat prema modelu Palmera bio je manji u odnosu na izmjerenu ukupnu količinu drenažnog istjecanja. Razlika je bila 6 mm.
5. Razvidno je da postoje određene razlike između izmjenog viška vode u tlu i matematičkog modela prema Palmeru, na što utječu različiti čimbenici.
6. Držimo da su utvrđene razlike u dopuštenim granicama, te se navedeni model može koristiti u agroekološkom području Srednje Posavine za izračunavanje viška vode u hidromelioriranom tlu.

LITERATURA

1. Palmer, W. C. (1965): Meteorological Drought, US Weather Bureau. Technical Paper, No. 45, Washington, D.C. US Dep. Of Commerce, p.p. 58.
2. Petošić, D., Dolanjski, D., Husnjak, S. (1998): Funkcionalnost cijevne drenaže na pokusnom objektu Oborovo u Posavini. Poljoprivredna znanst. smotra, Vol.63, Br.4, 353-360, Zagreb.
3. Šimunić, I., Tomić, F., Petošić, D., Stričević, I., Rus, B. (1994): Utjecaj različitih razmaka cijevne drenaže s dodatnim agrotehničkim mjerama na reguliranje vodnog režima hidromelioriranog pseudoglej-glejnog tla. Zbornik znanstvenog skupa "Poljoprivreda i gospodarenje vodama", 399-411, Bizovačke toplice.
4. Šimunić, I. (1995): Reguliranje suvišnih voda tla kombiniranom detaljnom odvodnjom u Lonjskom polju. Poljoprivredna znanst. smotra, Vol.60, br.3-4, 279-306, Zagreb.
5. Šimunić, I., Tomić, F., Mesić, M., Kolak, I. (2002): Nitrogen leaching from meliorated soil. Die Bodenkultur, Vol. 53, br.2, 73-83. Beč.
6. Tomić, F., Petošić, D., Romić, D., Šimunić, I., Stričević, I. (1993): Posljedice nepravilnog izvođenja i neadekvatnog održavanja odvodnih sustava. Poljoprivredne aktualnosti, Vol. 29, 521-557, Zagreb.
7. Tomić, F., Petošić, D., Šimunić, I. (1994): Reguliranje suvišnih voda tla u svrhu ostvarivanja održive poljoprivrede. Poljoprivredne aktualnosti, Vol. 30, Br. 3-4, 295-310, Zagreb.
8. Tomić, F., Šimunić, I., Petošić, D. (1994): Djelotvornost različitih sustava detaljne odvodnje cijevnom drenažom na teškom pseudoglej-glejnom tlu srednje Posavine. Agronomski glasnik, br.1-2, 159-175, Zagreb.
9. Tomić, F., Šimunić, I., Bogunović, M. (1996): Water of drained pseudogley-gley in the central Sava Valley. Proceeding of 6th Drainage Workshop on Drainage and the Environment. International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), 242-249, Ljubljana.
10. Vidaček, Ž., Bogunović, M., Škorić, A. (1991): Possibilities and results of calculation of water balance in soil. Vol. 40, No. 1, 1-12. Beograd.
11. Tanić, S., Vidaček, Ž. (1989): Hidrokalk, kompjuterski programski paket za proračun bilance oborinske vode u tlu. FPZ-Institut za agroekologiju, Zavod za pedologiju, Zagreb.

Autori:

Doc.dr.sc. Ivan Šimunić

Prof. dr. sc. Franjo Tomić

Prof. dr. sc. Dragutin Petošić

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, HR-10000 Zagreb, Svetošimunska 25



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.42.

Kakvoća voda u Republici Hrvatskoj 2000. – 2001. godina

Siniša Širac, Goran Mirković, Neven Bujas

SAŽETAK: Kontrola stanja vodnih resursa u Republici Hrvatskoj se kontinuirano obavlja od početka sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Osim naše izražene potrebe znanja o stvarnom stanju kakvoće voda, definirane zakonskom regulativom, u cilju učinkovite zaštite i sigurnog svestranog korištenja voda, na to nas obvezuju i potpisani međunarodni ugovori i bilateralni sporazumi sa susjednim zemljama.

Program ispitivanja važnijih vodnih resursa u Republici Hrvatskoj napravile su Hrvatske vode – Sektor zaštite voda od onečišćenja i zagađenja, a potvrdila Državna uprava za vode. Po njemu su izvršena ispitivanja na 294 mjerne postaje površinskih voda, 159 mjernih postaja podzemnih voda Grada Zagreba, te na 27 mjernih postaja obalnog mora, koje je pod direktnim utjecajem zagađenja s kopna. Ispitivanja su obavljena putem Glavnog vodnogospodarskog laboratorija, te još 14 ovlaštenih laboratorija širom Hrvatske.

Rezultati ispitivanja površinskih voda u Republici Hrvatskoj, te podzemnih voda Grada Zagreba, u 2001. godini pokazuju, kao i prethodnih godina, na značajnom broju kontroliranih postaja određena odstupanja od zahtjevane kakvoće. To potvrđuje opravdanost velikih financijskih i organizacijskih aktivnosti, koji se provode u cilju zaštite vodnih resursa u Republici Hrvatskoj. Rezultati ispitivanja kakvoće obalnog mora u Dalmaciji su na razini prethodnih godina uz blagi trend poboljšanja.

KLJUČNE RIJEČI: Nacionalni izvještaj o kakvoći voda u Republici Hrvatskoj, monitoring površinskih, podzemnih voda i obalnog mora.

Quality of Water in the Republic of Croatia, 2000 – 2001

SUMMARY: Continuous monitoring of the water resources in the Republic of Croatia has been performed since early seventies of the last century. Further to our express need to know what is an actual quality of water, as defined by the legislation in order to achieve efficient protection and safety of diverse uses of water, this is also an obligation assumed under various international treaties and bilateral agreements signed with the neighboring countries.

A program of testing the major Croatian water resources was developed by Hrvatske Vode (*Croatian Waters*), Water Pollution and Contamination Control Sector, and confirmed by the National Water Directorate. Within this Program, tests were conducted at 294 surface water recording stations, 159 groundwater recording stations in the City of Zagreb, and 27 coastal sea recording stations under direct influence of the pollution emissions from the inland. The testing was conducted by the Main Water Resources Management Laboratory and another 14 authorized laboratories in Croatia.

The testing results for the surface waters in the Republic of Croatia and the groundwater in the City of Zagreb for 2001, similar to the results of the previous years, indicate certain departures from the

requested water quality in a significant number of controlled stations. This confirms that intensive financial and organizational activities undertaken in the Republic of Croatia towards protection of the water resources are justified. The results of the coastal sea quality testing performed in Dalmatia correspond with the results obtained during the previous years and show a slight trend of improvement.

KEYWORDS: National Report on Water Quality in the Republic of Croatia, monitoring of surface water, groundwater and coastal sea

1. UVOD

Jedan od osnovnih preduvjeta uspješnim aktivnostima na području zaštite i korištenja vodnih resursa je sustavni program monitoringa površinskih, podzemnih voda i obalnog mora. Ova činjenica je prepoznata u Hrvatskim vodama, te se već godinama provodi sustavni monitoring na području Republike Hrvatske. Tako je bilo i tijekom 2000. i 2001. godine kada je godišnje određeno preko 5500 pokazatelja kakvoće vode, tj. izvršeno preko 17000 analiza mjesečno. Ocjena je izvršena prema važećoj zakonskoj regulativi. Ovaj rad je sinteza dvaju Nacionalnih izvještaja o kakvoći voda.

2. PREGLED ISPITIVANJA

Pregled aktivnosti po slivovima tijekom 2000. i 2001. godine prikazan je tabelarno.

Tablica 1. Pregled ispitivanja u 2000. godini

sliv Save	94 postaje
dalmatinski slivovi	45 postaja
primorsko-istarski slivovi	54 postaje
slivovi Drave i Dunava	57 postaja
Kakvoća obalnog mora na području Dalmacije Projekt Vir-Konavle	9 glavnih postaja 10 pomoćnih postaja 30 bakterioloških postaja 9 bentonskih postaja 13 ribarstvenih postaja

Tablica 2. Pregled ispitivanja u 2001. godini

sliv Save	95 postaja
dalmatinski slivovi	48 postaja
primorsko-istarski slivovi	58 postaja
slivovi Drave i Dunava	58 postaja
Kakvoća obalnog mora na području Dalmacije Projekt Vir-Konavle	11 glavnih postaja 16 pomoćnih postaja 45 bakterioloških postaja 8 bentonskih postaja 11 ribarstvenih postaja
Radioaktivnost rijeke Dunav	1 postaja
Površinske vode grada Zagreba	34 postaje
Podzemne vode grada Zagreba	11 vodocrpilišta 159 piezometara

3. PREGLED REZULTATA I KOMENTAR

1. Površinske vode

U 2000. godini provedena su ispitivanja na 242 mjerna mjesta, a u 2001. godini na 259 mjernih mjesta, te je izvršena ocjena kakvoće voda prema Uredbi o klasifikaciji voda i Uredbi o opasnim tvarima u vodama.

Provedeno je ispitivanje radioaktivnosti rijeke Dunav zbog kontrole mogućeg utjecaja NE Paks u Mađarskoj na vode rijeke Dunav. Redovita godišnja ispitivanja vrše se na uzorcima vode, ribe, sedimenta i obraštaja (ukupna beta, gama spektrometrija, ^{90}Sr , ^3H), na graničnoj mjernoj postaji Mohač – Batina.

Tablica 3. Prikaz odstupanja od zahtjevane kategorije u 2000. i 2001. godini.

	2000. god. (%)	2001. god. (%)
režim kisika	58	49
hranjive tvari	69	68
biološki pokazatelji	30	25
mikrobiološki pokazatelji	86	77
mineralna ulja	27	29
ukupni fenoli	27	12
PCB	0	0
LHKU	0	0
pesticidi org. klor.	0	0
DDT	41	12
lindan	12	5
bakar	38	19
cink	5	0
kadmij	26	10
krom	37	2
nikal	3	0
olovo	65	47
živa	31	22

- rezultati pokazuju lošije stanje u odnosu na zahtjevano
- prema skupnim pokazateljima najveća odstupanja su kod mikrobiologije i hranjivih tvari što ukazuje na direktno ili indirektno ispuštanje sanitarnih otpadnih voda
- program ispitivanja u određenoj mjeri ciljano je usmjeren na očekivano lošije dionice vodotoka zbog kontrole uticaja zagađivača na vodotok i potrebne mjere sanacije
- najmanja odstupanja su kod bioloških pokazatelja koji su i najbolji indikator ekološkog stanja voda, te ova ispitivanja treba provesti na svim mjernim mjestima
- prema specifičnim pokazateljima najveća odstupanja su kod nekih teških metala (živa, olovo, krom, kadmij) zbog niskih dopuštenih graničnih vrijednosti, kod mineralnih ulja na slivu Save, Drave i Dunava što se može i očekivati obzirom na plovnost ovih rijeka i prisustvo većih naselja i gradova te kod DDT na slivu Drave i Dunava radi obradivih površina i upotrebe pesticida u poljoprivredne svrhe
- pored državnih i međudržavnih voda u program monitoringa su uključene i lokalne vode što dovodi do neujednačenosti po obujmu i sadržaju ispitivanja
- rezultati ispitivanja radioaktivnosti rijeke Dunav pokazuju da nema mjerljivog utjecaja NE Paks, te da su rezultati najčešće ispod “nultog stanja”

- smatramo da je potreban isti pristup i kod ispitivanja mogućeg utjecaja NE Krško na rijeku Savu

2. Obalno more

Hrvatske vode provode ispitivanje kakvoće obalnog mora za područje Dalmacije preko projekta Vir – Konavle kojeg provodi Institut za oceanografiju i ribarstvo – Split.

Projekt se realizira u osam stručnih područja, razvrstanih u pet tematskih cjelina: klimatološke osobine područja, fizikalne i kemijske osobine morske vode, biološke osobine, teški metali u sedimentu, dinamika vodenih masa.

Zbog ne postojanja potpune kategorizacije i klasifikacije obalnog mora teško je provoditi optimalna ciljana istraživanja kako u smislu financiranja tako i prezentacije samih rezultata.

- po klimatološkim karakteristikama 2000. i 2001. godina bile su toplije od 30-godišnjeg prosjeka s izrazito malim količinama oborina što se neposredno očitovalo na hidrografske i kemijske osobine morske vode
- utvrđen je pad gustoće heterotrofnih bakterija i to naročito u ljetnom periodu što je neuobičajeno te je očito da je u priobalnom području došlo do promjena u raspodjeli mikrobnih populacija odnosno utjecaj otvorenog mora bio je jači od uobičajenog pa je u sustavu mrežnog zooplanktona evidentiran veći broj pučinskih vrsta
- uočeni trend općeg poboljšanja u obalnim ekosistemima zadržao se na razini prethodnih godina. Na području Šibenika nastavljen je trend poboljšanja sanitarne kakvoće mora, dok se na splitskom području održava stanje nakon puštanja gradskog kolektora u rad. Ipak, najveći problem splitskog područja je sjeverna obala Kaštelanskog zaljeva koja je pod snažnim utjecajem fekalnih voda iz Vranjičkog bazena.
- unatoč poboljšanjima i dalje treba smanjivati ispuštanje nepročišćenih kanalizacijskih otpadnih voda, posebice u zatvorene akvatorije kao što su Paški, Šibenski, Kaštelanski i Gruški zaljev te Novigradsko more

3. Površinske i podzemne vode grada Zagreba

Ispitivanje površinskih voda grada Zagreba u 2001. godini izvršeno je na 34 mjerna mjesta i to prema skupnim i specifičnim pokazateljima.

Tablica 4. Prikaz rezultata i odstupanja od zahtjevane kategorije po skupnim pokazateljima

Skupni pokazatelji	Režim kisika	Hranjive tvari	Mikrobiološki pokazatelji	Biološki pokazatelji
Od ukupno 34 mjerna mjesta kakvoća ne zadovoljava na:	11	24	23	10
što je % :	32	71	68	31

Tablica 5. Prikaz rezultata i odstupanja od zahtjevane kategorije po specifičnim pokazateljima

Specifični pokazatelji	min. ulja		fenoli		bakar		cink		nikal		krom		olovo		živa	
	n1	n2	n1	n2	n1	n2	n1	n2	n1	n2	n1	n2	n1	n2	n1	n2
	34	34	9	1	2	2	5	0	3	0	4	0	4	4	1	1

n1 - ukupan broj mjernih postaja na kojima je vršeno ispitivanje

n2 - broj mjernih postaja koje ne zadovoljavaju zahtjevanu kategorizaciju

- prema skupnim pokazateljima najveće opterećenje je na hranjivim tvarima i mikrobiologiji što ukazuje na direktan ili indirektan utjecaj sanitarnih otpadnih voda
- prema specifičnim pokazateljima najveća odstupanja su kod mineralnih ulja i fenola što se može i očekivati na urbanom slivnom području

Ispitivanje kakvoće podzemnih voda grada Zagreba u 2001. godini izvršeno je na prilivnim područjima 11 vodocrpilišta na 159 piezometara, odnosno 1189 uzoraka.

Kakvoća ispitivanih podzemnih voda ocjenjena je prema Uredbi o klasifikaciji voda i Uredbi o opasnim tvarima u vodama, te prema Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće.

- nema evidentnog pogoršanja u odnosu na prethodne godine, čak se vidi i blago poboljšanje, a posebno dobro stanje je na vodocrpilištima Bregana, Stara Loza pa i Kosnica
- podzemne vode koje su pod utjecajem rijeke Save bolje su kakvoće od onih blizu obradivih površina, prometnica i deponija, ali za sve je potreban predtretman prije upotrebe za piće

4. ZAKLJUČAK

Nakon izrađenih dvaju Nacionalnih izvještaja o kakvoći voda u Republici Hrvatskoj može se zaključiti da postoji trend smanjenja neujednačenost po obimu i sadržaju ispitivanja. To se odnosi na:

- ispitivanja se vrše na međudržavnim, državnim i lokalnim vodama, što ima za posljedicu različiti pristup ispitivanjima
- kakvoća obalnog mora ispituje se samo za područje Dalmacije (VGO Split). Postoji realna potreba za proširenje monitoringa obalnog mora na cijeli Jadran, što zahtjeva dodatna financijska sredstva, a u tijeku je priprema planske podloge za realizaciju navedene aktivnosti
- monitoring podzemnih voda potpun je samo za područje grada Zagreba (VGO Zagreb) te ga je potrebno proširiti i na ostale djelove zemlje, a u tijeku je priprema podzakonskih akata
- biološki skupni pokazatelji su najbolji indikator ekološkog stanja voda, te takva ispitivanja treba provoditi na svim mjernim postajama. U 2001. godini povećan je broj bioloških ispitivanja na 184 lokacije (u 2000. godini 142). Ovaj trend treba nastaviti i dalje kako po broju tako i po opsegu ispitivanja, te se podupiru aktivnosti na normativnoj regulaciji ove problematike.

Za pravilniju i potpuniju analizu stanja voda neophodni su podaci o unosu zagađenja u vodotoke. Aktivnosti za dobivanje objedinjenih informacija o količinama i kakvoći otpadnih voda su u tijeku. Na prijedlog Državne uprave za vode u Hrvatskim vodama izrađen je program koji pruža potpunu informaciju o otpadnim vodama, zagađivačima i količini opterećenja u prijamnicima.

Rezultati analiza osnovnih i većine specifičnih pokazatelja u 2001. godini pokazuju određeno poboljšanje kakvoće voda u odnosu na prethodnu godinu. Međutim, zbog nepostojanja podataka o protoci ne možemo sa sigurnošću ustvrditi da li je riječ o stvarnom poboljšanju ili o nekim drugim razlozima (npr. povoljnijim hidrološkim prilikama, vremenu uzorkovanja i sl.). U tijeku je izrada projekta Hrvatskih voda i Državnog hidrometeorološkog zavoda sa ciljem dobivanja podataka o protoci u realnom

vremenu i povezivanju parametara kakvoće i količine voda.

Državnim planom za zaštitu voda predviđena je kategorizacija voda mora, međutim ista nije donesena, te ova činjenica otežava uspostavu racionalnog monitoringa obalnog mora i interpretaciju rezultata ispitivanja.

Realizacijom navedenih aktivnosti, monitoring u cijelini podigao bi se na višu razinu i služio za širu primjenu u vodnom gospodarstvu, uključivši i planiranje mjera i aktivnosti za postizanje odgovarajuće kakvoće (izgradnja uređaja za pročišćavanje voda, vodocrpilišta i ostalih vodnih građevina), kao i dugoročno praćenje negativnih posljedica incidentnih zagađenja.

5. LITERATURA

1. Hrvatake vode, Glavni vodnogospodarski laboratorij, Zagreb, 2001., 2002. Izvješće o praćenju kakvoće površinskih voda lijevih pritoka rijeke Save u 2000., 2001. godini.
2. Hrvatske vode, Glavni vodnogospodarski laboratorij, Zagreb, 2001, 2002. Izvješće o monitoringu kakvoće površinskih voda na graničnim vodotocima između Republike Slovenije i Republike Hrvatske u godini 2000., 2001.
3. Hrvatske vode, Glavni vodnogospodarski laboratorij, Zagreb, 2001, 2002. Izvješće o kontroli i praćenju promjena kakvoće voda rijeke Save od Jesenica/D do Oborova u 2000., 2001. godini.
4. Zavod za javno zdravstvo Sisačko-moslavačke županije, Sisak, 2001, 2002. Godišnje izvješće o praćenju kakvoće voda na državnim vodama na području VGI Banovina Sisak za 2000., 2001. god.
5. Zavod za javno zdravstvo Osječko-baranjske županije, Osijek, 2001, 2002. Sustavno ispitivanje kakvoće vode pograničnih rijeka Drave i Dunava, državnih voda, akumulacija te voda Kopačkog rita u 2000., 2001. godini.
6. Zavod za javno zdravstvo Županije varaždinske, Varaždin, 2001, 2002. Sustavno ispitivanje kakvoće voda međunarodnih rijeka Drave i Mure, državnih voda i jezera Trakošćan u 2000., 2001. godini.
7. "Brodsko Posavina" d.d. za vodnogospodarsku djelatnost, Slavonski Brod, Godišnji izvještaj za 2000, 2001. godinu o praćenju kakvoće voda na državnim vodama na području Brodsko Posavina d.d. za vodnogospodarsku djelatnost, Slavonski Brod.
8. Zavod za javno zdravstvo Karlovačke županije, Karlovac, 2001, 2002. Godišnje izvješće za 2000., 2001. god. o sustavnom ispitivanju kakvoće voda na državnim vodama vodnog područja sliva Save.
9. Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Škola narodnog zdravlja "Andrija Štampar", Zagreb, 2001, 2002. Sustavno ispitivanje kakvoće vode rijeke Drave (Ormož, Varaždin i Donja Dubrava) i ispitivanje ukupnih teških metala u vodi rijeke Mure i Drave u 2000., 2001. godini.
10. Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Škola narodnog zdravlja "Andrija Štampar", Zagreb 2001, 2002. Međunarodno sustavno ispitivanje kakvoće voda rijeke Mure i Drave u 2000., 2001. godini.
11. Zavod za javno zdravstvo Istarske županije, Pula, 2001, 2002. Godišnji izvještaj za 2000., 2001. godinu o praćenju kakvoće voda na državnim vodama na području Istarske županije.
12. Zavod za javno zdravstvo Istarske županije, Pula, 2001, 2002. LBA program za 2000., 2001. godinu u Istarskoj županiji

13. Zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije, Rijeka, 2001, 2002. Izvještaj o ispitivanju kakvoća podzemnih i površinskih voda na području primorskih i goranskih slivova u 2000., 2001. godini.
14. Zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije, Rijeka, 2001, 2002. Izvještaj o onečišćenju Jadrana s kopna na području Kvarnerskog zaljeva u 2000., 2001. godini.
15. Zavod za javno zdravstvo Županije splitsko-dalmatinske, Split, 2001, 2002. Izvješće o ispitivanju izvorskih i riječnih voda na području Dalmacije za 2000., 2001. godini.
16. Zavod za javno zdravstvo Županije splitsko-dalmatinske, Split, 2001, 2002. Izvješće o onečišćenju Jadrana s kopna (LBS) na području Dalmacije za 2000., 2001. godinu.
17. Institut za oceanografiju i ribarstvo Split, Split, 2001, 2002. Kontrola kakvoće obalnog mora, Projekt Vir – Konavle 2000., 2001.
18. Zavod za javno zdravstvo Grada Zagreba, Zagreb, 2001, 2002. Izvješće o ispitivanju prisutnosti polikloriranih bifenila u vodi, sedimentu i bioti rijeke Kupe tijekom 2000., 2001. godine.
19. Zavod za javno zdravstvo Grada Zagreba, Zagreb, 2002. Osvrt na ispitivanje kakvoće podzemnih voda priljevnog područja crpilišta Šibice na slivnom području Grada Zagreba tijekom 2001. godine.
20. Vodoopskrba i odvodnja d. o. o, Zagreb, 2002. Konačni izvještaj za 2001. godinu o ispitivanju kakvoće podzemnih voda po:
 1. programu sustavnog praćenja kakvoće podzemnih voda na prilivnim područjima javnih vodocrpilišta vode za piće
 2. programu praćenja kakvoće podzemne vode prilivnog područja budućeg vodocrpilišta Kosnica.

Autori:

dr.sc.Siniša Širac, dipl.inž, Hrvatske vode-Direkcija, Sektor zaštite voda od onečišćenja i zagađenja, Glavni ovlašteni vodnogospodarski laboratorij tel. 01-6307-333

mr.sc.Goran Mirković, dipl. inž., Hrvatske vode-Direkcija, Sektor zaštite voda od onečišćenja i zagađenja, Glavni ovlašteni vodnogospodarski laboratorij tel. 021-218-267

mr.sc.Neven Bujas, dipl.inž, Hrvatske vode-Direkcija, Sektor zaštite voda od onečišćenja i zagađenja, Glavni ovlašteni vodnogospodarski laboratorij tel. 022-354-613



Rad 2.43.

Kakvoća oborinske vode na području Republike Hrvatske

Višnja Šojat, Dunja Borovečki, Zlatica Gliha

SAŽETAK: Globalno onečišćenje okoliša mnogobrojnim tvarima manje ili više štetno djeluje na razne eko sustave, pa tako i na ekosustave voda, bilo one kopnene ili morske. Znatan udio u tome ima i unos atmosferskog onečišćenja putem suhog gravitacijskog i mokrog oborinskog taloženja kisele kiše. U ovom radu prikazani su neki od glavnih pokazatelja kakvoće oborinske vode, kao što su kiselost, zatim taloženje sulfata, nitrata i amonijaka, u razdoblju od 1997. do 2001. godine. Podaci su dobiveni na temelju dnevnih fizikalno-kemijskih analiza uzoraka oborine, prikupljenih metodom otvorenog uzorkovača, tzv. bulk metoda, a na dvije postaje i automatskim uzorkovačem (Daruvar i Zadar). Rezultati ovih istraživanja upućuju na kontinuirano, manje ili veće opterećenje ekosustava kiselim taloženjem štetnih tvari iz oborine, što može biti posljedica lokalnih i regionalnih izvora onečišćenja, te na pojedinim područjima i utjecaja daljinskog i prekograničnog prijenosa onečišćenja, a što je sve ovisno o brojnim meteorološkim čimbenicima.

Istraživanja kakvoće oborinske vode mogu biti korisna kod procjene ukupnog onečišćenja u raznim granama gospodarstva, te u planiranju i provođenju politike zaštite okoliša na nacionalnoj i međunarodnoj razini. U svezi održivog razvitka treba nastaviti sustavno praćenje atmosferskog onečišćenja ali u okviru projekata i što bolju međusobnu suradnju stručnjake raznih profila, te uz uvođenje modernijih metoda istraživanja koje preporučuje i propisuje međunarodna zajednica.

KLJUČNE RIJEČI: kisele kiše, taloženje, okoliš, zaštita

Quality of Precipitation on the Croatian Territory

SUMMARY: Global environmental pollution and numerous harmful substances have negative impact on various ecosystems, including the sea or inland water ecosystems. A considerable role is played by an input of atmospheric pollution by dry (gravitational) and wet (acid rains) deposition. In this paper, some of the main indicators of precipitation quality are shown, for example acidity, deposition of sulfates, nitrates and ammonia during the period 1997-2001. The presented data are based on daily physico-chemical analyses of precipitation samples, collected by open sampler (bulk method) and automatic sampler methods (wet-only sampler) at two stations, in Daruvar and Zadar. Results of these analyses indicate continuous overloading of the ecosystems with acid deposition of harmful substances from the precipitation. That could be a consequence of an effect of local and regional pollution sources, and in some areas even of an influence of remote and transboundary pollution transportation, all effected by numerous atmospheric factors.

Research into the precipitation quality can be useful for evaluation of global pollution in various economic sectors and in planning and implementation of the environmental protection policy on national and international level. To achieve sustainable development, systematic observations of the atmospheric pollution should be continued within organized projects and international cooperation, together with introducing of modern research methods which are recommended and prescribed by the international community.

KEYWORDS: acid rain, deposition, environment, protection

UVOD

U porstu su dokazi da čovjek svojom nepromišljenom djelatnošću mijenja značajke tankog sloja zraka koji okružuje planetu Zemlju, s posljedicama koje se održavaju na klimu. U prošlosti su se te promjene događale zbog prirodnih uzroka, dok se sadašnje promjene, na primjer porast srednje globalne temperature za 0.6 °C od početka razdoblja instrumentalnih mjerenja od 1860. pripisuju najvećim dijelom čovjekovom djelovanju. Zatopljenje je povezano s porastom plinova staklenika u atmosferi. Koncentracija ugljik dioksida, jednog od najistaknutijeg stakleničkog plina porasla je od oko 280 dijelova po milionu u volumenu (ppmv) u 1750. godini do 370 ppmv na kraju 2001. godine, s porastom preko 32 %. U istom razdoblju atmosferska koncentracija metana porasla je za 151 %, a dušikovog oksida za 17 % [3]. Obzirom na veću ili manju promjenu klime u određenim područjima posljednjih 30 godina dogodili su se brojni izvanredni vremenski klimatski događaji, kao poplave, tropski cikloni i suše u gotovo svim dijelovima svijeta. Znane su činjenice, što u raznim područjima ljudskog djelovanja kao što su šumarstvo, poljoprivreda, vodnogospodarstvo, energetika, promet i dr. predstavlja poznavaje količine i kakvoće oborinske vode (osobito na pojedinim otocima gdje služi kao pitka voda).

Dosadašnja sustavna istraživanja (od 1981.) kakvoće oborinske vode na mreži postaja u sklopu državne mreže meteoroloških postaja DHMZ-a (DHMZ - Državni hidrometeorološki zavod RH) upućuje na veće ili manje opterećenje pojedinih područja kiselim oborinskim taloženjem, [7, 10]. Važnost sustavnog praćenja atmosferskog onečišćenja putem oborinskog taloženja u šumskim ekosustavima potvrdili su i naši stručnjaci [9, 11]. Mnogi autori smatraju da je zakiseljavanje šumskih tala izravno povezano sa sniženjem pH-vrijednosti, te porastom koncentracije iona aluminija (Al^{3+}) u otopini tla najodgovornijim čimbenikom za oštećenje šuma u mnogim područjima.

Unos atmosferskog onečišćenja (aerosoli, suho-gravitacijsko taloženje i mokro-oborinsko taloženje), čine znakovit udio u procjeni ukupnog onečišćenja na određeni ekosustav, stoga sustavnom praćenju atmosferskog onečišćenja treba posvetiti veću pozornost.

Cilj ovog rada je prikazati pojavu zakiseljavanja našeg područja kroz glavne pokazatelje kakvoće oborinske vode, kao što su kiselost (% kiselih kiša), zatim taloženje sulfata, nitrata i amonijaka (kg/ha - taloženje) u ovisnosti o količini oborine (mm). Prikaz se odnosi na razdoblje od 1997. - 2001. godine.

Materijali i metode

Na mreži postaja DHMZ-a za sustavno praćenje pokazatelja kakvoće zraka i oborine, koja ima za cilj praćenje pozadinskog onečišćenja, daljinskog i prekograničnog onečišćenja i praćenja onečišćenja u okviru međunarodnih ugovorenih obveza (WMO/EMEP, MEDPOL i GAW program), sakupljani su 24-satni uzorci oborine u meteorološkom terminu od 07 sati prvog dana do 07 sati sljedećeg dana.

Mjesta uzorkovanja nalaze se u sklopu meteoroloških postaja. Količina oborine dobiva se standardnim meteorološkim kišomjerom po Hellmanu, uz koji se nalazi otovreni uzorkovač (polietilenski lijevak i boca, tzv. bulk metoda) za sakupljanje dnevnih uzoraka oborine. Na mjernim mjestima Zadar (od 01.03.1998. MEDPOL postaja) i Daruvar (od 01.01.1999. EMEP postaja) postavljeni su i automatski uzorkovači oborine (automatic wet-only sampler, ARS 1510, MTX, Italia, S.p.A.), pomoću kojih se može dobiti reprezentativan podatak za mokro-oborinsko taloženje [4].

Pri analizi kemijskog stanja atmosfere, uz količinu oborine, nije dovoljno odrediti samo kiselost tj. pH-vrijednost, jer se u pojedinim industrijskim područjima često pojavljuje efekt neutralizacije. Ovisno o prevladavajućem djelovanju kiselih ili baznih iona formira se kiselost, tj. pH oborinske vode. Iz ovog razloga kakvoću oborinske vode treba pratiti preko određivanja niza kem. elemenata (tvari) u oborinama, kao što su hidrokarbonati, sulfati, nitrati, kloridi, amonijak, natrij, kalij, kalcij i magnezij, te teške kovine (olovo, cink, kadmij, bakar, mangan, živa, željezo), a također treba provoditi i kontrolu dobivenih podataka [1].

Za analizu glavnih - makroiona, u dnevnim uzorcima oborine do 1999. godine korištene su standardne elektrokemijske i spektrofotometrijske metode, a od 2000. godine za određivanje aniona i kationa koristi se ionska kromatografija, prema međunarodnim propisima [2]. Kromatografski uvjeti prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Ion kromatografski uvjeti određivanja

Aparat: Dionex, DX - 500

Kolona: AS 14: 4 x 250 mm Analitička kolona + AG 14 4 x 50 mm Predkolona

Eluens: 3,5 mM Na₂CO₃ /1 mM Na HCO₃

Protok eluensa: 1,2 mL/min

Injeksioni volumen: 50 µl

Radni tlak: 1200 PSI

Detektor: ED 40 Konduktometrijski

Supresor: Anion. ASRS - ULTRA 4 mm (Self Regenerating Suppressor ASRS 4 mm)

Vodljivost podloge: µS 16-17

Kation kolona CS 12 A 4 x 250 mm, kat. predkolona CG 12 A 4 x 50 mm

eluens (kationski) 18 mN CH₄O₃S

protok eluensa: 1.0 ml/min

injektivni volumen: 50 µl

supresor: kationski CSRS-ULTRA 4 mm (Self Regenerating Suppressor CSRS 4 mm)

Radni tlak: 1200 PSI

vodljivost: š 1 µS

Na temelju dnevnih podataka u ovom radu prikazana je godišnja količina oborine, udio kiselih oborina, te taloženje sulfata, nitrata i amonijaka.

REZULTATI I RASPRAVA

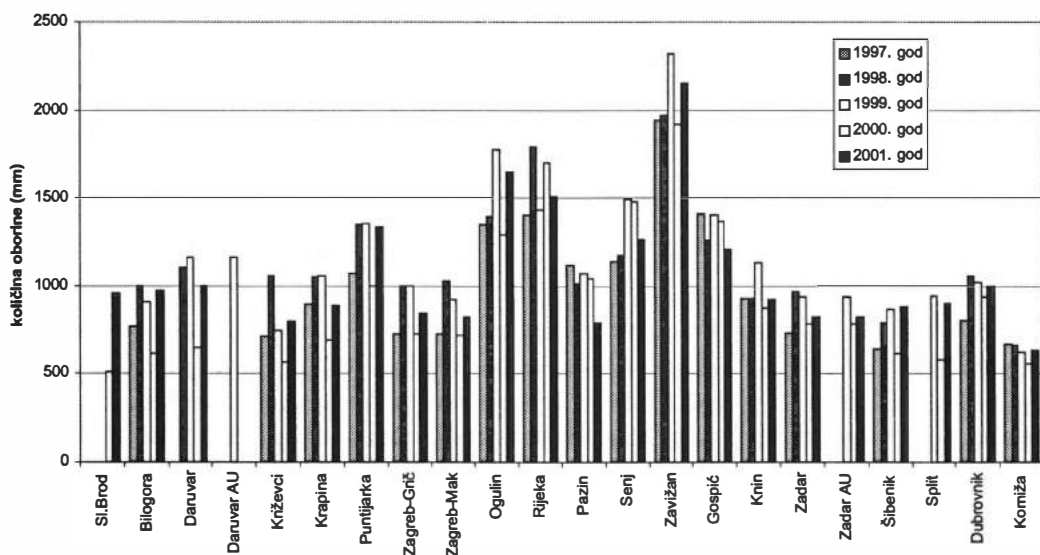
Na slici 1. prikazana je godišnja količina oborine za istraživano razdoblje od 1997. godine do 2001. godine. Količina oborine pokazuje veliku prostornu i vremensku promjenjivost, stoga je praćenje količine oborine vrlo složen proces [5].

Godišnja količina oborine varira od postaje do postaje, a nema velikih godišnjih odstupanja po pojedinoj postaji. Najmanja godišnja količina od 55,3 mm (2000. god.) zabilježena je u Komiži na otoku Visu, a najveća na visinskoj postaji Zavižan (Velebit, 1594 m n/v) u iznosu od 2316,5 mm (1999. god.). Najveća količina oborine zabilježi se uglavnom u hladnom dijelu godine, u kojem je i kiselost povećana. Oborine su uglavnom srednje do slabo kisele (pH š 5,6, granica kiselosti), a rješe se pojavljuju jako kisele (pH između 3,0 i 4,0), te neutralne i slabo lužnate, ovisno o istraživanom području.

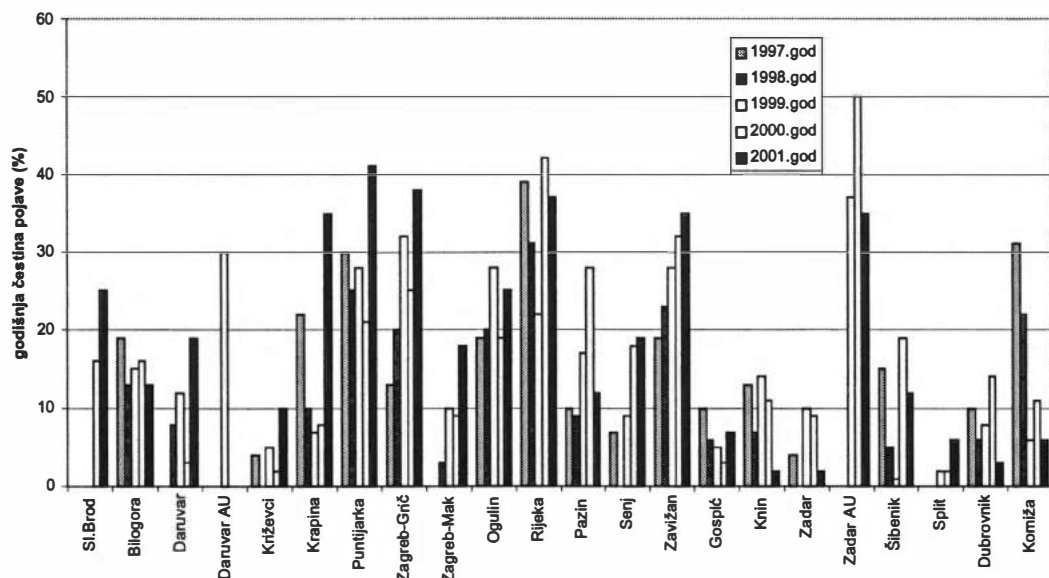
Na slici 2. prikazan je udio kiselih oborina koji je dobiven na temelju mjerenja kiselosti, tj. pH-vrijednosti dnevnih uzoraka koji su sakupljeni otvorenim uzorkovačem (OU, bulk metoda) i automatskim uzorkovačem (AU wet-only sampler) samo na postajama Daruvar i Zadar. Automatski uređaji često su bili u kvaru, unatoč toga preliminarnim paralelnim mjerenjima na tim postajama dobiveni su dragocjeni podaci koji ukazuju na veću kiselost oborine prema AU odnosno na utjecaj aerosola na otvoreni uzorkovač. U ovom slučaju za postaju Zadar dokazan je utjecaj suhog-gravitacijskog taloženja na metodu otvorenog uzorkovača (OU) i to za sulfate ($\text{SO}_4\text{-S}$) 44% za nitratre ($\text{NO}_3\text{-N}$), 18 % i 29 % za amonijak ($\text{NH}_4\text{-N}$) [8]. To je zbog toga jer je otvoreni uzorkovač za vrijeme bez oborine pod utjecajem manjeg ili većeg suhog-gravitacijskog taloženja, koje utječe na neutralizaciju kiselih iona, a time i do povećanja pH-vrijednosti. Prisutnost raznih kiselina (koje se formiraju u atmosferi iz SO_2 , NO_x i dr.) ili lužina, mijenjaju koncentraciju vodikovih iona, a time i pH-vrijednost bez obzira na njihovu općenito malu koncentraciju. Reakcija neke vode često je presudna za kemijska i ostala svojstva.

»estina pojave kiselih kiša razlikuje se od postaje do postaje i u promatranom razdoblju iznosila je od 0 % (Križevci i Split-Marjan u 1998.) do 42 % (Rijeka, 2000. godina). Pojava kiselih oborina veća od 10 % uglavnom je karakteristična za Bilogoru, Daruvar, Krapinu, Pazin, Puntijarku, Zavižan, Rijeku, Senj, Slavonski Brod te Zagreb-Grič i Maksimir.

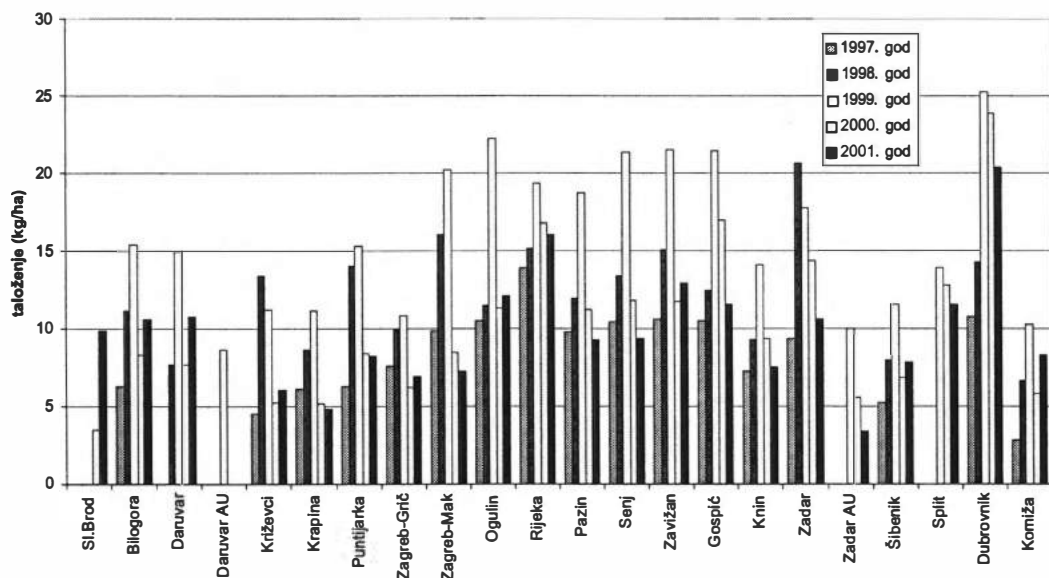
O količini oborine te njezinom kemijskom sastavu ovisi i taloženje tvari na ekosustave. Na slikama 3. 4. i 5. prikazano je godišnje taloženje (kg/ha) sulfata, anorganskog dušika iz nitrata i amonijaka. Taloženje sumpora ($\text{SO}_4\text{-S}$) u istraživnom razdoblju iznosilo je od 2,82 kg/ha na Komiži na otoku Visu (1997.), do 25,25 kg/ha u Dubrovniku (1999.), koji je pod velikim utjecajem aerosola iz mora. Od postaja koje su bile izvan utjecaja mora najveće taloženje od 22,26 kg/ha odnosi se na Ogulin u 1997. godini. U Komiži na otoku Visu zabilježeno je i najniže taloženje dušika iz nitrata, 2,00 kg/ha i iz amonijaka, 1,36 kg/ha i to u 1997. godini. Najveće taloženje $\text{NO}_3\text{-N}$ od 13,45 kg/ha bilo je 1999. u Ogulinu, a $\text{NH}_4\text{-N}$ na Puntijarki (Medvednica) u istoj godini, s iznosom od 21,65 kg/ha.



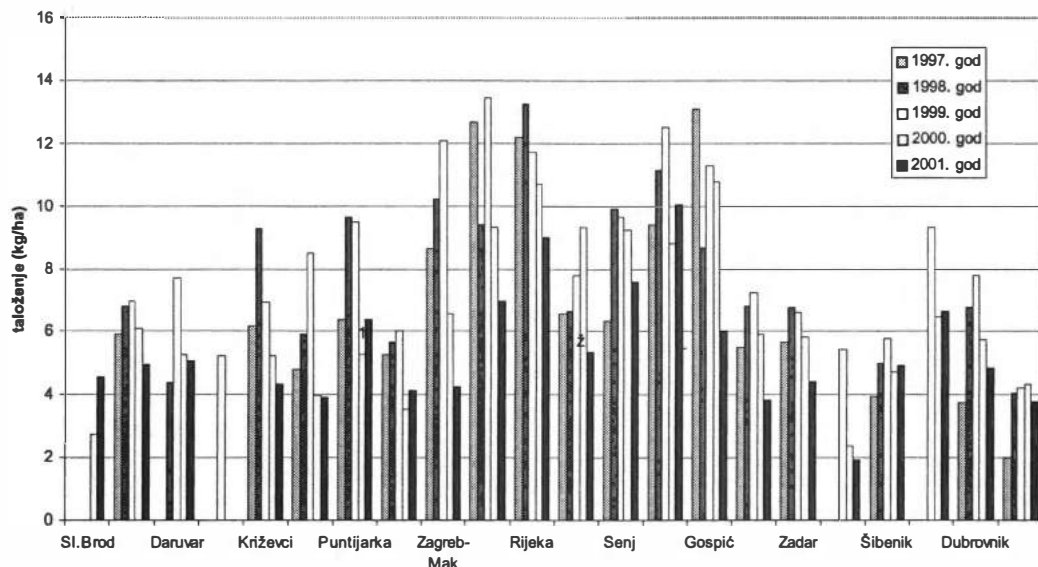
Slika 1. Godišnja količina oborine (mm) na postajama Hrvatske, 1997-2001.



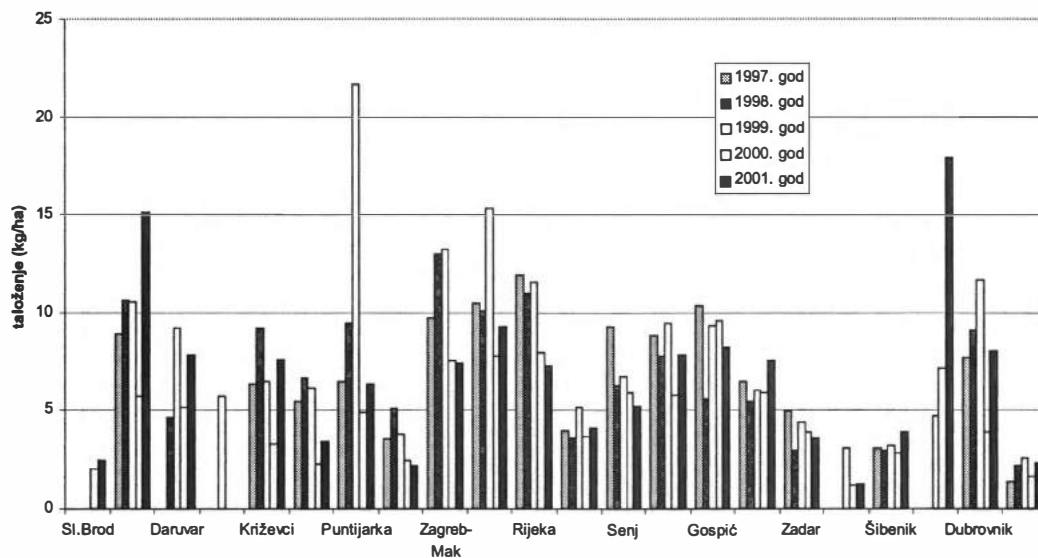
Slika 2. Godišnji udio kiselih oborina (%) na postajama Hrvatske, 1997-2001.

Slika 3. Godišnje taloženje SO₄-S (kg/ha) na postajama Hrvatske, 1997-2001.

Podaci prikazani na slikama 2., 3., 4. i 5. za razdoblje od 1997. do 2001. upućuju na neprekidnu prisutnost zakiseljavanja na našem području što je utjecaj lokalnih i regionalnih izvora emisije štetnih tvari, te dijelom i utjecaja daljinskog prijenosa onečišćenja putem oborine iz drugih zemalja.



Slika 4. Godišnje taloženje $\text{NO}_3\text{-N}$ (kg/ha) na postajama Hrvatske, 1997-2001.



Slika 5. Godišnje taloženje $\text{NH}_4\text{-N}$ (kg/ha) na postajama Hrvatske, 1997-2001.

ZAKLJUČAK

Dobiveni podaci upućuju na neprekidno zakiseljavanje ekosustava, na što su osobito osjetljivi šumski i vodeni ekosustavi, kao i tla. Zakiseljavanje povlači za sobom niz sekundarnih posljedica, kao što je rastrovljivost teških otrovnih kovina, hranjivih materija, te njihov prijelaz u tekuću fazu, koja dalje prodire do podzemnih voda i pri tom može doći do njihovog onečišćenja. U razdoblju od 1997. godine do 2001. godine na većini promatranih postaja, porast kiselih kiša (pH š 5,6) zapažen je u 2000. godini

2001. godini u odnosu na 1997. godinu i 1998. godinu Uobičajeno je najveći udio kiselih kiša zabilježen u industrijskoj Rijeci s iznosom od 42 % u 2000. godini. U 2001. godini najveći udio od 41 % zabilježen je na visinskoj postaji Puntijarka (Medvednica kod Zagreba).

Kratkotrajna preliminarna mjerenja automatskim uzorkovačem (wet-only sampler) na postajama Daruvar i Zadar upućuju da je zakiseljavanje na našim područjima i mnogo veće, jer kod uzorkovanja oborine metodom otvorenog uzorkovača dolazi do manje ili veće neutralizacije uzorka djelovanjem baznih iona zbog utjecaja aerosola tj. suhog-gravitacijskog taloženja. Zbog toga podaci dobiveni metodom otvorenog uzorkovača sadrže informaciju o mokrom taloženju i dijelu suhog koje može iznositi i više od 20% [6].

Istraživanje kakvoće zraka i oborinskih voda treba nastaviti uz uvođenje novih modernijih metoda uzorkovanja i analize. Dobiveni su podaci neophodni kod planiranja i razvoja gospodarstva (šumarstvo, poljoprivreda, vodoprivreda, promet i dr.), a s ciljem zaštite okoliša.

LITERATURA

1. Borovečki, D., Gliha, Z., Šojat, V. (2001.): Međulaboratorijska provjera metoda za analizu iona u oborini, Zbornik radova, Zaštita zraka 2001., Šibenik, 26-29. rujan 2001.
2. EMEP/CCC - Report 1/95 - NLU, 0-7726, March (1996): EMEP manual for sampling and chemical analysis, Norwegian Institute for Air Research, Kjeller, Norway
3. Godwin, O.P. OBASI (prijevod: Katušin, Z.), 2003.: Naša buduća klima, Prikazi br. 12, DHMZ, siječanj 2003., Zagreb
4. Međunarodna norma ISO 5667-8. (1993): Kakvoća vode - Uzorkovanje, u., Dio: Smjernice za uzorkovanje oborine, ISO 5667-8, 1993. (E).
5. Juras, J. (1999): Ocjena anomalija višemjesečnih količina oborine, Zbornik radova, 2. hrvatska konferencija o vodama, Hrvatske vode od Dunava do Jadrana, Dubrovnik, 19-22. svibnja 1999.
6. Schurkes J.A.A.R., Maenen M.M.J., Roelofs J.G.M.C. (1988.): Chemical characteristics of precipitation in NH₃-affected areas. Atmos. Environ. 22.
7. Šojat, V., Borovečki, D., Đuričić, V. (1999): Atmosferski unos anorganskog dušika u hrvatsko priobalje, Zbornik radova, 2. hrvatska Konferencija o vodama, Dubrovnik, 19.-22. svibnja 1999.
8. Šojat, V., Borovečki D., Gliha Z., (2001.): Usporedba taloženja onečišćenja iz atmosfere metodom otvorenog i automatskog uzorkovača oborine na meteorološkoj postaji Zadar, Zbornik radova, Zaštita zraka 2001., Šibenik, 26.-29. rujan 2001.
9. Tikvić I., Seletković Z., Šojat V., Žnidarić G., (2002.): Deposition from Precipitation in the Forest Ecosystem of Pedunculate Oak and Their Possible, IUFR0 7.04.00 Conference, Long term air pollution effect on forest ecosystems, Zvolen (Slovak Republic), August 30-September 1, 2002, (u tisku).
10. Vidič S., (1995.): Deposition of sulphur and nitrogen compounds in Croatia. Water, Air and Soil Pollut., 85, (2002.): Utjecaj padalina na sastav tekuće faze tala, Disertacija, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2002.
11. Vrbek, B., (2000): Utjecaj padalina na sastav tekuće faze tala, Disertacija, Šumarski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2002.

Autori:

mr.sc. Višnja Šojat, dipl.inž.pbf.,
Dunja Borovecki, ipl.inž.kem.,
Zlatica Gliha, dipl.inž.pbf.

Državni hidrometeorološki zavod RH, Gric 3, Zagreb



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.44.

Standardiziranje biomonitoringa u Republici Hrvatskoj

Dagmar Šurmanović, Marija Jokić

SAŽETAK: Tijekom izrade nacionalnog vodnogospodarskog planskog dokumenta, analiza stanja kakvoće površinskih kopnenih voda u referentnoj 2000. godini ukazala je na neujednačenost biomonitoringa koji se provodi u okviru nacionalnog monitoringa kakvoće voda. Stoga postoji potreba ostvarivanja projekta standardiziranja i unaprijeđenja biološkog monitoringa u Republici Hrvatskoj. Prema Uredbi o klasifikaciji voda od bioloških pokazatelja kakvoće površinskih voda određuje se Pantle-Buck-ov indeks saprobnosti, produženi biotički indeks i stupanj trofije. Da bi se ove metode mogle uspješnije koristiti potrebno je djelomično preispitati indikatorske vrijednosti sustava bioindikatora koji se danas koriste te definirati najprihvatljiviji bioindikatorski sustav i prilagoditi ga specifičnostima naših uvjeta. Na ostvarivanje projekta standardiziranja i unaprijeđenja biološkog monitoringa u Republici Hrvatskoj, upućuju nas zahtjevi Okvirne direktive o vodama EU (WFD) prema kojoj će buduće zemlje članice morati sudjelovati u međusobnoj harmonizaciji metoda za biološku valorizaciju voda.

U radu će se dati prijedlozi za unapređenje i standardiziranje nacionalnog biomonitoringa, kao i prijedlozi smjernica za implementaciju kriterija WFD u programe biološke valorizacije voda.

KLJUČNE RIJEČI: biomonitoring, ocjena kakvoće voda, indeks saprobnosti, biotički indeks, trofija, ekološko stanje voda, tipologija voda, referentni uvjeti

Biomonitoring Standardization in Croatia

SUMMARY: While drawing up the national water resources management plan, an analysis of the surface water quality in the referent year 2000 was made. It showed inconsistency of biomonitoring conducted within the framework of the national water quality monitoring program, which confirms a need for standardization and improvement of the biological monitoring in Croatia. P.B saprobity index, Extended Biotic Index and trophy status are biological surface water quality indicators monitored according to Water Classification Rules. In order for the above mentioned biological valorization methods to be used more successfully, it is essential to reevaluate the indicator values of the bioindicator system that is currently in use in Croatia, to define the most acceptable bioindicator system and to adjust it to specific (ecological) conditions of the Croatian waters. The Water Framework Directive (WFD) prescribes obligatory harmonization of biological methods for the future member states thus initiating the implementation of the project of standardization and improvement of biomonitoring in Croatia.

This paper gives proposals for improvement and standardization of the national biomonitoring as well as proposals for guidelines for implementation of the WFD within the national biomonitoring program.

KEYWORDS: biomonitoring, water quality classification, saprobity index, biotic index, trophy status, ecological status, typology and referenced conditions

UVOD

S ciljem boljeg i cjelovitijeg poznavanja kakvoće voda, potrebno je naglasiti važnost bioloških metoda u sustavnom praćenju kakvoće voda, što se temelji na činjenici da životne zajednice svojim kvalitativnim i kvantitativnim sastavom i raznolikošću reflektiraju sveukupna ekološka obilježja vodenih biotopa. Biomonitoringom (grč. bios-život, lat. monere-upozoriti, podsjetiti) se dobiva kumulativna informacija o jednom duljem vremenskom razdoblju interakcija ekoloških čimbenika o kojima ovisi kakvoća i funkcionalni ustroja biote u vodenim staništima. Sustavi biološke valorizacije kakvoće površinskih voda ogledaju se kroz praćenje intenziteta razgradnje organske tvari (saprobnost) i/ili intenziteta produkcije primarnih producenata organske tvari (trofija).

Izrada vodnogospodarskih planskih dokumenata, kroz analizu postojećeg stanja, ukazala je na potrebu usklađivanja i standardiziranja sustava biomonitoringa u Republici Hrvatskoj. Iz tog razloga je Državna uprava za vode R. Hrvatske ovlastila Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo, za pokretanje istraživačkog projekta "Standardizacija i unaprijeđenje nacionalnog biomonitoringa na površinskim vodama (tekućicama i stajaćicama)". Izvoditelj projekta je Biološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a voditelji projekta prof.dr.sc. Biserka Primc Habdija i prof.dr.sc. Mladen Kerovec. Na ostvarivanje ovog projekta, naveli su nas i zahtjevi Okvirne direktive o vodama EU [6] prema kojoj će buduće zemlje članice morati pratiti smjernice za implementaciju, ovim dokumentom definiranih kriterija, u programe biološke valorizacije voda te sudjelovati u međusobnoj harmonizaciji tih metoda.

REZULTATI ANALIZE POSTOJEĆEG STANJA U NACIONALNOM BIOMONITORINGU

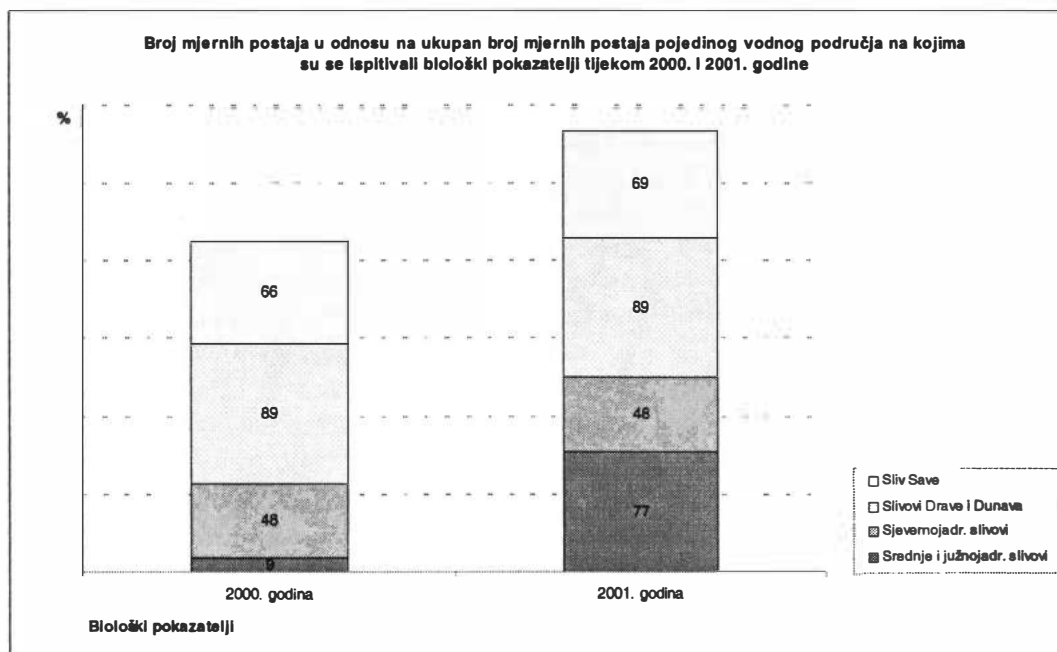
Za potrebe izrade Vodnogospodarske osnove Republike Hrvatske provedena je analiza sustavnog praćenja bioloških pokazatelja na vodotocima i jezerima na mjernim postajama za ispitivanje kakvoće voda, koji su se pratili prema Programu sustavnog praćenja kakvoće površinskih voda koji se provodio tijekom 2000. i 2001. godine [8].

Prema Uredbi o klasifikaciji voda koja je stupila na snagu u lipnju 1998. godine [9], kojom se određuju vrste voda, koje odgovaraju uvjetima kakvoće voda u smislu njihove opće ekološke funkcije, od bioloških pokazatelja kakvoće površinskih voda određuju se Pantle-Buck-ov indeks saprobnosti [3], produženi biotički indeks [1] i stupanj trofije.

Biološki pokazatelji spadaju u skupinu obveznih pokazatelja i trebali bi se pratiti na svim mjernim postajama predviđenim za praćenje kakvoće voda, međutim, tijekom 2000. i 2001. godine, udio mjernih postaja na kojima su se pratili i biološki pokazatelji razlikovao se po vodnim područjima slivova rijeka (slika 1).

Tijekom 2000. godine u izvođenju biomonitoringa sudjelovalo je nekoliko ovlaštenih laboratorija, koji su koristili dva različita indeksa (P-B indeks saprobnosti i biotički indeks), različite grupe ekoloških formi i sustave bioindikatorskih organizama.

Prema cit. Uredbi, prilikom ocjenjivanja kakvoće voda prema skupinama pokazatelja, obvezno je na karti prikazati biološke pokazatelje kakvoće voda. Na karti koja prikazuje ocjenu kakvoće površinskih voda u 2000. godini na osnovu bioloških pokazatelja prikazane su vrijednosti indeksa saprobnosti i biotičkog indeksa na onim mjernim

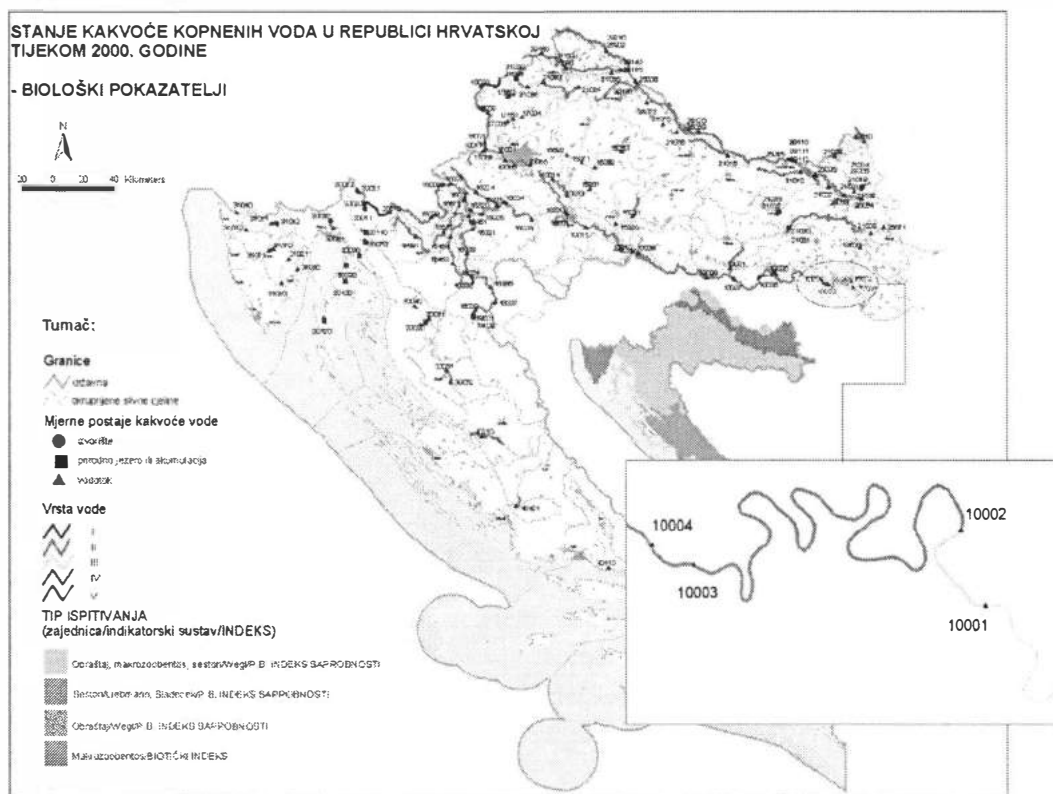


Slika 1: Broj mjernih postaja u odnosu na broj mjernih postaja vodnog područja na kojima su se ispitivali biološki pokazatelji tijekom 2000. i 2001. godine

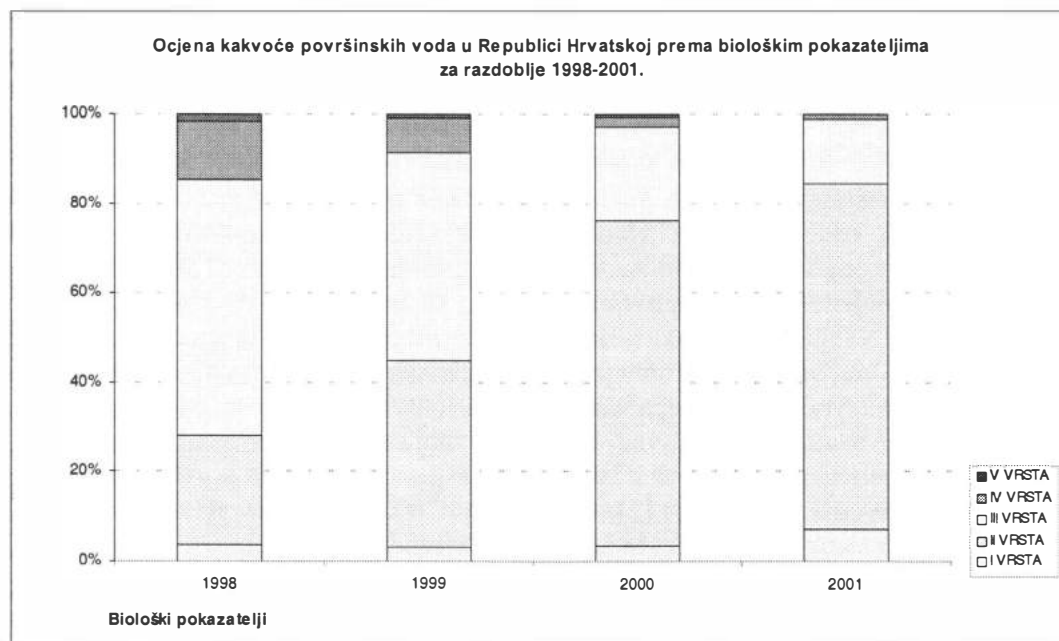
postajama, na vodotocima i jezerima, na kojima su se pratili. Grafički prikaz se obavlja na način da se mjerodavne vrijednosti bioloških indeksa uzvodnih postaja ucrtavaju nizvodno duž toka rijeke ili u jezeru (slika 2). Iz karte se može vidjeti da oko 70% mjernih postaja prema biološkim pokazateljima pripada II, a oko 20% mjernih postaja III vrsti kakvoće. Samo na problematičnijim odsječcima vodotoka kakvoća vode je prema biološkim pokazateljima IV ili V vrste. Na karti su, osim različitih metoda/indeksa, prikazani i različiti sustavi bioindikatorskih organizama koji su se koristili, kao i različite životne zajednice koje su bile analizirane.

Posljedica korištenja različitih sustava saprobnih indikatora te analize različitih zajednica u biološkoj valorizaciji voda može rezultirati podacima, koji ne mogu u potpunosti dati odgovor o stanju kakvoće vode u promatranom razdoblju. Na slici 3. prikazana je ocjena kakvoće površinskih voda prema biološkim pokazateljima u razdoblju od 1998. do 2001. godine, iz koje se mogu donijeti zaključci o "poboljšanju" kakvoće voda. Međutim, s velikom vjerojatnošću može se pretpostaviti da je navedeno "poboljšanje" kakvoće voda posljedica izmjene sustava indikatorskih vrsta organizama, a ne promjena nastalih u kvalitativnoj i kvantitativnoj strukturi promatranih biocenoza, tijekom navedenog razdoblja. Do 2000. godine prevladavalo je korištenje sustava bioindikatora prema Liebmannu [2], međutim od 2000. godine uvodi se suvremeniji bioindikatorski sustav prema Weglu [5]. Razlika između navedenih sustava je, između ostalog i u različitim indikatorskim vrijednostima za pojedinu indikatorsku vrstu.

Drugi razlog zbog kojeg biološke metode koje su u upotrebi u rutinskom monitoringu treba unaprijediti leži u činjenici da još nije uspostavljen sustav usporednih analiza, interkalibracije, u biološkoj valorizaciji voda.



Slika 2: Stanje kakvoće voda u Republici Hrvatskoj tijekom 2000. godine na temelju bioloških pokazatelja



Slika 3: Ocjena kakvoće površinskih voda u Republici Hrvatskoj prema biološkim pokazateljima za razdoblje od 1998. do 2001. godine

Standardizacija i unaprijeđenje nacionalnog biomonitoringa

Iz navedenog proizlazi potreba ujednačavanja biomonitoringa na svim mjernim postajama, kao i potreba za jasnim definiranjem metoda koje će se koristiti. Cit. Uredba navodi biološke pokazatelje koji bi se trebali ispitivati, ali da bi se te metode mogle uspješno koristiti potrebno je djelomično preispitati indikatorske vrijednosti postojećih sustava bioindikatora te definirati najprihvatljiviji bioindikatorski sustav i prilagoditi ga specifičnostima naših uvjeta.

U svrhu unaprijeđenja nacionalnog biomonitoringa kakvoće vode u Hrvatskoj na temelju bioloških pokazatelja projektom "Standardizacija i unaprijeđenje nacionalnog biomonitoringa" želi se jasno definirati dva osnovna segmenta biološke valorizacije površinskih voda:

- sustav valorizacije prema kojem će se određivati vrste kakvoće vode;
- sustav indikatorskih vrsta organizama za određivanje vrste kakvoće vode.

U cit. Uredbi nema detaljnijeg opisa metodologije uzorkovanja i kriterija valorizacije. Dosadašnja primjena drugih indikatorskih sustava nastalih u zapadnoeuropskim i srednjoeuropskim zemljama je neprihvatljiva jer vode Hrvatske pripadaju posebnoj faunističkom i florističkom području s nizom specifičnosti.

Osnovne smjernice ovog projekta radi standardiziranja i unaprijeđenja biološkog monitoringa površinskih voda u Republici Hrvatskoj su:

- izrada jedinstvenog sustava (liste) akvatičkih organizama - bioloških indikatora pojedinih klasa (vrste) voda sustav valorizacije prema kojem će se određivati vrste kakvoće vode;
- definiranje kriterija i standardizacija bioloških pokazatelja kakvoće vode u hidrografskoj mreži Hrvatske;
- klasifikacija statusa rijeka i jezera s ekološkog aspekta, uz detaljniji opis ekoloških obilježja pojedine klase (vrste) voda;
- detaljan opis metoda i postupaka uzimanja uzorka, valorizacije i eksplikacije rezultata;
- izrada i izdavanje službenog priručnika za biološku valorizaciju voda;
- uspostava sustava kontrole kakvoće rada za biološke metode.

Standardiziranje i unaprijeđenje nacionalnog biološkog monitoringa omogućiti će i implementaciju kriterija WFD u programe biološke valorizacije voda, kao i olakšati buduće obvezno sudjelovanje u međusobnoj harmonizaciji bioloških metoda, kako sa susjednim državama, tako i na razini EU. Da bi se nacionalni biomonitoring mogao uspješno provoditi, ali i zadovoljiti međunarodni kriteriji, posebna pažnje morati će se posvetiti edukaciji biologa-analitičara kroz specijalističke poslijediplomske studije te kroz rad u nacionalnim ili međunarodnim radionicama za interkalibraciju.

Klasifikacija ekološkog stanja voda prema Okvirnoj direktivi o vodama EU

Okvirnom direktivom o vodama vodotok se promatra kao stanište za mnoštvo biljnih i životinjskih vrsta, stoga uvođenjem ekološkog stanja voda definiraju se i elementi za klasifikaciju ekološkog stanja. Dakle, biti će potrebno, ali u skladu s detaljno razrađenom procedurom izvođenja akcija, pristupiti uvođenju potpuno nove klasifikacije kojom će se definirati ekološko stanje površinskih voda rijeka, jezera, prijelaznih voda i priobalnog mora.

S obzirom da su za klasifikaciju ekološkog stanja voda najbitniji biološki elementi potrebno će biti istraživačkim projektima doći do saznanja o sastavu i brojnosti biljnih

i životinjskih vrsta, indikatora stanja voda (eutrofikacije, acidifikacije, salinizacije, saprobnosti, strukturnog deficita zajednica). Da bi se moglo pristupiti razvijanju sustava praćenja stanja voda prema zahtjevima Okvirne direktive o vodama EU (Dodatak V) potrebno je prvenstveno odrediti tipove površinskih voda (rijeka, jezera, prijelaznih voda i priobalnog mora) te odrediti referentne uvjete i referentna mjesta za sve tipove površinskih voda (Dodatak II).

Zaključci

1. Analiza stanja ukazuje na potrebu standardiziranja i osuvremenjivanja nacionalnog biomonitoringa te na potrebu kontinuirane edukacije analitičara koji sudjeluju u provođenju biomonitoringa;
2. 2002. godine pokrenut je istraživački projekt: "Standardizacija i unaprijeđenje nacionalnog biomonitoringa na površinskim vodama (tekućicama i stajaćicama)"
3. Projekt predstavlja prvi korak prema implementaciji kriterija Okvirne direktive o vodama EU u području biomonitoringa.

Literatura

1. Ghetti, P. F. (1986): I macroinvertebrati nell'analisi di qualita dei corsi d'acqua. Provincia autonoma di Trento, Trento.
2. Liebmann, H. (1962): Handbuch der Frischwasser-und Abwasser-Biologie. Band I, VEB Gustav Fischer Verlag Jena.
3. Pantle, R., Buck, H. (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer die Darstellung der Ergebnisse. GWF 96.
4. Sladaček, V. (1973): System of Water Quality from the Biological Point of View. Heft 7, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart.
5. Wegl, R. (1983): Index für die Limnosaprobität, Wasser und Abwasser. Band 26, Wien.
6. Direktiva 2000/60/EC Europskog Parlamenta i Vijeća, kojom se uspostavlja okvir za djelovanje zajednice na području politike voda, od 23. listopada 2000. Izdanje II, Hrvatske vode-Zavod za vodno gospodarstvo.
7. Program ispitivanja kakvoće vode na državnim vodama koji se provodio tijekom 2000. godine. Zagreb: Hrvatske vode, 2001.
8. Program ispitivanja kakvoće vode na državnim vodama koji se provodio tijekom 2001. godine. Zagreb: Hrvatske vode, 2001.
9. Uredba o klasifikaciji voda. Narodne novine, 77/98.

Autori:

mr. sc. Dagmar Šurmanović, dipl. inž. biologije (sdagmar@voda.hr)

Marija Jokić, dipl. inž. biologije (mjokic@voda.hr)

Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo

Ulica grada Vukovara 220

HR-10000 Zagreb



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.45.

Porast razine mora u Jadranu - dosadašnja saznanja, predviđanja i moguće posljedice

Ivica Vilibić

SAŽETAK: U radu je analizano kolebanje razine mora u Jadranu u zadnjih pedesetak godina, uz poseban naglasak na zabilježene trendove i klimatske fluktuacije ekstremnih događaja. Nadalje, dana su predviđanja pojava ekstremno visokih razina mora u sadašnjem trenutku, te u slučaju da razina Jadrana se povisi za 25 odnosno 50 cm. Naime, u slučaju realizacije porasta razine Jadrana za 50 cm, koliko se predviđa na globalnoj skali, poplavljivanja obalnih područja koja se javljaju jednom u stoljeću bi se događala gotovo svake godine. Naravno, destruktivan utjecaj na obalna područja bi se u tom slučaju multiplicirao.

KLJUČNE RIJEČI: Jadran, razina mora, klimatske promjene i projekcije.

Adriatic Sea Level Increase - Available Information, Projections, Possible Consequences

SUMMARY: The paper encompass the analyses of Adriatic Sea level in the last half-century, placing an accent on the trends and climate fluctuations of the extremes. Furthermore, the projections of extreme maximum sea levels are given for the present situation and in the event of the sea level increase by 25 or 50 cm in the Adriatic. Would the Adriatic Sea level rise by 50 cm, as projected on the global scale, the extreme flooding of the coastal areas, which occurs once in a century, will happen almost every year. Consequently, under such conditions the destructive impact on the coastal areas and infrastructure would be multiplied.

KEYWORDS: Adriatic, sea level, climate trends and projections.

Uvod

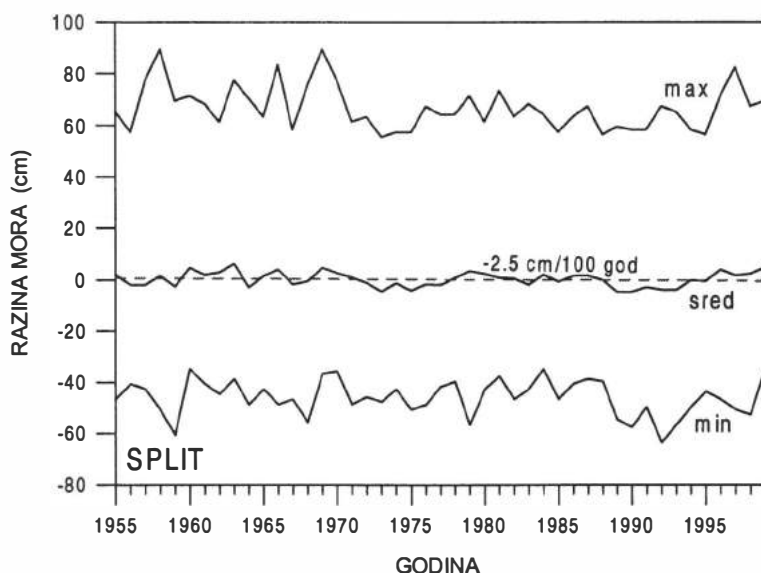
Problem porasta razine mora jest svakako problem u svjetskim okvirima, no da li i u Jadranu? Naime, velik dio svjetske populacije živi u obalnim područjima sklonima poplavljivanju, pri čemu su posebice ugrožena niska naplavna područje riječnih delta [1]. Kao primjer u Jadranu može se navesti poplavljivanje Venecije, koje je pet puta učestalije sada nego na početku 20. stoljeća. No, osim Venecije, mnoga područja su u opasnosti od poplavljivanja, ne samo zbog mogućeg uzdizanja razine mora, već i zbog samog spuštanja tla te erozije obale. Procjene za hrvatsku obalu dosada nisu načinjene, odnosno prenesene su vrijednosti globalnih trendova na regionalnu razinu [2], pri tom ne uvažavajući opažene klimatske trendove u Jadranu i Mediteranu [3]. Naime, trendovi razine mora u zadnjih 50-tak godina su vrlo mali i zanemarivi na hrvatskoj obali Jadrana,

no opaženo je zabrinjavajuće ubrzanje porasta razine mora u zadnjih desetak godina, kako u Jadranu [4] tako i u Mediteranu [5]. Obzirom da je također zapaženo i pojačano zagrijavanje morske površine, a što je jedan od glavnih čimbenika u projekcijama porasta razine svjetskih mora [1], moguće je da iz istog razloga dođe do pojačanog porasta razine Jadranskog mora. Utjecaj na obalnu infrastrukturu nije potrebno ni naglašavati; dovoljno je promotriti djelovanje pri ekstremnim meteorološkim uvjetima kao što su npr. poplave u Puli u listopadu 1998, te nevera u Splitu u studenom 1999. godine koja je uzrokovala urušavanje poznate splitske šetnice – Rive [6].

Trendovi i fluktuacije razine Jadrana

Prva sistematska mjerenja i analize razine mora u Jadranu su započela sredinom 19. stoljeća na postaji u Trstu. Ova postaja i dan danas je u funkciji te, uz kraće i dulje prekide tijekom 19. i 20. stoljeća, posjeduje najdulji niz mjerenja. Na hrvatskom dijelu Jadrana kontinuirana mjerenja su započela 1929. godine uspostavom mareografskih postaja u Bakru [7] i Splitu. Ova potonja postaja je uništena u 2. svjetskom ratu, no ponovno uspostavljena 1947. godine, a od 1954. godine redovito bilježi ponašanje razine mora.

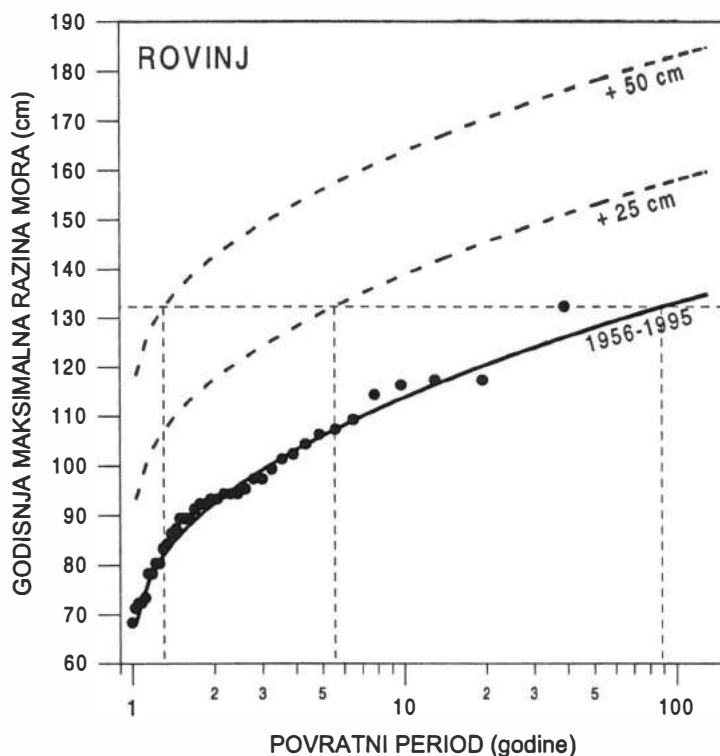
Na slici 1. prikazane su godišnje maksimalne, srednje i minimalne vrijednosti visine razine mora u Splitu. Također je naznačen trend srednje razine mora, koji je blago negativan. No, ako analiziramo klimatske fluktuacije, uočava su se razdoblja s nižim i višim razinama mora. Najizraženije razdoblje niskih razina mora jest od 1989. do 1993. godine, kada su istovremeno bilježene i visoke vrijednosti atmosferskog tlaka, naročito u zimskim mjesecima [7,8]. Ova anomalije može bitno utjecati na računanje trendova, npr. linearni trend u Splitu je niži za 7 cm/100 god u razdoblju od 1955. do 1993. u odnosu na razdoblje od 1955. do 1988. godine [9], dok je visok porast razine mora u zadnjih desetak godina također pojačan ovom anomalijom, te se kreće oko 70 cm/100 god na razini Mediterana [5].



Slika 1. Vremenskih nizovi godišnjih maksimalnih, srednjih i minimalnih vrijednosti razine mora u Splitu u razdoblju od 1955. do 1999. godine.

Jedan od bitnih čimbenika koji doprinose pojavama izuzetnih visina razine mora su i olujni uspori - “storm surge” – i slobodne oscilacije Jadrana – “seiche” [6,10]. Naime, oni su ključni faktor koji dovode do plavljenja obalnih područja u Jadranu, najčešće u razdoblju listopad-prosinac, kada je razina mora dodatno povišena zbog steričkog efekta širenja vodenog stupca [8]. Analizom maksimalnih vrijednosti u Splitu (slika 1) uočava se pad maksimalnih ekstremnih vrijednosti u razdoblju između 1972. i 1995. godine. Ova karakteristika povezana je s lokalnim meteorološkim djelovanjem, jer se ne uočava na drugim jadranskim mareografskim postajama [11,12]. Prema tome, na pojavu ekstremno visokih razina mora na pojedinim manjim lokacijama utječu kako globalne tako i lokalne klimatske fluktuacije i trendovi.

Kako će se razina mora u Jadranu ponašati u slijedećih 100 godina? To nije moguće egzaktno predvidjeti, no neke zaključke je moguće donijeti ako uvažimo klimatske projekcije za područje Mediterana. Naime, projekcije ukazuju na porast temperature zraka te smanjenje oborina nad Mediteranom, što ima za posljedicu smanjenje inputa slatke vode, kako riječnim dotocima tako i oborinama. Uz to, povišena temperatura uzrokuje i pojačanu evaporaciju te daljnji transport slatke vode iz mora. Stoga bi se već opaženi trend porasta slanosti [13] u Jadranu nastavio, dok bi trend porasta razine mora bio i dalje usporen u odnosu na globalni porast razine mora. Naravno, ovakve projekcije imaju ograničenja u globalnim modelima i predviđanjima, koja mogu u potpunosti davati krive scenarije. Na primjer, postoji mogućnost da, u slučaju porasta temperature zraka te topljenja arktičkih ledenjaka, bude onemogućeno tonjenje vode u arktičkim predjelima



Slika 2. Procjena pojave ekstremno visokih visina razine mora u Rovinju u slučaju porasta razine Jadrana za 25 i 50 cm (prema [6]).

zbog nedovolje gustoće. Posljedica bi bila skretanje Golske struje na jug, razaranje postojećih atmosferskih sustava (Islandska ciklona, Azorska anticiklona) što bi u konačnici uzrokovalo hladniju klimu nad cijelom Europom. Naravno, u tom slučaju bi se i razina mora drukčije ponašala nego u navedenoj projekciji.

No, ako i ne možemo točno predvidjeti ponašanje razine mora, možemo analizirati učestalost pojedinih situacija uz neke pretpostavljene vrijednosti porasta razine mora. Primjer je dan na slici 2 za postaju Rovinj (prema [6]). Izračun načinjen pomoću teorije ekstrema za razdoblje od 1956. do 1995. godine daje procjenu pojavljivanja najviše zabilježene razine mora (studen 1966) jednom u 87 godina. U slučaju da razina mora poraste za 25 cm tada bi se ovakav događaj javljao jednom u 5.5 godina, a u slučaju da se u Jadranu realizira globalna predviđanja porasta razine mora, ovaj događaj bi bila svakogodišnja pojava. Naravno, destruktivno djelovanje na obalna područja i infrastrukturu bi se multipliciralo u slučaju realizacije ovakvih projekcija.

Zaključci i perspektive

Globalne klimatske promjene, odnosno zatopljenje atmosfere i mora, nisu samo projekcije za budućnost, već se mogu opažati već sada. Naime, 3 najtoplije godine na postaji Zagreb-Grič od 1861. godinu su zabilježene u zadnjih 5 godina (1998, 2001. i 2002), a zatopljenje je uočljivo i na globalnoj skali. Stoga je realno već sada, ako ne i jučer, postaviti pitanje, kakav će biti ishod klimatskih promjena u Hrvatskoj, posebice kakav će biti stvarni porast razine mora u Jadranu, obzirom na štetu i destruktivno djelovanje koje može prouzročiti? Jednoznačni odgovor nije moguće dati, ali je moguće načiniti projekcije mogućih scenarija, te predložiti mjere koje će ublažiti negativne utjecaje klimatskih promjena.

Literatura

1. IPCC (2001): *Third Assessment Report of the International Panel on Climate Change*. Volumes 1-3, Cambridge University Press, Cambridge, 2665 pp.
2. Jelavić, V. i sur. (2001): Prvo nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC). Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja RH, Zagreb, 270 pp.
3. Tsimplis, M.N., Baker, T.F. (2000): *Mediterranean sea level reduction: an indication of deep water changes?*. Geophysical Research Letters, 27(12), 1731-1734.
4. Vilibić, I., Srdelić, M., Vidović, B., Strinić, G. (2002): *Adriatic sea level: scientific basis and managing the data*. Proceedings on "GIS Odyssey 2002", GIS Forum, Zagreb, 133-145.
5. Cazenave, A., Bonnefond, P., Mercier, F., Dominh, K., Tournazou, V. (2002): *Sea level variations in the Mediterranean Sea and Black Sea from satellite altimetry and tide gauges*. Global and Planetary Change, 34, 59-86.
6. Vilibić, I., Leder, N., Smirčić, A. (2000): *Storm surges in the Adriatic Sea: an impact on the coastal infrastructure*. Periodicum Biologorum, 102, Supplement 1, 483-488.
7. Orlić, M., Pasarić, M. (1994): *Vodostaj Jadranskog mora i globalne klimatske promjene*. Pomorski zbornik, 32/94, 481-501.
8. Vilibić, I. (1998): *Variations of the Sa and Ssa tides in the Adriatic Sea*. Acta Adriatica, 39, 1, 53-60.

9. Vilibić, I., Leder, N., Smirčić, A., Gržetić, Z. (1997): *Dugoročne promjene razine mora na hrvatskoj obali Jadrana*. U: Finka, B. (Urednik), Tisuću godina prvoga spomena ribarstva u hrvata, Zagreb, 437-445.
10. Raichich, F., Orlić, M., Vilibić, I., Malačić, V. (1999): *A case study of the Adriatic seiches (December 1997)*. Il Nuovo Cimento C, 22, 715-726.
11. Vilibić, I., Smirčić, A., Leder, N. (1996): *Analiza ekstremnih vrijednosti visine razine mora na hrvatskoj obali Jadrana u razdoblju 1955-1995*. Izvanredne meteorološke i hidrološke prilike u Hrvatskoj, 19, 125-130.
12. Vilibić, I., Leder, N., Smirčić, A. (1999): *Ekstremna kolebanja razine Jadranskog mora*. 2. hrvatska konferencija o vodama, Zbornik radova, Dubrovnik, 319-324.
13. Vilibić, I. (2002): *Objektivna analiza vodenih masa u Jadranu*. Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 149 pp

Autor:

dr. sc. Ivica Vilibić

Hrvatski hidrografski institut, Zrinsko Frankopanska 161, 21000 Split

tel. +385 21 361840, fax. +385 21 347242, email: ivica.vilbic@hhi.hr



Rad 2.46.

Rezonantne oscilacije malih akvatorija – primjer splitske luke

Ivica Vilibić, Hrvoje Mihanović

SAŽETAK: Rad sadrži opis tzv. Proudmanove rezonance i uvjete pod kojima ona može uzrokovati pojavu visokih valova na periodima od 10 do 30 minuta. Analiza ove pojave je načinjena na podacima tlaka zraka i mora (razine mora) sakupljenim na postaji na ulazu u splitsku luku u kolovožu/rujnu 2000. godine, kada su zabilježene nevere i prolaz izraženih frontalnih poremećaja. Mjerenja i modeliranja slobodnih oscilacija te rezonance pokazala su da u tom području ne može doći do međudjelovanja ove dvije pojave, stoga što osnovni seš luke iznosi 6.5 min, dok se Proudmanova rezonanca javlja na periodima od 7.7 do 26 min.

KLJUČNE RIJEČI: Splitska luka, Proudmanova rezonanca, seši, empirijska analiza i modeliranje.

Resonances in Small Sea Basins – an Example of the Split Harbor

SUMMARY: The paper comprises the description of the Proudman resonance, and the conditions necessary for appearance of extremely high waves having periods from 10 to 30 minutes. The analyses were made of the air and sea pressure (sea level) data collected at the station placed near the entrance into the Split Harbor in August/September 2000, when a number of severe storms hit the area. Empirical analysis and modeling reveal no possibility of coupling of the seiches and resonance, as the period of the seiches is 6.5 min, whereas the Proudman resonance occurs on the periods between 7.7 and 26 min.

KEYWORDS: Split Harbor, Proudman resonance, seiches, empirical analysis and modeling.

UVOD

Dana 21. lipnja 1978. godine Velu Luku su zahvatili izuzetno visoki valovi maksimalne visine oko 3 metra i perioda oko 15 minuta, prouzročivši ogromnu štetu, te poplavljivanje velikog dijela grada [1]. Ova pojava, poznatija kao Proudmanova rezonanca [2], posljedica je putujućeg poremećaja u tlaku zraka koji, kada dođe nad morsko područje u kojem se valovi propagiraju istom brzinom, rezonantno pobuđuje osciliranje morske površine. Ako nakon toga valovi dođu u zaljevsko područje koje ima isti ili blizak vlastiti period slobodnog osciliranja – seša – tada se oba signala multipliciraju, te tvore razarajuće valove. Ova pojava je također dokumentirana i u nekim područjima Sredozemnog mora [3], a u zaljevu Ciutadella na otoku Menorci javlja se svake godine s amplitudama od preko pola metra [4,5].

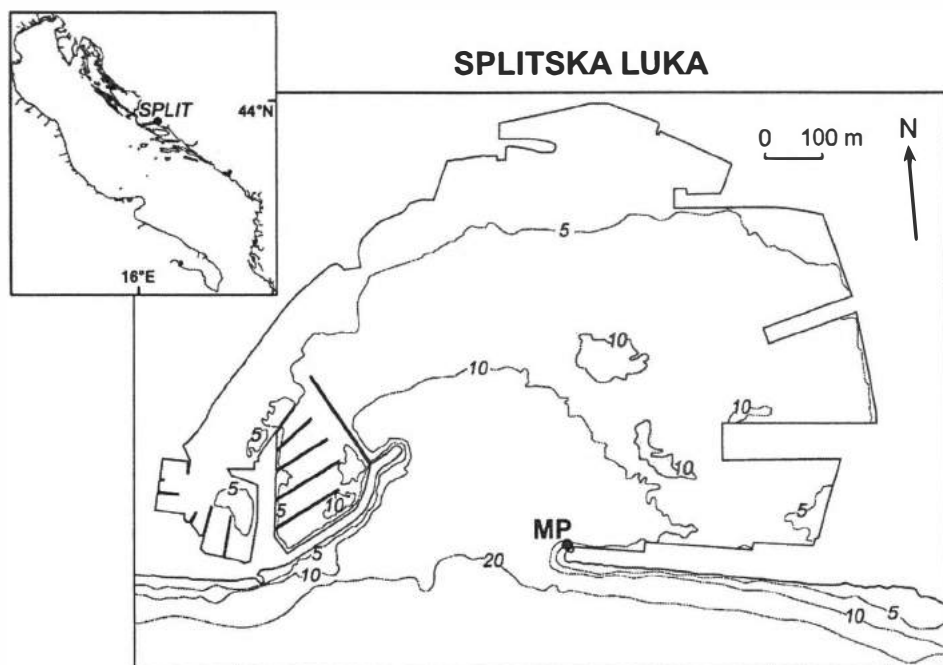
Obzirom da u Veloj Luci ne postoje mjerenja razine mora na minutnoj vremenskoj ljestvici, u ovom radu će se ispitati mogućnost pojavljivanja ovih oscilacija u splitskoj luci, gdje postoje zadovoljavajuća mjerenja tlaka zraka i razine mora.

REZULTATI

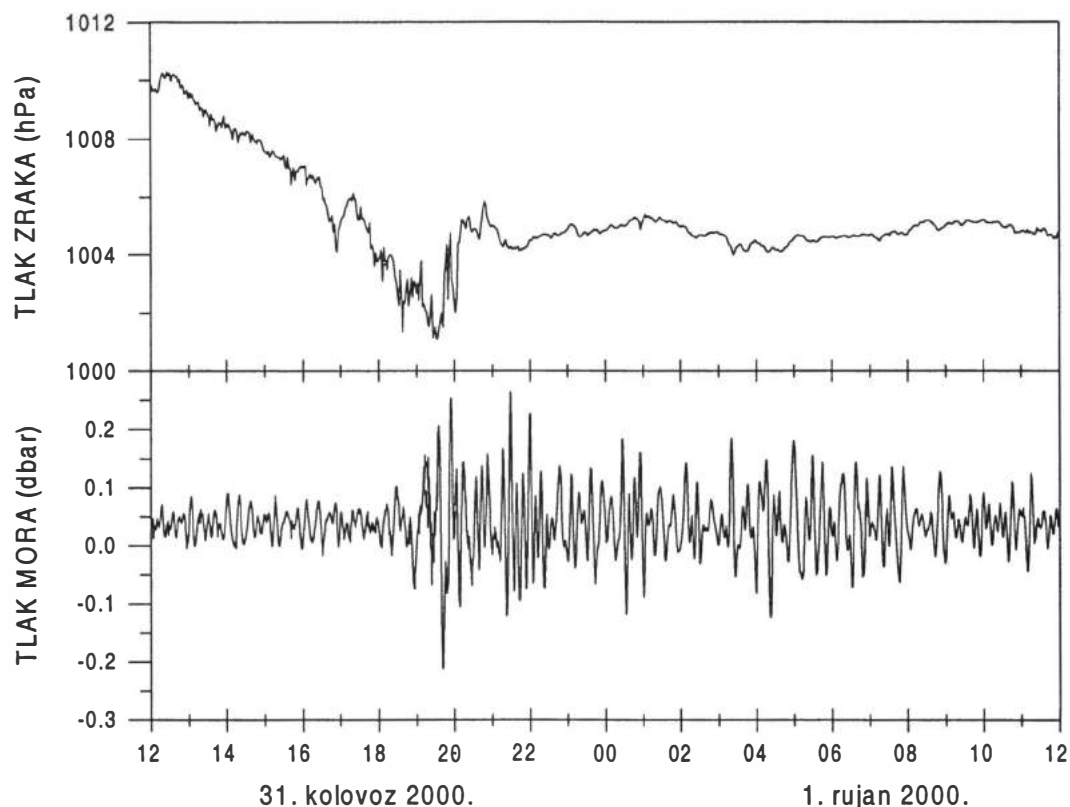
Batimetrija područja splitske luke, s naznačenom pozicijom mareografske postaje (MP) je prikazana na slici 1. Mareograf se sastoji od senzora tlaka zraka i mora te temperature mora, a postavljen je u lipnju 2000. u okviru međunarodnog projekta monitoringa razine mora u Mediteranu [6] – MedGLOSS (Mediterranean Sea Level Observing System).

Nedugo nakon postavljanja, splitsko područje je zahvatila nevera na prijelazu kolovoza i rujna 2000. godine. Pri tom su se pojavile izuzetno snažne oscilacije na malim periodima (slika 2), te je moguće objašnjenje ove pojave uključivalo slobodne oscilacije – seše i/ili prisilne rezonantne oscilacije – Proudmanovu rezonancu [7]. Obzirom da je mareografska postaja postavljena blizu ulaza u luku, gdje je za očekivati da se nalazi i nodalna linija osnovne oscilacije luke, slobodne oscilacije imaju malu amplitudu, što je i pokazano pomoću numeričkog barotropnog modela oscilacija splitske luke [8]. Prema tome, glavnina energije ovih oscilacija potječe od efekta Proudmanove rezonance. Naime, valovi u atmosferi pobuđuju valove u moru na periodima 10-20 min na dubinama 50-60 m [9], koje se javljaju upravo ispred splitske luke. Pobuđeni valovi se šire u luku, gdje im se amplituda povećava zbog smanjenja dubine. Ako se pri tome jave i slobodne oscilacije istog perioda, valovi se višestruko pojačavaju te uzrokuju plavljenje područja, kao što je slučaj u Veloj Luci.

Na sreću, periodi seša splitske luke su manji od perioda Proudmanove rezonance. Naime, period osnovnog moda splitske luke iznosi 6.5 min [8], a njegova energija se uočava na spektru snage tlaka mora (razine mora) na frekvencijskom području oko 0.154 min^{-1} (slika 3) Na istoj slici se uočava nagli porast energije na frekvencijama oko 0.13 min^{-1} (period oko 7.7 min) pa sve do oko 0.038 min^{-1} (26 min). Da je ovaj porast energije



Slika 1. Batimetrija splitske luke (dubina u metrima), s naznačenom pozicijom mareografske postaje (MP).

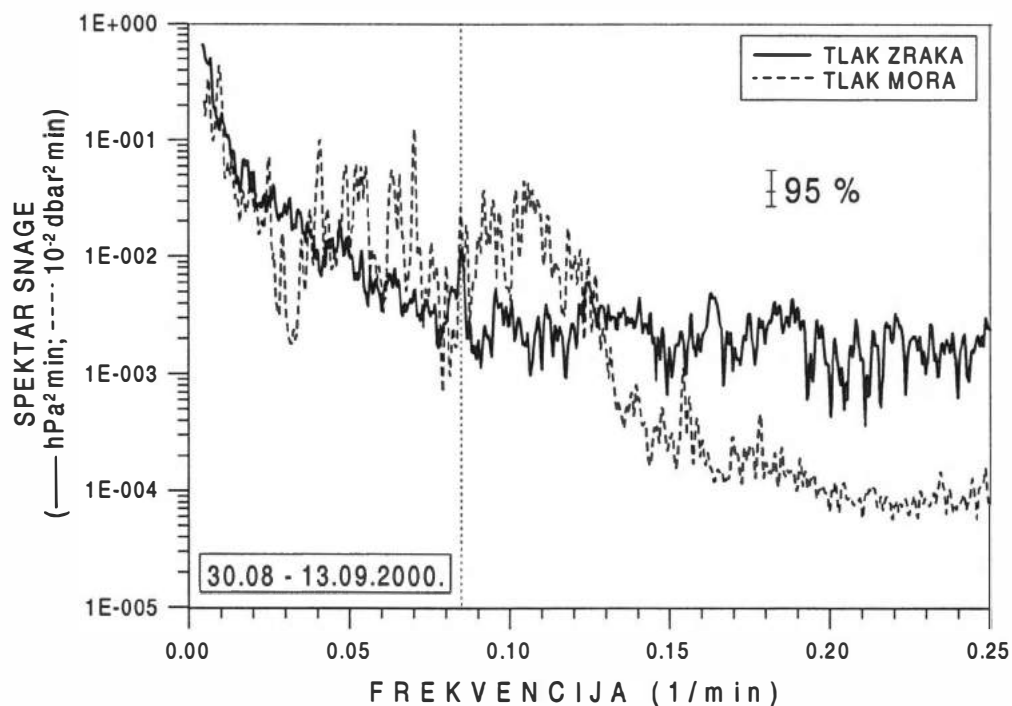


Slika 2. Vremenski nizovi tlaka zraka i visokofrekventnog područja tlaka mora (periodi manji od 1 h) mjereni pri prolazu nevere od 31.08/01.09.2000.

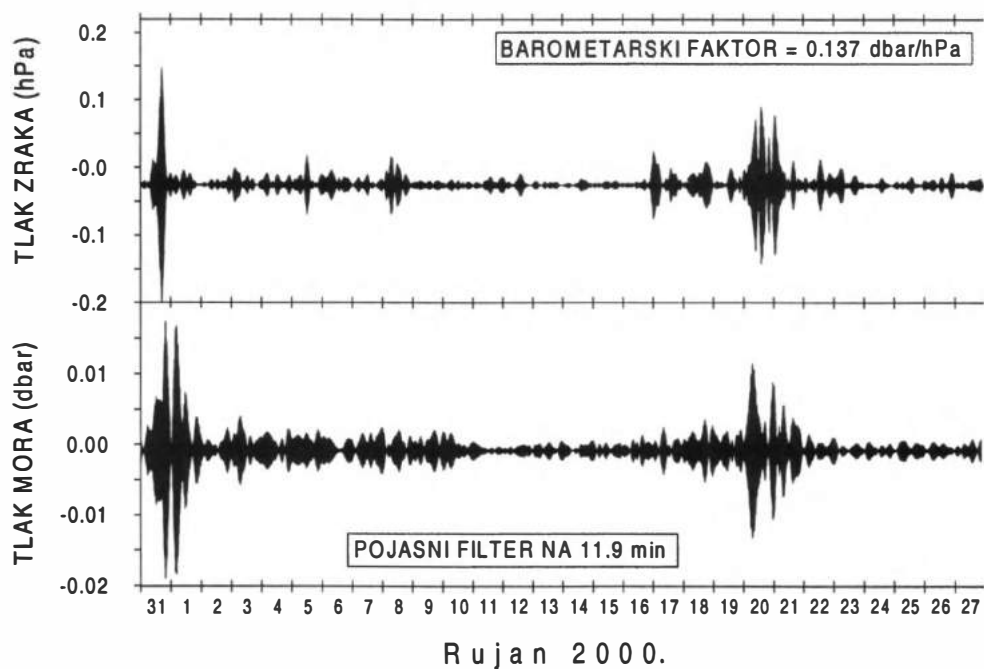
uzrokovan upravo Proudmanovom rezonancom, može se zaključiti ako promatramo samo oscilaciju na 11.9 min, koja ima maksimum u energiji tlaka zraka (slika 4). Dakle, uočava se porast energije ove oscilacije za vrijeme nevere od 31.08/01.09. ali i pri prolazu fronte od 20/21.09. Prema tome, oscilacije u tlaku zraka i tlaku mora (razini mora) su povezane, i to tako da promjena tlaka zraka od 1 hPa uzrokuje oscilaciju tlaka mora od 0.14 dbar odnosno razine mora od 14 cm.

ZAKLJUČCI

Visokofrekventne oscilacije malih zatvorenih akvatorija su najčešće slobodne oscilacije, no u pojedinim akvatorijima je moguća pojava rezonantnog osciliranja u moru uzrokovanog atmosferskim poremećajima. Kada je period rezonantne oscilacije isti kao period seša pojavljuju se izuzetno visoki valovi, opaženi na mnogim područjima Jadrana i Mediterana. Suprotno tome, odnosno kad je period seša dovoljno mali kao u slučaju splitske luke, oscilacije dosižu najviše nekoliko desetaka centimetara te ne ugrožavaju obalno područje. Na sreću, u Jadranu nisu, osim u Veloj Luci i nekolicini manjih uvala (npr. luka Už na Korčuli, vidi dnevne novine “Slobodna Dalmacija” od 14.05.1995), zabilježene značajne visokofrekventne oscilacije razine mora, te stoga nemaju značajnijeg utjecaja na obalnu infrastrukturu. No ipak, u slučaju pojave visokih razina mora uzrokovanih drugim čimbenicima i na drugim periodima (npr. žive morske mijene, olujni



Slika 3. Spektar snage tlaka zraka i tlaka mora u razdoblju 30.08-13.09.2000. Vertikalna crtkana crta označava period od 11.9 min.



Slika 4. Vremenski niz tlaka zraka te tlaka mora u pojasu oko perioda od 11.9 min u razdoblju 31.08-27.09.2000.

uspor, jadranski seš, itd. [10]), pojava visokofrekventnih oscilacija može bitno doprinijeti pojavi poplavlivanja obalnih područja.

Literatura

1. Orlić, M. (1980): *About a possible occurrence of the Proudman resonance in the Adriatic*. Thalassia Jugoslavica, 16, 1, 79-88.
2. Proudman, J. (1953): *Dynamical Oceanography*. Methuen – John Wiley, London, 409 pp.
3. Candela-Perez, J.S., Mazzola, S., Sammari, C., Limeburner, R., Lozano, C.J., Patti, B., Bonano, A. (1999): *The "Mad Sea" phenomenon in the Strait of Sicily*. Journal of Physical Oceanography, 29, 2210-2231.
4. Gomis, D., Monserrat, S., Tintore, J. (1993): *Pressure-forced seiches of large amplitude in inlets of the Balearic Islands*. Journal of Geophysical Research, 98, 14437-14445.
5. Monserrat, S., Ibbetson, A., Thorpe, A.J. (1991): *Atmospheric gravity waves and the "Rissaga" phenomenon*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 117, 553-570.
6. Vilibić, I., Leder, N., Mihanović, H., Smirčić, A., Gržetić, Z. (2001): *MedGLOSS pressure gauge in the Split harbour: installation and preliminary analysis of the data*. Rapports et proces-verbaux des réunions CIESM, 35, 97.
7. Vilibić, I., Mihanović, H. (2001): *High-frequency sea level oscillations observed and modelled in the Split harbour (Adriatic Sea)*. Rapports et proces-verbaux des réunions CIESM, 36, 88.
8. Vilibić, I., Mihanović, H. (2002): *A study of seiches in the Split harbour (Adriatic Sea)*. Acta Adriatica, in press.
9. Vilibić, I., Mihanović, H. (2002): *A study of resonant oscillations in the Split harbour (Adriatic Sea)*. Estuarine Coastal and Shelf Science, in press.
10. Vilibić, I., Leder, N., Smirčić, A. (2000): *Storm surges in the Adriatic Sea: an impact on the coastal infrastructure*. Periodicum Biologorum, 102, Supplement 1, 483-488.

Autori:

dr. sc. Ivica Vilibić, dipl. inž. Hrvoje Mihanović

Hrvatski hidrografski institut, Zrinsko Frankopanska 161, 21000 Split

tel. +385 21 361840, fax. +385 21 347242, email: ivica.vilibic@hhi.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.47.

Estuarij rijeke Zrmanje: termohalina svojstva i izmjena vodenih masa

Ivica Vilibić, Goran Olujić, Nenad Leder, Ante Smirčić

SAŽETAK: Rad obuhvaća analizu mjerenja temperature, slanosti i gustoće, obavljenih u razdoblju od veljače 2000. do veljače 2001. godine na 7 mjernih postaja u području estuarija rijeke Zrmanje. Ponajprije, uočljiva je karakteristična dvoslojna vertikalna stratifikacija, sa slatkom vodom blizu površine te slanom u dubljim dijelovima estuarija. U veljači 2000. godine prodiranje slane vode je opaženo sve do Obrovca, no ono je obuhvatilo vrlo tanki sloj na dnu riječnog korita. U proljeće i ljeto morska voda prodiire sve do Jankovića buka, oko 15 km od ušća Zrmanje, uz istovremeno stanjivanje sloja slatke vode uz površinu te zagrijavanje cjelokupnog estuarija. U to se vrijeme, neposredno ispod granice morske i riječne vode, zapaža i potpovršinski maksimum temperature, već prije dokumentiran ali neobjašnjen u estuariju rijeke Krke. Nakon toga, zbog povećanih protoka vode u jesenskim i zimskim mjesecima, morska voda je potisnuta u dublje slojeve, te u veljači 2001. godine se može zamijetiti samo u blizini ušća.

KLJUČNE RIJEČI: estuarij rijeke Zrmanje, termohalina svojstva, vodene mase, međusezonska promjenjivost.

The Zrmanja River Estuary: Thermohaline Properties and Exchange of Water Masses

SUMMARY: The paper reports on the thermohaline properties in the Zrmanja Estuary based on the measurements of temperature, salinity and density carried out at 7 stations in the period between February 2000 and February 2001. First and foremost, two-layer stratification can be noticed in the estuary, with fresh water near the surface and saline near the bottom. The penetration of salty waters up to the city of Obrovac occurred in February 2000, and it remained rather close to the bottom. In spring and summer, the salty water occupied the whole estuary up to Jankovića Buk, about 15 km upstream from the mouth of the river, with fresh water being pushed towards the very surface, and coupled with the heating of the estuary. Subsurface maximum in temperature was noticed at that time, placed just below the discontinuity between fresh and salty waters. The maximum was already documented for the Krka estuary, but without proper physical interpretation. Salty water was flushed out of the major part of estuary in autumn, due to large river discharge at that time, so in February 2001 it could only be noticed near the mouth of the estuary.

KEYWORDS: Zrmanja estuary, thermohaline properties, water masses, seasonal fluctuations.

UVOD

Estuariji rijeka su područja u kojemu su dinamički procesi vrlo izraženi, uz značajnu izmjenu morskih i slatkovodnih vodenih masa. Nadalje, u ovom područjima je izražen

dotok hranjivih soli posebice silikata [1] koji su prirodnog porijekla, no u slučaju urbaniziranih riječnih tokova, donos organskih tvari također može biti pojačan, kao što je slučaj u sjevernom Jadranu [2]. Posljedica ovakvih dinamičko-kemijskih svojstava jest karakteristični biogeokemijski ciklus estuarija, kako planktonskih zajednica tako i ostalog živog svijeta.

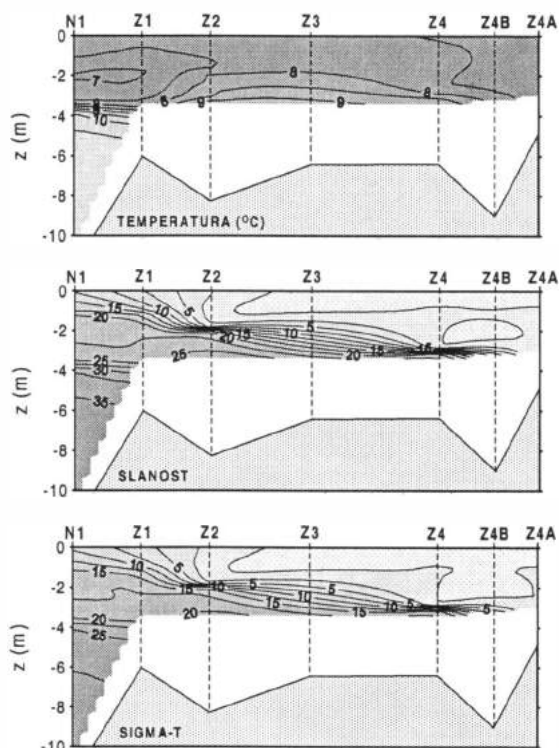
Istraživanja fizikalnih svojstava estuarija na hrvatskoj obali sistematski su obavljana jedino u estuariju rijeke Krke. Estuarij rijeke Krke predstavlja permanentno stratificirani sustav, sa vrlo izraženom granicom (haloklinom) između slatke i morske vode [3,4]. U takvom sustavu moguća je pojava turbulentnih nestabilnosti na granici, kao i nastanak baroklinih internih valova koji se propagiraju duž estuarija [5]. Kao zanimljivost, u ljetnoj sezoni se javlja potpovršinski maksimum temperature koji je možda posljedica radijacijskog zračenja i slabe izmjene topline na granici vodenih masa [5].



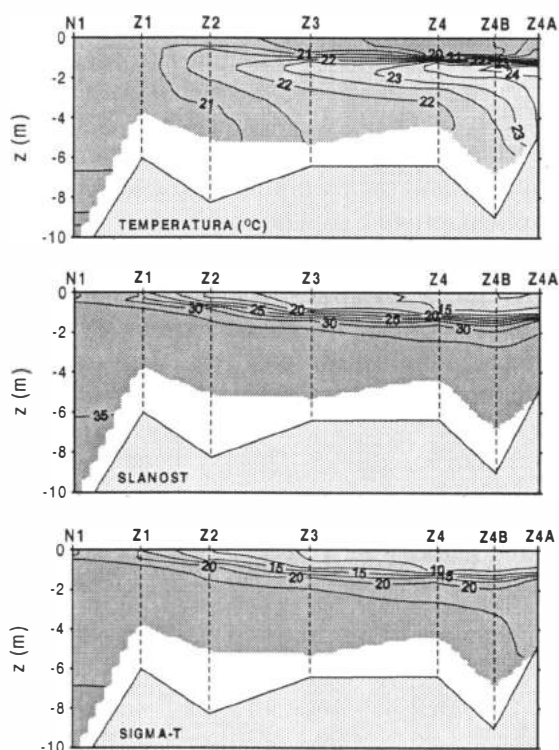
Sistematska istraživanja estuarija rijeke Zrmanje započela su tek nedavno [6,7]. Istraživanja obuhvaćaju područje rijeke Zrmanje do Jankovića buka, zatim Novigradsko more i ždrilo te dio Velebitskog kanala. Bez obzira na sličnosti fizikalnih estuarija Krke i Zrmanje, zabilježena je značajna razlika u sastavu fitoplanktonskih zajednica [8], koja je posljedica drugačije batimetrijskih, hidroloških i drugih karakteristika. Naime, estuarij Krke je stabilniji sustav zbog svoje veće dubine i širine, dok je estuarij Zrmanje uži i plići te podložniji prostorno-vremenskim promjenama termohalinih svojstava i vodenih masa. U ovom radu će se prikazati mjerenja temperature, slanosti i gustoće (sigma-t vrijednosti) u razdoblju od veljače 2000. do veljače 2001. godine, te na osnovu toga dokumentirati odgovarajući zaključci.

REZULTATI

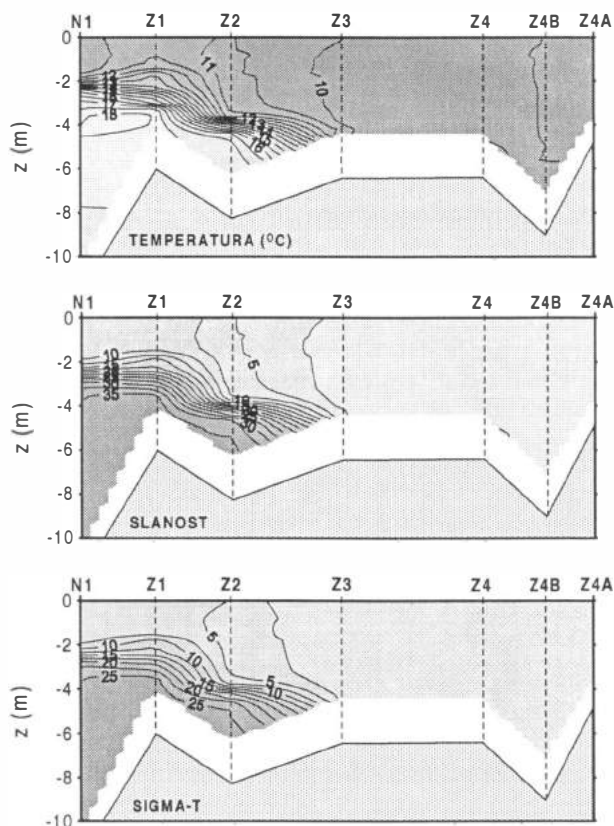
Uzorkovanja temperature, slanosti i sigma-t vrijednosti u estuariju Zrmanje obavljana su u 7 navrata u razdoblju od veljače 2000. do veljače 2001. godine. Na slikama 2, 3 i 4 su prikazane razdiobe ovih parametara u veljači, srpnju i prosincu 2000. godine. U veljači 2000. godine morska voda se zamijećuje u tankom pridnenom sloju sve do Obrovca (postaja Z4), s nešto višom temperaturom od površinske slatke vode. Razlog tome je smanjeni protok Zrmanje u siječnju i veljači, koji je omogućio prodiranje morske vode duboko unutar estuarija. Hladniji površinski sloj zahvaća i područje Novigradskog mora (postaja N1), gdje je zabilježena temperatura manja od 7°C uz slanost između 20



Slika 2. Vertikalni profili temperature, slanosti i sigma-t vrijednosti u veljači 2000. godine.



Slika 3. Vertikalni profili temperature, slanosti i sigma-t vrijednosti u srpnju 2000. godine.



Slika 4. Vertikalni profili temperature, slanosti i sigma-t vrijednosti u prosincu 2000. godine.

i 25. Razlog tome jest hlađenje površinskog sloja u cjelokupnom podvelebitskom području, kao posljedica puhanja jake i olujne bure u siječnju/veljači, a poznato je da bura ima maksimum brzine upravo u tom području.

U proljeće dolazi do zagrijavanja estuarija, uz istovremeno daljnje prodiranje slane vode prema Jankovića buku (postaja Z4A) te stanjenje površinskog sloja slatke vode. U lipnju slatka voda dopire tek do postaje Z3, dok se ona u srpnju miješa sa morskom vodom, te je karakterizirana s vrijednostima slanosti od 10 do 20 (slika 3). Već u lipnju zamijećuje se potpovršinski maksimum temperature, koji u srpnju obuhvaća područje uzvodno od postaje Z2. Naime, nizvodno od te postaje estuarij je vertikalno gotovo homogen, kako u temperaturi (20–21°C) tako i u slanosti (32–35), te se može reći da je utjecaj rijeke Zrmanje zanemariv u tom području. Maksimum u temperaturi se nalazi u tankom sloju (debljina do 1 m) upravo ispod halokline. Ispod njeja temperatura lagano opada prema dnu, dok je temperatura površinskog sloja dosta niža zbog advekcije slatke i hladnije riječne vode.

U listopadu bilježe se izuzeno jake oborine nad cijelim područjem Jadrana, te je dotok slatkih voda vrlo visok. Toplija i slanija voda biva potisnuta prema Novigradskom moru, no još uvijek se zapaža u listopadu na postaji Z4. Dva mjeseca poslije riječna voda je potisnula morsku sve do postaje Z2 (slika 4), a i površinski sloj Novigradskog mora (do 2 m) je u cijelosti okupiran riječnom vodom ($t < 11^{\circ}\text{C}$, $S < 10$). Toplija voda

biva potisnuta u pridnene slojeve Novigradskog mora ($t > 17^{\circ}\text{C}$), no u daljnja dva mjeseca biva ohlađena ($t \sim 13^{\circ}\text{C}$) procesima vertikalnog miješanja i gubitka topline na granici atmosfera-more. Tada (veljača 2001) se morska voda ipak, zbog određenog smanjenja protoka Zrmanje, vraća u estuarij te se može zamijetiti na postaji Z3 na dubinama većim od 4 m.

ZAKLJUČCI

Bez obzira što estuarij rijeke Zrmanje pripada relativno stabilnim dvoslojnom tipu estuarija sa slatkom vodom u površinskom sloju te morskom pri dnu, vrlo izražene promjene hidrološkog režima mogu promijeniti termohaline karakteristike u gotovo cijelom estuariju. Tako slatka voda u ljetnim mjesecima može potpuno iščeznuti, kao posljedica vrlo malih protoka i/ili gotovo presušivanja rijeke Zrmanje. Njezine naznake se mogu uočiti u obliku bočate vode ($S \sim 10\text{--}20$) u gornjem dijelu estuarija i to samo u površinskom sloju. Suprotno tome, u jesenskim i zimskim mjesecima, kada se javljaju izuzetno visoki protoci Zrmanje, morska voda može biti potisnuta gotovo sve do ušća Zrmanje. Ovakve oscilacije u slanosti definiraju živi svijet koji se uopće može razviti na dnu takvog varijabilnog ekosustava, naime u većem dijelu estuarija mogu preživjeti samo organizmi koji su prilagođeni i na riječne i morske uvjete. Stoga je estuarij rijeke Zrmanje bitno drugačiji od estuarija rijeke Krke, u kojoj se u pridnenim slojevima većim dijelom zadržavaju slična termohalina svojstva, a gdje je tek manji dio ispod Skradinskog buka je podložan ovako izraženim promjenama.

Literatura

1. Zore-Armanda, M., Bone, M., Dadić, V., Morović, M., Ratković, D., Stojanoski, L., Vukadin, I. (1991): *Hydrographic properties of the Adriatic Sea in the period from 1971 through 1983*. Acta Adriatica, 31, 1, 5-547.
2. Ivančić, I. (1995): *Utjecaj dugoročnih promjena oceanografskih svojstava na koncentraciju hranjivih soli u sjevernom Jadranu*. Disertacija, Institut Ruđer Bošković, Rovinj, 138 pp.
3. Gržetić, Z., Precali, R., Degobbi, D., Škrivanić, A. (1991): *Nutrient enrichment and phytoplankton response in an Adriatic karstic estuary*. Marine Chemistry, 32, 313-331.
4. Žutić, V., Legović, T. (1987): *A film of organic matter at the freshwater/seawater interface of an estuary*. Nature, 328, 612-614.
5. Orlić, M., Ferencak, M., Gržetić, Z., Limić, N., Pasarić, Z., Smirčić, A. (1991): *High-frequency oscillations observed in the Krka Estuary*. Marine Chemistry, 32, 137-151.
6. Viličić, D., Orlić, M., Burić, Z., Carić, M., Jasprica, N., Kršinić, F., Smirčić, A., Gržetić, Z. (1999): *Patchy distribution of phytoplankton in a highly stratified estuary (the Zrmanja Estuary, October 1998)*. Acta Botanica Croatica, 59, 361-374.
7. Viličić, D., Carić, M., Burić, Z., Olujić, G. (2001): *Distribution of nutrients and phytoplankton in the karstic estuary (the Zrmanja River, eastern Adriatic Sea)*. Rapports et proces-verbaux des réunions CIESM, 36, 424.
8. Viličić, D., Kršinić, F., Burić, Z., Caput, K. (2000): *Taxonomic composition and abundance of phytoplankton in the middle reach of the karstic Zrmanja Estuary (Croatia)*. Acta Botanica Croatica, 59, 361-364.

Autori:

dr. sc. Ivica Vilibić, dipl. inž. Goran Olujić, mr. sc. Nenad Leder, dr.sc. Ante Smirčić

Hrvatski hidrografski institut, Zrinsko Frankopanska 161, 21000 Split

tel. +385 21 361840, fax. +385 21 347242, email: ivica.vilibic@hhi.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.48.

Hidraulične prilike oko stupovlja mosta

Staša Vošnjak, Franci Steinman

SAŽETAK: Prikazana je analiza hidrauličnih prilika oko stupovlja mosta. Kao praktični primjer modeliran je odsjek rijeke Salzach u Austriji (kojeg danas premošćuje...)gdje danas četiri stupa mosta čine premošćenje dvotračnoj željezničkoj pruzi, a predviđa se proširenje na tri kolosijeka. Promet ne može biti obustavljen, pa će se zbog toga usporedno provesti novi željeznički most na dva stupa. Preveliki broj stupova mosta uzrokuje smanjenje protočne sposobnosti, radi čega je povjereno hidraulično modeliranje Tehničkom Univerzitetu u Grazu, gdje je bio izgrađen fizički hidraulični model. Katedra za mehaniku tekućina sudjelovala je kod mjerenja na fizičkim modelima, a isto tako je izvršila i matematično modeliranje sa dva dvodimenzionalna dubinski prosječna matematična modela: američki SMS-RMA2 i kanadski Aquadyn. Nadalje će se analizirati utjecaj potrebnog zatvaranja vodotoka radi zaštite gradilišta.

KLJUČNE RIJEČI: stupovlje mosta, fizički hidraulični model, dvodimenzionalni matematični hidraulični model.

Hydraulic Conditions Around The Bridge Piers

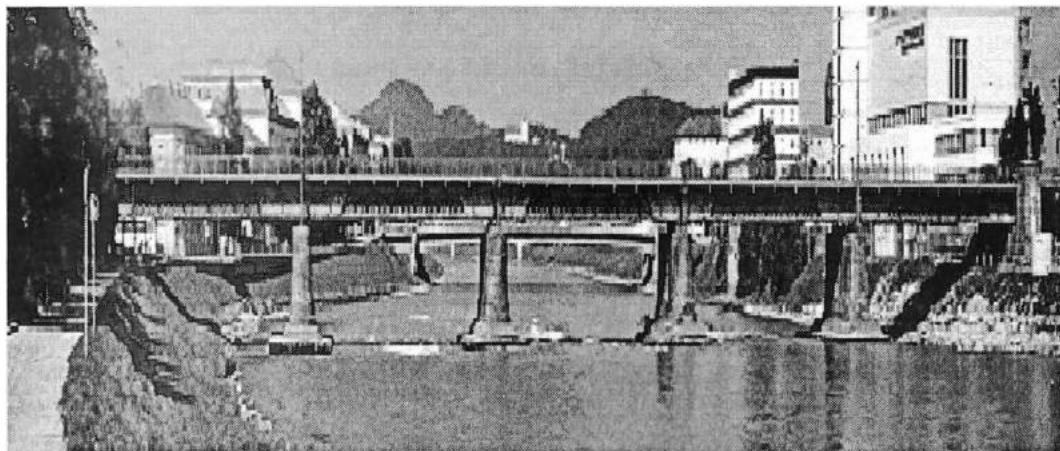
SUMMARY: An analysis is given of hydraulic conditions around the bridge piers. As a practical example, a reach of the Salzach River in Austria is modeled. It is crossed by four-pier bridge carrying a double-track rail planned to be upgraded to three track. The traffic cannot be stopped, so a new railway bridge on two piers shall be built simultaneously. Such a large number of piers cause decrease in the throughput, so a hydraulic modeling has been performed at the Technical University in Graz. A physical hydraulic model was set up. The Fluid Mechanics Department took part in measurements on the physical models, and carried out mathematical modeling on two two-dimensional mathematical hydraulic models: the American SMS-RMA2 and the Canadian Aquadyn. An impact of the stream damming for the construction site protection shall also be analyzed.

KEYWORDS: bridge piers, physical hydraulic model, two-dimensional mathematical hydraulic model.

1.0 UVOD

Na već spomenutom odsjeku rijeke Salzach, gdje već postoje četiri mostna stupa za željezničku prugu sa dva kolosijeka, pruga će se raširiti na tri kolosijeka, radi čega će biti usporedno izgrađen nov željeznički most sa dva mostna stupa. Kada se promet preusmjeri na njega, stari će se most porušiti. Veliki će broj stupova prouzrokovati lokalne smetnje toka i sa njima povezane procese erozije, a za takve slučajeve

matematični modeli još su uvijek premalo sigurni, pa je zbog toga naručen (fizični) hidraulični model. U okviru sudjelovanja između Univerziteta u Ljubljani (Katedre za mehaniku tekućina – KMTe) i Tehničkog univerziteta u Grazu- (TUG, Institut za vodene zgrade i vodno gospodarstvo) izveli smo na tom primjeru još i pokus uporabnosti dva komercijalna matematična modela. Mjerenja na fizičnom hidrauličnom modelu uporabili smo, naime, za provjeru rezultata koje daju 2D(dvodimenzionalni) (u tlorisnoj ravnini) dubinsko prosječni matematični modeli Aquadyn i SMS-RMA2.



Slika 1: Prikaz mostnoga stupovlja

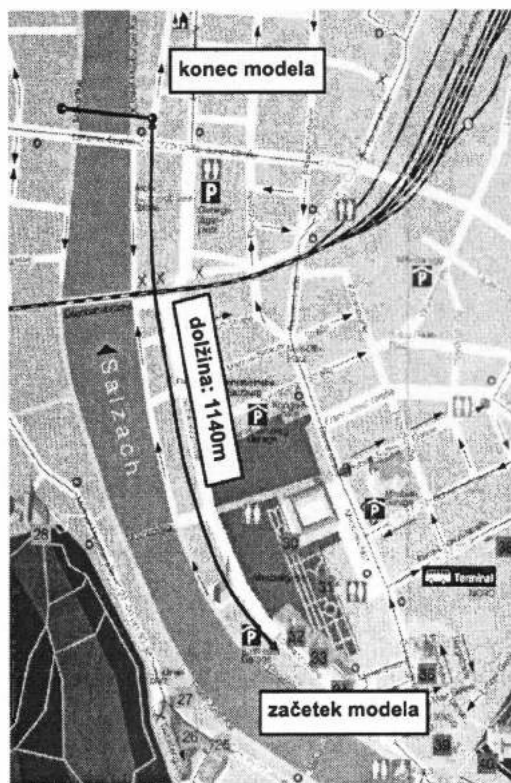
2.0 FIZIČNI HIDRAULIČNI MODEL

Izrađen je fizični hidraulični model u nedistorziranom modelnom omjeru 1:40. Prikazuje odsjek rijeke Salzach, dug 1140 m i prosječne širine 120 m. Model ima na većem predjelu odsjeka fiksno dno, a samo u predjelu mostnog stupovlja i nizvodno od njih je uređeno gibljivo (piješćano dno). Isprva se je na predjelu mostnog stupovlja (pokretno dno) uporabila varijanta, sa modelu primjerenim finim pijeskom, ali je odmah pokazala da su procesi erozije preveliki, zbog čega je fizični model na predjelu mostnog stupovlja prerađen odn. uređen sa većim kamenim frakcijama, što u prirodi predstavlja buduće utvrđene dna i izbočina.

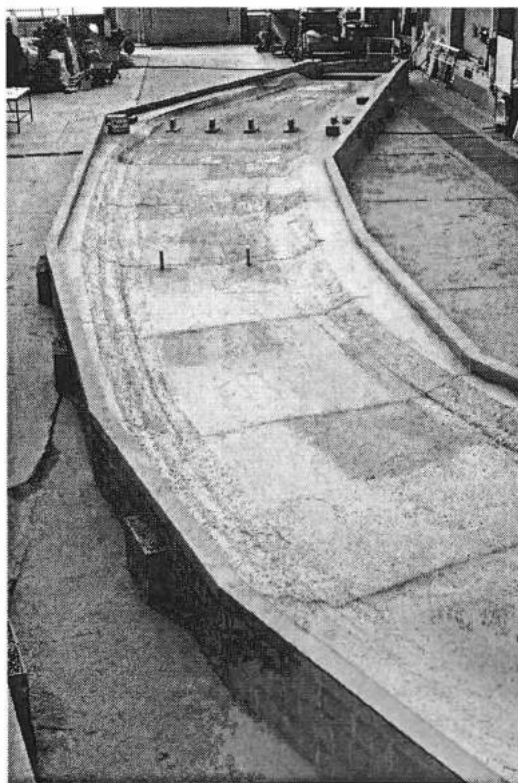
Kod početnog i izmjenjenog uređenja fizičnog modela izvedena su mjerenja razina, koja su potrebna radi umjerivanja dva 2D (dvodimenzionalna) matematična modela. Kasnije smo izvršili još dva mjerenja brzina toka na fizičnom modelu; jednom mjerenje jednodimenzijskih (primarnih) brzina i drugi put mjerenje dvije komponente brzine (uzdužnu i popriječnu). Izmjerene brzine smo radi toga mogli usporediti s brzinama izračunatim prethodno na već izmjerenima matematičnim modelima.

Model je izrađen tako, da se uvažava Froude-ov zakon modelne sličnosti. Za mjerenje brzina bili su uporabljeni slijedeći instrumenti:

- ☐ 1D ultrazvučni mjerač brzine, proizvođača Höntzsch
- ☐ 2D ultrazvučni mjerač brzine (ADV), proizvođača Nortek

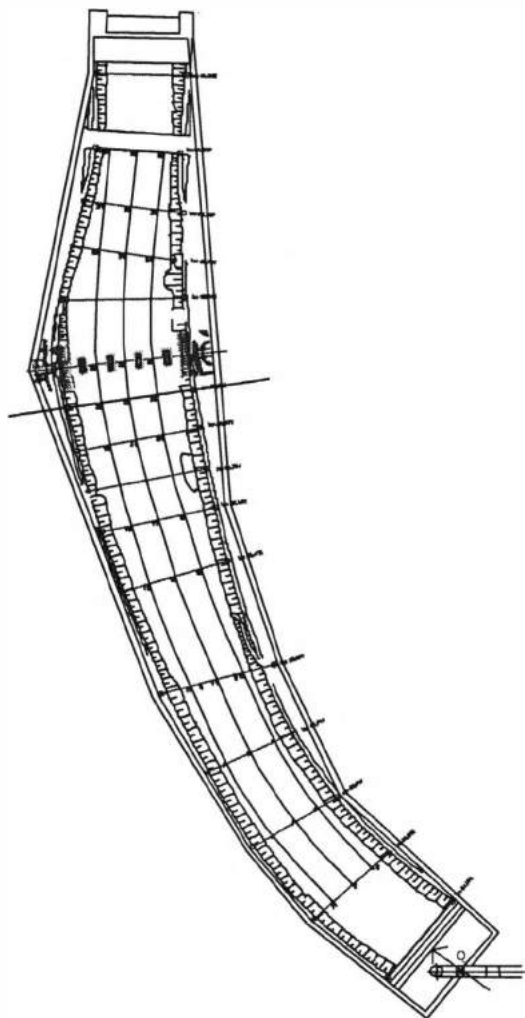


Slika 2: Prikaz odsjeka rijeke Salzach, koji je bio modeliran

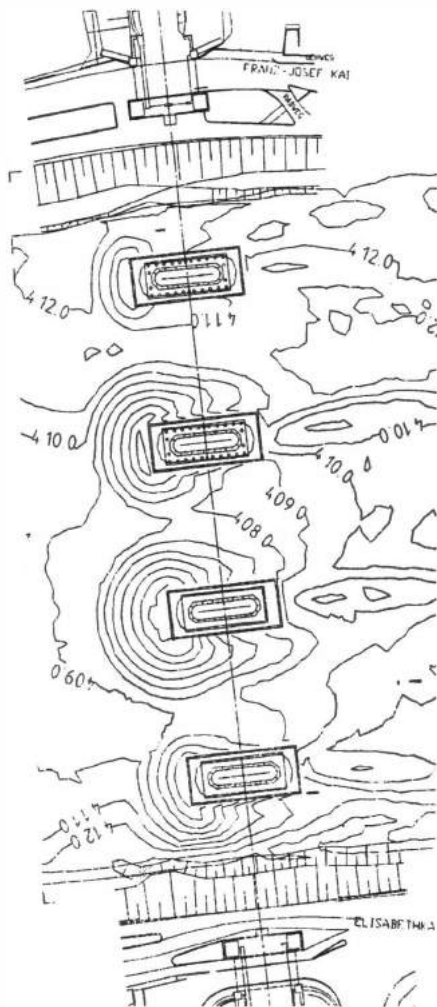


Slika 3: Fizični hidraulični model

Prvi instrument sastavlja su senzor i ručni prikazivač. Omogućava mjerenje temperature vode i brzine u smjeru toka (tj. u smjeru u kojem je instrument usmjeren) i djeluje na principu Karmanovoga fenomena stvaranja vrtloga. Drugi mjerač omogućava mjerenje dviju komponenti brzine u mjernom volumenu, kojeg sonda ne ometa i na kojeg ne utječe kakvoća vode te se zato dosta često upotrebljava (u laboratorijima i na terenu). Mjerenja brzina izvedena su u 12 poprečnih profila. Prvi protok je bio Q_{10} (u prirodi $1520 \text{ m}^3/\text{s}$, na modelu $150,2 \text{ l/s}$), drugi protok je bio Q_{100} (u prirodi $2200 \text{ m}^3/\text{s}$, što je na modelu $217,4 \text{ l/s}$). U svakom profilu smo izmjerili brzine u tri različite točke poprečnoga presjeka. Mjerenja sa 1D ultrazvučnim mjerjačem brzine, izveli su suradnici TUGa, a mjerenja sa 2D mjerjačem brzina, suradnici KMTe. Na slici ispod su prikazani poprečni profili i točke na poprečnim profilima u kojima su izvedena mjerenja brzina toka, te oblici gibljivog dna oko mostovnog stupovlja.



Slika 4: Prikaz točaka u kojima su bila izvođena mjerenja brzina toka (prikazan je dio odsjeka sa gibljivim dnom)



Slika 5: Prikaz udubljenja dna radi većih brzina na odsjeku gibljivog dna oko mostovnog stupovlja

3.0 MATEMATIČNO MODELIRANJE

Za hidrauličnu analizu uporabili smo matematične modele SMS-RMA2 i Aquadyn koji su dubinsko prosječne numerične simulacije, temeljene na metodi konačnih elemenata. Kod metode konačnih elemenata vodno se tijelo razdijeli na manje dijelove (elemente), koji mogu biti trokutnog ili četverokutnog oblika sa parabolikim stranicama. Elementi su definirani sa točkama čvorišta. Čvorišta su na uglovima elemenata, a mogu biti i (npr. na sredini) na stranicama. Vrijednosti varijabli unutar konačnog elementa se aproksimiraju na temelju čvorišnih vrijednosti i interpolacijskih funkcija.

Ugradnja geometrijskih odnosa u model najjednostavnija je pomoću digitalnog modela reljefa na kojega se potom dodaju još drugi (npr. izmjereni) geometrijski podaci. Za

unos geometrije uporabljen je grafični prijenosnik SMS i obrađeno polje zahvaćeno mrežom, sastavljenom od 7136 trokutnih konačnih elemenata, koja je za oba hidrodinamična matematična programa Aquadyn i SMS-RMA2 jednaka. Izrađenoj geometriji potrebno je dodati i rubne uslove. Model RMA2-SMS (za mirni tok, već uporabljen za izračune na Dravi) zahtijeva u dotočnom i ispusnom presjeku dva rubna uslova, protok i razinu vode (izračunate npr. sa 1D matematičnim modelom ili izmjerene u prirodi). Jednake rubne uslove zahtijeva također Aquadyn, koji je hidrodinamični paket, i omogućava modeliranje stalnog i nestalnog toka u silovitom i mirnom režimu (već uporabljeno za prve izračune blatnoga toka u Logu pod Mangrtom). A u računu može se uzeti u obzir i oblik dna (batimetrija), trenje uz dno, gravitacijske sile, moguće utjecaje vjetra, Coriolisove sile i disipacija turbulencije.

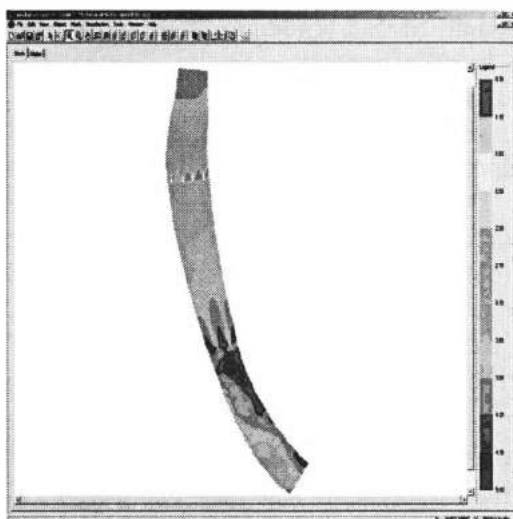
Da bi se omogućilo uspoređenje izračuna iz dvaju programa, napravili smo mrežu elemenata i cjelokupni digitalni model reljefa izradili pomoću grafičkog prijenosnika SMS, a potom ga prenijeli u program Aquadyn. Točke mreže tako su u oba programa iste, jednako i rubni uslovi.

4. REZULTATI

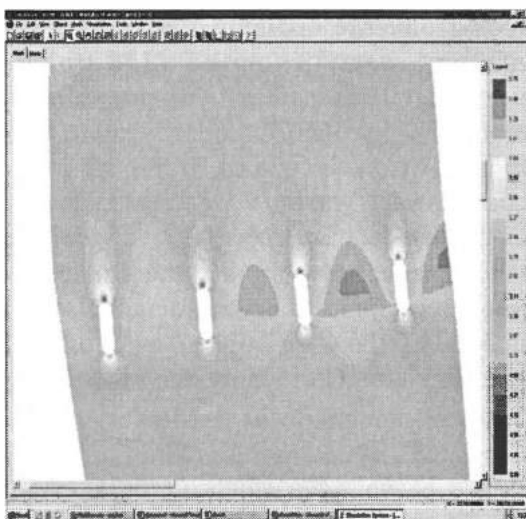
Na osnovi izmjerenih razina vode bila su umjerena oba 2D matematična modela. Njihove (numerični) rezultati potom su uspoređeni sa obje vrste (1D, 2D) izmjerenih brzina na fizičnom modelu. Izračunate brzine se (po veličini) poprilično dobro poklapaju sa izmjerjenima, ali ipak su vidne razlike, kako pri raspodjeli brzina (npr. položaj matice toka), tako po trendovima (npr. veće brzine uz konkavni brijeg krivine i sl.). U većini točaka izračunate su brzine u okviru granica izmjerenih brzina i u pravilu su veće od 1D izmjerenih brzina, a manje od 2D izmjerenih brzina.

Podjela brzina koje su bile izračunate sa programom Aquadyn se npr. ne slaže sa mjerenjima, samo u profilima kod mostovnih stupova (koji su upravo najzanimljiviji). Također je zanimljivo da se u pojedinim profilima podjela 1D mjerenja uklapa sa raspoređenjem brzina koje je izračunao program Aquadyn, međutim, 2D mjerenja pokazala su nam drugačiji raspored. Kao drugu osobitost može se primjetiti da je npr. raspored brzina jednak pri računu sa programom Aquadyn i 2D mjerenjima, dok nam 1D mjerenja prikazuju drugačiju podjelu. Isto tako, kao kod programa Aquadyn, i brzine izračunate sa programom SMS-RMA2 se po veličini vrlo dobro slažu sa izmjerenim brzinama. Ipak, podjela po poprečnom presjeku dosta je drugačija, jer su i kod programa SMS u većini točaka skalarne vrijednosti izračunatih brzina unutar izmjerenih brzina i također kao kod Aquadyna, većinom veće od 1D izmjerenih brzina i manje od 2D izmjerenih brzina.

Niže je prikazan samo grafični prikaz podjele brzina uzduž obrađivanoga odsjeka, i kao detalj, odnosi na predjelu sa mostnim stupovima. Matematični modeli pokazuju, gdje nastupaju najveće brzine, ali među njima su takve razlike, da na te rezultate nije moguće oslanjanje analize vučnih sila (odn. dimenzioniranja utvrde na predjelu između mostnih stupova). To također ukazuje na potrebu za, da je izgradnjom fizičnog modela. Mjerenja na njemu značajna su, također, za buduće radove, kada će se više pažnje usmjeriti u analizu uzroka za različite podjele brzina koje dobivamo pojedinim matematičnim modelima.



Slika 6: Prikaz podjele brzina u horizontalnoj ravnini (dubinsko prosječne) za Q_{100}



Slika 7: Predjeli sa jednakim brzinama oko mostovnih stupova, izračunatih kod protoka Q_{100}

5. ZAKLJUČCI

Hidraulične analize su najčešće osnovane na eksperimentu, jer jednadžbe za opisivanje toka vode nisu analitički rješive. Nekada se hidraulične probleme moglo rješavati samo na fizičnim modelima, zatim je nastao (pre)velik naglasak samo na matematičnim modelima koji su uvijek tražili određen opseg mjerenja. Danas se problemi rješavaju uravnoteženom kombinacijom numeričnih modela i pokusa na fizičnom modelu (odn. u prirodi). Ne glede na uporabu najmodernijih kompjutera i opreme, u hidraulici još uvijek postoje problemi, koje možemo rješavati samo eksperimentalno.

Numerični i fizični modeli moraju sa određenom preciznošću predvidjeti ponašanje prototipa odn. stanja u prirodi. Zato mora biti svaki izgrađeni model umjeren i provjeren (kalibriran i verificiran). To znači, da se moraju događaji koje promatramo u prirodi, dobro reproducirati na fizičnom ili numeričnom modelu. Na fizičnom modelu to se dostiže biranjem fizikalnih značajki modela, kao što je hrapavost dna i sl., a kod numeričnih modela to se postiže sa promjenama koeficijenata. Za uspješnu kalibraciju fizičnih i/ili numeričnih modela, potrebni su nam povjereni podaci iz prototipa, odn. prirode, i zato je sakupljanje potrebnih podataka, obično dugotrajan i skup ali neizostavan posao.

Primjer iz ove austrijske prakse uporabili smo za usporedbu izmjerenih hidrodinamičnih veličina, na fizičnom modelu, sa izračunatim veličinama, i 2D matematičnim modelom, (umjerenima glede na uzdužni profil razina vode). Pri usporedbi uzeli smo u obzir, da su brzine izmjerene npr. 2D mjerачem brzine, znatno veće od izračunatih brzina, koje su uzete prosječno po dubini u određenim točkama. Usporedba brzina, izračunatih matematičnim modelom Aquadyn i matematičnim modelom SMS-RMA2, pokazuje dobro slaganje glede skalarnih vrijednosti brzina, ali i odstupanja kod podjele brzina u horizontalnoj ravnini obrađivanoga odsjeka.

Na odsjeku sa gibljivim dnom, koji je modeliran uporabom fizičnog i matematičnog modela, prisutno je također premiještanje zrnja, koji se kotrljaju ili skližu po dnu struje. O tome se vodilo računa na fizičnom modelu, ali ne i u matematičnim modelima, gdje je uporabljena fiksna geometrija odsjeka. U daljem radu potrebno je dodati i izračune za razradnju prilika kod gibljivog dna, što zahtijeva dodatni programski modul. No razlike između rezultata oba matematična modela (i kod fiksnog dna) pokazuju da je fizični model neophodan. Sljedeća mjerenja varijantnih odnosa kod zatvaranja gradališta, uporabit će se za daljnju analizu o prikladnosti matematičnih modela koji su dostupni na tržištu.

Posao je obavljen zahvaljujući dobrom sudjelovanju zaposlenih na TU Graz i KMTe, u okviru programa SLO-A-15 međunarodnoga sudjelovanja Slovenije i Austrije. No, gledano iz naše perspektive, zanimljivo je prije svega to što, se i kod nas gradilo odn. još se gradi nekoliko (npr. autoputnih) mostova, zbog kojih bi se mogao naručiti hidraulični model, ali to (još) nipošto nije praksa.

LITERATURA:

- [1] Agroskin I. I., Dmitrijev G. T., Pikalov F.I.: Hidraulika, 1973 Tehnička knjiga Zagreb
- [2] Banovec, P.: Hidravlična analiza cevi z zarezami, diplomatska naloga, 1995 Ljubljana
- [3] BOSS International: SMS-Surfacewater Modelling System-7.0 Overview, 6.0 Users Manual
- [4] Chanson H.: The hydraulics of open channel flow, 1999 Velika Britanija
- [5] Carreau, M.: AquaDyn 3.1 Tutorial, Navodila za uporabo, 2000 Montreal
- [6] Donell, Barbara P. & King, I.: RMA2 Users Guide
- [7] Hojnik T.: 2D model Sore od Puštalskega jezua do mostu v Suhi in ukrepi za izboljšanje poplavne varnosti, zbornik referatov 12. Mišičev vodarski dan 2001, Maribor 2001
- [8] Steinman, F.: Hidravlika, Učbenik, 1999 Ljubljana
- [9] Širca, A.: Programi za račun gladin stalnega neenakomernega toka v slovenski hidrotehnični praksi, Acta hydrotechnica, Zbornik referatov 16. Goljevščkovega spominskega dne, 1997 Ljubljana
- [10] Rajar, R.: Hidromehanika, Učbenik, 1986 Ljubljana

Autori:

udig. Staša Vošnjak, Hidroinštitut, Hajdrihova 28, SI-1000 Ljubljana
prof. dr. Franci Steinman, Univerza u Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Hajdrihova 28, SI-1000 Ljubljana



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.49.

Ekološka valorizacija slatkovodne bare na otoku Veli Brijun (Nacionalni park Brijuni, Hrvatska)

Elvis Zahtila, Jasna Vidaković

SAŽETAK: Na otoku Veli Brijun nalazi se slatkovodna bara koja je ostala kao dio pejzažne arhitekture prilikom uređivanja otoka krajem 19. i početkom 20. stoljeća.

Istraživanje je provedeno tijekom 2002. godine (lipanj-listopad). Prvo istraživanje ovog biotopa imalo je za cilj na temelju ekoloških čimbenika utvrditi stanje i stupanj trofije.

U kolovozu 2002. izmjerena površina bare iznosila je 1808,6 m², a najveća dubina izmjerena je u listopadu u sredini bare i iznosila je 2,49 m. Debljina nataloženog sedimenta iznosila je 95 cm u sredini bare, a uz obalu 75 odnosno 69 cm. Sediment je bio sive do smeđe boje i uz obalu bogat finim organskim detritusom.

Tijekom istraživanja utvrđene su submerzne vodene biljke *Ceratophyllum demersum* i *Potamogeton crispus*. Uz sam rub obale, u lipnju, utvrđena je velika količina algalnih prevlaka (metafiton). Dominirala je nitasta zelena alga *Cladophora* sp. Mjestimično su prevlake imale crvenosmeđu boju od vrsta *Trachelomonas volvocina* i *Euglena sanguinea*.

Na dvije postaje su tijekom razdoblja istraživanja, na vrsti *Ceratophyllum demersum* zabilježene samo ličinke Odonata, Chironomida te nekoliko jedinki juvenilnih slatkovodnih Gastropoda.

U borbi protiv malarije u prošlosti je unesena riba *Gambusia* sp. koja danas dominira barom. Uz ovu ribu zabilježena je i riba *Carassius* sp.

Na tri postaje, na temelju Secchi dubine (prozirnosti) izračunat je stupanj trofije TSI-SD, a vrijednosti su se kretale od 58,37 do 72,50 i obilježje su eutrofne vode.

KLJUČNE RIJEČI: Brijuni, slatkovodna bara, stupanj trofije

Ecological Valorization of the Freshwater Pond Situated on the Island of Veli Brijun (Brijuni National Park, Croatia)

SUMMARY: The investigated freshwater pond is situated on the island of Veli Brijun. The pond is a part of landscape architecture from the late 19th and early 20th century.

The primary goal of the research was to determine the trophic state.

In August 2002, the pond had surface of 1808.6 m². In October 2002, the greatest depth measured in the central part of the pond was 2.49 m. The sediment settled in the middle of the pond was 95 cm thick, and along the shore of the pond it varied from 74 to 69 cm. The sediment was of gray to brown color and along the shore it was rich in fine organic detritus.

In the period of investigation (June to October 2002) two submersed aquatic plants were found,

Ceratophyllum demersum and *Potamogeton crispus*. In June, a high amount of algae (metaphyton) was recorded along the borderline of the shore. The dominant species was the filamentous green alga, *Cladophora* sp. Occasionally the metaphyton was brownish-reddish in color due to the presence of the species *Trachelomonas volvocina* and *Euglena sanguinea*. Only larvae Odonata, Chironomida and several freshwater juvenile gastropods were found at two sites in the period of investigation associated with aquatic plant *Ceratophyllum demersum*. Due to the malaria problems in the distant past *Gambusia* sp. was brought into the pond, and it dominates the pond today. Along with this fish, another fish species, i.e. *Carassius* sp., was found. Secchi depth was recorded and TSI-SD was calculated at three sites. The obtained values ranged from 58.37 to 72.50, which is characteristic of eutrophic water.

KEYWORDS: the Brijuni Islands, freshwater pond, trophic state

UVOD

Nacionalni park Brijuni čini 14 otoka i otočića sa pripadajućim akvatorijem. Najveći među njima je otok Veli Brijun s površinom od 555,77 ha što čini 75% kopnenog dijela parka. Na ovome otoku se nalazi prirodna depresija ispunjena oborinskom vodom, a ostatak je nekadašnjih močvara (Slika 1.). Tijekom uređivanja brijunskog krajobraza na prijelazu iz 19. u 20. stoljeće uređen je pristup bari i iskopani su kanali koji su oborinsku vodu s okolnih livada i poljoprivrednih površina odvodili u baru. Služila je kao drenažni rezervoar područja uz centralnu gospodarsku i turističku zonu otoka. Danas je ona dio jedinstvene pejzažne arhitekture koja je najvećim dijelom ostvarena radom, istarskog šumarskog stručnjaka, Alojza Čufara [1]. Na Velom Brijunu postoji vrijedan sklad prirodnih i antropogenih elemenata u cjelovitoj slici krajobraza.

Prema definiciji lentičkih sustava istraženo vodeno tijelo na otoku je bara, obzirom da svjetlost prodire do dna koje je obraslo submerznim vodenim biljkama [15]. Sva su vodena tijela podložna procesima starenja. Premda nema direktnog donosa većih količina nutijenata tijekom dugog niza godina, na dnu bare se talože biljni i životinjski materijal nakon uginuća vodenih organizama i okolnog kopnenog bilja. Prirodna se depresija postupno puni detritusom i dno se izdiže te se dubina smanjuje i vodeno tijelo polako prelazi u kopnene ekosustave. Ovaj proces poznat je kao ekološka sukcesija [15].

Cilj istraživanja bio je na temelju abiotičkih [3] i biotičkih čimbenika utvrditi stupanj trofije vode bare kao i utjecaj riba *Gambusia* sp. i *Carrasius* sp., poznatih omnivornih vrsta koje se hrane kako biljnom tako i hranom životinjskog porijekla [10,12].

MATERIJAL I METODE

Istraživanja abiotičkih (temperatura, prozirnost i dubina vode) i biotičkih čimbenika (kvalitativni i kvantitativni sastav makrofita i pridružene makrofaune) provedena su od lipnja do listopada 2002. godine prema standardnoj metodologiji [2]. U kolovozu su izmjerene dužina i širina bare, kao i površina vodenog tijela. Mjerenjem dubine na dva transeкта na svakih pet metara željelo se utvrditi nagib litoralne zone. Debljina taloga je mjerena na tri postaje (A, B i C) obzirom da se na temelju debljine taloga može predvidjeti brzina podizanja dna bare kao i brzina zatrpavanja. Na postajama A i B, standardnom metodom kvadrata, skupljen je biljni materijal i u laboratoriju određen te je izdvojena pridružena makrofauna [2]. U lipnju je na sjeveroistočnom dijelu bare utvrđena veća količina metafitona te je utvrđen kvalitativni sastav zajednice. Na temelju izmjerene Secchi dubine na svim postajama i korištenjem izraza za izračunavanje TSI –SD, utvrđen je stupanj trofije [3].

REZULTATI

Na temelju izmjerene dužine i širine bare utvrđena je površina od 1808,6 m². Dubina vode bila je 2,20 m u lipnju i 2,49 m u listopadu u središnjem dijelu bare. Debljina taloga je manja bliže obali (postaje A i B), a najveća je u sredini jezera (postaja C) i iznosila je 95 cm (Tablica 1.). Gotovo se može sa sigurnošću reći da se svake godine dno podiže za gotovo jedan centimetar. Mjerenjem dubine na svakih pet metara, na dva transeкта (Slika 2.) utvrđen je blagi nagib litoralne zone (Slika 3.).

Tijekom razdoblja istraživanja utvrđene su samo dvije vrste submerznih vodenih biljaka: *Ceratophyllum demersum* i *Potamogeton crispus*. U kolovozu i listopadu utvrđena je na sjeveroistočnom obalnom dijelu bare emerzna vodena biljka, *Carex* sp. *Ceratophyllum demersum* dominantna je submerzna biljka i prekriva gotovo 70% površine bare tvoreći vidljivi prsten koji počinje na desetak metara od obale i širi se prema sredini (Slika 1). Svježa biomasa vrste *Ceratophyllum demersum* na istraživanim postajama A i B kretala se od 893 g do 1091 g /0,25 m².

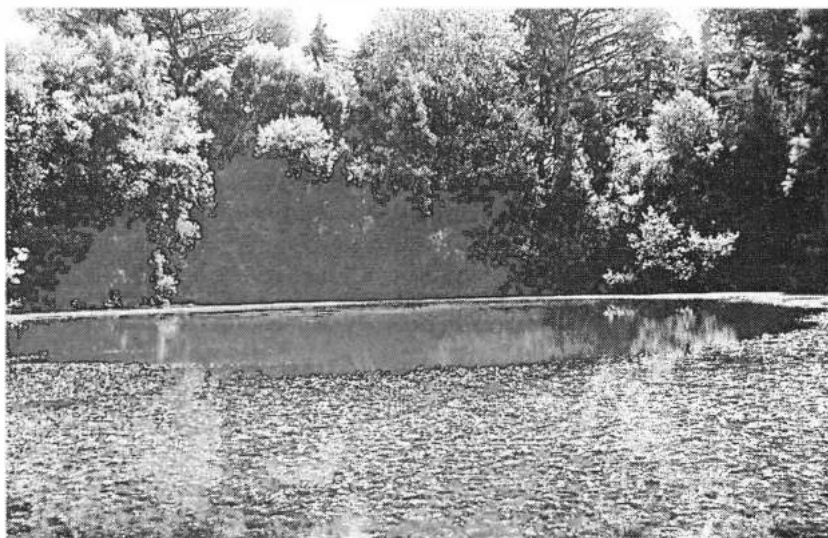
Pridružena makrofauna bila je vrlo siromašna i satavom i brojem jedinki. Tijekom razdoblja istraživanja utvrđene su samo ličinke Odonata (36 - 99 jed./0,25 m²) i Chironomida (36 - 60 jed./0,25 m²) te samo osam jedinki juvenilnih Gastropoda na 0,25 m² (Tablica 2.).

Tablica 1. Prozirnost i dubina vode, debljina taloga i TSI - SD na mjernim postajama bare.

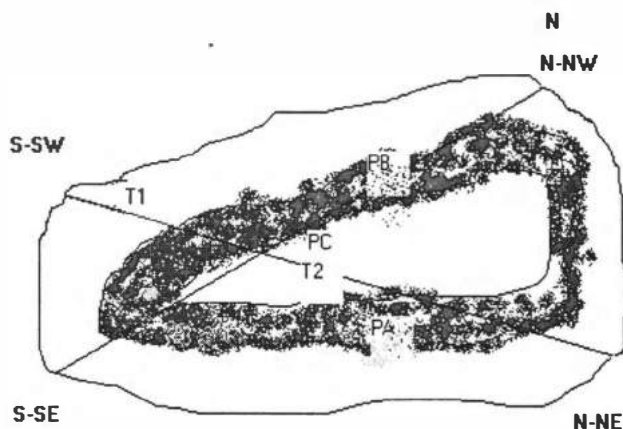
	prozirnost (m)	dubina vode (m)	debljina taloga (cm)	TSI - SD
23.06.02.				
A	0,65			66,21
B	0,86			62,18
C	1,00	2,20		60
31.08.02				
A	0,42	0,79	63,5	72,5
B	1,00	2,18	76	60
C	0,72	2,30	95	64,73
24.10.02.				
A	0,91	0,95		61,36
B	1,12	1,52		58,37
C	1,12	2,49		58,37

Tablica 2. Makrofauna zabilježena na submerznoj vodenoj biljci *Ceratophyllum demersum* (broj jedinki/ 0,25 m²).

	Odonata-ličinke	Chironomida-ličinke	Gastropoda-juvenilni
23.06.02.			
A	79	36	0
B	99	56	8
31.08.02			
A	75	60	0
B	36	0	0



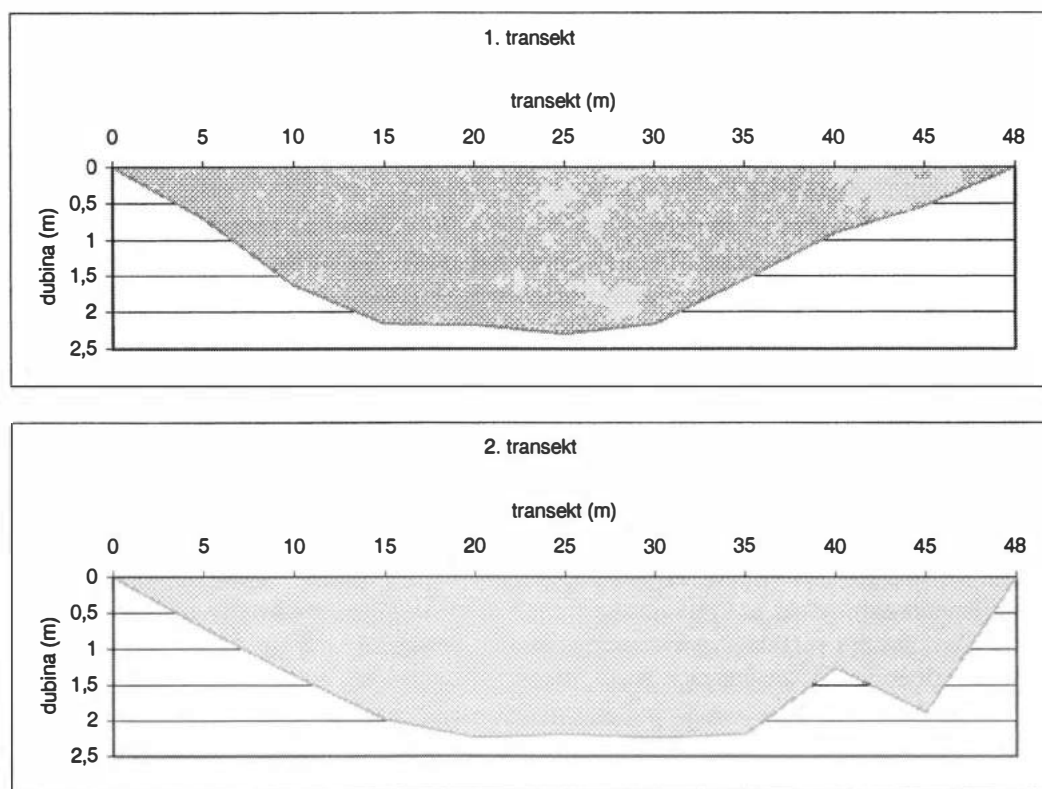
Slika 1. Slatkovodna bara na otoku Veli Brijun. Uočava se prsten koji tvori submerzna vrsta *Ceratophyllum demersum*.



Slika 2. Shematski prikaz bare s 1. i 2. transektom (T1 i T2) i istraživanim postajama (A, B i C)

Velike naslage metafitona zabilježene u lipnju mjestimično su imale crvenosmeđu boju (Slika 4.). Pomoću mikroskopa utvrđen je kvalitativni sastav ove zajednice koja je imala izgled „zelene šećerne vune“: bakterije, modrozeleni alge (cijanobakterije) – *Anabaena*, *Crococcus*, *Microcystis flos-aque* (incerta), *Oscillatoria*; *Euglena sanguinea*, *Trachelomonas volvocina*, *T. hispida*; zelene alge – *Selenastrum*, *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Coelastrum*, *Cosmarium*; nitaste zelene alge – *Oedogonium* i *Cladophora*; dijatomeje; po koji trepetljikaš; Dynoflagellata – *Peridinium*; Testacea (okućene amebe) – najbrojnija vrsta *Centropyxis aculeata*; Rotatoria – najbrojniji metazoa; po koji Cladocera.

Vrijednosti trofičkog indeksa, TSI – SD, kretale su se od 58,37 do 72,5 tijekom razdoblja istraživanja (Tablica 1.).



Slika 3. Dubine mjerene na dva transektu u slatkovodnoj bari (otok Veli Brijun)



Slika 4. Metafiton. Uočljive su smeđecrvene mrlje koje potječe od vrsta *Euglena sanguinea* i *Trachelomonas volvocina*

RASPRAVA

Obzirom na veliki broj kišnih dana tijekom jesenjeg razdoblja [16] površina bare, kao i dubina povećavale su se od lipnja do listopada 2002. godine.

Na temelju izmjerene debljine taloga, pretpostavka je da se dno bare podiže za približno jedan centimetar godišnje.

Dominantna submerzna vodena biljka *Ceratophyllum demersum* prekriva 70% površine bare. Ova je biljka poznata po prilagodbi na područja sa smanjenim intenzitetom osvjetljenja i tvori bogata naselja u vodama bogatim nutrijentima [5,7]. Ovako bogata naselja vodenih makrofita ubrzavaju taloženje uginulog biljnog materijala na dnu bare.

Makrofauna, kojoj je stanište ceratofilum, vrlo je siromašna u bari, a što nije slučaj u drugim područjima istraživanja [14]. Ličinke Odonata koje su grabežljive i hrane se drugim ličinkama, puževima, pa i mladim ribama, prema nekim istraživanjima prisutne su u vodenim tijelima tijekom cijele godine [8]. Ličinke Chironomida se javljaju u većem broju u slatkovodnim tijelima koja su opterećena nutrijentima.

Metafiton se obično razvija u plitkim područjima koja su dobro osvjetljena i obično u ranim proljetnim mjesecima. Bogat je predstavnicima mikro-, meio- i makrofaune. U metafitonu zabilježen je veliki broj jedinki vrsta *Euglena sanguinea* i *Trachelomonas volvocina*, što je i razumljivo s obzirom da se razvijaju u velikom broju na područjima koja su izložena UV zračenju, a to su plitka područja bara i jezera [9].

Riba *Gambusia* sp. unešena je početkom 20. stoljeća u svrhu borbe protiv malarije s obzirom da se hrani ličinkama komaraca. No, mnogobrojna istraživanja su pokazala da se ova riba hrani i algama, rašljoticalcima i ličinkama drugih kukaca te da nije učinkovita u borbi protiv malarije, odnosno komaraca malaričara [6]. Siromašan kvalitativni i kvantitativni sastav makrofaune ukazuje na gambuziju kao glavnog predatora makrofaune.

U bari živi i zlatna ribica, *Carassius* sp. koja je također omnivorna vrsta. Mladi se uglavnom hrane zooplanktonom i ličinkama kukaca [11].

Trofičko je stanje jedan od pokazatelja kvalitete vode te su na temelju prozirnosti izračunati TSI - SD za sve tri istraživane postaje. Na temelju izračunatih vrijednosti može se reći da je voda bare eutrofna s tendencijom povećanja stupnja trofije [4].

Dobiveni rezultati i usporedba s drugim istraživanim područjima upućuju na to da je bara u svojim «zrelim godinama», odnosno, kao i sva vodena tijela, podložna procesima starenja. Slijedeća faza starenja mogla bi dovesti do smanjenja prozirnosti, a što pak vodi ka bržem razvoju fitoplanktona, te zbog drastičnog smanjenja intenziteta svjetla, do nestanka makrofita [13].

ZAHVALA

Autori se najljepše zahvaljuju upravama Nacionalnog parka Brijuni i Pedagoškog fakulteta u Osijeku što su omogućili realizaciju ovog istraživanja. Također se zahvaljuju mr. sc. Željku Popoviću i mr. sc. Željku Zahiroviću za pomoć pri potvrdi determinacije biljnog materijala. Najljepše zahvaljujemo mr. sc. Irelli Bogut na korisnim savjetima i Mirni Radišić, prof. (Visoka učiteljska škola u Osijeku) na lekturi sažetka na engleskom jeziku.

LITERATURA

1. Anić, V. (2000): *Brijuni, neiskorištena oaza*. Vijenac, 165. Zagreb
2. APHA (1985): *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Associations. Washington D.C., 16th Ed., 1481 pp.
3. Carlson, R. E. (1977): *A trophic state index for lakes*. Limnol. Oceanogr. 22(2), 361-369.
4. Carlson, R. E., Simpson, J. (1996): *A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods*. North American Lake Management Society, 96 pp.
5. Davis, G.J., Brinson, M.M. (1980): *Responses of submersed vascular plant communities to environmental change*. <http://www.aquabotanic.com/paper2.html>
6. Garcia-Berthon, E. (1999): Food of introduced mosquitofish: ontogenetic diet shift and prey selection. Journal of Fish Biology, 55, 135-147.
7. Guilizzon, P. (1977): *Photosynthesis of the submergent macrophyte Ceratophyllum demersum in Lake Wingra*. Wisc. Acad. Sci. Arts Lett., 65, 152-161.
8. Hann, B. (1995): *Nectonic macroinvertebrates in a wetland pond (Crescent Pond, Delta Marsh, Manitoba)*. UFS (Delta Marsh). Annual Report, 30, 68-77.
9. Lindholm, T. (2000): *Red Protist – Are They Increasing?* The Journal of Eukaryotic Microbiology. Scandinavian Section Society of Protozoologists 22nd Annual Meeting.
10. Meffe, G. K., Snelson, F. F. Jr. (1989): *An ecological overview of poeciliid fishes*, pp 13-31. In G. K. Meffe and F. F. Snelson Jr., eds. *Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae)*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NY.
11. Murai, T., Andrews, J. W. (1977): *Effects of salinity on the eggs and fry of the golden shiner and goldfish*. Progressive Fish Culturist, 39(3), 121-122.
12. Richardson, M. J., Whoriskey, F. G., Roy, L. H. (1995): *Turbidity generation and biological impact of an exotic fish Carassius auratus, introduction into shallow, seasonally anoxic ponds*. Journal of Fish Biology, 47, 576-585.
13. Scheffer, M. (2001): *Alternative Attractors of Shallow Lakes*. The Scientific World, 1, 254-263.
14. Vidaković, J., Bogut, I., Zahirović, Ž. (2002): *Preliminary results of the research on the aquatic plants associated with macro- and meiofauna in Kopački Rit Nature Park (Croatia)*. Shallow Lakes 2002. International Conference on Limnology of Shallow Lakes. Balatonfured Hungary. Abstracts. Veszprem University Press, Vp.
15. Wetzel, R.G. (2001): *Limnology. Lake and River Ecosystems*. Third edition. Academic Press, 1006 pp.
16. www.tel.hr/dhmz/klima/ocjsez.html

Autori:

Dr. sc. Elvis Zahtila, viši stručni savjetnik, Javna ustanova Nacionalni park Brijuni,
Brijunska 10, HR - 52214 Fažana, tel. +38552 525816, e-mail: zahtila@net.hr

dr. sc. Jasna Vidaković, izv. prof., Sveučilište J. J. Strossmayera, Pedagoški fakultet,
Zavod za biologiju, L. Jägera 9, HR - 31000 Osijek, tel. +38531 211-400; fax
+38531212514; e-mail: javidako@inet.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.50.

Metalotioneini dvije vrste školjkaša kao biomarker izloženosti metalima

Roko Žaja, Dušica Ivanković, Biserka Raspor

SAŽETAK: Posebnu opasnost za vodene ekološke sustave predstavlja zagađenje metalima. Praćenje metala u sedimentu i/ili vodenom stupcu ulazi u različite programe monitoringa okoliša. Međutim, samo praćenje koncentracije metala u okolišu analitičkim metodama ne može predvidjeti izloženost i moguće toksične učinke koji metali mogu ispoljiti na pojedine vrste organizma.

Suvremene metode biomonitoringa zasnivaju se na biomarkerima. Dva su osnovna tipa biomarkera, biomarkeri izloženosti i biomarkeri učinka. Indukcija unutarstaničnog proteina metalotioneina, opće je prihvaćena kao biomarker izloženosti različitim neesencijalnim (Cd, Hg, Ag), ali i esencijalnim metalima (Cu, Zn).

Zbog sposobnosti da akumuliraju metale, te zbog činjenice da je unos metala u organizam razmjeran koncentraciji metala u okolišu, školjkaši su među najčešće odabiranim organizmima u biomonitoringu voda.

U suradnji s norveškim Institutom za ispitivanje voda (NIVA) s ciljem praćenja kvalitete morskih i slatkih voda Republike Hrvatske, od 2001. godine uvodi se novi, cjeloviti sustav biomonitoringa voda. Koncentracija metalotioneina i metala (Zn, Cu, Cd) određivana je u dva organa (škrge i probavna žlijezda) dvije vrste školjkaša. Kao bioindikatorski organizam za praćenje morskih voda izabrana je dagnja (*Mytilus galloprovincialis*), dok je za praćenje slatkih voda odabrana bezupka (*Anodonta cygnea*). Procijenjena je primjenjivost odabranih vrsta školjkaša kao indikatorskih organizama u biomonitoringu morskih odnosno slatkih voda.

KLJUČNE RIJEČI: vodni ekološki sustav, zagađenje metalima, biomarkeri, školjkaš

Metallothioneins of Two Bivalve Species as Biomarker for Metal Exposure

SUMMARY: Pollution by metals presents an exceptional danger to water ecosystems. Monitoring of metals in sediment and/or water column is a part of different environment monitoring programmes. However, monitoring results on only metal concentration in the environment using analytical methods cannot be used to predict the exposure and possible toxic effects which metals can have on particular species.

Contemporary biomonitoring methods are based on biomarkers. There are two basic types of biomarkers: biomarkers of exposure and biomarkers of effect. Induction of intracellular protein metallothionein is generally accepted as a biomarker of exposure to different non-essential (Cd, Hg, Ag) and essential metals (Cu, Zn).

Due to their capability to accumulate metals, and the fact that the intake of metals into the organism is proportional to the environmental concentration of metals, mussels are among the most frequently chosen organisms in water biomonitoring.

In collaboration with Norwegian Institute for Water Research (NIVA), and with the aim of monitoring the quality of salt and fresh waters of the Republic of Croatia, the new, integrated system of water biomonitoring was introduced in 2001. The concentration of metals and metallothioneins (Zn, Cu, Cd) was measured in two different organs (gills and digestive gland) of two mussel species. Common mussel (*Mytilus galloprovincialis*) was chosen as a organism for salt water biomonitoring, while freshwater mussel (*Anodonta cygnea*) was chosen for fresh water biomonitoring. The applicability of selected mussel species as indicator organisms in biomonitoring of salt and fresh waters was evaluated.

KEYWORDS: water ecosystem, pollution by metals, biomarkers, bivale species

UVOD

Uslijed različitih ljudskih aktivnosti, u okoliš dospijevaju različite količine kemijski i biološki aktivnih tvari. Posebnu opasnost za vodne ekološke sustave predstavlja zagađenje metalima. U različitim programima praćenja stanja okoliša prati se sadržaj metala u vodi, sedimentu i bioti. Međutim, samo praćenje koncentracije metala standardnim kemijsko-analitičkim metodama ne može ukazati na izloženost i potencijalni toksični učinak koji pojedini metali mogu ispoljiti na cjelokupni ekološki sustav.

Uzrok tome je ograničena i vrlo različita biološka raspoloživost određenih metala u određenim uvjetima u okolišu. Iz toga proizlazi da ukupna izmjerena koncentracija metala u nekom mediju - sedimentu ili vodenom stupcu - može imati malo ili nimalo veze sa stvarnim toksičnim potencijalom nađenog zagađivala. Slično tome ukupna koncentracija određenog metala u organizmu ili pojedinim organima i tkivima ne mora nužno biti direktan pokazatelj toksičnosti tog metala. Naime, organizmi posjeduju različite detoksikacijske mehanizme kojima nastoje umanjiti toksični potencijal određenog zagađivala pa tako i metala. Iz navedenih razloga ispravna procjena izloženosti nekom zagađivalu, isključivo na osnovi rezultata dobivenih kemijsko-analitičkim metodama, nije moguća. Stoga je suvremeni pristup u kvantificiranju i procjeni rizika izlaganja okolišnim zagađivalima kao i njihovom potencijalnom toksičnom učinku na organizam, primjena biomarkera. Biomarkeri se mogu definirati kao promjene na određenoj razini biološke organizacije koje su posljedica izlaganju određenim kemijskim zagađivalima [5]. Dva su osnovna tipa biomarkera, biomarkeri izloženosti i biomarkeri učinka [3]. Pobuda sinteze unutarstaničnog proteina metalotioneina (MT), opće je prihvaćena kao biomarker izloženosti različitim neesencijalnim (kadmij, živa), ali i esencijalnim metalima (cink, bakar) [9]. MT su citosolni proteini male molekulske mase (6 - 7 kDa; 57 – 75 aminokiselina) sa iznimno visokim udjelom (približno 30 %) aminokiseline cisteina [2]. Sulfhidrilne skupine cisteina daju ovoj molekuli veliki afinitet vezanja različitih metala. Iako funkcija MT nije u potpunosti objašnjena, pretpostavljena fiziološka uloga ovih molekula je održavanje precizne homeostaze organizmu neophodnih metala (prvenstveno Zn i Cu) koji i sami mogu biti toksični u povišenim koncentracijama [8]. Uslijed kemijske sličnosti s esencijalnim metalima, Hg, Cd i Ag metali najčešće prisutni u različitim otpadnim vodama, mogu se vezati na molekule MT čime se njihov toksični potencijal značajno smanjuje. Pri tome se iz molekula MT istiskuju atomi Zn čija je povišena koncentracija u stanici signal za sintezu MT [4]. Na taj način prisustvo metala u stanici odnosno u okolišu može dovesti do pobuđivanja sinteze i u konačnici povišenih

koncentracija MT u stanici. Upravo navedeno svojstvo čini pobudu sinteze MT specifičnim biomarkerom izloženosti metalima.

Zbog sposobnosti da akumuliraju metale kao i zbog činjenice da je unos metala u organizam razmjern koncentraciji metala u okolišu, školjkaši su među najčešće odabranim organizmima u praćenju stanja vodnog okoliša [6].

U ovom radu prikazani su rezultati mjerenja koncentracije MT u škrgama dagnji (*Mytilus galloprovincialis*) i bezupki (*Anodonta cygnea*) kao odabranih predstavnika morskih odnosno slatkovodnih ekoloških sustava. Mjerenja su obavljena u sklopu projekta CroWat čiji je cilj praćenje kvalitete morskih i slatkih voda Republike Hrvatske putem biomarkera. Projekt je započeo 2001. godine u suradnji s norveškim Institutom za ispitivanje voda (NIVA). U radu su prikazani najbitiniji rezultati dobiveni u dosadašnjem tijeku projekta. Cilj prikazanih rezultata je pokazati primjenjivost pobude sinteze metalotioneina kao biomarkera izloženosti metalima u odabranim vrsta školjkaša.

MATERIJALI I METODE

Uzorkovanje

Nativna populacija dagnje uzorkovana je dva puta - studeni 2001. i listopad 2002. godine. Prilikom prvog uzorkovanja uzorkovano je na četiri lokacije u okolici Splita odnosno Trogira: Adriavinil (AV), Vranjic (VR), Trogirska marina (TM) i Trogirsko brodogradilište (TB). Tijekom narednog uzorkovanja uzorkovano je na svim spomenutim postajama osim AV. Od 20 jedinki prikupljenih na svakom lokalitetu načinjena su 4 kompozitna uzorka škrga od 5 jedinki.

S obzirom da native populacije bezupki u željenom razdoblju na željenim lokalitetima nisu bile dostupne, pribjeglo se kaveznom izlaganju. Sve jedinke prikupljene su na ribnjaku Siščani. Tri kaveza sa po dvadesetak jedinki postavljena su na tri različita lokaliteta: Kopački Rit (KR), Drava nizvodno od Belišća (BE) i Drava nizvodno od Osijeka (OS). Nakon dvotjednog izlaganja sa svakog lokaliteta uzeto je po 16 jedinki u čijim su škrgama određeni željeni parametri (koncentracija MT i koncentracija Cd, Cu i Zn)

Izolacija i određivanje koncentracije MT, metala i ukupnih proteina

U toplinski obrađenoj citosolnoj frakciji, koncentracije MT određene su modificiranom elektrokemijskom metodom diferencijalne pulsne polarografije [7].

U istim toplinski tretiranim frakcijama metodom plamene atomske absorpcije određene su koncentracije Cd, Cu i Zn.

Ukupni proteini određeni su spektrofotometrijskom metodom po Bradfordu [1].

Statistička obrada podataka

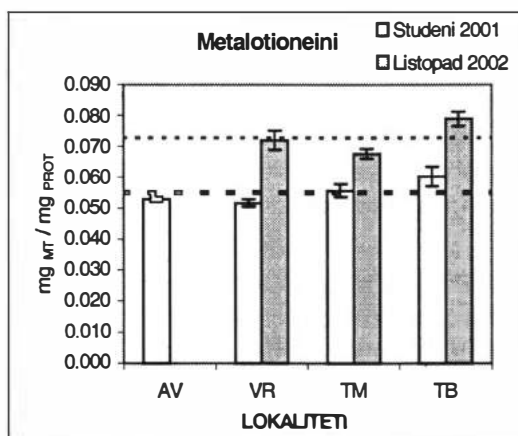
Podaci su grupirani po lokalitetima. Pripadnost podataka dobivenih za različite lokalitete istoj populaciji podataka testirana je neparametarskim testom (Kruskal-Walis). Ako je nađeno da podaci ne pripadaju istoj populaciji podataka položaj razlike utvrđivan je neparametarskim "post hoc" testom (Nemeny) [10].

Podaci dobiveni za dagnju za svaki pojedini lokalitet grupirani su i s obzirom na vrijeme uzorkovanje (2001. odnosno 2002. godina). Razlika između tih grupa testirana je neparametarskim Mann-Whitney testom. Značajnost razlike ispitivana je na razini 0,05.

REZULTATI I RASPRAVA

Koncentracija MT i metala u škragama dagnji

Na slici 1 prikazane su koncentracije metalotioneina izmjerene u škragama dagnji sa četiri lokaliteta za studeni 2001. (AV, VR, TM i TB), odnosno tri lokaliteta (VR, TM i TB) za listopad 2002. godine. Iako u koncentraciji metalotioneina između različitih lokaliteta za 2001. godinu nije nađena statistički značajna razlika (vjerojatno zbog relativno malog broja nezavisnih uzoraka, $n = 4$), vrijednosti izmjerene za lokalitete TM i TB veće su u odnosu na lokalitete AV i VR.



Slika 1. Srednje vrijednosti i standardne devijacije masenih udjela MT u ukupnim proteinima. Crtkane linije predstavljaju srednje vrijednosti svih podataka za promatranu godinu.

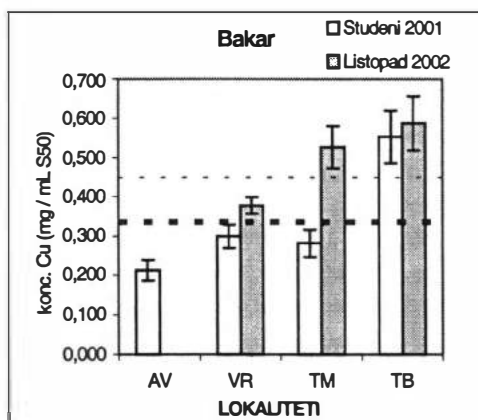
Međutim, za 2002. godinu nađene razlike između tri lokaliteta statistički su značajne. Kao i u slučaju 2001. vrijednosti izmjerene za lokalitet TB bile su više u odnosu na ostale lokalitete (VR i TM).

Zanimljivo je da su koncentracije MT za sva tri lokaliteta, na kojima je uzorkovano u obje godine, statistički značajno više u 2002. godini u odnosu na koncentracije izmjerene u 2001. godini.

U istim uzorcima u kojima je izmjerena koncentracija MT, izmjerene su i koncentracije Cd, Cu i Zn. Koncentracije navedenih metala izmjerene su u toplinski obrađenoj frakciji koja sadrži pretežito MT. Iako se izmjerene koncentracije Cd i Zn nisu mogle povezati sa koncentracijom MT, koncentracije Cu relativno dobro slijede koncentracije MT u istim uzorcima. Na slici 2. prikazane su koncentracije Cu izmjerene u toplinski obrađenoj S50 frakciji škraga dagnji uzorkovanih na četiri lokaliteta u studenom 2001. (AV, VR, TM i TB), odnosno tri lokaliteta (VR, TM i TB) u listopadu 2002. godine.

Slično koncentracijama MT koncentracija Cu statistički je značajno veća na lokalitetu TB u odnosu na lokalitete AV i VR za obje godine uzorkovanja. Za lokalitet TM određena koncentracija Cu također je značajno povišena u odnosu na VR za 2002. godinu.

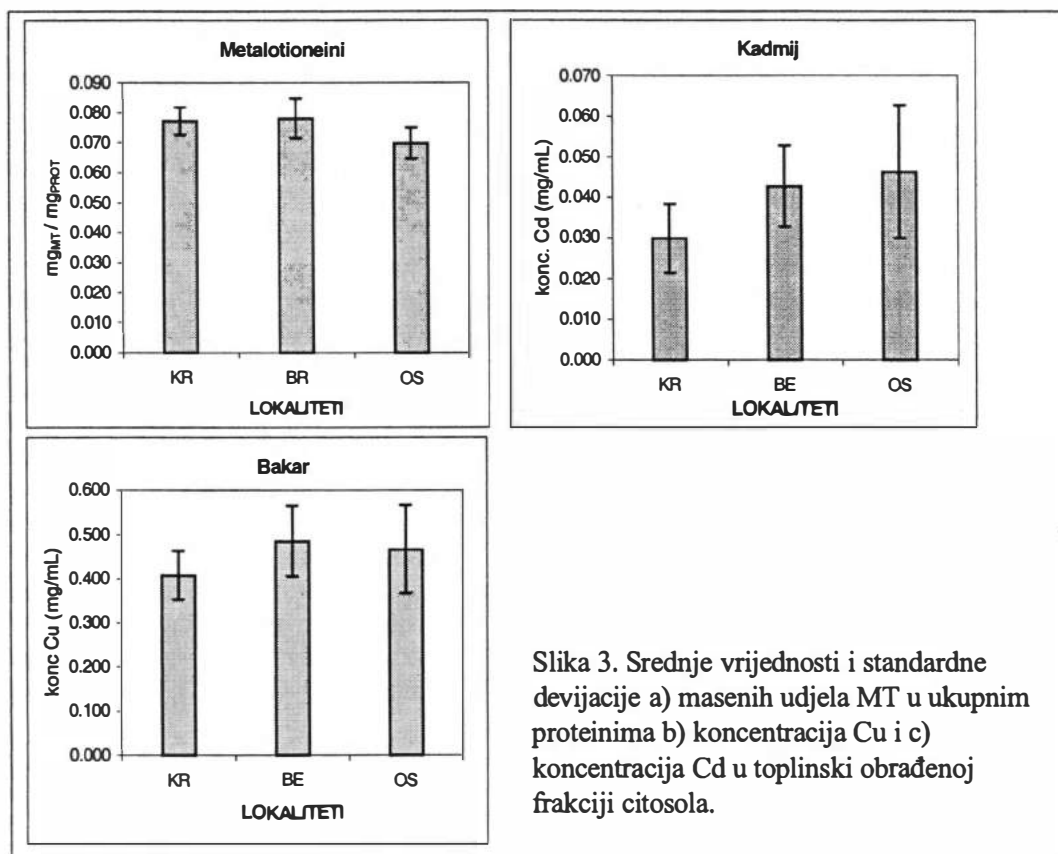
Zanimljivo je da su koncentracije Cu kao i u slučaju MT za sva tri lokaliteta uvijek statistički značajno više u slučaju 2002. u odnosu na koncentracije izmjerene u 2001. godini.



Slika 2. Srednje vrijednosti i standardne devijacije koncentracija Cu u toplinski obrađenoj frakciji citosola. Crtkane linije predstavljaju srednje vrijednosti svih podataka za promatranu godinu.

Izmjerene koncentracije MT i metala u škrgama bezupki

Na slici 3 prikazani su podaci mjerenja koncentracije MT i metala u škrgama bezupki. Podaci dobijeni na različitim lokalitetima za MT i za metale pripadaju istoj populaciji podataka tj. statistički se značajno ne razlikuju. Međutim, u slučaju Cd i Cu vidljiv je trend prema kojem su vrijednosti dobijene za KR (referentna postaja) niže u odnosu na BE i OS (lokaliteti opterećeni otpadnim vodama).



Slika 3. Srednje vrijednosti i standardne devijacije a) masenih udjela MT u ukupnim proteinima b) koncentracija Cu i c) koncentracija Cd u toplinski obrađenoj frakciji citosola.

Primjena školjkaša u praćenju zagađenja morskih i slatkih voda metalima

Školjkaši kao sesilni organizmi sa filtrirajućim načinom ishrane jedan su od najčešće upotrebljavanih organizama u različitim programima praćenja stanja okoliša. Stoga je broj trenutno dostupnih podataka vezanih za koncentraciju metalotioneina izmjerenu u različitim tkivima morskih školjkaša na lokalitetima različitog stupnja zagađenja danas razmjerno velik [9]. Iako se velik dio tih podataka odnosi na probavnu žlijezdu kao ciljni organ mjerenja, u ovom radu kao ciljni organ odabrane su škrge. Bazalna koncentracija MT u probavnoj žlijezdi višestruko je veća u odnosu na bazalnu vrijednost za škrge. Međutim, odgovor u sintezi MT značajniji je u odnosu na probavnu žlijezdu [4]. Škrge ovih organizama koji imaju filtrirajući način ishrane, prve su u kontaktu s različitim zagađivačima iz vodenog okoliša. Stoga su one primarno mjesto direktnog unosa metala u organizam. Suprotno tome probavna žlijezda glavni je organ za pohranu različitih spojeva pa, tako i metala. Zbog relativno visoke bazalne koncentracije MT u ovom organu, pobuda sinteze MT ovdje će biti vjerojatno rezultat dugotrajnijeg izlaganja povišenim koncentracijama metala. Zato su s ciljem bržeg opažanja promjena koncentracije metala u okolišu već i pri nižim koncentracijama kao ciljni organ u ovom radu odabrane škrge.

Zbog malog broja nezavisnih mjerenja o povezanosti između koncentracije određivanih metala i koncentracije MT nije se zaključivalo na osnovi koeficijenta korelacije. Nađeni udio Cd vezan za MT frakciju izuzetno je mali (~1%) i vjerojatno nije odlučan za indukciju sinteze MT. Zn kao esencijalni metal neophodan organizmu u čitavom nizu biokemijskih procesa, čini dominantnu frakciju vezanu za MT. Međutim, s obzirom na važnost ovog metala mehanizmi precizne regulacije njegove koncentracije vjerojatno postoje već na razini unosa i/ili ekskrecije iz stanice odnosno organizma. Za Cu kao esencijalni, ali i izrazito citotoksični metal vjerojatno ne postoje tako precizni mehanizmi regulacije. Upravo s povećanim udjelom ovog metala u MT frakciji škrga dagnji uočljiva je istodobno i povećana koncentracija MT. Prisutnost Cu u vodenom stupcu u Trogirskoj marini (TM) i Trogirskom brodogradilištu (TB), gdje je nađen povećani udio ovog metala u MT frakciji kao i povećana koncentracija MT, vjerojatno se može objasniti upotrebom Cu u različitim vrstama zaštitnih premaza i boja za plovila.

Odsustvo bilo kakve povezanosti između podataka dobijenih za koncentracije metala i MT u slučaju bezupke, najvjerojatnije je posljedica kratkog period izlaganja (~2 tjedna). Stoga, iako je uočljiv gradijent u koncentraciji metala od referentane postaje (Kopački Rit) prema zagađenim lokalitetima (Drava nizvodno od Belišća i Drava nizvodno od glavnog Osiječkog kolektora), razlike u koncentraciji MT nisu nađene (Slika 3).

ZAKLJUČAK

Iako biomarkeri predstavljaju odličnu alternativu tradicionalnom analitičko-kemijskom mjerenju jer integriraju ukupni učinak zagađivala, za detaljniju evaluaciju MT kao biomarkera izloženosti metalima u odabranim vrsta školjkaša, neophodno je utvrditi utjecaje i ostalih fizikalno - kemijskih varijabli okoliša (temperatura, salinitet), ali i različitih fizioloških stanja organizma na pobudu sinteze MT. Upravo je to jedan od ciljeva spomentog projekta u naredne dvije godine njegova provođenja.

Zahvala

Autori se zahvaljuju Norveškom savjetu za znanost (NRC) na financijskoj potpori projekta 154063 "An integrated environmental monitoring system for Croatian freshwater, estuarian and coastal marine areas", u okviru kojega je izrađen ovaj rad.

LITERATURA

1. Bradford, M.M. (1976): A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72, 248–254
2. Kägi, J.H.R. (1993): Evolution, structure and chemical activity of class I metallothioneins: An overview. In: *Metallothioneins III*, Eds: Suzuki, K.T., Imura, N., Kimura, M., Birkhäuser Verlag, Basel
3. Koeman, J.H., Köhler-Günther, A., Kurelec, B., Riviere, J.L., Versteeg, D., Walker, C.H. (1993): Application and objectives of biomarker research. In: *Biomarkers*, Eds: Peakall, D.B. and Shugart, L.R., Chapter 1, pp 1-13, ATO ASI Series, Vol. H 68, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg.
4. Langston, W.J., Bebianno, M.J. (1998): *Metal Metabolism in Aquatic Environments*. London: Chapman and Hall.
5. McCarty, J.F., Shugart, L.R. (1990): *Biological Markers of Environmental Contamination*. Lewis Publisher, Boca Raton.
6. Porte, C., Sole, M., Borghi, V., Martinez, M., Chamorro, J., Torreblanca, A., Ortiz, M., Orbea, A., Soto, M., Cajaraville, M.P. (2001): Chemical, biochemical and cellular responses in the digestive gland of the mussel *Mytilus galloprovincialis* from the Spanish Mediterranean coast. *Biomarkers*, 6, (5), 335-350.
7. Raspor, B. (2001): Elucidation of mechanisms of the Brdička reaction. *J. Electroanal. Chem.* 503, 159-162.
8. Valee, B.M., Maret, W. (1993): The functional potential and potential functions of metallothioneins: A personal perspective. In: *Metallothioneins III*, Eds: Suzuki, K.T., Imura, N., Kimura, M., Birkhäuser Verlag, Basel
9. Viarengo, A., Burlando, B., Dondero, F., Marro, A., Fabbri, R. (1999): Metallothioneins as a tool in biomonitoring programmes. *Biomarkers* 4, (6), 455-466.
10. Zar, J.H. (1999): *Biostatistical analysis* (4th edition). New Jersey: Prentice Hall

Autori:

Roko Žaja^{*1,2}, dipl.prof., mr.sc. Dušica Ivanković², dr.sc.Biserka Raspor²

¹Zavod za biologiju, Sveučilište Josipa Juraja Strossmayera, L. Jagera 9, Osijek 31 000

²Institut "Ruđer Bošković", Zavod za istraživanje mora i okoliša, p.p. 180, Zagreb 10002

*kontakt autor: Roko Žaja, e-mail: rzaja@rudjer.irb.hr, tel. +038514680216, fax. + 038514680242



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 2.51.

Raspodjele kemijskih vrsta joda u estuariju rijeke Krke

Vesna Žic, Marko Branica

SAŽETAK: Raspodjele jodata i jodida u estuariju rijeke Krke praćene su u razdoblju od 1999.-2001. godine. U riječnoj vodi utvrđena je samo prisutnost jodida (4-10 nmol/L), dok je u morskoj vodi jodat prevladavajuća kemijska vrsta. Prosječna koncentracija jodata u morskoj vodi iznosi 0,3 $\mu\text{mol/L}$, a jodida 0,09 $\mu\text{mol/L}$. Duž estuarija koncentracije anorganskog joda znatno variraju s postajom uzorkovanja i dubinom u vodenom stupcu. Rezultati upućuju da se obje kemijske vrste ponašaju konzervativno te da su estuarijske vode obogaćene jodidom.

KLJUČNE RIJEČI: jodat, jodid, estuarij rijeke Krke

Distribution of Iodine Species in the Krka River Estuary

SUMMARY: Iodate and iodide distribution in the Krka River estuary was studied in the period 1999-2001. Only iodide was detected in the river water (4-10 nmol/L), while predominant chemical form of iodine in marine water was iodate. Average iodate and iodide concentration in marine water is 0.3 $\mu\text{mol/L}$ and 0.09 $\mu\text{mol/L}$, respectively. Along the estuary the concentration of both species varies significantly with sampling station and depth within the water column. Results indicate conservative behavior of both chemical species and iodide enriched estuarine waters.

KEYWORDS: iodate, iodide, Krka River estuary

UVOD

Jod je najzastupljeniji biofilni mikrokonstituent morske vode, a prevladavajuće kemijske vrste anorganskog joda su jodat i jodid. Za razliku od morske vode, u riječnoj vodi prevladava jodid. Stoga se u vodenom stupcu estuarija može uočiti izražena dinamika u raspodjeli jodata i jodida, kao i složenost biogeokemijskih procesa u kojima sudjeluje jod. Utvrđeno je da su hidrodinamika i geomorfologija estuarija, slanoća, redoks potencijal, koncentracije hranjivih soli i organske tvari te antropogeni utjecaj faktori koji utječu na koncentracijske raspone i odnose među kemijskim vrstama joda [6, 7].

Ušće rijeke Krke klasificira se u tip stabilnih estuarija, a visoka stratificiranost vodenog stupca posljedica je dobre geografske zaštićenosti estuarija i slabo izražene razlike morskih mjena [1]. Na većini estuarijskih postaja duž vertikalnih profila uočavaju se tri dobro odijeljena sloja. Dubina piknokline i debljina međusloja ovise o dotoku slatke vode, odnosno intenzitetu i smjeru vjetra. Stabilna raslojenost i spora izmjena vode donjeg sloja, u kombinaciji s eutrofikacijom uvjetuju pojavu periodičnih hipoksija zabilježenih u gornjem dijelu toka, u Prokljanskom jezeru i kod Skradina [3].

EKSPERIMENTALNI DIO

Uzorkovanja na području estuarija rijeke Krke provedena su u razdoblju od 1999. do 2001. godine [8]. Na postajama E3, E4a i E5 uzorci su sakupljeni 5-litarskim Niskinovim crpcima, a na postajama E2, E9, L1 i C1 autonomnim ronjenjem [2].

U analizi jodata i jodida korištene su voltametrijske metode; diferencijalno pulsna voltimetrija [5] i pravokutnovalna voltimetrija katodnog otapanja s akumulacijom [4]. Mjerenja su provedena s instrumentom BAS-100A Electrochemical analyser (Bioanalytical Systems, West Lafayette, Indiana, USA) kojim se upravljalo osobnim računalom uz korištenje programskog paketa BAS-ElectroAnalytical Software ver. 2.5. (izrađen u Laboratoriju za fizičku kemiju tragova, IRB). Mjerenja su vršena u staklenoj elektroanalitičkoj posudi volumena 50 mL u sustavu s tri elektrode (HMDE, Pt-žica, Ag/AgCl zas. KCl, odnosno NaCl).

Temperatura je mjerena živinim termometrom, slanoća refraktometrom (Atago, Japan), a pH i redoks-potencijal (E) terenskim pH metrom MP120 (Mettler-Toledo AG), pri čemu su korištene InLab 427 elektroda za određivanje pH te InLab 501 redoks elektroda.

REZULTATI I DISKUSIJA

Vertikalne raspodjele slanoće, temperature, pH, redoks potencijala i kemijskih vrsta anorganskog joda ukazuju na dobro podudaranje halokline, termokline i kemokline na svim estuarijskim postajama u ispitivanom periodu (slika 1a-c). Na većini estuarijskih postaja (iznimka je vanjska estuarijska postaja E5) uočena su tri karakteristična sloja u vodenog stupca: gornji sloj koji je po svojim fizikalno-kemijskim značajkama pod jačim utjecajem rijeke Krke, donji "slani" sloj kojeg u većoj mjeri određuje sastav morske vode, te međusloj.

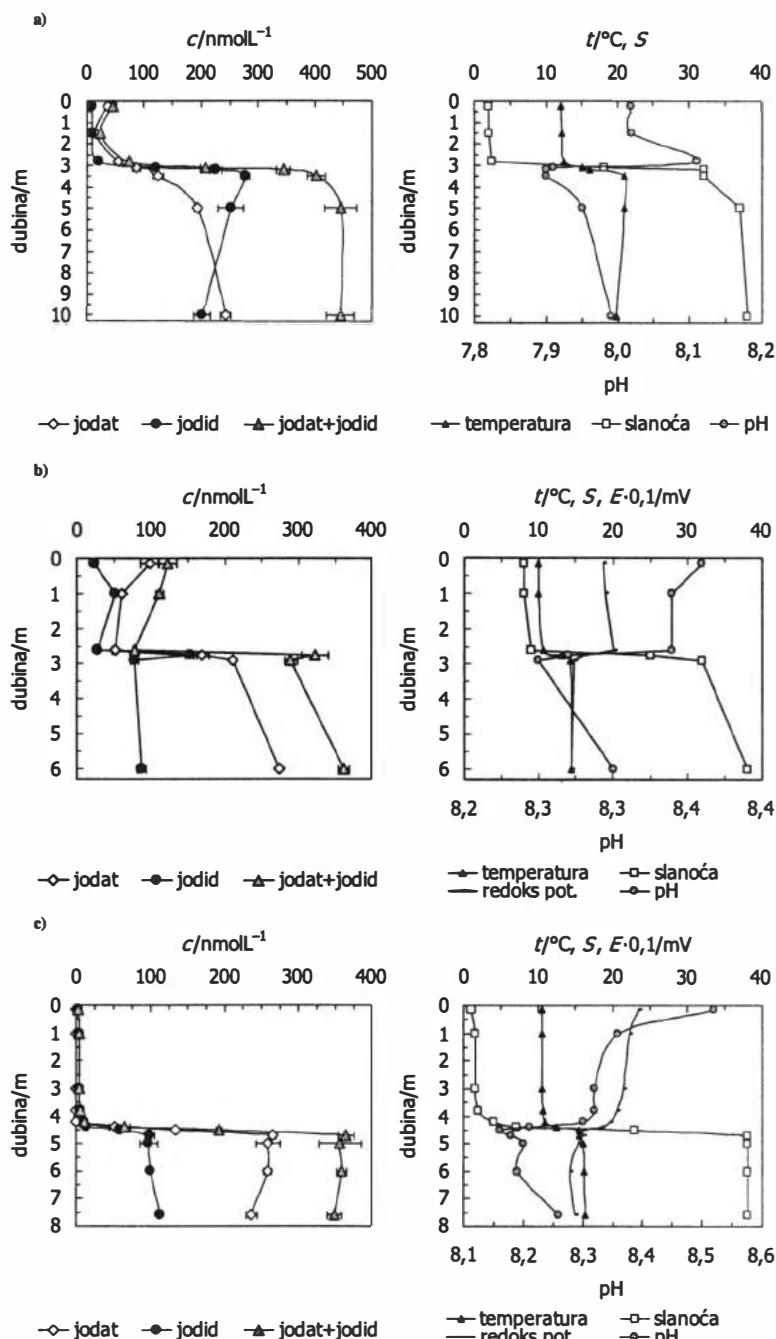
Parametar koji u najvećoj mjeri određuje raspodjelu jodata i jodida u vodenom stupcu estuarija rijeke Krke je slanoća. Za razliku od pH i redoks potencijala kod kojih je korelacija sa slanoćom negativna, obje kemijske vrste joda pozitivno koreliraju sa slanoćom (tablica 1), te se u području estuarija njihove koncentracije kreću u širokom rasponu: jodata od $0,02\text{--}0,39\text{ }\mu\text{mol/L}$, a jodida ($0,003\text{--}0,29\text{ }\mu\text{mol/L}$).

Iznimku čini uzorkovanje na postaji E4-a u veljači 2001. g., kada jodid ne korelira sa slanoćom, što je rezultat koncentracijskog maksimuma jodida u međusloju (slika 1b).

Tablica 1. Koeficijenti linearne korelacije jodata (r_1), jodida (r_2) i njihove sume (r_3) sa slanoćom na estuarijskim postajama u različitim periodima uzorkovanja (^a $P < 0,05$, ^b korelacija nije statistički značajna, za sve ostale vrijednosti $P < 0,01$).

postaja	r_1	r_2	r_3	n
E2, 04. 1999.	0,996	0,975	0,998	9
E2, 01.12.2000.	0,987	0,989	0,991	10
E2, 07. 12. 2000.	0,976	0,995	0,993	11
E9, 08. 12. 2000.	0,911 ^a	0,962	0,993	8
E5, 15. 02. 2001.	0,961	0,993	0,969	5
E4a, 15. 02. 2001.	0,970	0,672 ^b	0,961	6
E3, 15. 02. 2001.	0,974	0,977	0,985	6
E9, 06. 03. 2001.	0,959	0,941	0,994	13

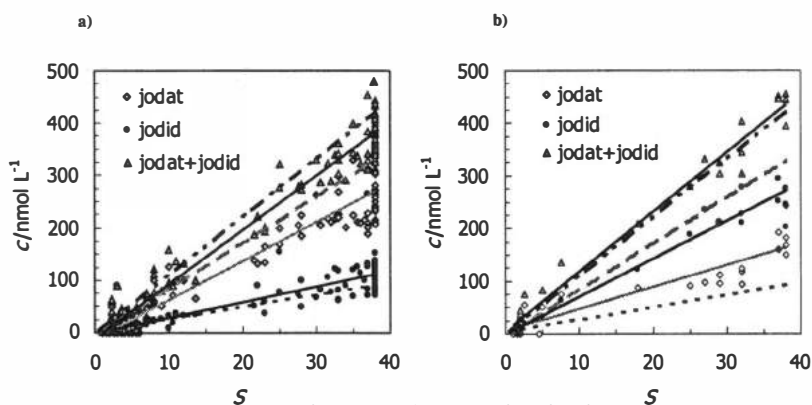
postaja	r_1	r_2	r_3	n
E2, 07. 03. 2001.	0,996	0,997	0,999	11
E2, 24. 04. 2001.	0,990	0,993	0,995	14
E9, 25. 04. 2001.	0,995	0,896	0,986	16
E5, 26. 04. 2001.	0,983	0,941 ^a	0,978	5
E4a, 26. 04. 2001.	0,988 ^a	0,959	0,997	6
E3, 26. 04. 2001.	0,966 ^a	0,984	0,990	5
L1, 30. 04. 2001.	0,935 ^a	0,749	0,980	15
E9, 02. 05. 2001.	0,996	0,995	0,996	6



Slika 1. Vertikalni profili jodida, jodata, njihove sume, slanoće, temperature, pH i redoks potencijala na estuarijskim postajama: a) E9, 08. 12. 2000, b) E4-a, 15. 02. 2001., c) E2, 07. 03. 2001.

Opaženi koncentracijski maksimumi i na drugim postajama nisu isključivo karakteristika jodida i područja međusloja, te upućuju na sudjelovanje joda u biološkim procesima. Usporedbom pravaca linearne regresije koncentracija jodata i jodida sa slanoćom u

estuarijskim uzorcima, s linijama miješanja koje uključuju koncentracije jodata i jodida na dvjema referentnim postajama: E0 (riječna voda) i C1 (morska voda), moguće je izvesti zaključak o specifičnoj redoks kemiji joda u području estuarija.



Slika 2. Promjene u koncentracijama jodata, jodida i njihove sume sa slanoćom:

a) uzorci s različitih postaja bez onih sakupljenih u prosincu 2000. god.

b) uzorci s postaja E2 i E9 u prosincu 2000. god.

Pune linije predstavljaju regresijske pravce za estuarijske uzorke, a crtkane linije miješanja E0-C1 (— jodat, -- jodid, --- jodat+jodid).

Kod većine estuarijskih uzoraka (slika 2a), posebice međusloja i donjeg sloja, koncentracije jodata u pravilu su više od koncentracija jodida. Usporede li se, međutim, regresijski pravci vidi se da su unutar estuarija koncentracije jodida više od onih predviđenih linijom miješanja, dok su koncentracije jodata niže. Međutim, koncentracije ukupnog anorganskog joda neznatno su niže (<10 %), što indicira da u području estuarija dolazi do redukcije jodata, odnosno oksidacije jodida.

Isti slučaj javlja se i kod uzoraka iz prosinca 2000. godine, kada se koncentracije ukupnog anorganskog joda minimalno razlikuju od onih predviđenih linijom miješanja (slika 2b).

Za razliku od toga, odnos oksidacijskih stanja joda upućuje na odvijanje intenzivnih redoks procesa između jodata i jodida (slika 1a i 2b). Tako su koncentracije jodata i jodida u uzorcima iz prosinca 2000 g. značajno različite od onih predviđenih linijom miješanja riječne i morske vode, što je vjerojatno rezultat pojave hipoksičnih uvjeta na postajama E2 i E9 u prosincu 2000. g.

ZAKLJUČAK

Iz raspodjela jodata i jodida u vodama estuarija rijeke Krke može se uočiti sva dinamičnost ovog vodenog sustava, kao i dobiti uvid u kompleksnu prirodu ovog elementa. Obje kemijske vrste joda ponašaju se konzervativno. Koncentracija ukupnog anorganskog joda dobro slijedi liniju razrjeđenja, što upućuje na zaključak da procesi izraženijeg donosa ili uklanjanja anorganskog joda unutar estuarija nisu toliko izraženi. Obogaćenje estuarijskih voda jodidom i pojava koncentracijskih maksimuma u vodenom stupcu potvrđuju biofilnu prirodu joda.

LITERATURA

1. Gržetić, Z. (1990): Osnovna geološka i hidrološka svojstva estuarija rijeke Krke. *Doktorska disertacija*, Sveučilište u Zagrebu
2. Kniewald, G., Kwokal, Ž., Branica, M. (1987): Marine sampling by scuba diving. 3. Sampling procedures for measurement of mercury concentrations in estuarine waters and seawater. *Mar. Chem.*, **22**, 343-352.
3. Legović, T., Petricoli, D., Žutić, V. (1991): Hypoxia in a pristine stratified estuary (Krka, Adriatic Sea). *Mar. Chem.*, **32**, 347-359.
4. Luther III, G. W., Swartz, C. B., Ullman, W. J. (1998): Direct determination of iodide in seawater by cathodic stripping square wave voltammetry. *Anal. Chem.*, **60**, 1721-1724.
5. Stipaničev, V., Branica, M. (1996): Iodine speciation in the water column of the Rogoznica Lake (Eastern Adriatic Coast). *Sci. Total Environ.*, **182**, 1-9.
6. Wong, G. T. F. (1991): The marine geochemistry of iodine. *Reviews. in Aquatic Sci.*, **4**(1), 45-73.
7. Wong, G. T. F., Cheng, X. H. (2001): Dissolved organic iodine in marine waters: role in estuarine geochemistry of iodine. *J. Environ. Monit.*, **3**, 257-263.
8. Žic, V., (2002): Geokemijski ciklus joda i nekih redoks-osjetljivih elemenata u Rogozničkom jezeru i estuariju rijeke Krke. *Doktorska disertacija*, Sveučilište u Zagrebu

Autori:

Dr. sc. Vesna Žic, viši asistent, Institut "Ruđer Bošković", Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za fizičku kemiju tragova, Martinska, Šibenik
tel.: 099 473 334, e-mail: vzic@rudjer.irb.hr

Prof. dr. sc. Marko Branica, znanstveni savjetnik i naslovni profesor (PMF), Institut "Ruđer Bošković", Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za fizičku kemiju tragova, Bijenička cesta 54, Zagreb
tel./fax: +385 1 4680 231, e-mail: branica@rudjer.irb.hr



Rad 2.52.

Prinos ocjeni kakvoće osnovnih hidroloških podataka

Ranko Žugaj

SAŽETAK: Opisuje se pristup ocjeni kakvoće osnovnih hidroloških podataka maksimalnih zabilježenih protoka dobivenih na osnovi ekstrapolacija protočnih krivulja. Ukazuje se na važnost realnosti veličina maksimalnih protoka koji su podloga za definiranje zakonitosti veza maksimalnih godišnjih specifičnih dotoka različitih povratnih razdoblja u ovisnosti od veličine sliva. Na primjeru podataka prikupljenih na hidrološkim stanicama na vodotocima Bjelovarsko-bilogorske županije – koje se tretira regionalno – analizira se realnost njihovih maksimalnih vrijednosti. Izvedeni općeniti zaključci mogu se primijeniti na ostala područja kao jedan od najvažnijih koraka pri analizama osnovnih hidroloških podloga, koje neizostavno trebaju prethoditi daljnjim fazama kompleksnih hidroloških analiza: strukturalnoj analizi hidroloških sustava i procesa te modeliranju hidroloških procesa.

KLJUČNE RIJEČI: regionalna analiza, hidrološki nedostaci, protočna krivulja, maksimalni specifični dotok, Bjelovarsko-bilogorska županija

Contribution to the Basic Hydrological Data Quality Evaluation

SUMMARY: A description is given of an approach to quality evaluation of the basic hydrological data on maximum recorded discharges obtained by extrapolation of discharge curves. An importance is highlighted of obtaining realistic maximum discharges as the basis for defining the patterns typical for relations between maximum annual specific inflows with different recurrence periods which depend on a catchment area size. The example of data collected at the recording stations at the streams in Bjelovarsko-Bilogorska County (regional streams) is used to analyze how realistic are their maximum values. The derived general conclusions can be applied to other areas as one of the most important steps in analyzing the basic hydrological inputs, which must precede any further stages of complex hydrological analyses: structural analysis and processes, and modeling of hydrological processes.

KEY WORDS: regional analysis, unavailable hydrological data, discharge curve, maximum specific inflow, Bjelovarsko-Bilogorska County

UVOD

Osnovne podloge za hidrološke izračune i analize mogu se podijeliti na tri glavne skupine:

1. slivovi
2. oborine
3. protoci

Konačni rezultati hidroloških obrada izravno ovise o kakvoći osnovnih podloga, odnosno ulaznih podataka. Mogućnosti pogrešnih zaključivanja s obzirom na ulazne podatke mogu biti dvojake: ili je ulaznih podataka premalo ili su oni netočni. Zato je naročito

važno provjeriti i po potrebi (ako je to moguće) ispraviti osnovne podloge. Ovdje se najčešće može razlikovati netočna mjerenja meteoroloških i hidroloških veličina (što se u novije vrijeme pojavljuje dosta rijetko) te netočne podatke izvedenih osnovnih veličina (npr. definiranje slivnih površina, ekstrapolacije protočnih krivulja i sl.).

Temeljna je pretpostavka da rezultati kasnijih obrada – matematičkoga modeliranja, simulacija i optimalizacija – ne mogu biti bolji nego što to dopušta kakvoća ulaznih podataka [1].

Pri utvrđivanju osnovnih podloga za provođenje hidroloških analiza neophodno je posvetiti osobitu pozornost:

1. veličinama slivnih površina (ovo se naročito odnosi na krške slivove gdje često postoje velike razlike između topografske i hidrogeološke razvodnice, a u nekim slučajevima se razvodnicu može odrediti samo približno, jer njezin položaj ovisi o stanju u podzemlju)
2. ocjeni kakvoće izmjerenih hidroloških podataka (osnovu za to predstavlja kategorizacija hidroloških stanica prema Državnome hidrometeorološkom zavodu RH, prema kojoj su stanice svrstane u četiri kategorije: prva pruža najpouzdanije, a posljednja – četvrta kategorija – nesigurne hidrološke podatke) – prvi puta provedeno u [2].
3. produljivanju (ekstrapolaciji) protočnih krivulja (provjera realnosti ekstrapoliranih protoka odnosi se na područja velikih i malih voda)
4. duljinama nizova izmjerenih podataka (potrebno je ustanoviti jesu li razmatrani nizovi podataka dovoljno dugi da bi se na njih mogle primijeniti metode matematičke statistike)
5. homogenosti razmatranih nizova (hidrološke se analize provode s homogenim nizovima)
6. podacima o količinama oborina (ove se osnovne podloge – kod regionalnih hidroloških analiza – analiziraju na kraju, jer nakon ispitivanja duljine i homogenosti hidroloških nizova neki slivovi mogu otpasti, pa za njih onda ne treba razmatrati oborine).

Za hidrološke je stanice općenito karakteristično da su razdoblja njihova rada različitih duljina – često su kratkotrajna – a mjerni profili mogu biti nepristupačni i nestabilni. Osnovni hidrološki podaci – srednji i ekstremni dnevni protoci u području malih, a još češće velikih voda – definirani su na temelju ekstrapolacija protočnih krivulja. Ovo su glavni razlozi zašto je u hidrološkim analizama naročito važno provesti odgovarajuće analize kakvoće osnovnih podataka. Pritom valja imati na umu da je često puta vrlo teško ocijeniti je li prihvaćena ekstrapolacija protočne krivulje realna.

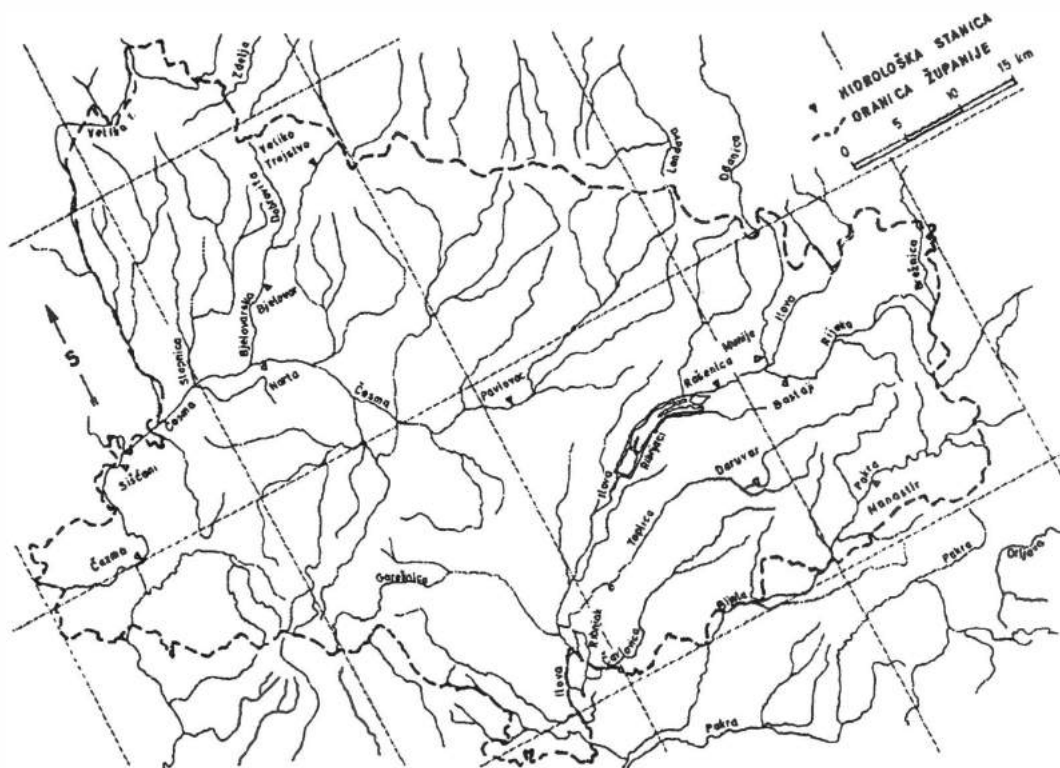
Analiziranje promjenljivih hidroloških veličina – kao što su vodostaji i protoci – redovito je složen posao. Pritom u nekim slučajevima hidrološke obrade pokazuju određene nedostatke. Hidrološki nedostaci proizlaze iz nedovoljno pouzdanih osnovnih podloga i nedovoljna razumijevanja hidroloških pravila. Već sama spoznaja da postoje određeni nedostaci važna je informacija koja upućuje na usvajanje mjerodavnih hidroloških veličina s tzv. većom sigurnošću [6].

Ovdje je opisan slučaj kada su hidrološki nedostaci uočeni tek na osnovi grafičkog prikaza regionalne zakonitosti veze maksimalnih godišnjih specifičnih dotoka različitih povratnih razdoblja $q_{\max p}$ u ovisnosti od veličina slivova A . U razmatranome primjeru je tek pri kraju obrade bilo moguće ustanoviti određene nelogičnosti koje treba otkloniti. Ovakvi slučajevi postoje u hidrološkoj praksi i zbog toga je dobro imati na umu da se u

određenim prilikama kontrola kakvoće ulaznih izračunskih podataka može provesti i nakon dobivenih rezultata hidroloških izračuna.

DOTOCI NA SLIVOVIMA BJELOVARSKO–BILOGORSKE ŽUPANIJE

Glavni vodotoci koji protječu područjem Bjelovarsko–bilogorske županije su Česma s pritokama Bjelovarska i Slapnica, Ilova s pritokama Rijeka i Toplica te Pakra. Na vodotocima razmatrana područja postoji 10 limnigrafskih stanica, prikazanih na situaciji na slici 1. Navedeni vodotoci pripadaju slivu rijeke Save.



Slika 1. Položaj hidroloških stanica na području Bjelovarsko–bilogorske Županije

U tablici 1 su dani glavni karakteristični parametri srednjih i velikih voda za vodotoke Bjelovarsko – bilogorske županije. Protoci za profile 1-10 iz tablice 1 preuzeti su iz Banke hidroloških podataka (BHP) Državnoga hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske (DHMZ RH), a bruto oborine (stupac 7 tablice 1) definirane su na osnovi karata izohijeta prosječnih godišnjih oborina iz [3]. Različita razdoblja obrade bruto oborina i otjecanja rezultirala su orijentacijskim vrijednostima otjecajnih koeficijenata c (stupac 9 tablice 1).

Pregledom u tablici 1 obuhvaćeni su podaci sa slivova od $A = 6,3 \text{ km}^2$ (Bjelovarska do profila Veliko Trojstvo) do $A = 2380 \text{ km}^2$ (Česma do profila Čazma). Razdoblja raspoloživih podataka kreću se u rasponu od pet (Pakra u profilu Manastir) do 41 godinu (Česma u profilu Narta) – prosječno 20,1 godina po stanici. Razmjerno ujednačen raspored hidroloških stanica po području županije, različite veličine slivova do pojedinih

hidroloških stanica i slične geomorfološko-klimatološke karakteristike slivova opravdavaju primjenu regionalnoga pristupa kod obrade hidroloških podataka.

Tablica 1 Pregled karakterističnih hidroloških parametara u profilima vodotoka Bjelovarko-bilogorske županije

Broj pro-fila	Vodotok	Profil	Razdoblje (god.)	Broj god. n	A (km ²)	P (mm)	P_e (mm)	c	$Q_{\max}$ (m ³ /s)	$q_{\max}$ (l/s/km ²)	Napomena
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Česma	Pavlovac	1985.-1998.	14	167,2	870	170	0,20	11,2	67	podaci iz BHP
2	Česma	Narta	1958.-1998.	41	871	910	197	0,22	104	119	
3	Česma	Čazma	1963.-1998.	36	2380	890	200	0,22	171	72	
4	Ilova	Munije	1978.-1998.	21	85,1	880	200	0,23	14,0	165	
5	Ilova	Rašenica	1988.-1998.	19*	214,4	870	182	0,21	37,1	173	
6	Bjelovarska	Vel.Trojstvo	1985.-1998.	13	6,3	880	260	0,30	3,72	590	
7	Bjelovarska	Bjelovar	1978.-1998.	21	71,8	860	1990	0,22	22,3	311	
8	Rijeka	Bastaji	1979.-1998.	18**	74,3	920	258	0,28	23,7	319	
9	Pakra	Manastir	1985.-1991.	5**	84,5	960	257	0,27	44,0	521	
10	Toplica	Daruvar	1984.-1998.	13**	30,6	940	323	0,34	9,94	325	
3'	Česma	Bosiljevo (Čazma)			2406				550	229	podaci iz lit.[4] i [5]
11'	Česma	Obedište			2580	910	237	0,26	460	178	

* nedostaje jedna godina u nizu

** nedostaju dvije godine u nizu

Oznake u tablici 1: n broj godina u razdoblju rada stanice, A (km²) veličina sliva, P (mm) prosječna godišnja bruto oborina (koja padne na sliv), P_e (mm) prosječna godišnja efektivna oborina, c otjecajni koeficijent srednjih voda, $Q_{\max}$ (m³/s) najveći zabilježeni protok, $q_{\max}$ (l/s/km²) najveći zabilježeni specifični dotok.

Odnos efektivne P_e (8. stupac tablice 1) i bruto oborine P (7. stupac tablice 1) je nepovoljan pa su vrijednosti otjecajnih koeficijenata c (9. stupac tablice 1) razmjerno niske. To međutim ne znači da su i maksimalni godišnji protoci niskih vrijednosti. Maksimalna otjecanja redovito kratko traju, pa radi toga ona imaju malen utjecaj na veličine prosječnih godišnjih protoka. Na slici 2 su prikazani (u logaritamskome mjerilu) maksimalni zabilježeni specifični dotoci $q_{\max}$, prosječni specifični dotoci q i otjecajni koeficijenti srednjih voda c u odnosu na veličine slivova A . Za te su karakteristične parametre (na temelju svih 10 parova vrijednosti) izvedene sljedeće zakonitosti veza:

$$q_{\max} = 1225,3 A^{-0,37} \quad \text{koef. korel.} \quad r = 0,80 \quad (1)$$

$$q = 9,575 A^{-0,071} \quad r = 0,57 \quad (2)$$

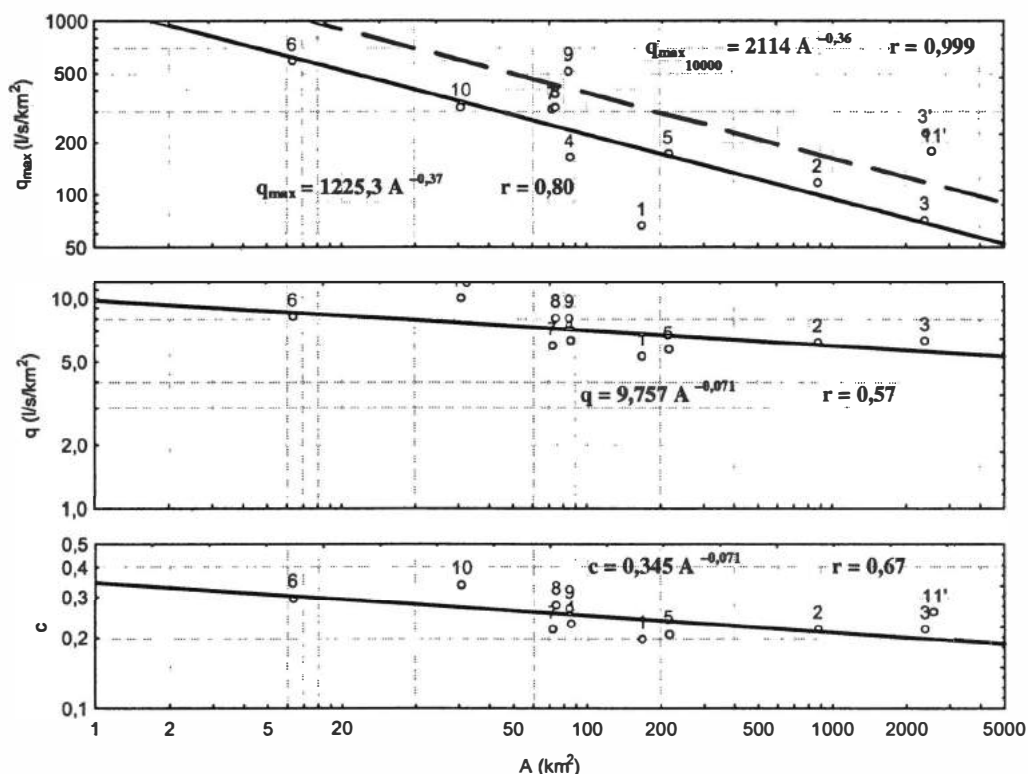
$$c = 0,345 A^{-0,071} \quad r = 0,67 \quad (3)$$

Prema kriterijima za ocjenu korelacijskih veza [5] i [6] veza (1) je čvrsta, a (2) i (3) su slabe. Prilikom razmatranja maksimalnih godišnjih specifičnih dotoka na osnovi nizova iz profila Veliko Trojstvo na Bjelovarskoj ($A = 6,3$ km²), Daruvar na Toplici ($A = 30,6$ km²), Rašenica na Ilovi ($A = 214,4$ km²) i Čazma na Česmi ($A = 2380$ km²) izvedene su regionalne zakonitosti veza maksimalnih godišnjih specifičnih dotoka različitih povratnih razdoblja $q_{\max p}$ u ovisnosti od veličina slivova A [7]. U postupak nisu bili uzeti podaci iz

profila Manastir na Pakri zbog prekratkoga niza od svega 5 članova. Zakonitost veza – koja je definirana za 10.000 – godišnje povratno razdoblje:

$$q_{\max 10000} = 2114 A^{-0,36} \quad r = 0,996; \quad (4)$$

prolazi ispod maksimalnoga zabilježenog specifičnog dotoka Pakre u profilu Manastir – kako je grafički prikazano na slici 2 (najveći zabilježeni dotok Pakre u profilu Manastir označen je na slici 2 brojkom 9).



Slika 2 Srednji specifični dotoci q , prosječni otjecajni koeficijenti c i maksimalni zabilježeni specifični dotoci $q_{\max}$ u ovisnosti od veličina slivova A

Obzirom na nastalu situaciju dvije su mogućnosti: ili je maksimalni zabilježeni protok Pakre u profilu Manastir precijenjen ili su maksimalni godišnji protoci u ostalih devet profila preniski. Najprije je razmatran maksimalni zabilježeni specifični dotok Pakre u profilu Manastir tako da je uspoređen s anvelopom najvećih vrijednosti maksimalnih specifičnih dotoka D. Srebreinovića iz [4]:

$$q_{\max} = 10.000 A^{-0,33} \quad q_{\max} \text{ (l/s/km}^2\text{)}, A \text{ (km}^2\text{)} \quad (5)$$

Uvrsti li se za $A = 84,5 \text{ km}^2$ u izraz (5) – kolika je površina sliva Pakre do profila Manastir – dobije se $q_{\max} = 2313 \text{ l/s/km}^2$, što je odnosu na maksimalni zabilježeni dotok od 521 l/s/km^2 iz tablice 1, skoro 4,5 puta više. Ucrtaju li se vrijednosti maksimalnih zabilježenih

specifičnih dotoka, koje D. Srebrenović navodi u svojim knjigama [4] i [5] za profile na rijeci Česmi, na sliku 2 (profili označeni s 3' i 11' u tablici 1 i na slici 2), vidjeti će se da vrijednost maksimalnoga zabilježenog specifičnog dotoka Pakre u profilu Manastir nije precijenjena. Pritom je važno napomenuti da se profil Čazma na Česmi ranije nazivao Bosiljevo, a profil Obedište je – prije nego je ukinut – bio nešto nizvodnije od Bosiljeva. Radi toga se ne mogu rabiti izvedene zakonitosti veza maksimalnih godišnjih specifičnih dotoka i veličina slivova $q_{\max} = f(A)$, nego je neophodno revidirati ekstrapolirane dijelove protočnih krivulja u ostalih devet profila vodotoka iz tablice 1 i onda ponoviti postupak.

ZAKLJUČNI OSVRT

U radu je prikazan slučaj – koji sasvim sigurno nije usamljen – kada je nakon provedbe svih hidroloških obrada, bilo moguće provjeriti i ocijeniti realnost ekstrapoliranih dijelova protočnih krivulja.

Ovo je dokaz tvrdnji iz literature [1] i [6] da je prva faza kod kompleksnih hidroloških analiza (procjena kakvoće osnovnih podataka) složena, pa i najteža u odnosu na ostale dvije (strukturnalnu analizu i modeliranje procesa), a profesionalno (bolje rečeno financijski) donosi najmanje, iako je neophodna.

Iz svega navedenoga se može zaključiti sljedeće:

1. U određenim je slučajevima provjera osnovnih podataka moguća tek na kraju hidrološke analize, a onda se treba osloniti i na ranija dostignuća i iskustva.
2. Rezultati regionalnih hidroloških analiza mogu ukazati na pogreške u osnovnim podacima, koje je ranije bilo teško ili čak nemoguće uočiti. Pritom se ne treba obazirati na ponavljanje postupaka, produljivanje analiza i produljivanje rada, jer je glavno hidrološko pravilo da rezultati obrada trebaju biti što bliži realnosti.

LITERATURA

1. Jevđević, V. (1993): *Tendencije u hidrološkim istraživanjima i njihova primjena u 21. vijeku*, Vodoprivreda 3-4, 10, 127-140.
2. Pavletić, I., Kljajić, B. (1987): *Opis kvalitetnih grupa hidroloških stanica, Podloge za reviziju mreže*, RHMZ RH, Zagreb.
3. Pleško, N., Gajić-Čapka, M., Zaninović, K. (1984): *Meteorološke oborinske podloge*, Centar za meteorološka istraživanja, RHMZ, Zagreb.
4. Srebrenović, D. (1970): *Problemi velikih voda*, Tehnička knjiga, Zagreb.
5. Srebrenović, D. (1986): *Primijenjena hidrologija*, Tehnička knjiga, Zagreb.
6. Žugaj, R. (2000): *Hidrologija*, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Ostali izvori

7. *Studija o utjecaju na okoliš naftno-rudarskih objekata INA d.d. u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji*, poglavlje 2.5.2. *Hidrologija*, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb (2002).

Autor:

Prof. dr. sc. Ranko Žugaj, dipl. ing. građ., Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, Zagreb, tel. 4605434, fax. 4836064, rzugaj@rgn.hr

Tema 3.

VODNOGOSPODARSKO PLANIRANJE U HRVATSKOJ I EUROPI

Voditelji i recenzenti teme:

dr. sc. Mladen Petrićec i prof. dr. sc. Tatjana Vlahović



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.01.

EGPV kao podloga vodnogospodarskom planiranju

(EGPV-Projekt Hrvatskih Voda i RGN-fakulteta "Evidencija i gospodarenje podzemnim vodama.")

Andrea Bačani, Pavao Miletić

SAŽETAK: Opisani su naponi Vodoprivrede na pripremi podloga za efikasno gospodarenje i zaštitu podzemnih voda. U tom cilju pokrenut je projekt "Evidencija i gospodarenje podzemnim vodama" u suradnji s RGN fakultetom. Osnovna struktura Projekta prikazana je grafički. Opisani su radovi u pripremi projekta te smjernice njegova daljnjeg razvoja. To su u svakom slučaju naponi na utvrđivanju održivih eksploatacijskih količina podzemne vode i sposobnosti autoremedijacije značajnih hidrogeoloških sustava Hrvatske.

KLJUČNE RIJEČI: EGPV projekt, podloga vodnogospodarskom planiranju

EGPV as the Water Resources Management Planning Basis

(Groundwater Recording and Management - EGPV, a joint project of the Croatian Waters and College of Mining, Geology and Petroleum Engineering)

SUMMARY: The paper describes efforts exercised by the Water Authority (Vodoprivreda) to achieve efficient groundwater management and protection. The Groundwater Recording and Management (WGPV) is a project initiated to that end and implemented in collaboration with the College of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb. The basic project structure is presented graphically. The project preparation activities are described and guidelines for its future development presented. The project is an attempt to determine the sustainable groundwater use rates and self-remediation capacities of the major Croatian hydrogeological systems.

KEYWORDS: EGPV project, water resources management planning basis

UVOD

Podzemna voda se već tisućljećima koristi na izvorima i u bunarima, no znanstvena disciplina koja se njome bavi počela se je razvijati relativno kasno. Razvoj nove znanstvene discipline tekao je pod utjecajem mnogih drugih susjednih disciplina, prvenstveno geologije i hidraulike. Naravno da je ta činjenica unosila zabunu kod izbora metoda istraživanja, a često i načina korištenja te čuvanja kvalitete i količina podzemnih voda. Tu su uskočili inženjeri, vrsni operativci vodoprivrede koji su na vrijeme uočili

pomutnju koju je u istraživanje i korištenje podzemnih voda unosilo navedeno stanje. Krajem šezdesetih godina prošlog stoljeća naručili su od struke izradu inventara ponašanja prema podzemnoj vodi i konceptualno rješenje pristupa istraživanju, korištenju i čuvanju podzemnih voda. Rezultate tog rada vodoprivreda je objavila u "Metodologiji hidrogeoloških istraživanja" [1].

Konačni zaključak studije glasio je :” Prema svemu iznesenom u daljim naporima na hidrogeološkim istraživanjima u Hrvatskoj potrebno je poduzeti slijedeće:

1. Uspostaviti katastar hidrogeoloških pojava i objekata gdje će biti pohranjeni i čuvani svi hidrogeološki podaci;
2. Provesti regionalnu hidrogeološku interpretaciju podataka iz katastra kojom će se izdvojiti regionalne hidrogeološke jedinice i potencijalni vodonosni horizonti za moguće ekonomično iskorištavanje rezervi podzemnih voda;
3. Na izdvojenim vodonosnim horizontima ili jedinicama provesti detaljna istraživanja kojima će se definirati niže kategorije prirodnih rezervi podzemnih voda;
4. Provesti specijalna istraživanja rezervi podzemnih voda viših kategorija na područjima gdje zato postoje potrebe.”

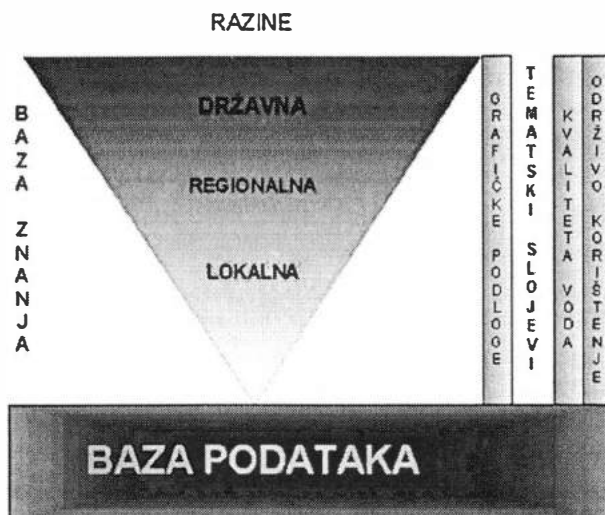
Upravo je ovaj zaključak, uz ostale stavove iz studije, osnovica na kojoj je kasnije temeljen projekt "Evidencija i gospodarenje podzemnim vodama" (EGPV). Potrebno je međutim istaknuti kako su kasnije razrade i prilagodbe projekta načinjene također na narudžbu vodoprivrede, a bile su objavljene u studiji "Metodološki pristup istraživanju i gospodarenju rezervama podzemnih voda" [2]. Za Metodološki pristup načinjena je također od vodoprivrede naručena studija "Uvod u kvantitativnu hidrogeologiju" [3], koja je kasnije nadopunjena teoretskim sadržajem i dovršena pod naslovom "Teoretska osnova istraživanja, procjene i gospodarenja rezervama podzemnih voda" [4]. Također je značajno naglasiti kako su ove studije stručno recenzirane i prihvaćene kao udžbenici na Sveučilištu u Zagrebu. Objavljeno je i mnoštvo radova na ovu tematiku u progresu izrade citiranih djela čiji zaključci su ugrađeni u projekt EGPV.

Najvažnije je ponovno istaknuti kako su u pitanju radovi koji su naručeni od vodoprivrede na zahtjev ili preporuku rukovodioca sektora koji su bili zaduženi za gospodarenje i zaštitu voda Hrvatske. Iz toga je za zaključiti kako se je vodoprivreda i te kako brinula i trudila stvoriti podlogu za gospodarenje podzemnim vodama te osigurati kadar koji je to u stanju i provoditi. Poteškoće nastaju kada se prekida kontinuitet rukovodećeg kadra, jer se pojavljuju tendencije prekida kontinuiteta rada na zadacima koji ne podnose prekid kontinuiteta. Nažalost to se je događalo, ali na sreću samo u intenzitetu rada na zacrtanim zadacima.

O PROJEKTU

Struktura projekta EGPV je prikazana grafički na slici 1

Srž projekta čini baza znanja o sustavima podzemnih voda koja je organizirana za državnu, regionalnu i lokalnu razinu. Oko ove baze organiziran je prsten strukturiranih baza podataka (hidrogeološkog katastra) i grafičkih baza. U hidrogeološkom katastru registrirano je trenutno više od 9000 hidrogeoloških objekata i pojava u osnovnim tablicama uz koje je vezano više od 52000 zapisa u ostalim tablicama s pripadajućim informacijama (litologija, podaci o ugradnji, hidrogeološki parametri, kaptaža, temperatura vode izvora i sl.). Postoji i tablica s korištenom literaturom s 450 literaturnih referenci, zatim više od 1500 Excel datoteka s podacima o višegodišnjim mjerenjima



Slika 1. Struktura projekta EGPV

razine podzemnih vode. Baza znanja svojim sadržajem obuhvaća područje čitave države s sa skoro 400 datoteka za sve EGPV sustave od 1. do 4. razine [5]. Za kvalitetu vode prikupljeno je više od 17500 kemijskih analiza. Kontinuirano ažuriranje baza novim podacima rezultiraju nadopunom i korekcijom baze znanja. Temeljeni na bazi podataka, a oslonjeni na bazu znanja locirani su tematski zadaci (tematski slojevi) čija egzekucija je potrebna za utvrđivanje kapaciteta mogućeg korištenja voda iz sustava, njihovu zaštitu, eventualno potrebnu remedijaciju hidrogeoloških sustava i analizu specifičnih događaja u sustavima podzemnih voda u okviru ljudskih intervencija – ukratko za “održivo” gospodarenje podzemnim vodama.

Tako organizirana evidencija podataka i znanja o podzemnim vodama koja mora poslužiti u procesu njihovim gospodarenjem otvorila je niz problema koji su poznati i u široj međunarodnoj stručnoj javnosti. To su prije svega proces stalnog osuvremenjivanja istraživačkih metoda te njihova racionalizacija, praćenje informatičkih alata koji omogućavaju suvremeniju i pregledniju organizaciju informatičkog okruženja podataka. Ono što se smatra posebno značajnim za projekt EGPV a time i informacijski sustav, je njegova potpuna otvorenost za sve korisnike i sve sugestije koje dolaze od strane korisnika. U ovom kontekstu je uvijek bilo naglašavano kako koautorima cjeline ovog projekta valja smatrati sve istraživače koji su se zadnjih pedesetak godina na bilo koji način bavili podzemnom vodom. U bazi koautora unutar baze metapodataka sustava, navedeni su samo oni koji su na temelju ovog ukupnog znanja načinili odgovarajuće sažetke koji su ušli u informacijski sustav o podzemnim vodama i njihovom okolišu.

Projekt EGPV i EGPV-GIS je projekt Hrvatskih voda koja je izabrala RGN fakultet kao stručnu podršku njegovoj realizaciji. Fakultet nije izabran slučajno već iz jedinog razloga što su Hrvatske vode imale potrebu da se na taj način stvara i odgovarajući kadar koji će u budućnosti imati tešku zadaću i to prvenstveno na zaštitu voda koje su opasno ugrožene od drugih neminovnih djelatnosti u prostoru.

ZAKLJUČAK

Rezultati rada na projektu u potpunosti mogu poslužiti podlogom za izradu strategije daljeg istraživanja i čuvanja vrijednih zaliha podzemnih voda Hrvatske. Ustanovljeni su i dalji strateški ciljevi za osuvremenjivanje poznavanja i gospodarenja podzemnim vodama i to kako slijedi:

1. Popunjavanje GIS- usmjerenog informatičkog sustava poznatim podacima o podzemnim vodama Hrvatske
2. Redefinicija i utvrđivanje eksploatacijskih rezervi podzemnih voda
3. Redefinicija pristupa zaštiti kvalitete podzemnih voda
4. Analiza i unapređivanje klasičnih istraživačkih metoda i poticanje specijalističkih projekata istraživanja podzemnih voda.

Za očekivati je kako u vodoprivredi neće doći do pomutnje koja bi usporila radove na projektu već upravo obratno da će rezultati rada na njemu poslužiti lakšem i učinkovitom gospodarenju ovim segmentom Hrvatskih voda.

LITERATURA:

- Bačani, A., Miletić, M. & Čajavec, R. (1999): Organisation of groundwater resource management basis in Croatia. XXIX Congress of International Association of Hydrogeologist, 6.-10. September, 1999, Proceedings, 31-35, Bratislava. [5]
- Heinrich-Miletić, M. & Miletić, P. (1986): Teoretska osnova istraživanja, procjene i gospodarenja rezervama podzemnih voda. 378 str. RGN fakultet [4]
- Miletić, P., Kranjec, V. & Nowinski, A. (1972): Metodologija hidrogeoloških istraživanja, 66 str. Direkcija za Savu, Zagreb. [1]
- Miletić, P. & Heinrich-Miletić, M. (1981): Uvod u kvantitativnu hidrogeologiju, 220 str. RGN fakultet i NIŠRO Varaždin [3].
- Miletić, P. & Heinrich-Miletić, M. (1985): Metodološki pristup istraživanju i gospodarenju rezervama podzemnih voda. 92 str. Jugoslavenski komitet svjetskih kongresa za naftu, Nafta, Zagreb [2]

Autori:

Prof.dr.Andrea Bačani, dipl.ing.geol. i prof. dr. Pavao Miletić, dipl.ing.rud.
Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.02.

Stanje i razvojne odrednice zaštite od štetnog djelovanja voda u Hrvatskoj

Danko Biondić, Blagoje Milović, Darko Barbalić

SAŽETAK: Polazeći od postojećeg stanja i uočenih problema vodnogospodarske djelatnosti zaštite od štetnog djelovanja voda koja obuhvaća zaštitu od poplava i erozije, te melioracijsku odvodnju u radu se ističu njene razvojne odrednice prikazane u Vodnogospodarskoj osnovi Hrvatske, a definirane uz poštivanje zahtjeva Okvirne direktive o vodama Europske Unije.

KLJUČNE RIJEČI: Vodnogospodarska osnova Hrvatske; Zaštita od poplava; Zaštita od erozije; Melioracijska odvodnja; Stanje i razvojne odrednice

Current Status and Development Goals in Protection Against Water Impact In Croatia

SUMMARY: Taking into consideration the current status and pinpointed problems in water management activities taken for protection against the water impact, including the flood and erosion control, and drainage, the paper highlights the development goals elaborated in the Water Resources Management Master Plan for Croatia set up in line with the provisions of the EU Water Framework Directive.

KEYWORDS: Water Resources Management Master Plan for the Republic of Croatia, flood control, erosion control, drainage, current status and development goals

1. UVOD

Postupnim naseljavanjem i intenziviranjem korištenja zemljišta u nizinama, u riječnim dolinama, u podnožjima brdsko-planinskih područja, te na krškim poljima tijekom posljednjih dvjestotinjak godina rasle su potrebe za učinkovitom zaštitom od poplava i erozije, te melioracijskom odvodnjom. Značajni regulacijski, zaštitni i melioracijski radovi u čitavoj Hrvatskoj započeli su još u devetnaestom stoljeću, a naročito su bili intenzivni tijekom razdoblja od početka šezdesetih do kraja osamdesetih godina dvadesetog stoljeća. Sustavnim i kvalitetnim radom generacija stručnjaka bitno su smanjene moguće štete od poplava i značajno su povećani prinosi poljoprivredne proizvodnje. Jedna od mnogih potvrda kvalitetnog rada bila je uspješna evakuacija velikog vodnog vala na Savi 1990. godine s nepovoljnijim hidrološkim značajkama od onog iz 1964. godine koji je izazvao katastrofalnu poplavu u Zagrebu. Agresija na Hrvatsku početkom devedesetih nanijela je ogromne štete ranije izgrađenim sustavima i uglavnom je zaustavila njihov daljnji razvitak. Na zastoj u realizaciji ranije planiranih projekata

također su utjecali i gospodarski preustroj, a time i promijenjeni prioriteti nekadašnjih glavnih partnera vodnog gospodarstva u višenamjenskom uređivanju i korištenju voda i zemljišta, elektroprivrede i poljoprivrede. Istovremeno poradi općih gospodarskih uvjeta vodno gospodarstvo tijekom posljednjih petnaestak godina nije raspolagalo niti s onim financijskim sredstvima koja su nužna za redovito održavanje funkcionalnosti postojećih sustava. Posljedica takvih okolnosti jest današnje nepovoljno stanje zaštite od štetnog djelovanja voda kojeg karakteriziraju visoki rizici od poplava na mnogim područjima, brojni nedovršeni i nedovoljno održavani zaštitni i melioracijski sustavi, te samo dijelom sanirane ratne štete. Hrvatsko vodno gospodarstvo sukladno svojim mogućnostima sustavno ulaže velike napore kako bi se današnje nepovoljno stanje zaštite od poplava u Hrvatskoj popravilo, a prioritetne akcije vezane su uz zaštitu od poplava nedovoljno zaštićenih gradova i naselja.

Cilj ovog rada jest sažeto izložiti postojeće stanje i razvojne odrednice vodnogospodarske djelatnosti zaštite od štetnog djelovanja voda prikazane u Vodnogospodarskoj osnovi Hrvatske [9], a definirane uz poštivanje zahtjeva Okvirnih direktiva za vode Europske Unije [5].

2. POSTOJEĆE STANJE

2.1. Zaštita od poplava

Prostrana brdsko-planinska područja s visokim kišnim intenzitetima, široke doline nizinskih vodotoka, veliki gradovi i vrijedna dobra na potencijalno ugroženim površinama, te nedovoljno izgrađeni i održavani zaštitni sustavi Hrvatsku čine vrlo ranjivom od poplava. Procjenjuje se da poplave ugrožavaju više od 15% državnog kopnenog teritorija.

Postojeći zaštitni sustavi u Hrvatskoj izuzetno su složeni i sastoje se od velikog broja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina. Od ukupno 3.935 km državnih vodotoka [3] danas ih je oko 37 % potpuno uređeno, oko 42 % djelomično, a oko 21 % ih nije uređeno. Od približno 17.000 km lokalnih vodotoka potpuno ih je uređeno oko 21 %, a ostali su neuređeni ili uređeni manjim dijelom. Uz državne vodotoke izgrađeno je 2.415 km obrambenih nasipa, a uz lokalne 1.642 km različitih razina zaštite. U suradnji s različitim korisnicima voda i zemljišta izgrađeno je 58 višenamjenskih akumulacija ukupnog volumena od 1056,8 hm³. Izgrađene su 43 brdske retencije ukupnog volumena od 22,6 hm³, a dijelom je izgrađeno 5 velikih nizinskih retencija na slivu Save (Lonjsko polje, Mokro polje, Kupčina, Zelenik i Jantak) ukupnog volumena od 1.590 hm³. Kanalska mreža u Hrvatskoj prilično je razvijena. Izgrađena su tri velika oteretna kanala (Odra, Lonja – Strug i Kupa – Kupa) ukupne duljine od 114,8 km, spojni kanali Zelina – Lonja – Glogovnica – Česma i Ilova – Pakra, te ukupno 916,8 km lateralnih kanala za prikupljanje brdskih voda na rubovima branjenih područja. Odvodnja nekih krških polja obavlja se putem 13 odvodnih tunela ukupne duljine od 18,1 km. Redovito održavanje funkcionalnosti ovako kompleksnog zaštitnog sustava zahtijeva značajna financijska sredstva. Postojeći sustavi najvećim su dijelom nedovršeni, tako da uglavnom ne omogućuju standardne razine sigurnosti od poplava.

Od velikih voda Save na odgovarajući je način jedino branjen grad Zagreb koji je prema procjenama siguran od 1000-godišnjih velikih voda. Ostala područja uz Savu uglavnom su nedovoljno zaštićena. Uzvodno od Zagreba prema slovenskoj granici obrambeni nasipi još uvijek nisu izgrađeni, pa su niželežeci dijelovi nekoliko naselja šire zaprešičke i

samoborske regije često plavljeni. Nizvodno od Zagreba pa sve do granice sa Srbijom, mnoga područja uz Savu imaju nižu razinu sigurnosti od potrebne 100-godišnje velike vode, jer su postojeći nasipi nedovoljno visoki i na mnogim su mjestima nedovoljno kvalitetni. Od savskih i kupskih voda ugroženi su niželežeci dijelovi Siska, a od voda Kupe i njenih pritoka Dobre, Mrežnice i Korane niželežeci dijelovi Karlovca. Na slivovima savskih pritoka opasnosti naročito prijete naseljima Hrvatskog Zagorja koje ugrožavaju Krapina i njeni bujični pritoci, gradu Zagrebu koji je od medvedničkih bujica zaštićen samo od 20 do 50-godišnjih velikih voda, te naseljima Požeške kotline koja su ugrožena od Orljave i njenih bujičnih pritoka. Od bujičnih brdskih voda nedovoljno su zaštićeni i ostali gradovi i naselja na slivovima Save i Kupe, među kojima se posebno ističe Ogulin. Na slivovima Save i Kupe ugrožene su i mnoge poljoprivredne površine i infrastrukturne građevine, a kao specifičnost ističu se rizici od poplava na zatvorenim krškim poljima u Gorskom Kotaru i Lici.

Od velikih voda Drave na području uzvodno od ušća Mure nedovoljno su zaštićena neka područja uz stara korita hidroelektrana HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava jer pripadajući obrambeni nasipi još uvijek nisu u potpunosti izgrađeni. Potrebne stupnjeve zaštite zaobalja od pojava 100-godišnjih velikih voda danas na pojedinim dionicama ne zadovoljavaju niti glavni obrambeni nasipi na slivovima Drave i Dunava, a to su murski nasipi, nasipi uz Dravu nizvodno od ušća Mure, te nasipi uz Dunav uzvodno od ušća Drave. Najveći problem zaštite od poplava na slivovima Drave i Dunava jest mnoštvo neuređenih bujica u Međimurju, Podravini i Podunavlju što je potvrđeno brojnim lokalnim poplavama u posljednje vrijeme.

U Istri su od poplava nedovoljno zaštićeni niželežeci dijelovi Buzeta i Pazina koje ugrožavaju velike vode Mirne i Pazinskog potoka, te naselja i poljoprivredne površine u dolinama Mirne, Dragonje i Raše. Na širim područjima Buzeta i Pazina zaštitnih sustava gotovo da i nema, dok su zaštitni sustavi u dolinama Raše i Dragonje u izuzetno lošem stanju. Velike probleme mogu stvoriti i brojne bujice koje ugrožavaju gradove, naselja, prometnice i poljoprivredne površine na zapadnoj obali Istre. Na Kvarnerskom području opasnost prijete od zatrpavanja vodotoka klizištima (kanjon Rječine i Vinodolska dolina) koja mogu izazvati poplave većih razmjera, te od mnogih bujica koje ugrožavaju priobalne gradove Kvarnera i Hrvatskog Primorja, te naselja na kvarnerskim otocima. Na ličkom je području od poplava Gacke i njenih pritoka nedovoljno branjeno šire područje Otočca, a od poplava Like i njenih pritoka nedovoljno je branjeno šire područje Gospića i Kosinjsko polje. Poplave u Lici ugrožavaju i brojne poljoprivredne površine i infrastrukturne građevine, a kao specifičnost također se ističu rizici od poplava na zatvorenim krškim poljima. Najvećim dijelom neuređene brdske vode s Velebita ugrožavaju naselja i Jadransku magistralu duž čitavog područja od Senja prema Starigradu Paklenici.

Od velikih voda Zrmanje nedovoljno je zaštićen Obrovac, a od velikih voda Krke Knin. Posebna ugroženost od poplava prisutna je u delti Neretve gdje su najugroženiji desnobalni dijelovi Metkovića, a neprimjerenom gradnjom u neposrednim zaobaljima Male Neretve spriječeno je normalno funkcioniranje zaštitnog sustava. Dalmatinsku obalu od Zrmanje do Prevlake, te dalmatinske otoke ugrožavaju i brojne neuređene bujice, ali i neprimjerena gradnja kojom su presječeni mnogi bujični tokovi. Poseban problem jest odvodnja krških polja (Rastok, Vrgorsko polje, Imotsko polje) koja usprkos velikim naporima još uvijek nije adekvatno riješena.

Analizirajući stanje u Republici Hrvatskoj i imajući u vidu posljednja zapadnoeuropska iskustva s katastrofalnim poplavama lako se može zaključiti da su rizici od poplava u Republici Hrvatskoj danas izuzetno visoki [6], [7], a da je istovremeno javnost nedovoljno svjesna opasnosti. Dovoljno govore podaci:

- da postojeći zaštitni sustavi uz gotovo sve velike hrvatske rijeke na mnogim mjestima ne omogućuju standardne stupnjeve sigurnosti zaobalja od 100-godišnjih velikih voda,
- da je uređeno svega oko 15 % bujičnih slivova,
- da se potencijalno ugrožena zemljišta i zemljišta potrebna za normalno funkcioniranje zaštitnih sustava na mnogim mjestima neprimjereno koriste,
- da vodno gospodarstvo danas raspolaže sa svega oko 65 % financijskih sredstava koja su potrebna za redovito tehničko i gospodarsko održavanje vodotoka, vodnog dobra i vodnih građevina,
- da raspoloživih financijskih sredstava za sanacije, rekonstrukcije i daljnji razvitak zaštitnih sustava gotovo da i nema,
- da usprkos velikim naporima ratne štete još uvijek nisu u potpunosti sanirane,
- da financijska osiguranja imovine od nepokrivenih poplavnih rizika gotovo da i ne postoje,
- da su sustavi hidrološkog prognoziranja nedovoljno razvijeni,

a istovremeno je realno za očekivati da će hidrološki trendovi poradi globalnih klimatskih promjena, promjena u korištenju zemljišta i erozijskih procesa na slivovima biti sve nepovoljniji.

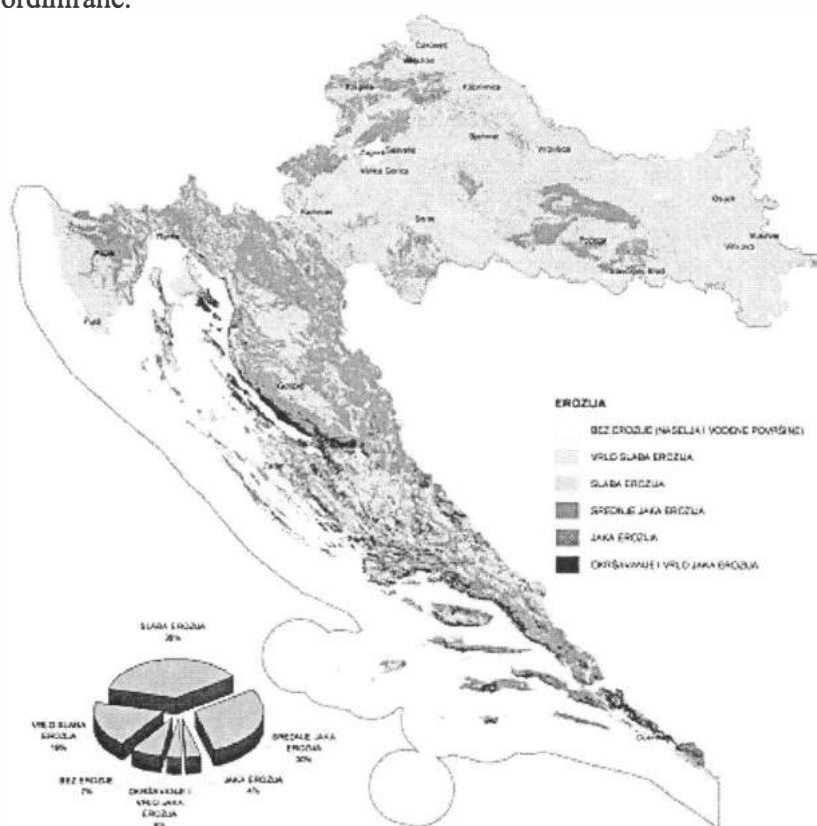


Slika 1.: Stanje zaštite od poplava

2.2. Zaštita od erozije

Veliki dijelovi hrvatskog teritorija potencijalno su ugroženi vodnom i manjim dijelom eolskom erozijom. Intenzivni procesi vodne erozije naročito su prisutni na jadranskim slivovima s flišnom podlogom (središnja Istra, dijelovi Kvarnerskog primorja i Gorskog Kotara, dijelovi Like, Dalmacije i otoka). Pojave vodne erozije uzrokuju izuzetno velike štete. Dok se s jedne strane ispiru plodna zemljišta na nagnutim i nezaštićenim poljoprivrednim površinama brdskih dijelova slivova i time izravno smanjuju prinosi poljoprivredne proizvodnje, s druge se strane smanjuju retencijski kapaciteti tala za zadržavanje oborinskih voda čime se pospešuje stvaranje bujičnih tokova. U svojim brdskim dijelovima bujični tokovi stvaraju, pokreću i pronose velike količine nanosa koji se zatim taloži u riječnim koritima na dolinskim dijelovima slivova, odnosno u blizini ušća u more. Zapunjavanjem riječnih korita bujičnim nanosom, ona postaju nedovoljno propusna za normalno otjecanje što uzrokuje poplave. Stanje vodne erozije u Hrvatskoj nedovoljno je poznato zbog nedostatka opsežnijih istraživanja, tako da su detaljnije karte i odgovarajući izračuni erozijskog opterećenja vodotoka dosad izrađeni samo za male površine. Eolska erozija najintenzivnija je u priobalju i na otocima, a dijelom je prisutna i u sjevernoj Hrvatskoj (Đurđevački pesci). Njeno je stanje također nedovoljno izučeno.

Problemima zaštite od erozije u Hrvatskoj ne pristupa se na odgovarajući način. Nedostaje međusobna suradnja različitih institucija koje se time bave: vodnog gospodarstva, šumara, poljoprivrednika, prostornih planera i ostalih. Posljedica takve situacije su parcijalne mjere zaštite od erozije koje provode pojedini čimbenici, a koje bi bile mnogo učinkovitije kada bi bile koordinirane.

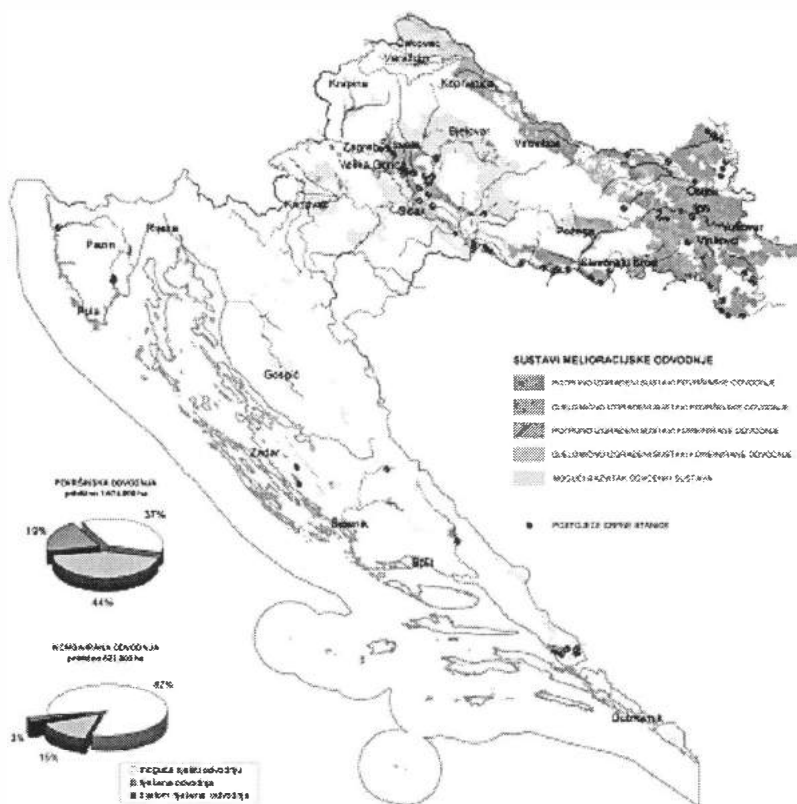


Slika 2.: Stanje erozije

2.3. Melioracijska odvodnja

Sustavi melioracijske odvodnje kao nužni preduvjeti intenzivne poljoprivredne proizvodnje zastupljeni su na brojnim nizinskim područjima po cijeloj državi. Meliorirane površine na području crnomorskog sliva u Hrvatskoj prisutne su u širokim nizinama slivova Save, Drave i Dunava, a na području jadranskih slivova u dolinama većih vodotoka Dragonje, Mirne, Raše, Cetine i Neretve, te na zatvorenim krškim poljima. Sustavi površinske odvodnje u potpunosti su izgrađeni na oko 725.000 ha, a dijelom na oko 325.000 ha. Sustavi kombinirane odvodnje (površinska i podzemna odvodnja s agrotehničkim mjerama) u potpunosti su izgrađeni na oko 121.000 ha, a dijelom na oko 27.000 ha. Od osnovnih melioracijskih objekata za odvodnju ukupno je izgrađeno 6594,2 km melioracijskih kanala I. i II. reda, te 75 crpnih stanica ukupne snage od 22.470 kW i ukupnog kapaciteta od 320,9 m³/s. Potrebno je istaknuti crpnu stanicu Bosut ukupnog kapaciteta 30 m³/s izgrađenu na ušću Bosuta u Savu na teritoriju susjedne Srbije koja se koristi za odvodnju Biđ-bosutskog polja, a čije je građenje većim dijelom financirala Hrvatska. Većina postojećih melioracijskih sustava danas je uglavnom u lošem stanju kao posljedica nesaniranih ratnih šteta i/ili nedovoljnog održavanja poradi nedostatka financijskih sredstava [8].

Kako se sustavi melioracijske odvodnje osim za odvodnju poljoprivrednih površina u širem smislu koriste i za unutarnju odvodnju ostalih ravničarskih površina, vodno gospodarstvo je zaduženo za održavanje glavnih melioracijskih objekata za odvodnju (crpnih stanica i kanala I. i II. reda) i tijekom posljednjih desetak godina uložilo je značajne napore da se brojni ranije izgrađeni sustavi spase od potpunog uništenja i sačuvaju za željeni oporavak poljoprivrede.



Slika 3.: Stanje melioracijske odvodnje

U Strategiji poljoprivrede i ribarstva [4] ističe se opredjeljenje poljoprivrednog sektora za konsolidacijom, zaštitom i uređenjem zemljišnog fonda u Hrvatskoj. Načelno su predviđene opsežne hidromelioracijske mjere na značajnim dijelovima državnog teritorija, a kao konkretan korak za provedbu zacrtane zemljišne politike predložena je izrada Programa uređenja zemljišta kojim bi se trebale dobiti relevantne informacije o optimalnim hidromelioracijskim radovima. Za očekivati je da će se implementacijom takvog programa današnje nepovoljno stanje sustava melioracijske odvodnje postupno popravljati.

3. NAČELA I SMJERNICE

Potaknuta nedavnim velikim poplavama u Europi i promjenama u europskoj vodnoj politici donošenjem Okvirne direktive o vodama Europske Unije [5], Konvencija o zaštiti i korištenju prekograničnih vodotoka i međunarodnih jezera (Helsinška Konvencija) je na svom 2. zasjedanju održanom u ožujku 2000. godine usvojila Smjernice za održivu prevenciju od poplava [12]. Iako Smjernice nisu obvezujuće, prihvatile su ih brojne europske zemlje kao osnovicu za izradu strateških dokumenata i akcijskih planova kojima se cjelovito i sveobuhvatno sagledava problematika zaštite od poplava u svjetlu nove europske vodne politike [10], [11], [15], [17]. U najnovijoj svjetskoj literaturi [14], [16] također se ističe širina problematike uređivanja slivova i zaštite od poplava, te važnost poduzimanja opsežnih preventivnih mjera za smanjenje rizika od šteta. Učinkovite preventivne mjere treba planirati cjelovito i sveobuhvatno pridržavajući se **pet temeljnih načela**:

1. **Voda je dio cjeline** – Voda je dio prirodnog ekološkog ciklusa i njeni se utjecaji moraju uzimati u obzir u svim strateškim i planskim dokumentima vezanim uz korištenje prostora.
2. **Zadržavati vodu na slivovima** – Vodu treba zadržavati na slivovima i uzduž vodotoka tehničkim i netehničkim sredstvima što je god dulje moguće, ali na taj način da se ne ugrožava stanovništvo i imovina, te da se ne ograničava gospodarski razvitak.
3. **Dopustiti širenje vodotocima** – Vodotocima se treba dopustiti širenje kako bi se usporilo otjecanje, ali na taj način da se ne ugrožava stanovništvo i imovina, te da se ne ograničava gospodarski razvitak.
4. **Biti svjestan opasnosti** – Ljudi trebaju postati svjesni da usprkos svim provedenim zaštitnim mjerama određeni rizici od poplavljanja na branjenim područjima i nadalje postoje.
5. **Integralna i usklađena akcija** – Integralna i usklađena akcija svih relevantnih čimbenika na čitavom slivu nužan je preduvjet za uspješnu i održivu zaštitu od poplava.

Preventivne mjere zaštite od poplava trebaju se poduzimati na čitavim slivovima vodeći računa o uzajamnim interakcijama učinaka svih pojedinačnih mjera. Za učinkovitu zaštitu od poplava potrebno je odabrati prikladnu kombinaciju uređivanja slivova kako bi se održali ili unaprijedili prirodni retencijski kapaciteti zemljišta i vegetacije (protuerozijski radovi i mjere, te odgovarajuće agrotehničke mjere), te tehničkih mjera koje utječu na redukciju vršnih protoka poplavnih valova i zaštitu zaobalja (regulacijske i zaštitne vodne građevine). Nužno je uravnotežiti stanje između zahtjeva za daljnjom urbanizacijom i gospodarskim korištenjem prostora i potreba za korištenjem zemljišta za usporavanje otjecanja i zadržavanje vode na slivovima. Za planiranje zaštitnih mjera potrebno je koristiti pouzdane podatke i informacije o postojećim i planiranim korištenjima prostora, o hidrometeorološkim i geomorfološkim osobinama nekog

područja, o vegetacijskim pokrovima, te o tipovima tala. Potrebno je primijenjivati napredne informatičke tehnologije koje omogućuju dopune postojećih spoznaja o formiranju poplava, poboljšavaju saznanja glede propagacije poplavnih valova, te istovremeno omogućuju procjene učinkovitosti odabranih mjera na slivovima i uzduž vodotoka. U svrhu učinkovite operativne obrane od poplava potrebno je stalno unapređivati postojeće sustave za hidrološko prognoziranje i prijenos informacija koji omogućuju informiranje svih relevantnih čimbenika tijekom poplava, te olakšavaju primjenu planova za obranu od poplava. Osim vodnog gospodarstva čija je uloga i nadalje dominantna, u preventivnoj zaštiti od poplava nužno je aktivno sudjelovanje korisnika i upravljača višenamjenskih akumulacija, hidrometeorološke službe, prostornih planera, zaštitara prirode, poljoprivrednika, šumara, državnih tijela i tijela lokalne samouprave, te građana i poduzetnika na potencijalno ugroženim područjima. Vodnogospodarske sustave po mogućnosti treba planirati kao višenamjenske kako bi se u njihovu realizaciju uključilo što više korisnika, ali isto tako treba voditi računa o njihovoj gospodarskoj opravdanosti i utjecajima na okoliš. Zaštitu od erozije i unutarnju odvodnju naseljenih ravničarskih površina također treba sagledavati kao sastavni dio održive zaštite od poplava.

Analizirajući postojeće stanje zaštitnih sustava u Hrvatskoj u svjetlu nove europske vodne politike zaključuje se da je za razliku od razvijenih europskih zemalja većina naših slivova uglavnom uređena sukladno njenim načelima. Naročito se ističu sustav zaštite od poplava Srednje Posavlje na slivu Save čije je funkcioniranje zasnovano na rasterećenju vodnih masa iz riječnih korita u velike nizinske retencije i ekspanzijske površine od kojih su najveće Kupčina, Odransko polje, Lonjsko polje i Mokro polje, te sustav zaštite od poplava na ušću Drave u Dunav s Kopačkim Ritom kao velikom prirodnom retencijom.

Uvažavajući geomorfološke osobine i zemljopisni položaj Republike Hrvatske, probleme u svezi zaštite od poplava na velikim hrvatskim rijekama treba rješavati unutar okvira međunarodne suradnje, uglavnom kroz implementaciju prihvaćenih međunarodnih bilateralnih i multilateralnih sporazuma o suradnji na slivovima prekograničnih vodotoka. U okvirima međunarodne suradnje nužno je razvijati zajedničke dokumente, posebno strategije i akcijske programe sa ciljem poboljšanja zaštite od poplava na međunarodnim slivovima. Holistički pristup rješavanju problematike zaštite od poplava na velikim međunarodnim slivovima relativno je nov u Europi, a potaknut je od država koje su tijekom devedesetih godina prošlog stoljeća nekoliko puta stradale od katastrofalnih poplava rijeke Rajne [10]. Priprema zajedničkog Akcijskog programa zaštite od poplava na slivu Dunava u kojoj aktivno sudjeluju sve podunavske zemlje među kojima i Hrvatska upravo je u tijeku [13].

4. STRATEŠKI CILJ I MJERE

Rješavanje uočenih problema i daljnje unapređivanje sustava zaštite od štetnog djelovanja voda u Hrvatskoj zahtijeva primjenu integralnih, sustavnih, efikasnih i troškovno-účinkovitih preventivnih mjera. Nužan preduvjet za njihovu potpunu implementaciju jest osiguranje dovoljnih financijskih sredstava za pripremu i realizaciju odgovarajućih projekata uređivanja slivova, što je moguće jedino ukoliko poraste javna svijest glede rizika od poplava i ukoliko će u planiranju i realizaciji takvih projekata osim vodnog gospodarstva aktivno sudjelovati i svi korisnici voda i zemljišta na nekom području.

Polazeći od dosadašnjih iskustava hrvatskoga vodnog gospodarstva, te uvažavajući iskustva iz europskih strateških i planskih dokumenata, jasno je da se **strateški cilj održive zaštite od poplava u Republici Hrvatskoj kojim se predviđa postizanje gospodarski opravdanih stupnjeva zaštite stanovništva, njihove imovine, prometnica, poljoprivrednih i industrijskih površina i ostalih ugroženih vrijednosti uz poticanje očuvanja i unapređivanja ekoloških stanja vodotoka i poplavnih površina, te uz stvaranje preduvjeta za daljnji gospodarski razvitak može ostvariti jedino uz aktivno sudjelovanje svih relevantnih čimbenika čije bi zadaće bile sljedeće:**

Vodno gospodarstvo:

- reinterpretirati postojeću vodnogospodarsku plansku dokumentaciju na razini pojedinih slivova sukladno sadašnjim društveno-gospodarskim uvjetima, potrebama i mogućnostima, te zahtjevima sadržanim u Okvirnoj direktivi o vodama Europske Unije,
- razgraničiti i uknjižiti vodno dobro u katastre i zemljišne knjige,
- redovito obavljati radove tehničkog i gospodarskog održavanja vodotoka, vodnog dobra i vodnih građevina,
- sanirati ratne i ostale štete, te obaviti potrebne rekonstrukcije kako bi se postojeći sustavi doveli u funkcionalno stanje,
- razvijati gospodarski opravdane i ekološki prihvatljive sustave u suradnji s različitim korisnicima voda i zemljišta sukladno usvojenoj vodnogospodarskoj planskoj dokumentaciji,
- planirati, organizirati i provoditi operativne mjere zaštite od poplava,
- uspostaviti i održavati sustave za prijenos informacija za potrebe provedbe operativnih mjera zaštite od poplava,

Upravljači višenamjenskim akumulacijama:

- osigurati retencijske prostore u akumulacijama za prihvrat dijela volumena poplavnih valova,
- upravljati akumulacijama na način da se ne izazove šteta na nizvodnim riječnim dionicama,
- održavati vodne građevine u funkcionalnom stanju,

Hidrometeorološka služba:

- redovito pratiti hidrometeorološke prilike, te u realnom vremenu dostavljati relevantne podatke i informacije službama za zaštitu od poplava,
- izrađivati hidrometeorološke prognoze i redovito ih dostavljati službama za zaštitu od poplava,

Prostorno planiranje:

- pri izradi prostornih planova uvažavati vodnogospodarsku plansku dokumentaciju,
- osigurati funkcioniranje zaštitnih sustava sprečavanjem neprimjerenog građenja na postojećim i potencijalnim retencijskim i otjecajnim površinama,
- ograničiti rizike od šteta ne dopuštajući neprimjerenu uporabu poplavnih površina,
- poduzeti mjere za što bolju infiltraciju vode na naseljenim područjima (parkovi, zelene površine i slično),

Zaštita prirode:

- smanjivati vršne protoke poplavnih valova reaktiviranjem poplavnih površina i renaturalizacijama vodotoka tamo gdje je potrebno i opravdano,
- smanjivati vršne protoke poplavnih valova zaštitom i obnavljanjem močvara tamo gdje je potrebno i opravdano,

Poljoprivreda i šumarstvo:

- izraditi i implementirati Program uređenja zemljišta,
- sukladno potrebama i mogućnostima održavati, sanirati i rekonstruirati postojeće detaljne melioracijske objekte za odvodnju,
- smanjivati vršne protoke poplavnih valova poboljšanjem infiltracijskih kapaciteta poljoprivrednih površina,
- usporavati otjecanje sa slivova održavanjem šuma i pošumljavanjem padina,
- smanjivati eroziju zemljišta prikladnim oblicima poljoprivredne proizvodnje, održavanjem šuma i pošumljavanjem padina,

Vlasnici nekretnina, poduzetnici i građani:

- osigurati nepokrivene rizike od poplavnih šteta na imovini putem polica osiguranja osiguravajućih društava,
- smanjiti moguće štete od poplavljanja pri korištenju zemljišta na potencijalno ugroženim područjima vodeći računa o poplavnim rizicima,
- izbjeći zagađivanja voda tijekom poplava uklanjanjem opasnih tvari s ugroženih površina,
- redovito ispunjavati zakonske obveze [1], [2],

Državna tijela i tijela lokalne samouprave:

- iz državnih izvora osiguravati dovoljna sredstva za redovito održavanje i unapređivanje zaštitnih sustava na državnim vodama,
- u proračunima lokalne samouprave uspostaviti posebne stavke za unapređivanje zaštitnih sustava na lokalnim vodama,
- razminirati minska polja na vodnom dobru,
- osigurati dobro funkcioniranje regionalnih i lokalnih centara za uzbunjivanje stanovništva i rad civilne zaštite,
- organizirati evakuacije stanovništva u slučaju potrebe,
- organizirati život na stradalim područjima davanjem humanitarne pomoći i hitnom obnovom najnužnije infrastrukture,
- osigurati nepokrivene rizike od poplavnih šteta na državnoj imovini putem polica osiguranja osiguravajućih društava,
- odgovarajućim mjerama poticati osiguranje imovine građana i poduzetnika od nepokrivenih rizika od poplavnih šteta.

5. ZAKLJUČAK

Poplave su prirodni fenomeni čije se pojave ne mogu izbjeći, ali se poduzimanjem različitih preventivnih mjera rizici od poplavljanja mogu sniziti na prihvatljivu razinu. U Hrvatskoj su poplave među opasnijim elementarnim nepogodama i na mnogim mjestima mogu uzrokovati gubitke ljudskih života, velike materijalne štete, devastiranje kulturnih dobara i ekološke štete. Problematici zaštite od poplava dodatnu dimenziju

danas daje i zaštita okoliša od nekontroliranih širenja zagađenja poznatog i nepoznatog porijekla putem poplavnih voda.

Nepravilnost pojavljivanja poplava izuzetno nepovoljno utječe na javnu svijest o mogućim opasnostima, odnosno na implementaciju preventivnih mjera. Današnja niska razina svijesti o opasnostima od poplava u Hrvatskoj posljedica je relativno dugog razdoblja bez poplava katastrofalnih razmjera koje su Hrvatsku posljednji puta zadesile šezdesetih i sedamdesetih godina prošlog stoljeća (katastrofalne poplave Save, Drave i Dunava). Lokalne poplave brdskih bujičnih voda koje su bile posebno učestale tijekom posljednjih petnaestak godina izazivale su velike štete na lokalnim razinama, ali ih je u pravilu šira javnost brzo zaboravljala. Današnji visoki rizici od poplava na mnogim hrvatskim prostorima nalažu hitnu provedbu različitih preventivnih mjera u čije se implementiranje aktivno trebaju uključiti svi relevantni čimbenici.

Revitalizacije danas zapuštenih hidromelioracijskih sustava treba realizirati kroz suradnju s poljoprivrednim sektorom sukladno njihovim planovima, potrebama i mogućnostima.

6. LITERATURA

1. Zakon o vodama (NN 107/95)
2. Zakon o financiranju vodnog gospodarstva (NN 107/95, NN 19/96, NN 88/98)
3. Odluka o popisu državnih voda (NN 20/96)
4. *Strategija poljoprivrede i ribarstva (NN 89/02)*
5. Europski Parlament i Vijeće (2000): *Water Framework Directive (Okvirna direktiva o vodama)*
6. Hrvatske vode (2002): *Sustavi zaštite od poplava većih vodotoka - postojeće stanje i razvojne potrebe*
7. Hrvatske vode (2002): *Sustavi zaštite od brdskih voda - postojeće stanje i razvojne potrebe*
8. Hrvatske vode (2002): *Sustavi melioracijske odvodnje - postojeće stanje i razvojne potrebe*
9. Hrvatske vode (2003): *Vodnogospodarska osnova Hrvatske, radna verzija*
10. Međunarodna komisija za zaštitu rijeke Rajne (1998): *Action Plan on Flood Defence (Akcijski plan za obranu od poplava)*
11. Halcrow & Vituki (1999): *Feasibility Study on Flood Control Development in Hungary (Studija izvodljivosti daljnjeg razvitka zaštitnih sustava u Mađarskoj)*
12. UN/ECE (2000): *Sustainable Flood Prevention (Održiva prevencija od poplava)*
13. ICPDR (2000): *Joint Action Programme for the Danube River Basin, January 2001 – December 2005 (Zajednički akcijski program za sliv Dunava, siječanj 2001 – prosinac 2005)*
14. Svjetska komisija za brane (2000): *Assessment of Flood Control and Management Options (Procjene stanja zaštite od poplava i upravljačkih mogućnosti)*
15. Vlada Češke Republike (2000): *Strategy for Protection Against Floods in Czech Republic (Strategija za zaštitu od poplava u Češkoj Republici)*
16. European Environment Agency (2001): *Sustainable Water Use in Europe, Part 3: Extreme Hydrological Events: Floods and Droughts (Održivo korištenje voda u Europi, Dio 3: Ekstremne hidrološke pojave: poplave i suše)*
17. Vlada Savezne Republike Njemačke (2002): *The Federal Government's Five – Point Programme, Steps to Improve Flood Defences (Program Savezne Vlade u pet točaka – Koraci za poboljšanje obrane od poplava)*

Autori:

mr.sc. Danko Biondić, dipl.ing.

Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo

Ulica grada Vukovara 220, Zagreb

tel.: +385 1 6307 323

fax.: +385 1 6307 686

e-mail: dbiondic@voda.hr

mr.sc. Blagoje Milović, dipl.ing.

Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo

Ulica grada Vukovara 220, Zagreb

tel.: +385 1 6307 319

fax.: +385 1 6307 686

e-mail: bmilovic@voda.hr

Darko Barbalić, dipl.ing.

Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo

Ulica grada Vukovara 220, Zagreb

tel.: +385 1 6307 581

fax.: +385 1 6307 686

e-mail: darkob@voda.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.03.

Postojeće stanje, ciljevi i strateške smjernice u planiranju korištenja vode

Alan Cibilić

SAŽETAK: Korištenje voda u Hrvatskoj ubraja se u značajan segment vodnog gospodarstva. Održivi razvoj je strateški cilj R. Hrvatske, a jedan od gospodarski važnih segmenata tog razvoja je i održivo korištenje vodnih bogatstava Hrvatske, koje bi u budućnosti trebalo zadovoljiti sve potrebe korisnika za vodom. U Hrvatskoj vodni resursi u količinskom smislu, za sada, nisu ograničavajući čimbenik razvoja korištenja voda.

Planiranje racionalnog i učinkovitog korištenja vode u budućnosti treba provoditi kroz objektivno sagledavanje potreba, i primjenu regulativnih i ekonomskih mjera. S obzirom na to da se voda tretira kao ekonomska kategorija njeno korištenje se plaća izravno ili neizravno, i podliježe pravilima tržišnih odnosa i interesa.

Sukob između različitih korisnika voda za sada nije prisutan u većoj mjeri, osim u područjima koja oskudijevaju s vodom kao što su otoci i priobalna područja i to na relaciji turizam-poljoprivrede.

Zadatak vodnog gospodarstva u sektoru korištenja vode u narednom razdoblju je izrada integralnih planova slivnih područja u skladu s europskim standardima. Zbog toga se planira vodoprivredni okvir za održivo korištenje voda u skladu s planiranim razvojem države i prostornim uređenjem, i donošenje stimulativnih mjera kao poticaj za daljnje ulaganje u pojedine grane korištenja voda na principima tržišne ekonomije.

KLJUČNE RIJEČI: planiranje, korištenje voda, sliv, vodoopskrba, vodni resursi

Current Status, Objectives and Strategies in Water Use Planning

SUMMARY: Water use is one of significant aspects of the water resources management in Croatia. Sustainable development being a strategic goal, sustainable use of the Croatian water resources is one of the essential economic baselines of such development that should meet complete water demand in the future. Present availability of the water resources is not a restraining factor to the water use development.

Planning of efficient water use should in the future be based on objective understanding of needs and implementation of legislative and economic measures. Since water is considered as an economic category, its use is paid directly and indirectly, and it is governed by the market relations and interests.

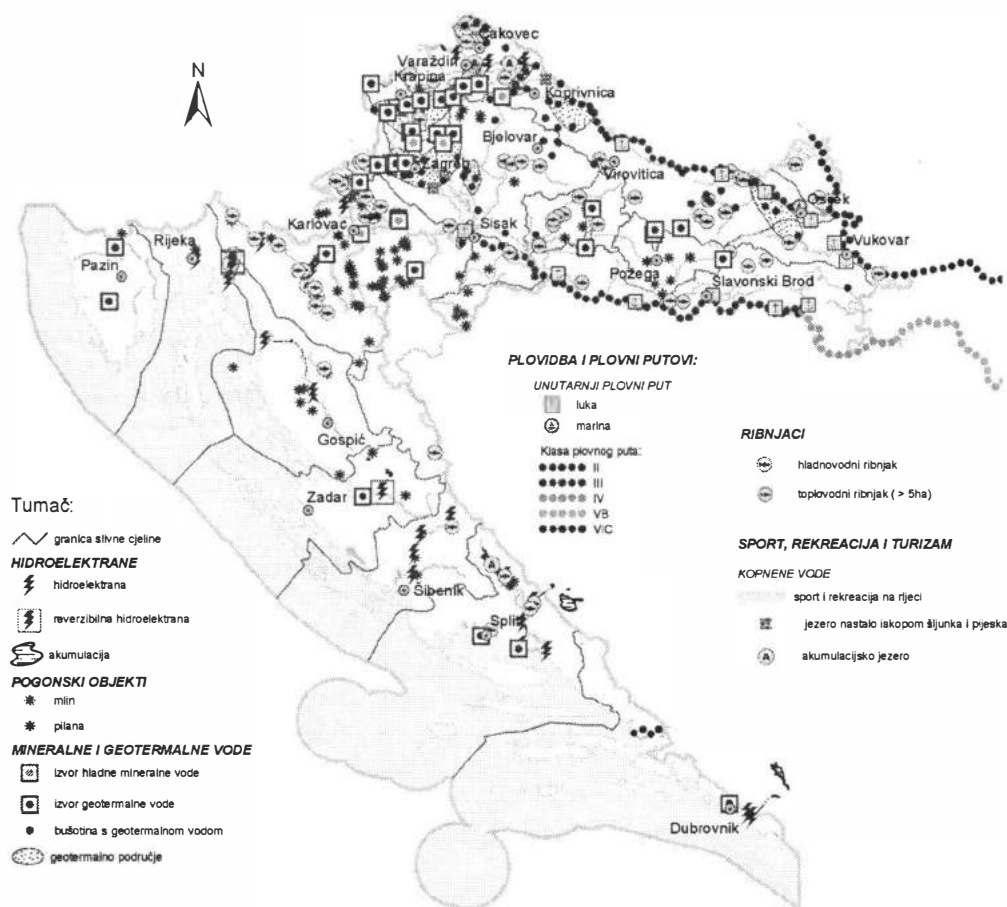
Presently, there is no significant conflict between different stakeholders, with the exception of the areas affected by water shortage, such as the islands and coastal regions where dominant conflict is that between the tourism and agriculture.

As regards the water use, the water management should focus on development of integrated catchment area plans in line with the European standards. Setting up of a water management framework is planned for sustainable water use in harmony with the planned development of Croatia and its physical planning, and adopting of incentive measures that should encourage further investment into the water use sector respecting the market economy principles.

KEYWORDS: planning, water use, catchment, water supply, water resources

1. UVOD

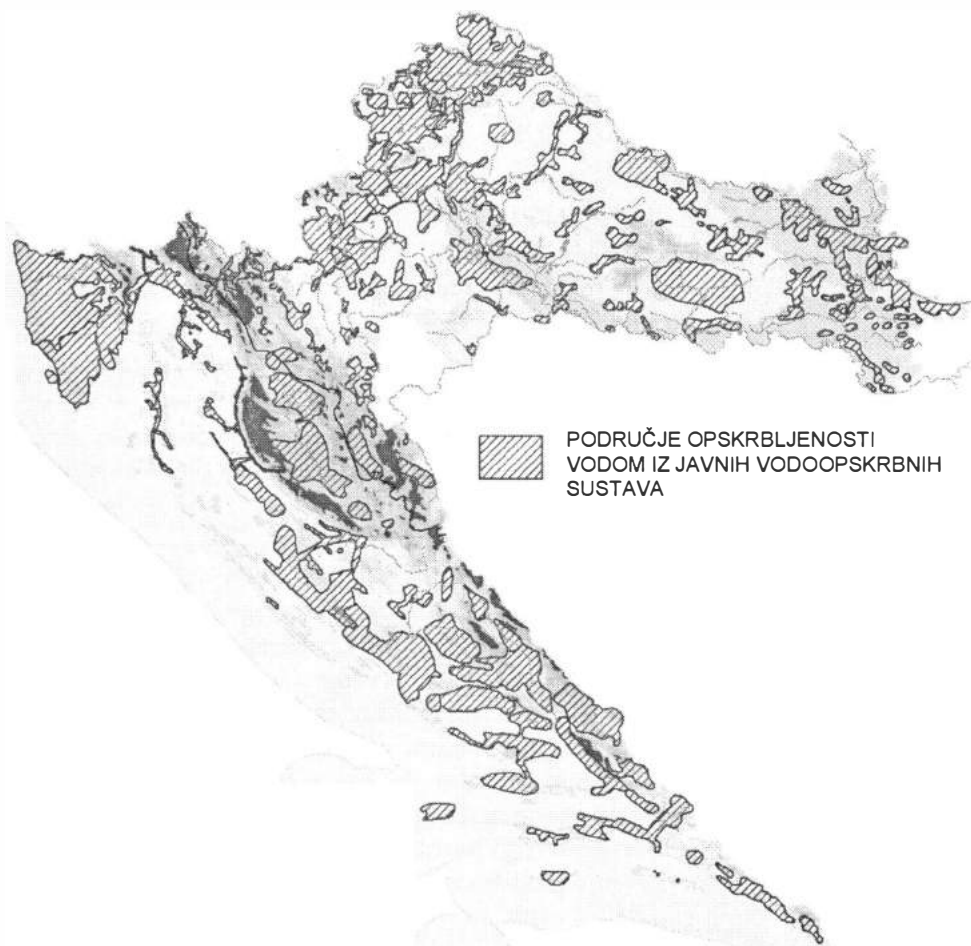
Korištenje voda u Hrvatskoj ubraja se u značajan segment vodnog gospodarstva. Posljednjih godina najveći razvoj u djelatnosti korištenja voda doživjela je javna vodoopskrba, dok su druge grane uglavnom stagnirale. Sukob između različitih korisnika voda za sada nije prisutan u većoj mjeri, osim u područjima koja oskudijevaju s vodom kao što su otoci i priobalna područja i to na relaciji turizam-poljoprivreda. Na slici 1. dan je generalni prikaz korištenje voda u R. Hrvatskoj, a u nastavku je sažeto opisano postojeće stanje po granama korištenja, te ciljevi i smjernice razvoja.



Slika 1. Pregled korištenja voda u R. Hrvatskoj, (bez javne vodoopskrbe).

2. KORIŠTENJE VODA – POSTOJEĆE STANJE

Vodoopskrba stanovništva i industrije. Opskrba vodom naselja i industrije u R.Hrvatskoj riješena je regionalnim i lokalnim sustavima. Prosječna opskrbljenost stanovništva R. Hrvatske vodom iz javnih vodoopskrbnih sustava [1] iznosi 76%, od toga je na jadranskom slivu opskrbljeno 86%, a na crnomorskom slivu 71% stanovništva. Isporučena količina vode za potrebe vodoopskrbe u 2000.-toj godini iznosila je oko 375 milijuna m³. Opskrbljenost stanovništva vodom iz sustava javne vodoopskrbe razlikuje se po pojedinim dijelovima Hrvatske, kao što je to vidljivo na slici 2. Svi urbani centri imaju cjeloviti javni vodoopskrbni sustav, a stanovnici koji nemaju priključak su uglavnom u izoliranim manjim seoskim naseljima, te rubnim naseljima uz veće urbane centre. Iz javnih vodoopskrbnih sustava opskrbljuje se vodom i dio gospodarskih djelatnosti. Problemi su značajnije izraženi u turističkim područjima zbog izrazito velikih potreba u ljetnom razdoblju i ograničenih ljetnih kapaciteta lokalnih vodnih resursa.



Slika 2. Područja opskrbljenosti stanovništva vodom iz javnih vodoopskrbnih sustava u R. Hrvatskoj.

Za potrebe vodoopskrbe u R. Hrvatskoj koristi se 411 zahvata podzemnih voda, što čini oko 90% količina vode, i 19 zahvata površinskih voda, sveukupno korišteni kapacitet u vrijeme najvećih potreba iznosi oko 29.500 l/s. Iz javnih vodoopskrbnih sustava prosječno se gubi oko 46% zahvaćene vode (2001. god.), a gubici su posljedica starosti sustava, lošeg tekućeg i investicijskog održavanja, ugradnje nekvalitetnih materijala, neevidentirane potrošnje vode i dr. Trend povećanja gubitaka (u prosjeku 1-2% godišnje) u javnim vodoopskrbnim sustavima, prisutan je već duži niz godina, a u nekim sustavima gubici već dosežu i alarmantne razmjere.

Korištenje vode za proizvodnju električne energije. Hidroenergetski objekti i postrojenja imaju veliki značaj u sustavu gospodarenja i iskorištavanja voda. Bruto potencijal vodotoka u R. Hrvatskoj iznosi 21,33 TWh, od čega je tehnički i ekonomski za sada opravdano iskoristiti oko 12,45 TWh. Od toga je oko 50% potencijala već iskorišteno u postojećim hidroelektranama. Ukupna instalirana snaga hidroelektrana u R. Hrvatskoj iznosi 2076,3 MW (55% od ukupne snage elektroenergetskog sustava). Najstarija hidroelektrana u R. Hrvatskoj izgrađena je prije 100 godina, a najmlađa nešto prije 15 godina (HE Đale).

Kao dio hidroenergetskih objekata i postrojenja izgrađena su akumulacijska jezera ukupnog volumena od 954,7 milijuna m³, od čega je 17% na crnomorskom slivu i 83% na jadranskom slivu.

Prosječna proizvodnja električne energije u Hrvatskoj po slivovima iznosi: 1,49 TWh na crnomorskom slivu i 4,94 TWh na jadranskom slivu.

Najpogodnije lokacije za proizvodnju hidroenergije u Hrvatskoj već su iskorištene, a preostale su uglavnom dolinske lokacije s većim potencijalnim utjecajem na okoliš, pa tako i na režim površinskih i podzemnih voda.

Korištenje vode za navodnjavanje. Ukupno navodnjavane površine u R. Hrvatskoj procijenjene su na oko 6000 ha, na kojima se godišnje koristi između 15,6 i 19,5x10⁶ m³ vode.

U priobalnom dijelu, području krša izgrađeni su značajniji sustavi za navodnjavanje. U istočnoj Slavoniji i Baranji problemi su izraženiji na manjim sustavima, kao rezultat parcijalnih rješenja.

Prema pokazateljima razvijenosti navodnjavanja, Hrvatska je na dnu ljestvice europskih država.

Korištenje vode za uzgoj riba. Osnova slatkovodnog ribogojstva u Hrvatskoj su šaranski i pastrvski ribnjaci, koji su značajni korisnici voda. Godišnja potrošnja vode na crnomorskom slivu u 2000-toj godini, za toplovodne ribnjake iznosila je oko 250.000.000 m³, a za hladnovodne ribnjake oko 55.000.000 m³ (protočne) vode. Na jadranskom slivu nema toplovodnih ribnjaka, a u hladnovodnim ribnjacima korišteno je oko 270.000.000 m³ protočne vode. Površina toplovodnih ribnjaka iznosi oko 13.500 ha. Slatkovodni toplovodni ribnjaci u R. Hrvatskoj generalno gledano, zbog stanja u toj grani gospodarstva, te brojnih neriješenih problema imaju trend stagnacije. Međutim, pastrvska ribogojilišta posljednjih godina ostvarila su znatan porast proizvodnje.

Korištenje plovnih putova. U proteklom desetljeću znatno je stagniralo zbog ratnih okolnosti koje su onemogućile plovidbu Dunavom, Savom i Dravom, našim najvećim i najvažnijim plovnim rijekama. Iako su u zadnje vrijeme postignute međunarodne i domaće legislativne pretpostavke razvitka unutarnje plovidbe, R. Hrvatska još uvijek ne koristi u dovoljnoj mjeri svoje plovne rijeke. Realizacija svih građevinskih zahvata na

pograničnim rijekama Dunavu, Savi i Dravi povezana je s procesom sporazumijevanja sa susjednim državama. Plovidba i plovni putovi su važni resurs R.Hrvatske kojeg odgovarajućim mjerama treba u budućnosti razvijati.

Korištenje vode za sport, kupanje i rekreaciju. Pritisci na vode u smislu rekreacije, posebno su izraženi u ljetnim mjesecima. Problem nedostatka vode za kupanje gradskih korisnika u kontinentalnom dijelu samo malim dijelom može se riješiti izgradnjom bazena, pa gdje god je to moguće koriste se umjetne vodene površine, najčešće bivše šljunčare u aluvijalnim područjima (Zagreb, Varaždin, Koprivnica) i akumulacijska jezera (Varaždin, Čakovec, Gorski Kotar). U R.Hrvatskoj ovaj resurs nije dovoljno iskorišten s obzirom na raspoložive mogućnosti.

Korištenje mineralnih i geotermalnih voda. Hrvatska se može prema geotermalnom potencijalu generalno podijeliti na dva različita prostora. U sjeveroistočnom dijelu Hrvatske koji pripada Panonskom bazenu postoji značajan geotermalni potencijal, dok u jugozapadnom dijelu koji pripada Dinaridima, odnosno primorsko-istarskom i dalmatinskom drenaznom sustavu, ne postoji značajniji geotermalni potencijal.

U R.Hrvatskoj ovaj resurs i dalje nije dovoljno korišten s obzirom na mogućnosti koje su na raspolaganju. Prema načinu korištenja geotermalnih voda u Hrvatskoj, prednjači korištenje u bazenima za kupanje, zatim za toplu sanitarnu vodu, terapiju i zagrijavanje prostora.

Korištenje vode za pogonske svrhe. Prisutan je trend napuštanje takvog načina korištenja vode, tako da se broj aktivnih pogonskih objekata (mlinova i pilana) smanjuje.

3. CILJEVI ODRŽIVOG KORIŠTENJA VODE

Ostvarenje održivog razvoja je strateški cilj R. Hrvatske, a jedan od gospodarski važnih segmenata tog razvoja je i održivo korištenje vode. Cilj vodnog gospodarstva u planskom smislu za sektor korištenja vode je stvaranje povoljnih uvjeta za održivo korištenje vode [2], te usklađivanje različitih korištenja vode radi izbjegavanja sukoba javnog i privatnog interesa. To znači da je osnovni zadatak u narednom razdoblju izrada integralnih planova slivnih područja [5] i stvaranje potrebnog vodoprivrednog okvira za moguća ulaganja i razvoj u skladu s europskim standardima.

Javna vodoopskrba. Promatrano u cjelini i dugoročno, planski ciljevi daljnjeg razvitka javne vodoopskrbe mogu se općenito formulirati kao: racionalizacija, povećanje učinkovitosti i ekonomičnosti [4], te povećanje ukupne sigurnosti vodoopskrbe. Ocjenom postojećeg stanja vodoopskrbe u Hrvatskoj uočeni su problemi i nedostaci u vodoopskrbi kao i neravnomjeran razvoj vodoopskrbe po općinama i županijama. Na temelju toga utvrđeni su glavni ciljevi daljnjeg razvoja javne vodoopskrbe i to:

- povećanje stupnja opskrbljenosti stanovništva vodom,
- sanacija gubitaka vode iz vodoopskrbnih sustava,
- okrupnjavanje (povezivanje) sustava u svrhu povećanje učinkovitosti i sigurnosti vodoopskrbe.

Na područjima s niskim stupnjem opskrbljenosti nužno je: pristupiti izgradnji novih vodoopskrbnih sustava ili pristupiti okrupnjavanju postojećih sustava u regionalne vodovode, povećavati njihovu učinkovitost, i proširenjem sustava obuhvatiti područja koja sada nemaju javnu vodoopskrbu. Okrupnjavanjem sustava riješit će se cijeli niz sadašnjih problema vezanih uz neracionalno funkcioniranje manjih sustava, postići će

se i veća razina sigurnosti opskrbe u odnosu na količine, kakvoću i kontinuitet opskrbe, te povećati produktivnost javne vodoopskrbe.

Na područjima s visokom opskrbljenošću ne postoje značajnije potrebe za razvojem novih sustava zbog povećanja priključenosti jer je sadašnja priključenost zadovoljavajuća, a sva veća naselja imaju vodoopskrbni sustav. Umjesto potreba razvoja novih javlja se velika potreba za dogradnjom postojećih sustava i to prvenstveno u većim urbanim sredinama, gdje će doći do proširenja postojećih sustav radi:

- priključenja novih korisnika shodno proširenju urbanih sredina, i
- povezivanja manjih rubnih naselja oko većih urbanih sredina u jedinstveni vodoopskrbni sustav.

Sigurna vodoopskrba turističkih područja također je jedan od prioritetnih zadataka u narednom razdoblju. Neophodna je kontrola potrošnje, te mjere štednje i racionalizacije potrošnje vode primjenom odgovarajućih, uobičajenih mjera koje se već koriste u mediteranskim zemljama.

4. SMJERNICE ZA ODRŽIVO KORIŠTENJE VODA

Potrebno je planirati i promovirati racionalno i učinkovito korištenje voda u Hrvatskoj, kroz objektivno sagledavanje potreba, te uz primjenu regulativnih i ekonomskih mjera [3]. U tom smislu smjernice za korištenje voda trebaju uvažavati sljedeće principe i aktivnosti:

- maksimalno iskorištavanje postojećih sustava kroz unaprijeđeno održavanje, obnavljanje i optimalizaciju rada;
- racionalno gospodarenje vodnim resursima (smanjenje gubitaka vode);
- kontrola potrošnje vode;
- ekološki i prihvatljivi razvoj hidroenergetike, poljodjelstva i drugih korisnika voda.

Održivo korištenje vodnih bogatstava Hrvatske u budućnosti treba zadovoljiti sve potrebe korisnika za vodom. Vodoopskrbu treba zaštititi mjerama i aktivnostima vezanim uz zaštitu voda. Sve ostale grane korištenja su tržišna kategorija i podliježu pravilima tržišnih odnosa i interesa. S obzirom na to da se voda tretira kao ekonomska kategorija njeno korištenje se plaća izravno ili neizravno.

Zbog toga se planira vodoprivredni okvir za održivo korištenje voda u skladu s planiranim razvojem države i prostornim uređenjem. Osnovni principi za ostvarenje održivog korištenja voda su:

- održivi gospodarski razvoj;
- cjeloviti/integralni pristup u korištenju voda na razini slivova i obalnih zona;
- uključivanje javnosti i svih zainteresiranih u procese određivanja željenog korištenja, te izrade planova korištenja voda;
- podrška ostvarenju postavljenih razvojnih ciljeva.

U određivanju mogućih razina korištenja voda polazi se od ograničenja koja proizlaze iz:

- stanja postojećih ekosustava;
- ekoloških vrijednosti vodnih cjelina i njihovom sadašnjem i mogućem korištenju;
- biološkog minimuma;
- drugih društvenih ciljeva i interesa razmatranog vodnog sustava.

5. ZAKLJUČAK

Posljednjih godina najveći razvoj u djelatnosti korištenja voda doživjela je javna vodoopskrba, dok su druge grane uglavnom stagnirale. Hrvatska je relativno bogata vodom, tako da njeni vodni resursi u količinskom smislu, za sada, nisu ograničavajući čimbenik razvoja održivog korištenja voda. Sukob između različitih korisnika vode za sada nije prisutan u većoj mjeri, osim u područjima koja oskudijevaju s vodom kao što su otoci i priobalna područja i to na relaciji turizam-poljoprivreda.

Zadatak vodnog gospodarstva u planiranju korištenja vode u narednom razdoblju je izrada integralnih planova slivnih područja prema europskim standardima i stvaranje potrebnog vodoprivrednog okvira za moguća ulaganja i razvoj.

Održivo korištenje vodnih bogatstava Hrvatske u budućnosti treba zadovoljiti sve potrebe korisnika za vodom.

6. LITERATURA

1. Hrvatske vode, (2003), Vodnogospodarska osnova Hrvatske (radna verzija)
2. Margeta J., (1992) Osnove gospodarenja vodama
3. Margeta J., Azzopardi E., Iacovides I., (1999), Smjernice za integralni pristup razvoju, gospodarenju i korištenju vodnih resursa
4. JVP; Građevinski fakultet, (1991), Dugoročni program opskrbe pitkom vodom RH
5. Europski Parlament i Vijeće (2000): Water Framework Directive (Okvirna direktiva o vodama)

Autor:

Alan Cibilić, dipl.ing.

Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo

Ulica grada Vukovara 220, Zagreb

tel.: +385 1 6307 321

fax.: +385 1 6307 686

e-mail: acibilic@voda.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.04.

Postojeće stanje, načela i strateške smjernice u planiranju zaštite voda i vodnih ekosustava

Gorana Ćosić-Flajsig

SAŽETAK: U radu će se prezentirati osnovne značajke razvoja djelatnosti zaštite voda u Hrvatskoj na temelju rezultata VOH-a. Gospodarski razvitak uzrokuje degradaciju voda i vodnih ekosustava, u kvantitativnom i kvalitativnom pogledu. Održivo gospodarenje vodama je odgovor na stalni proces pogoršanja kakvoće voda i dostupnosti potrebnih količina voda. Donošenjem Okvime direktive o vodama EU-a, zaštita voda je u okviru održivog, proširenog obuhvata integralnog gospodarenja vodama, kao i u smislu planiranja i upravljanja vodama, još više dobila na značenju. U okviru Vodnogospodarske osnove Hrvatske, prikazano je postojeće stanje i planiranje mjera zaštite voda. U Hrvatskoj se, obzirom na izvore onečišćenja, tradicionalno kontroliraju točkasti izvori onečišćenja, dok se raspršenim izvorima onečišćenja i upravljanjem kakvoćom i količinom voda i vodnih ekosustava u zaštićenim područjima, do sada nije pridavala dovoljna pozornost. Vodnogospodarskom osnovom Hrvatske je prikazana problematika postojećeg stanja zaštite voda i ocjenu razvijenosti, uz uvažavanje postojeće legislative i vodne politike u Hrvatskoj. Također, stavljen je naglasak na definiranje «vrućih točki», putem postavljenih kriterija koja u sebi uključuju europsku vodnu politiku. Temeljem tako utvrđenog stanja i definiranih problema, planiranog društvenog razvoja i vodnog gospodarstva, kao i razvojnih potreba vodnog gospodarstva, postavljeni su razvojni ciljevi i moguće mjere, strateške smjernice, te planske aktivnosti u smislu realizacije politike zaštite voda i vodnih ekosustava.

KLJUČNE RIJEČI: održivi razvitak, integralno gospodarenje vodama, sliv/riječni bazen, vodnogospodarsko planiranje, Vodnogospodarska osnova Hrvatske

Current Status, Principles and Strategies in Planning Water and Aquatic Ecosystems Protection

SUMMARY: The paper presents the basic Croatian water protection activities and describes the Water Resources Management Plan results. Economic development causes both quantitative and qualitative degradation of water and aquatic ecosystems. Sustainable water management offers an adequate response to permanent water quality degradation and decreasing availability of necessary quantities of water. The EU Water Framework Directive promotes importance of water by underscoring the need for water protection within sustainable and integrated water resources management and planning. The Croatian Water Resources Management Plan offers and overview of the current status and planned measures for the water protection. As regards pollution sources, Croatia has traditionally controlled its point-source pollution, while the dispersed-source pollution and quality and quantity management of water and aquatic ecosystems in the protected (safety) zones have not been adequately addressed. The Croatian Water Resources Management Plan has presented the issues ensuing from the current water protection status and the development

assessment, respecting the applicable Croatian legislation and water policy. Further, determining of the “hot spots” is underscored, which should be carried out on the basis of criteria set up in line with the European water policy. Based on determined status and problems, planned social development and development of the water sector and its development needs, development objectives have been set up and possible measures proposed, along with the strategies and planning activities towards implementation of the water and aquatic ecosystem protection policy.

KEYWORDS: sustainable development, integrated water resources management, catchment/river basin, water sector planning, Croatian Water Resources Management Plan

1. UVOD

Korištenjem vodnih resursa, u najširem smislu, čovjek nužno uzrokuje promjene i degradaciju voda i vodnih ekosustava u kvalitativnom i kvantitativnom pogledu. Odgovor na takav proces stalnog pogoršanja kakvoće voda i dostupnosti potrebnih količina voda je održivo gospodarenje vodama. Metoda kojom se želi osigurati održivo gospodarenje je *integralno gospodarenje vodama*, koje u sebi objedinjuje tri osnovne komponente sustava: prirodnu, društveno-gospodarsku i upravljačku. Kroz integralno gospodarenje vodama se:

- povezuju značajke i problemi gospodarenja količinom i kakvoćom voda s drugim resursima koji utječu na vode,
- u potpunosti se uvažavaju i uzimaju u obzir hidrološki, ekološki i društveni čimbenici,
- prepoznaje važnost i granice voda, sliva/riječnog bazena, za cjelovito sagledavanje i učinkovito gospodarenje vodama.

2. POSTOJEĆE STANJE ZAŠTITE VODA U HRVATSKOJ

Sustav zaštite voda od onečišćenja zasniva se na načelu integralnog upravljanja vodama i jedinstva vodnog režima, radi postizanja dobrog stanja voda (količine i kakvoće) koji se temelji na odredbama Zakon o vodama [26], Državnog plana za zaštitu voda [2], propisima iz područja zaštite voda od onečišćenja, uvažavajući i druge propise i strategije, kao što su: Zakona o zaštiti okoliša [27], Strategija prostornog uređenja Republike Hrvatske [16], Nacionalna strategiji zaštite okoliša Republike Hrvatske [10], Zakon o zaštiti prirode [28], i Zakon o komunalnom gospodarstvu [21].

Osnovi sustava zaštite voda uključuju mjere za zaštitu voda, vodne građevine za zaštitu voda, uređaje za prethodno pročišćavanje i pročišćavanje otpadnih voda industrija, te smanjivanje raspršenih izvora onečišćenja.

Donošenjem Okvirne direktive o vodama Europske unije [1], zaštita voda u okviru održivog, proširenog obuhvata integralnog gospodarenja vodama, dobila je na značaju. Stvoren je okvir održivom gospodarenju vodama. Tradicionalni pristup upravljanja vodama je zamijenjen integralnim, multidisciplinarnim i međusektorskim, koji će uzimati u obzir društvene, ekonomske, političke i ekološke aspekte.

2.1. Mjere za zaštitu voda

Na državnoj razini, mjere za zaštitu voda razrađene su u Državnom planu za zaštitu voda [2], koji je provedbeni dokument zaštite voda i mora od onečišćenja s kopna, a sadrži: administrativne mjere, mjere za očuvanje kakvoće voda, mjere za sprječavanje i smanjenje onečišćenja voda, provedbene mjere, mjere za slučajeve izvanrednih i

iznenadnih zagađenja, plan građenja objekata za zaštitu voda, te izvore i načine financiranja. Državnim planom za zaštitu voda određeni su nositelji navedenih mjera, koji su ih dužni razrađivati s ciljem zadovoljavajuće i učinkovite primjene. Također su doneseni potrebni propisi, koji doprinose mjerama zaštiti voda od onečišćenja. Temelji vodnogospodarskog planiranja zaštite voda na lokalnoj razini su:

- županijski planovi za zaštitu voda, kojima se planiraju mjere zaštite voda na razini županije i
- odluke o odvodnji otpadnih voda, za koje je sadržaj utvrđen člankom 75 stavkom 2 Zakona o vodama.

Za većinu županija nisu izrađene Studije zaštite voda, izrađene tek Studije odvodnje i pročišćavanja kao podloge za izradu Županijskih planova zaštite voda, ali je malo županijskih planova i doneseno.

U sustavu zaštite voda važni su i međunarodni propisi koje je Republika Hrvatska potpisala i potvrdila, a odnose se na provedbu mjera za zaštitu voda i izgradnju vodnih građevina za zaštitu voda. To su Konvencija o zaštiti i uporabi prekograničnih vodotoka i međunarodnih jezera [5], i pripadajući Protokol o vodi i zdravlju, Konvencija o zaštiti Sredozemnog mora od onečišćenja [14], i pripadajući Protokol o zaštiti mora od onečišćenja s kopna, koji također zahtjeva potreban stupanj priključenosti stanovnika i industrije na sustave javne vodoopskrbe i odvodnje, te konačno Direktiva EU o otpadnim vodama sustava javne odvodnje, koja u odnosu na veličinu sustava javne odvodnje zahtjeva postotak njegove izgrađenost. To može biti predmet pregovora s EU s obzirom na sadašnje stanje izgrađenosti sustava javne odvodnje u Republici Hrvatskoj. Posebno u vezi mjera zaštite voda od onečišćenja važna je i Okvirna direktiva o vodama EU, koja se u Hrvatskoj počela provoditi temeljem Konvencije o zaštiti i održivoj uporabi rijeke Dunav [4].

2.2. Postojeće stanje voda

Hrvatska je relativno bogata vodom, tako da njeni resursi u količinskom smislu, za sada, nisu ograničavajući čimbenik razvoja održivog korištenja voda. Razina korištenja voda ne ugrožava količinsko stanje, osim na rijetkim lokacijama, a ne ugrožava niti ekološke značajke voda i ekosustava vezanih uz vode.

Glede kakvoće kopnenih voda posljednjih godina nije došlo do značajnijih promjena. Kakvoća površinskih voda i voda izvorišta prema većini skupina pokazatelja, dobrog je i umjereno dobrog stanja. Sadašnja razina korištenja voda ne ugrožava njihovo količinsko stanje. Obzirom da je monitoring površinskih voda projektiran, i provodi se, uglavnom nizvodno od točkastih izvora onečišćenja, rezultati monitoringa i ocjena stanja voda pokazuju odstupanja od planirane vrste voda uglavnom radi neprovedenih mjera zaštite voda. Glavni izvori onečišćenja vodnih resursa u kvalitativnom pogledu su onečišćenja koja nastaju od stanovništva, turizma i industrije (točkasti), te poljoprivrede i prometa (raspršeni izvori onečišćenja).

Rezultati sustavnog praćenja utjecaja onečišćivača na kakvoću vode pokazali su da su najveća odstupanja od planirane vrste vode za pojedini odsječak rijeke ili jezera, uzrokovana povišenim vrijednostima mikrobioloških pokazatelja, a najmanja biološkim pokazateljima. Povišene vrijednosti mikrobioloških pokazatelja upućuju na trajnije opterećenje komunalnim otpadnim vodama. U proteklome razdoblju, zbog sporog gospodarskog oporavka, u Hrvatskoj nije došlo do pogoršanja kakvoće površinskih voda

u odnosu na prethodne godine (uključujući i 1991. godinu), usprkos nedovoljnoj izgrađenosti zaštitnih sustava. U okviru nacionalnoga monitoringa na državnim vodama od organskih pokazatelja analizirana je prisutnost pesticida, lindana i DDT-a u površinskim vodama s ciljem praćenja upotrebe pesticida u poljoprivredi.

Podzemna voda u zapadnome dijelu savskoga i dravskoga aluvijalnog vodonosnika opterećena je koncentracijama tvari koje upućuju na antropogeno onečišćenje podzemnih voda. U središnjem i istočnom dijelu Hrvatske podzemna voda sadrži koncentracije željeza i pratećih pokazatelja (mangana, amonijaka) kao odraz prirodnih reduktivnih uvjeta u vodonosniku. Povremena pojava bakteriološkog onečišćenja jedini je veći problem u inače visokoj kakvoći vode gorskih vodonosnika panonskoga područja. Na području jadranskoga sliva, krškog obilježja, generalno se može tvrditi da je podzemna voda visoke kakvoće, a glavni su problem nagle i relativno kratkotrajne promjene kakvoće u kišnim razdobljima, kada se mutnoća i sadržaj suspendirane tvari višestruko povećava. Temeljem graničnih vrijednosti indikatora ocijenjeno je ekološko stanje voda duž hrvatske obale za razdoblje 1998-2001. godine i ono se uglavnom može ocijeniti najvišim stupnjem, tj. vrlo dobro. Stanje za jedan stupanj niže (dobro) procijenjeno je za pojedine dijelove Limskog kanala, Pulske Luke te Bakarskog, Šibenskog i Kaštelanskog zaljeva. Umjereno dobar ekološki stupanj procijenjen je samo u najdubljem dijelu Limskog kanala te u dijelu Šibenskog zaljeva ispred Šibenika.

2.3 Vodne građevine za zaštitu voda

Sustavi javne odvodnje čine značajno mjesto u zaštiti voda. Sustavima javne odvodnje se poklanja značaj obzirom na značajna financijska sredstva koja je potrebno osigurati za njihovo planiranje i izgradnju, te radi nužnosti usuglašavanja djelovanja vodnog gospodarstva, komunalnog gospodarstva i lokalne zajednice prilikom izgradnje sustava javne odvodnje. Djelatnost odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda, prema Zakonu o vodama [26], čine poslovi sakupljanja otpadnih voda, njihova dovođenja do uređaja za pročišćavanje, pročišćavanje i ispuštanje u prijemnik, obrade mulja koji nastaje u procesu njihova pročišćavanja, i poslovi odvodnje oborinskih voda iz naselja putem sustava javne odvodnje. Odvodnja otpadnih voda se mora provesti na način, da se ne onečišćuje podzemne vode. Djelatnost odvodnje i pročišćavanja obavljaju pravne osobe organizirane u skladu s Zakonom o komunalnom gospodarstvu [18], ali su navedeni poslovi osobito značajni za upravljanje vodama u skladu s člancima 172. do 174. Zakona o vodama, te je za obavljanje ove djelatnosti potrebna suglasnost Državne uprave za vode. Značajno je istaknuti da se *Odlukom o odvodnji otpadnih voda* propisuju uvjeti odvodnje otpadnih voda i planira izgradnja sustava javne odvodnje, ali i zbrinjavanje otpadnih voda izvan sustava javne odvodnje.

Složenost sustave javne odvodnje u Hrvatskoj jasno pokazuje činjenica da ima ukupno 6.759 naselja od čega 6532 naselja imaju manje od 2.000 stanovnika, ali u njima živi oko 40 % stanovništva. Izgrađenost sustava javne odvodnje je povoljnija kod naselja od 2.000 - 10.000 stanovnika, jer od ukupnog broja 189 u njih 104 ima na nekom stupnju izgrađeni sustav. Naselja s većim brojem stanovnika od 10.000 imaju pretežito izgrađen sustav javne odvodnje. Stupanj priključenosti stanovništva na sustav kod većih gradova se kreće oko 75%, dok je u manjim gradovima taj odnos bitno manji. Iz navedenog prikaza je vidljivo da je problem izgrađenosti sustava najprisutniji u naseljima manjim od 10.000 stanovnika. Prema tipu kanalizacijskog sustava, u Hrvatskoj je mješoviti kanalizacijski sustav dominantan u crnomorskom riječnom bazenu, dok u jadranskom

Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda i kanalizacijski sustav predstavljaju nedjeljivu tehničko-tehnološku cjelinu. Izgrađeno je 81 uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (podaci za 2000.god.), različitih prema stupnju izgrađenosti i kapacitetu.

Od toga je izgrađeno (u skladu s Državnim planom za zaštitu voda) 20 uređaja s prethodnim stupnjem pročišćavanja otpadnih voda, 26 s prvim stupnjem pročišćavanja otpadnih voda i 34 uređaja s drugim stupnjem pročišćavanja otpadnih voda. Prema provedenim analizama [3] na komunalnim uređajima za pročišćavanje otpadnih voda uklanjanje se relativno mala količina tereta, tako da veći dio završava u okolišu.

Prema Državnom planu za zaštitu voda [2] se planira izgradnja (i dogradnja višeg stupnja pročišćavanja) komunalnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda većih od 50 000 ES. Izgradnjom navedenih uređaja će se znatno smanjiti tereti onečišćenja od stanovništva, što je obveza Hrvatske prema preuzetim međunarodnim obvezama.

Jedna od značajnih mjera zaštite priobalnog mora od onečišćenja s kopna je uz izgradnju i funkcioniranje kanalizacijskog sustava i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, je izgradnja oko 20 podmorskih ispusta, koji su važna mjera zaštite voda.

Evidentna je neusklađenost razine priključenosti na javni vodoopskrbni sustav (76 % stanovnika) i javnu odvodnju (40% stanovnika). Ukupno se pročišćava 12 % otpadnih voda, od čega 4,4% na drugom stupnju. Obzirom da je odvodnja, pročišćavanje i adekvatna dispozicija otpadnih voda, jedna od glavnih mjera zaštite voda, u narednom razdoblju je nužno posvetiti veću pozornost provedbi mjera zaštite voda. Vidljivo je da se u zaštitu voda/mora najviše ulagalo u turističkim područjima sjevernog Jadrana to jest u Istri i Kvarnerskom zaljevu. Relativno manje se ulagalo u drugim vodnim cjelinama.

Industrijske otpadne vode, po svom su sastavu ovisne o tehnologiji proizvodnje i mogu sadržavati niz opasnih i drugih tvari na osnovu kojih se utvrđuje stupanj onečišćenja otpadnih voda. U odnosu na druge europske zemlje Hrvatska je stagnirala u industrijskom razvoju, te je dobar dio najvećih kemijskih i metaloprerađivačkih industrija prestao sa radom ili bitno smanjio proizvodnju tijekom domovinskog rata i tranzicijskog razdoblja. Samo u gradu Zagrebu industrijska proizvodnja se smanjila toliko da je opterećenje otpadnih voda palo na polovicu predratnih vrijednosti.

2.4. Zaštita voda iz raspršenih izvora onečišćenja

Raspršeni izvori onečišćenja su: s poljoprivrednih površina, onečišćenja hranjivim tvarima i sredstvima zaštite bilja; erozija, iz urbanih područja, ruralnih područja; prometnica; divljih i neuređenih odlagališta otpada, te posljedice ratnog razaranja. Razina kontrole je znatno niža nego što je to slučaj s točkastim izvorima onečišćenja

Jedan od razloga zašto se ovim izvorima onečišćenja za sada pridaje znatno manja pozornost u odnosu na točkaste izvore onečišćenja je taj, jer su za točkaste izvore eksplicitno utvrđeni izvori financiranja u skladu s Zakonom o financiranju vodnog gospodarstva [18], dok to nije slučaj za raspršene izvore onečišćenja. Kao glavna mjere za smanjenje raspršenih izvora onečišćenja danas je vodopravna dozvola potrebna za proizvodnju, odnosno stavljanje u promet kemijskih tvari i njihovih pripravaka koji nakon uporabe dospijevaju u vode

Posebno je značajna provedba kontrole i mjera zaštite od raspršenih izvora onečišćenja zaštićenim područjima, koje treba planirati u okviru integralnog upravljanja vodama.

3. ZAŠTITA VODA U ZAŠTIĆENIM PODRUČJIMA

Na određenim dijelovima slivnih/vodnih područja, polazeći od Državnog plana za zaštitu voda [2], pokazuje se potreba za posebnim mjerama zaštite voda (na posebno štićenim područjima) uz poštivanje i drugih nacionalnih propisa iz područja: zdravstva, poljoprivrede, zaštite prirode, zaštite okoliša i drugih, a sa ciljem zaštite i održivog upravljanja vodama i/ili zaštitom staništa, vrsta koje su izravno ovisne o vodi. Za potrebe VOH-a, predmetna područja su definirana kao zaštićena područja. U zaštićenim područjima se pokazuje potreba za dodatnim, strožim i sveobuhvatnijim mjerama zaštite voda, od onih koje se inače provode na cijelom teritoriju Republike Hrvatske.

Radi toga je u zaštićenim područjima potrebno planirati posebne mjere zaštite voda u okviru integralnog upravljanja vodama. Kako u zaštićenim područjima treba uvažavati više različitih propisa, vodno gospodarstvo mora usklađivati svoje aktivnosti sa drugim nadležnim institucijama, odnosno svoje planske dokumente usuglasiti s drugom planskim dokumentima.

Zaštićena područja mogu se svrstati u dvije osnovne skupine:

- zaštićena područja voda koja su namijenjena za ljudsku uporabu ili pod utjecajem ljudskih aktivnosti, i
- zaštićena područja u koja spadaju vođeni ekosustavi i ekosustavi ovisni o vodi temeljem zakona i međunarodnim konvencijama koje se odnose na zaštitu prirode.

Zaštićena područja prema korištenju vodnih resursa i utjecaju na vodne resurse usljed čljudskog djelovanja obuhvaćaju :

1. područja za osiguranje vode za piće - zone sanitarne zaštite [13];
2. područja predviđenih za ribnjačarstvo i školjkaštvo;
3. područja predviđena za kupanje;
4. područja osjetljiva na hranjive tvari (nutrijente), tj. područja označena kao «ranjiva područja» u odnosu na zaštitu voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima iz poljoprivredne djelatnosti, te «osjetljiva područja» na ispuštanje otpadnih voda sustava javne odvodnje.

U Hrvatskoj za sada ne postoji zakonska regulativa temeljem koje je moguće definirati zaštićena područja «osjetljiva na nutrijente».

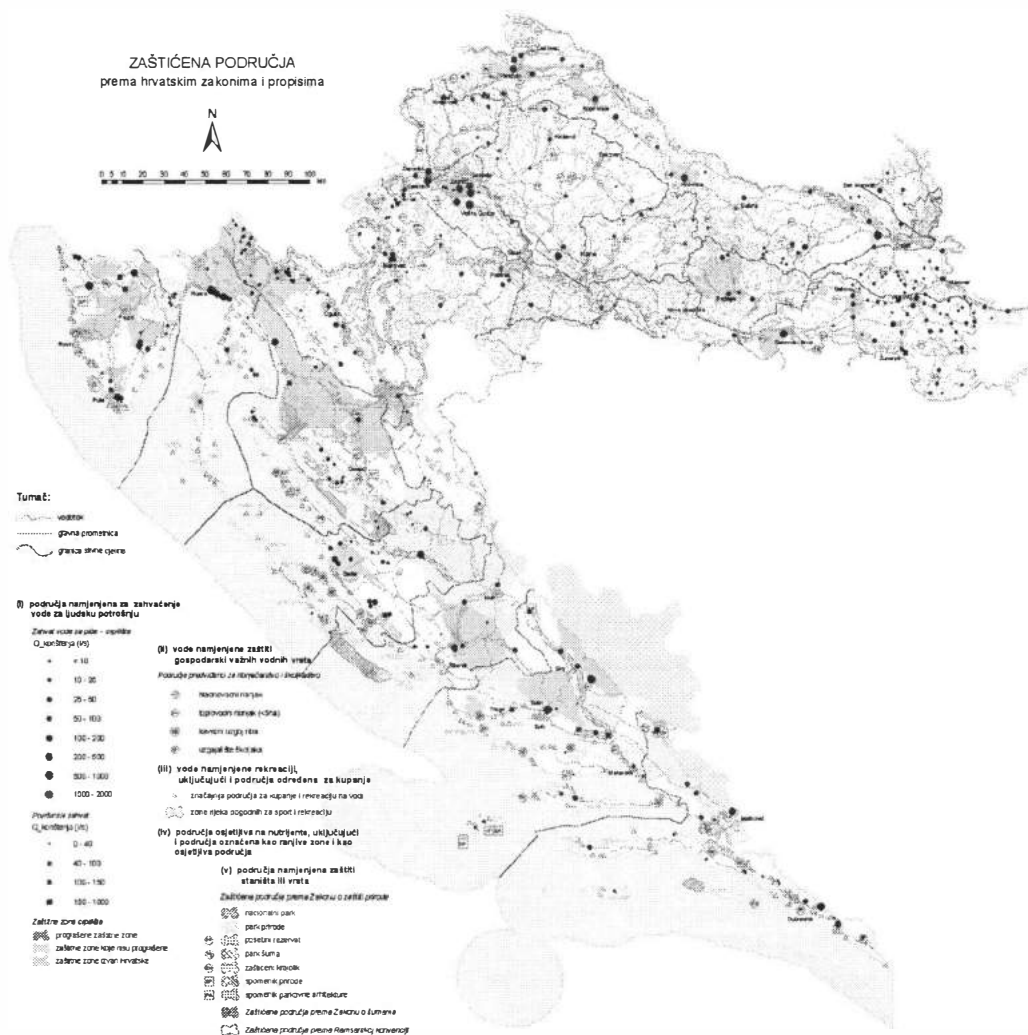
Zaštićena područja prema zakonima i konvencijama o zaštiti prirode [15]:

1. Zaštićena područja prema Zakonu o zaštiti prirode [28];
2. Zaštićena područja prema Zakonu o šumama [25];
3. Zaštićena područja prema Ramsarskoj konvenciji;
4. Zaštićena područja namijenjena zaštiti staništa ili vrsta gdje je održavanje ili poboljšanje stanja voda čimbenik u zaštiti.

U Hrvatskoj trenutno ne postoji zakonska regulativa temeljem koje je moguće definirati zaštićena područja namijenjena zaštiti staništa ili vrsta gdje je održavanje ili poboljšanje stanja voda čimbenik u zaštiti.

Vodno gospodarstvo posebnu pažnju poklanja zaštiti voda u posebno štićenim područjima, odnosno zaštićenih područja zakonima i propisima, za korištenje voda za ljudsku uporabu, voda koje radi utjecaja čovjeka mogu eutrofizirati (narušavanje dobrog stanja voda), te zaštitu vodenih ekosustavi i ekosustavi ovisni o vodi.

U zaštićenim područjima se pokazuje potreba za dodatnim, strožim i sveobuhvatnijim mjerama zaštite voda, od onih koje se inače provode na cijelom teritoriju Republike Hrvatske, i to posebice s područja zdravstva, poljoprivrede, zaštite prirode, zaštite okoliša



Slika 2 Utvrđena zaštićena područja u Hrvatskoj

i drugih, a sa ciljem zaštite i održivog upravljanja površinskim kopnenim vodama i/ili zaštite staništa, vrsta, koji su izravno ovisni o vodi.

Kako u zaštićenim područjima treba uvažavati više različitih propisa, vodno gospodarstvo mora usklađivati svoje aktivnosti sa drugim nadležnim institucijama, odnosno svoje planske dokumente usuglasiti s drugom planskim dokumentima. Integralno upravljanje vodama u okviru zaštićenih područja je temeljni preduvjet za održivo upravljanje vodama na tim područjima. U narednom razdoblju zaštita voda u zaštićenim područjima trebao bi biti prioritet u djelovanju vodnog gospodarstva.

Od ukupne površina Hrvatske (56 538 km²), zaštićena područja vode za piće-zone sanitarne zaštite (III zona sanitarne zaštite prema važećim Odlukama i prijedlozima Odluka o zaštiti izvorišta) pokrivaju oko 10.546 km², što ukupno iznosi 18,56 % površine Hrvatske, dok cjelokupna površina zaštićenih područja Hrvatske iznosi 28,10 % površine kopnenog teritorija Hrvatske.

Ostvarivanje zaštite zaštićenih područja je često otežano radi korištenja istog prostora od strane različitih korisnika u isto vrijeme, te nužnog nastajanja «konflikata» u ostvarenju njihovih potreba. Ukoliko su određena područja zaštićena po više osnova i koristi ih više korisnika, nužno je utvrditi prioritete u pogledu količine i kakvoće vode koju koriste korisnici.

4. ZAŠTITA VODA U OKVIRU ODRŽIVOG GOSPODARENJA VODAMA

Sadašnje osnove dugoročnog programa zaštite voda od onečišćenja temelje se na nekim općim načelima iz kojih proizlaze određene mjere i postupci kojima se zadovoljavaju ciljevi zaštite voda, kao što su Zakon o vodama [26], Strategija prostornog uređenja RH [16], Državni plan za zaštitu voda [2], Nacionalna strategija zaštite okoliša RH [10], te Okvirna direktiva o vodama EU [1].

Provođenje zaštite voda i mora, putem Državnog plana za zaštitu voda od onečišćenja i zagađenja, se temelji na zaštiti svih vodnih sustava na kopnu: površinske vode, uključivo tekućice i stajačice (prirodne i umjetne), te podzemne vode, kao i priobalnog mora u koje se ispuštaju otpadne vode s kopna i otoka, izravno putem ispusta sustava javne odvodnje, odnosno neizravno posredstvom voda s kopna.

Zaštita voda se ostvaruje nadzorom nad stanjem kakvoće voda i izvorima onečišćavanja, sprječavanjem, ograničavanjem i zabranjivanjem radnji i ponašanja koja mogu utjecati na onečišćenje voda i stanje okoliša. Očuvanje voda i zaustavljanje pogoršanja voda provodi se kroz slijedeće mjere zaštite voda: (i) administrativne mjere, (ii) mjere za očuvanje kakvoće voda, (iii) mjere za sprječavanje i smanjenje onečišćenja voda i provedbene mjere, (iv) te mjere kontrole ispuštanja opasnih tvari u vode.

Državni plan za zaštitu voda ima za cilj da se vodama upravlja prema načelu jedinstvenog vodnog sustava i načelu održivog razvitka. Po ciljevima upravljanja vodama u skladu s načelima održivog razvitka podrazumijeva se:

- osiguranje dovoljnih količina vode za piće uz pouzdanu dostatnost glede potrošnje, očuvanje vode potrebne kakvoće i količine za gospodarske potrebe, odnosno za opskrbu industrije i poljoprivrede, uključivo održavanje ribnjaka, plovidbe, proizvodnje energije, kao i za rekreaciju,
- zaštitu i održavanje dobrog ekološkog stanja vodnih sustava, uključivo močvara i kopnenih ekosustava, te biološke raznolikosti,
- zaštitu voda potrebne kakvoće za određene namjene.

Načela zaštite voda u Hrvatskoj, utvrđena Državnim planom za zaštitu voda su: (i) načelo prevencije («sprječavanja»), (ii) načelo nadzora onečišćenja na izvoru, (iii) načelo «onečišćivača» («zagađivača») plaća, (iv) načelo «obavješćivanja javnosti». Može se općenito reći da se pojedina načela zaštite voda nedovoljno primjenjuju u praksi, kao što je:

- načelo «prevencije», veliki dio crpilišta (posebice zahvati površinskih voda) ne posjeduju odluke o zonama sanitarne zaštite,
- načelo «nadzora onečišćenja na izvoru» se donekle provodi izgradnjom vodnih građevina, izgradnjom «uređaja za prethodno čišćenje otpadnih voda industrije» i uvođenjem «čišće tehnologije» za što je nužna veća povezanost s gospodarstvom i zaštitom okoliša radi smanjenja svih emisija u okoliš koje nastaju u procesu proizvodnje, te smanjenje ispuštanja štetnih i opasnih tvari iz poljoprivredne proizvodnje primjenom «najbolje poljoprivredne prakse» u suradnji s zaštitom okoliša i poljoprivrednom,

- načelo «onečišćivač» («zagađivač») plaća se provodi u Hrvatskoj, ali u nedovoljnoj mjeri. Uvođenjem pune ekonomske cijene vode, i trošak zaštite voda, je nužno uključiti u cijenu vode, i to načelo će biti prisutno u značajnijoj mjeri. Također, u skladu s kontrolom svih emisija onečišćenja (tlo, voda, zrak) na mjestu nastanka, što je kvalitetno provedeno samo u segmentu voda, moguće je govoriti o kvalitetnoj provedbi načela.
- te načelo «obavješćivanja javnosti» o stanju kakvoće voda, koje se provodi u nedovoljnoj mjeri, jer je onečišćenje voda istodobno i vrlo ozbiljan sociološki problem. Obzirom na sve veće onečišćenje okoliša, javnost je zabrinuta za vlastito zdravlje, ali i za mogućnost neometanog korištenja vode za određene svrhe. Potrebno je pravodobno upoznavati nadležna tijela državne uprave i lokalne samouprave, te građane o kratkoročnim i dugoročnim planovima očuvanja i poboljšanja kakvoće voda.

Može se zaključiti da zaštita voda objedinjuje sve probleme vodnog gospodarstva, te da je za ostvarenje zacrtanih ciljeva i načela zaštite voda je potrebna suradnja široke društvene zajednice. Bez aktivnog sudjelovanja lokalne zajednice u svim segmentima zaštite voda, od planiranja, provedbe mjera, do monitoringa voda i priopćavanja o stanju voda, nije moguće provoditi politiku zaštite voda.

Radi provođenja zaštite voda, u posljednjih nekoliko godina je značajno proširena zakonska regulativa. Planiranje i ocjena provedenih mjera za sprječavanje i smanjenje onečišćenja voda trenutno se temelji na: ocjeni stanja voda (temeljem postojećih monitoringa o količini i kakvoći voda), te definiranjem kritičnih dionica kakvoće voda kojima je uzrok u pritiscima onečišćenja voda ili u do sada neučinkovito provedenim mjerama zaštite voda, kao i ekspertnim ocjenama temeljem procijenjenih tereta onečišćenja u Hrvatskoj [3].

Temeljem navedenog se definiraju mjere zaštite voda, te potom uspostavlja pojačani monitoring kojim se prati učinak provedenih mjera. Kada se ustanovi da je postignuto dobro stanje voda, mogući je povratak na praćenje stanja voda samo putem prethodnog, operativnog monitoringa.

Zaštita voda se provodi na cijelom području Hrvatske, radi zaštite svih vodnih resursa (površinske vode, podzemne vode i priobalno more). U određenim područjima (zaštićenim područjima) pokazuje se potreba za dodatnim strožim i kompleksnijim mjerama zaštite voda od onih koje se provode na cijelom području Hrvatske. Posebna pozornost, u okviru zaštićenih područja, se poklanja zaštićenim područjima voda za piće.

Temeljni planski dokumenti na nacionalnoj razini i na razini sliva su Vodnogospodarska osnova Hrvatske (trenutno u završnoj fazi) i vodnogospodarske osnove ili planovi vodnih i slivnih područja. U ovim planovima zaštita voda se planira u okviru integralnog upravljanja vodama na državnoj razini odnosno razini vodnog ili slivnog područja. Temelji vodnogospodarskog planiranja zaštite voda na lokalnoj razini su: Županijski planovi za zaštitu voda, Odluke o odvodnji otpadnih voda i Odluke o zaštiti izvorišta.

5. ZAKLJUČAK

Osnovni društveni cilj zaštite voda je ostvarenje održivog korištenje voda, zaštitom i unaprjeđenjem kakvoće i stanja voda, uz istovremeno podržavanje društvenog i gospodarskog razvoja. Održivo upravljanje kakvoćom voda zahtjeva realne i ostvarive standarde, kako kakvoće voda, tako i mjera za njihovo ostvarenje. Osnova za upravljanjem kakvoće voda su integralni planovi gospodarenja vodama na razini sliva i priobalnih područja, te njima pridruženi integralni planovi zaštite voda, koji se trebaju donijeti da bi se predložile učinkovitije mjere za ostvarivanje ciljeva zaštite voda. Kontrolu onečišćenja, uz primjenu izravnih kontrolnih i upravnih mjera, treba provoditi i u skladu

s «kombiniranim pristupom», željenim stanjem prijemnika, veličini ulaganja kojim se ostvaruje standard/željeno stanje, te naknadama.

Donošenjem Okvirne direktive o vodama EU stvoren je kvalitetan okvir integralnom gospodarenju vodama, kao i u smislu planiranja i upravljanja vodama, a posebice dat značaj zaštiti voda. U procesu približavanja EU, Hrvatska će morati posvetiti pozornost vodnoj politici i usklađivati je s europskom, jer se radi o posebno vrijednom prirodnom resursu koji je temelj opstanka čovjeka. Pri tome će se uvažavati prirodne posebnosti Hrvatske, kao i društvene i gospodarske značajke Hrvatske.

U sustavu zaštite voda važni su i međunarodni propisi koje je Republika Hrvatska potpisala i potvrdila, a odnose se na provedbu mjera za zaštitu voda i izgradnju vodnih građevina za zaštitu voda. S obzirom na sadašnje stanje voda i stupanj izgrađenosti sustava javne odvodnje u Republici Hrvatskoj, predmet pregovora treba biti brzina usklađivanja razine zaštite voda sa standardima vodne politike EU. Suglasno navedenom, polazeći od postojećeg stanja, predlažu se sljedeće smjernice za zaštitu voda u Hrvatskoj:

1. Osiguranje zaštite izvorišta voda, u skladu s općim načelima održivog razvoja.
2. Ujednačavanje stupnja izgradnje sustava javne odvodnje sa stupnjem priključenosti stanovništva na javni vodoopskrbni sustav.
3. Završavanje i stavljanje u funkciju sustava javne odvodnje, te povećanje učinkovitosti rada.
4. Smanjenje emisija iz točkastih izvora onečišćenja, putem sustava javne odvodnje.
5. Definiranje «osjetljivih područja», prema Okvirnoj direktivi o vodama i Državnom planu za zaštitu voda.
6. Analizirati mogućnosti ponovnog korištenja voda (u područjima u kojima za to postoji potreba radi sezonski nedostupnih vodnih resursa).
7. Gradnja predtretmana za industriju, recirkulacija vode, korištenje tehnološke vode.
8. Raditi na kontroli raspršenih izvora onečišćenja, koje se zasniva na kontroli oborinskih voda i površinskog otjecanja, i to: sa urbanih sredina, prometnica i poljoprivrede.
9. Uvođenje ekonomske cijene vode uz poštivanje načela «korisnik i onečišćivač plaća».
10. Uključenje erozija tla kao značajnog izvora onečišćenja voda.
11. Uključenje urbane odvodnje oborinskih voda, kao sastavnog dijela zaštite od poplava.
12. Raditi na međusobnom usklađivanju različitih hrvatskih zakona i propisa, kao i usklađivanju s europskom vodnom politikom.

Osnovni cilj je osiguranje upravljanja vodama na načelima jedinstvenog sustava i održivog razvitka, te postizanje dobrog stanja voda. Kod toga je nužno je istaći da će zaštita voda i vodnih ekosustava, kao i postizanja dobrog stanja voda, u sljedećem razdoblju, bitno ovisiti o procesu približavanja Hrvatske EU-u, te prihvaćanju obveza koje proizlaze iz Okvirne direktive o vodama EU i pratećih propisa. Pri tom ostvarenje navedenih ciljeva se mora osigurati integralnim upravljanjem vodama tako da realizacija niti jednog cilja ne dođe u pitanje.

6. LITERATURA

- [1] *Direktiva 2000/60/EC Europskog Parlamenta*, kojom se uspostavlja okvir za djelovanje zajednice na području politike voda, od 23. listopada. Izdanje II, Hrvatske vode-Zavod za vodno gospodarstvo,
- [2] *Državni plan za zaštitu voda*, (1998),
- [3] Hidroprojekt-ing d.o.o. (2002): *Odvodnja i pročišćavanje otpadnih voda – podloge i prilozi*, Vodnogospodarska osnove Hrvatske,

- [4] *Konvencija o suradnji na zaštiti i održivoj uporabi rijeke Dunav* (Sofija, 1994. godine), Međunarodni ugovori, Narodne novine 2/96,
- [5] *Konvencija o zaštiti i uporabi prekograničnih vodotoka i međunarodnih jezera* (Helsinki), (Međunarodni ugovori, narodne novine 4/96)
- [6] *Konvencija o zaštiti Sredozemnog mora od onečišćenja* (MU 1/92)
- [7] Kušan V. (2002): *Izrada karte zaštićenih područja i šumskih staništa prema Zakonu o šumama i međunarodnim konvencijama, Vodnogospodarska osnova Hrvatske*, Šumarski fakultet Zagreb,
- [8] Malus D. (2002): *Procjena stanja, uzroka i veličine pritiska difuznih onečišćenja na vodne resurse i more na području Republike Hrvatske*, Građevinski fakultet Zagreb,
- [9] Mesić M. (2002): *Procjena stanja, uzroka i veličine pritiska poljoprivrede na vodne resurse i more na području Republika Hrvatsku*, Agronomski fakultet, Zavod za opću proizvodnju bilja Zagreb,
- [10] *Nacionalna strategija zaštite okoliša i Nacionalni plan djelovanja za okoliš* (2002), Ministarstvo zaštite okoliša prostornog uređenja
- [11] Podloge i podaci Službi za zaštitu voda VGO-a Hrvatskih voda
- [12] *Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama* (NN br. 40/99 i 6/2001)
- [13] *Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite* (NN55/02),
- [14] *Protokol o zaštiti Sredozemnog mora od onečišćenja s kopna*, (LBS, Međunarodni ugovori. Narodne novine 12/93),
- [15] *Strategija i akcijski plan zaštite biološke i krajobrazne raznolikosti Republike Hrvatske* (NN br. 81/99)
- [16] *Strategija prostornog uređenja Republike Hrvatske*, (1997)
- [17] Tvrtković N., Nikolić T. (2002): *Ugradnja biodrživosti u Vodnogospodarsku osnovu Hrvatske i procjena ekološkog stanja*, Vodnogospodarska osnova Hrvatske, Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb
- [18] *Zakon o financiranju vodnog gospodarstva*, (NN 107/95, 19/96 i 88/98)
- [19] *Uredba o kategorizaciji voda*, (NN br. 8/98),
- [20] *Uredba o klasifikaciji voda*, (NN 77/98),
- [21] *Zakon o komunalnom gospodarstvu*, (NN 128/99, 57/00 i 129/00),
- [22] *Zakon o morskom ribarstvu*, (NN br. 74/94)
- [23] *Uredba o opasnim tvarima*, (NN 78/98)
- [24] *Zakon o slatkovodnom ribarstvu*, (NN br. 18/86, 34/89, 26/93 i 29/94)
- [25] *Zakon o šumama*, (NN br. 52/90, 61/91 i 76/93)
- [26] *Zakon o vodama*, (NN 107/95),
- [27] *Zakon o zaštiti okoliša*, (NN 82/94 i 128/99)
- [28] *Zakon o zaštiti prirode*, (NN br. 30/94 i 72/94)

Autor:

Gorana Čosić-Flajsig, dipl.ing.građ.

Tel. 63 07 325, Fax. 63 07 686, E-mail: gcasic@voda.hr

Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb,



Novi trendovi u hidrografiji i pomorskoj kartografiji u cilju boljeg gospodarenja morskim resursima

Tea Duplančić Leder, Nenad Leder

SAŽETAK: Opisani su novi uređaji i oprema kao i metode rada u hidrografiji i pomorskoj kartografiji. Hidrografska izmjera je djelatnost koja prethodi izradi pomorske navigacijske karte. Za vrijeme hidrografske izmjere koriste se suvremeni dubinomjeri, panoramski i geološki dubinomjeri u sprezi sa sustavima za pozicioniranje visoke točnosti. Rezultat hidrografske izmjere je hidrografski izvornik, na osnovu kojeg se izrađuje pomorska navigacijska karta u papirnatom ili digitalnom (vektorskom ili rasterskom) obliku. Digitalna tehnologija omogućava novi način izrade, održavanja i tiskanja pomorskih karata kao i njihovo korištenje na brodskom mostu, u sprezi sa sustavima za pozicioniranje i brodskim senzorima.

KLJUČNE RIJEČI: hidrografija, pomorska kartografija, elektonička pomorska karta, ispisivanje na upit

New Trends in Hydrography and Nautical Cartography for Better Management of Marine Resources

SUMMARY: This paper describes new instruments and equipment, as well as new working methods in hydrography and nautical cartography. The production of a nautical chart is preceded by a hydrographic survey, in which modern echosounders, side scan sonars and subbottom profilers are used together with high precision positioning systems. The result of a hydrographic survey is the fair chart, which is the basis for production of a paper or digital (vector or raster) nautical chart. Digital technology opens possibilities for new ways of production, updating and printing of charts, as well as their use on the bridge together with positioning systems and sensors.

KEYWORDS: hydrography, nautical cartography, electronic chart, prints on demand

1. Uvod

Hrvatski hidrografski institut obavlja hidrografsku djelatnost koja uključuje sigurnost plovidbe i očuvanje pomorskog okoliša kao osnovne segmenate. Hidrografija, oceanografija i pomorska kartografija znanstvene su discipline utemeljene na hidrografskoj djelatnosti, koja za krajnji proizvod ima pomorske navigacijske karte i publikacije. U posljednje vrijeme javlja se na tržištu niz novih proizvoda koji poboljšavaju kvalitetu ponude proizvoda pomorske kartografije.

Razvojem računalne tehnologije i tehnologije mjernih instrumenata olakšano je prikupljanje i obrada, a pomoću GIS tehnologije i prikazivanje podataka. Tehnologije ispisa dopuštaju

korisnicima lakši prihvata, modifikaciju i primjenu izmjerenih podataka. GPS tehnologija omogućava jednostavnije korištenje podataka i njegovo smještanje u prostor, odnosno njegovo georeferiranje. Posebno brzo su tehnološke novine primijenjene u hidrografiji i oceanografiji, a naročito su veliki pomaci u vizualizaciji tih podataka u pomorskoj kartografiji.

Osim toga podaci koji se nalaze u digitalnom obliku lakše se i brže mogu održavati.

2. Novi trendovi u hidrografiji i pomorskoj kartografiji

Izradi pomorskih navigacijskih karata prethodi sustavna hidrografska izmjera. Hidrografsku djelatnost čini skup djelatnosti kojima se mjere, obrađuju i prezentiraju [9]:

- Podaci obalne linije kopna, otoka, otočića i hridi,
- Dubine mora izmjerene suvremenim dubinomjerima, a čija je pozicija određena sustavima za pozicioniranje viske točnosti,
- Podaci podmorskih prepreka (prirodnih i neprirodnih),
- Informacije o osnovnim značajkama morskog dna.

Najnovije generacije instrumenata koji se koriste pri hidrografskoj izmjeri čine širokokutni dubinomjeri, zračni laserski dubinomjeri, panoramski i geološki dubinomjeri te DGPS sustavi za pozicioniranje. Napretkom tehnologije čiji je prvenstveni cilj povećanje točnosti mjerenja, mijenjaju se i norme hidrografske izmjere. U tablici 1 prikazane su minimalne norme hidrografske izmjere koje je 1998. godine odredila Međunarodna hidrografska organizacija (IHO) iz Monaka.

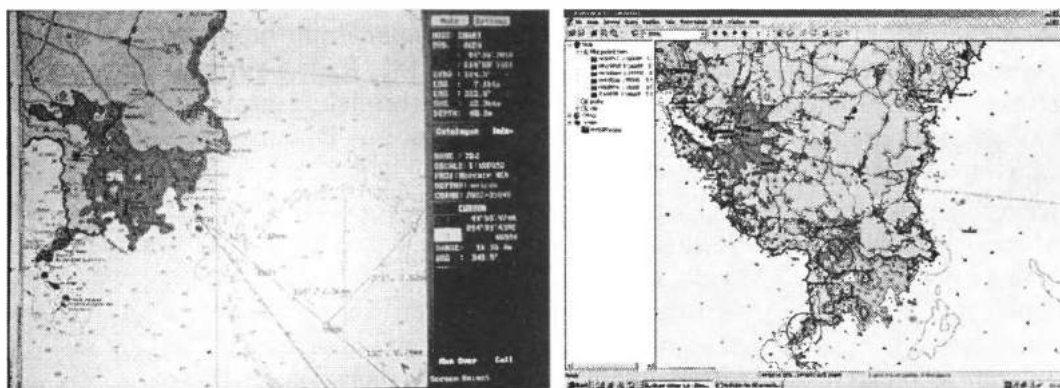
Rezultat hidrografske izmjere su hidrografski izvornici, koji se koriste za izradu pomorskih navigacijskih karata i publikacija, ali i u raznolikim hidrotehničkim projektima na moru i priobalju.

Tablica 1. – Minimalni standardi hidrografske izmjere (IHO, 1998)

Hidrografska izmjera	Specijalna	1. reda	2. reda	3. reda
Primjeri tipičnih područja	Izmjere na raz. hidroteh. projekta: luke, sidrišta, plovni kanali minimalnih dubina i drugi podmorski objekti	Luke, prilazni kanali, plovni put i obalni dijelovi s dubinama do 100 m	Područja koja nisu opisana u specijal. i 1. redu, odnosno područja do 200 m	Obalni pojas koji nije opisan u prethodnim propisima
Horizontalna točnost	2 m	5 m + 5% dubine	20 m + 5% dubine	150 m + 5% dubine
Stopa točnosti redukcije dubina	0,25 m	0,5 m	1,0 m	1,0 m
100% pretraživanje dna	Obavezno	Samo u određenim područjima	Može se zahtijevati u određenim područjima	Ne primjenjuje se
Potreba detekcije objekata	Prostorni prikaz objekta > 1 m	Prostorni prikaz objekta > 2 m na dubinama do 40 m	Može se zahtijevati u određenim područjima	Ne primjenjuje se
Maksimalni razmak linija	Ne primjenjuje se, budući da je pretraživanje 100% obvezno	3 x srednja dubina	3-4 x srednja dubina	4 x srednja dubina

Na tržištu se osim papirnate pomorske karte javljaju i neki novi proizvodi: sustav za prikazivanje rasterskih pomorskih karata (RCDS - Raster Chart Display System), sustavi za prikazivanje elektroničkih pomorskih karata (ECDIS - Electronic Chart Display and information system) i elektroničke pomorske navigacijske karte (ENC – Electronic Navigational Chart), te izdanja pomorskih karata ispisivanjem na upit. Novi proizvodi imaju istu namjenu kao papirnate pomorske karte, ali daju novu dimenziju u načinu prezentacije i upotrebe podataka. Primjena GIS tehnologije skraćuje i pojeftinjuje izradu i publiciranje pomorskih navigacijskih karata u hidrografskim uredima [3].

Osim klasičnih pomorskih navigacijskih karata i publikacija u papirnatom i digitalnom obliku na tržištu se pojavljuju i razne tematske pomorske karte, vodonepropusne karte i ostale specijalne pomorske karte. Te pomorske karte proizvodi su s dodatnim informacijama, rađeni su u malim serijama za određene naručitelje. Ovakvim se proizvodima prilagođava asortiman ponude proizvoda pojedinom potrošaču i njegovim specifičnim zahtjevima (ratna mornarica, ribarska flota, naftna industrija) [4,5].



Slika 1. – Rasterski (lijevo) i vektorski (desno) način prikazivanja elektroničkih karata

2.1. ENC

Elektronička navigacija postaje široko primjenjiva, jednostavna i vrlo dostupna, a pomorac može pomoću samog GPS-a Global Positioning System ili pomoću njegove diferencijalne korekcije pozicionirati brod točnošću koja do danas nije bila zamisliva [1]. Osim toga razvoju elektroničkih karata doprinio je i razvoj računalne tehnologije - brzine procesorskih jedinica, većeg kapaciteta jedinica za pohranu podataka i visokorazlučivih ekrana.

Početkom osamdesetih godina počinju se javljati prve ideje o prikazu pomorskih karata na ekranu umjesto papira i prve skromne realizacije tih, tada revolucionarnih ideja. Danas, kada se na tržištu nalazi velik broj raznovrsnih ekranskih prikaza pomorskih karata, znamo da novi medij nije promijenio puno u načinu prikazivanja sadržaja pomorskih karata, ali su dostignuća moderne komunikacijske i računalne tehnologije znatno promijenila način upotrebe karata.

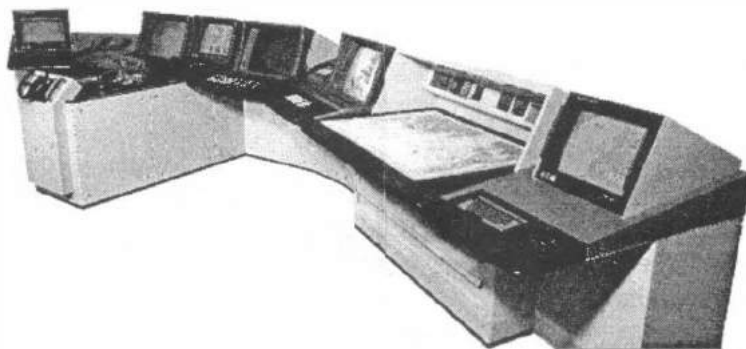
ENC je baza podataka normizirana po sadržaju strukturi i formatu, izdana od ovlaštenog hidrografskog ureda za korištenje s ECDIS-om. ENC sadrži sve informacije s karte potrebne za sigurnu navigaciju, a može sadržavati i pomoćne informacije, koje se dodaju sadržaju papirne karte (npr. peljar) i koje se smatraju potrebnima za sigurnu navigaciju [7].

Prednosti upotrebe novih ENC je u reduciranju ljudskih pogrešaka (koje se najčešće javljaju uslijed loših prosudbi) u sprječavanju sudara, nasukavanja i ekoloških katastrofa. U posljednje vrijeme elektronička navigacija i sustavi za pozicioniranje postaju primjenjivi, jednostavni i dostupni čak i malim rekreacijskim plovilima. Široko tržište elektroničkih navigacijskih pomagala rezultiralo je najrazličitijim rješenjima za lakšu i sigurniju navigaciju. Najznačajnija tehnološka novina su sustavi elektroničkih pomorskih karata [2].

Na tržištu postoji vrlo velik broj različitih sustava ENC-ova. Svaki od tih sustava ima različite mogućnosti, ali jedno im je zajedničko - automatizirano pozicioniranje plovnog objekta spregnuto s digitanom kartom u rasterskom ili vektorskom obliku. Sustave ENC-ova možemo prema njihovim mogućnostima podijeliti u nekoliko kategorija (slika 1):

1. ECDIS
2. RCDS
3. Ploterski sustav
4. Ostali sustavi elektroničkih karata (ECDIS / RCDS sustavi, tegleći sustavi, hibridni sustavi, sustav okretnih točaka)

Na modernim brodovima, napose brzim nekonvencionalnim brodovima, uvodi se integrirani mostni upravljački sustav - seacockpit [8]. Radi sigurnosti udobnosti i učinkovitosti plovidbe modernizirana je izvedba broskog upravljačkog mosta. Navigacijski uređaji su razmješteni kao u aviokabini. Dizajn seacockpita mora zadovoljavati međunarodne tehničke norme, a dizajniran je za dva navigatora (slika 2). Integrirani mostni sustav sastoji se od: sustava za nadzor i upravljanje brodom, navigacijske informacije (pozicija broda, lokalno vrijeme i nadnevak, brzina broda, smjer i brzina vjeta, dubina ispod kobilice, trim broda, kut kormila), nadzorne informacije (vatrodjavni alarm, sigurnost vratiju, mjerenje vertikalnog ubrzanja, nadzor stroja, poruke kvarova), sustava elektroničkih karata i radarskog pokazivača. Svi elementi integriranog mostnog sustava povezani su preko lokalne mreže Ethernet protokolom i djelovi su ECDIS-a.

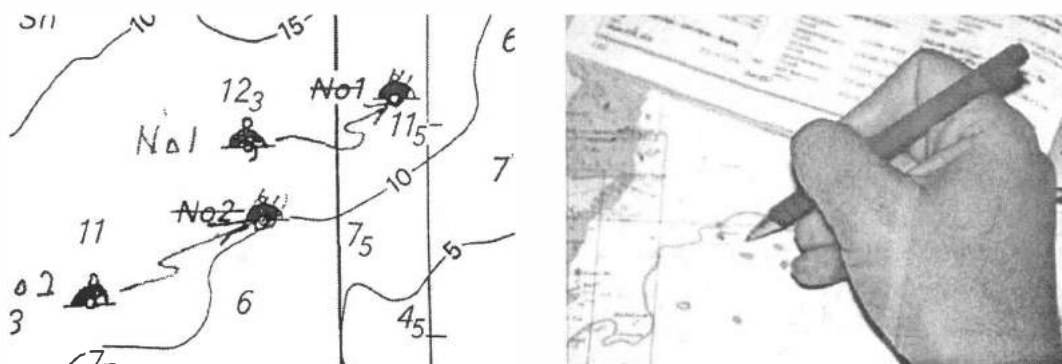


Slika 2. - Izgled broskog upravljačkog mosta s radarom i ENC-om

3. Održavanje pomorskih kartata

Obavješćavanje sudionika u pomorskom prometu i drugih korisnika pomorskih karata o promjenama na plovnom putu može biti dnevno ili mjesečno. Dnevno obavješćavanje korisnika pomorskih karata ili održavanje karata izvodi se radiooglasima, a mjesečno se promjene oglašavaju u publikacijama Oglasi za pomorce (kod nekih zemalja Oglasi se izdaje i dvotjedno), kojima su korisnici pomorskih karata dužni ažurirati svoju kartu (Slika 3).

Ukoliko količina promjena na karti prijeđe kritičnu brojku tada se tiska novo izdanje pomorske karte. Ukoliko je promjena toliko da karta postaje nečitka ili su te promjene prevelike da bi se mogle oglasiti Oglasom za pomorce u tom se slučaju tiska nova naklada pomorske karte.



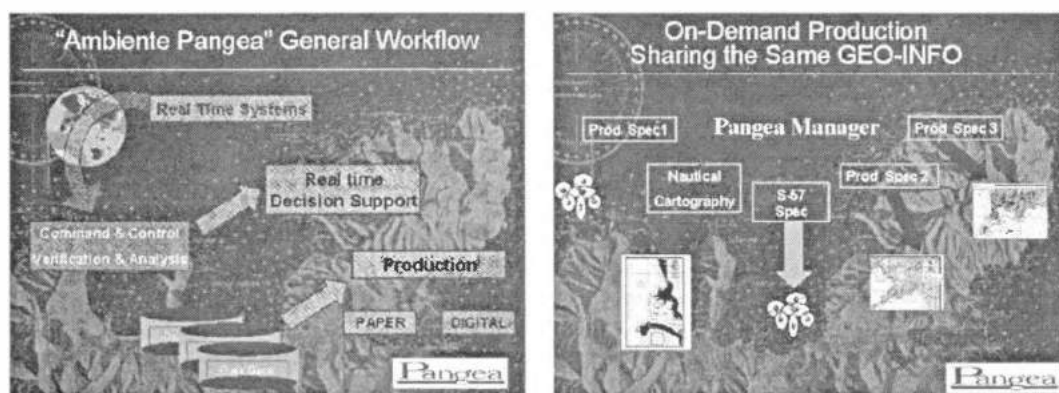
Slika 3. - Način ručnog unošenja promjena iz mjesečne publikacije Oglas za pomorce na pomorsku kartu

3.1. Printanje na upit

Printanje na upit novi je način ažuriranja pomorskih karata i isplativ je za sve karte koje se distribuiraju u malim serijama, manje od 50 komada godišnje. Do sada su se pomorske karte u HHU tiskale u najboljem slučaju jednom godišnje u nakladama od tisuću do 5 tisuća komada. Karte bi se održavale u ažurnom stanju ručnim unošenjem korekcija u ljubičastoj boji.

Danas se pomorske karte izrađuju u digitalnom obliku i pohranjuju u baze podataka. Tako pohranjene karte lako se na zahtjev korisnika mogu isplotati na A0 ploteru sa velikom rezolucijom. Ova tehnologija dramatično je pojeftinila i povećala kvalitetu i brzinu tiska. A0 pomorska karta može biti otisnuta u nekoliko minuta. Druga velika prednost ove tehnologije je da su karte ažurirane sa datumom plotanja, odnosno unešene su promjene na plovnim putevima prema zadnjem Oglasu za pomorce.

Mnoge zemlje za potrebe izrade pomorskih karata koriste različite programske pakete kojima rješavaju mjerenje, obradu podataka i izradu karata. Jedan od takvih programskog paketa je Pangea (slika 4), koji se koristi za produkciju elektroničkih i papirnatih pomorskih navigacijskih karata i publikacija, te za printanje na upit u talijanskom hidrografskom uredu.



Slika 4. - Production papirnatih i ENC karata pomoću softverskog paketa Pangea (prema <http://www.pangeaitaly.com> [10])

Najveći problem koji se javlja kod ovakvog tiska je kvalitet papira i kvalitet boja kojim se ispisuje [6]. Taj problem je riješen tako da su se veliki hidrografski uredi dogovorili sa proizvođačima opreme da im isporučuju specijalni papir i boje otporne na vlagu za tiskanje pomorskih karata.

4. Zaključci

Razvojem tehnologije povećao se broj proizvoda namijenjenih hidrografskoj izmjeri i pomorskoj kartografiji. Hidrografska izmjera obavlja se dubinomjerima, panoramskim i geološkim dubinomjerima koji u sprezi s uređajima za pozicioniranje visoke točnosti. Hidrografska izmjera pojedinih djelova akvatorija određena je visokim standardima koje je odredila Međunarodna hidrografska organizacija.

Pomorske navigacijske karte i publikacije izrađuju se u digitalnom obliku, bilo to rasterskom ili vektorskom, spremljenih na računalu. Takve se karte nazivaju elektroničkim kartama i zajedno sa sustavom za pozicioniranje – GPS-om i senzorima brodskih uređaja tvore seacocpit. Na taj način se radikalno promijenilo poimanje upravljanja brodom.

Pomorske navigacijske karte u digitalnom obliku moguće je osim korištenja na računalu isprintati na zahtjev korisnika. Tehnologija ispisivanja ubrzava i pojeftinjuje postupak tiskanja pomorske karte, naročito tiskanja manjih količina karata. Velika pogodnost ove tehnologije je da pomorske karte mogu biti ažurirane sa datumom tiska, što poboljšava kvalitet same karte.

Moderne tehnologije u hidrografiji i pomorskoj kartografiji u službi su sigurnosti plovidbe i smanjuju mogućnost ljudske pogreške na minimum.

LITERATURA

1. Benković, F., M. Piškorec, L.J. Lako; K. Čepelak, D. Stajić (1986): Terestrička i elektronska navigacija, Hrvatski institut ratne mornarice, Split, 876.
2. Duplančić Leder, T. (2000): Elektroničke karte u pomorskoj kartografiji, Magistarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 132.
3. Hardy, P. G. (1998): LAMPS2 for Hydrographic ENC Production, <http://www.lsl.co.uk/papers>.
4. Hardy, P.G. (2000): Mobile mapping on-demand - Active representation and automated generalisation of spatial databases for the wireless handheld information appliance, <http://www.lsl.co.uk/papers>.
5. Hardy, P. G., Woodsford, P. A. (1995): Techniques for Update in Raster and Vector Cartography, ICA/ACI Conference Proceedings, Barcelona, 1201-1211.
6. Holroyd, P.N. (2000): Developing a Print on Demand Service in the Canadian Hydrographic Service, International Hydrographic Review, Vol.1, No.2, 24-29.
7. IHO (1997): Glossary of ECDIS Related Terms, III Edition, International Hydrographic Organization, Monako.
8. Lazarević, Ž., Kuzmanić, I., Lakoš, D. (1997): Integrirani navigacijski sustav za brze nekonvencionalne brodove, Naše more 44 (1-2), 9-16.

9. Smirčić, A., Gržetić, Z., Leder, N., Petričević, B. (2002): Hidrološko-geološki i oceanografski istraživački radovi u hidrotehničkim projektima na moru i priobalju, Zbornik aradova Urbana hidrologija, Hrvatsko hidrološko društvo, Hrvatske vode, EKO Kaštelanski zaljev, Vodovod i kanalizacija, Split, 25. i 26. travnja 2002., 183-195.
10. URL2: <http://www.pangeaitaly.com/>

Autori:

mr.sc. Tea Duplančić Leder
Hrvatski hidrografski institut
Zrinsko Frankopanska 161
21000 Split, Croatia
tel 021/361-840 fax. 021/347-242
e-mail: tea.duplancic@hhi.hr

mr.sc. Nenad Leder
Hrvatski hidrografski institut
Zrinsko Frankopanska 161
21000 Split, Croatia
tel 021/361-840 fax. 021/347-242
e-mail: nenad.leder@hhi.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.06.

Ekonomika u upravljanju vodama i vodnogospodarskom planiranju

Mira Filipović

SAŽETAK: Rad se bavi ekonomskim aspektima upravljanja vodama, s posebnim osvrtom na Okvirnu direktivu o vodama EU i njene eksplicitne i implicitne ekonomske elemente. Direktiva obvezuje da se tradicionalni, inženjerski pristup upravljanju vodama i vodnogospodarskom planiranju dopuni ekonomskim sadržajima i metodama. Izrijekom uvodi ekonomske analize kao podršku za utvrđivanje najprihvatljivijeg programa mjera za zaštitu voda i transparentnu raspodjelu troškova na korisnike. Implicitno ih predviđa za usklađivanje ciljeva u zaštiti voda sa socio-ekonomskim ciljevima i mogućnostima planskoga područja. U Hrvatskoj je to posebno važno zbog relativne nerazvijenosti korištenja voda i vodnih usluga, koje treba razvijati i unapređivati paralelno sa zaštitom okoliša. U radu je sažeto predstavljen ekonomski pristup vodi, ekonomska važnost korištenja voda i ekonomske analize u vodnogospodarskom planiranju, s namjerom da se potakne dublja i stručnija obrada tih složenih i važnih pitanja u upravljanju vodama. U zaključku se daje kratak osvrt na hrvatske vodnogospodarske prilike.

KLJUČNE RIJEČI: ekonomska vrijednost vode, korištenje vode, vodna usluga, socio-ekonomska važnost korištenja voda, ekonomske analize, ekonomski troškovi, povrat troškova

Economics of Water Management and Planning

SUMMARY The paper presents a role of economics in water management and planning, especially with reference to the EU Water Framework Directive and its explicit and implicit economic elements. Following WFD provisions, different economic elements should be integrated in the water policy decision-making and planning cycle. Explicitly, the economic analysis should be undertaken to aid decision-making in selecting programmes of measures for achieving the environmental objectives as well as to ensure transparency and informed decisions on the recovery of costs. Implicitly, economics has to provide enough information to make assessment and justification of objective derogation, because of sustainable socio-economic activities and restrictions. In the case of Croatia, such derogations could be of special importance, due to less developed water uses and water services, that need to be improved. The paper briefly introduces a few economic issues: the economic value of water, the economic importance of water uses, and the economic analysis in water management planning. Finally, the paper gives some short remarks on economic aspects of the water management in Croatia.

KEYWORDS: economic value of water, water use, water service, socio-economic importance of water uses, economic analysis, economic costs, recovery of costs

1. Uvod

Ekonomika nije dovoljno uključena u upravljanje i gospodarenje vodama. To nije hrvatska specifičnost, već općepoznato obilježje tradicionalnog vodnog gospodarstva. Za to ima više razloga, od općeg pomanjkanja integralnosti u upravljanju vodama do nedovoljno sofisticiranih ekonomskih tehnika i alata, nesklonog okruženja i sl. ^[1]. Čak i kad se ekonomska struka konzultira, njen doprinos nije na razini onoga što podrazumijeva suvremeni koncept upravljanja vodama, a to je dosljedno uključivanje ekonomskih metoda, ekonomskih subjekata, ekonomskih načela i ekonomskih instrumenata u vodnu politiku i vodnogospodarsko planiranje. Pritom posebno mjesto pripada osnaživanju načela o ekonomskoj vrijednosti vode, kroz koje se žele utvrditi ukupni društveni troškovi usluga u vodnom sustavu i urediti odnosi i obveze između korisnika i davaoca tih usluga i šire društvene zajednice. U uvjetima stalno rastućih potreba i pritisaka na stanje voda, troškovi korištenja voda postaju sve veći a odnosi u vodnom sustavu sve složeniji, što zahtijeva vrlo ozbiljan pristup i jasnu regulativu. Moraju se uvažavati potrebe svih subjekata na planskom području i za njih tražiti najprihvatljivija rješenja, što podrazumijeva sustavnu i objektivnu analizu, valorizaciju i selekciju svih potencijalnih planskih ciljeva i mjera, kako onih u korištenju i uređenju voda tako i onih u zaštiti voda.

2. Ekonomski pristup vodi

Ekonomski pristup vodi je jedno od temeljnih opredjeljenja nove međunarodne vodne politike. U današnjem značenju objavljen je u Dablin-Rio dokumentima (1992.) i određuje da voda ima ekonomsku vrijednost za sve zainteresirane korisnike i da s njom treba postupati kao s ekonomskim dobrom ^[2]. Radi se o načelu da “korisnik plaća ekonomsku cijenu vode koju koristi”, što je proširenje i poopćenje dotadašnjih pogleda i pristupa upravljanju vodama (načelo “zagađivač plaća”). Ekonomska cijena podrazumijeva podmirivanje ukupnog društvenog troška korištenja voda, uključujući trošak vodnog resursa i trošak okoliša, a ne samo interni financijski trošak usluge u vodnom sustavu (Tablica 1). Time se želi izbjeći prebacivanje učinjenih troškova sa stvarnoga korisnika ili grupe korisnika na druge sadašnje ili buduće obveznike. Ocijenjeno je da je to nužna pretpostavka za svrhovito i pravedno korištenje raspoloživih vodnih resursa i važan poticaj za njihovo čuvanje i zaštitu ^[2]. To je odgovor svjetske zajednice na globalnu spoznaju o vodi kao ograničenom, ranjivom i nezamjenjivom prirodnom resursu, koji je naslijeđen od prethodnih generacija i treba ga zaštititi i sačuvati za buduće.

Načelo o ekonomskoj vrijednosti vode objavljeno je kao preporuka, s očekivanjem da će se djelovanje vodnoga sektora diljem svijeta postupno prilagođavati takvom statusu i odnosu prema vodi. Objavljivanje je urodilo mnoštvom akademskih studija i skupova širom svijeta, ali s vrlo ograničenim učincima na stvarnu vodnu politiku. Puna ekonomska valorizacija vode nigdje nije praktično provedena a čak i na principijelnoj razini postoje goleme razlike u prihvaćanju ekonomskoga pristupa vodi, i među regijama i državama i među vodnogospodarskim granama. EU direktiva o vodama je prvi obvezujući pravni dokument u koji je izrijeком ugrađeno ekonomsko načelo u korištenju voda. Time je otvorena mogućnost i obveza da se, implementacijom direktive u nacionalnim okvirima, počnu praktično provoditi deklarativna opredjeljenja iz ranijih dokumenata.

Tablica 1: Komponente ekonomskog troška korištenja voda

Vrsta troška	Opis troška
kapitalni troškovi	troškovi investicijskih ulaganja u identifikaciju, pripremu i izvedbu rješenja
operativni troškovi	troškovi radne snage, energenata i ostalih roba i usluga potrebnih za održavanje i pogon, uključujući eventualnu nus-zaradu
direktne ekonomske posljedice	vrijednost roba i usluga koje su postojale, a izgubljene su zbog investicijskih radova i promjene načina korištenja i upravljanja vodama
administrativni troškovi troškovi vodnih resursa	administrativni troškovi vezani za upravljanje vodama izgubljena dobit alternativnih korisnika kojima vodni resurs nije dostupan pod istim uvjetima
troškovi vodnoga okoliša	štete što ih trpi voda u prirodi i svi koji je koriste i ovise o njoj, uključujući ekosustave
ostali troškovi okoliša	štete što ih trpe drugi mediji okoliša i svi koji ih koriste i ovise o njima

Direktivom se zemlje na prostoru europskih integracija obvezuju da će uzeti u obzir načelo povrata troškova od vodnih usluga, uključujući i troškove zaštite okoliša i resursa, sukladno provedenoj ekonomskoj analizi [4, članak 9]. Datom formulacijom se propisuje ozakonjivanje navedenoga načela u pravnoj regulativi zemalja obveznica, ali i omogućuje da se provedba načela prilagodi zatečenim vodnogospodarskim i drugim realnostima svakog pojedinog vodnog područja. U tu svrhu treba utvrditi ekonomske troškove korištenja voda i ostvarenu razinu povrata troškova te, na temelju provedene ekonomske analize, odrediti odgovarajući doprinos raznih korisnika, podijeljenih najmanje na industriju, domaćinstva i poljoprivredu, povratu troškova u budućnosti. Zbog posebnog značaja vode i osjetljivosti ovoga pitanja, kod izricanja obveze je ostavljena određena sloboda u prosudbi što je odgovarajući doprinos i tko su obveznici povrata troškova, koja omogućuje da se primjena načela prilagodi realnim okolnostima i da se ono provodi na društveno koristan i poželjan način. Načelno se razmatra “puni povrat troškova” i “svi korisnici voda”, ali će se od načela odstupiti ako to zahtijeva neki valjani javni interes ili posebna okolnost. Kroz dopuštena odstupanja uvažavaju se i izbjegavaju neželjene društvene i gospodarske posljedice, koje bi mogle nastati neodgovarajućim opterećivanjem pojedinačnih korisnika ili grupa korisnika.

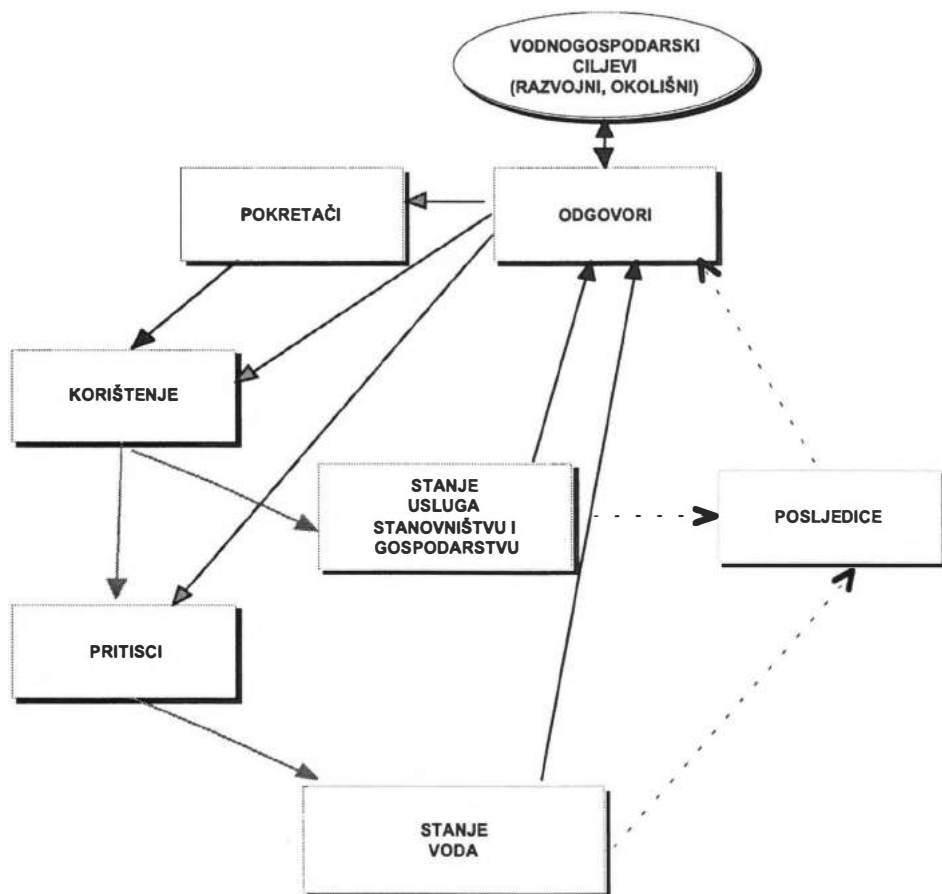
Ozakonjivanje načela o ekonomskoj vrijednosti vode i povratu troškova od vodnih usluga je prvorazredna EU mjera u upravljanju vodama, koja će se odraziti na oblikovanje parcijalnih vodnih politika i strategija u svim zemljama koje ju prihvate. Doprinijeti će postupnoj izgradnji efikasnog i transparentnog sustava financiranja vodnoga sektora i poticajne politike cijena vodnih usluga. Jer, ako korisnici plaćaju pravu cijenu vodnih usluga, koristit će ih racionalno i bit će zainteresirani da troškovi “proizvodnje” tih usluga budu što manji a raspodjela troškova pravedna, što u konačnici vodi održivom korištenju i vodnih i financijskih resursa.

3. Ekonomska važnost korištenja voda

Korištenje i uređenje voda i zaštita voda su tradicionalno suprotstavljene djelatnosti. U skladu s globalnim zalaganjem za “okoliš i razvoj” ili “održivi razvoj”, danas ih se

nastoji pomiriti i vodni sustav prilagoditi ukupnim potrebama okruženja, bilo da ih generiraju socio-ekonomski subjekti ili zaštita okoliša. Razvojni ciljevi u upravljanju vodama su vezani za neposredni društveni boljitak i gospodarski razvitak zasnovan na korištenju voda i uređenju vodnoga režima i uglavnom se mogu i moraju kvantificirati. Okolišni ciljevi su dugoročnoga karaktera i odnose se na očuvanje ekološke vrijednosti voda u prirodi i održivo gospodarenje vodnim resursima, posebno onima koji zahtijevaju dodatnu zaštitu (vode za piće, vode za kupanje, vode za proizvodnju hrane, vode osjetljive na nutrijente, vode zaštićenih staništa i vrsta) i teško ih je mjeriti.

Ljudske djelatnosti na vodama su čimbenik razvitka i izvor pritisaka na prirodni vodni okoliš i tako ih treba vrednovati u vodnogospodarskim planovima. Pritom se socio-ekonomska važnost korištenja voda ne smije podcijeniti, jer ona je često nezamjenjiva (javno zdravlje, urbanizacija, proizvodnja hrane, zaštita od suša i poplava). Mnoge društvene zajednice su na korištenju voda izgradile svoj prosperitet i bogatstvo. Neke za to još imaju priliku. Pritom trebaju sustavno i objektivno pratiti, analizirati i vrednovati razvojne učinke i okolišne posljedice korištenja voda i prema njima se ravnati u traženju optimalnih odgovora (Slika 1).



Slika 1: Glavne uzročno-posljedične veze i odnosi u upravljanju vodnim sustavom

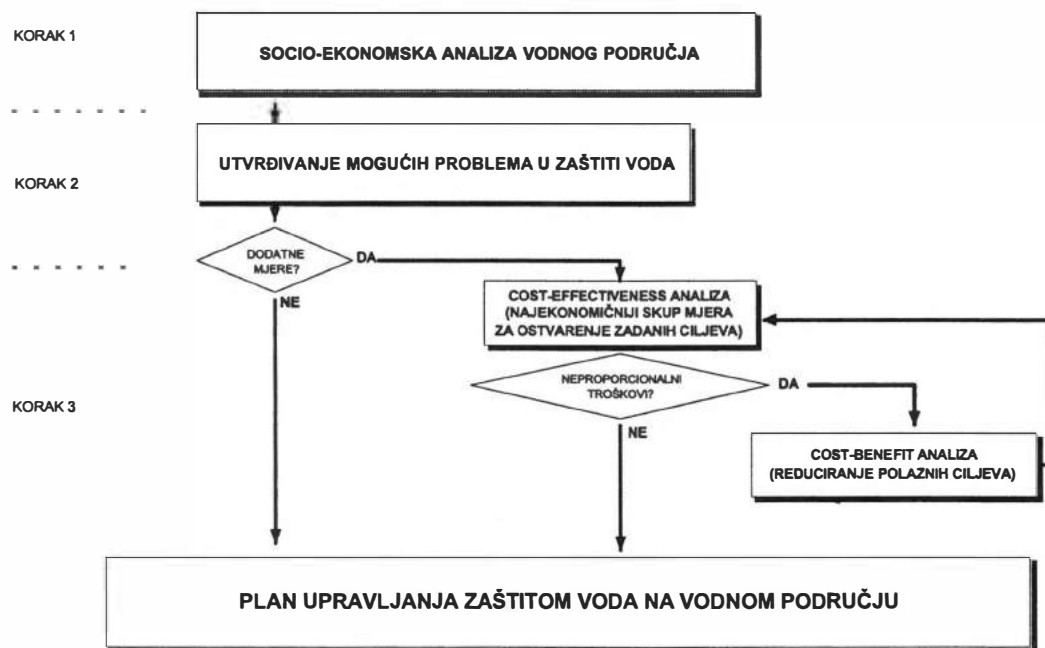
Odnos razvojne i okolišne komponente u vodnoj politici i vodnogospodarskim planovima odražava dostignuti civilizacijski standard određene sredine. EU je za svoje područje

donijela direktivu o vodama koja je dokument okoliša. Usmjerena je na okolišne ciljeve u upravljanju vodama, odnosno željenu razinu zaštite voda i ne rješava ostala vodnogospodarska pitanja (korištenje voda, uređenje voda, zaštitu od štetnog djelovanja voda). To je vodna politika oblikovana za zemlje članice EU i primjerena njihovim prilikama. Radi se o najbogatijem i najrazvijenijem dijelu Europe, s visokim životnim standardom i razvijenim gospodarstvom. U pravilu, to je prostor intenzivnoga korištenja i degradiranosti voda i vodnoga okoliša, s vrlo izgrađenom vodnom infrastrukturom i učinkovitim vodnogospodarskim sustavima, gdje korištenje voda i razvoj vodnih usluga ne treba poticati već ograničavati, jer su dostigle razinu koja ugrožava okoliš. Na globalnoj svjetskoj skali je razina razvitka i zaštite okoliša drugačija pa i prioriteti moraju biti drugačiji. Stanje i potrebe ukupne svjetske zajednice najbolje su ocrtane na svjetskom summitu o održivom razvitku^[3], koji je u prvi plan stavio borbu protiv siromaštva i rješavanje elementarnih potreba koje će unaprijediti kakvoću života i dati priliku razvitku. Vodne usluge su posebno izdvojene i inzistira se na ubrzanom rješavanju opskrbe pitkom vodom i sanitarnom zbrinjavanju otpadnih voda u gradovima, kao civilizacijskom minimumu koji je još uvijek nedostupan golemom dijelu svijetskog stanovništva.

Različite geografske, političke, gospodarske i ine prilike stvaraju razlike u upravljanju vodama, s malo ili nimalo globalno relevantnih pravila. Svaka regija, zemlja ili plansko područje su slučaj za sebe, s vlastitim kompleksom razvojnih i okolišnih pitanja koja treba razmotriti i uskladiti. Pritom je važno prepoznati i ispravno procijeniti razvojnu ulogu koju može odigrati voda i vodni sektor i iskoristiti ih na najprihvatljiviji način. EU direktiva posredno priznaje veliku socio-ekonomsku važnost korištenja voda i u svojim odredbama prihvaća i poštuje planove raznih socio-ekonomskih subjekata ovisnih o vodi. To implicira da će se planovi zaštite voda usklađivati s potrebama korisnika i da će se od načelnih okolišnih ciljeva odustati tamo gdje postoje opravdani socio-ekonomski razlozi^[4, članak 4]. To posebno vrijedi za osnovne vodne usluge (opskrba stanovništva pitkom vodom, odvodnja otpadnih voda, zaštita ljudi i vrijednih dobara od poplava), koje imaju prednost u razvoju vodnoga sustava. Gospodarski ciljevi u korištenju voda (hidroenergetika, hidromelioracije, plovidba, akvakultura, turizam na vodi i sl.) su u većoj mjeri podložni propitivanju i prilagodbi zahtjevima okoliša, ali ni oni se ne dovode u pitanje.

4. Ekonomske analize u vodnogospodarskom planiranju i odlučivanju

Ekonomski pristup upravljanju vodama podrazumijeva odlučivanje na temelju ekonomskih kriterija. To znači da ekonomske analize trebaju postati važna komponenta u donošenju i provedbi vodnogospodarskih planova. Trebaju biti uključene u sve faze planskoga procesa i osigurati potrebne podloge i informacije za utvrđivanje ekonomski prihvatljivih elemenata plana (provedbenih ciljeva, mjera i instrumenata). Mada nema jednostavnoga načina za integriranje ekonomike u vodnogospodarsko planiranje, s njim treba započeti, jer samo tako će se donositi racionalne i izvedive odluke, što provedba EU direktive o vodama najavljuje na području zaštite voda. U nastavku je izložena uloga ekonomskih analiza u EU strategiji za izradu plana upravljanja zaštitom voda, koji treba osigurati visoku razinu zaštite voda za prirodne ekosustave i zadanih standarda posebno zaštićenih voda, na ekonomski prihvatljiv način i uz odgovarajuće učešće korisnika (Slika 2, Tablica 2)^[5]. U konačnici, to je ipak samo sektorski a ne integralni vodnogospodarski plan, mada se dotiče interesa i planova različitih korisnika voda.



Slika 2: Dijagram toka iterativnog procesa izrade plana upravljanja zaštitom voda

Tablica 2: Pregled ekonomskih analiza u izradi plana upravljanja zaštitom voda

Radna faza	Radni zadaci
1. Socio-ekonomska analiza vodnog područja	- analiza ekonomske važnosti korištenja voda - analiza razvojnih planova i utvrđivanje trendova u korištenju voda, definiranje osnovnih mjera - određivanje ekonomskih troškova i cijena korištenja voda, <u>procjena dostignute razine povrata troškova</u>
2. Utvrđivanje ključnih pitanja u upravljanju zaštitom voda	- identificiranje ključnih izvora pritiska koji stvaraju probleme u zaštiti voda - pregled mogućih mjera za otklanjanje/smanjenje utjecaja na vode - procjena socio-ekonomskih posljedica mogućih mjera
3. Definiranje prihvatljivog skupa mjera i procjena njihovih socio-ekonomskih posljedica	- pregled ekonomskih troškova i ekonomske učinkovitosti potencijalnih mjera - prijedlog ekonomski najprihvatljivijeg programa mjera - utvrđivanje troškova provedbe mjera - provjera izvedivosti i isplativosti predloženoga programa i redefiniranje plana (reduciranje ciljeva), <u>gdje za to postoje opravdani socio-ekonomski razlozi</u>

Ekonomske analize su središnji dio predloženog planskog procesa. Eksplicitno su predviđene za:

- selekciju ekonomski najprihvatljivije kombinacije mjera u odnosu na korištenje voda, uzimajući u obzir široki spektar mogućih mjera (ne samo hidrotehničke) i, naročito,
- uvođenje transparentnih ekonomskih mjera (instrumenata) u upravljanju vodama, posebno uspostavu pravedne i poticajne politike cijena za usluge u vodnom sustavu,

a implicitno im je namijenjena uloga moderatora za usklađivanje okvirno zacrtanih ciljeva u zaštiti voda i socio-ekonomskih potreba i mogućnosti konkretnog vodnog područja, a posebno za:

- proglašavanje umjetnih i jako promijenjenih vodnih cjelina (za koje su propisani niži standardi zaštite), ako se njihova renaturalizacija ne može ostvariti bez značajnih negativnih društveno-ekonomskih posljedica,
- ublažavanje ciljeva u zaštiti voda za određene vodne cjeline, ako su troškovi za dostizanje željenoga stanja nesrazmjerno visoki,
- produljivanje rokova za uspostavu željenoga stanja za određene vodne cjeline, ako ne postoje ekonomske mogućnosti da se ono dostigne u zadanom roku,
- dopuštanje novih razvojnih zahvata i ljudskih aktivnosti u vodnom sustavu (koje pogoršavaju stanje voda), ako za njih ne postoji troškovno prihvatljiva i okolišno povoljnija opcija,
- proglašavanje zaštićenih područja, kod kojih je gospodarsko korištenje voda razlog za proglašavanje dodatnih zaštitnih mjera,
- nepotpuni povrat troškova usluga u vodnom sustavu, ako je to u javnom ili posebnom državnom interesu (socijalno ugroženi korisnici, javno-zdravstveni, razvojni, demografski, sigurnosni i drugi državni interesi).

5. Zaključak

EU direktiva je dobrodošao okvir za osuvremenjivanje upravljanja vodama u Hrvatskoj. Svojim integrirajućim pristupom, posebno uvođenjem ekonomike i javnosti u planiranje i provedbu planova, doprinijet će racionalnom i ekonomski prihvatljivom rješavanju zaštite voda. To bi mogao biti jedan od najpozitivnijih učinaka implementacije direktive.

No, direktiva se bavi samo međunarodno relevantnim aspektima voda i pogrešno je vjerovati da se prevažna djelatnost upravljanja i gospodarenja vodama može ograničiti na sadržaj direktive. Direktiva pomaže da se utvrde ciljevi i mjere u zaštiti voda, nesumnjivo najvažnijeg i najranjivijeg medija okoliša, ali ne rješava ostala vodna i vodnogospodarska pitanja. Jasno je da socio-ekonomski aspekti upravljanja vodama, koji se odnose na razvoj vodnih usluga i drugih oblika uređenja i korištenja voda za neposredne potrebe stanovništva i gospodarstva, nisu i ne trebaju biti internacionalizirani. Socio-ekonomski ciljevi u upravljanju vodama su od nacionalnog ili lokalnog značaja i prepušteni su nacionalnoj ili lokalnoj brizi, a internacionaliziraju se njihove posljedice na stanje voda. (Iznimkom će se pokazati rješavanje obrane od poplava koja, zbog katastrofalnih posljedica nedavnih poplava diljem Europe, postaje predmetom iznimnoga interesa i međunarodne suradnje.)

Izložene činjenice i okolnosti ukazuju da je, u interesu voda i svih koji su za njih vezani, u sustavu upravljanja i gospodarenja vodama u Hrvatskoj potrebno:

- sačuvati (usprkos prisutnim suprotnim tendencijama) postojeći cjeloviti pravni, administrativni, planski i provedbeni okvir kojim se uređuju svi aspekti upravljanja vodama, i društveni i gospodarski i okolišni, i dograditi ga u skladu sa zahtjevima EU direktive,
- osnažiti ulogu vodnogospodarskih planova i integralni pristup planiranju u svim vodnogospodarskim djelatnostima (slijedeći primjer EU strategije i njenog plana za upravljanje zaštitom voda) i tako racionalizirati i optimirati razvoj i funkcioniranje cjeline vodnoga sustava,

- ekonomskim analizama dati ključnu ulogu u planskom i upravljačkom procesu i tako vodni sustav najpotpunije prilagoditi potrebama i mogućnostima sredine koja ga okružuje i kojoj je namijenjen,
- upravljanje vodama demokratizirati tj. sve zainteresirane (upravu, korisnike, javnost) uključiti u proces planiranja i odlučivanja te praćenja provedbe usvojenih planova,
- pripremiti se za transparentni ekonomski pristup vodi tj. utvrđivanje stvarnih ekonomskih troškova korištenja voda i usluga u vodnom sustavu, koji uključuju interni financijski trošak "proizvodnje" usluga te trošak vodnoga resursa i trošak okoliša,
- postupno težiti punom povratu troškova i prema tome oblikovati poticajnu politiku cijena za usluge u vodnom sustavu, vodeći pritom računa o mogućim društvenim i gospodarskim učincima takvog opredjeljenja. (Za povlačenje države i uspostavu tržišnih odnosa i pune ekonomske autonomije vodnoga sektora u Hrvatskoj trebat će dosta vremena, s obzirom na relativnu neizgrađenost vodne infrastrukture, zbog koje su državne investicije i drugi oblici državnoga učešća u unapređenju usluga u vodnom sustavu još uvijek nužne i predstavljaju ulaganje u razvoj. U tom smislu treba razgraničavati javni od pojedinačnoga interesa i državna sredstva usmjeravati na realizaciju općekorisnih projekata i projekata od posebnoga interesa.)

Literatura:

1. Boot Sander: Economic approaches in Dutch water policy, Erasmus Universiteit Rotterdam (unpublished)
2. Dublin statement on water and sustainable development, Dublin, 1992.
3. Johannesburg summit 2002 – Key Outputs, Johannesburg, 2002.
4. Okvirna direktiva o vodama Europske Unije (hrvatski prijevod dokumenta), Hrvatske vode, Zagreb, 2002.
5. WATECO (EU working group on Economics): The implementation challenge of the water framework directive - a guidance document, 2002.

Autor:

Mira Filipović

Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo

Ul. grada Vukovara 220, 10000 Zagreb

tel: +385 1/6307331

e-mail: fmira@voda.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.07.

Gospodarenje hrvatskim geotermalnim vodama sukladno konceptiji održivog razvoja – ciljevi i usmjerenja

Miron Kovačić, Želimir Pekaš, Alan Cibilić

SAŽETAK: Geotermalne vode su dio prirodnih resursa Hrvatske koji se tijekom vremena koristio u različite svrhe i različitim intenzitetom, a trenutno se koristi na manje od trećine poznatih lokacija. Do sada su se geotermalne vode u Hrvatskoj koristile bez jasno definirane nacionalne strategije pa bi prema dosadašnjim iskustvima i trendu povećanja potreba i potrošnje geotermalnih voda u budućnosti to moglo izazvati štetne posljedice po taj prirodni resurs. Sukladno globalno prihvaćenoj koncepciji održivog razvoja kao doprinos stvaranju nacionalne strategije gospodarenja geotermalnim vodama Hrvatske predlažu se sljedeći temeljni ciljevi tog gospodarenja: korištenje na način da se one u dogledno vrijeme ne unište, odnosno u potpunosti ne iskoriste i da njihova eksploatacija ne utječe negativno na njih i na okoliš. Za postizanje predloženih ciljeva predlažu se glavna usmjerenja djelovanja za racionalno gospodarenje geotermalnim vodama u Hrvatskoj. To su: kontinuirano osiguravanje relevantnih podataka o raspoloživom i korištenom potencijalu, poticanje i usmjerenje znanstvenih istraživanja u svezi geotermalnih voda, izrada studije koja bi sadržavala sve dosadašnje spoznaje o geotermalnim vodama, poticanje optimalnog korištenja geotermalnih voda, organiziranje monitoringa na najopterećenijim hidrogeotermalnim sustavima, usavršavanje zakona o korištenju i zaštiti geotermalnih voda i osiguravanje jedinstvenog sustava gospodarenja, nadzora korištenja i zaštite geotermalnih voda.

KLJUČNE RIJEČI: geotermalne vode, gospodarenje, zaštita okoliša, geotermalna energija, nacionalna strategija, Hrvatska

Management of the Croatian Geothermal Waters According to the Sustainable Development Principles - Goals and Directions

SUMMARY: Geothermal waters belong to the Croatian natural resources, used for different purposes and with different intensity over time. Currently, this resource is exploited in less than one third of known locations. The use of geothermal waters in Croatia has been characterized by no clearly defined national strategy. Based on past experiences and the trend of increased demand and use of geothermal waters, negative impacts on this natural resource could be expected. In accordance with the globally accepted principles of sustainable development, as a contribution to the development of the national strategy of geothermal water management in Croatia the following principal goals are being suggested: exploitation of the resource without its rapid devastation i.e. excessive exploitation, and avoidance of negative environmental impacts of its exploitation. To ensure the implementation of the above goals, the following major directions in reasonable management of geothermal waters in Croatia are being suggested: continuous obtaining of relevant data on available and used potentials, stimulation and direction of scientific research related to geothermal waters, development of a study which would include all accessible information on

geothermal waters, stimulation of optimal use of geothermal waters, establishment of monitoring on most exploited hydrogeothermal systems, improvement of the existing legislation related to the use and protection of geothermal waters and establishment of an integrated management system, monitoring and protection of geothermal waters.

KEYWORDS: geothermal waters, management, environmental protection, geothermal energy, national strategy, Croatia

1. UVOD

Geotermalne vode su dio prirodnih resursa Hrvatske koji su ljudi koristili već u predpovijesno doba. Tijekom vremena one su se u području izvora koristile u različite svrhe i različitim intenzitetom [6]. Količine geotermalne vode koje su danas poznate mnogo su veće od onih o kojima se znalo ranije, jer su velike zalihe geotermalnih voda otkrivene u dubokim bušotinama tijekom zadnjih 25 godina [5]. S obzirom na različite temperature i kemizam geotermalnih voda u Hrvatskoj one bi se mogle koristiti na mnogo različitih načina: za proizvodnju električne energije, za zagrijavanje prostorija, za rekreaciju, za terapiju, za uzgoj riba, u nekim industrijskim procesima i kao mineralna voda [4]. Danas se u Hrvatskoj geotermalne vode uglavnom koriste na tehnološki manje zahtjevne tradicionalne načine, a neki tehnološki zahtjevniji načini njihova korištenja (proizvodnja električne energije ili hlađenje i neki industrijski procesi) do sada kod nas još nisu iskušani. Zbog neriješenih imovinsko-pravnih odnosa na više lokacija geotermalna voda se ne koristi ili se koristi neorganizirano, a zbog neodgovarajuće tehnologije i zbog zastarjele opreme, na nekoliko lokacija napušteno je korištenje geotermalne vode za grijanje staklenika i tla u proizvodnji bilja. Geotermalne vode s temperaturom višom od 20°C poznate su na 26 izvora i više od 50 dubokih bušotina, a koristi ih se na samo 24 lokacije, odnosno na manje od 31 % poznatih lokacija [3].

Do sada su se geotermalne vode u Hrvatskoj koristile bez jasno definirane nacionalne strategije. Osim što se zbog toga geotermalne vode u Hrvatskoj ne koriste optimalno, na duži rok stihijski i neosmišljen pristup korištenju mogao bi imati štetne posljedice po taj resurs. Kako bi se bolje gospodarilo geotermalnim vodama u Hrvatskoj potrebno je utvrditi nacionalnu strategiju gospodarenja tim prirodnim blagom. Osnovne naznake ciljeva i usmjerenja gospodarenja vodama u Hrvatskoj iznesene su na 2. Hrvatskoj konferenciji o vodama u Dubrovniku [8], gdje se govorilo o izradi Vodnogospodarske osnove Hrvatske kao planskog dokumenta koji zapravo predstavlja nacionalnu strategiju upravljanja tim prirodnim resursom. Cilj ovog rada je dati prilog stvaranju takve strategije, odnosno na temelju sadašnjeg stanja i predvidljivog trenda povećanja potreba i potrošnje geotermalne vode predložiti i obrazložiti cilj i glavna usmjerenja racionalnog gospodarenja tim resursom u Hrvatskoj.

2. TEMELJNI CILJEVI GOSPODARENJA GEOTERMALNIM VODAMA U HRVATSKOJ

Sve donedavno se smatralo da je dobro gospodarenje nekim prirodnim resursom relativno brz povrat investiranih sredstava i stjecanje profita. Dosadašnja iskustva pokazala su da na duži rok takav način gospodarenja prirodnim bogatstvom može biti štetan. Nekontrolirano i prekomjerno korištenje prirodnog resursa za posljedicu može imati njegovo uništenje, a također može izazvati različite nepoželjne štetne utjecaje na okoliš.

Zbog toga se danas u razvijenim zemljama svijeta prirodnim dobrima gospodari na novi način. Osim povrata investiranih sredstava i profita dobrim gospodarenjem u tim zemljama smatra se i očuvanje prirodnih resursa i okoliša. Ovo potonje od općeg je interesa, a ne od interesa investitora pa o tome brigu vodi država. Ona taj posao provodi putem donošenja i provođenja zakona, putem donošenja nacionalne strategije o korištenju prirodnih resursa i putem kontrole njihovog korištenja. U skladu s time glavni ciljevi dobrog gospodarenja geotermalnim vodama Republike Hrvatske identični su onima kakvi su postavljeni za gospodarenje prirodnim dobrima u razvijenim zemljama. Ti ciljevi proizlaze iz globalno prihvaćene koncepcije održivog razvoja. Prema toj koncepciji temeljni ciljevi gospodarenja prirodnim dobrima su korištenje na način da se isti u dogledno vrijeme ne unište, odnosno u potpunosti ne iskoriste i da njihovo korištenje ne utječe negativno na okoliš.

3. GLAVNA USMJERENJA GOSPODARENJA GEOTERMALNIM VODAMA U HRVATSKOJ

Na temelju postavljenih ciljeva gospodarenja geotermalnim vodama u Hrvatskoj i poznavanja stanja korištenja može se utvrditi više glavnih usmjerenja za postizanje tih ciljeva.

Jedan od osnovnih uvjeta da bi se nekim prirodnim resursom moglo gospodariti je njegovo poznavanje. U ovom slučaju to podrazumijeva poznavanje raspoloživih količina geotermalne vode, lokacija na kojima se one nalaze, količina koje se trenutno koriste i načina na koje se koriste. Također je važno znati tko i pod kojim uvjetima te vode koristi. Prema tome jedno od glavnih usmjerenja je stvoriti uvjete za poznavanje trenutno raspoloživog i korištenog potencijala geotermalnih voda, što podrazumijeva kontinuirano ažuriranje podataka.

Poznavanje geotermalnih voda podrazumijeva i poznavanje njenih prirodnih značajki, a to su sve fizičke i kemijske osobine tih voda kao i osobine hidrogeoloških, termodinamičkih i hidrodinamičkih sustava u kojima se one nalaze i generiraju. Za definiranje navedenih značajki najvažniju ulogu imaju znanstvena istraživanja, koja treba poticati ali i usmjeravati da bi davala odgovore na najvažnija pitanja za upravljanje geotermalnim vodama. Zbog toga je poticanje i usmjeravanje znanstvenih istraživanja s ciljem poznavanja prirodnih karakteristika geotermalnih voda također jedno od usmjerenja racionalnog gospodarenja tim resursom.

Iako se geotermalne i mineralne vode koriste u Hrvatskoj od davnina i unatoč tome što su obavljena mnoga istraživanja tog prirodnog resursa, do sada nije izrađena studija koja bi sadržavala sve dosadašnje spoznaje o njemu. Izradom takve studije na jednom bi se mjestu našlo sve što je u proteklih stoljeće i po učinjeno na istraživanju geotermalnih voda. Ovakva studija koja bi bila izdana u obliku knjige omogućila bi da se ne ponavljaju jednom obavljena istraživanja već da se novim istraživanjima stječu nove spoznaje. Osim toga takva studija bila bi značajan doprinos sveukupnom poznavanju prirodnih bogatstava Hrvatske. U spomenutoj literaturi [6] izneseni su mnogi zanimljivi podaci o geotermalnim vodama u Hrvatskoj, međutim zbog prirode tog rada i opsežnosti problematike u njemu se nije mogao dati njen cjelovit prikaz.

Dobro gospodarenje podrazumijeva optimalno korištenje resursa, u ovom slučaju to znači da se najznačajnije svojstvo geotermalne vode - njena toplina koristi u potpunosti. Sadašnji način korištenja geotermalne vode na nekim lokacijama je takav da se koristi

samo dio topline vode. Na tim lokacijama velik dio topline korištene vode propada. Jedan primjer takvog načina korištenja je korištenje geotermalne vode izvora u Stubičkim Toplicama. Tamo se voda koja ima temperaturu od 57 do 58.2 °C [5] hladi na manje od 40 °C da bi se mogla koristiti u bazenima za terapiju ili rekreaciju. Zanimljiv je podatak da je koncesionaru znatno jeftinija geotermalna voda od one konzumne iz vodovoda, koja bi bila potrebna da se miješanjem geotermalne i hladne vode postigne željena temperatura. To je vjerojatno razlog opisanog rasipanja toplinske energije. Općenito se može reći da o optimalnosti korištenja geotermalne vode na pojedinim lokacijama nema egzaktnih podataka pa bi to u buduću trebalo istražiti.

Geotermalne vode mogu se generalno smatrati obnovljivim prirodnim resursom, ali samo kada se koriste kontrolirano i u skladu s prirodnim mogućnostima. Korištenje mineralnih i geotermalnih voda provodi se u Hrvatskoj bez osmišljenog i organiziranog nadzora, tako da se o utjecaju i mogućim posljedicama korištenja tih voda na termodinamičke i hidrodinamičke sustave u kojima se one nalaze zna vrlo malo. Ipak, neka iskustva u korištenju geotermalnih voda u Hrvatskoj upućuju na to da je dosadašnje nekontrolirano korištenje na nekim lokacijama uzrokovalo neželjene posljedice. Primjerice u području hidrogeotermalnog sustava Lipik geotermalna voda se koristi već dugi niz godina. Prvobitno se voda koristila isključivo u balneološke svrhe, a danas se uz to koristi i kao topla sanitarna voda i kao mineralna voda za piće. U tom području isti geotermalni vodonosnik koriste dva koncesionara – Punonica mineralne vode i Bolnica. Količina eksploatirane vode je u konstantnom porastu. Izuzetak su ratne godine kada je Lipik bio u ratnoj zoni. Zadnjih nekoliko godina na hidrotehničkim objektima u području hidrogeotermalnog sustava Lipik zamijećeno je značajno variranje i snižavanje razine vode u bušotinama, a također je zamijećeno variranje kemizma i temperature geotermalne vode. Zamijećene pojave ukazuju na moguću preveliku eksploataciju geotermalne vode što bi za posljedicu imalo poremećaj hidrodinamičkog i termodinamičkog sustava u kojem se ta voda nalazi i generira. U krajnjem slučaju posljedica daljnje nekontrolirane eksploatacije mogla bi biti smanjenje količina geotermalne vode ili čak njen nestanak u području Lipika. Opisani slučaj govori o tome da bi korištenje mineralnih i geotermalnih voda u Hrvatskoj trebalo biti pod organiziranim nadzorom koji bi onemogućio moguće štetno djelovanje na taj resurs. Konkretno to znači da je potrebno organizirati monitoring – opažanje na najopterećenijim hidrogeotermalnim sustavima. Rezultati monitoringa bit će važni za donošenje odgovarajućih propisa i donošenje odluka o zaštiti pojedinih sustava od prekomjernog korištenja koje bi moglo te sustave uništiti.

Osim primjera da su geotermalne vode ugrožene korištenjem ima i primjera da je njihovim korištenjem ugrožen okoliš. Naime, geotermalne vode mogu svojim kemijskim svojstvima utjecati na okoliš i to na taj način da mineralizirane vode mijenjaju kemijski sastav površinskih voda u vodotocima u koji se ispuštaju i kemizam tla u koje dolaze takove vode. Takav negativan utjecaj na okoliš primijećen je u širem području Bizovca u istočnoj Slavoniji. U tom području se već godinama u drenažni sustav ispuštaju visoko mineralizirane vode iz dubokih bušotina što je izazvalo štetne promjene u kemijskom sastavu tla [1].

Korištenje a donekle i zaštita mineralnih i geotermalnih voda regulirani su s dva zakona [2, 9]. Zakon o vodama odnosi se između ostalog i na mineralne i geotermalne vode koje se koriste u ljekovite, balneološke ili rekreativne svrhe ili se koriste za piće. Zakon o rudarstvu između ostalog obuhvaća vode iz kojih se pridobivaju mineralne sirovine ili toplinska energija. Temeljni cilj navedenih zakona je da se regulira eksploatacija

mineralnih i geotermalnih voda, a ne da se te vode zaštite. Zbog toga one nisu u potpunosti zaštićene u smislu da se očuvaju prirodni uvjeti tj. hidrodinamički i termodinamički sustavi u kojima se one nalaze i stvaraju. Zakonima nisu precizirane mjere zaštite okoliša od ljudskog djelovanja koje negativno utječe na mineralne i geotermalne vode i zaštite okoliša od negativnog utjecaja koji se pojavljuje prilikom korištenja tih voda. Zbog navedenog jedno od usmjerenja racionalnog gospodarenja geotermalnim vodama trebalo bi biti usavršavanje zakona o njihovom korištenju i zaštiti. Ranije spomenuta znanstvena istraživanja i monitoring biti će temelj za utvrđivanje bitnih faktora zaštite okoliša od ljudskog djelovanja koje negativno utječe na geotermalne vode i zaštite okoliša od negativnog utjecaja korištenja tih voda. Ujedno ta istraživanja i monitoring bit će u funkciji usavršavanja zakona o korištenju i zaštiti geotermalnih voda.

Na kraju ali ne najmanje važno da bi se mogla provoditi predložena usmjerenja i na njima utemeljene mjere za racionalno gospodarenje geotermalnim vodama u Hrvatskoj potrebno je osigurati jedinstven sustav gospodarenja, nadzora korištenja i zaštite tih voda. Prema Zakonu o vodama takva djelatnost je najvećim dijelom u okviru nadležnosti tvrtke «Hrvatske Vode» [7]. Zbog toga bi ta tvrtka trebalo oformiti stručnu radnu skupinu koja bi se bavila problematikom geotermalnih voda u Hrvatskoj.

4. ZAKLJUČAK

Na temelju analize stanja i potreba gospodarenja geotermalnim vodama u Hrvatskoj ukratko se mogu formulirati sljedeći zaključci:

- U skladu s globalno prihvaćenom koncepcijom održivog razvoja temeljni ciljevi gospodarenja geotermalnim vodama u Hrvatskoj su njihovo korištenje na način da se one u dogledno vrijeme ne unište, odnosno u potpunosti ne iskoriste i da njihova eksploatacija ne utječe negativno na njih i na okoliš.

Prema definiranim temeljnim ciljevima gospodarenja geotermalnim vodama u Hrvatskoj glavna usmjerenja tog gospodarenja su:

- Osiguravanje relevantnih podataka o raspoloživom i korištenom potencijalu geotermalnih voda, što podrazumijeva kontinuirano ažuriranje podataka.
- Poticanje i usmjeravanje znanstvenih istraživanja s ciljem poznavanje prirodnih značajki geotermalnih voda.
- Izrada studije koja bi sadržavala sve dosadašnje spoznaje o geotermalnim vodama da se ne bi višestruko ponavljala jednom obavljena istraživanja kao što je sada slučaj. To bi racionaliziralo ulaganja u nova istraživanja i doprinijelo tome da se novim istraživanjima stječu nove spoznaje.
- Poticanje optimalnog korištenja geotermalnih voda kako bi se njihova toplina u potpunosti iskoristila.
- Organiziranje monitoringa – opažanja na najopterećenijim hidrogeotermalnim sustavima s ciljem određivanja mjera zaštite od posljedica prekomjernog korištenja i mjera za očuvanje kvalitete voda.
- Usavršavanje zakona o korištenju i zaštiti geotermalnih voda, na temelju novih spoznaja i potreba države.
- Osiguravanje jedinstvenog sustava gospodarenja, nadzora korištenja i zaštite geotermalnih voda.

Literatura

1. Đuroković, Z., Haničar, D. & Petrović M. (1998): Utjecaj korištenja geotermalnih voda Bizovačkih toplica na okoliš.- Hrvatske vode, 25, str. 417-421, Zagreb.
2. Filipan, K. (1998): Mineralne i termalne vode i zakon o vodama.- Hrvat. vode, 25, 331-338, Zagreb.
3. Kovačić, M. (2001): Temeljne geotermijske značajke Hrvatske i korištenje geotermalnih voda u Hrvatskoj tijekom 2000. godine.- Hrvatske vode, 9, br. 25, 145-150, Zagreb.
4. Kovačić, M., & Jelić, K. (1999): Mogućnosti korištenja geotermalnih voda u Republici Hrvatskoj. - Zbornik radova, 2. hrvatska konferencija o vodama, Hrvatske vode od Jadrana do Dunava, str. 883-886, Dubrovnik.
5. Kovačić, M. & Perica, R. (1998): Stupanj korištenja geotermalnih voda u Republici Hrvatskoj.- "Hrvatske vode", 25, str. 355-361, Zagreb.
6. Marković, S. (2002): Hrvatske mineralne sirovine. - Institut za geološka istraživanja, XVII+544, Zagreb
7. Marušić, J. Balić, Z. & Šurlan, S. (1999a): Značenje i stupanj razvoja vodnogospodarskih djelatnosti u Hrvatskoj.- 2. hrvatska konferencija o vodama, Hrvatske vode od Jadrana do Dunava, str. 3-13, Dubrovnik.
8. Marušić, J. Balić, Z. & Šurlan, S. (1999b): Upravljanje vodama Hrvatske u Zakonu o vodama.- 2. hrvatska konferencija o vodama, Hrvatske vode od Jadrana do Dunava, str. 15-24, Dubrovnik.
9. Matiša, Ž. (1999): Hrvatsko zakonodavstvo na području istraživanja i iskorištavanja mineralnih i geotermalnih voda.- Hrvat. vode, 25, 327-330, Zagreb.
10. Miholić, S. & Trauner, L. (1952): Mineralne vode u Hrvatskoj.- Godišnjak Balneološko-klimatološkog instituta NR Hrvatske, 1, 59-133, Zagreb.

Autori

Dr.sc. Miron Kovačić, dipl.ing.geol.

Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Sachsova 2

tel. (01)6160738; miron.kovacic@zg.tel.hr

Želimir Pekaš, dipl.ing.geol.

Hrvatske vode, Zagreb, Grada Vukovara 220

Alan Cibilić, dipl.ing.građ.

Hrvatske vode, Zagreb, Grada Vukovara 220



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.08.

Pokazatelji onečišćenja vode iz poljoprivrede

Milan Mesić, Gorana Ćosić Flajsig, Ferdo Bašić, Ivica Kisić

SAŽETAK: U svrhu detaljnijeg uvida u intenzitet opterećenja podzemnih i površinskih voda u Hrvatskoj koriste se indikatori - pokazatelji pritiska. U radu su prikazani pokazatelji koji su značajni za poljoprivredu kao djelatnost s jedne, te za zaštitu voda od onečišćenja, s druge strane. Za prikaz inteziteta pritiska poljoprivrede kao raspršenog izvora onečišćenja voda u Hrvatskoj određeni su kao temeljni sljedeći pokazatelji: zemljišne površine i kategorije korištenja zemljišta, proračun hranjiva, korištenje sredstava za zaštitu bilja, korištenje vode u poljoprivredi i erozija tla. Ovi su pokazatelji potrebni kako bi se i poljoprivreda kao djelatnost prikazala na način uobičajen u shemi DPSIR (Driving force, Pressure, State, Impact, Response ili Pokretač, Pritisak, Stanje, Utjecaj, Odgovor).

Prikazan niz podataka koje je potrebno pratiti kako bi se omogućilo kvantificiranje indikatora vezanih uz poljoprivredu i vode s posebnim naglaskom na dušik. Prema zakonskoj regulativi važećoj u EU potrebno je provoditi trajni monitoring kakvoće podzemne vode, kako bi se osigurali uvjeti za praćenje kakvoće vode prema direktivi o nitratima (Nitrate directive - 91/676/EEC), posebice za dušik podrijetlom iz poljoprivrede. U skladu s direktivom je izrada «Codes of good agricultural practices» ili «Pravila dobre poljoprivredne prakse», te određivanje «nitrate vulnerable zones» ili «za nitrates osjetljivih područja», gdje se primjenjuju posebna pravila. U Hrvatskoj još ne postoje jasno definirana i javno obznanjena «Pravila dobre poljoprivredne prakse, niti su definirana područja posebno osjetljiva na onečišćenje vode nitratima.

KLJUČNE RIJEČI: poljoprivreda, pokazatelji pritiska, onečišćenje, voda, nitrati, dušik

Indicators of Water Pollution from Agricultural Activities

SUMMARY: The loading indicators are used in order to get more thorough information on the ground and surface water pollution pressure. The paper presents indicators important for the agricultural sector on one hand and the water contamination control on the other. The following basic indicators were selected to present the pressure from agriculture as a non-point pollution source: land surface and land-use category, nutrient calculation, use of plant protection preparations (PPPs), water use in agriculture and soil erosion. These indicators are necessary for presentation of the agricultural sector against the DPSIR (Driving force, Pressure, State, Impact, Response) model.

A number of data is presented that need to be monitored in order to quantify the agricultural and water indicators, particularly nitrogen. According to the applicable EU regulations, continuous groundwater quality monitoring, particularly the nitrogen from agriculture, is required for compliance with the water quality monitoring provisions of the Nitrate Directive (91/676/EEC). In line with the Directive are the Codes of Good Agricultural Practices and determination of the «nitrate vulnerable zones» where special rules apply. Croatia has still not clearly defined and made public such Codes of Good Agricultural Practices, and has not delineated its nitrate vulnerable zones.

KEYWORDS: agriculture, pressure indicators, water, nitrate, nitrogen

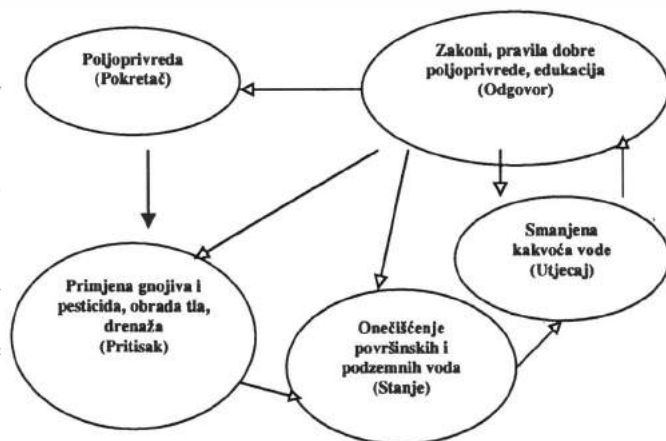
1. Uvod

Onečišćenje vode uvjetovano poljoprivrednim aktivnostima danas je tema koja zaokuplja brojne znanstvenike, ali i širu javnost, posebice u područjima gdje se javljaju problemi vezani uz porast koncentracije nitrata, fosfata, rezidua pesticida, te drugih polutanata u vodi za piće, ali i u površinskim vodotocima. U ravničarskim područjima u kojima se prakticira intenzivna ratarska proizvodnja svakako postoji i značajan unos onečišćenja u akvatične ekosustave, što je uvjetovano većom količinom primijenjenih agrokemikalija, a u nekim slučajevima i organskih gnojiva, pri čemu je pitanje dušika često na prvom mjestu. Stvarni utjecaj poljoprivrede na stanje voda moguće je precizije odrediti na temelju rezultata višegodišnjih znanstvenih istraživanja, kao i na temelju rezultata monitoringa. Opasnost od onečišćenja vode (podzemne i površinske) može se procijeniti i korištenjem «indikatora pritiska». Sve zemlje članice EU imaju obvezu prikupljati podatke prema jedinstvenoj metodologiji (EUROSTAT). Prikupljeni podaci koriste se za prikaz «pritisaka» na okoliš, a cilj ovog rada je prikazati zajedničke pokazatelje za poljoprivredu i zaštitu voda.

2. Pokazatelji pritiska na okoliš (poljoprivreda – voda)

Pri određivanju pokazatelja za poljoprivredu posebno je potrebno uvažavati posebnosti ove djelatnosti, te njezinu višeznačnu ulogu u punom smislu te riječi. Međunarodna Konferencija u organizaciji FAO i Nizozemske vlade koja je pod nazivom “Multifunctional character of agriculture and land - MFCAL” održana u Maastrichtu 1999. god., na kojoj je sudjelovalo 260 sudionika iz više od stotinu zemalja, te iz 30 organizacija, ukazala je na nužnost prakticiranja održive poljoprivrede i ruralnog razvitka, te korištenja tla i ostalih prirodnih resursa prema preporukama Agende 21 poznate Svjetske konferencije o okolišu održane u Rio De Janeiru 1992., kao i prema Planu akcije WFS-a (World Food Summit-Rim 1996.). Istovremeno, posebno je naglašena činjenica da osim gospodarske, poljoprivreda ima vrlo značajnu socijalnu ulogu. Načinom korištenja tla poljoprivreda utječe na okoliš – prirodne i antropogenizirane terestričke i akvatične ekosustave pa stoga ima i značajnu ekološku ulogu.

Odnos između poljoprivrede i okoliša vrlo je kompleksan, a uvjetovan je značajkama podneblja, tla i reljefa, ekonomskim uvjetima u kojima se poljoprivreda organizira, razini tehnologije, te cjelokupnog sustava gospodarenja prakticiranog na nekom području. «Održivost» poljoprivrede na nekom području može se promatrati prostorno (na razini gospodarstva, županije, poljoprivredne regije, slivnog područja, države,...), vremenski (prema određenom razdoblju), te kroz utjecaj na ekološke resurse (tlo, voda, zrak,...). Razvitak i definiranje indikatora – pokazatelja pritiska provedeno je sukladno ciljevima održivog razvitka, a koriste se na međunarodnoj, nacionalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini. Pokazatelji su prikazani prema shemi DPSIR (Driving force, Pressure, State, Impact, Response ili Pokretač, Pritisak, Stanje, Utjecaj, Odgovor):



Danas se indikatori koriste kako bi se prikazale veze između poljoprivrede i potencijalnih opasnosti po onečišćenje vode. U slučaju postojanja dovoljnog broja relevantnih podataka mogu se utvrditi područja na kojima postoji potencijalna opasnost za onečišćenje voda, odrediti pravci djelovanja, te provoditi mjere nadzora provedbe programa. Neki od ovih indikatora ili podataka potrebnih za njihov izračun već se prikupljaju u Državnom zavodu za statistiku, neki se mogu izračunati iz postojećih podataka ali potreba za obuhvaćanjem svih relevantnih indikatora podrazumjeva nužno prikupljanje većeg broja podataka, te za veću preciznost u radu (tablica 1.).

Tablica 1. – Zbimi prikaz indikatora iz domene poljoprivrede u Hrvatskoj

Indikator	DPSIR
Zemljišne površine i kategorije korištenja zemljišta	Pokretač/Pritisak
Poljoprivredne površine	Pokretač/pritisak
Promjene u tradicionalnoj poljoprivredi	Pokretač/pritisak
Obradive površine	Pokretač/pritisak
Vinogradi i voćnjaci	Pokretač/pritisak
Travnjaci i pašnjaci	Pokretač/pritisak
Površine pod organskom poljoprivredom	Odgovor, pokretač, pritisak
Površine pod ozimim usjevima	Pokretač/pritisak
Površine pod jarim usjevima	Pokretač/pritisak
Proračun hranjiva	Pritisak
Dušična gnojiva (mineralna)	Pritisak/Stanje
Fosforna gnojiva	Pritisak/Stanje
Broj stoke	Pritisak
Organska gnojiva	Pritisak/Stanje
Prinosi usjeva	-
Bilanca hranjiva	Pritisak/Stanje
Erozija uvjetovana poljoprivredom	Pritisak/Stanje
Korištenje sredstava za zaštitu bilja	Pritisak/Stanje
Ukupno	Pritisak/Stanje
Fungicidi	Pritisak/Stanje
Herbicidi	Pritisak/Stanje
Insekticidi	Pritisak/Stanje
Korištenje vode u poljoprivredi	Pritisak
Potrošnja površinske i podzemne vode za poljopr.	Pritisak/utjecaj
Navodnjavane površine	Pritisak/utjecaj
Odvodnjavane površine	Pritisak/utjecaj
Održivi razvoj	Odgovor
Potica ruralnom razvoju	Odgovor
Područja pod agroekološkim ugovorima	Odgovor
Praksa ekološke poljoprivrede	Odgovor/pokretač
Podizanje ekološke svijesti (edukacijska)	Odgovor/pokretač
Zaposleni u poljoprivredi	Pokretač/odgovor
Poljoprivredna ekološka isplativost	Pokretač/odgovor
Informacijski sustav i zakonodavstvo	Odgovor
Zakonski akti	Odgovor

Isto tako, za bolje razumijevanje procesa, te intenziteta utjecaja poljoprivrede na onečišćenje voda potrebna su sustavna ciljana istraživanja, jer se osim poljoprivrede javljaju drugi «pokretači» čije djelovanje se često pripisuje poljoprivredi. Promjene u poljoprivredi, koje su se u Hrvatskoj dogodile u posljednjih 10 – 15 godina rezultirale su smanjenjem primjene

mineralnih gnojiva, a kao posljedica smanjenja stočnog fonda, smanjena je i primjena organskih gnojiva. Zbog rata Hrvatska je danas među 10 zemalja u svijetu s najvećim udjelom miniranih površina, od kojih je značajan dio poljoprivrednog zemljišta. Bivši poljoprivredni kombinati u vlasništvu države u procesu pretvorbe promijenili su vlasnike, dio ih je propao, a poljoprivredne površine koje su obrađivali dijelom su dane u zakup privatnicima, dijelom su zapuštene, a dijelom ih dalje obrađuju iz kombinata nastala poljoprivredna poduzeća. Kao rezultat svega, danas poljoprivredu Hrvatske nema takav učinak na onečišćenje površinskih voda kakav je primjerice imala u razdoblju prije 1990. godine. Ipak, postoje područja koja su posebno značajna u pogledu zaštite voda od onečišćenja bilo kakve vrste, primjerice zone vodocrpilišta i vodozaštitna područja.

Vodni resursi su temelj za gospodarsku i socijalnu održivost države, a s obzirom na složenost i promjenjivost kakvoće i količine vode u vremenu i prostoru, nužno je znanstvene informacije prezentirati na način koji je prepoznatljiv za donosiocel odluka u vodnoj politici i gospodarenju vodnim resursima. Postoji nekoliko strateških ciljeva u tom smislu, kao što su uporaba Euro Waterneta (izvor: EEA ekspertna grupa za smjernice i izvješćivanje) za prikaz indikatora, uporaba proračuna za pojedine indikatore, te konzistentna prostorna rasprostranjenost (od slivova do europske razine) u smislu definiranja indikatora i procjena. Nadalje, tu su definirane tehnike na EU razini za praćenje ekološkog stanja voda, modeliranje pritisa (nutrijenti, organska tvar) iz točkastih, kao i iz raspršenih izvora onečišćenja (uglavnom od poljoprivrede). Mnogi podaci koji se odnose na kopnene vode se prikupljaju i gospodarenje njima je financirano od strane Hrvatskih voda ili ostalih državnih institucija, ali oni nisu jasno identificirani na državnoj razini, niti se evidentiraju u skladu s postojećim EU indikatorima. Zbirna tablica sadrži indikatore zaštite okoliša koji se odnose na kopnene vode, koji su opisani u sljedećim dokumentima Europske Unije: Eurostat, s Methodology Sheets: the European Pressure Indices Project, Second Assessment report EEA, Environmental Signals 2000, Environmental Signals 2001.

Tablica 2 – Zbirni prikaz indikatora iz domene zaštite kopnenih voda

Indikator	DPSIR
Potrošnja vode po stanovniku	Pritisak
Indeks emisije teških kovina u vode	Pritisak
Korištenje hranjiva (N+ P)	Pritisak
Korištenje pesticida (po ha obradivih površina)	Pritisak
Zahvat podzemnih voda	Uzrok/Pritisak
Pročišćene količine vode/prikupljene putem kanalizacije	Pritisak
Emisija organske tvari izražena kao BPK5	Pritisak
Ispuštanje fosfora putem uređaja za pročišćavanje otpadnih voda	Pritisak
Pročišćene količine vode/prikupljene putem kanalizacije	Pritisak
Vodni resursi, godišnji prosjek za dugoročno razdoblje	Pritisak
Indeks eksploatacije	Pritisak
Sektorsko korištenje vode	Uzrok
Koncentracija dušika i fosfora u rijekama	Stanje
Teret dušika	Pritisak
Teret fosfora	Pritisak
Koncentracija nitrata u podzemnoj vodi	Stanje
Koncentracija fosfora u podzemnoj vodi	Stanje
Rezidui pesticida u podzemnoj vodi	Stanje
Trendovi u kakvoći vode	Stanje

Izvori informacija o kopnenim vodama su Hrvatske vode, Državna uprava za vode i Državni zavod za statistiku, te komunalne tvrtke. Podaci o javnoj vodoopskrbi i odvodnji su raspoloživi temeljem godišnjih izvještaja, te temeljem izvješća i dokumenata od komunalnih poduzeća i općinskih službi, koji upravljaju javnim vodovodom, odnosno javnom kanalizacijom u promatranim naseljima. Podaci o korištenju voda i mjerama kontrole onečišćenja su prikupljaju se kroz uobičajeni godišnji izvještaj uz dodatke rudarskih i industrijskih tvrtki. Podaci o otpadnim vodama i njihovu pročišćavanju pribavljaju se od nadležnih ureda, odnosno tvrtki koje gospodare kanalizacijskim sustavom i uređajima za pročišćavanje otpadnih voda, kao i industrijskih tvrtki koje koriste vodu, te onečišćuju i ispuštaju otpadne vode. Podaci o privatnim vodoopskrbnim sustavima za nekoliko kućanstava se ne prikupljaju, odnosno nisu u nadležnosti komunalnih tvrtki.

Uporaba vode uključuje sve količine voda, kako neposredno zahvaćene, tako i dozvoljene količine vode za vodoopskrbu poduzeća tijekom izvještajne godine, bez obzira na to jesu li te količine korištene za vlastite potrebe ili su ustupljene, prodane, drugim korisnicima. Zahvaćene količine vode utvrđuju se vodomjerom, a gdje ga nema, izračunavaju se prema normativima za određenu granu djelatnosti. Otpadne vode su definirane kao vode koje se nakon uporabe pročišćavaju ili ispuštaju u otvorene površinske ili podzemne vode. U količine otpadnih voda nisu uključene atmosferske, kao ni protočne vode (npr. koje pokreću hidroelektrane). Uporaba ekonomskih instrumenta – u slučajevima naknade za korištenje i ispuštanje voda kao i mehanizam plaćanja – su poželjan i vrijedan instrument za ostvarivanje održivog gospodarenja vodama.

Socio-ekonomski indikatori koji doprinose održivom korištenju voda su sljedeći: emisija i zahvaćanje voda u industriji u ovisnosti o ekonomskim troškovima i cijenama, zahvaćanje vode za kućanstva i uporaba vode za navodnjavanje po jedinici poljoprivredne proizvodnje. Ostali socio-ekonomski indikatori gospodarenja vodama ovisnih o tržišnim cijenama su: troškovi gubitaka vode u vodoopskrbnom sustavu, troškovi smanjenja staništa nastali kao rezultat izgradnje infrastrukture i oštećenja ekosustava, urbana infrastruktura s prekomjernim zahvaćanjem i redukcijom vodnih resursa, mogućnost pribavljanja vode u odnosu na poboljšanje kakvoće voda i uspješnost funkcioniranja vodne infrastrukture proporcionalno bruto nacionalnom dohotku po glavi stanovnika. S obzirom da je Hrvatska zemlja u tranziciji, posebnu bi pozornost prilikom određivanja nacionalnih indikatora trebalo posvetiti izradi vlastitih socio-gospodarskih indikatora.

Indikatori vezani uz poljoprivredu kao raspršeni izvor onečišćenja osim statističkih podataka ne mogu se dobro interpretirati bez poznavanja agroekoloških uvjeta, te rezultata višegodišnjih terenskih istraživanja. Određeni udio za neke pokazatelje, kao što su N i P u velikim rijekama, gubici dušika, uporaba pesticida po hektaru poljoprivredne površine, povezan je s poljoprivredom. Posljednjih nekoliko godina podaci o N i P su uključeni na svim mjernim postajama površinskih voda.

Mogući utjecaj poljoprivrede na onečišćenje voda osim poznavanja navedenih indikatora za poljoprivredu i vode u značajnoj se mjeri oslanja i na procjene. One se uvijek provode s određenom pogreškom, koja je se može smanjiti ako se koriste suvremeni kompjutorski modeli, za koje su opet potrebni različiti ulazni setovi podataka. Uzajamni odnos pokazatelja za vode i odgovarajućih pokazatelja iz poljoprivrede prikazan je u tablici 3.

Tablica 3 – Prikaz potrebnih podataka vezanih uz poljoprivredu kao izvor onečišćenja vode

Indikator za vode	Podatak iz poljoprivrede	Mogući način i mjesto prikupljanja
Indeks emisije teških kovina u vode (udio iz poljoprivrede)	Poljoprivredne površine prema načinu korištenja, Potrošnja mineralnih gnojiva, sadržaj teških kovina u mineralnim gnojivima. Proizvodnja i primjena organskih gnojiva prema vrsti stoke i načinu izgnojavanja, sadržaj teških kovina u organskim gnojivima, Sadržaj teških kovina u tlima, iznošenje teških kovina prinosom usjeva, Erozijska količina i kemijski sastav erodiranog materijala	Računski, korištenjem modela, uz odgovarajuće podatke dobivene višegodišnjim terenskim istraživanjima, korištenje relevantnih postojećih baza podataka
Korištenje biljnih hranjiva (N+ P)	Poljoprivredne površine prema načinu korištenja, Potrošnja mineralnih gnojiva, sadržaj N i P u mineralnim gnojivima, proizvodnja i primjena organskih gnojiva prema vrsti stoke i načinu izgnojavanja, sadržaj N i P u organskim gnojivima. Primjena po ha, količina, vrijeme i način primjene	Evidentirano na razini gospodarstva, županije, sliva
Korištenje pesticida (po ha obradivih površina)	Poljoprivredne površine prema načinu korištenja, Potrošnja djelatne tvari pesticida (herbicida, insekticida, fungicida, ostalo) po ha, količina, vrijeme i način primjene	Evidentirano na razini gospodarstva, županije, sliva
Emisija organske tvari izražena kao BPK5	U slučaju ispuštanja organskih gnojiva u vodotoke, sa ili bez djelomičnog pročišćavanja	Evidentirano na razini gospodarstva – farme, vodotoka
Sektorsko korištenje vode	Zahvat podzemne i površinske vode za navodnjavanje, korištenje vode za ostale potrebe u poljoprivredi	Evidentirano na razini gospodarstva, županije, sliva
Koncentracija dušika i fosfora u rijekama	Procjena udjela poljoprivrede kao raspršenog izvora onečišćenja	Prema planu monitoringa
Teret dušika	Poljoprivredne površine prema načinu korištenja, Potrošnja mineralnih gnojiva, sadržaj N u mineralnim gnojivima, proizvodnja i primjena organskih gnojiva prema vrsti stoke i načinu izgnojavanja, sadržaj N u organskim gnojivima. Primjena po ha, količina, vrijeme i način primjene. Prinosi usjeva, bilanca dušika, površinsko i podzemno otjecanje vode, uključujući i hidromelioracijske sustave odvodnje, Erozijska količina i kemijski sastav erodiranog materijala	Računski, korištenjem modela, uz odgovarajuće podatke dobivene višegodišnjim terenskim istraživanjima, korištenje relevantnih postojećih baza podataka
Teret fosfora	Poljoprivredne površine prema načinu korištenja, Potrošnja mineralnih gnojiva, sadržaj P u mineralnim gnojivima, proizvodnja i primjena organskih gnojiva prema vrsti stoke i načinu izgnojavanja, sadržaj P u organskim gnojivima. Primjena po ha, količina, vrijeme i način primjene. Prinosi usjeva, bilanca fosfora, površinsko i podzemno otjecanje vode, uključujući i hidromelioracijske sustave odvodnje, Erozijska količina i kemijski sastav erodiranog materijala	Računski, korištenjem modela, uz odgovarajuće podatke dobivene višegodišnjim terenskim istraživanjima, korištenje relevantnih postojećih baza podataka
Koncentracija nitrata u podzemnoj vodi	Procjena udjela poljoprivrede kao raspršenog izvora onečišćenja	Prema planu monitoringa, posebice na osjetljivim područjima
Koncentracija fosfora u podzemnoj vodi	Procjena udjela poljoprivrede kao raspršenog izvora onečišćenja	Prema planu monitoringa, posebice na osjetljivim područjima
Rezidui pesticida u podzemnoj vodi	Procjena udjela poljoprivrede kao raspršenog izvora onečišćenja	Prema planu monitoringa, posebice na osjetljivim područjima

3. Primjer dušika

Dušik je biljno hranivo o kojem su provedena vrlo detaljna istraživanja. Brojni su razlozi za takvo stanje. Količina dušika u pristupačnim oblicima u tlu je mala, dok je količina

koju usvoje biljke u toku vegetacije srazmjerno velika. Povremeno se zbog visoke koncentracije dušika u tlu u topljivom obliku javljaju gubici uslijed ispiranja u podzemne i površinske vode, tako da se u nekim slučajevima može govoriti o onečišćenju vode. Može doći i do gubitaka dušika volatilizacijom. Ipak, najčešće su velike količine dušika u tlu nepristupačne biljkama. Učinci gnojidbe dušikom brzo su vidljivi i značajno mogu utjecati na izgled usjeva. Zbog toga su srazmjerno česti i slučajevi prekomjerne gnojidbe ovim elementom, koji mogu biti vrlo štetni. Količine dušika primijenjene u poljoprivredi Hrvatske mogu se prema izvoru podijeliti na mineralni, te na dušik iz organskih gnojiva. Ukupna potrošnja mineralnih gnojiva u EU 15 porasla je s manje od 2 milijuna tona dušika 1950. godine na preko 11 milijuna tona sredinom 80.-tih. Danas se potrošnja mineralnog dušika zadržava na razini 9-10 milijuna tona godišnje (Report from the Commission, 2002). Zajedno s pritiskom dušika iz stočarstva koji je procijenjen na oko 8 milijuna tona, radi se o «pritisku» od oko 18 milijuna tona dušika. Danas se, upravo zbog navedenog pritiska provode programi navedeni u aneksu II i III direktive koji se odnose na programe dobre poljoprivredne prakse, te na akcijske programe. Kako je prikazano u tablici 4, potrošnja dušika u Hrvatskoj pri usporedbi s potrošnjom u zemljama EU iznosi oko 1%.

Tablica 4 – “Pritisak” dušika na poljoprivredna tla u Svijetu, EU 15 i u Hrvatskoj

	Biološko vezanje dušika	Atmosferska depozicija	Organska gnojiva	Mineralna gnojiva	UKUPNO
Milijuna tona dušika					
SVIJET, 1996.*	7,7	21,6	25,0	78,2	132,5
EU 15, 1997.**	0,4	1,9	7,8	9,6	19,7
Hrvatska 2000.	-	-	0,06	0,11	(0,17)

Izvori: *Sheldrick et al., 2002., **Report from the Commission COM 407, 2002.

Čimbenici koji utječu na sadržaj nitrata u vodi mogu se svrstati u dvije kategorije – one koji se mogu staviti pod nadzor, te oni za koje to nije moguće. Oborine, njihov prostorni i vremenski raspored, intenzitet i trajanje su čimbenici koji se ne mogu kontrolirati, a imaju presudan utjecaj na ispiranje nitrata. Isto tako, ni mineralizacija dušika iz organske tvari tla ne može se kontrolirati, pri čemu se mineralizirani dušik kojeg ne iskoriste biljke može isprati. Čimbenici koji se mogu nadzirati odnose se na uobičajeni način gospodarenja, te na prakticirane biljno uzgojne zahvate na nekom području. Sustav uzgoja bilja je u stvari čimbenik koji ima presudan utjecaj na gubitke dušika. Jednogodišnji okopavinski usjevi mogu utjecati na povećanje od 30 do 50 puta pri usporedbi s višegodišnjim travama i lucernom. Gubici nitrata pri uzgoju strnih žitarica mogu biti višestruko veći od onog u negnojnih travnjaka. Količina primijenjenog dušika u nekom sustavu uzgoja bilja presudno utječe na mogućnost ispiranja, kao i vrijeme primjene dušičnih gnojiva. Sustav obrade tla utječu na odnos makro i mikro pora u tlu, na aeraciju tla, a samim tim i na mineralizaciju te na mogućnost ispiranja dušika. Za razumijevanje procesa ispiranja dušika iz poljoprivrednih tala veliku vrijednost imaju trajna istraživanja gubitaka ispiranja dušika drenskim cijevima, te u vodi iz lizimetara na različitim tipovima tala i s različitim usjevima, a ona su uz to i neophodna za bolje razumijevanje gospodarenja dušikom, za smanjenje gubitaka nitrata, te za pravilno odlučivanje o budućim načinima gospodarenja, pa čak i za uobličavanje politike upravljanja prirodnim resursima na nekom području, posebice tlom i vodom.

Voda iz drenažnih sustava može predstavljati značajniji unos nitrarnog dušika u vodotoke. Godišnji gubitak dušika vodom iz drenskih cijevi može biti razmjerno mali u suhim godinama, ali u godinama bogatima oborinama može biti veći od 100 kg Nha-1, što je također povezano i s intenzitetom gnojidbe. Osim toga, kada nakon dužih suhih razdoblja nastupe jače oborine, ispiranje dušika se pojačava, posebice ako je prethodila primjena dušičnih gnojiva. Mineralizacija dušika u tlu također može uvjetovati pojačano ispiranje nitrata, posebice ako usvajanje nitrata od strane usjeva ne prati intenzitet oslobađanja dušika mineralizacijom. Previsoka količina primijenjenog dušika u gnojidbi različitih kultura, ako se još uz to primijeni u krivo vrijeme, jako utječe na pojačano ispiranje dušika. Svaka primjena dušika u količini većoj od potrebne, dovodi do zadržavanja dijela dušika u profilu tla, pa se, kad nastupi razdoblje s većim količinama oborina može očekivati pojačano ispiranje.

Prema zakonskoj regulativi važećoj u EU potrebno je provoditi trajni monitoring kakvoće podzemne vode, kako bi se osigurali uvjeti za praćenje kakvoće vode prema direktivi o nitratima (Nitrate directive - 91/676/EEC), posebice za dušik podrijetlom iz poljoprivrede. U skladu s direktivom je izrada «Codes of good agricultural practices» ili «Pravila dobre poljoprivredne prakse», te određivanje «nitrate vulnerable zones» ili «za nitrata osjetljivih područja», gdje se primjenjuju posebna pravila. U Hrvatskoj još ne postoje jasno definirana i javno obznanjena «Pravila dobre poljoprivredne prakse, niti su definirana područja posebno osjetljiva na onečišćenje vode nitratima.

4. Zaključak

1. Poljoprivreda kao djelatnost predstavlja «pokretač» u shemi DPSIR, utječe na onečišćenje okoliša. U svrhu preciznijeg definiranja stvarnog utjecaja poljoprivrede na vode nekog područja potrebno je koristiti indikatore, a kao pokazatelji onečišćenja vode iz poljoprivrede značajni su: indeks emisije teških kovina u vode (udio iz poljoprivrede), korištenje biljnih hranjiva (N+P), korištenje pesticida (po ha obradivih površina), emisija organske tvari izražena kao BPK5, sektorsko korištenje vode, koncentracija dušika i fosfora u rijekama, teret dušika, teret fosfora, koncentracija nitrata i fosfora, te rezidua pesticida u podzemnoj vodi
2. Kako bi se preciznije prikazali indikatori onečišćenja vode iz poljoprivrede potrebno je poznavati: poljoprivredne površine prema načinu korištenja, potrošnju mineralnih i organskih gnojiva, te njihov kemijski sastav, potrošnju pesticida, detaljan prikaz agroekoloških uvjeta (tlo, klima, reljef), eroziju uvjetovanu poljoprivrednim aktivnostima, te količinu i kemijski sastav erodiranog materijala, zatim prinose usjeva, količine vode utrošene za navodnjavanje, te količine vode iz drenažnih sustava. Ove podatke potrebno je prikupljati na razini gospodarstva, županije, poljoprivrednih regija, sliva, vodnih područja.
3. Na temelju rezultata višegodišnjih istraživanja mogu se dobiti neophodni ulazni podaci za korištenje suvremenih kompjutorskih modela, pomoću kojih se mogu sa manjom ili većom preciznošću odrediti utjecaji poljoprivrede na onečišćenje vode.
4. Prema zakonskoj regulativi važećoj u EU potrebno je provoditi trajni monitoring kakvoće podzemne vode, kako bi se osigurali uvjeti za praćenje kakvoće vode prema direktivi o nitratima (Nitrate directive – 91/676/EEC), posebice za dušik podrijetlom iz poljoprivrede. U skladu s direktivom je izrada «Codes of good agricultural practices»

ili «Pravila dobre poljoprivredne prakse», te određivanje «nitrate vulnerable zones» ili «za nitrate ranjivih područja», gdje se primjenjuju posebna pravila. U Hrvatskoj još ne postoje jasno definirana i javno obznanjena «Pravila dobre poljoprivredne prakse, niti su definirana područja posebno osjetljiva na onečišćenje vode nitratima.

Literatura:

- Aase, J.K., Pikul, J.L., Prueger, J.H., Hatfield, J.L., 1996. Lentil water use and fallow water loss in a semiarid climate. *Agronomy Journal* 88(5):723-728.
- Addiscott, T.M., Whitmore, A.P., Powlson, D.S., 1991. *Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem*, C.A.B International, Wallingford, UK.
- Alloway, B.J., *Heavy Metals in Soils*. Blackie Academic & Professional, str. 368, London, 1995.
- Arshad, M.A., Martin S., 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88 (2002) 153–160.
- Bašić, F., 1995. Some aspects of sustainable agriculture in Croatia, *Polj. Znan. Smotra* 60: 237-247., Zagreb
- Bašić, F., 1998. Održiva poljoprivreda, u knjizi *Hrvatska i održivi razvitak*, Ministarstvo razvitka i obnove, 83-103, Zagreb
- Bašić, F., Tomić, F., 1996. Classification of soil damages in Croatia. Second Inter. Conference - Soil Monitoring in Czech Republic, Brno. 134-143.
- Bašić, F., V. Bičanić, B. Bertić, J. Igrc-Barčić, 1995. Sustainable management in arable farming of Croatia, *Hrvatske vode*, 12: 237-251., Zagreb
- Bašić, F., V. Mihalić, B. Bertić, 1995. Trajno održiva poljoprivreda u novom okruženju, HAZU, *Poljoprivreda i proizvodnja hrane u novom europskom okruženju*, Zbornik radova, 47-59., Zagreb
- Bašić, F., (1994): Klasifikacija oštećenja tala Hrvatske, *Agronomski glasnik*, 3-4, 291-310, Zagreb.
- Bašić, F., Bičanić, V., Bertić, B., Igrc-Barčić, J., Sustainable management in arable farming of Croatia, International workshop on water pollution and protection in agricultural practice, *Hrvatske vode br.12*, 237-253, Zagreb, 1995.
- Bašić, F., Land resources evaluation of Croatia, *Agricultural sector rev.*, FAO, 41, Zagreb, 1993.
- Bašić, F., Mesić, M., Kisić, I., Jelavić, V., Pravdić, V., Steinbauer, M., Villi, M., Danube Integrated Environmental study, Final report, phase I, for the Republic of Croatia, Urbanistički institut Hrvatske, Hasskoning, Royal Dutch Consulting Engineers and Architects, 37 str., Zagreb, 1993.
- Bielek, P., 1988. Nitrate in nature: product of soil cover. *Proceedings of the First International Nitrogen Conference*, 23-27 March 1998. Noordwijkerhout, The Netherlands. (Edits.) van der Hoek et al. Elsevier science. 527-530.
- Bouma, J., 2002. Land quality indicators of sustainable land management across scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88 (2002) 129–136.
- Brye, K.R., Norman J.M., Bundy L.G., Gower S.T., 1999. An equilibrium tension lysimeter for measuring drainage through soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63(3):536-543.
- Butorac, A., 1994. Conservation Tillage in Eastern Europe. In *Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems*. Edited by M.R. Carter, Lewis Publishers, Boca Raton, USA, p. 354-374.

- Butorac, A., 1999. Opća agronomija, udžbenik, Školska knjiga, Zagreb.
- Butorac, A., F. Bašić, I. Kisić, 1994. Alternativni sustavi gospodarenja i njihov utjecaj na kvalitetu vode, Zbornik znanstvenog skupa "Poljoprivreda i gospodarenje vodama", 53-76, Bizovačke toplice.
- Ester V.V., B.G. Jeroen, U.H. Helias, 2000. Heavy Metals: A Problem Solved? Methods and Models to Evaluate Policy Strategies for Heavy Metals. Kluwer Academic Publishers, str. 241, Dordrecht, The Netherlands.
- Gašpar, I., Neke karakteristike potrošnje mineralnih gnojiva u Hrvatskoj, Kutina, 1989.
- Gračanin, M., Ilijanić, Lj., Uvod u ekologiju bilja, udžbenik, Škol. Knjiga, Zagreb, 1977.
- Greenland, D.J., Bowen, G., Eswaran, H., Rhoades, R., Valentin, C., Soil, Water and Nutrient Management Research - a new Agenda, IBSRAM, Position Paper, 71, 1994.
- Hoffmann, M., Johnsson, H., 1999. A method for assessing generalised nitrogen leaching estimates for agricultural land. Environmental Modeling and Assessment 4 (1999) 35-44 35
- Huber, S., Syed, B., Freudenschuss, A., Ersten, V., Loveland, P., 1991. Proposal for a European soil monitoring and assessment framework, EEA, Copenhagen.
- Igrc, J., Maceljiski, M., Mogućnosti integralne i ekološki prihvatljive zaštite ratarskih usjeva, Poljoprivredne aktualnosti 29 (93), 1-2, 203-209, Zagreb, 1994.
- Igrc, J., Maceljiski, M., Some possible strategies of an integrated weed control. Proc. «Non Chemical Weed Control, 187190, Dijon, 1993.
- Iserman, K., The extent to which agriculture is involved in environmental problems in modern industrial society, IFA Report A 83/60, 1960.
- Kersebaum, K.C., Wenkel, K.-O. 1998. Modelling water and nitrogen dynamics at three different spatial scales – influence of different data aggregation levels on simulation results. Nutrient Cycling in Agroecosystems 50: 313-319.
- Kisić, I., F. Bašić, M. Mesić, A. Butorac, 1998. Soil erosion in different tillage systems on stagnosol in Croatia, 16th WCSS, Symp. 20, 1351.
- Kitchen, N.R., Hughes, D.E., Donald, W.W., Alberts, E.E., 1998. Agrichemical movement in the root-zone of claypan soils - ridge- and mulch-tillage systems compared. Soil & Tillage Research. 48(3):179-193.
- Klocke, N.L., Watts, D.G., Schneekloth, J.P., Davison, D.R., Todd, R.W., Parkhurst, A.M. 1999. Nitrate leaching in irrigated corn and soybean in a semi-arid climate. Trans. ASAE. 42(6):1621-1630.
- Maceljiski, M., Ivezić, M., Igrc-Barčić, J., 1994. Integrirana zaštita bilja u proizvodnji namirnica, Zbornik sažetaka znanstvenog skupa HAZU, Zagreb.
- Marušić, J., Tomić, F., Mađar, S., 1997. Uređenje poljoprivrednog zemljišta – hidrotehničke melioracije, Hrvatska poljoprivreda na raskrižju, 248-251, Zagreb.
- McLenaghan, R.D., Cameron, K.C., Lampkin, N.H., Daly, M.L., Deo, B., 1996. Nitrate leaching from ploughed pasture and the effectiveness of winter catch crops in reducing leaching losses. New Zealand Journal of Agricultural Research. 39(3):413-420.
- Meissner, R., Seeger, J., Rupp, H., Balla H., 1999. Assessing the impact of agricultural land use changes on water quality. Water Sci. Technol. 40(2):1-10.
- Merbach, W., Holzel, D., Schalitz, G., Pickert, J., Jacob, H.J., Latus, C., 1997. Lysimeter investigations on the effect of winter catch crops and weeded fallow on the N-dynamics in a sandy treposol soil of northeast Germany. Isotopes in Environmental & Health Studies. 33(1-2):53-59.

- Mesić, M., A. Butorac, F. Bašić, I. Gašpar, I. Kisić, 1997. Influence of Mineral Nitrogen Rates on the Nitrate Leaching from Drained Pseudogley, Bericht der 7. Lysimetertagung, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, p. 169-170, Irdning.
- Mesić, M., A. Butorac, F. Bašić, S. Redžepović, S. Sikora, 1994. Liming, manuring and fertilization of maize for better productivity and low environmental impact. 15th World Congress of Soil Science, Vol. 7b, 159-161, Acapulco.
- Mesić, M., Prpić, M., Jelavić, V., Kisić, I., Procjena bilance dušika u dunavskom slivu Hrvatske, Zbornik znanstvenog skupa «Poljoprivreda i gospodarenje vodama», 179-186, Bizovačke toplice, 1994.
- Mesić, M., A. Butorac, F. Bašić, I. Kisić, I. Gašpar. 2001. Effect of nitrogen fertilization for oil seed rape on nitrogen leaching with subsurface drainage water. 12th World Fertilizer Congress, August, 3-9. 2001. Beijing, China.
- Mesić, M., A. Butorac, F. Bašić, I. Kisić. 2001. Influence of Nitrogen Fertilization on NO₃- N Concentration in Lysimeter Water. N 2001 The Second International Nitrogen Conference 2001. Potomac, Maryland, USA.
- Mesić, M., Bašić, F., Kisić, I., Bičanić, V., Višeznačna uloga poljoprivrede i gospodarenja tlom u Hrvatskoj, 36. Zbornik, Znanstveni skup hrvatskih agronoma, Opatija, 22.-25. veljače, 2000., str. 16-21.
- Mesić, M., Bašić, F., Kisić, I., Butorac, A., Gašpar, I. Utjecaj gnojidbe mineralnim dušikom na sadržaj nitrata u tlu i na koncentraciju NO₃-N u vodi iz lizimetara, Znanstveno – stručni skup: Kako zaštititi vode Hrvatske s gledišta vodoopskrbe i odvodnje, Pula, 26-30. lipnja 2001. str. 381-386.
- Mesić, M., Butorac, A., Bašić, F., Kisić, I., Gašpar, I., Efficiency of Mineral Nitrogen rates Applied in Maize Fertilization, 10th Nitrogen Workshop, Copenhagen, Denmark, 1999.
- Mesić, M., Butorac, A., Bašić, F., Kisić, I., Gašpar, I., 2000. Influence of Black Fallow on Nitrate Leaching. Proceedings of 15th ISTRO Conference, 2000. – CD, p. 7. Fort Worth, Dallas, USA.
- Mihalić, V., Bašić, F., 1997. Temelji bilinogojstva, udžbenik, “Školska knjiga”, 216, Zagreb.
- Nestroy, O., 1996. Poljoprivreda i zaštita voda, Knjiga priopćenja znanstvenog skupa Poljoprivreda i gospodarenje vodama, 13-19, Bizovačke toplice.
- Nriagy, J.O., J.M. Pacyna, 1988. Quantitative assesment of worldwide contamination of air, water and soils with trace elements, Nature 333, 134-139.
- Ostojić Z., 1993. Ostaci pesticida i PAH u tlu, Program zaštite tala Hrvatske, Zagreb.
- Ostojić, Z., 1991. O problemu kontaminacije podzemnih i površinskih voda atrazinom. Glasnik zaštite bilja, 1, 5-12, Zagreb.
- Ostrom, N.E., Knoke, K.E., Hedin, L.O., Robertson G.P., Smucker, A.J.M., 1988. Temporal trends in nitrogen isotope values of nitrate leaching from an agricultural soil. Chemical Geology. 146(3-4):219-227.
- Pevetz, W. 1998. Die Multifunktionalitat der Österreichischen Land- und Forstwirtschaft, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Power, J.F., Peterson, G.A., 1998. Nitrogen transformations, utilization, and conservation as affected by fallow tillage method. Soil & Tillage Research 49(1,2):37-47.
- Racz, Z., Tlo i ekološki problemi današnjice, Poljoprivredna znanstvena smotra, Vol. 55 str. 183 – 195, Zagreb, 1990.
- Romić, D., Klačić, Ž., Romić, M., Petošić, D., Stričević, I., 1995. Istraživanje prodora potencijalnih polutanata kroz solum tla do podzemne vode na području Kosnice, pedološki dio, Fond stručne dokumentacije Zavoda za melioracije, 39, Zagreb.

- Scokart, P., Van Cauter, R., 1996. Long-term Lysimeter Studies on the Influence of Usual Belgian Farming Systems on Nitrate Leaching, Bericht der 6. Lysimetertagung, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, p. 101-104.
- Sheldrick W.F., Syers, J.K., Lingard, J., 2002. A conceptual model for conducting nutrient audits at national, regional, and global scales. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 62: 61–72.
- Sposito, G., 1998. The aims of soil science – challenges to be taken up by soil science – the applications and benefits of soil science, 16th WCSS Introductory Conferences and Debate, 41-48.
- Straalen, Van, N.M., Uptake of pollutants by soil organisms, International Postgraduate Course Soil Pollution and Soil Protection, 13 Wageningen, 1992.
- Šimunić, I., Tomić, F., Pecina, M., Romić, M., Djelovanje drenaže na koncentraciju dušika u drenažnoj vodi, *Hrvatske vode*, No 2, 107-111, Zagreb, 1993.
- Šimunić, I., Tomić, F., Mesić, M., Kolak, I., 2002. Nitrogen leaching from meliorated soil. *Die Bodenkultur* 53 (2) 73-81.
- Tanić, S., Economic and Structural Impacts of Changing Intensity in Agriculture in Pursuance of Sustainable Agriculture, - Country Report of Croatia, Gödöllő, 1997.
- Tomić, F., Budin, T. Nove tehnologije u dugoročnom razvitku hrvatske poljoprivrede, Savjetovanje o strategiji u dugoročnom razvitku hrvatske poljoprivrede, str. 156-170, Zagreb, 1994.
- Tomić, F., Marušić, J., Mađar, S., The current situation of the land and the further development of irrigation, Croatian Agriculture at the Crossroads, National World Food Summit, Rome 1996.
- Toth, J.D., Fox, R.H., 1998. Nitrate losses from a corn-alfalfa rotation - lysimeter measurement of nitrate leaching. *Journal of Environmental Quality*. 27(5):1027-1033.
- Vidaček, Ž., Drevenkar, V., Husnjak, S., Sraka, M., Karavidović, P., Nitrati, pesticidi i teški metali u dreniranim tlima i vodama na području sliva Karašice i Vučice.
- Ylaranta, T., Uusikamppa, J., Jaakkola, A., 1993. Leaching of nitrogen in barley, grass ley and fallow lysimeters. *Agricultural Science in Finland*. 2(4):281-291.
- Zavadil, J., Kvitek, T., 1997. The effect of soil management on washing-off nitrates and risk elements. *Rostlinna Vyroba*. 43(8):371-377.
- xxx FAO/Netherlands Conference on the Multifunctional Character of Agriculture and Land "Cultivating our Futures", Background papers, FAO and the Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries of the Netherlands, 1999.
- xxx 1994. World Reference Base for Soil Resources, Draft. ISSS, ISRIC, FAO, Wageningen/Rome.
- xxx A Framework for Indicators for the Economic and Social Dimension of Sustainable Agriculture and Rural Development, European Commission, Agriculture Directorate-General, 5 February 2001
- xxx Communication from the Commission to the Council and the European Parliament: Indicators for the Integration of Environmental Concerns into the Common Agricultural Policy, 2000, Commission of the European Communities
- xxx Down to earth: Soil degradation and sustainable development in Europe, 2000, European Environment Agency and UNEP
- xxx Environmental Signals 2001.
- xxx Europe's Environment: Statistical Compendium for the Second Assessment Eurostat's Methodology Sheets

- xxx Program statističkih istraživanja Republike Hrvatske za 2000. do 2002., Narodne novine broj 66/2000
- xxx Report from the Commission 2002. Implementation of Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources
- xxx Statistic in Transition, Overview of Current Statistical Systems in Eleven Transition Economies and of Developments in Statistical Laws and Institutional Organisations, OCDE/GD(97)26
- xxx Statistički ljetopis, 1999, 2000, 2001. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske
- xxx Towards environmental pressure indicators for the EU, 1999, European Commission and Eurostat, Theme 8-Environment and energy

Autori:

Milan MESIĆ¹,
 Gorana ČOSIĆ FLAJSIG²,
 Ferdo BAŠIĆ¹,
 Ivica KISIĆ¹

¹ Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb

² Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.09.

Višenamjenski hidrotehnički sustav Novo Virje Priprema izgradnje

Miljenko Ivica, Vladimir Sečen,

Sažetak: Republika Hrvatska planira svoj ukupni razvoj na odrednicama AGENDE 21, a gospodarstvu i stanovništvu teži osigurati pristup modernim izvorima energije, posebno električne. Upravo završen samit u Johannesburgu prepoznao je nedovoljno korištenje vodnog potencijala kao obnovljivog izvora električne energije, na koji zajedno s ostalim obnovljivim izvorima otpada skromnih 13% potrošnje.

Uređenje voda i zemljišta – zaštita voda, zaštita od štetnog djelovanja voda, korištenje voda, uređenje i korištenje zemljišta, moguće je izgradnjom višenamjenskih objekata. Planiranje njihove izgradnje provodi se državnim dokumentima: Programom gospodarskog razvoja, Strategijom prostornog uređenja, Vodoprivrednom osnovom, Energetskom strategijom, Programom prostornog uređenja pa sve do planova razvoja i prostornih planova lokalnih zajednica.

Korištenje vodnog potencijala kao obnovljivog izvora energije u Hrvatskoj seže unutar 110 godina i danas se koristi oko 50%, a najveći preostali dio pripada međudržavnim vodama i ne koristi se, odnosno djelomično se koristi (rijeka Sava – ne koristi se, rijeka Kupa – ne koristi se (osim HE Ozalj), rijeka Mura – ne koristi se, rijeka Drava – djelomično se koristi (HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava) i rijeka Dunav – ne koristi se).

Obzirom da je vodno blago dijelom zajedničko sa susjednim državama, potrebno je njegovo korištenje utvrditi bilateralnim sporazumima, a zaštitu okoliša osigurati po međunarodnim konvencijama. Poteškoće nastaju kada se uređuje i korištenje voda i zemljišta u susjednim državama planira po različitim interesima, potrebama i koncepcijama, koje mogu ograničavati pravo druge države na korištenje nacionalnog blaga na sebi primjeren način.

Višenamjenski hidrotehnički sustav Novo Virje planiran je za cjelovito i sveobuhvatno uređenje i korištenje vodnog blaga rijeke Drave od botovskih mostova do Ferdinandovca i uređenje zemljišta Prekodravlja i Pridravlja. Iako je objekt smješten na teritoriju Republike Hrvatske mogući su određeni utjecaji preko državne granice, pa je pored postupka ekološke procjene njegove prihvatljivosti u Republici Hrvatskoj pokrenut i postupak o utvrđivanju mogućeg utjecaja preko državne na prostoru Republike Mađarske (Espoo konvencija).

Deklarativni sadržaj međunarodnih dokumenata, bez objektivnih kriterija utvrđivanja značajnih utjecaja na okoliš, dovode provedbu zaštite okoliša na oporbu razvojnim projektima, a ne na promicatelja održivog razvoja.

Zbog toga je nužno za određene skupine razvojnih projekata izraditi provedbene dokumente (objektivne kriterije i mjerila) za utvrđivanje utjecaja preko državnih granica, a sve u cilju suverenog odlučivanja o načinu korištenja raspoloživog hidro potencijala u granicama održivog razvoja.

KLJUČNE RIJEČI: višenamjenski hidrotehnički sustav, značajni utjecaji na okoliš

Novo Virje Multipurpose Project Development

SUMMARY: In planning its overall development, the Republic of Croatia grasped the Agenda 21 principles aiming at providing the business sector and general public access to the state-of-the-art energy sources, above all electricity. Recently held Johannesburg Summit recognized the fact that harnessing of water potential as a renewable power source is insufficient, since combined with other renewable sources it covers only 13% of the demand.

The multipurpose water and land resources development schemes enable water protection, water impact control, water use, land development and use. Such systems are planned on a national level, through documents that range from Economic Development Program, Physical Planning Strategy, Water Resources Management Plans, Energy Strategy, the Physical Planning Program, to the development and land-use plans for the local communities.

Croatia has a 110 years long history of harnessing water potential as a renewable energy source. Already 50% of such sources are being used, while most of the remaining available sources are transnational waters that are not used or are used only partially (the Sava River - not used, the Kupa River - not used, but for Ozalj HPP, the Mura River - not used, the Drava River - partially used in Varaždin HPP, Čakovec HPP and Dubrava HPP, and the Danube - not used).

Since the water resources are partly shared with the neighboring countries, their exploitation should be arranged through bilateral agreements, while the environmental protection should be implemented according to the international conventions. The difficulties arise when the water and land resources development and utilization in neighboring countries are planned to satisfy different interests, needs and concepts that might restrict the right of another country to use its national resources in an adequate way.

The Novo Virje Multipurpose System has been planned for integrated and comprehensive development and use of the Drava River water resources between the Botovo Bridges and Ferdinandovac, and for development of the land resources in Prekodravlje and Pridravlje regions. Although the facility is located on the Croatian territory, some transboundary impacts are possible so the procedure for its environmental impact assessment in the Republic of Croatia has been accompanied with assessment of possible transboundary impact on the Hungarian territory (Espoo Convention).

Due to their declarative character, international documents lack objective criteria for determination of major environmental impacts, so their implementation results in confrontation of the environmental protection activities with the development projects rather than in promotion of the environmental impact.

Therefore, it is imperative that certain groups of development projects be based on implementation documentation for transboundary impact determination (with objective criteria and standards) and thus enable sovereign decision-making on available water resources within the sustainable development limits.

KEY WORDS: multipurpose systems, major environmental impacts

1. UVOD

Sva načela i prioriteti Hrvatske o održivom razvitku najslikovitije se mogu sagledati i vrednovati na projektima izgradnje **višenamjenskih hidrotehničkih sustava**.

Prije svega pod tim se podrazumijeva: uređenje voda i zemljišta (zaštita voda, zaštita od štetnog djelovanja voda, korištenje voda, uređenje i korištenje zemljišta), povećanje udjela energije iz obnovljivih izvora, stvaranje uvjeta za ekološku poljoprivredu, zaštita šuma, zaštita prirodne i kulturne baštine, izgradnja infrastrukture u funkciji prostornog planiranja,

socijalna ekologija, ekološka ekonomija u funkciji razvoja, razvijanje ekološki prihvatljivih tehnologija, razvoj znanosti i ekološke edukacije, povećanje zapošljavanja i sl.

Podloge za takvo promišljanje sadržane su u prihvaćenim međunarodnim konvencijama i svim državnim dokumentima:

- Agendi 21, Plan za 21. stoljeće iz Rio de Janeira 1992.
- Političkoj deklaraciji Samita iz Johannesburga 2002.
- Ustavu i Zakonima RH
- Programu gospodarskog razvitka
- Strategiji i Programu prostornog uređenja
- Strategiji zaštite okoliša i održivog razvitka
- Vodoprivrednoj osnovi
- Energetskoj strategiji itd.

Hrvatska nije na početku promišljanja koncepta održivog razvoja. Već niz godina provode se brojne strategije – energetike, poljoprivrede, prostornog planiranja, demografskog razvitka, razvitka otoka, ... - u koje su uključene lokalne zajednice, brojne udruge, tvrtke i pojedinci.

U tom smislu i Hrvatska elektroprivreda (HEP) u suradnji s Hrvatskim vodama (HV) već duži niz godina razvija projekte višenamjenskih objekata za uređenje, korištenje i zaštitu voda i zemljišta. Dio tih projekata je realiziran, posebno na rijeci Dravi, a preostali dio je u raznim fazama pripreme.

Ne treba posebno isticati potrebu za energijom, potrebu za obranom od velikih voda, potrebu za zaštitom voda, potrebu za vodoopskrbom i sanitacijom, potrebu za hidrotehničkim mjerama uređenja i zaštite tla itd.

Sve to moguće je objediniti izgradnjom VHTS. U HEP-u je već davno napušten pojam izgradnje hidroelektrana, jer preostali hidro potencijal komercijalno iskoristiv, nije moguće više koristiti jednonamjenski (u funkciji samo proizvodnje el. energije) već jedino kroz VHTS.

HEP-ova struktura proizvodnje el. energije je: 50% iz HE (7,4 TWh), 30% iz TE (6,1 TWh) i 20% uvoza (4 TWh). Zadnjih godina porast potrošnje el. energije, osigurava se iz uvoza i time povećava ovisnost RH.

Preostali komercijalno iskoristivi hidro potencijal (oko 4 TWh) moguće je osigurati izgradnjom 40 većih i manjih HE u sklopu izgradnje VHTS i time smanjiti ovisnost o uvozu.

Međutim, najveći dio preostalog hidro potencijala nalazi se u sjevernom dijelu Hrvatske na međudržavnim vodama, ili u njihovoj blizini, što otežava daljnje planiranje i njegovo korištenje.

Na rijeci Muri Hrvatska graniči s Slovenijom i Mađarskom, na rijeci Dravi s Mađarskom, na rijeci Kupi s Slovenijom, na rijeci Savi s Bosnom i Hercegovinom i na Dunavu s Jugoslavijom. Hrvatska, kao i susjedne zemlje potpisnica je raznih međunarodnih ugovora i konvencija koje reguliraju pitanja zaštite okoliša, prometa, poljoprivredne proizvodnje, biološke raznolikosti i sl. Međutim, deklarativni sadržaj međunarodnih dokumenata, bez objektivnih kriterija, posebno u dijelu utvrđivanja **značajnih utjecaja na okoliš**, dovode provedbu zaštite okoliša na oporbu razvojnim projektima, a ne na promociju održivog razvoja.

Definiranje pojma **značajnog utjecaja na okoliš** u jednoj državi nema isto značenje i težinu kao u drugoj. To je još naglašenije u dijalogu različitih struka, koje u zaštiti parcijalnih interesa ne sagledavajući uzročno posljedične veze razvojnog projekta kao cjeline.

Poseban “problem” oporbi razvojnim projektima VHTS je stav brojnih “Zelenih” stranaka, akcija, zajednica, inicijativa, udruga i sličnih u zemlji i inozemstvu po pitanju zaštite okoliša i održivog razvitka. Pojam zaštite okoliša i održivog razvoja kod mnogih “Zelenih” znači očuvanje “postojećeg” stanja prirode bez ikakvih intervencija i zadiranja u prostor.

Planiranje razvoja, zaštite i uređenja na međunarodnim vodama i njihovom zaobalju u susjednim državama često je u suprotnosti s razvojnim planovima u Republici Hrvatskoj. Na taj način ograničava se planiranje ne samo na dijelu međunarodnog vodotoka već i na dijelu vodotoka koji se nalazi u Hrvatskoj u blizini međunarodnih voda, a na koji planirani zahvat može imati većeg ili manjeg utjecaja.

Najslikovitiji primjer u tom smislu je priprema projekta VHTS Novo Virje na rijeci Dravi.

2. POSTUPCI KOJI SU PRETHODILI VHTS NOVO VIRJE

Na rijeci Dravi u proteklih 90 godina izgrađeno je 23 HE, od toga 3 u Hrvatskoj. Zadnja u nizu, HE Dubrava izgrađena 1989. godine, koncipirana je i realizirana kao VHTS, uz pretpostavku da će se sa daljnjom nizvodnom izgradnjom (nizvodno od ušća rijeke Mure) nastaviti. Pretpostavke za to temeljile su se na zajedničkoj suradnji Mađarske i tadašnje Jugoslavije (od 1975. god.) na uređenju i korištenju Drave od ušća Mure na tz. “dionici od zajedničkog interesa”.

Rezultat te suradnje bio je potpisan Sporazum (1988. god.) o planiranju 4 VS (vodne stepenice) – Đurđevac, Barč, Donji Miholjac i Osijek i zajedničkoj izgradnji VS Đurđevac.

Međutim 1989. godine mađarska strana prekida sve aktivnosti na pripremi izgradnje i daje do znanja da nije zainteresirana za izgradnju o čemu je i službeno 1992. godine obavijestila hrvatsku stranu.

Kako HE Dubrava nije koncipirana kao zadnja stepenica dravskog lanca, sve negativne utjecaje uzvodnih HE na nizvodnu dionicu rijeke Drave potrebno je kompenzirati izgradnjom jednog ili više VHTS -a.

U skladu s tim, Vlada Republike Hrvatske odlukom od 7. srpnja 1992. godine obvezala je HEP i HV da nastavi rad na istraživanju i pripremi uređenja i energetskog korištenja rijeke Drave na dionici od HE Dubrava do Ferdinandovca rješenjem koje se najbolje prilagođuje interesima Republike Hrvatske.

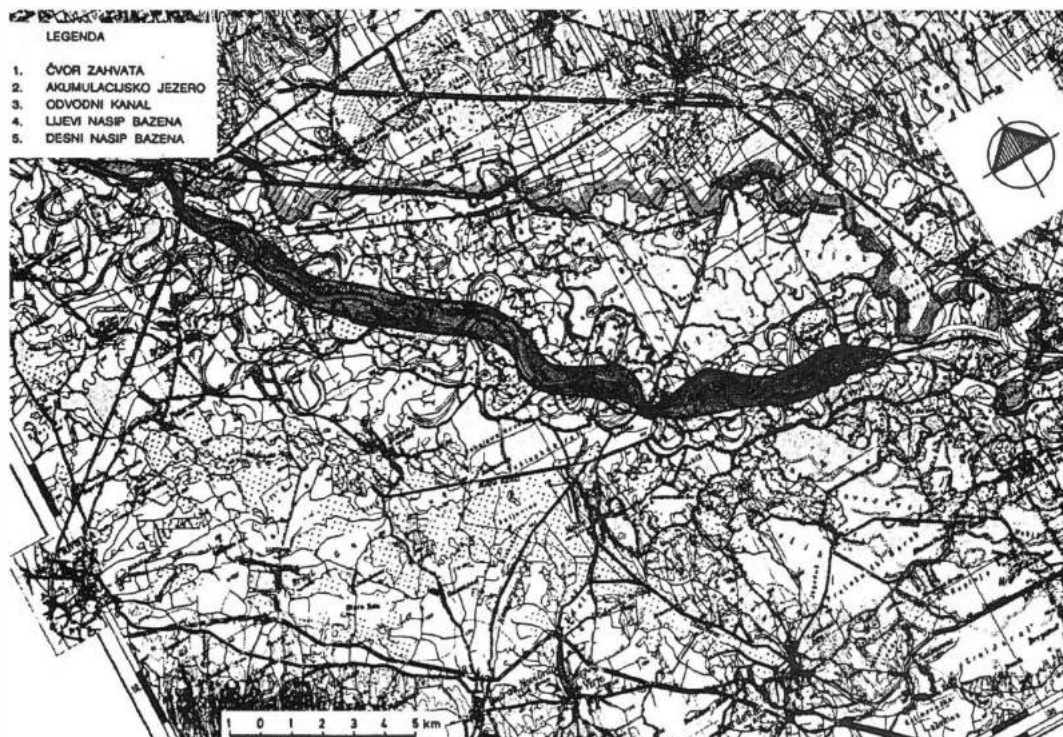
Zadaća HEP-a i HV, na temelju navedene Vladine odluke, bila je ishoditi uvjete uređenja prostora, odnosno lokacijsku dozvolu za izgradnju VHTS, temeljem koje bi se valorizirali uvjeti, mogućnosti i ispitala rentabilnost buduće izgradnje. Odabrana je dionica od profila botovskih mostova do Ferdinandovca, odnosno čitav zahvat s planiranim objektima i očekivanim utjecajima na prostor smješten je unutar teritorija Republike Hrvatske.

U tom smislu pristupilo se izradi projektne dokumentacije: Idejnog rješenja(1) i Idejnog projekta(2) višenamjenskog hidrotehničkog sustava Novo Virje.

3. VHTS NOVO VIRJE

VHTS Novo Virje sastoji se od akumulacijskog jezera dužine 26 km, brane s elektranom i odvodnog kanala dužine 3,5 km. Odvodnja lijevog i desnog zaobalja predviđena je kanalskom mrežom. Vodoopskrba naselja predviđa se regionalnim vodovodom. Uz lijevu i desnu obalu predviđene su prometnice s mostom preko Drave na profilu brane.

Regulacija korita i uređenje obala predviđa se do Terezinog Polja. Unutar akumulacije predviđa se marina za sport i rekreaciju.



Slika 1. Situacija VHTS Novo Virje

Direktne koristi koje bi se ostvarili izgradnjom VHTS Novo Virje su:

- Produkcija el. energije (640 GWh/god.)
- Obrana od poplava na dionici od HE Dubrava do Ferdinandovca
- Regulacija korita Drave do Terezinog polja
- Odvodnja poljoprivrednog zemljišta (oko 12000 ha)
- Izgradnja prometnica (50 km) i mosta preko Drave
- Opskrba vodom svih naselja uz lijevo i desno zaobalje
- Povećanje ihtiomasu u akumulaciji (za dva puta)
- Otvaranje novih radnih mjesta (300 za vrijeme izgradnje i 100 tokom pogona)
- Plaćanje svih naknada za korištenje voda i zemljišta.

Očekivane indirektne koristi i mogućnosti su:

- Mogućnost navodnjavanja poljoprivrednog zemljišta gravitacijom iz akumulacije
- Ribogojstvo
- Rekreacija i turizam
- Prerađivačka privreda (zbog izgrađene infrastrukture i izvan poplavnog područja)
- Osiguranje i kontrola kvalitetne životne sredine
- Zaštita i obnova kulturno povijesnog naslijeđa
- Demografska obnova
- Povećanje mogućnosti zapošljavanja u ostalim kompatibilnim djelatnostima.

4. POSTUPAK PRIPREME IZGRADNJE VHTS NOVO VIRJE

Postupci pripreme izgradnje VHTS: izrada studijske i projektne dokumentacije, definiranje urbanističko tehničkih i posebnih uvjeta gradnje, dobivanje rješenja o prihvatljivosti zahvata na okoliš te na koncu ishodenje lokacijske dozvole, u Republici Hrvatskoj regulirani su:

1. Zakonom o prostornom planiranju,
2. Zakonom o zaštiti okoliša,
3. Zakonom o zaštiti prirode,
4. Zakonom o vodama,
5. Zakonom o poljoprivrednom zemljištu,
6. Zakonom o šumama,
7. Zakonom o izvlaštenju, te
8. Zakonom o gradnji

Za VHTS Novo Virje izrađen je Idejni projekt 1996. godine. Komisija sastavljena od ovlaštenih i neovisnih stručnjaka ocijenila je 1996. god. izrađenu tehničku dokumentaciju podobnom za nastavak pripreme izgradnje VHTS Novo Virje.

Paralelno s izradom tehničke dokumentacije, izrađivala se Studije utjecaja na okoliš. Za praćenje izrade i ocjenu SUO, Vlada Republike Hrvatske na prijedlog resornog Ministarstva zaštite okoliša i prostornog uređenja, formirala je stručnu državnu Komisiju od predstavnika nadležnih tijela i institucija. SUO je izrađena u dvije faze: Prethodna(3) i Konačna studija(4). Provedena je zakonom propisana procedura o javnom uvidu s javnom raspravom, te su temeljem dopunskih zahtjeva provedena dodatna istraživanja za konačnu SUO. Imenovana Komisija je (22.02.2000.), temeljem cjelovite dokumentacije i provedenog postupka, donijela Zaključak o prihvatljivosti zahvata koji glasi: "Komisija smatra da je namjeravani zahvat izgradnje višenamjenskog sustava Novo Virje prihvatljiv s obzirom na okoliš, uz primjenu mjera zaštite okoliša i programa praćenja stanja okoliša naveden u ovom zaključku".

Cjelokupna propisana procedura po domaćoj regulativi za planirani zahvat je provedene zaključno s 2000. godinom, te se očekivalo izdavanje rješenja o prihvatljivosti zahvata na okoliš, na temelju koje bi se dobila lokacijska dozvola.

Međutim, Republika Hrvatska ratificirala je 1996. godine Konvenciju o procjeni utjecaja na okoliš preko državne granice(5) tz. Espoo konvenciju.

Isto tako Republika Mađarska je jednostrano 1996. godine proglasila nacionalni park Drava-Dunav veličine 28.229 ha, dio kojega se prostire uz lijevu obalu Drave uzvodno od Barča do ušća rijeke Mure u Dravu.

U skladu s navedenom konvencijom, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja RH, uvjetovalo je za projekt VHTS Novo Virje dodatno očitovanje i mađarske strane na planirani zahvat.

Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja RH uputilo je mađarskom Ministarstvu obavijest o planiranom zahvatu, te zatražilo očitovanje u svezi primjene Espoo konvencije. Mađarsko je Ministarstvo zaštite okoliša zatražilo provedbu postupka procjene utjecaja na okoliš VHTS Novo Virje u skladu s Espoo konvencijom.

Tek okončanjem postupka procjene utjecaja VHTS Novo Virje na okoliš na dijelu mađarskog teritorija, odnosno nakon postizanja sporazuma mađarske i hrvatske strane,

Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja RH će izdati lokacijsku dozvolu za izgradnju VHTS Novo Virje.

Državna granica između Hrvatske i Mađarske duž lijevog zaobalja udaljena je od planiranih objekata VHTS Novo Virje od 0,25 do 7 km. Samo manjim dijelom korito rijeke Drave na potezu od brane do restitucije prolazi teritorijem Mađarske.

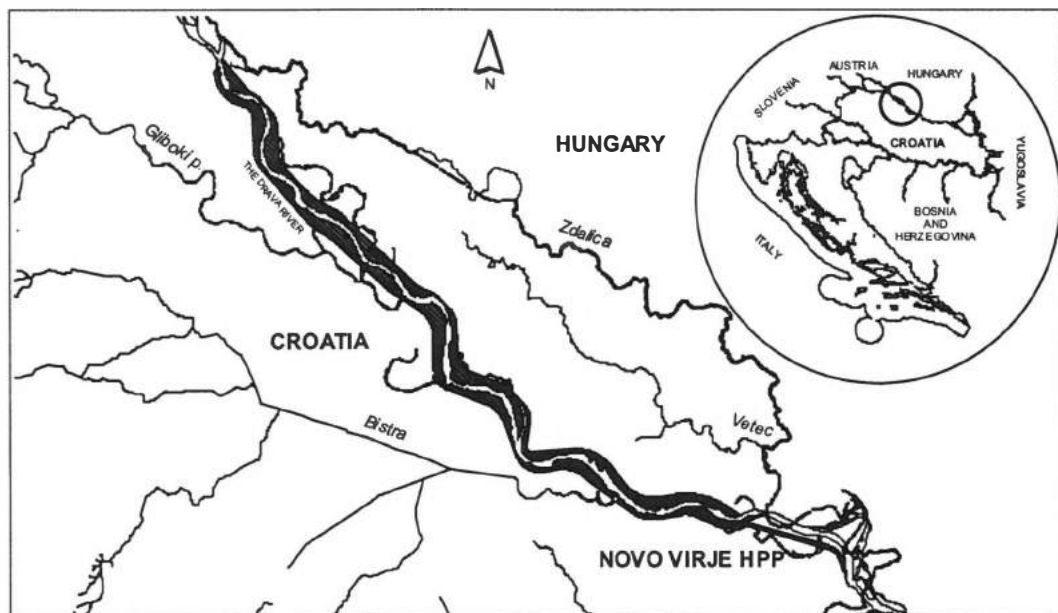
Temeljem navedenoga jasno je da Hrvatska i Mađarska imaju različite pristupe i koncepcije korištenja, uređenja i zaštite rijeke Drave i njenog zaobalja.

Pregovori, izrada dopunske dokumentacije o utjecaju VHTS Novo Virje na mađarski teritorij, usaglašavanje oko definiranja **značajnih utjecaja na okoliš** traju kontinuirano već dvije godine, s minimalnim izgledima za usaglašavanjem stavova, kako o dovoljnosti provedenih istraživanja, obradi i procijeni utjecaja na okoliš na teritorij Hrvatske a poglavito Mađarske, tako i o metodama rada, stupnju potrebnih obrada, podacima, o mogućim preko graničnim utjecajima i mjerama zaštite.

Mišljenja smo da na razini eksperata nije realno očekivati usaglašavanje stavova. Za očekivati je zahtjeve za dodatnim istraživanjima, obradama, procjenama i sl. Temeljne podatke o nivoima i kvaliteti podzemnih voda kao i protokama na pritocima mađarska strana ne posjeduje tako da nije moguće preciznije matematički modelirati očekivane promjene, a time i moguće utjecaje. Ovdje je bitno napomenuti da udovoljavanje propisanim uvjetima na hrvatskoj strani, ne znači i prihvaćanje s mađarske strane, bez obzira na udaljenost područja mogućeg utjecaja.

Navedeni postupci su dugotrajni, neizvjesni u ishodu te financijski iscrpljuju mogućnosti i namjere investitora projekta (HEP-a i HV).

Zbog toga je nužna pomoć države za ovakve razvojne projekte. Bilateralnim dogovorima s "Zainteresiranom zemljom" prethodno treba postići suglasnost o namjeravanom zahvatu u njoj blizini te izraditi i usuglasiti provedbenu dokumentaciju (objektivne kriterije i mjerila) za utvrđivanje "značajnih utjecaja na okoliš" preko državne granice.



Slika 2. Opći položaj VHTS Novo Virje

5. ZAKLJUČAK

Sva načela održivog razvoja sadržani su u projektima **višenamjenskih hidrotehničkih sustava**. Zbog toga njihovu realizaciju u Hrvatskoj treba dodatno promovirati i poticati jer doprinose svekolikom razvoju i blagostanju društva.

Hrvatska kao ekološki sačuvana i turistička zemlja, povećanu potrebu za el. energijom treba osigurati prije svega iskorištenjem preostalog hidro potencijala kao obnovljivog izvora energije u sklopu izgradnje VHTS.

Veći dio preostalog hidro potencijala nalazi se na međudržavnim vodama ili u njegovoj blizini. Uređenje i korištenje zajedničkog vodnog blaga i zemljišta sa susjednim državama potrebno je utvrditi bilateralnim odnosno multilateralnim sporazumima.

Jednostrana namjena korištenja međudržavnih voda i zemljišta od strane jedne države ograničava pravo druge države na korištenje nacionalnog blaga, makar se to radilo o nacionalnom parku ili parku prirode.

Za uređenje i korištenje vode i zemljišta u blizini državnih granica na koje razvojni projekti mogu imati prekograničnog utjecaja potrebno je, osim bilateralnih sporazuma i prihvaćenih međunarodnih konvencija, izraditi i usuglasiti zajedničku provedbenu dokumentaciju (izraditi objektivne kriterije i mjerila) za utvrđivanje **značajnih utjecaja na okoliš** preko državne granice.

6. LITERATURA

- 1) Idejno rješenje HE Novo Virje i Botovo, Elektroprojekt d.d. Zagreb, 1993. god.
- 2) Idejni projekt HE Novo Virje, Elektroprojekt d.d. Zagreb i drugi (HEP, HV, IEE) - 1996. god.
- 3) Prethodna studija utjecaja na okoliš HE Novo Virje, Elektroprojekt d.d. i drugi 1995. god.
- 4) Konačna studija utjecaja na okoliš HE Novo Virje, Elektroprojekt d.d. i drugi 2000. god.
- 5) Konvencija o procjeni utjecaja na okoliš preko državne granice (NN 1/6/96),

OBJAŠNJENJE KRATICA

VHTS višenamjenski hidrotehnički sustav
HE hidroelektrana/e
TE termoelektrana/e
SUO studija utjecaja na okoliš

RH Republika Hrvatska
HEP Hrvatska elektroprivreda d.d.
HV Hrvatske vode j.p.

Autori:

Miljenko Ivica, dipl. ing.građ., HEP Proizvodnja d.o.o. , Sektor za HE, Ulica grada Vukovara 37, Zagreb, Tel: 01/6322767, e-mail: Miljenko.Ivica@hep.hr

Vladimir Sečen, dipl.ing.kult.teh., Elektroprojekt d.d., Alexandera von Humboldta 4, Zagreb, Tel: 01/6307725, e-mail: Vladimir.Secen@elektroprojekt.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.10.

Određivanje zaštitnih pojaseva izvora pitke vode

Sabina Mišigoj, Boris Kompare

SAŽETAK: Referat se bavi problematikom zaštite izvora pitke vode u Sloveniji. Pasivne preventivne mjere predstavljaju uspostavljanje konvencionalnih zaštitnih pojasa. Opisana su i uspoređivana svojstva kako kršnih podzemnih voda, tako i aluvijalnih vodonosnih slojeva. Referat definira pojam kvalitete pitke vode, opisuje kvalitetne kriterije za sirovu vodu kao izvor pitke vode na osnovi slovenskih i stranih tehničkih uvjeta. Predstavljena su opća ishodišta zaštite zahvata i smjernice za određivanje zaštitnih pojasa izvora pitke vode, koja se upotrebljavaju u Sloveniji. Objašnjena su opća načela određivanja zaštitnih pojasa, koji su zasnovani na kriteriju brzine širenja onečišćenja u vodonosnim slojevima u smjeru prema zahvatu vode. Pošto Slovenija nema jedinstvenu metodologiju za određivanje zaštitnih pojasa, referat uspoređuje tri najviše upotrebljavane metodologije na tom području. Prikazana su ograničavanja pojedinačnih aktivnosti na različitim zaštitnim pojasma. Referat opisuje i zaštitu potencijalnih vodnih izvora. Na konkretnom primjeru uspoređuje se *Odlok o določitvi varstvenih pasov izvira reke Rižane* sa stručnim podlogama za pripremanje zakonodavstva na području zaštite podzemnih voda.

KLJUČNE RIJEČI: zaštitni pojas, izvor, zagađivanje, zahvat, pitka voda, vodonosni sloj, krš

Determining The Safety Zones For Sources Of Drinking Water

SUMMARY: The report deals with the problems of protecting the sources of drinking water in Slovenia. Preventive passive measures present the establishment of conventional safety zones. The characteristics of rocky subterranean waters and alluvial water layers are depicted and compared. The report defines the concept of the quality of drinking water, and describes the quality criteria for raw water as a source of drinking water based on Slovenian and foreign technical conditions. We present general starting points on the safety of operations and lines of direction for determining safety zones for sources of drinking water, which are used in Slovenia. We describe general principles for determining safety zones which are based on the criterium of the quickness of the spreading of pollution in water layers, in the direction of the water course. Owing to the fact that Slovenia does not have a unique methodology for determining safety zones, the report compares the three most used methodologies in this area. This report shows the limitations of individual activities in various safety zones. It also describes the safety of potential water sources; it compares, using a particular example, the decree on the appointment of safety zones of the source of the river Rižana, with professional basis for the preparation of legislation in the field of the safety of subterranean waters.

KEYWORDS: safety zone, source, pollution, operation, drinking water, water layer, rocky ground.

1. AKTUALNI PROBLEMI ZAŠTITE PITKIH VODA V SLOVENIJI¹

Podzemne vode, ponornice i krška vrela, su izvori pitke vode. Podzemne vode najvećih vodovoda se u cjelini ili do 50% napajaju iz površinskih voda. Podzemna voda je zbog spomenutih i plitkih vodonosnih slojeva te disperzne naseljenosti, prometa i zemljoradnje, potencijalno i također stvarno ugrožena. Jednako tako su ugrožena krška vrela i posebno ponornice. Iako su u izdašnosti tih vodnih izvora još velike rezerve, zbog nedostatne zaštite, nisu dovoljno zaštićeni od zagađenja. Radi toga bi bilo potrebno poraditi na zaštiti kakvoće i količine pitke vode kao sastavnog dijela cjelovite zaštite voda na pojedinim slivovima i u cijeloj državi. No, s obzirom na vodno bogatstvo i relativno dobru kakvoću voda, već se osjećaju u Sloveniji posljedice onečišćenja okoliša i posljedično pitkih voda. Vlastita skrb za zdravu pitku vodu i propisi EU zahtijevaju poštivanje propisa o kakvoći pitke vode koje nije uvijek lako ispunjavati u stručnom, ni u ekonomskom pogledu. Potrebnu zaštitu izvora pitke vode od zagađenja osiguravamo odgovarajućim vdogospodarskim i prostorno-planskim mjerama. Za odabir izvora pitke vode presudni su, sljedeći kriteriji:

- a) Zaštita vodnog izvora od permanentnog i incidentnog onečišćavanja;
- b) Zadovoljavajuća izdašnost vodnog izvora (prije svega u sušnom razdoblju, dugoročno i kratkoročno variranje);
- c) Kakvoća (dugoročno i kratkoročno variranje);
- d) Cijena (proizvedene i dovedene pitke vode).

Za odabir vodnog izvora odlučujuća je njegova zaštićenost od onečišćenja. Zaštitu je nemoguće nadomjestiti količinom i kvalitetom. Isto tako količinu nije moguće nadoknaditi kvalitetom. Prednost pri odabiru ima vodno vrelo koje ispunjava već spomenute uvjete uz najnižu cijenu. Cijena sadržava troškove zaštite, transporta i potrebnoga čišćenja.

2. SVIJET KRŠA

Svijet krša je jako osjetljiv na zagađenje (izlivanja opasnih tvari i sl.), jer tekuće tvari prilično brzo ($v > 10$ m/dan) poniru u dubinu po brojnim pukatinama i porama. Podzemni tok ovdje, suprotno od granularnih vodonosnih slojeva ima osobine turbulentnoga toka. Krški akviferi imaju puno manju sposobnost samopročišćavanja nego akviferi u šljunovitim naslagama. Krška voda, pogotovo poslije veće kiše, nosi sa sobom čestice koje se radi slabe sposobnosti filtracije terena kroz koji ponire, nisu uspjele izlučiti te su potencijalni prenosnici raznih bakterija koje se lijepe na preostatke organskih i anorganskih materijala. Kraški izvor više sliči površinskom nego podzemnome toku, i nastaje u topljivom kamenju (vapnenac, dolomit). Rastapanjem, a također i mehanički (sa smrzavicom), voda stvara sebi šupljine, kroz koje teče jako brzo i kratkotrajno.

Iskorištavanje krških voda najviše ugrožava onečišćenje. Pri tom je preventivna zaštita podzemne vode zaštitnim zonama mnogo bolja i jeftinija, od čišćenja zagađene vode. Zaštita svakog vodnog vrela zahtijeva specifičnu obradu i rješenja. Zaštitne pojaseve teško je ili nemoguće uvesti u već donekle urbaniziranom području. Radi toga je dugoročno planiranje opskrbe vodom najvažniji zadatak gradova i pokrajina. Sadašnja i buduća vodna vrela treba odabrati na osnovi sušnog protoka i mogućnosti zaštite od onečišćenja. Zaštitne pojaseve budućih izvora potrebno je odmah odrediti, jer će se

¹ Poglavlje pouzeto po Rismal, (1999)

inače u njima graditi. Područja bogata vodom, moraju njome opskrbiti i područja gdje je nedostaje. Postoji također velika mogućnost da svi sadašnji vodni izvori neće biti u mogućnosti da budu korišteni i u budućnosti.

Jedni će se morati ukloniti porastu gradova, a drugi će biti zagađeni. Radi toga se moraju iznaći i zaštititi također i rezervni izvori.

3. POJAM I DEFINICIJA KAKVOĆE PITKE VODE

Pojam i definicija kakvoće vode, uključuju njenu zaštićenost, čistoću i upotrebljivost u najširem značenju, uključujući organoleptičke osobine, odsutnost tvari s mogućim negativnim utjecajem na zdravlje i s nepoželjnim primjesama, koje odvrćaju potrošača od njene uporabe i predviđenja mogućih vrela te načina njenog onečišćenja. Vodoopskrbni sustavi su tehnički cjelovite naprave koje moraju omogućiti najviši mogući stupanj kontrole kakvoće pitke vode. Ona je moguća samo ako je osigurana odgovarajuća zaštita i kontrola vodenih vrela, procesa čišćenja i transporta pitke vode do korisnika. U svakoj od navedenih faza moguća je kontaminacija pitke vode.

Određujući parametri kakvoće pitke vode:

- organoleptički (izgled, miris, okus),
- fizikalno-kemijski (temperatura, boja, nečistoće, ph, mutnoća, elektroprovodnost, otopljene tvari, neotopljene tvari, količina otopljenih plinova),
- mikrobiološke (bakteriološke) (E-coli, kaliformne bakterije, fekalni streptokoki, ostali mikroorganizmi) (Rismal, 1990).

4. ZAŠTITNI POJASEVI IZVORA PITKE VODE²

Za vodene izvore u javnoj uporabi u Sloveniji su usvojena ili predložena zaštitna područja koja pokrivaju približno 4491 km² (na slici 4.1). To je otprilike 22% odnosno jedna petina slovenskog teritorija. Za određivanje zaštitnih pojaseva rabimo u Sloveniji tri vrste stručnih podloga, od kojih ni jedna još nije prihvaćena kao smjernica ili preporuka. Još veću površinu zauzimaju potencijalni izvori vode. Površina zemljišta sa zajaženim i potencijalnim vodnim izvorima predstavlja više od polovice slovenskog teritorija. Za djelotvorno očuvanje potencijalnih izvora je potrebno isto tako primjeniti određenu metodologiju i uspostaviti zaštitne i sigurnosne mjere.

4.1 Zaštita vodocrpilišta zaštitnim pojasevima

Zaštita podzemnih voda ovisi o geološkoj građi i hidrološkim osobinama vodonosnog sloja, debljini i fizikalno-kemijskoj osobini krovine, hidroloških uvjeta i mora uzimati u obzir korišćenje prostora. U pripremi prijedloga zaštite potrebno je potražiti ravnotežu između potrebe za zaštitom i vodnih zaliha podzemnih i površinskih voda odn. prirodnoga okoliša i djelatnosti na tom području. (Veselič, Petauer, 1997) Očuvanje vodocrpilišta (akumulacije) pitke podzemne vode izvodimo zaštitnim mjerama, koje se glede na strogost, raspoređuju u različite kategorije. Svaka kategorija zaštitnih mjera predstavlja zaštitni pojas koji okružuje vodocrpilište. Glavna je namjera zaštitnih mjera na području zaštićenih pojaseva, spriječiti ili smanjiti rizik onečišćenja vodocrpilišta.

² Poglavlje pouzeto po Prestor, Brenčič, Mali, Janža (1999)

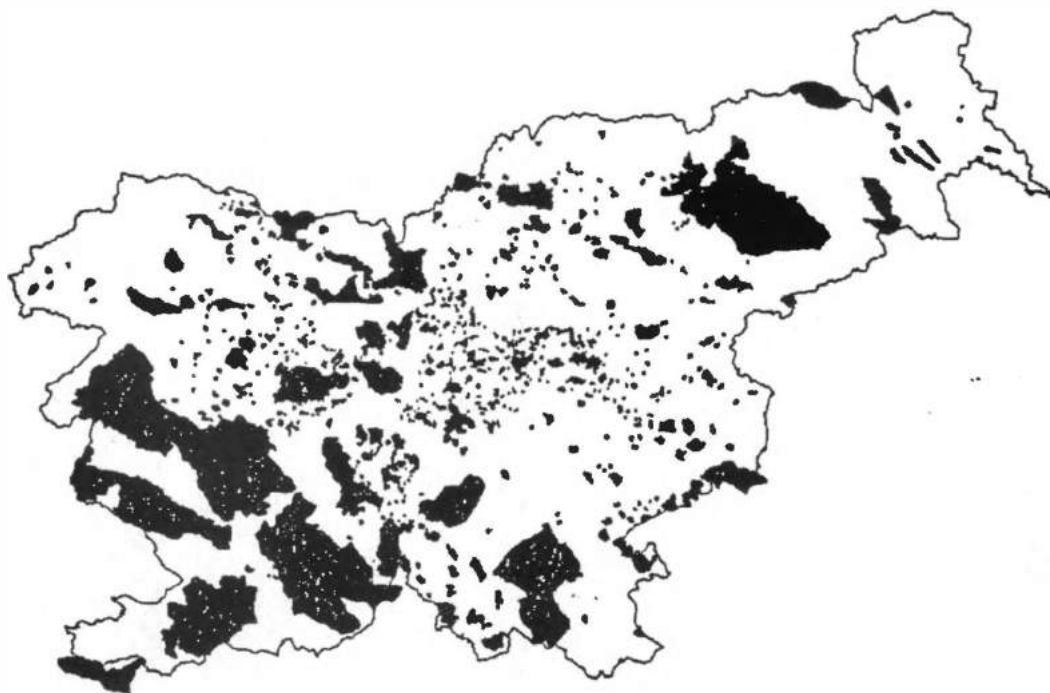
Mehanizmi zaštitnih mjera raspoređenih na različite zaštitne pojaseve su:

- u potpunosti izlučiti djelatnost koja predstavlja potencijalnu opasnost za vodni izvor ili u cjelosti izlučiti djelatnost, koja predstavlja potencijalnu opasnost za vodni izvor ili
- osigurati dovoljno vremena od prodora onečišćenja u podzemnu vodu do vodocrpilišta, tako da je moguće izvesti efikasnu sanaciju ili
- osigurati dovoljno veliko razrjeđenje onečišćenja na putu do vodocrpilišta, tako da ne predstavljaju presudne posljedice za vodocrpilište.

Zaštitni pojasevi moraju načelno obuhvaćati cijelo napajajuće zaleđe i pri tome imati u vidu:

- intenzivnost, režim i podjelu napajanja,
- značajke, podjelu, i hidrauličke osobine tog područja te posebice moć samopročišćavanja,
- postojeća prirodna i umjetna promatračka mjesta,
- položaj i variranje piezometričke i slobodne razine podzemnih voda,
- granice vodonosnog sloja (hidrauličke granice) u vodoravnom i okomitom smjeru i
- različita moguća (potencijalna) onečišćenja.

Zaštitni pojasevi kod pasivne zaštite sprečavaju samo bakteriološke i konvencionalne oblike onečišćavanja (lako razgradljive organske tvari, amonij, nitriti...) pitke vode. Ne omogućavaju pak onečišćenja s nerazgradivim ili teško razgradivim konzervativnim polutantima (nitrati, pesticidi, organska otapala i teške kovine).



Slika 1: Zaštitna područja izvora pitke vode (Primjenjena i predložena) (MOP)

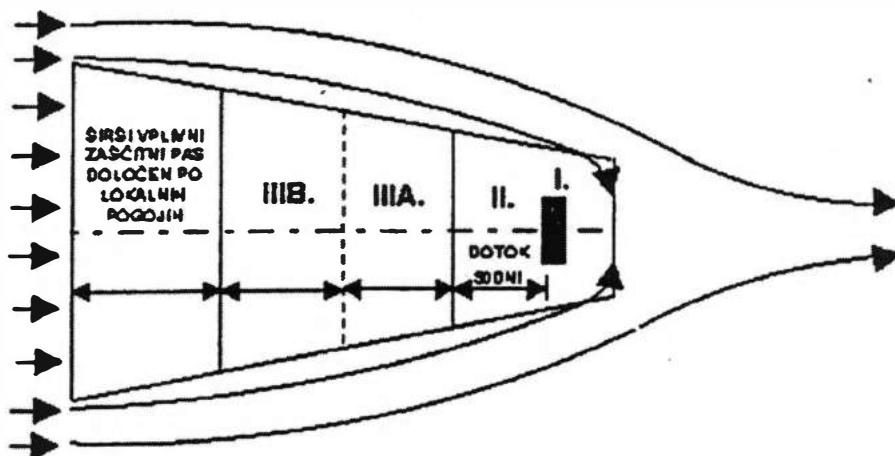
4.2 Opća načela određivanja zaštićenih pojaseva

Najznačajniji kriterij pri određivanju granica zaštitnih pojaseva, je brzina širenja odn. napredovanja nekonzervativnoga onečišćenja u vodonosnom sloju prema vodocrpilištu. Za svaki vodonosnik je potrebno radi toga odrediti brzinu toka podzemne vode prema vodocrpilištu. Za cjelovito napajajuće zaleđe odredimo izohrone, tj. crte koje povezuju točke s jednakim vremenom putovanja do vodocrpilišta. Određena izohrona predstavlja granicu između zaštitnih pojaseva.

Granična vremena (granične izohrone) su određena konvencionalno. Pri tom se uvažava moguće napredovanje mikrobiološkog, kemijskog onečišćenja i samoočišćavajuće sposobnosti vodonosnog sloja.

U granularnom vodonosnom sloju je tok podzemne vode prilično spor. Bakterije, koje prodiru u vodonosni sloj, u njemu se zadržavaju relativno dugo, i zbog toga odumiru. Uz spori tok, na transport bakterija također utječe njihova adsorpcija na sediment u vodonosnom sloju. Kroz srednje zbijeni pijesak i sitniji materijal, bakterije ne mogu prodrijeti više od nekoliko metara. Isto tako i virusi u granularnom akviferu ne mogu daleko prodrijeti.

U krškim-poroznim ili pukotinskim sustavima, gdje su brzine vode u pukotinama i šuplinama dovoljno velike u usporedbi s granularnim akviferom, mikroorganizmi i virusi s podzemnom vodom pređu i rastojanja od više kilometara.



Shema 1: Zaštitni pojasevi pitke podzemne vode (Rismal, 1999)

Kod nas primjenjujemo tri vrste stručnih podloga za određivanje zaštitnih pojaseva i zaštitnih mjera za očuvanje zahvaćenih vodnih izvora. Nijedna od tih metodologija danas nije uzeta kao smjernica. Sve tri su međusobno teško izravno usporedive.

Tablica 1: Usporedba metoda određivanja zaštitnih pojaseva u Sloveniji (Prestor, Brenčič, Mali, Janža, 1999)

Režim očuvanja	Breznik, 1976	Rismal, 1993	Veselič, Petauer, 1997
Najstroži	1.a-najuži zaštitni pojas (područje vodozahvata- 10 do 50 m od vodocrpilišta) 1.b-najuži zaštitni pojas (t=14 do 30 dana*)	I.- područje vodocrpilišta (neposredna okolina objekata = bar 10 m od objekata i uzvodno)	I.-unutarnja vodozaštitna zona (neposredna zaštita vodocrpilišta+ t=50 dana kod ($v < 10$ m/dan, Darcy, $Re < 10$), $t_i=4-12$ sati** kod ($v > 10$ m/dan, $Re > 10$))
Strogi	2.-uži zaštitni pojas (t=30 do 60 dana)	II.-uži zaštitni pojas (t=100 dana)+	II.-vanjska vodozaštitna zona (t=365 dana++ili površina potrebna za obnovu 25% godiš. količ. zahvaćene vode ($v < 10$ m/dan, Darcy***, $Re < 10$), $t_i > 12$ sata** kod ($v > 10$ m/dan, $Re > 10$))
Sanitarni Blagi	3.-šire zaštitno područje (područje mogućeg zahvata podzemnih voda) 4.-utjecajno zaštit. podru. (područje direktne infiltracije oborina u podz.vode i oborin. područja u cjelini)	III.-širi zaštit.poj. (III.1 in III.2) (III.1 -t=10 godina III.2 -t=30 godina)+	III.-utjecajna vodozaštitna zona (cijelo napajajuće područje)

* t = izohrona vremena protoka podzemne vode do vodozahvata

** t_i = dopušteno vrijeme intervencije za sprečavanje prodora onečišćenja

*** (v = brzina toka p. vode, Darcy=valjanost Darcy-jevoga zakona, Re =Reynoldsov broj)

+ data izohrona kao granica zaštitnog pojasa se može promjeniti glede na ustanovljeni razred zaštite (1 do 4); granica npr. II. zaštitnog pojasa tako može biti od 50 do 400 dana. (Metodologija i postupak izračuna i dimenzioniranja zaštitna pojasa moraju biti odabrane glede na značaj vodnoga vodozahvata za opskrbu i glede na stupanj hidrološke istraženosti područja vodnoga izvora.)

++ t može se smanjiti glede na zaštitnu sposobnost nezasićene i zasićene zone ili povećati, ako je za obnovu 25% godišnjih količina zahvaćene vode potrebna veća površina od površine određene izohronom

Iz usporedne tablice se vidi da se za napajajuće područje u cjelini predviđa zaštitne mjere samo zadnji prijedlog izrade zaštitnih pojaseva (Veselič & Petauer, 1997). Kod obje prijašnje metode (Breznik, 1976 i Rismal, 1993) obuhvaća blagi režim očuvanja manji ili bar jednak teritorij, od onoga u zadnjem prijedlogu.

Također se može vidjeti, da najstroži režim očuvanja u slučaju granularnog akvifera, odn. pri uvjetima toka podzemne vode ($v < 10$ m/dan, Darcy, $Re < 10$), obuhvaća najširi teritorij u zadnjem prijedlogu. Za krški sustav pukotina odn. pri uvjetima toka podzemne vode ($v > 10$ m/dan, $Re > 10$) drugačije je, ali gdje spomenute metode nisu neposredno usporedive. Kod prve metode (Breznik, 1976) je izohrona 14 do 30 dana za najstroži režim praktički neizvodljiva, jer obuhvaća cijelo područje prihranjivanja.

Za strogi režim zaštite (2. ili II. zaštićeni pojas) prva metoda predviđa općenito najmanji teritorij (Breznik, 1976), ali ona nije izravno usporediva s druge dvije metode. Druge dvije metode, naime, koriste ispravku glede zaštitne sposobnosti nezasićene i zasićene zone vodonosnog sloja (ranjivost), čime se mogu optimizirati zaštitne mjere u zaštićenim pojasevima i njihovu učinkovitost; zadnja metoda također i glede na površinu oborinskog zaleđa potrebnu za obnovu 25% zahvaćenih godišnjih količina vode. Kod većih

vodoopskrbnih sustava s već postojećima zaštićenim pojasevima korisno je uporabljati i karte ranjivosti. Granice 2. zaštitnog pojasa mogu biti dosta različite, ovisno od druge (Rismal, 1993) i treće (Veselič & Petauer, 1997) metode.

Kod sve tri metode su data i ograničenja odn. zabrane djelatnosti za pojedine režime očuvanja od najstrožeg do blagog. Druga metodologija ima najviše izričitih i najpodrobnije navedenih zabrana (Rismal, 1993). Najmanje izričitih zabrana ima zadnja metoda (MOP, 1997) koja i najšire shvaća teritorij zaštite. Pri tom treba reći, da ima posljednja metoda red uvjetnih zabrana. To znači, da je vrsta djelatnosti zabranjena, ali eventualno i dozvoljena pod posebnim uvjetima, koje propisuje upravni organ Ministarstva za okoliš, prostor i energiju.

U praksi su zaštićeni pojasevi i zaštitne mjere, koje važe i koje se izrađuju kod nas, prilagođeni lokalnim, prirodnim i drugim uvjetima. Općenito proizlaze iz spektra zaštitnih mjera, koje predviđa korištena metoda iz 1976. godine.

Stvarna usporedba metoda biti će moguća tek na osnovu prakse. Trenutno kod nas još nema određenih smjernica za očuvanje potencijalnih vodnih izvora. Isti zajedno sa već zahvaćanim vodnim izvorima predstavljaju polovicu slovenskog teritorija. Područja ranljivosti vodnih izvora s prioritetom izvođenja zaštitnih i sanacijskih mjera obuhvaćaju dobru polovinu teritorija Slovenije (10.960 km²) (Prestor, Brenčič, Mali, Janža, 1999).

Za očuvanje potencijalnih vodnih izvora je potrebno predvidjeti zaštitne mjere iz reda mjera, koje se primjenjuju za obranu napajajućih zaleđa već zahvaćenih vodnih vrela, tj. 3. i 4. odn. III. zaštićeni pojas. Tako je, za optimizaciju očuvanja tih izvora, smisleno uporabiti karte ranljivosti te pritom uzeti u obzir područja već postojećih kao i planiranih parkova (nacionalnih, regionalnih i lokalnih).

5. USPOREDBA ODLUKA O ODREĐENJU ZAŠTITNIH POJASEVA VRELA RIŽANE SA STRUČNIM PODLOGAMA ZA PRIPREMU ZAKONODAVSTVA NA PODROČJU ZAŠTITE PODZEMNIH VODA

Odluka o određenju zaštićenih pojaseva vrela Rižane i o mjerama za osiguranje voda (Službene objave, Kopar 18.3.1988, br. 7) bila je primjenjena 1988. u općini Kopar (u daljnjem tekstu Odluka). Odluka je osnovana na metodologiji određenja zaštićenih pojaseva iz 1976. godine (Breznik). Za cjelovito i djelotvorno sprovođenje Odluke bilo bi potrebno njeno primjenjivanje na nivou općinskog vijeća općine Kozina, jer drugi i treći zaštitni pojas zadire i u općinu Kozina. Odluka je uspoređena sa stručnim podlogama za pripremu zakonodavstva na području zaštite podzemnih voda, izrađenim 1997. g. (Veselič, Petauer) (u daljnjem tekstu stručne podloge).

Tablica 2: Razlike pri ograničenju pojedinih djelatnosti (Odluka, 1988; Veselič, Petauer, 1997)

	Odluka			Stručne podloge		
	I.	II.	III.,IV.	I.	III.	III.
Mjere:						
1. URBANIZACIJA						
- nova, odnosi se na zaštitne mjere	?	+	+	-	-	+
- adaptacija postojeće	-	?	?	+	+	+
- kretanje stanovnika bez ograničenja	-	?	?	+	+	+
2. ŠUMARSTVO I POLJODJELSTVO						
- travnjaci, pašnjaci s umjerenim gnojenjem	+	+	+	-	+	+
- gnojišta	+	+	+	-	-	+
3. ŠPORT I REKREACIJA						
- šetalište, biciklizam, lov	-	?	?	+	+	+
- ribolov	-	-	?	?	+	+
- športski objekti s uređenim sanitarijama	-	?	?	- (+)	+	+
4. KULTURNI SPOMENICI						
- održavanje i obnova	-	?	?	- (+)	+	+
5. PRIRODNI SPOMENICI						
- održavanje i obnova	-	?	?	+	+	+
6. VODOGOSPODARSTVO						
- regulacije i zaptivni radovi bez smanjenja prirodne infiltracije	-	-	?	-	+	+
- smanjenje prirodne infiltracije zamijenjeno umjetnom infiltracijom	-	-	?	+	+	+
- za vodu nepropusna, povremeno kontrolirana kanalizacijska mreža	-	-	?	-	- (+)	+
7. GRADITELJSTVO						
- građenje novih stambenih i javnih zgrada pod posebnim uvjetima	?	+	+	-	-	+
- adaptacija postojećih stambenih i javnih zgrada pod posebnim uvjetima	-	?	?	+	+	+
- niskogradnja s privremenim otkrivanjem p. voda	-	?	?	- (+)	- (+)	+
- niskogradnja s kratkoročnim privremenim otkrivanjem na podz. vode s redovnom kontrolom	-	-	?	- (+)	- (+)	+
- gradilište i gradbilišno naselje sa sanitarijama	-	-	?	-	- (+)	+
- popravak građevinskih strojeva na vodonepropusnoj površini s uređenim odvodom vode	-	-	?	-	- (+)	+
8. INDUSTRIJA; OBRT; ENERGETIKA						
- nova čista industrija i obrt, bez podruma	-	-	?	-	- (+)	+
- hidroelektrane i plinske elektrane	-	-	?	-	- (+)	+
- termoelektrane na pogon sa ugljenom i teškim naftnim derivatima sa nepropusnim skladištima i zaštitom od prodora zagađenja u podzemnu vodu	-	-	?	-	- (+)	+
- termoelektrane na pogon sa lakim naftnim derivatima, sa vodonepropusnim skladištima i zaštitom od prodora zagađenja u podzemnu vodu	-	-	?	-	- (+)	+

9. NARODNA OBRANA						
- vojni objekti bez uskladištavanja tvari i tvari u uporabi opasnih za podzemnu vodu	-	-	?	-	- (+)	+
10. PROMET						
- zračne luke	-	-	?	-	- (+)	- (+)
- želj. stanice, ranžirna željeznička čvorišta sa zaštitom podzemnih voda	?	?	+	-	- (+)	- (+)
- postojeće željezničke pruge s uređenom zaštitom podzemnih voda, postojeće je potrebno sanirati	?	+	+	-	- (+)	+
- postojeće ceste sa zaštitom podz. voda		+	+	- (+)	- (+)	+
- parkirališta i autopraonice sa vodonepropusnim tlom i uređenim odvodom meteorskih i otpadnih voda	-	-	?	-	- (+)	+
- novogradnje prometnica (tranzit)		-	?	- (+)	- (+)	- (+)
11. SKLADIŠTA						
- tvrdih netopivih tvari	-	-	?	-	- (+)	+
- odlagališta rabljenih automobila	-	-	-	-	-	- (+)
- odlagališta industrijskih otpadnih tvari, zaštićena od prodora opasnih tvari u podzemne vode	-	-	-	-	-	- (+)
12. SKLADIŠTA I CJEVOVODI LAKIH NAFTNIH DERIVATA						
- veća skladišta s cisternama velikima 10-20 m ³ , dvoslojna cisterna + nepropusna željezobetonska prihvatna jama	-	-	?	-	- (+)	- (+)
- velika skladišta preko 200 m ² , posebna zaštita podzemnih voda s injekcijskim zavjesama, kontrolnim i crpnim bušotinama	-	-	-	-	-	- (+)
- pretakališta skladišta zaštićena od prodora derivata u podzemne vode, područje zaštićeno kontrolnim i crpnim bušotinama	-	-	?	-	- (+)	- (+)
- cjevovodi za transport lakih naftnih derivata zaštićeni od pronicanja	-	-	?	-	- (+)	- (+)
13. SLJUNČARE, PIJESKOKOPI, KAMENOLOMI						
- postojeće, sanirane, većeg javnog značaja	-	-	?	-	- (+)	+

LEGENDA: - nedozvoljeno

+ dozvoljeno

- (+) dozvoljeno pod posebnim uvjetima

? nije određeno

6. ZAKLJUČCI

Opisane su osobine aluvijalnih i krških akvifera; posljednji su više izloženi zagađenju (od izlivanja opasnih tvari i sl.), jer tekuće tvari putem pukotina i šupljina brzo prodiru u dubinu po krškim kanalima i pukotinama. Zbog toga na kraškim terenima pasivna zaštita vodnih izvora nije dovoljna, nego je potrebna veća kontrola i dobro osposobljena i opremljena intervencijska služba.

Predstavljena su opća polazišta očuvanja zahvaćenih postojećih vodnih izvora i smjernice za određivanje zaštitnih pojaseva, koje se kod nas primenjuju. Uspoređene su tri vrste stručnih podloga za određivanje zaštitnih pojaseva i zaštitnih mjera za očuvanje zahvaćenih vodnih izvora. Nijedna od tih metoda danas nije primljena kao smjernica. Sve tri su međusobno teško direktno usporedive. Posljednji prijedlog metodologije (Veselič, Petauer, 1997) pretpostavlja najširi teritorij zaštićenja zahvaćenih vodnih izvora, ali ima također relativno najmanje izričitih zabrana, a puno uvjetnih restrikcija. Obje novije metode određivanja zaštitnih pojaseva vodozahvata već uvode određenja i ocjenjivanja ranljivosti akvifera. Kod većih vodoopskrbnih sustava s već postojećima zaštitnim pojasevima, korisno je uporabljati i karte ranljivosti. Kod nas bilo bi neophodno primjeniti smjernice za očuvanje potencijalnih vodenih izvora, jer oni zajedno s već zahvaćenim vodenim izvorima predstavljaju polovinu teritorija naše države.

Konkretno, uspoređena je *Odluka o određenju zaštitnih pojaseva vrela Rižane i o mjerama za zaštitu voda* sa stručnim podlogama za pripremu zakonodavstva na području zaštite podzemnih voda (Veselič, Petauer, 1997). Utvrđena je razlika u određivanju zaštitnih pojaseva. Odluka određuje četiri područja zaštite, a stručne podloge tri zaštitne vodne zone koje zauzimaju šire područje zaštite. Odluka određuje više izričitih zabrana i manje mjera pod posebnim uvjetima.

Propisi i odluke o zaštiti podzemnih voda morali bi odgovarati ugroženosti okoliša takođe i od konzervativnih toksičkih polutanata umjetnog izvora, teško razgradljivim i nerazgradljivim kemijskim smjesama te bakteriološke kontaminacije. U većini slučajeva nije moguće obezbijediti dovoljno opsežane zaštitne pojaseva koji bi obezbjeđivali potrebnu sigurnost pitkih podzemnih voda od kontaminacije, zbog brzog toka podzemnih voda u krških akviferima, raspršenih naselja, prometa i intenzivnog poljodjelstva.

Napokon mislimo, da bi bilo potrebno dopuniti postojeće propise i s obzirom na suvremena teorijska znanja i praktična iskustva s aktivnom zaštitom podzemnih voda u vidu umjetnog prihranjivanja, koje u usporedbi s pasivnim mjerama obezbjeđuje ne samo kvalitativnu već i kvantitativnu kontrolu napajanja podzemnih voda.

7. LITERATURA

- Ajdič, M., Brenčič, M., Ločniškar, A., Petkovšek, A., Prestor, J., Žmavc, J., (1999): *Smernice za določitev načina zaščite podzemne vode na območju avtoceste*. Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji, Ljubljana.
- Breznik, M., (1976): *Metodologija zaščite podzemne pitne vode ter določitve varstvenih območij in pasov*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Laboratorij za mehaniko tekočin, Ljubljana.
- Breznik, M., (1990): *Ogroženi viri pitne vode - nujna sanacija izvorov onesnaževanja*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana.
- Breznik, M., (1985): *Perspektiva in problematika izkoriščanja podzemnih voda*. Acta Hydrotechnica, Laboratorij za mehaniko tekočin Univerze E. Kardelja v Ljubljani, Ljubljana.
- Breznik, M., (1969): *Podtalnica Ljubljanskega polja in možnosti njenega povečanega izkoriščanja*. Geologija - Razprave in poročila - 12. knjiga, Ljubljana.

- Breznik, M., (1978): *Problematika zaštite podzemnih voda u aluvijalnim ravnicama*. Saveza inženjera i tehničara rudarske geološke i metalurške struke Jugoslavije, Beograd.
- Council Direktive 80/778/EEC of 15 July 1980 relating to the quality of water intended for human consumption. Volume 7, Water.
- Drinking water regulations and health advisories*. US Environmental Protection Agency, Office of drinking water.
- Gostiša, I., (1990): *Cilj je optimalna varnost ob razmeroma nizki ceni*. Delo.
- Guidelines for drinking - water quality*, (1996): Volume 2, *Health criteria and other supporting information*. World Health Organization, Geneva
- Guidelines for drinking - water quality*, (1998): Addendum to Volume 1, *Recommendations*. World Health Organization, Geneva
- Guidelines for drinking - water quality*, (1993): Volume 1, *Recommendations*. World Health Organization, Geneva
- Guidelines for drinking - water quality*, (1998): Addendum to Volume 2. *Health criteria and other supporting information*. World Health Organization, Geneva
- Guidelines for drinking - water quality*, (1997): Volume 3. *Surveillance and control of community supplies*. World Health Organization, Geneva
- Habjan, A., Knez, V., Lozej, V., Turk, M., Žigon, J., (1997): *Rižanski vodovod ob prelivu tisočletja*. Rižanski vodovod Koper, Koper.
- Jerman, H., Guštin, J., Žigon, J., Pokler, F., Slaček, M., Benko, F., Velec, L., (1985): *50 let Rižanskega vodovoda*. Rižanski vodovod Koper, Koper.
- Odlok o določitvi varstvenih pasov izvira Rižane in o ukrepih za zavarovanje voda* (Ur. l. SRS, št. 7/88)
- Odlok o varstvenih pasovih vodnih vtrov v Ljubljani in ukrepih za zavarovanje voda* (Ur. l. SRS, št. 18/77)
- Odlok o varstvu virov pitne vode* (Ur. l. SRS, št. 13/88)
- Pravilnik o zdravstveni ustreznosti pitne vode* (Ur. l. RS, št. 46/97)
- Prestor, J., Brenčič, M., Mali, N., Janža, M., (1999): *Varstveni pasovi virov pitne vode*. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- Rismal, M., (1999): *Aktualni problemi zaštite in čiščenja pitnih voda v Sloveniji*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana.
- Rismal, M., (1990): *Analiza zdravstveno-hidrotehnične problematike onesnaženja podtalnice Dravskega polja s pesticidi*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko, Ljubljana.
- Rismal, M., (1995): *Čiščenje pitne vode*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko, Ljubljana.
- Rismal, M., (1998): *Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko, Ljubljana.
- Rismal, M., (1993): *Zaščita podtalnice za izdelavo normativnih aktov za zavarovanje kakovosti podtalnice*. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko, Ljubljana.
- Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla* (Ur. l. RS, št. 68/96)

Veselič, M., Petauer, D., (1997): *Strokovne podlage za pripravo zakonodaje na področju zaščite podzemnih voda*. GEOKO d.o.o., IRGO, Ljubljana.

Zakon o dopolnitvi zakona o vodah (ZV-C) (Ur. l. RS, št. 52/00)

Autori:

Sabina Mišigoj, univ. dipl. ing. gradb., Institut za hidravlične raziskave, Hajdrihova 28,
Ljubljana, Slovenija

prof. dr. Boris Kompare, Univerza v Ljubljani, FGG, Hajdrihova 28, Ljubljana, Slovenija



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.11.

Izrada vodnogospodarske osnove Hrvatske - okvir i temeljne značajke

Mladen Petrićec, Jure Margeta

SAŽETAK: Vodnogospodarska osnova Hrvatske (VOH) je temeljni dokumenta, kojim se na državnoj razini uređuje upravljanje vodama. Obveza izrade Vodnogospodarske osnove Hrvatske propisana je Zakonom o vodama (NN 107/95), a detalje o sadržaju, načinu i postupku donošenja propisuje se odgovarajućim podzakonskim aktom u nadležnosti ravnatelja Državne uprave za vode. U izradi VOH se usklađuje s dokumentima strateškog karaktera (Strategija zaštite okoliša, Strategija prostornog uređenja)

Kako se izrada VOH-a poklapa s razdobljem tranzicije hrvatskog gospodarstva i prihvatanja temeljnih zapadnoeuropskih tržišnih načela, u dokumentu se ističu razlike u opsegu sagledavanja i rješavanja vodnogospodarskih problema u odnosu na prethodno razdoblje. Također su istaknute zadaće koje proizlaze iz današnje vodne politike Europske unije, gdje se posebni značaj daje dobrom stanju voda, kako kopnenih tako i priobalnog mora. U tom smislu u okviru Vodnogospodarske osnove Hrvatske proširen je obuhvat sukladno Okvirnoj direktivi o vodama Europske unije.

KLJUČNE RIJEČI: Vodnogospodarska osnova Hrvatske, vodnogospodarski planovi, upravljanje vodama, razvoj vodnog gospodarstva

Development of the Croatian Water Resources Management Plan - Framework and Basic Characteristics

SUMMARY: The Croatian Water Resources Management Plan is a fundamental document that regulates the water resources management on a national level. The Water Resources Management Plan development is stipulated by the Waters Act (Official Gazette of Croatia 107/95), while details on the Plan contents, method and procedures of its adopting are stipulated by a corresponding bylaw. The related activities are the responsibility of the State Water Directorate. The Plan is harmonized with other water management documents of strategic nature, such as the Environmental Protection Strategy, Physical Planning Strategy and the like.

Since the time of the Plan preparation corresponds with the transitional period of the Croatian economy in which the essential West European market principles are adopted, the document singles out differences in the extent and scope of activities related to understanding and resolving of the water management issues compared to the earlier period. Further, the tasks imposed by the current water policy of the European Union are highlighted, with particular focus on good condition of both inland and coastal waters. Thus, the scope of the Water Resources Management Plan has been extended in order to comply with the EU Water Framework Directive.

KEYWORDS: Croatian Water Resources Management Plan, water management plans, water management, water resources management development

1. UVOD

Vodnogospodarski planski dokumenti su pretpostavka racionalnog upravlja vodama, prirodnim resursom pod osobitom zaštitom Republike Hrvatske, koji je nezamjenjiva sirovina i preduvjet života i razvoja. Prema Zakonu o vodama [1], temeljni dugoročni planski dokument je Vodnogospodarska osnova Hrvatske (VOH), kojom se utvrđuju osnove za upravljanje vodama, bilanca voda i pretpostavke za poboljšanje vodnog sustava, na temelju kojeg se osigurava cjelovit i usklađen vodni režim u Republici Hrvatskoj. Planski dokumenti nižeg reda za upravljanje vodama moraju biti u skladu s Vodnogospodarskom osnovom Hrvatske.

Ostvarenje načela održivosti u vodnom gospodarstvu zahtjeva integralni pristup, koji jedino omogućuje rješenja koja su društveno prihvatljiva, ekonomski isplativa i održiva u odnosu na okoliš. Izrada VOH-a doprinosi tom cilju stvarajući temeljne pretpostavke i smjernice za osiguranje dovoljnih količina vode za stanovništvo, poljoprivredu, trgovinu i industriju uz istovremeno poboljšanje stanja voda i okoliša vezanog uz vode, te sigurnosti stanovništva i imovine od štetnog djelovanja voda. Za osiguranje održivosti nužne su i usklađene aktivnosti s drugim sektorima i djelatnostima vezanim uz gospodarenje vodama, jer su utjecaji u velikoj mjeri međuzavisni.

U procesu izrade VOH se usklađuje sa Strategijom prostornog uređenja [8], Strategijom zaštite okoliša [6], planskim osnovama gospodarenja šumama na državnoj razini, te planskim osnovama razvoja sustava unutarnje plovidbe. VOH usvojen na državnoj razini od strane Sabora Republike Hrvatske, postaje obvezujući dokument za vodnogospodarske osnove i vodnogospodarske planove slivnih područja.

2. OKVIR I NAČELA

Pravna osnova za izradu VOH-a proizlazi iz članaka 18 – 23. Zakona o vodama, gdje se utvrđuje planske osnove za upravljanje vodama. VOH donosi Sabor Republike Hrvatske. Bliže propise o sadržaju, načinu i postupku donošenja planskih osnova je predmet podzakonskog akta, koji donosi Državna uprava za vode. Sukladno članku 158. Zakona o vodama, Zavod za vodno gospodarstvo Hrvatskih voda koordinira izradu VOH-a.

Kako je zakonska obveza usklađivanja VOH-a sa strateškim planovima ostalih sektora, koji se oblikuju i donose na državnoj razini, može se smatrati da zakon daje VOH-u stratešku dimenziju i ulogu okvirnog nacionalnog dokumenta za upravljanje vodama. U tom smislu u VOH su uključene i temeljne odrednice vladinog projekta Hrvatska u 21. stoljeću [7], s ciljem da se razvitak vodnog gospodarstva uklopi i učini dijelom globalne strategije razvitka Hrvatske. Uvažavajući činjenicu da upravljanje vodama objedinjuje sve ljudske djelatnosti na vodama, bilo da one imaju društveni, ekonomski ili ekološki značaj, i da je važna pretpostavka za uspješan i održiv razvitak niza drugih vitalnih djelatnosti, treba mu pripasti središnje mjesto u tom strateškom Vladinom projektu.

Usvojena koncepcija VOH-a također uvažava međunarodne obveze koje proizlaze iz konvencija i ugovora koje je Hrvatska potpisala, a također respektira pretpostavke tranzicijskog procesa kroz uvođenje tržišnih načela u gospodarstvu. To pretpostavlja u određenoj mjeri i usklađivanje upravljanja vodama s načelima vodne politike Europske unije, odnosno pristup i opseg koje postavlja Okvirna direktiva o vodama EU [9] (ODV EU). U ispunjavanju međunarodnih obveza polazi se prije svega od nacionalnih interesa, te potom zadovoljavanja međunarodnih obveza.

Prema tome VOH nije koncipiran kao klasična vodnogospodarska osnova, koja utvrđuje detaljna tehnička i druga rješenja za upravljanje vodama, jer je neracionalno ulaziti u tako opsežan i zahtjevan posao na državnoj razini, bez prethodnog cjelovitog sagledavanja novih društvenih i gospodarskih okolnosti i preuzetih međunarodnih obveza, nastalih strateškim opredjeljenjem Republike Hrvatske da se prilagođuje europskim standardima.

Sukladno usvojenom pristupu, po usvajanja strateškog dijela VOH-a (I faza) nastavlja se izrada i usvajanje zasebnih planova upravljanja vodama u okviru prirodnih slivnih cjelina, vodeći računa o zahtjevima VOH-a i ODV EU. Kako se u Hrvatskoj tradicionalno vodama upravlja na razini vodnih područja, čije se granice približno poklapaju s glavnim riječnim slivovima, takav pristup treba samo jače afirmirati, kako bi se uskladili s teritorijalnim pristupom prema ODV EU. Neosporna su dva sliva Crnomorski i Jadranski i više podslivova, čije se okrupnjavanje za potrebe upravljanja vodama treba temeljiti na prirodnim obilježjima, tradiciji, gospodarskim i političkim potrebama i slično. VOH treba tome dati okvir i biti ishodište za definiranje vodnogospodarske planske dokumentacije niže razine na cjelokupnom prostoru Hrvatske.

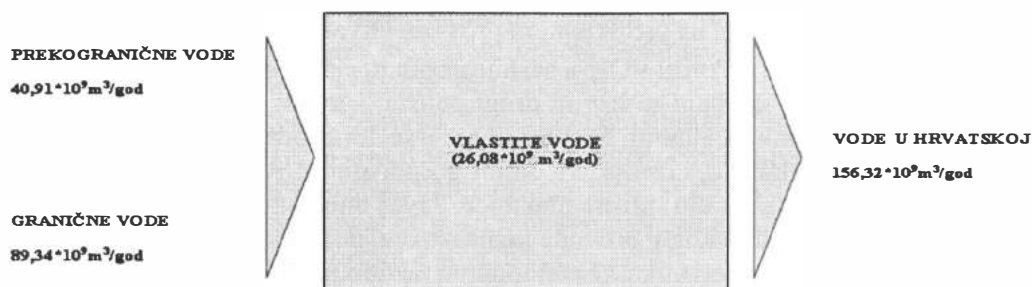
Važno je naglasiti da je u okviru VOH-a nastoje istaknuti i utjecaji društveno ekonomskih promjena koje vode stavljaju u sasvim drugi položaj i to kao jedan od nacionalnih i javnih resursa u tržišnoj ekonomiji. To znači da se i u sektoru voda otvara tržišna utakmica, ali na principima održivog razvoja. Međutim gospodarenje vodama uključuje i javni interes, koji nije u cjelini dio tržišne utakmice. Javni interes je u principu održavanje prirodnog vodnog režima kojeg provode javne službe, dok je takozvani tehnički vodni režim obaveza vlasnika/korisnika. U prethodnom razdoblju cjeloviti vodni sektor bio je dio javnih usluga, a one se postupno transformiraju u različite oblike i kombinacije privatnog i društvenog vlasništva. U takovim uvjetima VOH ističe javni interes u vodama i daje smjernice za ravnopravnu tržišnu utakmicu privatnog sektora. Kod zastupanja javnog interesa u okviru VOH-a promoviraju se načela: (i) održivi razvoj, (ii) paralelni pristup u ostvarenju budućeg razvoja i potreba, (iii) korištenje rješenja koja cjelovito uvažavaju moguće buduće promjene i neizvjesnosti, (iv) te predostrožnost.

Osnovni cilj *održivog razvoja* Hrvatske je jednostavno bolji život građana, odnosno bolja kvaliteta življenja u Hrvatskoj, koje uglavnom podrazumijeva: društveni napredak koji uvažava podjednako potrebe svih koji žive na prostoru Hrvatske, učinkovitu zaštitu okoliša, razborito i štedljivo korištenje prirodnih resursa, te održavanje visoke i postojeće razine ekonomskog razvoja i zapošljavanja.

Paralelni pristup rješavanju problema u gospodarenju vodama ima za cilj povećati učinkovitost i djelotvornost korištenja postojećih vodnogospodarskih sustava, uz planiranje razvoja i izgradnje novih sustava kao dopune postojećim. Gledajući naredni vremenski period vrlo je značajna *nepredvidivost* u odnosu na cijeli niz čimbenika koji mogu utjecati na gospodarenje vodama znači rješenja dovoljno prilagodljiva promjenama koje se mogu dogoditi (danas se ne mogu u potpunosti sagledati), kao što su posljedice promjena ključnih društvenih čimbenika te klimatskih promjena. Princip *predostrožnosti* u gospodarenju vodama daje podjednako značenje nepouzdanosti procjene budućeg stanja okoliša, odnosno voda, kao i nesigurnosti zadovoljavanja društvenih potreba i ekonomskog razvoja. U tom smislu VOH predlaže rješenja i mjere koje odmjereno i podjednako uzimaju u obzir sadašnje i očekivano stanje voda, te sadašnje i očekivano stanje zadovoljavanja društveno ekonomskih potreba.

3. STANJE VODA

Hrvatska je relativno bogatom vodom. Ukupna količina obnovljivih voda u Hrvatskoj iznosi $156,32 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{god.}$ ili $4.957 \text{ m}^3/\text{s}$. To je prosječni godišnji volumen svih voda koje teku kroz teritorij Hrvatske, uključujući granične i prekogranične vode (tranzitne vode), od čega na vlastite kopnene vode otpada volumen od oko $26,08 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{god.}$ odnosno protok od $827 \text{ m}^3/\text{s}$, a na tranzitne vode $4.130 \text{ m}^3/\text{s}$. Iz navedene bilance proizlazi za Hrvatsku i prosječna količina od oko $5.880 \text{ m}^3/\text{st.}/\text{god.}$ vlastitih voda. Jadranski sliv je bogatiji vlastitim vodama oko $451 \text{ m}^3/\text{s}$ ($10.220 \text{ m}^3/\text{st.}/\text{god.}$), a nešto je siromašniji tranzitnim, oko $435 \text{ m}^3/\text{s}$. Na Crnomorskom slivu količine vlastitih voda iznose oko $376 \text{ m}^3/\text{s}$ ($3.890 \text{ m}^3/\text{st.}/\text{god.}$), ali su značajno veće količine tranzitnih voda, oko $3.695 \text{ m}^3/\text{s}$. Navedena bilanca uključuje i količine obnovljivih podzemnih voda, koje su procijenjene na Crnomorskom slivu na $2,66 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{god.}$, odnosno $6,47 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{god.}$ na Jadranskom slivu.

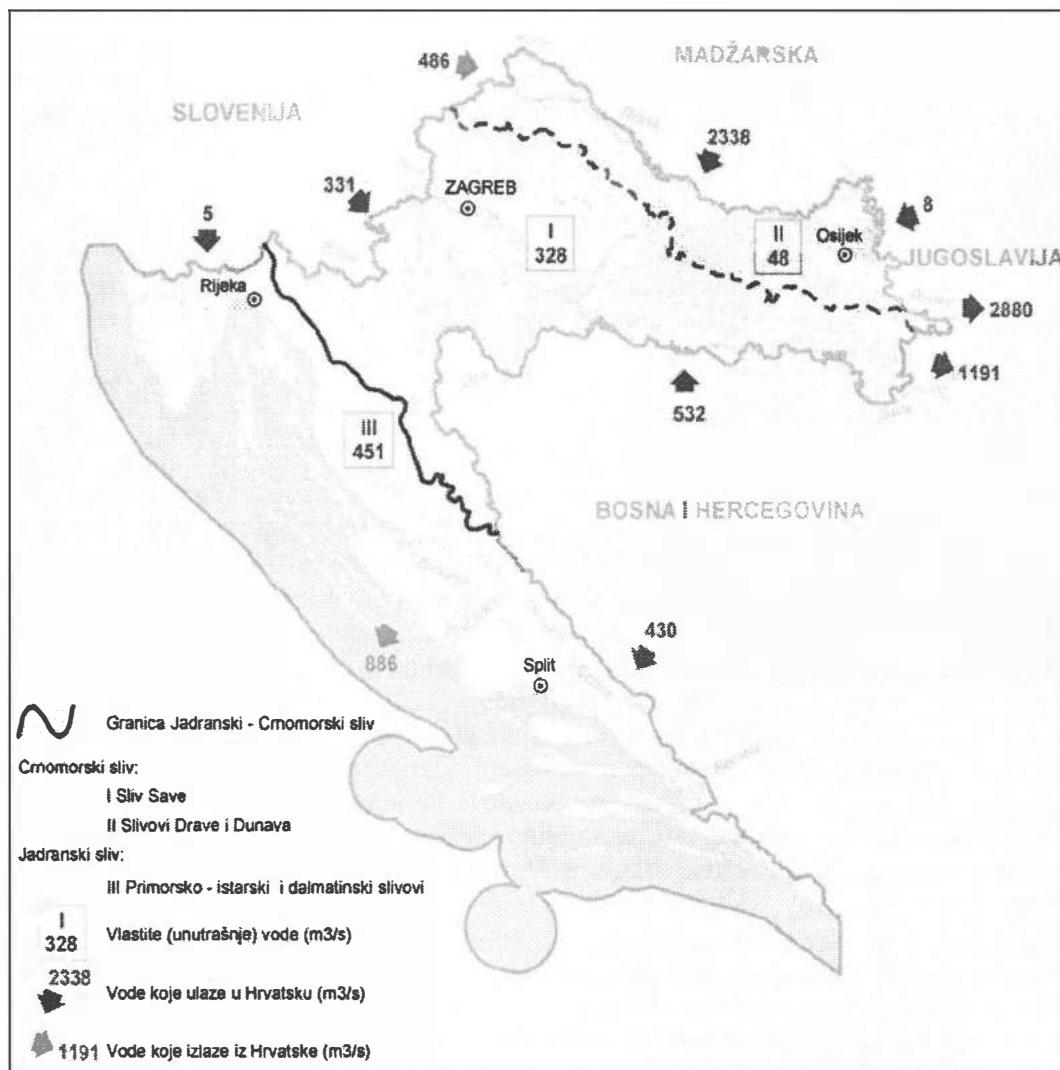


Slika 1. Prosječna vodna bilanca Hrvatske (razdoblje 1961.-1990.)

Osim obnovljivih kopnenih voda, Hrvatska ima veliki morski akvatorij s golemim gospodarskim i ekološkim potencijalom koji se zasada nedovoljno koristi.

Što se tiče korištenja voda, ukupna godišnja potrošnja vode domaćinstava i industrije iznosi oko $377 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (2001.), a ostali vidovi korištenja voda (rashladna voda, navodnjavanje, ribogojstvo) oko $551 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Procjenjuje se još postojanje i neregistrirane potrošnje vode od oko $70 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ godišnje. Prema tome prosječne količine potreba za vodom iznose oko 4% raspoloživih voda, te ih nije problem ispuniti. Manjak vode se javlja u sušnim razdobljima i vremenima izrazite potrošnje, a problem predstavlja na pojedinim područjima neodgovarajuća kakvoća raspoloživih voda.

Vidljivo je da korisničku bilancu vodnih resursa čini pretežiti dio vanjskih voda, koje dolaze s dijelova slivnih površina koji pripadaju drugim uzvodnim državama, odnosno zajednički vodotoci, koji otječu prema nizvodnim susjedima. Iz toga proizlaze određena vanjska ograničenja i obveze koje Hrvatska ima u raspolaganju i upravljanju tim vodama. Režim voda zavisi u određenoj mjeri o uzvodnim susjedima, a Hrvatska ima odgovornost prema nizvodnim državama. Tako samo oko 23% vodnih resursa Hrvatske nije izloženo pritiscima i utjecajima korisnika susjednih država, odnosno samo se oko 25% vodnih resursa (to su pretežito vode koje se ulijevaju u Jadransko more) može koristiti bez vanjskih restrikcija nametnutih međunarodnim vodnim pravom i drugom regulativom, koja određuje obveze prema zemljama koje su na nizvodnom dijelu sliva. U posebno osjetljivom položaju su granični vodotoci i vodonosnici.



Slika 2. Vodni resursi i glavni slivovi Hrvatske

Prema rezultatima sustava praćenja kakvoće površinskih voda (na oko 250 lokacija) posljednjih godina ne uočavaju se značajnije promjene. Površinske vode su uglavnom dobre i umjereno dobre kakvoće. Problemi s onečišćenjem su uglavnom lokalnog značaja na dijelovima vodotoka nizvodno od naselja i industrijskih ispusta. Sve više se uočava utjecaj raspršenog onečišćenja, prije svega prometa i poljoprivrede.

Podzemne vode, posebice, zapadnog dijela savskog i dravskog aluvijalnog vodonosnika pod utjecajem su antropogenog onečišćenja. Na Jadranskom slivu su uglavnom i nadalje dobre kakvoće osim u lokalnih problema tijekom velikih kiša ili zagađenja. Poboljšanje kakvoće i rizik daljnjeg pogoršanja se može bitno popraviti povećanjem priključenosti na kanalizacijske sustave i većom efikasnošću rada postojećih uređaja za pročišćavanje vode. Dugoročno najveći problemi mogu biti vezani uz prekogranične utjecaje, te kontrolu raspršenih izvora onečišćenja (promet i poljoprivreda).

4. STANJE VODNOG GOSPODARSTVA

Stanje vodnog gospodarstva u cjelini se može ocijeniti zadovoljavajućim, ali opterećeno još uvijek nizom problema iz prošlosti (posljedice razaranja u domovinskom ratu, nedovoljna razina održavanje vodnih građevina, nedostatak usvojenih planskih dokumenata), te suočeno s novim izazovima kao što je tranzicija u tržišno gospodarstvo. Potencijalno veliki problemi su u području kontrole poplavnih voda zbog nedovoljnog održavanja i dogradnje postojećih sustava, te nedovršenosti sukladno usvojenim planovima razvoja. Veliki problemi su u melioracijskoj odvodnji poljoprivrednih zemljišta zbog njihovog vrlo lošeg održavanja, a pogotovo su veliki problemi jer su i dio sustava unutrašnje odvodnje. Značajan problem predstavlja erozija svojim utjecajem na degradaciju zemljišta i promjenu režima voda (količine i kakvoće), a rješavanje zahtijeva suradnju različitih sektora gospodarstva.

Osnovni gospodarski principi “korisnik plaća” i “zagađivač plaća” ne funkcioniraju u cjelini zbog privatizacijskih problema i socijalističkog nasljeđa u korištenju voda, tako da vodno gospodarstvo trajno nema dovoljna sredstva za održavanje postojećih sustava kao ni izgradnju novih. Nedostaje politička volja da se ekonomski/tržišni principi provedu, kao ni volja stanovništva da usluge i korištenje resursa plaća. Sve ovo skupa ugrožava održivost vodnogospodarskih sustava i građevina.

Zbog takve situacije došlo je do značajnog nazadovanja razvijenosti pojedinih sektora, a prije svega u sektoru navodnjavanja i odvodnje poljoprivrednih površina (nepoznat korisnik). Stanje nije znatno bolje ni u drugim sektorima, tako ni jedan novi hidroenergetski objekt nije izgrađen od 1990. godine, iako postoje usvojeni planovi i rješenja. Ribogojstvo značajno nazaduje, naročito na Crnomorskom slivu, kao i korištenje vodotoka za plovidbu. Utvrđeno je nedovoljno održavanje sustava za zaštitu od poplava te nedovoljna dogradnja postojećih sustava što sve skupa umanjuje razinu djelotvornosti zaštite.

Kao pozitivni pomak treba istaknuti povećanje stupnja vodoopskrbe stanovništva iz javnih sustava, sa 62 % početkom devedesetih povećana je na 76 %, u pojedinim regijama (Dalmacija) i gradovima iznosi i 90 %. S druge strane stanje vodoopskrbnih sustava je nezadovoljavajuće jer su gubici vode prosječno oko 46%.

Još je nepovoljnije stanje u odvodnji i pročišćavanju otpadnih voda. Svega 40 % stanovništvo priključeno na javnu kanalizaciju, samo 12 % otpadnih voda se pročišćava od čega 4,5 % na uređajima drugog stupnja. U Hrvatskoj je izgrađeno ili pred završetkom 82 uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, ali ne zadovoljava stupanj priključenosti na kanalizacijsku mrežu i efikasnost rada. Kao značajna mjera zaštite voda na priobalnom dijelu Hrvatske izgrađeno je 35 podmorskih ispusta.

Sustav motrenja kakvoće površinskih voda je uspostavljen s ciljem praćenja stanja uz značajnije izvore onečišćenja. Uz povezivanje s hidrološkim podacima i simulacijskim modelima može biti zadovoljavajuća podloga za utvrđivanje kakvoće voda. Globalno praćenje kakvoće podzemnih voda je nedovoljno razvijeno osim lokalno (npr. zagrebački vodonosnici). Potrebno je razvijati sustave baza podataka s ciljem dostupnosti podataka i informacija javnosti.

Sustav motrenja hidroloških značajki voda još uvijek ne zadovoljava u području ekstremnih hidroloških stanja. Nedostaju neki značajni podaci (nanos, erozija), a sustav informiranja treba usuglasiti između različitih institucija, koje prikupljaju podatke. Hidrološko i morfološko istraživanje vodnih resursa nije imalo potreban prioritet zadnjih

godina. Dovoljno je napomenuti da je prvo ozbiljnije razgraničenje vodnih resursa kao i ozbiljnija bilanca voda Hrvatske tek u okviru VOH-a. Još uvijek nedostaju ključne informacije i pokazatelji potrebni za održivo gospodarenje vodama, kao što je recimo sezonska bilanca voda, preciznija bilanca podzemnih voda, povezivanje malih voda i vodnih ekosustava i drugo.

Vezano za ostvarenje učinkovitog upravljanja vodama u izradi je informacijski sustav s podacima o vodama, vodnim sustavima i korisnicima resursa. Među najvažnijim sastavnicama informacijskog sustava voda je katastar voda i vodnog dobra koji su nužna pretpostavka učinkovitog gospodarenja vodama.

Približavanjem europskim integracijama i vodno gospodarstvo će doživjeti značajnije promjene, koje se danas samo naziru, a očituju se u globalizaciji vodne politike i potrebi usklađivanja korisnika na slivu, te promjenama u gospodarenju vodama, posebno u zaštiti od štetnog djelovanja voda, korištenju voda (zahvat ili recipijent), te posebno skrbi o stanju voda u zaštićenim područjima.

5. PRETPOSTAVKE RAZVOJA VODNOG GOSPODARSTVA

Društveno-gospodarske procese u Republici Hrvatskoj obilježava izraziti diskontinuitet u razdoblju 1991.-2000. godine, uzrokovan nizom povijesnih događaja (osamostaljenje i domovinski rat, promjena političkog sustava, pretvorba i privatizacija gospodarstva, svjetski globalizacijski procesi). Zbog toga povijesni podaci i zabilježeni društveno-gospodarski trendovi nisu zadovoljavajuća podloga za planiranje, jer ih nije moguće jednostavno protumačiti i projicirati u budućnost. Za potrebe VOH-a preuzeta je vizija društveno-gospodarskog razvitka Republike Hrvatske utemeljena na ekspertnim procjenama i projekcijama, u prvom redu onima iz Vladinoga projekta Hrvatska u 21. stoljeću [7]. Projekcija dugoročne hrvatske gospodarske politike dana je u knjizi Strategija razvoja makroekonomike. U njoj je plansko razdoblje do 2015. godine podijeljeno u tri razvojne faze. Od 2001.-2004. kada treba uspostaviti zdrave ekonomske temelje, koji će tijekom drugog razdoblja 2005.-2010. rezultirati promjenom tehnološke osnove i poboljšanjem strukturnih karakteristika gospodarstva te porastom izvoza i povećanim stopama rasta. Koncem drugog razdoblja Hrvatska bi trebala postati punopravnom članicom Europske unije, što podrazumijeva uklapanje u europske zakonodavne, institucionalne i sve druge okvire i standarde. Svoju gospodarsku perspektivu Hrvatska želi graditi na dva ključna čimbenika, očuvanoj prirodi (s bogatstvom čistog tla i vode, položajem, ljepotom krajolika, autohtonom kulturnom baštinom) i kvalitetnom ljudskom potencijalu, koji mogu dugoročno osigurati:

- ekonomiju utemeljenu na znanju i novim čistim tehnologijama;
- Hrvatsku kao prestižnu turističku destinaciju sa specifičnim hrvatskim obilježjima;
- proizvodnju i izvoz visoko vrijedne prirodne i zdrave hrane;
- novu kvalitetu tradicionalnih proizvoda (brod, oplemenjeno drvo, modni tekstil, ...).

U ostvarenju ove gospodarske orijentacije vodno gospodarstvo ima dvojaku zadaću s jedne strane štititi bogatstvo čistih voda u prirodi, kao jedan od temeljnih razvojnih čimbenika, a s druge odgovarajućim vodnogospodarskim sustavima i mjerama staviti raspoložive vodne resurse u funkciju općeg i gospodarskog razvitka. Sadašnja i planirana razina korištenja resursa ne ugrožava njihovo dobro stanje, a strateška opredjeljenja zahtijevaju ostvarivanje obveza zaštite voda skladu s dinamikom koju određuju obaveze iz procesa približavanja EU. Na ovaj način se strateški nacionalni ciljevi i očekivane

regionalne obaveze u cjelini podudaraju. Očuvanje i postizanje dobrog stanja voda u skladu s EU standardima i zahtjevima je jedan od najvećih zadataka vodnog gospodarstva u narednom razdoblju. Isto će zahtijevati značajne promjene u odnosu na sadašnji obuhvat voda, hidrološke informacije i režim voda.

U prostorno-planskim dokumentima je usvojena pretpostavka nultog porasta broja hrvatskoga stanovništva, očekuje se da će do 2015. godine Hrvatska dostići brojku od 4,500.000 stalnih stanovnika, ali se neće povećati potreba u odnosu na vode i razvoj vodnogospodarskih sustava. Okvir za stabilan i održiv demografski i ukupan društveno-gospodarski razvitak trebao bi se ostvariti reorganizacijom prostornog razmještaja stanovništva. U programu prostornog uređenja predviđene su poticajne mjere kojima će se provesti redizajniranje mreže naselja i daljnja urbanizacija, s ciljem da se do 2015. godine dostigne 75-80%-tni udio gradskoga stanovništva u ukupnoj populaciji. To će dovesti do značajnijih promjena u korištenju zemljišta. S jedne strane područja oko većih naselja će se sve više urbanizirati i izgrađivati a manja naselja će nestajati.

Okрупnjavanje i preobrazba naselja uključuje povećanje komunalnih i drugih standarda u naseljima, odnosno intenzivniji razvoj urbanog vodnog sustava. Na ovaj način će se stvoriti povoljniji uvjeti za podizanje učinkovitosti i djelotvornosti urbanog vodnog sustava. Ovakav scenarij razvoja zahtjeva cjelovito preispitivanje planova i sustava zaštite stanovništva i gradova od poplava, oborinskih voda, planova vezanih uz regionalizacije vodoopskrbnih i kanalizacijskih sustava, kao i planova i sustava zaštite voda i okoliša.

S makroekonomskog motrišta, postoji snažan interes i obveza središnje države da pokrene i podrži zacrtane promjene, prvenstveno osmišljenim ulaganjima u infrastrukturne sustave. Upuštajući se u izravna ulaganja u infrastrukturu, država se pojavljuje kao posebni poduzetnik koji ulaže u javnom interesu, jer se proširenjem i poboljšanjem infrastrukturnih sustava na nekom području poboljšavaju opći uvjeti života, rada i ulaganja. To vrijedi za kapitalne infrastrukturne investicije, koje su u isključivoj državnoj nadležnosti, ali i za nužne lokalne zahvate. Pritom treba odvojiti planiranje i izgradnju od upravljanja infrastrukturom. U tom smislu je potrebno postupno regionalizirati i privatizirati pojedine infrastrukturne sustave. Jasno je da osmišljeno rješavanje vodnih i vodnogospodarskih problema može potaknuti gospodarski razvitak nerazvijenih krajeva kao i povećati gospodarske učinke i razinu gospodarskih aktivnosti tamo gdje one već postoje. Ali pod pretpostavkom da vodnogospodarski planovi budu integralni dio širih, razvojnih planova i da se vodnogospodarska rješenja racionalno uklope u ukupne razvojne mogućnosti planskoga područja.

Ne smiju se zaboraviti ni globalne klimatske promjene. Opće poznato je da se klima mijenja kao rezultat ispuštanja onečišćenja u atmosferu. Očekivane promjene će imati posljedice i na stanje vodnih bogatstava Hrvatske tako da je potrebno stalno pratiti promjene i uvažavati potrebe koje iz tog proizlaze. Kako su vode i more Hrvatske dio regionalnih vodnih resursa isto će se najvjerojatnije značajnije provoditi u okviru regionalnih projekata i aktivnosti, što ne znači da se potrebna lokalna istraživanja ne trebaju samostalno obavljati.

6. PLANSKA USMJERENJA I NJIHOVE ZNAČAJKE

U iznalaženju rješenja za pojedine probleme analizirano je više mogućih varijanti, recimo kod opskrbe vodom od povećanja zahvata i kapaciteta do smanjenja potrošnje, gubitaka i slično. Pojedine varijante koje su analizirane su dio prethodnih detaljnijih radova i

istraživanja, a u ovoj osnovi su uzete u obzir i naknadno analizirane. Za većinu utvrđenih problema postoji više mogućih rješenja a svaku karakteriziraju prednosti i slabosti, troškovi i koristi, kao i druge teže mjerljive značajke. Za njihovo vrednovanje korištena su tri pristupa:

- utvrđivanje rizika i nepoznanica, te prednosti i ograničenja pojedinih rješenja, nepoznanica vezanih za tehnologiju, razinu istraženosti, vrijeme, trošak i vrijednosti resursa;
- utvrđivanje razine održivosti rješenja a posebno u odnosu na društveni napredak, zaštitu okoliša, korištenje resursa i održavanje stabilnog rasta i zapošljavanja; i
- utvrđivanje troškova i načina financiranja.

Svi ovi pristupi-alati su primijenjeni na određenoj razini razrade na svako pojedino rješenje ili skupinu rješenja, a sve u skladu s raspoloživim podacima, studijama i projektima. Uglavnom su korišteni postojeći materijali, a samo manjim dijelom naručivana nova istraživanja. Ocjene su rađene uglavnom uključivanjem institucija i eksperata koji su već prethodno bili uključeni u izrade studija i projekata pojedinih rješenja ili skupina rješenja. Može se reći da su uglavnom u izradu i analizu pojedinih rješenja bili uključeni skoro svi raspoloživi eksperti. Raspoloživo vrijeme nije omogućavalo da se naruče nove detaljne studije i rješenja.

Postupak je bio iterativan i sastojao se od sljedećih osnovnih koraka koji su obavljani na ekspertnoj razini:

- utvrđivanje što većeg broja varijanti kojima bi se ostvarili postavljeni ciljevi;
- utvrđivanje potreba za 2009 i 2015 godinu;
- utvrđivanje skupina mogućih rješenja;
- provedba ocjene rizika, održivosti i troškova;
- valorizacija drugih mogućih rješenja kojima bi se unaprijedila razmatrana rješenja, smanjio rizik i ograničenja, povećala održivost i smanjili troškovi;
- utvrđivanje razine djelotvornosti rješenja za 2009 i 2015 godinu;
- utvrđivanje prihvatljivosti rješenja i aktivnosti za ostvarenje postavljenih ciljeva.

Navedene aktivnosti je olakšala činjenica da postojeća razina iskorištenosti vodnog gospodarstva-potencijala zbog stagnacije u razvoju i procesa tranzicije manja od zahtjeva koji su bili prije domovinskog rata. Tako da potrebe za novim kapacitetima i rješenjima u mnogim sektorima i granama vodnog gospodarstva uglavnom ne postoje, a glavne potrebe su vezane uglavnom za održavanje sadašnjih sustava i sprječavanje njihovog propadanja, te uvođenje nužnih poboljšanja.

7. ZAKLJUČAK I PRIJEDLOZI

Voda nije, a niti će biti u narednih 15 godina ograničavajući čimbenik razvoja u Hrvatskoj. Sadašnja potrošnja i planirane potrebe ne prelaze kapacitete koje vodno gospodarstvo osiguravalo prije domovinskog rata. Rat i njegove posljedice, restrukturiranje gospodarstva, privatizacija u poljoprivredi, kao i ekonomski instrumenti koji se primjenjuju u korištenju voda su smanjile potrošnju vode u pojedinim granama: vodoopskrbi stanovništva i turista, u industriji i trgovini, navodnjavanju, ribogojstvu, itd. Zbog toga su uglavnom svi postojeći zahvati raspoložu potrebnim kapacitetima i za naredno razdoblje.

Rastući i od prije rata poznati problem je sezonska vodoopskrba turističkih područja na Jadranu. Trenutno zbog izrazito smanjene specifične potrošnje i štednje koju privatne tvrtke sve više provode u svojim objektima, problemi nisu značajni, ali bi mogli biti

ukoliko dođe do intenzivnijeg sezonskog razvoja turizma. Mogući problemi još uvijek nisu u području općeg nedostataka vode, već u osiguranju jeftinijih izvora vode.

Problemi i potrebe su najveće u odnosu na osiguranje dobrog stanja kakvoće voda. Kakvoća voda, ukoliko dođe do značajnijeg gospodarskog razvoja, može biti glavni uzročnik problemima vezanih uz korištenje i uporabu voda, zaštitu okoliša i društvene potrebe. Kontrola izvora onečišćenja i unapređenje sadašnjeg stanja kakvoće voda je jedan od prioritetnih zadataka vodnog gospodarstva u narednom razdoblju.

Drugi najveći problem je starenje, propadanje i nedovoljno održavanje i moderniziranje vodnogospodarskih sustava-građevina. Problemi su u svim granama jer je učinkovitost i djelotvornost nedovoljna. U narednom razdoblju treba zaustaviti i preokrenuti taj negativni trend. Otežavajuća je okolnost jer rješenje ne ovisi isključivo o vodnom gospodarstvu i financijskim sredstvima, već cijelom nizu društvenih i političkih čimbenika koji se sporo mijenjaju. Jedan od značajnijih problema bit će kadrovi vezani uz gospodarenje vodama, što će posebno doći do izražaja s razvojem tržišnih odnosa.

Hrvatska, a time i sektor voda se nalaze u tranziciji prema tržišnoj ekonomiji, a uz to i u procesu približavanja EU. Ovakva situacija zahtjeva posebno tranzicijsko razdoblje, kako bi se ostvarilo održivo korištenje voda bez velikih potresa i posljedica. Razdoblje do 2009. godine se može smatrati tranzicijskim, a do 2015. razdoblje u kojem trebaju vladati odnosi sukladni tržišnoj ekonomiji. Da bi se postavljeni ciljevi vezani uz vodno gospodarstvo ostvarili potrebno je uspostaviti zadovoljavajuću pravnu, ekonomsku i tehničko-tehnološku sigurnost.

Okvir unutar kojeg će se gospodariti vodama u narednom razdoblju osim nacionalnih zakona i politike je uvažavanje međunarodnih potreba. Ključni dokument koji će usmjeravati naredni razvoj vodnog gospodarstva Hrvatske su ODV EU i njoj pridružene direktive vezane uz vode, te Barcelonska konvencija i prateći protokoli. Vlada u svojim dokumentima predviđa da će Hrvatska ući u EU 2007. godine, a najkasnije do 2010. godine, što znači da se cjelokupni sektor voda mora do tog razdoblja restrukturirati i harmonizirati s politikom i zakonodavstvom EU. Treba istaknuti da su EU dokumenti dosta prilagodljivi i omogućavaju svakoj državi da maksimalno zadovolji svoje nacionalne interese vezane uz ekonomski i društveni razvoj, ali samo uz uvjet da se pri tom ne ugrožava dobro stanje voda i okoliša vezanog uz vode. Može se reći da ovi dokumenti daju vrlo čvrsti okvir samo za zaštitu voda, dok aspekti korištenja voda i zaštite od štetnog djelovanja voda nisu čvrsto regulirani i stvar su nacionalnih i regionalnih interesa i potreba.

U VOH-u su u cjelini prihvaćeni spomenuti zahtjevi i mjere, te je u tom smislu prvi dokument prilagođen dugoročnim potrebama sektora voda. Potrebe i mjere će se detaljnije elaborirati kroz izradu osnova i planova riječnih bazena, a sve u skladu s zahtjevima koji proizlaze iz ODV EU. Hrvatska treba do 2009. izraditi te planove te je isto jedan od prioriteta Hrvatskih voda u narednom razdoblju.

Lokalni regionalni okvir su prekogranične vode/slivovi sa susjednim državama. U upravljanju vodama Crnomorskim slivom ostvaruje se određeni vid globalizacije koja postavlja određena ograničenja. Na vodama Jadranskog sliva ta su ograničenja značajno manja. Problematika gospodarenja vodama sa susjednim državama treba se zasnivati na maksimalnom zadovoljavanju nacionalnih interesa u skladu s okvirom kojeg propisuju međunarodne konvencije i EU.

Tržišna ekonomija zahtjeva jasno razgraničenje između općeg i privatnog interesa u sektoru voda. Opći interes se štiti i ostvaruje državnim mjerama i financiranjem dok se privatni ostvaruje kroz tržišnu utakmicu koja uključuje i sektor voda. Pravilo je da odlučuje onaj

koji preuzima obaveze i to na svim razinama. Zbog toga je potrebno da se napravi transparentna struktura zaduženja u javnom interesu, usluga i drugih obaveza da bi se mogla napraviti raspodjela nadležnosti, ovlaštenja, obaveza i stečenih prava. Osiguranje vode za piće, zaštita voda i vodnih eko-sustava, te zaštita od štetnog djelovanja voda mogu se svrstati u opće društvene interese Hrvatske, dok su ostala korištenja voda stvar tržišta. U tom smislu VOH detaljno ne planira aktivnosti i mjere koje su vezane za tržišnu utakmicu već jedino stvara planski i drugi okvir za razvoj tih aktivnosti. S druge strane VOH planira mjere i aktivnosti potrebne za ostvarenje društvenih/javnih interesa. Ključni zadatak vodnog gospodarstva je stvaranje zadovoljavajućeg sigurnosnog okvira za sve djelatnosti jer se time potiče gospodarski razvoj. Svatko u skladu sa svojom nadležnošću preuzima rizik za svoje poslovanje. Međutim, problemi uz vode i svi rizici se ne mogu jednostavno predvidjeti i vrednovati jer se radi o prirodnom sustavu koji se u cjelini ne može kontrolirati. Zbog toga je nužno u narednom razdoblju ostvariti odgovarajuće partnerstvo svih vezanih uz vode u određenom slivu, te dogovoriti raspodjelu preostalog rizika kako bi se problemi u gospodarenju vodama što uspješnije rješavali.

Ključni element za učinkovito i djelotvorno upravljanje vodama je kvalitetna planska dokumentacija sustavno razvijena od državne do lokalne razine. Izrada planske dokumentacije u skladu sa strategijom razvoja vodnog gospodarstva Hrvatske i zahtjevima ODV EU je prioritet u narednom razdoblju do 2009. godine. Taj je proces moguće efikasno provesti uz raspolaganje kadrovskim potencijalom, financijskim sredstvima i tehničkim mjerama. Nužna pretpostavka uspjeha je dobra organizacija, djelotvorna koordinacija među brojnim društvenim sektorima i institucijama vezanim uz vode, uz odgovarajuću razinu nadležnosti Državne uprave za vode i Hrvatskih voda, kvalitetno zakonodavstvo i primjereno institucijsko ustrojstvo.

Temeljem provedenih istraživanja u okviru izrade VOH utvrđeni su sljedeći zaključci vezani za daljnje aktivnosti u vodnom gospodarstvu:

- unaprijediti sadašnju učinkovitost i djelotvornost vodnogospodarskih sustava, a posebno onih u javnom sektoru, te sve započete projekte dovršiti, a prioritetno u zaštiti od poplava;
- planirati manje po trajanju i veličini investicije, projekte za razvoj pojedinih sektora i otklanjanje uočenih nedostataka, posebno u zaštiti voda kako bi se razina kontrole onečišćenja značajnije povećala;
- planirati velike i dugotrajne višenamjenske projekte razvoja vodnogospodarskih sustava kojima će se potaknuti regionalni razvoj i zapošljavanje;
- trajno organizirati cjelovita istraživanja i analizu značajki vodnih bogatstava Hrvatske radi djelotvornijeg gospodarenja vodama,
- posebnu pažnju posvetiti razvoju informacijskog sustava voda, školovanju kadrova i odnosu sa javnošću i korisnicima voda.

Sukladno politici i principima gospodarenja vodama, hrvatskom zakonodavstvu i smjernica Europske unije, prethodni zaključci se mogu ostvariti:

- proširenjem zaštite voda na sve vode, površinske vode (kopnene, prijelazne/boćate i more) i podzemne vode uz potpuno uvažavanje hidrološkog ciklusa kao temeljnog procesa za kretanje voda i zagađenja u vodama;
- ostvarenjem dobrog stanja voda u planiranom razdoblju, koji je usuglašen prije svega s našim ekonomski i društvenim mogućnostima kao i međunarodnim zahtjevima;
- upravljanjem vodama na razini riječnih bazena odnosno zatvorenih hidroloških cjelina koje omogućavaju cjelovito/integralno bilanciranje voda i tvari vezanih uz vode;

- primjenom kombiniranog pristupa u zaštiti voda koji se zasniva na kontroli ispuštanja i standardima kakvoće prijemnika;
- ostvarenjem pune cijene za sva korištenja voda (korisnik plaća i zagađivač plaća);
- što širem učešću građana i svih korisnika voda u procesu upravljanja;
- motrenjem i nadzorom stanja voda, kakvoće voda, korištenja voda, te provođenjem zakonskih mjera.
- prikupljanjem, analizom i obradom svih potrebnih podataka o režimu i stanju voda, radi učinkovitog i djelotvornog gospodarenja vodama, te radi izvještavanja svih nadležnih i javnosti;
- pripremi i primjeni smjernica, pravilnika i drugih dokumenata neophodnih za ostvarenje održivog upravljanja vodama;
- školovanjem kadrova, organiziranjem i vođenjem istraživanja u cilju primjene novih i inovativnih mjera radi učinkovitog i djelotvornog upravljanja.

LITERATURA

1. Zakon o vodama Republike Hrvatske (NN 107/95).
2. Zakon o financiranju vodnog gospodarstva (NN 107/95, NN 19/96, NN 88/98).
3. Hrvatske vode (2003) Vodnogospodarska osnova Hrvatske – radna verzija.
4. Državni plan obrane od poplava (NN 8/97, NN 32/97, NN 43/98, NN 93/99).
5. Državni plan za zaštitu voda (NN 8/99).
6. Nacionalna strategija zaštite okoliša (NN 46/02).
7. Projekt strategija razvitka “Hrvatska u 21. stoljeću”, Ured za strategiju razvitka Republike Hrvatske.
8. Strategija prostornog uređenja Republike Hrvatske, 1997.
9. Europski parlament i vijeće (2000) Okvirna direktiva o vodama Europske unije (Water Framework Directive EU).
10. Konvencija o zaštiti Sredozemnog mora od onečišćenja (MU 1/92).
11. Konvencija o zaštiti i uporabi prekograničnih vodotoka i međunarodnih jezera (MU 4/96).
12. Konvencija o suradnji na zaštiti i održivoj uporabi rijeke Dunav (MU 2/96).
13. Vlada Republike Hrvatske (2001) Sporazum o stabilizaciji i pridruživanju.

Autori:

Dr. sc. Mladen Petrićec, dipl.ing.građ.

Tel. 01 63 07 303, Fax 63 07 686

e-mail petricec@voda.hr

Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb

Prof. dr. sc. Jure Margeta, dipl. ing. građ.

Tel. 021 303 356

e-mail margeta@gradst.hr

Građevinski fakultet, Ulica Matice Hrvatske 21000 Split



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.12.

Unutarnji plovni putovi u Hrvatskoj - potencijali i realizacija

Marko Pršić, Vlatko Kadić, Zorana Filak

SAŽETAK: U državnim razvojnim dokumentima unutarnja plovidba ima svoje principijelno mjesto. No definirani su njeni konačni ciljevi koji su jednu, ili dvije klase iznad postojećeg stanja. Isto tako nije postignuta usuglašenost plovidbe i drugih gospodarskih grana glede korištenja voda. Stanje je još složenije jer su sve hrvatske plovne rijeke međunarodni plovni putovi. Stanje devastacije i neodržavanja plovnih putova i luka zadnjih 10-tak godina načinilo je razliku između proklamiranog i stvarnog još većom. Ipak Hrvatska je počela akcije održavanja plovnih putova i razvitka luka. Te inicijalne akcije su jasne uslijed evidentiranih kratkoročnih potreba. Problem je kako vući strateške poteze. Ovdje se daje kratak pregled stanja i poznatih projekcija za kratkoročne i dugoročne planove. Daju se grube naznake dinamike razvitka uvjetovane međunarodnim sporazumima.

KLJUČNE RIJEČI: unutarnja plovidba, kineta plovnog puta, Europski ugovor o glavnim unutarnjim plovnim putovima, Informacijski sustav na rijekama, Višenamjenski Kanal Dunav-Sava, strategija održavanja i razvitka

Croatian Inland Waterways - Possibilities and Implementation

SUMMARY: Inland navigation has its own place in the national development documents. The ultimate goals of the inland navigation, defined in those documents, are set a level or two above the current state. Also, there is no full agreement between navigation and other economic sectors concerning the water management. Situation gets even more complicated because all of the Croatian navigable rivers are of international importance. The state of devastation and non-maintenance of the waterways and ports during the last 10 years has made the difference between declarative state and real situation even greater. However, Croatia has started some activities on the inland waterways maintenance and port development. Those initial activities are clearly focused considering evident short-term needs. However, making long-term strategic moves causes more problems. Hereby is given a brief overview of short and long-term plans with their known projections. Also some rough estimates of development dynamics, conditioned by international agreements are given.

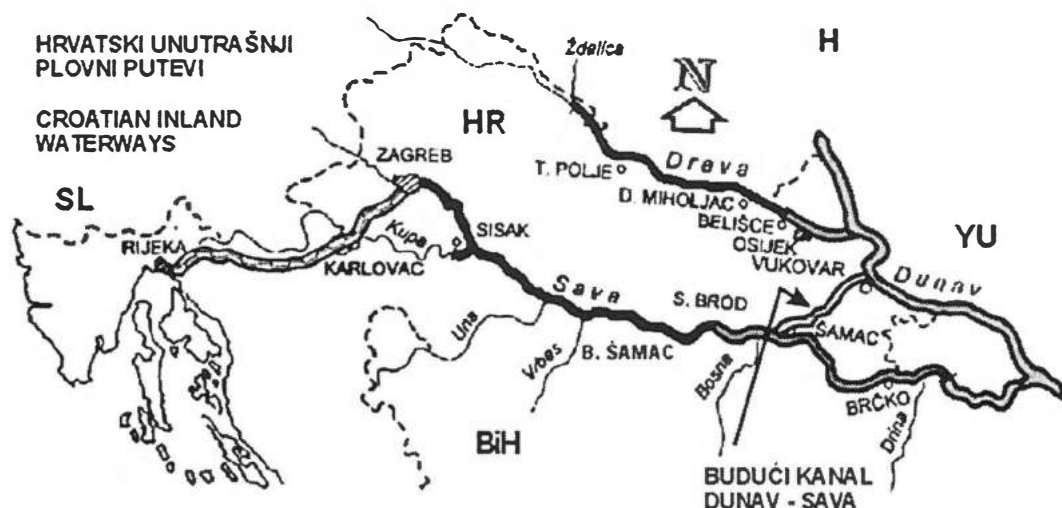
KEYWORDS: inland navigation, fairway, European Agreement on Main Inland Waterways, River information service, Multipurpose Canal Danube- Sava, strategy of maintaining and development

1. UVOD

Unutarnja plovidba danas u Hrvatskoj nije razvijena. Postoje 3 veća plovna puta: Dunav, Drava i Sava. Iako su sva tri deklarirana kao međunarodni ne može se govoriti o značajnoj gospodarskoj grani. Hrvatski plovni putovi su potencijal, no morfologija njihovih prirodnih korita, osim Dunava, je takva da nemaju onako visoku međunarodnu klasu koja garantira ekonomičnu eksploataciju velikim potiskivanim sastavima. Razlog zašto dosad klase savskog i dravskog plovnog puta nisu podignute na gospodarski privlačnu razinu je u potrebi velikih ulaganja. Osim toga bitna je nepogoda da najduži hrvatski plovni put, rijeka Sava, trenutno nije aktivno povezan s Dunavom. Nepovoljno je i to što je hrvatska plovna mreža rijetka, pa bi tek izgradnjom umjetnog višenamjenskog kanala Dunav-Sava bila povezana i dobila na gustoći. Ni luke unutarnje plovidbe nisu razvijene, posebno ne kao međunarodni robni i proizvodni centri. Svega dvije luke, Osijek i Vukovar, imaju prilično živ promet dok ostale gotovo ne posluju. Ukupan promet u hrvatskim lukama 2001. godine iznosio je 1,3 milijuna tona, što je godišnji promet jedne ispodprosječne europske luke. Analogno tome i promet na plovnim putovima je izrazito mali, a posebna mu je mana da se radi o lokalnom prometu na kratkim udaljenostima. Oko 50% prevezenih roba na hrvatskim plovnim putovima je šljunak, čija je transportna udaljenost ispod 30km. Druga trgovačka plovidba odvija se na 14 km Drave, od Dunava do Osijeka, te na Savi između Sl. Broda i Siska gdje se prevozi nafta te na Hrvatskom Dunavu.

U Europi je unutarnja plovidba najrazvijenija u sjeverozapadnim državama, sudjeluje u ukupnom transportu s preko 20%. U Hrvatskoj je učešće riječnog transporta 3%, a po Strategiji prometnog razvitka Republike Hrvatske [11] plan je povećati udio na 15%. Učešće transporta u jediničnoj cijeni ind. proizvoda je cca 5%, dok je kod nas oko 15%. Iz tih brojki proizlazi velik gospodarski potencijal unutarnje plovidbe, no za njih treba i veliko ulaganje u plovne putove. Prvu revoluciju u riječnom prometu načinio je parobrod početkom 19. st. Druga revolucija desila se nakon II. sv. rata kad je počeo prijelaz sa tegljene na potiskivanu tehnologiju pogona teretnih plovila. Time su pogonski troškovi unutarnje plovidbe, ionako najniži od svih vidova prometa, postali još niži (brod:željeznica:cesta=4:14:24). Nasuprot tome ostala dva troška: gradnja i održavanje plovnog puta su izrazito veliki. Trećom revolucijom može se proglasiti spajanje 3500 km dugog unutarnjeg plovnog puta Rajna-Majna Dunav 1994. U ex Jugoslaviji Hrvatska je imala brodarsku kompaniju «Dunavski Lloyd» koja danas posluje u smanjenom obimu. Glavne luke bile su Vukovar, Sisak, Osijek i Sl. Brod. Hrvatski riječni promet iznosio je 1989. 3,7 mil t godišnje, a dominantna roba bio je šljunak.

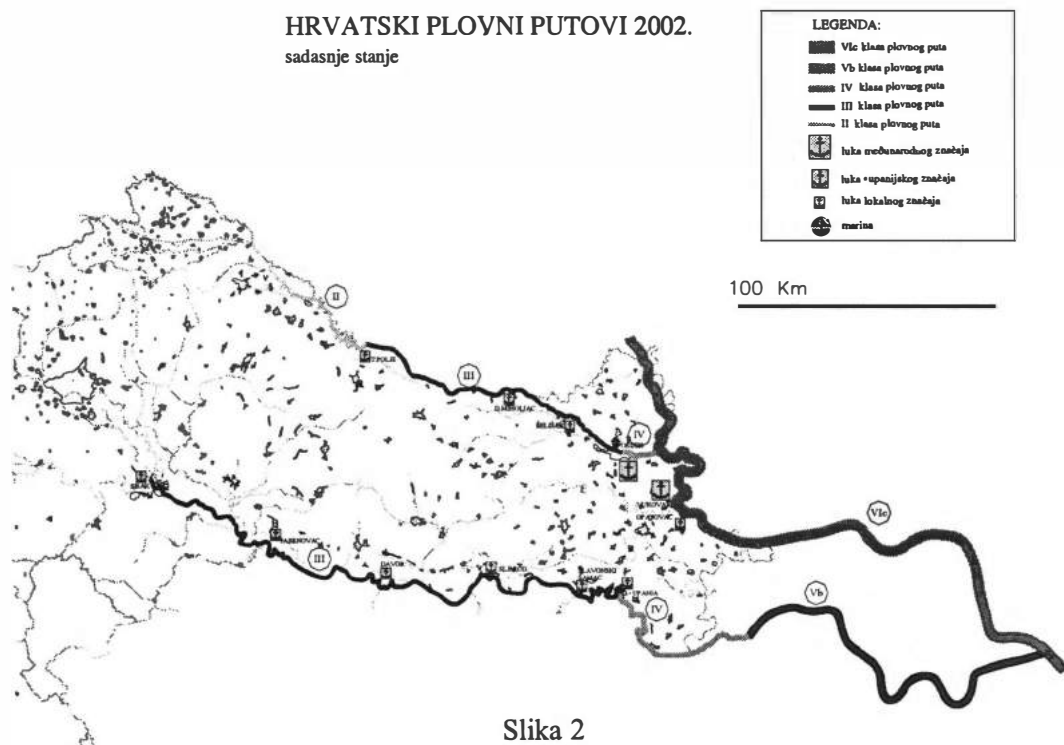
Klasifikacija europskih plovnih rijeka i kanala definirana je 1996. godine u Genevi kad je objavljen *Europski ugovor o glavnim unutarnjim plovnim putovima od međunarodnog značenja* (AGN) [1]. Hrvatska je AGN potpisala 1997, a ugovor je stupio na snagu 1999. godine. Prema *Ugovoru* u Hrvatskoj su u sustav Europskih plovnih putova uvršteni plovni putovi: - E 80, rijeka Dunav VI.c klase; - E 80-08, Drava do Osijeka IV. Klase; - E 80-12, rijeka Sava od Jamene do Siska IV. klase (minimalna međunarodna klasa primjenjuje se samo za uređenje postojećih plovnih putova); i - E 80-10 – budući višenamjenski kanal Dunav-Sava od Vukovara do Šamca, dužine 61,5 km, V-b klase (standardna međunarodna klasa primjenjuje se za unapređenje postojećih i gradnju novih plovnih putova). Današnje realno stanje klasa hrvatskih plovnih rijeka u potpunosti ne zadovoljava proklamirane IV. klase u slučaju Save i Drave. U Strategiji prostornog uređenja RH [12] klase plovnih putova na Savi i Dravi za dugoroče planirane su i više; tj V.b.



Slika 1.

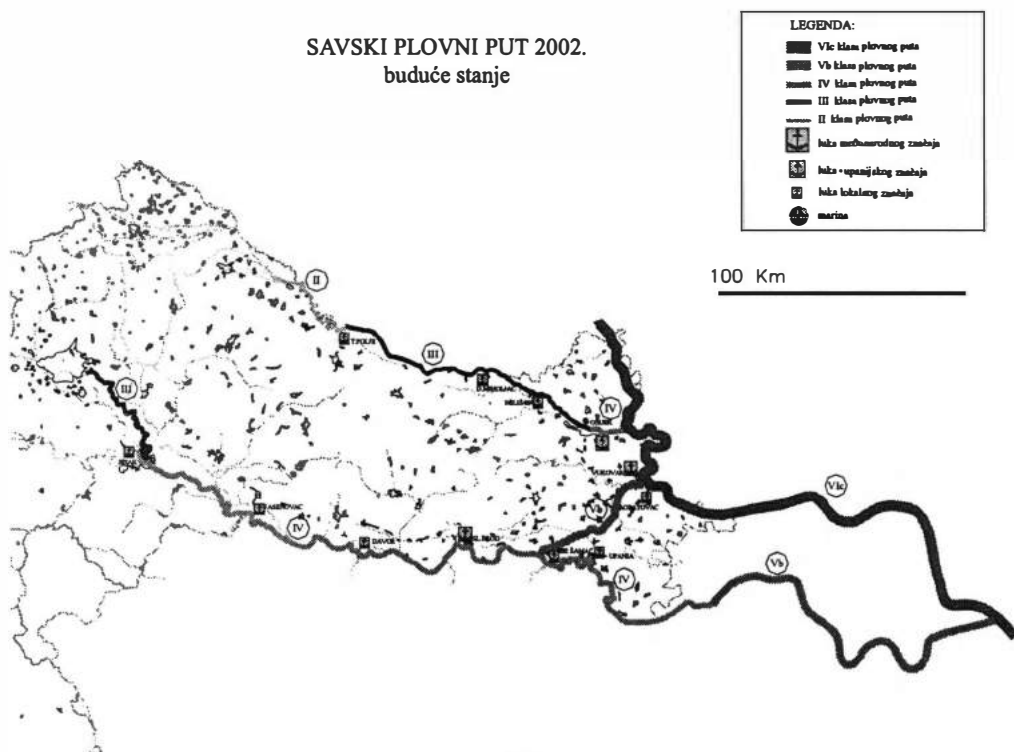
U proteklom razdoblju od 1990- 2000. g. nisu se obavljali nikakvi radovi održavanja plovnih putova osim lokalnog vađenja šljunka koji se u pravilu treba vaditi iz projektirane trase plovnog puta. U ranijem razdoblju od 1970- 1990. g. također se vrlo malo radilo na poboljšanju uvjeta plovidbe. Većina aktivnosti svodila se na bagerske intervencije kopanja plicaka. Neznatni su radovi na izgradnji regulacijskih građevina za malu vodu tj. za plovidbu. Pretežni dio izgradnje regulacijskih građevina obavljao se još za vrijeme kraljevine Austro- Ugarske i kraljevine Jugoslavije, a u međuvremenu gabariti plovila znatno su povećani. Nakon 1970. g. uslijedilo je razdoblje razvoja cestovnog prometa i

HRVATSKI PLOVNI PUTOWI 2002. sadašnje stanje



Slika 2

zapuštanja prijevoza rijekama. Tek 2002. g. godine osigurana su značajna financijska sredstva za uređenje plovnih putova (48 milijuna kuna, 32 milijuna kapitalnih ulaganja i 16 milijuna tekućih ulaganja)



Slika 3

Tablica 1

IME DIONICE	OD STACIONAŽE DO STACIONAŽE
Jasenovac – Sisak	528+132.76 – 584+414.76
Davor	408+619.29 – 439+545.88
Slavonski Šamac	296+592.04 – 323+808.19
Županja	257+567.53 – 262+297.56
Slavonski Brod	364+863.27 – 387+949.60
Slavonski Kobaš	394+757.72 – 397+856.28
Stara Gradiška	446+485.27 – 464+236.39
Gunja	210+581.23 – 218+722.23

2. STANJE I BUDUĆNOST HRVATSKIH PLOVNIH PUTOVA

2.1 Rijeka Dunav

Rijeka Dunav sa 137,5 km prolaska kroz Hrvatsku zadovoljava plovni put VIc klase što je plovni put najviše kategorije u Hrvatskoj. Dio je međunarodnog plovnog puta pod oznakom E-80. Pošto je Dunav u svom srednjem toku bogat vodom, a morfologija korita pravilna, plovidba Dunavom odvija se bez poteškoća od rkm. 1295 do do rkm 1433. Problemi postoje nizvodno gdje su uslijed bombardiranja NATO snaga porušeni mostovi u Novom Sadu i gdje su postavljeni pontoni koji predstavljaju smetnju plovidbi. Ostaci dva mosta izvađeni su iz plovnog puta dok treći u većoj mjeri ne smeta plovidbi. Plovidba kroz taj sektor odvija se tri dana u tjednu (režim otvaranja pontona). Potpuno otvaranje nizvodne dunavske plovidbe Srbija uvjetuje rekonstrukcijom srušenih mostova od strane međunarodne zajednice.

Aktualni je problem državna granice sa SRJ. Kako je Dunav nekada bio prirodna državna granica a zbog neosiguranih obala meandrirao, veliki dio hrvatskog teritorija nalazi se na lijevoj obali Dunava (cca 8 500 ha), a manji dio srpskog teritorija na desnoj obali Dunava (cca 600 ha). Razilaženja u pregovorima postoje oko linije granice: jugoslavenska strana traži da to bude rijeka Dunav u svom promijenjenom koritu, a hrvatska strana inzistira da to bude stara katastarska linija. Pregovori su u tijeku.

Problematična dionica za plovidbu nalazi se uzvodno od Apatina gdje sprudište račva vodotok i prijeti projektiranoj trasi plovnog puta. Izravan problem je pri plovidbi kroz kanal Mohovo gdje je korito od tvrdog materijala pa se pri nižem vodostaju mora ploviti s povećanom pažnjom. Izražen je i višegodišnji problem osiguranja obale ispod sela Šarengrad gdje rijeka erodira obalu i opasno podriva selo. Problem je pitanje interesa, a time i financiranja, da li je regulacija obale u smislu održavanja plovnog puta ili u smislu zaštite obale. Zbog nedostatka sredstava problem se svake godine rješava djelomično.

Projekti

Kako se Hrvatska međunarodnim ugovorima obvezala uspostaviti CRORIS sustav (Croatian River Information Service) započet je pilot program informatizacije rijeke Dunav koji će osigurati informacije vezane za navigaciju i kvalitetu plovnog puta (GIS format). Projekt je pod patronatom EU-a, a projekt koordinator za države srednjeg i donjeg Dunava je austrijski Via Donau. Projekt je u fazi nacrtu Ugovora sa potencijalnim nositeljima projekta. GIS karta je u fazi iscertavanja pratećih podataka. Planovi za znatne promjene plovnog puta ne postoje ni u državnim ni u međudržavnim planovima. Poznat je projekt hidroenergetske i plovne stepenice Novi Sad čiji bi se uspor osjetio na cijelom Hrvatskom Dunavu. Procjenjuje se da do njene realizacije neće doći ni u kratkoročnom niti u dugoročnom razdoblju no treba ju uvažavati kod projektiranja budućih vodnih građevina.

2.2 Rijeka Sava

Plovni put na rijeci Savi u Republici Hrvatskoj od rkm 202.5 do rkm 583 s dijelom rijeke Kupe od ušća u rijeku Savu do rkm 5, dio je međunarodnog plovnog puta E-80-12. Dionica od rkm 202.5 do rkm 507 je granična s Bosnom i Hercegovinom.

Kao međunarodni plovni put trebao bi imati elemente IV klase, a prema [10 i 11] građenjem objekata i drugim zahvatima treba težiti da se postigne Vb klasa. Trenutno stanje dubina za definirani niski plovni vodostaj - NPV (kod vodostaja 95%-tnog trajanja) ne udovoljava IV klasi i odgovara približno III klasi plovnih putova. Stanje zavoja također ne udovoljava jer postoji znatan broj zavoja s manjim radijusom od minimalnog potrebnog. Problem prokapanja zavoja izražen je zbog zadiranja u tlo hrvatske ili bosanske države. Problem malih radijusa posebno je izražen u gornjem dijelu od Stare Gradiške do Siska. Ovakvi radijusi ne zadovoljavaju plovidbu većih potiskivanih sastava, te je Sava «osuđena» na tehnologiju vučenih sastava tegljačima i tegljenicama ili eventualno samohodnih brodova koji obično imaju veće gazove.

Trenutno se rijekom Savom prevozi sirova nafta od Rušnice do Siska (oko 250 000 tona godišnje), te lokalni prijevozi šljunka i pijeska koji se vadi iz korita za potrebe građevinske operative. Naznake su da bi se mogli prevoziti naftni derivati iz Siska prema SRJ (oko 200 000 tona) posebno nakon postignutog sporazuma o slobodnoj plovidbi sa SRJ i BiH. Otvaranjem plovidbe i izgradnjom Luke Slavonski Brod očekuje se povećanje robnog prometa.

Prema dosadašnjoj projektnoj dokumentaciji «Novelacija kinete plovnog puta r. Save od Jamene do Siska, te analiza stanja malih voda (95%-tne vode)» [5] određen je nivo niskog plovnog vodostaja koji odgovara nivou 95%-tnog trajanja, tj. plovni vodostaj bi trebao trajati 345 dana u godini. Ovaj nivo je i regulacijski nivo za malu vodu odnosno za plovidbu. Svi regulacijski radovi koji su se izvodili do 1990. (uglavnom koncesijski iskopi šljunka i pijeska) projektirani su na min. 3m, odnosno dozvoljeno 4,5m ispod razine 95%-tne vode. Radi nepravilnosti kod iskopa na taj način se samo mjestimično osiguravala dubina plovnog puta od 3,5 m. I prije 1990. vađenjima šljunka nije se uspjelo na cijeloj trasi osigurati dubinu od 3,5 m. Potpunog prekida plovidbe radi niskog vodostaja nije bilo, ali je redovito svake godine bilo po 30-tak i više dana ograničene plovidbe sa smanjenim gazom do 1,5 m (puni je gaz 2,5m). Dubine plovnog korita su pritom na najkritičnijim mjestima bile minimalno 1,7 m. Prijevoz s gazom manjim od 1.5 metara više nije ekonomski prihvatljiv i tada bi se plovidba prekidala, ali to je bilo vrlo rijetko.

Na potezu od Račinovaca do Siska postoji 30-tak lokacija gdje dubine riječnog korita ne osiguravaju potrebnu dubinu plovnog puta. Ovi pličaci se nalaze na mjestima koja su prirodni pragovi od čvršćeg materijala u dnu korita ili su posljedica intenzivnog donošenja nanosa. Hrv. vode natječajima izdaju koncesije za vađenje šljunka i pijeska. Najveći interes je u zonama gdje se izvode radovi na autocesti, kao i na dionicama gdje se vadi komercijalni materijal (šljunak). Mjesta gdje je materijal u dnu nekvalitetan ili je na nepogodnom mjestu jer nema mjesta za deponiju ni prilaznih putova, nisu interesantna za komercijalno iskorištavanje. Posebno nisu interesantne dionice gdje je dno od čvrstog laporovitog materijala. Dionice sa izdanim koncesijama se često ne eksploatiraju kako bi trebalo. Korisnici su skloni vaditi materijal tamo gdje je kvalitetniji pa obavljaju iskop i izvan projektiranog plovnog puta. Poseban problem je činjenica da se radi o graničnom području, te se iskop od strane Hrvatskih voda odobrava samo na lijevoj polovini plovnog korita. BiH strana također, jednako nesistematično, vrši eksploataciju.

U okviru Pakta o stabilnosti započet je projekt «Sava inicijative» u cilju zajedničkog djelovanja zemalja savskog bazena na rehabilitaciji rijeke Save. Formirane su dvije radne grupe- jedna za donošenje međudržavnog sporazuma o zajedničkom nastupu i druga operativna za nominaciju konkretnih projekata rehabilitacije u smislu prometa,

ekologije i zaštite od poplava. Prvi rezultat rada «Sava inicijative» je potpisani Okvirni sporazum o suradnji na slivu rijeke Save između R. Hrvatske, R. Slovenije, BiH i Srbije i Crne Gore.

Projekti

U 2002. godini pokrenut je veliki projekt uređenja savskog plovnog puta na proklamiranu IV. Klasu, koji se sastoji od tri cjeline:

Hidrološke i hidrauličke podloge

Trasiranje plovnog puta Save

Idejna rješenja zahvata

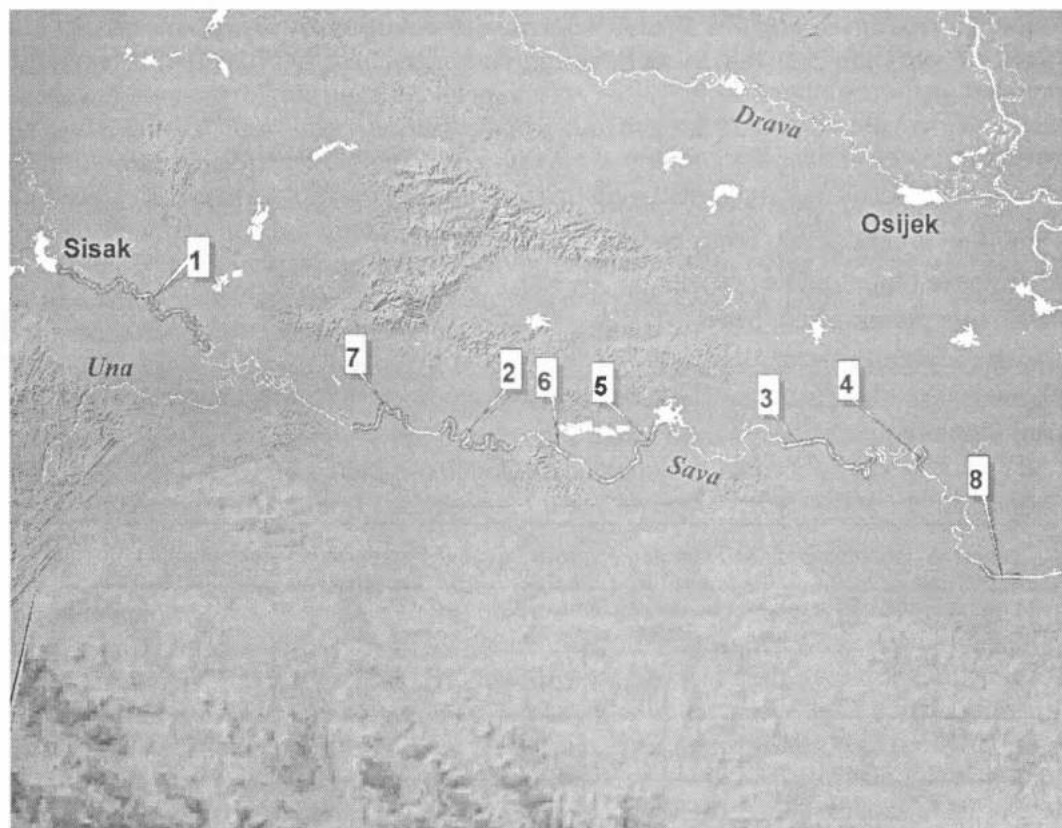
U prvoj fazu obrađivane su sljedeće dionice, koje su se prema iskustvu pokazale kao prioritetne:

Tablica 2

Tehničko- tehnološka obilježja unutarnjih plovnih putova Republike Hrvatske (stanje prije rata)									
Plovni put	Duljina (km)	Motorna plovila, tegljenice i potiskivani sastavi				Minimalni gabarit ispod mostova (m)	Klasa	Grafički simbol na kartama	Primjedba
		Duljina (m)	Širina (m)	Gaz (m)	Tonaža (t)				
Rijeka Dunav 1433-1295.5	137.5	270-280	22.8	2.50-4.50	9600-18000	9.1	Vlc		granično područje sa SRJ
Rijeka Drava 22.0-0.00	22	80-85	9.5	2.50-2.80	1250-1450	5.25 ili 7.00	IV		sve Hrvatska do rkm 70.
Rijeka Drava 82.0-22.0	60	67-80 118-132	8.2- 9.0	1.60-2.50	650- 1000	4.0- 5.0	III		
Rijeka Drava 198.6- 82.0	116.6	50-57	6.6-9.0	1.60-2.50	400- 650	3.0- 5.0	II		granično područje sa Mađarskom
Rijeka Sava 507.0- 207.0	300	67-80 118-132	8.2- 9.0	1.60-2.50	650- 1000	4.0- 5.0	III		granično područje sa BiH
Rijeka Sava 583.0- 507.0	76	67-80 118-132	8.2- 9.0	1.60-2.50	650- 1000	4.0- 5.0	III		sve Hrvatska
Rijeka Sava 653.0- 583.0	70	50- 57	6.6- 9.0	1.60-2.50	400- 650	3.0- 5.0	II		
Rijeka Kupa 5.00-0.00	5	67-80 118-132	8.2- 9.0	1.60-2.50	650- 1000	4.0- 5.0	III		sve Hrvatska

pri čemu su navedene stacionaže izražene prema kineti plovnog puta iz elaborata “Novelacija kinete plovnog puta rijeke Save od Jamene do Siska”, Zagreb, 1989, [5]

Hidrološko-hidraulička obrada imala je za cilj procijeniti vodna lica trajanja 60%, 70%, 80%, 90% i 95%, pri čemu je utvrđeno sniženje vodnih lica u odnosu na razdoblje prije 1990. godine, kao posljedica intenzivne eksploatacije šljunka u rijeci Savi. Kako još uvijek nije načinjen kompletan novi snimak Save, vodna lica su proračunata u odnosu na novije vodostaje na savskim vodomjerima i prema vodnim licima iz prijašnjeg hidrauličkog proračuna (Proračun vodnih lica Save od Jamene do Sutle i aktualizacija geodetskih podloga za Savu, JVP Hrvatska vodoprivreda, 1992.) [8].



Slika 4

Trasiranjem novog plovnog puta rijeke Save određena su područja na kojima nije bilo moguće zadovoljiti plovni gabarit ili radijus zavoja, koja su time postale podloga za izradu idejnih projektnih rješenja građevinskih zahvata iskopa korita, pera i obaloutvrde kojima je svrha uspostava plovnog puta na tim kritičnim područjima, dok su eventualni prokopi predviđeni za sljedeću fazu projekta. Projektni elementi su: plovni gabarit 70/2.2 m kod 95% trajanja vodostaja i minimalni radijus od 400 m.

U smislu vodnogospodarskog i energetskeg korištenja Save postoji dilema. Prvi scenario definiran je u Strategiji prostornog uređenja RH [12] gdje stoji plan o gradnji 3 vodne stepenice, od toga su 2 zajedničke s BiH. Gradnja vodnih stepenica podigla bi klasu plovnog puta Save na V.b. Drugi mogući scenario uređenja Save je morfološka regulacija korita za IV. klasu plovnog puta. Isti nije nigdje proklamiran, ali je na snazi, jer za prvi nema naznaka realizacije. On je posljedica globalnog ekološkog protivljenja artificiranju rijeka i posljedica energetske neatraktivnosti Save. Cilj uređenja Save za plovidbu je i formiranje hrvatskog kombiniranog prometnog koridora Podunavlje-Jadran, između Vukovara i Rijeke. Koridor bi se sastojao od: kanala Dunav-Sava, plovne Save i željezničke pruge Rijeka-Zagreb (Sisak). Moguć je i ekonomski manje atraktivan koridor Vukovar Ploče. Dilemu između dva scenarija radi potreba struke i uštede u mogućim nepotrebnim troškovima treba razriješiti.

2.3 Rijeka Drava

Rijeka Drava plovna je od km 0 do km 198.6 i podijeljena je u nekoliko kategorija: rkm 0-22 plovni je put IV klase i dionica najviše kategorije, rkm 22-82 (rkm 22-150 po fizičkim pokazateljima i prema Strategiji prostornog uređenja R. Hrvatske, 1997., str 211 [12]) plovni je put III klase i rkm 82-198.6 (rkm 150-187,6 po fizičkim pokazateljima i prema Strategiji prostornog uređenja R. Hrvatske, 1997., str 211 [12]) plovni je put II klase uz napomenu da je ova dionica ujedno i prirodna granica sa Republikom Mađarskom. Prva dionica rkm 0-22 integrirana je u mrežu međunarodnih plovni putova pod oznakom E-80-10 i primarni interes Republike Hrvatske je uspostava sigurne plovidbe na toj dionici

Trenutno stanje dubina (uz definirani niski plovni vodostaj - NPV kod vodostaja 95%-tnog trajanja) ne udovoljava zahtjevima IV klase. Složenost održavanja plovnog puta izražena je zbog ušća Drave u Dunav gdje često usljed nemogućnosti prihvata velike količine vode rijeka Dunav stvara uspor na rijeci Dravi, a time i povoljne uvjete za taloženje nanosa. Drugi problem je opći trend sniženja vodostaja u zadnjem desetljeću zbog prirodne promjene hidroloških i hidrografskih uvjeta koji su doveli do toga da je 2001. godine obustava plovidbe trajala više od sto dana. Tomu su pridonijele i hidroelektrane čiji režimi ispuštanja manjih količina vode od prirodnog dotoka uzrokuje dnevno sniženje vodostaja te negativno utječe na mogućnost plovidbe. Zbog svega toga luka Tranzit na rkm 14 ima velike teškoće u privlačenju brodara te bilježi značajne gubitke.

Projekti

2002. godine započet je projekt uređenja ušća rijeke Drave u Dunav koji bi osigurao parametre proklamirane IV klase plovnog puta rijeke Drave od rkm 0-22. Projekt predviđa suženje korita rijeke perima radi povećanje brzine tečenja i sprečavanja taloženja nanosa. Projekt je u fazi matematičkog modeliranja koje bi trebalo odrediti mjesta hidrauličkih djelovanja i obim građevinskih zahvata. Projekt pregrade akvatorija luke Tranzit također je u fazi matematičkog modeliranja gdje se nastoji odrediti koji način građenja će polučiti željene rezultate. Plan je do kraja godine dovršiti projektnu i tehničku dokumentaciju te regulacijskim radovima riješiti najkritičnije dionice. Konačna realizacija projekta dionice do Osijeka može se očekivati uz uvjet osiguranja sredstava kroz 2-3 godine. U međuvremenu plovnost treba osigurati interventnim zahvatima vađenja nanosa. Plovni put je definiran međunarodnim i domaćim planskim aktima i legislativom.

U smislu vodnogospodarskog i energetskog korištenja Drave postoji dilema. U Strategiji prostornog uređenja RH [12] stoji plan o gradnji 3 vodne stepenice, od toga 2 su zajedničke s Mađarskom. Mađarska se već deklarirala protiv gradnje vodnih stepenica, a HEP također. Alternativno uređenje Drave je morfološka regulacija korita. Ovu dilemu radi potreba struke, i uštede u mogućim nepotrebnim troškovima treba razriješiti.

3. ODRŽAVANJE I OBILJEŽAVANJE PLOVNIH PUTOVA

Zadaću tehničkog održavanja prema članku 11. Zakona o plovidbi unutarnjim vodama [15] obavljaju Hrvatske vode u skladu s godišnjim programom i Pravilnikom o tehničkom održavanju unutarnjih plovni putova [6].

Zadaću obilježavanja i održavanja objekata sigurnosti plovidbe prema odredbi članka 13. Zakona o plovidbi unutarnjim vodama [8] obavlja Ministarstvo na temelju godišnjeg

programa rada. Obilježavanje dijela koji je prirodna granica sa Republikom Mađarskom vrši se po Sporazumu koji je potpisan još za vrijeme SFRJ između Mađarske i Jugoslavije [10]. Po Sporazumu obje strane su dužne jedna drugu izvješćivati o planu i programu obilježavanja te se jednom godišnje sastajati i koordinirati zajednički rad. Potrebno je donijeti novi Sporazum o plovidbi između Hrvatske i Mađarske. Prijedlog Sporazuma o obilježavanju plovnog puta rijeke Save poslan je bosanskoj strani na razmatranje i očekuje se da će 2003. sporazum biti potpisan.

4. ZAKLJUČAK

4.1 Prijedlog usmjerenja i ciljeva

Na međunarodnoj razini potrebno je na Dunavu utvrditi granicu s SR Jugoslavijom. To je kratkoročna zadaća na kojoj komisija osnovana aktom Vlade RH pod okriljem MVP već radi. Na Dravi s Mađarskom definirati međusobne obaveze na obilježavanju i održavanju plovnog puta, kao i zajedničku klasifikaciju. Načiniti sporazum sa BiH o zajedničkom obilježavanju i održavanju plovnog puta rijeke Save.

Na razini države u kratkoročju treba izraditi 5-godišnji plana razvitka unutarnjih plovnih putova (obaveza MPPV-a) temeljem Zakona o plovidbi unutarnjim vodama [15]. Plan, pored dinamike i opsega uređenja plovnih putova, treba sadržati i službeni definiciju sadašnjih klasa hrvatskih riječnih putova, kao i klasifikaciju luka unutarnje plovidbe. Za ostvarenje tih ciljeva potrebne su i neke tehničke pretpostavke, pa je tako u srednjoročju potrebno izraditi hidrografske atlase Dunava, Drave i Save. Prijedlogom novog Zakona o plovidbi unutarnjim vodama [15] predviđeno je osnivanje Agencije za plovne putove unutarnjih voda koja bi nesmetano obavljala poslove građenja, upravljanja, regulacije i tehničkog održavanja plovnih putova.

Rijeku Dunav zadovoljava deklariranu VI.c klasu plovnog puta. Stoga u kratkoročju treba načiniti, a u srednjoročju, dugoročju treba planove obilježavanja i održavanja građevina za plovidbu provoditi. Poznat je projekt hidroenergetske i plovne stepenice Novi Sad, pa ostaje obaveza da se u projektima plovidbe, pa i cijelog vodnog gospodarstva, uzme u obzir i takvo stanje Dunava.

Rijeku Dravu, deklarirane IV. klase plovnog puta do Osijeka; tj do km 22. u kratkoročju i srednjoročju treba regulacijom korita dotjerati na stvarnu IV. klasu. Prva faza tog procesa: projektiranje, je u toku. Za dravski plovni put od Osijeka (22. km) do T. Polja (157. km) III. klase, i II. klase od T. Polja do Ždalice (198,6. km) treba u kratkoročju donijeti planove održavanja i obilježavanja. U kratkoročju, srednjoročju i dugoročju treba provoditi planove obilježavanja i održavanja. U srednjoročju treba riješiti dilemu oko načina uređenja rijeke: vodnim stepenicama ili morfološkom regulacijom korita.

Rijeku Savu RH je deklarirala kao plovni put IV. klase od Jamene do Siska. Na toj dionici klasa u potpunosti nije zadovoljena. Radi navedenog treba u kratkoročju načiniti projekt kompletnog uređenja rijeke Save za plovidbu te program za srednjoročje. U kratkoročju treba regulirati korito riječnih dionica kritičnih za plovidbu. Prva faza, projektiranje i manji građevinski zahvati, je u toku. U srednjoročju treba nastaviti sustavnu regulaciju korita za plovidbu radi podizanja klase plovnog puta na IV. Iznimka mogu biti prokopi meandara s premalnim radijusima, naročito u urbanim cjelinama. U dugoročju treba potpuno podići klasu plovnog puta na IV. U srednjoročju treba riješiti dilemu oko načina uređenja rijeke- vodnim stepenicama ili morfološkom regulacijom

korita. Radi razriješena dileme oko načina uređenja Save za plovidbu i ostale namjene treba u kratkoročnom razdoblju zajedno s BiH načiniti feasibility studiju kombiniranog prometnog koridora Podunavlje-Jadran te donijeti načelnu Vladinu odluku o razvijanju ili nerazvijanju tog prometnog koridora. Time će se ujedno definirati način uređenja Save, mogući kanal Dunav-Sava i nova luka Vukovar.

Za budući **Višenamjenski Kanal Dunav - Sava** postoji Idejni građevinski projekt [2] i prihvaćena ekološka studija [13]. U kratkoročnom razdoblju treba načiniti feasibility studiju kombiniranog prometnog koridora Podunavlje-Jadran te donijeti načelnu Vladinu odluku o gradnji kanala. Treba osnovati trgovačko društvo za gradnju kanala. Temeljem toga u srednjoročnom razdoblju trgovačko društvo treba naći financijere i donijeti planove i pripremiti gradnju. Isto tako tokom sredoročja treba očekivati gradnju I. faze kanala: 9km do buduće bazenske luke Vukovar [3], a preko II. i III. faze i njegovo dovršenje u daljoj budućnosti. U kratkoročnom i srednjoročnom razdoblju treba kod kapitalnih vodnih građevina sliva Vuke, i Bosuta voditi računa u mogućoj gradnji kanala Dunav – Sava.

3.2 Strategije održavanja i razvitka

Unutarnji plovni putovi protežu se na vrlo širokim prostorima i kolidiraju sa svim sferama života. Stoga je njihovo fizičko unapređenje kompleksno. No u hrvatskom slučaju to dosada znači skoro nikakvo. Od nedavno područje unutarnje plovidbe pokriveno je legislativom i međunarodnim ugovorima. Kratkoročje, treba biti posvećeno izradi planova održavanja i najnužnijeg unapređenja. U kratkoročju i srednjoročju treba rješavati kritične plovne dionice, a u dugoročju nastaviti sustavno uređenje plovnih putova. Hrvatski riječni plovni putovi, osim Dunava, ne zadovoljavaju proklamirane međunarodne klase i treba ih urediti. To potpuno ovisi o načinu uređenja rijeke, a predviđeno uređenje plovnih rijeka u državnim prostornoplanskim dokumentima potpuno je suprotno od onoga što planira gospodarstvo. Prvi predviđaju energetska korištenje Save i Drave vodnim stepenicama, što je za plovidbu najbolje rješenje jer omogućava kvalitetni skok plovnog puta na standardnu međunarodnu V.b klasu. No to rješenje je i najskuplje. Drugi vodnih stepenica u svojim planovima uopće nemaju, pa preostaje uređenje rijeka morfološkom regulacijom na minimalnu međunarodnu IV. klasu; tj. nije moguć kvalitetni skok klase plovnog puta. Ovaj drugi, jeftiniji, način uređenja podupiru i ekološki trendovi. Dva moguća scenarija samo štete planiranju plovidbe, i ostalih vodnogospodarskih aktivnosti, u situaciji kad niti jedan nije važeći. Stoga je za plovidbu prioritet da vlada donese jasnu odluku o načinu uređenja rijeka. To je moguće jedino kroz vrlo složene feasibility studije koje će uključiti vodno gospodarstvo, energetiku, poljoprivredu, plovidbu, ekologiju i susjedne države. Potom treba vladinim odlukama i zakonskom procedurom zaključke studija verificirati, tj. utvrditi sustav mjera, rokove, sredstva i izvršitelje za realizaciju uređenja rijeka. Kroz gornje feasibility studije u srednjoročju treba definirati i strategijski pravac razvitka plovidbe, što znači: riješiti dilemu ima li ekonomskog interesa razvijati hrvatski kombinirani riječno–željeznički prometni koridor između Podunavlja i Jadrana, ili ostati pretežno na lokalnoj plovidbi kakva je danas. Unutar tog procesa odlučivanja treba uklopiti i rješavanje sudbine plovnog kanala Dunav-Sava i potencijalne luke Vukovar na kanlu. Vremenski prioritet je rješavanje savskih pitanja, na što obavezuju međunarodni ugovori i potrebe domaće plovidbe.

Literatura

- [1] Europski ugovor o glavnim unutarnjim plovnim putevima od međunarodnog značaja (AGN), *Ujedinjeni narodi, Gospodarstvena komisija za Europu, Povjerenstvo za unutarnji promet, Geneva siječnja 1996. (izvor Ministarstvo pomorstva, prometa i veza, RH 1998.)*.
- [2] Idejni projekt višenamjenskog kanala Dunav_SAva, , HV 1998.
- [3] Idejni projekt luke Vukovar, HV 2000.
- [4] Klasifikacija unutarnjih plovnih puteva u europski, *United Nations, Economic and Social Council, Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee, Resolution No. 30, TRANS/SC3/131, Geneva XI. 1992 (UN / ECE 1992.)*.
- [5] Novelacija kinete plovnog puta rijeke Save od Jamene do Siska, Zagreb, 1989.
- [6] Pravilnik o tehničkom održavanju unutarnjih plovnih putova, *Narodne novine, 75/00*
- [7] 4Program prostornog uređenja RH, Zastupnički dom Hrvatskog državnog sabora RH, 07.05.1999.
- [8] Proračun vodnih lica Save od Jamene do Sutle i aktualizacija geodetskih podloga za Savu, JVP Hrvatska vodoprivreda, 1992.
- [9] Protokol o uspostavljanju plovidbe na unutarnjim plovnim putovima rijeke Save i njenih pritoka između RH i BiH, 1998.9
- [10] Sporazum između Vlade SFRJ i Vlade NR Mađarske o plovidbi na reci Dravi, Beograd, 1975
- [11] Strategija prometnog razvitka RH, Zastupnički dom Hrvatskog državnog sabora RH, *XII. 1999.*
- [12] Strategija prostornog uređenja RH, Zastupnički dom Sabora RH, 27.06.1997.
- [13] Studija utjecaja luke Vukovar na okoliš (završena, ali nije išla u proceduru), HV 1998.
- [14] Vodne stepenice na Dravi, Elektroprojekt 1977.
- [15] Zakon o plovidbi unutarnjim vodama, *Narodne novine 19/98*

Autori:

Marko Pršić, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Vlatko Kadić

Zorana Filak



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.13.

Prilog utvrđivanju kriterija za održivo gospodarenje vodom

Lidija Runko Luttenberger

SAŽETAK: U radu se navode odrednice nositelja vodne politike i politike cijena, raspravlja o poimanju potrošača vode o cijeni usluge, obrazlaže u kojoj mjeri cijena usluge vode utječe na njeno korištenje, uz isticanje da cijena usluge vode nema samo ekonomski aspekt. Autor iznosi dileme o privatizaciji gospodarenja vodom, daje karakteristike novog gospodarenja vodom, te navodi primjer neprimjerene domaće prakse održivog gospodarenja vodom u kojem je potrošač izložen nepostojanju državne i transgranične vodne politike. Rad analizira da troškove uzrokovane opskrbom i obradom vode ne može snositi samo okoliš kroz prestanak funkcioniranja ekosustava i određene kategorije stanovništva putem unakrsnih skrivenih subvencija. Konačno, naglašava se potreba da vlade moraju postaviti razuman, jasan i pravedan režim utvrđivanja cijene vode, uz programe podizanja svijesti o okolišu.

KLJUČNE RIJEČI: cijena vode, održivo gospodarenje vodom održivi razvoj, privatizacija vodnih usluga, unakrsno subvencioniranje vode

A Contribution to Establishing Criteria for Sustainable Water Management

SUMMARY: The paper points out the guidelines for the water and water price policy-makers, discusses the perception of the water service prices by water consumers, presents to what extent the price of water influences its consumption, and emphasizes that price for water services does not only have an economic aspect. Author outlines the dilemmas concerning privatization of water resources, gives characteristics of new water management policy, and elaborates an example of inappropriate domestic practice in which a consumer finds himself exposed to the non-existence of sustainable national and transboundary water policy. The paper analyses that costs caused by water supply and treatment cannot be borne by the environment through cessation of either eco-system functioning or sacrifice certain citizen categories through cross-subsidization. Finally, emphasized is the need for governments to establish a reasonable, clear and equitable regime of water pricing, accompanied by programs for environmental awareness rising.

KEYWORDS: water pricing, sustainable water management, sustainable development, privatization of water services, water services cross-subsidization

1. ODREDNICE NOSITELJA VODNE POLITIKE I POLITIKE CIJENA

Jedan od strateških ciljeva zajednice treba biti opskrba vodom odgovarajuće kakvoće i pouzdanosti, pri čemu treba imati na umu da su prirodni vodni resursi javno dobro, pa ih se mora zadržati u javnom vlasništvu i nadzoru.

U mnogim zemljama cijena vode ne iskazuje ekonomsku cijenu resursa, odnosno troškove uzrokovane njenim crpljenjem, obradom i dobavom. Iako određenim korisnicima koristi ta neuravnoteženost u cijeni, takvo je djelovanje pogubno za gospodarstvo i okoliš u cjelini. Naime, glavne negativne posljedice su prekomjerna potrošnja vode, podinvestiranje vodne industrije, nedovoljan poticaj za usvajanje djelotvornije tehnologije, znatni gubici vode u sustavu distribucije¹ i štetno djelovanje na okoliš [2]. Politika cijena mora uzimati u obzir i platežnu sposobnost potrošača, jer kod utvrđivanja cijene treba poštivati princip jednakosti i društvene pravde. Dakle, politika cijena ne smije dodatno otežavati razlike u prihodima između društvenih slojeva, kao što ni zajednice na jednom lokalitetu trebaju plaćati veće iznose od zajednica bogatijih vodom na drugom lokalitetu [3]. Isto tako, politika cijena mora odražavati brigu za nacionalnom kohezijom.

Naredno pitanje kod cijena je složen problem sukoba različitih interesa i to interesa lokalnih vlasti spram interesa centralne vlasti, interesi javnih tvrtki spram onih privatnih, kao i i interesi jedne lokalne vlasti spram onih druge lokalne vlasti. Slijedom iznijetog, primarna odgovornost za osiguranje održivog i pravednog razvoja vodnih resursa ostaje na vladama².

2. POIMANJE POTROŠAČA VODE O CIJENI USLUGE

Potrošači vode, u pravilu, vodu smatraju skupom, te se žale što nisu u stanju pravilno poimati njenu cijenu i razloge za povećanje cijena. Općenito se može reći da uloga čimbenika u upravljanju vodom ostaje nejasna što stvara atmosferu sumnje.³

Nerijetko potrošači i udruženja potrošača, kada uspoređuju cijene vode u različitim gradovima, visoke cijene smatraju pokazateljem lošeg upravljanja. Daljnja specifičnost cijena vode je što se fakture za vodu nerijetko smatra jednostavnim instrumentom za obuhvaćanje kojekakvih pristojbi vezanih ili nevezanih za vodni ciklus, uz korištenje kubnog metra kao obračunske jedinice [6].

3. CIJENA VODE KAO ČIMBENIK NJENOG KORIŠTENJA

Zbog izostanka jasnih gospodarskih i ekoloških ciljeva, sadašnje politike utvrđivanje cijene vode ne pružaju potrošačima upute za djelotvorno korištenje vodnih resursa. Naime, reguliranje potrošnje kroz cijenu nije pokazalo djelotvornost kakvu se može očekivati. Primjera radi, potrošnja flaširane vode čija je cijena gotovo 100 puta veća od cijene vode iz slavine, dok često njena stvarna kvaliteta nije bolja, pa čak bi se neke flaširane vode moglo proglasiti nepitkom zbog visokog sadržaja minerala ukoliko bi se prodavala na slavini [7]. Posljedica činjenice da je flaširana vode toliko skuplja od one iz slavine je da su najskuplje vodne usluge one koje ne postoje (tj. cijena vode koju plaća stanovništvo koje nije povezano na mrežu) [8].

1 Procjenjuje se da je količina vode koja se gubi u vodovodnom sustavu Mexico City-a jednaka količini potrebnog za napajanje grada veličine Rima [1].

2 U Njemačkoj i Italiji je lokalnim zajednicama ostavljeno da određuju cijenu unutar granica utvrđenih na razini države [4].

3 Mali broj stanovnika u Francuskoj zna za ulogu njihovih Vodnih agencija. Čak 70% ispitanika ne zna niti za jedno tijelo uključeno u vodno upravljanje, osim onoga kome plaćaju račune za vodu [5].

Premda se voda smatra gospodarskim dobrom, mora se priznati da je vrlo različita od ostalih dobara i stoga treba ustanoviti posebne strategije i instrumente radi djelotvornog upravljanja utvrđivanjem njenih cijena^{4,5} [11]. Može se istaknuti da za razliku od urbanih potrošača i poljoprivrede, industrija ima logičan stav spram cijene vode, pa su industrijski korisnici bili su prvi koji su smanjili potrošnju usvojivši nove tehnologije štednje vode⁶ [12].

4. CIJENA USLUGE VODE NE SAMO KAO EKONOMSKI ASPEKT

Tradicionalno poimanje vode iz sredine XX. stoljeća kao prirodnog i obilnog besplatnog dobra danas je zamijenjeno pojmom vode kao ekološkog dobra i integralnog dijela okoliša kojega treba štititi. Voda se danas smatra bitnim resursom koji se treba dobavljati u količinama dostupnim svima, te dobrom neophodnim za održavanje i razvoj gospodarske aktivnosti koje ima i ekonomsku vrijednost za potrošače. Zbog toga postupak planiranja vodnih resursa uvelike prelazi tehničke rasprave, jer mora postojati široko sudjelovanje sektora korisnika vode, udruga zaštite okoliša, kao i tijela središnje, regionalne i lokalne vlasti, te općenito građana [13].

Većina zemalja Organizacije za ekonomsku suradnju i razvoj čini jasan napredak u pravcu sustava utvrđivanja cijena vode koji podstiču ekonomsku i ekološku djelotvornost uz razumnu potrošnju vode, te omogućavaju održivije korištenje vodnih resursa i dotiču problematiku društvene jednakosti. Stvaran izazov za budućnost je nastavak napretka na sva tri fronta istovremeno, a to može zahtijevati usvajanje radikalnih pristupa u osmišljavanju naknada [14].

Dakle, priroda pruža usluge vode koje omogućavaju ljudima da postoje, ali se te usluge na prvi pogled ne "kupuju", pa se rijetko kvantificiraju, a ponekad i rutinski izuzimaju iz službenih ekonomskih obračuna. Ali voda nije samo roba, već ima i druge vrijednosti, pa je pitanje pod kojim uvjetima je treba prodavati i njome trgovati.

5. DILEME O PRIVATIZACIJI GOSPODARENJA VODOM

Ukoliko se zadrži sadašnji trend rasta, očekuje se da će 2025. godine potražnja za vodom porasti za više od 50%. Navedene trendove velike međunarodne korporacije prepoznaju, pa stoga pokušavaju monopolizirati ponudu vode diljem svijeta⁷ [16].

4 U Madridu, Barceloni i Sevilji vodovodne tvrtke zaračunavaju zaštitne cijene domaćinstvima, trgovačkim i proizvodnim tvrtkama sa strukturom tri rastuće razine. Treća razina služi za penaliziranje potrošača koji troše iznad prosjeka, a prva za subvencioniranje potrošača koji troše ispod prosjeka. Najzanimljiviji je primjer Sevilje gdje potrošači plaćaju cjelokupnu potrošnju vode po tarifi najnižeg bloka kojega dostignu, što pruža jaki poticaj da se izbjegne ulaženje u treću razinu i odražava važnost nedostatka vode na jugu Španjolske. Nadalje, Sevilja je uvela dodatak za sušu: za pokrivanje troškova vodovoda tijekom sušnih razdoblja zbog potrebe pristupa skupljim izvorima vode i dodatnih troškova da se iste učini raspoloživima [9].

5 U Flandriji je od 1997. prvih 15m³ ukupne godišnje potrošnje pitke vode po osobi u svakom kućanstvu priključenom na javni vodovod besplatno [10].

6 Za proizvodnju tone čelika 30-ih godina trebalo je 60-100 t vode. Danas se isti čelik može proizvesti s manje od 6t vode. Za proizvodnju tone aluminija koji naročito u automobilskoj industriji zamjenjuje čelik, potrebno je danas samo 1.5 t vode [1].

7 Kanada već nekoliko godina krči put ka privatizaciji vode i kanalizacijskih postrojenja, pa je pravna regulativa poslužila za utvrđivanje pravila i za isključivanje javnosti iz budućih odluka o privatizaciji vodne i kanalizacijske infrastrukture u zajednicama na Ontaria [15].

Naše je mišljenje da sudjelovanje privatnog sektora u opskrbi vodom ne treba nametati kao uvjet za financiranje zemljama u razvoju. Takva teza zahtijeva reformu politika međunarodnih financijskih institucija koje trenutno uvjetuju sudjelovanje privatnog sektora za pristup javnom financiranju.

Nadalje, transparentnost i odgovornost potrebni su za ostvarivanje suradnje između privatnog i javnog sektora. Ovo je u suprotnosti sa tekućom praksom, jer se pojedinci o financijskim ugovornim odredbama smatraju konkurentnim podatkom, pa se ugovori drže u tajnosti [17].

Slažemo se sa stanovištem da je voda javno dobro i ne smije se privatizirati, te da se tada javna uprava suočava s teškoćama složenih ugovora i razumijevanja pravnih posljedica koncesijskih ugovora [18].

Što se tiče usluga odvodnje, za razliku od pitke vode, za njih nema mjesta u društvu slobodnog tržišta. Naime, laissez-faire se po definiciji ne može baviti onečišćenjem jer okoliš nije privatno, već javno dobro. Tako zajednica regulira onečišćenje vode kao svoje temeljno opredjeljenje [19].

6. KARAKTERISTIKE NOVOG GOSPODARENJA VODOM

Održivo korištenje vode je da korištenje vode izražava sposobnost ljudskog društva da se razvija u budućnosti bez podrivanja cjelovitosti hidrološkog ciklusa ili ekoloških sustava koji o njemu ovise. Nova vodna politika znači odmak od isključivo nalaženja novih izvora da bi se udovoljilo predviđenoj novoj potražnji, te daje sve veći naglasak na ekološke vrijednosti u vodnoj politici, uz zadovoljenje temeljnih ljudskih potreba za vodnim uslugama i raskid od mehaničke povezanosti ekonomskog rasta sa potrebom količinom vode.

Za razliku od toga, tradicionalno vodno planiranje redovito zaključuje da će buduće potrebe za vodom neizostavno rasti i tako prijeći sada raspoložive količine vode. Dakle, tradicionalni pristup samo rješava premoštenja predviđenih nedostajućih količina nastavljanjem ukroćivanjem prirodnog hidrološkog ciklusa putem daljnje izgradnje fizičke infrastrukture, obično rezervoara za držanje vode, novih vodovoda i cjevovoda za međubazenske prijenose. Nasuprot tome, stvarna globalna crpljenja za 1995. godinu bila su samo polovica od onoga što se od njih očekivalo prije 30 godina. Ako se osvrnemo na proizvodnju energije, pravilni poticaji su doveli do znatnog pada potražnje za energijom, dok je ekonomska dobrobit u porstu.

Tradicionalni pristupi vodnom planiranju, iako još uvijek čvrsto uvriježeni u mnogim institucijama vodnog planiranja, počinju se mijenjati. Kontinuirane investicije u glomazne sustave dovode u pitanje oni koji vjeruju da veći prioritet treba dati projektima koji udovoljavaju temeljnim nezadovoljenim ljudskim potrebama za vodom.⁸ Nove brane, vodovodi i vodna infrastruktura i u budućnosti će se graditi, naročito u zemljama u razvoju u kojima temeljne potrebe za vodom za ljude još nisu zadovoljene. Danas se potrebe za vodom zadovoljavaju sa manje resursa, manje ekoloških šteta i novca. Uspješno udovoljavaju ljudskih potreba za vodom u budućnosti će sve više ovisiti o nestrukturalnim rješenjima i potpuno novom pristupu planiranju i upravljanju. Iako su nove količine potrebne, veliki novi projekti sada konkuriraju inovativnim manjim, lokalno

8 Gotovo 500 brana u SAD i drugdje već je uklonjeno, a u jačanju je pokret za vraćanje rijeka u prvotno stanje [1].

upravljanjem tehničkim, institucionalnim i ekonomskim rješenjima, uključujući mikrobране, hidrocentrale na odvojcima rijeke, jeftine crpke, vodozaštitno upravljanje zemljištem i metode skupljanja kišnice.

Zanimljivo je primijetiti da količina kišnice koja padne na krov kuće može biti jednaka količini koja se uzima iz gradskog vodovoda [20]. Otjecanje oborinske vode sa nepropusnih površina predstavlja problem, ali i resurs. Stanovnici koji postavljaju spremnike za kišnicu smanjuju vršni protok oborinske vode i pružaju sebi zamjenu za sve skuplju vodu iz cjevovoda [21]. Spomenute metode su obično djelotvornije i manje štetne za lokalne zajednice, djelomično i zbog tradicionalnih iskustava tih zajednica.

Pored toga, netradicionalni izvori će igrati sve veću ulogu, uključujući nanovo korištenu ili recikliranu vodu. Uvjeti suše koji ograničavaju raspoloživost, ekološki problemi s odlaganjem otpadnih voda i rastuće potrebe čine ponovno korištenje vode sve prihvatljivijim. Nanovo korištena voda ima nekih zamjetnih prednosti, uključujući visoku pouzdanost dobave, poznatu kvalitetu i obično centraliziran izvor blizu centara urbane potrošnje. Isplativija je od traženja novih izvora izdaleka, veliki raspon alternativnih vodnih resursa će se sve više koristiti za zadovoljenje određenih potreba.

Umjesto neprekidnih pokušaja da se nađe voda za zadovoljenje nekih predviđanih budućih želja, vrijeme je za planiranje udovoljavanja sadašnjim i budućim ljudskim potrebama sa vodom koja je raspoloživa, kako bi se utvrdilo koje želje mogu biti zadovoljene unutar granica vlastitih resursa i da osiguramo i očuvamo prirodne ekološke cikluse koji su tako prirodni ljudskoj dobrobiti.^{9, 10}

Planiranje vodnih resursa u demokratskom društvu mora podrazumijevati više od jednostavnog odlučivanja o izgradnji slijedećeg velikog projekta ili ocjene opcija koja je troškovno djelotvornija iz uske ekonomske perspektive. Naime, planiranje mora pružiti informaciju koja pomaže ljudima da donose sud o tome koje "potrebe" i "nužde" mogu i trebaju biti zadovoljene [1].

7. PRIMJER NEPRIMJERENE DOMAĆE PRAKSE ODRŽIVOG GOSPODARENJA VODOM

Polazeći od činjenice da voda predstavlja prirodno bogatstvo države, važno je istaknuti da je za gospodarenje vodom i društveno-ekonomski razvoj pravo na vodu uvjetovano prvenstveno održivom cijenom pod kojom je ona dostupna. U Hrvatskoj danas komunalne tvrtke lokalnih jedinica bogatih vodom samostalno utvrđuju cijenu plasmana na veliko tog javnog dobra komunalnim tvrtkama koje djeluju na područjima manje bogatim vodom. Primjer iz domaće prakse je Opatija i naselja cjelokupne opatijske rivijere koji su prisiljeni kupovati neprimjereno skupu vodu iz Rijeke i Slovenije. U tom slučaju potrošači plaćaju prohibitivnu cijenu vode, pa ih se ne bi smjelo dalje opterećivati doprinosima za razvoj održive eksploatacije vlastitih podzemnih vodnih resursa koji nesumnjivo postoje [23]. Tako se pribjegava dugoročno financijski neodrživim i nelogičnim rješenjima dovođenja

9 Nije najvažnije postići uštedu vode u apsolutnom smislu već stvoriti mehanizme koje izgrađuju stalnu promjenu stava spram štednje vode u gradovima. Npr. projekt Alcobendas-grad vode za 21. stoljeće razlikuje se od drugih kampanja za štednju vode jer to nije samo kampanja za podizanje svijesti, već dotiče problem na sustavan i cjelovit način [22].

10 Neki stručnjaci tvrde da u regijama svijeta siromašnim vodom, nema smisla koristiti vodu za odlaganje ljudskog otpada kada postoje druge alternative [1].

riječke vode na obronke planine Učke, čime Opatija postaje sve ovisnija o skupoj kupljenoj vodi.

Mišljenje je autora da država mora kontrolirati veleprodajnu cijenu prodaje, te u potpunosti financirati kaptiranje lokalnih izvora vode, kao i da međudržavnim ugovorima utvrđuje uvjete uvoza vode. Nadalje, u održivo gospodarenje vodom treba se više uključiti država, a ne da to bude samostalno odluka lokalnih subjekta koji upravljaju u ranijem vremenu kaptiranim izvorima. Pri tome je visoka cijena vode koju danas plaća opatijski potrošač izložen nepostojanju državne i transgranične vodne politike [17, 24, 25] sve osim djelotvorne mjere za njeno održivo korištenje, jer vodovodi koji prodaju vodu “na veliko” imaju razumljiv interes da prodaju sve više tako skupe vode. Sustav unakrsnog subvencioniranja [26] kojim opatijsko stanovništvo subvencionira riječki i slovenski vodovod naprosto je neprihvatljiv.

Nasuprot tome, europska Okvirna direktiva o vodama [27] definira vodnu politiku u okviru riječnih bazena koja se između ostalog temelji na utvrđivanju cijene vode koja bolje vodi računa o okolišu. “Cijene na veliko” tada mogu biti samo cijene koje vlasti riječnog bazena zaračunavaju općinama i poljoprivrednim zadrugama koje onda distribuiraju vodu. U regionalnim riječnim povjerenstvima morati će biti zastupljeni svi učesnici, uključujući udruge potrošača [28] kako bi se osiguralo da se u uvjetima prirodnog monopola zaračunavaju pravedne cijene i kako bi se spriječilo “pravo na vodu uz plaćanje”.

9. ZAKLJUČAK

Troškove uzrokovane opskrbom i obradom vode ne može snositi okoliš kroz prestanak funkcioniranja ekosustava, niti to mogu snositi samo određene kategorije stanovništva putem unakrsnih skrivenih subvencija. Vlade ne smiju nastaviti potcjenjivati izazove upravljanja vodnim resursima, već moraju postaviti razuman, jasan i pravedan režim utvrđivanja cijene vode, kojemu su pridruženi podizanje svijesti o okolišu, te obrazovni programi za korisnike usluga.

LITERATURA:

- [1] Gleick, P.H., The changing water paradigm – A look at twenty-first century water resources development, Water International, Vol. 25, No. 1, March 2000.
- [2] Smith, D., Jensen, M., Aspects of economic theory relations to the water pricing debate, Pricing water – Economics, environment and society, Conference Proceedings, Sintra, 6-7 September 1999.
- [3] Cunha Serra, P., Water pricing in Portugal, Pricing water – Economics, environment and society, Conference Proceedings, Sintra, 6-7 September 1999.
- [4] Massarutto, A., Company water pricing policies in the EU: A positive analysis, Pricing water – Economics, environment and society, Conference Proceedings, Sintra, 6-7 September 1999.
- [5] Mostert, E., Costs and financing of Dutch water management, Pricing water – Economics, environment and society, Conference Proceedings, Sintra, 6-7 September 1999.
- [6] Porta, F., The integral recovery of costs in water cycle pricing, Pricing water – Economics, environment and society, Conference Proceedings, Sintra, 6-7 September 1999.

- [7] Lacroix, G., The price of water and environmental policies in the Mediterranean region, Pricing water – Economics, environment and society, Conference Proceedings, Sintra, 6-7 September 1999.
- [8] Simpson, R., Civil society and private sector input to the World Summit on Sustainable Development: Enriching the European Union's contribution, Civil society and private sector conference, Brussels, 18th April 2002, http://europa.eu.int/comm/environment/wssd/documents/report_on_18th_of_april.pdf
- [9] Maestu, J., The political economy of the implementation of changes in pricing practices in Spain. What can we learn?, Pricing water – Economics, environment and society, Conference Proceedings, Sintra, 6-7 September 1999.
- [10] Van Humbeeck, P., Water pricing in the Flanders. The 1997 reforms in the domestic water supply sector: background and first assessment, Pricing water – Economics, environment and society, Conference Proceedings, Sintra, 6-7 September 1999.
- [11] Avis, C., Tydeman, C., Gelabert, E.R., What role for water pricing?, WWF, Brussels, October 2000.
- [12] Trémolet, S., Maker, B., Industrial water pricing in the OECD Countries, Pricing water – Economics, environment and society, Conference Proceedings, Sintra, 6-7 September 1999.
- [13] Gonçalves Henriques, A., Planning the integrated management of water resources, Pricing water – Economics, environment and society, Conference Proceedings, Sintra, 6-7 September 1999.
- [14] Herrington, P., Pricing and efficiency in the domestic water supply sector, Pricing water – Economics, environment and society, Conference Proceedings, Sintra, 6-7 September 1999.
- [15] Cooper, K., Miller, S., Sealing our water – Water taking in Lake Superior, intervenor, Canada Environmental Law Association, Vol. 23, No. 2, April-Jun 1998, p. 12.
- [16] Phillips, P., The privatization of water, <http://www.purewatergazette.net/privatizationofwater.htm>, 20.01.02.
- [17] Internationally shared (transboundary) aquifer resources management, UNESCO, 2001.
- [18] Loftus, A., J., McDonald, D.A., Of liquid dreams: A political ecology of water privatization in Buenos Aires, Environment & Urbanization, Vol. 13, No. 2, October 2001.
- [19] Merrett, S., Introduction to economics of water resources – an international perspective, UCL Press, 1997.
- [20] Cayford, J., City water overview – North Shore City & Greater Auckland, October 2000, <http://www.watermagazine.com/>
- [21] Cayford, J., Water – so simple, so complex, April 2001, <http://www.watermagazine.com/>
- [22] Alcobendas, city of water for the 21st century, WWF, Adena, June 2001
- [23] Runko Luttenberger, L., Problemi uspostave jedinstvenih preduvjeta u upravljanju vodnim resursima, 2. Hrvatska konferencija o vodama, Dubrovnik 19-22. svibnja 1999.
- [24] Transboundary water management as an international public good, Ministry for Foreign Affairs of Sweden, 2001.
- [25] Transboundary aquifer resource management (TARM), IAH News and Information Update, December 2001., <http://www.iah.org/News/2001/016.html>.
- [26] Runko Luttenberger, L., Implementation of integrated approach to development, management and use of water resources, Congress Energy and the environment, Opatija, 2000.

[27] 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.

[28] Commission of the European Communities, Pricing policies for enhancing the sustainability of water resources, COM(2000), Brussels 26.07.2000.

Autor:

Mr.sc. Lidija Runko Luttenberger, dipl.ing.

Komunalac d.o.o. Opatija

51410 Opatija, St. Lipovica 2

tel +385 51 701230, fax +385 51 701 245

e-mail: lidija.luttenberger@ri.hinet.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.14.

Primjer internet prostornog informacijskog sustava u VGO split

Marjan Sikora, Damir Vidoš

SAŽETAK: Prostorna dokumentacija u vodnom gospodarstvu, te općenito informacije o prostoru i one vezane za prostor temelj su efikasnog planiranja i gospodarenja vodnim resursima. Uspješno gospodarenje, efikasno planiranje te odlučivanje o tim resursima ovisi o kvaliteti i dostupnosti prostornih informacija. Klasične metode do sada upotrebljavane u rukovanju prostornim informacijama pokazuju određena ograničenja. Računalni informacijski sustavi o prostoru omogućavaju lakše, kvalitetnije i efikasnije rukovanje prostornom dokumentacijom. U posljednje vrijeme sazrela su rješenja koja omogućavaju da se ovakvi informacijski prostorni sustavi utemelje na Internet/Intranet tehnologiji. Kako bi se ispitala mogućnosti ovakvog sustava izrađen je prototip Internet prostornog informacijskog sustava VGO Split. U sustavu su implementirane funkcije distribuiranog pregledavanja kartografskih podataka, te kreiranja izvještaja iz postojeće baze prostornih i atributnih podataka. Testiranje prototipa pokazalo je da ovakvo rješenje pokazuje brojne prednosti u odnosu na klasičan način vođenja informacija o prostoru. Iskustva pri izradi prototipa ukazuju na mogućnost daljnje razrade i proširenja funkcionalnosti sustava.

KLJUČNE RIJEČI: GIS, Internet/Intranet, prostorni podaci, automatske meteorološke stanice

An Example of Split Water Management Department Internet Spatial Information System

SUMMARY: Spatial documentation in the water resources sector, and generally the land-use and space-related information are the baseline of efficient planning and management of the water resources. Successful management, efficient planning and decision-making regarding the water resources depend on quality and accessibility of the spatial information. Conservative methods used in spatial information management so far had certain limitations. The computer-based spatial information systems enable easier, quality and more efficient management of the spatial documentation. The solutions have recently become available that enable development of such information systems with support of the Internet/Intranet technology. In order to check the capacities of such a system, a prototype Internet Spatial Information System has been developed for the Split Water Resources Management Department. The system implements the functions of distributed browsing of the cartographic data and creation of reports from the existing of spatial and attributed databases. The prototype tests have confirmed numerous advantages of this solution compared to the conventional methods of the spatial information management. The experience with development of the prototype reveals the possibilities for its improvement and upgrading of the system functions.

KEYWORDS: GIS, Internet/Intranet, spatial data, automated weather stations

1. UVOD

Pilot projekt GIS (geografski informacijski sustav) sustava Hrvatskih voda - VGO (vodnogospodarski odjel) Split ostvaren je u suradnji Hrvatskih voda VGO-Split i tvrtke ENTER d.o.o. Split, uz podršku tvrtke RECRO d.d., Zagreb. Cilj projekta je prikazati primjer korištenja WebGIS tehnologije za distribuciju, analizu i osvježavanje prostornih podataka putem Interneta/Intraneta. U projektu su korišteni podaci VGO Split o hidrologiji, zaštitnim zonama izvora i slivnim područjima. Za realizaciju projekta korištena je Autodesk WebGIS tehnologija. Pomoću Autodesk MapGuide sustava ostvarena distribucija prostornih i atributnih podataka putem Interneta/Intraneta, a u planu je i realizacija primjera online ažuriranja podataka sa automatskih meteoroloških stanica.

2. TEHNOLOGIJA

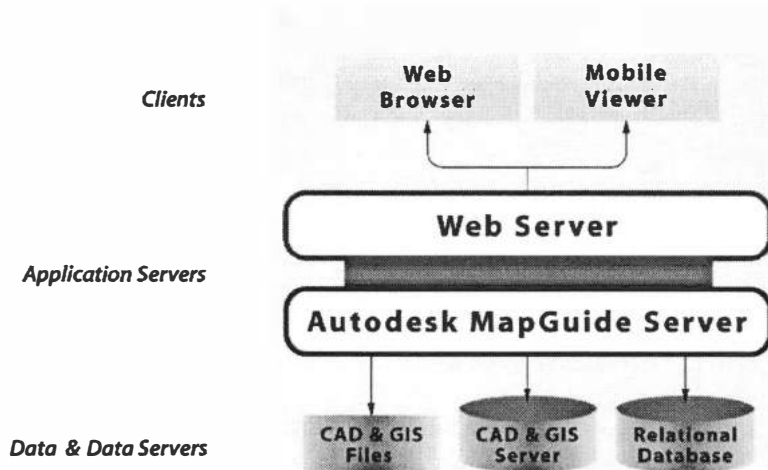
Za realizaciju pilot projekta korišten je MapGuide - Autodesk WebGIS sustav. MapGuide je klijent server sustav koji služi za distribuciju prostornih podataka putem mreže, bilo intraneta ili interneta. MapGuide također omogućava kreiranje web aplikacija prema zahtjevu korisnika na klijent strani i server strani koje prikazuju, kreiraju te mijenjaju prostorne i atributne podatke. Sustav je sastavljen od više komponenti, a glavne su:

1. MapGuide Server - odgovara na zahtjeve korisnika i distribuira podatke. Lako se integrira u postojeće web poslužitelje i to kao CGI (common gateway interface), NSAPI (Netscape Server Application Programming Interface) ili ISAPI (Internet Server Application Programming Interface) sučelje. Pomoću napredne višenitne tehnologije komunicira sa MapGuide Viewerom, te mu poslužuje tražene vektorske i rasterske podatke.
2. MapGuide Author - služi za izradu karata. Polazna je točka za kreiranje Internet GIS aplikacije. U njemu se definiraju kartografski podaci sa svim slojevima, simbolima, sustavom labeliranja i sl. U njemu se također definira i koordinatni sustav u kojem će podaci biti prikazani.
3. MapGuide Viewer – napredni pregled prostornih podataka preko standardnog Internet preglednika (thick klijent). Na strani klijenta instaliran u standardni Internet preglednik omogućava korištenje GIS podataka. Ovaj preglednik osim osnovnih funkcija poput povećavanja, pomicanja i sl. nudi i mnoge napredne mogućnosti poput mjerenja udaljenosti između dviju točaka, pretraživanje lokacije, selekcije objekata pomoću udaljenosti od neke točke/linije, ispisa karata...
4. Lite View – namjenjen osnovnom nivou korisnika koji imaju ograničen nivo pristupa podacima (thin klijent). Nije potrebna dodatna instalacija u Internet preglednik. Mogućnosti pregleda te tip podataka za pregled definiraju se i kontroliraju na serverskoj strani.

Sami prostorni podaci mogu biti kreirani u raznim GIS formatima, kako rasterski tako i vektorski. Od vektorskih podataka MapGuide čita direktno, bez konverzije vlastiti SDF te DWG format, zatim ESRI SHP format i Oracle Spatial podatke. Ostale GIS formate konverzijom prikazuje u SDF formatu. Čita najčešće korištene rasterske formate u GIS svijetu kako klasične tako i georeferencirane te rasterske formate sa posebnim kompresijama. Time je osigurana široka baza ulaznih podataka. Prostorni podaci također mogu biti u različitim koordinatnim sustavima, sam MapGuide prilagođava ih u ciljani koordinatni sustav. Cijeli sustav je izuzetno optimiziran, podatke šalje diferencijalno,

kako bi i na sporijim Internet vezama postizao učinkovite rezultate. Pojednostavljena shema sustava prikazana je na slici 1.

Autodesk
MapGuide Architecture



autodesk

Slika 1. Shema MapGuide sustava

3. STRUKTURA GIS SUSTAVA

GIS sustav pilot projekta obuhvatio je slijedeće skupine podataka:

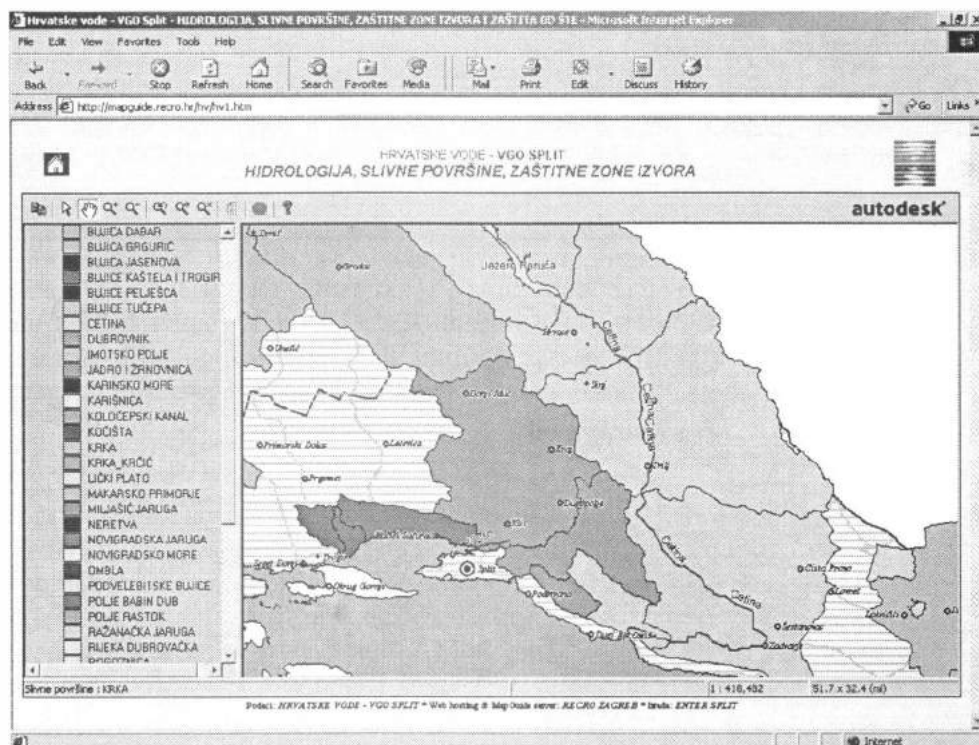
- Hidrologija
- Zaštitne zone izvora
- Slivne površine

Hidrologija obuhvaća vodokaze i limnigrafe podjeljene u dvije kategorije – aktivne i ukinute. Teme su tipa točka labelirane nazivima. Zaštitne zone izvora poligonska su tema u kojoj su zone različitih izvora tematski prikazani različitim bojama. Kategorija pojedinih zona označena je labeliranjem. Slivovi su također poligonska tema prikazana tematski, na način da su različiti slivovi prikazani različitim bojama i šrafurama.

Svi navedeni podaci zadržani su u izvornom SHP obliku, što je moguće jer MapGuide sustav radi direktno sa SHP podacima kao i sa izvornim podacima. Važno je naglasiti da se pri tom ne gubi niti na brzini niti na točnosti podataka. Također nema problema sa prikazom hrvatskih znakova, što je inače čest slučaj s obzirom da različiti sustavi koriste različite standarde.

Gore navedeni tematski slojevi prikazani su na kartografskoj podlozi mjerila 1:300.000. Podloga je pročišćena kako ne bi opterećivala prikaz i utjecala na čitkost podataka.





Slika 4. Slivovi

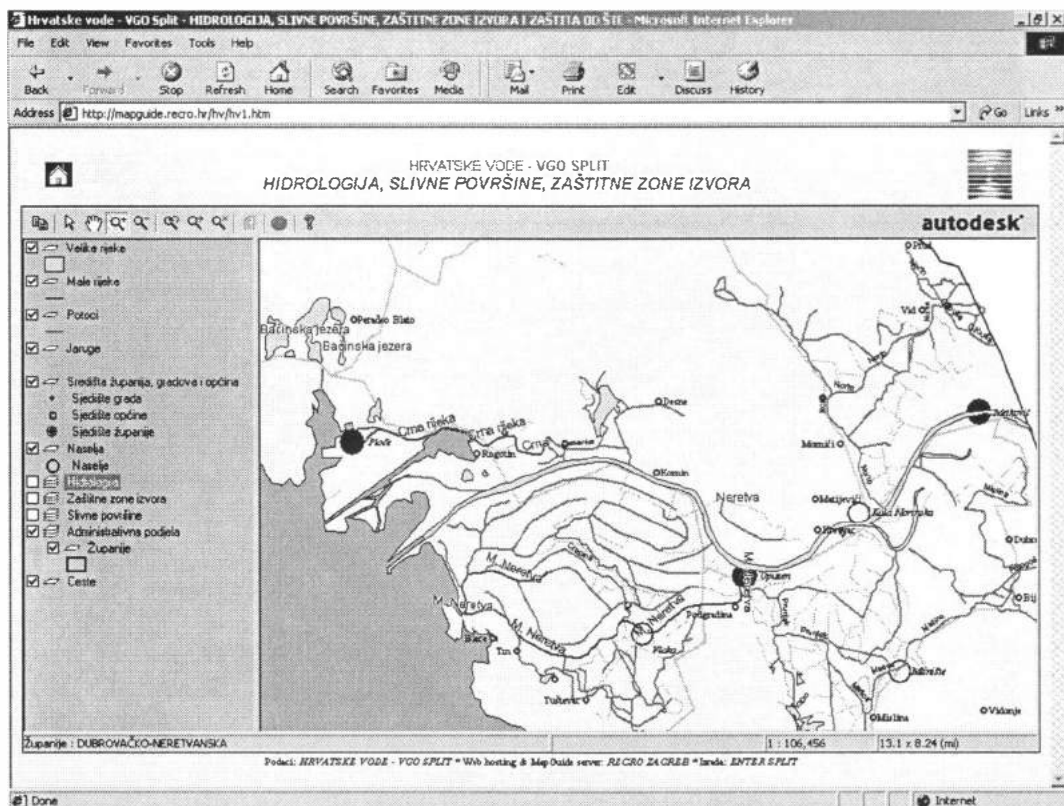
Podloga se sastoji od sljedećih slojeva:

- Administrativna podjela na županije
- Mreža cestovnog prometa – državne i županijske ceste
- Vodotoci – velike i male rijeke, potoci, jaruge i jadransko more

Posebna pažnja poklonjena je optimizaciji podataka, kako bi se osigurao brz i ugodan rad preko internet veze. Ciljana veza bila je ISDN linija brzine 128Kbps, a donja granica modem brzine 56Kbps. Podaci su optimizirani na dva načina. Izvršena je generalizacija, kako bi se smanjila količina podataka koju je potrebno prebaciti sa servera na klijenta. Pri tome se vodilo obzira da se ne naruši točnost i upotrebljivost podataka. Također zbog optimizacije svakom sloju podataka pridjeljen je opseg mjerila unutar kojega će biti prikazan, kako se ne bi manja mjerila opterećivala nepotrebnim detaljima. Prostorni podaci obuhvaćeni pilot projektom mogu se pregledavati na način kao što je uobičajeno u klasičnim GIS preglednicima. Na raspolaganju su alati za povećavanje i smanjivanje, pomicanje po karti, mjerenje udaljenosti. Postorni objekti se mogu na više načina selektirati (pojedinačno, unutar određenog radijusa, poligonom), te se za selektirane objekte mogu dobiti izvještaji. U izvještajima se u obliku HTML stranice dobiju ispisani atributni podaci za određenu temu.

4. AUTOMATSKE METEOROLOŠKE POSTAJE

Sliv rijeke Cetine s izgrađenim akumulacijama i hidroelektranama je od posebnog gospodarskog značaja za Republiku Hrvatsku. Podaci sa sliva koji opisuju meteorološke, hidrološke i energetske prilike čine temelj planiranja, razvoja i upravljanja sustavom.



Slika 5. Kartografska podloga sa administrativnom podjelom, cestovnim prometom i vodotokovima

Planiranje razvoja i dugoročnog rada temelji se na povijesnim podacima, dok se operativno upravljanje zasniva na podacima sa sliva prikupljenim u realnom vremenu. Na temelju podataka s oko 70 postojećih kišomjernih stanica na slivu rijeke Cetine i provedenih prethodnih istraživanja, odabrano je 16 meteoroloških stanica s kojih su meteorološki podaci potrebni za razvoj hidrološkog prognoziranja u karakterističnim točkama sliva.

Odabrane su sljedeće meteorološke stanice: Vinalić, Brana Peruča, Crni Lug, Čaprazlije, Bili Brig, Vidimlije, Livno, Glamoč, Tomislavgrad, Grabovica, Kupres, Sinj, Trilj, Brana Prančevići, Imotski i Šestanovac.

Na automatskim meteorološkim stanicama mjeriti će se ukupnu količinu oborina, temperaturu zraka, relativnu vlažnost zraka, brzinu i smjer vjeta. Vrijeme odašiljanja podataka na koncentratorske točke je svaki puni sat uz mogućnost odašiljanja podataka po pozivu iz centra upravljanja. Neke od navedenih stanica postoje od ranije, sada se predviđaju za automatski rad i u tom smislu će pojedine biti izmještene sa ranije mikrolokacije ili dopunjene na novoj mikrolokaciji. Već sada postoje podsustavi i lokalne mreže na objektima hidroelektrana koje će poslužiti kao koncentratorske točke. Centri za upravljanje nalaziti će se u prostorima Hrvatske elektroprivrede i Hrvatskih voda. Pomoću podataka prikupljenim na ovim postajama, moguće je daleko kvalitetnije nego do sada upravljati raspodjelom voda i balansirati prostore akumulacija, tako štititi područje

od poplava, preraspodijeliti proizvodnju energije i na taj način sačuvati druge resurse, a time i okoliš. Razvojem mreže postaja, te motrenjem, bilježenjem, obradom podataka, prognozom i statistikom pojava nakon odluka cijeli sustav postaje transparentan za upravljenje. Postaje dakle služe za upravljanje vodama, obranu od štetnog djelovanja (poplave) i za korištenje voda (energija, navodnjavanje). Automatske meteorološke stanice biti će uključene u pilot projekt GIS sustava, na način da će biti ubačene kao poseban sloj podataka. Automatske meteorološke stanice imaju mogućnost generiranja .csv datoteka sa mjernim podacima. Ove će se datoteke u pravilnim vremenskim razmacima prebacivati na server, tako će atributni podaci vezani uz objekte automatskih meteoroloških stanica pomoću Data Authoring Kita biti automatski osvježavani. Pomoću JavaScript tehnologije biti će realizirani upiti, pomoću kojih će se dobiti izvještaj sa vremenskim pregledom podataka dobivenih sa mjernih stanica.

5. ZAKLJUČAK

Pilot projekt GIS sustava VGO Split izrađen je kako bi pokazao mogućnosti korištenja Internet GIS tehnologije u radu VGO Split. Projektom su obuhvaćeni podaci o hidrologiji, zaštitnim zonama izvora i slivnim područjima VGO Split. Ovi podaci su korisnicima stavljeni na raspolaganje na najfleksibilniji način – putem standardnog Internet preglednika. Korištenjem MapGuide tehnologije u web stranici su postavljeni GIS podaci gore navedenih tema koji se mogu pregledavati sa svim alatima klasičnih GIS preglednika – pomicanje karte, povećavanje i smanjivanje, uključivanje/isključivanje pojedinih tema i grupa tema, kreiranje upita i pregledavanje izvještaja s atributnim podacima. Ovakav način vođenja prostorne dokumentacije ima velike prednosti u odnosu na klasični oblik, te svim djelatnicima koji imaju potrebu za time omogućava brz i fleksibilan uvid u prostorne podatke sustava.

U nastavku pilot projekta predviđeno je dodavanje automatskih meteoroloških postaja, sa automatskim osvježavanjem podataka, kako bi se moglo iskoristiti mnoštvo podataka koje ove postaje nude.

LITERATURA

[1] MapGuide 6 Users Guide, Autodesk Inc., 2002

Autori:

Marjan Sikora, mr.sc.,

ENTER d.o.o., Split

E-mail: marjan.sikora@enter-st.hr

Damir Vidoš, dipl.ing.građ.

Hrvatske Vode VGO Split

E-mail: dvidos@voda.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.15.

Uloga monitoringa kakvoće voda u vodno gospodarskom planiranju

Dagmar Šurmanović, Mara Artuković, Marija Jokić

SAŽETAK: Cilj analize sustava monitoringa kakvoće voda za potrebe izrade nacionalnog vodnogospodarskog planskog dokumenta, bilo je dobiti ne samo informacije o stanju kakvoće voda u referentnoj 2000. godini nego, integralnim sagledavanjem vodne problematike, stvoriti podlogu za davanje odgovora na pitanja iz područja planiranja i odlučivanja u administrativnom, legislativnom i financijskom aspektu upravljanja vodama. Da bi se postigli željeni ciljevi, a to znači i unapređenje monitoring sustava kakvoće voda, potrebno je iz analize postojećeg stanja razraditi principe novog pristupa u planiranju, provođenju i prikupljanju podataka, koji su usklađeni i s Okvirnom Direktivom o vodama EU (WFD) te u suglasju s našom legislativom.

Prema Konvenciji o suradnji na zaštiti i održivom korištenju rijeke Dunav, zemlje tog slivnog područja postupno pristupaju aktivnostima usuglašavanja s WFD na području planiranja, korištenja i zaštite voda. Budući da je WFD postala jedan od najvažnijih dokumenata u području vodnog gospodarstva, uz postojeću nacionalnu legislativu, za sve potpisnice Dunavske konvencije Republika Hrvatska mora težiti da načela, norme i pristup iz Direktive budu uključeni u njezine vodnogospodarske planove, gdje će se između ostalog definirati i monitoring plan za određivanje ekološkog i kemijskog stanja voda prema slivnim područjima. Slične aktivnosti trebati će uspostaviti i na jadranskom slivnom području.

U radu će se dati prijedlozi za unapređenje sustava monitoringa kakvoće površinskih voda kako bi se osiguralo da vrsta, količina i kvaliteta sakupljenih podataka predstavlja korisne i vjerodostojne informacije za donosiocje odluka u vodnom gospodarstvu.

KLJUČNE RIJEČI: monitoring, monitoring ciklus, ekološko stanje, kakvoća voda, ocjena kakvoće vode, planirana vrsta/kategorija vode

Function of Water Quality Monitoring in Water Management Planning

SUMMARY: Analysis of the national water quality monitoring program was made not only to collect the water quality information for the referenced year 2000 but also to create the basis for dealing with the problems of planning and decision-making in administrative, legislative and financial aspects of the water management. To reach the set objectives, including improvement of the water quality monitoring system, it is necessary to work out necessary principles of the new approach in planning, implementing and data collection in compliance with the Water Framework Directive (WFD) and national legislation.

According to the Convention on Cooperation for the Protection and Sustainable Use of the Danube River, countries belonging to that catchment area are gradually undertaking activities of

harmonization with the WFD provisions in the field of planning, use and protection of water. Taking into consideration that together with national legislation the WFD has become one of the major documents in the field of water management for all Danube Convention parties, the Republic of Croatia must aspire towards integrating the principles, standards and approaches of the WFD into the water management plans which, among other things, set up a plan for monitoring plan of ecological and chemical status of waters in different catchment areas. Similar activities will also have to be initiated for the Adriatic catchment area.

This paper will give proposals for improving the surface water quality monitoring system, keeping in mind that type, quantity and quality of collected data constitute useful and credible information for decision-making in the water management sector.

KEYWORDS: monitoring, monitoring cycle, ecological status, water quality, water quality classification, water category/planned water class

Uvod

Monitoring je proces s definiranom svrhom opetovanog motrenja jednog ili više elementata okoliša u skladu s programom definiranim u prostoru i vremenu, uz korištenje usporedive metodologije praćenja okoliša i sakupljanja podataka. Monitoring daje informacije koje uključuju sadašnje stanje okoliša kao i trendove iz prošlosti.

Rutinskim bi monitoringom vodno gospodarstvo trebalo dobiti osnovnu informaciju o stanju kakvoće voda. Međutim, često postoji rascijep između informacija koje se mogu dobiti i informacija koje vodno gospodarstvo stvarno treba. S druge strane, povećanje znanja o složenosti procesa u vodenim ekosustavima uzrokuje sve veću potrebu za dobivanjem kvalitetnih informacija. Međutim, financijska sredstva za potrebe monitoringa su ograničena te bi se postojećim monitoringom trebalo postići dobivanje najkvalitetnije informacije iz ekonomski održivih programa.



Slika 1: Monitoring ciklus [3]

Osnova za određivanje strategije monitoringa su ciljevi koji se žele postići monitoringom kakvoće voda. Da bi se odredili ciljevi monitoringa potrebno je prvo identificirati ugrožene

dijelove okoliša, odrediti prirodne ili antropogene uzročnike promjena u okolišu kao i predvidjeti njihove međusobne interakcije. Uzročno posljedične veze između ljudskih aktivnosti i promjena u okolišu središnja su značajka oblikovanja strategije monitoringa iz čega proizlazi formiranje programa monitoringa (odabir mjernih postaja, pokazatelji ispitivanja, dinamika praćenja, laboratorijske analize). Potreba za osiguranjem kvalitete monitoringom prikupljenih podataka raste proporcionalno složenosti programa monitoringa kakvoće voda te broju uključenih institucija koje sudjeluju u njegovom provođenju. Upravljanje velikim skupinama podataka, također, zahtijeva osiguravanje kvalitete kroz ispravke uočenih individualnih grešaka ili uočenih nekonzistentnosti u bazi podataka.

Programi monitoringa sadrže brojne podatke, ali često siromašne informacijom, stoga posebna pažnja mora biti koncentrirana na krajnji proizvod monitoringa, korisnu informaciju za donosioce odluka u svakom segmentu upravljanja vodama. Također, rezultati monitoringa kroz organizirano izvještavanje moraju biti dostupni različitim korisnicima, kao i javnosti s ciljem transparentnog upravljanja vodama.

Monitoring ciklus (slika 1) prikazuje različite faze u procesu oblikovanja monitoringa u kojem informacije iz jedne faze služe za definiranje informacija u narednoj fazi [3,8].

Nacionalni monitoring kakvoće vode

Iako sustavno praćenje kakvoće voda postoji na nekim mjernim postajama od ranih 60-tih godina, kao referentna godina za opis stanja kakvoće površinskih voda rijeka, izvorišta i jezera uzeta je 2000. godina, a prikazani su i rezultati praćenja kakvoće voda tijekom 2001. godine, stoga jer su od 2000. godine napravljeni značajni pomaci u poboljšanju sustava praćenja kakvoće voda, pohranjivanja podataka o kakvoći voda, kao i usklađivanje s novom zakonskom regulativom u Republici Hrvatskoj, Uredbom o klasifikaciji voda iz 1998. godine [9].

Programi ispitivanja kakvoće voda i mora provodili su se prema hrvatskim zakonskim i podzakonskim aktima, a nastojalo ih se uskladiti i s međunarodnim konvencijama koje je Republika Hrvatska potpisala u području vodnog gospodarstva, kao i sporazumima u području vodnog gospodarstva koje je Republika Hrvatska potpisala sa susjednim zemljama (Mađarska, Slovenija i Bosna i Hercegovina).

Kriteriji za ispitivanje kakvoće voda na dunavskom slivnom području utvrđeni su Konvencijom o zaštiti rijeke Dunava [4], a na jadranskom slivnom području Konvencijom o zaštiti Sredozemnog mora od onečišćenja [7]. Ispitivanja kakvoće voda na državnim vodama (nacionalni program ispitivanja) provode se prema Programima ispitivanja kakvoće voda na državnim vodama [5,6] koje izrađuju Hrvatske vode i daju na usvajanje Državnoj upravi za vode. Programi ispitivanja kakvoće voda na lokalnim vodama trebali bi se izvoditi prema županijskim planovima za zaštitu voda, čija je izrada u tijeku ili su izrađeni i predani na usvajanje županijskim skupštinama, osim za područje Grada Zagreba, gdje program sustavnog praćenja površinskih voda postoji od 1997. godine.

Kriteriji za odabir mjernih postaja na kojima se ispituje kakvoća voda bili su određeni na temelju poznavanja postojećih izvora zagađenja, područja s vodozahvatima, utjecanja prekograničnih voda, blizini hidrološke postaje i slično. Na tablici 1. prikazan je ukupan broj mjernih postaja na državnim vodama na kojima se pratila kakvoća voda, a slici 2. udio mjernih postaja na kojima se provodio prekogranični monitoring, nacionalni monitoring (uključujući TNMN i LBA mjerne postaje) i lokalni monitoring tijekom 2000. Tijekom 2001. godine nije došlo do značajnijih promjena niti u broju mjernih postaja na državnim niti na prekograničnim vodama.

Tablica 1: Ukupan broj mjernih postaja na državnim vodama tijekom 2000. godine

a) prema podjeli voda

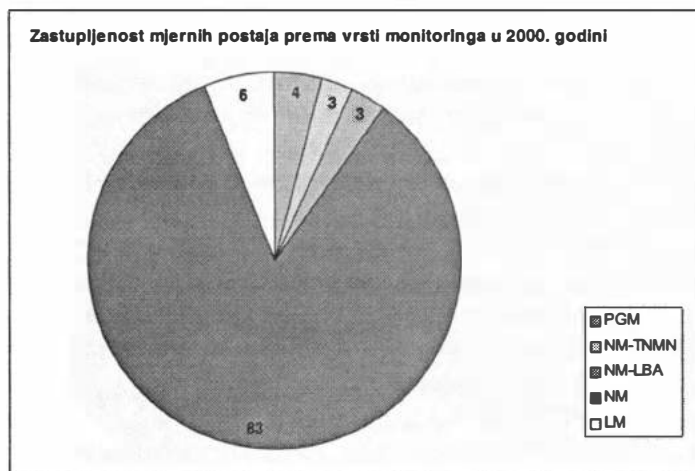
SLIV	MJERNE POSTAJE					UKUPNO
	VODOTOK			JEZERO		
	RIJEKA	IZVOR	KANAL	PRIROD.	AKUMUL.	
SLIV RIJEKE SAVE	89	2	4	1*	2**	100
SLIV OVI RIJEKA DRAVE I DUNAVA	45	1	1	1*+2**	2**	56
SJEVERNOJADRANSKI SLIV OVI	16	14	-	1**	1*+4**	41
SREDNJE I JUŽNOJADRANSKI SLIV OVI	26	11	-	5*	3*	45
UKUPNO	176	28	5	13	20	242

* površina, **površina+dno

b) prema vrsti motrenja

SLIV	MJERNE POSTAJE			UKUPNO
	PGM*	NM*	LM*	
SLIV RIJEKE SAVE (sa slivnim područjem grada Zagreba)	2	98	30	130
SLIV OVI RIJEKA DRAVE I DUNAVA	6	36	14	56
SJEVERNOJADRANSKI SLIV OVI	1	40	-	41
SREDNJE I JUŽNOJADRANSKI SLIV OVI	-	45	-	45
UKUPNO	9	219	44	272

* PGM-prekogranični monitoring; NM-nacionalni monitoring; LM-lokalni monitoring



Slika 2: Zastupljenost mjernih postaja prema vrsti monitoringa u 2000. godini

Tijekom 2000. i 2001. godine uz obvezne pokazatelje ispitivali su se na nekim mjernim postajama i pokazatelji koji služe za širu ocjenu opće ekološke funkcije voda i utvrđivanje uvjeta korištenja voda za određene namjene. Od obveznih pokazatelja koji bi se morali ispitivati prema svim programima monitoringa na državnim i lokalnim vodama, tijekom 2000. godine samo se biološki pokazatelji nisu ispitivali na svim mjernim postajama predviđenim za praćenje kakvoće voda (samo na 60% mjernih postaja). Tijekom 2001. godine povećao se broj mjernih postaja na kojima su se ispitivali biološki pokazatelji, najviše u srednje i južno dalmatinskim slivovima. Također, broj mjernih postaja na kojima su se ispitivali metali i organski spojevi u 2001. godini, povećao se u odnosu na 2000. godinu, kada su se pratili na manje od 40% mjernih postaja.

Uzorkovanje i ispitivanje voda obavlja se u skladu s Hrvatskim normama [10] u ovlaštenim laboratorijima.

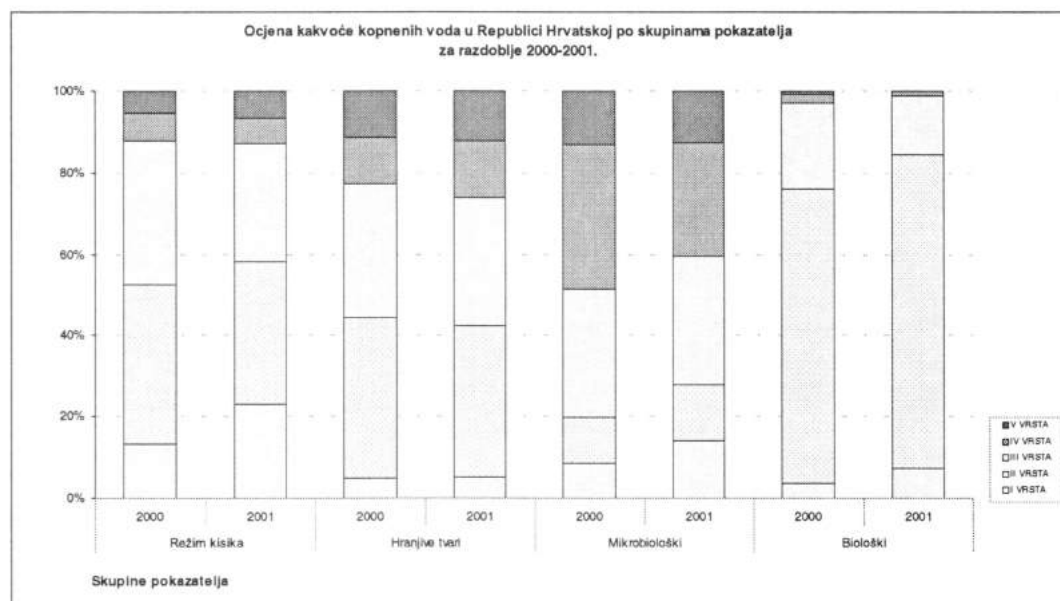
Ocjena kakvoće voda

Vode se prema graničnim vrijednostima pokazatelja režima kisika (B), hranjivih tvari (C), mikrobioloških (D) i bioloških pokazatelja (E) svrstavaju u pet vrsta i grafički prikazuju na tablicama i kartama. Za skupine obveznih pokazatelja vrsta vode određuje se na temelju najnepovoljnije mjerodavne vrijednosti pojedinačnog pokazatelja iz pripadajuće skupine (B, C, D i E). Svaka vrsta vode prikazuje se određenom bojom, a za pojašnjenje vrsta kakvoće voda mogu poslužiti pojmovi koji opisuju klase ekološkog stanja voda prema Okvirnoj direktivi za vode EU [1], što je prikazano u tablici 2.

Tablica 2: Boje pojedinih vrsta vode u klasifikaciji kakvoće voda

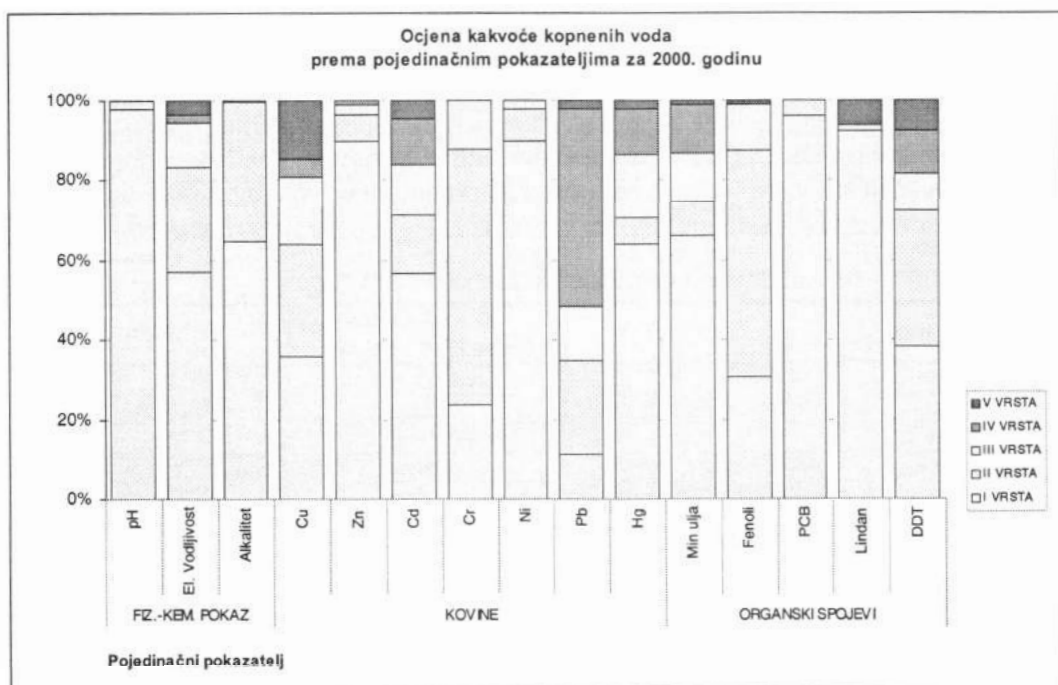
VRSTA VODE	BOJA	KLASIFIKACIJA EKOLOŠKOG STANJA	BOJA
I vrsta	plava	vrlo dobro	plava
II vrsta	zelená	dobro	zelená
III vrsta	žuta	umjereno dobro	žuta
IV vrsta	crvena	slabo	narančasta
V vrsta	crna	loše	crvena

Ukupna ocjena kakvoće kopnenih voda prema ispitivanim pokazateljima u razdoblju od 2000. do 2001. godine prikazana je na slici 3. Na slici je prikazan rezultat ukupne klasifikacije/ocjene izvršene na vodotocima, izvoristima i jezerima tijekom 2000. i 2001. godine i izražava udio zastupljenosti pojedine skupine pokazatelja određene vrste kakvoće. Iz grafikona se može zaključiti da su vode prema režimu kisika, hranjivim tvarima i biološkim pokazateljima većinom II i III vrste kakvoće voda (dobre i umjereno dobre kakvoće), a prema mikrobiološkim pokazateljima III i IV vrste, odnosno umjereno dobre te mjestimično slabe kakvoće, a na oko 10% mjernih postaja V vrste (loše kakvoće).

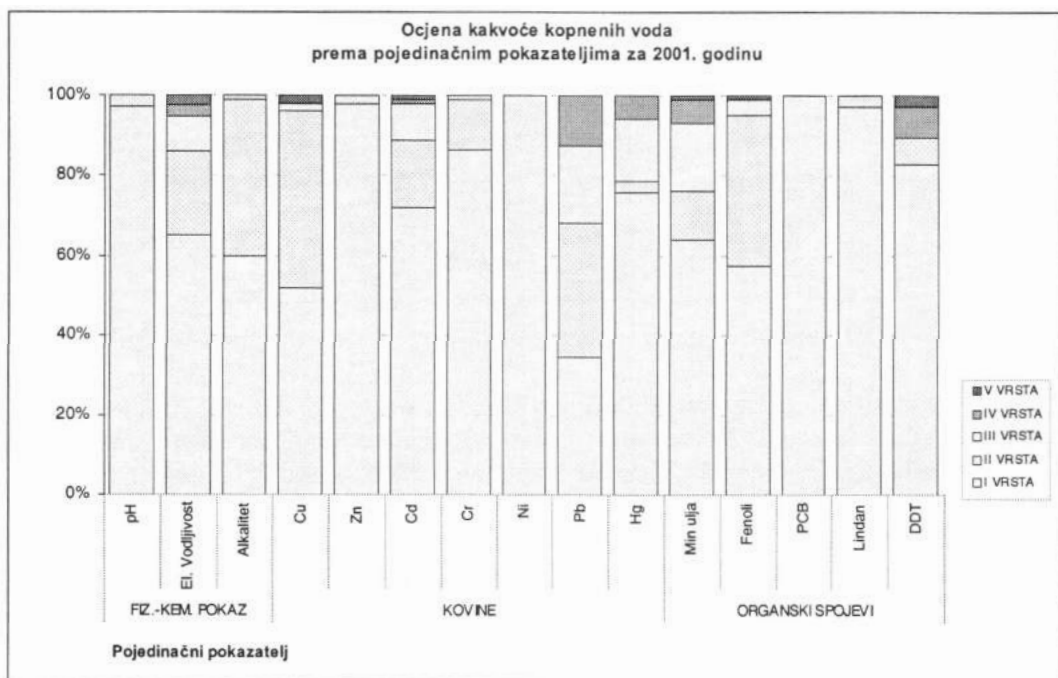


Slika 3: Ocjena stanja kakvoće kopnenih voda na temelju izvršene klasifikacije voda prema skupinama pokazatelja za razdoblje od 2000-2001.

a) 2000. godina



b) 2001. godina

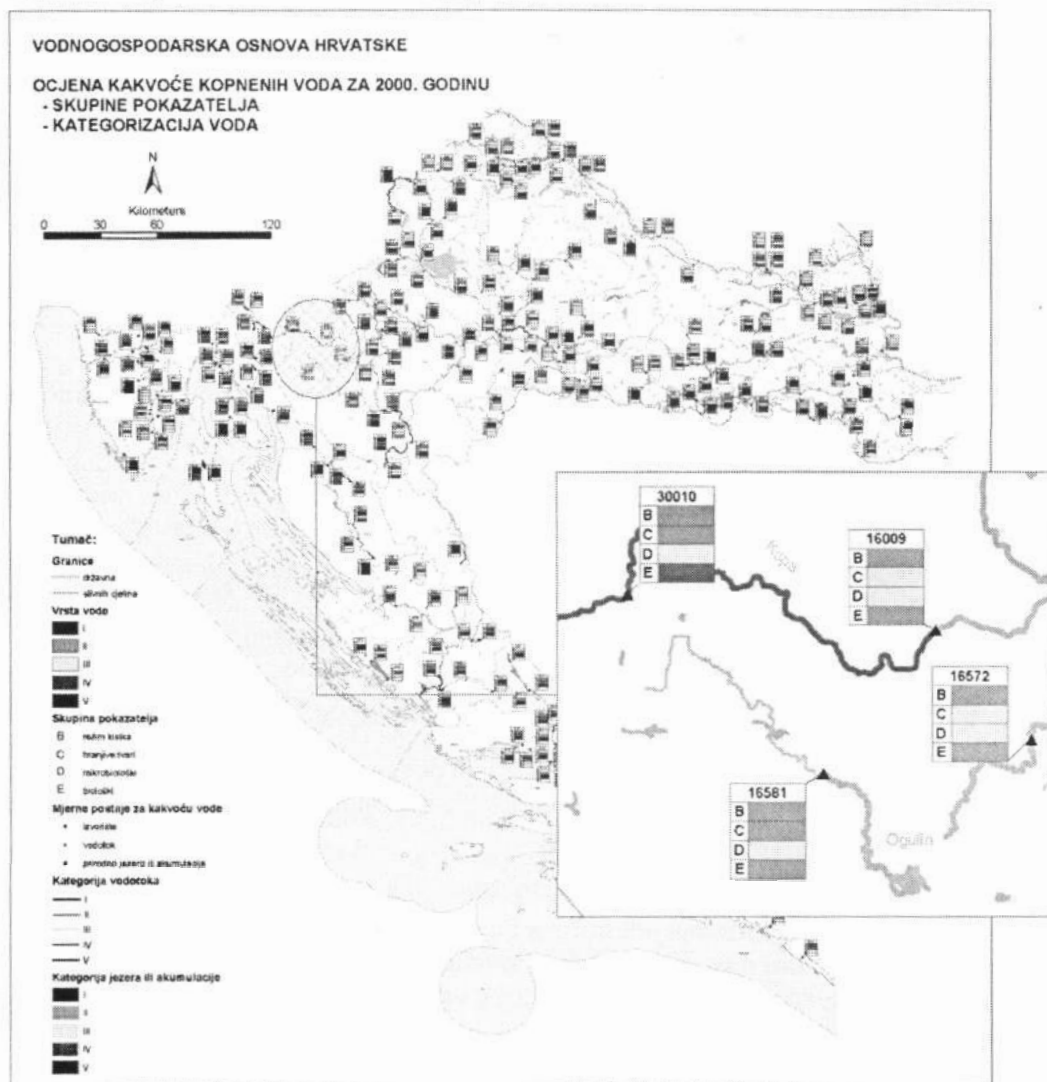


Slika 4: Ocjena stanja kakvoće kopnenih voda na temelju izvršene klasifikacije voda prema pojedinačnim pokazateljima za razdoblje od 2000-2001.

U okviru nacionalnog monitoringa kakvoće kopnenih voda ispituje se kakvoća vode 31 izvora. Vode izvorišta ukazuju ne samo na stanje kakvoće u samom izvorištu, nego i na stanje kakvoće voda vodonosnika. Vode izvorišta moraju zadovoljavati kriterije I kategorije [2]. Monitoringom obuhvaćena izvorišta pripadaju slivovima rijeka Drave i Dunava, slivu rijeke Save te sjevernojadranskim i srednje i južnojadranskim slivovima.

Ocjena kakvoće izvorišta za razdoblje od 2000. do 2001. godine ukazuje da su najveća odstupanja od planirane I vrste posljedica povišenih vrijednosti mikrobioloških pokazatelja. Prema većini ostalih mjerenih pokazatelja, koji ulaze u ocjenu kakvoće vode izvorišta, većina izvorišta pripada I i II vrsti vode (vrlo dobra i dobra kakvoća).

Na karti Republike Hrvatske grafički su prikazane sve mjerne postaje na kojima se pratila kakvoća voda, prema slivnim cjelinama, data je ocjena kakvoće voda za 2000. godinu na temelju skupina pokazatelja te prikazana planirana vrsta (kategorija) [2] za pojedini odsječak vodotoka (slika 5).



Slika 5: Karta ocjene kakvoće kopnenih voda na temelju izvršene klasifikacije voda prema skupinama pokazatelja u 2000. godini.

Okvirna Direktiva o vodama Europske unije (WFD)

S obzirom da je Okvirna direktiva o vodama EU postala najvažniji propis na tom području u zemljama EU, stoga će i Republika Hrvatska u svom procesu približavanja EU trebati definirati svoj program prilagodbe.

Programi motrenja voda prema WFD trebaju omogućiti pregled stanja površinskih i podzemnih voda te zaštićenih područja svakog slivnog područja.

Prema WFD za dobivanje informacija o stanju površinskih voda trebalo bi uspostaviti nadzorni monitoring (procjena stanja ukupnih površinskih voda unutar svakog sliva), operativni monitoring (praćenje stanja voda utvrđenih kao osjetljive jer ne mogu ispuniti svoje ekološke ciljeve) i istraživački monitoring (kada se nadzornim monitoringom utvrdi da postavljeni kriteriji neće biti zadovoljeni, a operativni monitoring još nije uspostavljen).

Pojam "stanje voda" usvojen Okvirnom direktivom za vode EU u odnosu na površinske vode, stanje voda definira na osnovu dva kriterija – ekološkog stanja i kemijskog stanja, ovisno od toga koje je lošije. Kako se Direktivom vodotok promatra i kao stanište za mnoštvo biljnih i životinjskih vrsta uvođenjem ekološkog stanja voda definiraju se i elementi za klasifikaciju ekološkog stanja. Dakle, biti će potrebno, ali u skladu s detaljno razrađenom procedurom izvođenja akcija, pristupiti uvođenju potpuno nove klasifikacije kojom će se definirati ekološko stanje površinskih voda rijeka, jezera, prijelaznih voda i priobalnog mora.

Definiranje ekološkog stanja površinskih voda biti će potrebno odrediti na osnovu hidromorfoloških, bioloških i kemijskih te fizikalno-kemijskih elemenata. S obzirom da su za klasifikaciju ekološkog stanja voda najbitniji biološki elementi potrebno će biti istraživačkim projektima doći do saznanja o sastavu i brojnosti biljnih i životinjskih vrsta, indikatora stanja voda (eutrofikacije, acidifikacije, salinizacije, saprobnosti, strukturnog deficita zajednica). Da bi se moglo pristupiti razvijanju sustava praćenja stanja voda prema zahtjevima Okvirne direktive o vodama EU (Aneks V) potrebno je prvenstveno odrediti tipove površinskih voda (rijeka, jezera, prijelaznih voda i priobalnog mora) te odrediti referentne uvjete za sve tipove površinskih voda (Aneks II).

S obzirom da je prema smjernicama WFD obvezno uspostavljanje programa praćenja svih voda radi dobivanja jasnog i sveobuhvatnog pregleda stanja voda u svakom vodnom području, nužno je pristupiti i razvijanju praćenja stanja podzemnih voda. Za dobivanje informacija o stanju podzemnih voda potrebno je odrediti količinsko i kemijsko stanje podzemnih voda uspostavljanjem odgovarajućih mreža monitoringa. Dobiveni rezultati koristiti će za ocjenjivanje stanja razina cjeline ili grupe cjelina podzemnih voda, kao i za dobivanje cjelovitog pregleda kemijskog stanja podzemnih voda u svakom riječnom slivu omogućujući određivanje dugoročnog trenda antropogenog utjecaja [1].

Rasprava i zaključci

Vodnom gospodarstvu potrebna je informacija o stvarnom stanju kakvoće nacionalnih voda, stoga se analizom postojećeg sustava monitoringa željelo utvrditi da li dobiveni rezultati mogu poslužiti kao korisne informacije u vodnogospodarskom planiranju. Dakle, cilj analize nije bio samo dobivanje informacije o stanju kakvoće voda u referentnoj 2000. godini, nego i uvid u učinkovitost sustava. Međutim, treba uzeti u obzir činjenicu da je potrebno određeno vremensko razdoblje da bi se dobili odgovori da li su ciljevi i svrhe uspostavljenog monitoringa u referentnoj 2000. godini, prema novom Programu,

postignuti. S ciljem uspostavljanja uspješnog monitoringa i programa monitoringa, u narednom će razdoblju trebati posebnu pažnju obratiti na slijedeće:

- valjanost odabira mjernih postaja, odabranih pokazatelja, dinamiku uzorkovanja, odabira ovlaštenih laboratorija, uzevši u obzir nove kriterije koji se zahtijevaju u programima ispitivanja kakvoće voda na prekograničnim i državnim vodama;
- utvrđivanje mogućnosti za uvođenje nekih novih pokazatelja, koji se još nisu ispitivali u okviru Programa nacionalnog monitoringa na državnim vodama, primjerice ekotoksikoloških (za procjenu štetnih učinaka na vodene ekosustave osnovni ekotoksikološki pokazatelji trebali bi se ispitivati na reprezentativnim mjernim postajama);
- unaprijeđenje i razvijanje postojećih metodologija uzorkovanja i analiza, posebice onih metoda za koje još ne postoje programi osiguranja kakvoće poredbenim ispitivanjima na nacionalnoj razini, kao ni uključenost u međunarodne poredbene programe (mikrobiološke i biološke metode);
- neujednačenost biomonitoringa u okviru nacionalnog programa monitoringa koji se provodi na državnim vodama (zahtijeva brzo poboljšavanje ovakvog stanja kroz bolje definiranu zakonsku regulativu i bolje razrađene programe ispitivanja bioloških pokazatelja);
- utvrđivanje mogućnosti za sustavno praćenje najreprezentativnijih pokazatelja kakvoće sedimenta reprezentativnih mjernih postaja, posebice TNMN mjernih postaja;
- utvrđivanje mogućnosti za razvijanje sustava automatskog praćenja stanja količine i kakvoće voda;
- razvijanje postojećih baza podataka o kakvoći voda uzevši u obzir i razvijanje zasebne baze bioloških podataka prema preporukama EU;
- sustavno razvijanje Glavnog ovlaštenog vodnogospodarskog laboratorija Hrvatskih voda, kao glavnog nacionalnog laboratorija za vrhunska stručna ispitivanja otpadnih, površinskih i podzemnih voda;
- povezivanje monitoringa kakvoće vodenih ekosustava s odgovarajućim hidrološkim monitoringom.

Monitoringom dobiveni podaci moraju biti dostupni donosiocima odluka u vodnom gospodarstvu ne samo kao lista pokazatelja i njihovih vrijednosti, nego interpretirani i procijenjeni od strane eksperata s preporukama za poduzimanje odgovarajućih akcija u vodnom gospodarstvu. Također, programi monitoringa moraju biti periodički vrednovani, posebice onda ako općenita situacija u okolišu ili samo određeni utjecaj na okoliš budu promijenjeni, bilo kao posljedica prirodnog uzroka ili uzrokovana poduzetim mjerama u slivnom području.

Kako je na dunavskom slivnom području prihvaćen međunarodni program ispitivanja kakvoće voda (TNMN), koji se provodi u okviru Međunarodne komisije za zaštitu rijeke Dunava (ICPDR), kojem u narednom razdoblju predstoji usklađivanje s kriterijima Okvirne direktive o vodama EU, tako je za očekivati i usklađivanje postojećih nacionalnih programa s tim kriterijima. Na jadranskom slivnom području prema prihvaćenom Akcijskom planu za Mediteran (MED POL) primjenjuju se obveze preuzete u skladu s člankom 6. LBS Protokola..

LITERATURA

1. *Direktiva 2000/60/EC Europskog Parlamenta i Vijeća*, kojom se uspostavlja okvir za djelovanje zajednice na području politike voda, od 23. listopada 2000. Izdanje II, Hrvatske vode-Zavod za vodno gospodarstvo.
2. *Državni plan za zaštitu voda*. Narodne novine, 8/99.
3. *ECE Task Force on Monitoring and Assessment, 1996. Guidelines on water-quality monitoring and assessment of transboundary rivers*. RIZA report nr. 96034.
4. *Konvencija o suradnji na zaštiti i održivoj uporabi rijeke Dunav* (Sofija, 1994. Godine), Međunarodni ugovori. Narodne novine 2/96.
5. *Program ispitivanja kakvoće vode na državnim vodama koji se provodio tijekom 2000. godine*. Zagreb: Hrvatske vode, 2001.
6. *Program ispitivanja kakvoće vode na državnim vodama koji se provodio tijekom 2001. godine*. Zagreb: Hrvatske vode, 2001.
7. *Protokol o zaštiti Sredozemnog mora od onečišćenja s kopna (LBS)*, Međunarodni ugovori. Narodne novine 12/93.
8. Širac, S. (2000): *Oblikovanje i provedba monitoring programa*. Zbornik sažetaka 6. stručnog sastanka laboratorija ovlaštenih za ispitivanje voda, Šibenik.
9. *Uredba o klasifikaciji voda*. Narodne novine, 77/98.
10. *Zakon o normizaciji*. Narodne novine 55/96

Autori:

Mr. Sc. Dagmar Šurmanović, dipl. inž. biologije (sdagmar@voda.hr)

Mr. Sc. Mara Artuković, dipl. inž. (amara@voda.hr)

Marija Jokić, dipl. inž. biologije (mjokic@voda.hr)

Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo

Ulica grada Vukovara 220

HR-10000 Zagreb



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 3.16.

Postojeće stanje i novi aspekti u planiranju zaštite podzemnih voda u Republici Hrvatskoj

Tatjana Vlahović, Željka Brkić, Želimir Pekaš

SAŽETAK: U sklopu postojećeg zakonodavstva u Republici Hrvatskoj vezanog za zaštitu podzemnih voda, prisutni su mnogobrojni zakoni i podzakonski akti koji se bave gospodarenjem vodama i zaštitom okoliša na području Republike Hrvatske. Važeći zakon u pogledu gospodarenja i zaštite podzemnih voda je *Zakon o vodama*. On daje zakonske osnove za korištenje voda, zaštitu voda i zaštitu od štetnog djelovanja voda, te predstavlja krovni, ali ne i jedini dokument, koji se bavi zaštitom podzemnih voda. Najvažniji dokument prema kojem se ostvarivala dosadašnja zaštita podzemnih voda je *Pravilnik o zaštitnim mjerama i uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta voda za piće* (NN br. 22/86), koji se temeljio na empirijskom dimenzioniranju zona i zabranama određenog ponašanja unutar pojedinih zona zaštite, odnosno zabranama djelovanja pojedinih zagađivača. Pravilnik je polazio od postavke idealne zaštite, neuvažavajući raznolikost prirodnih uvjeta i realnog gospodarskog razvitka kraja u kojem se nalazi izvorište. Zbog njegove neučinkovitosti i nedjelotvornosti uočljivo je pogoršanje kakvoće podzemne vode, kako u aluvijalnim tako i u krškim vodonosnicima, te je u 2002. godini usvojen novi *Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta* (NN br. 55/02), u koji su uključene najsuvremenije znanstvene metode u istraživanju i zaštiti podzemnih voda. Najveći pomak u odnosu na stari Pravilnik je pridavanje velikog značaja monitoringu količine i kakvoće podzemnih voda, a što je u skladu s *Okvirnim smjernicama o vodama Europske Unije* (WFD). Budući da novi Pravilnik, uz postojeća izvorišta koja se koriste za vodoopskrbu, uključuje i zaštitu potencijalnih izvorišta podzemnih voda, to iziskuje što hitnije planiranje i provedbu istraživanja s ciljem rezerviranja prostora za njihovu zaštitu.

KLJUČNE RIJEČI: vodonosnici, zone sanitarne zaštite, količina i kakvoća podzemnih voda, hidrogeološka istraživanja

Current Status and New Developments in the Groundwater Protection in Croatia

SUMMARY: Applicable Croatian legislation on the groundwater protection includes numerous laws and bylaws regulating water resources management and the environmental protection on the territory of the Republic of Croatia. The Waters Act regulates the groundwater management and protection. It creates legal grounds for water use, water protection, and water impact control. The Act is an umbrella law, but not the only document that addresses the groundwater protection. The most important document governing the groundwater protection so far are the *Rules on Protective Measures and Conditions for Delineating Potable Water Well Field Sanitary Protection Zones* (Official Gazette of Croatia No. 22/86), based on empirical sizing of such protective zones and banning of specific activities and presence of individual polluters within them. The Rules relied on a principle of an ideal protection, without respecting diversity of natural conditions and actual economic development of the areas accommodating

the well fields. Its inefficiency and ineffectiveness resulted in obvious degradation of the groundwater quality both in alluvial and karst aquifers. So, new *Rules on Delineating Well Field Sanitary Protection Zones* (Official Gazette of Croatia No. 55/02) were promulgated in 2002. The new Rules rely on the state-of-the-art scientific methods used in the groundwater research and protection. The most important change compared to the old Rules is that these highlight the importance of the groundwater quality and quantity monitoring in line with the EU Water Framework Directive (WFD). In addition to the existing water supply well fields, the new Rules cover the protection of prospective groundwater springs, so planning and research of the prospective groundwater springs should be urgently initiated in order to earmark the areas of protection.

KEYWORDS: aquifers, sanitary protection zones, quantity and quality of groundwater, hydro geological research

Uvod

Koncem sada već prošlog stoljeća postalo je jasno da će jedan od glavnih problema čovječanstva u budućnosti biti pitka voda. Pri tome, nestašica pitke vode u prirodi neće podjednako pogoditi sve zemlje svijeta. Gdje je u tome Hrvatska? S obzirom na hidrografska i hidrogeološka obilježja moglo bi se reći da Hrvatska može mirno ući u 21. stoljeće. Međutim, poučeni iskustvom u razvijenim europskim zemljama, ne smijemo zanemariti negativne posljedice koje za sobom ostavljaju urbanizacija, industrijalizacija, suvremena poljoprivreda i izgradnja modernih prometnica. One se prije svega odnose na onečišćenje i to kako površinskih, tako i podzemnih voda.

Izvorišta pitke vode, koja želimo koristiti, kako sada, tako i u budućnosti, moraju se nadgledati i zaštititi od zagađivanja i drugih utjecaja koji mogu nepovoljno djelovati na njihovu izdašnost ili kakvoću vode.

Važeći zakon u pogledu gospodarenja i zaštite podzemnih voda na području Republike Hrvatske je **Zakon o vodama**. On daje zakonske osnove iskorištavanja voda, zaštite voda i zaštite od štetnog djelovanja voda, te predstavlja krovni, ali ne i jedini dokument, koji se bavi zaštitom podzemnih voda. U okviru drugih zakona (Zakon o zaštiti okoliša (N.N. br. 82/94); Zakon o otpadu (N.N. br. 34/95); Zakon o prostornom uređenju (N.N. br. 30/94); Zakon o građenju (N.N. br. 77/92, 82/92, 33/95); Zakon o rudarstvu (N.N. br. 35/95)) i pravilnika (Pravilnik o zaštitnim mjerama i uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta vode za piće (NN br. 22/1986) i Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta (NN br. 55/02) nalaze se odgovarajuće odredbe, koje u domeni cjelokupnog teksta pojedinih zakona štite podzemne vode od negativnih utjecaja i aktivnosti koje mogu proizlaziti iz radnji propisanih odnosnim zakonom. Djelotvornost pravnog sustava u pogledu zaštite podzemnih voda trebala bi se temeljiti na mogućnostima sprečavanja budućeg onečišćenja, kao i na progresivnom poboljšanju kakvoće voda. Gledajući s toga motrišta, mehanizmi zaštite podzemnih voda već su sadržani u okviru postojećeg zakonodavstva, no osnovno je pitanje koliko se ti mehanizmi provode u praksi.

Osnovne hidrogeološke osobitosti vodonosnika

Na području Hrvatske razlikuju se dva osnovna hidrogeološka sustava:

1. Vodonosnici u stijenama s međuzrnskom poroznosti unutar kojih se odvija laminaran tok podzemne vode. Razlikujemo otvorene, zatvorene, poluotvorene i poluzatvorene vodonosnike;

2. Krški vodonosnici s pukotinsko - kavernožnom poroznošću, u kojima se kroz pukotine i kanale nepravilnih oblika, dimenzija i položaja odvija laminaran i turbulentan tok.

Osnovne hidrogeološke osobitosti aluvijalnih vodonosnika su u razmjerno dugotrajnom zadržavanju vode u podzemlju čime je uspostavljen dobar kontakt između naslaga i podzemne vode. Time su omogućene različite fizikalno-kemijske reakcije i mikrobiološki procesi koji utječu na smanjenje koncentracije potencijalnog onečišćivala u podzemnoj vodi. Ovo svojstvo poznato je pod nazivom samopročišćavanje ili autopurifikacija. Osnovni kemijski procesi koji utječu na smanjenje koncentracije i kretanje onečišćivala u podzemnoj vodi su stvaranje kompleksnih spojeva, kiselo-lužnate reakcije, oksidacijsko-redukcijski procesi, procesi otapanja i taloženja, te sorpcija i desorpcija [1], a fizikalni procesi su advekcija, disperzija, retardacija i filtracija. Intenzitet ovih reakcijskih procesa prije svega ovisi o granulometrijskom i mineraloškom sastavu naslaga, specifičnoj površini krutog matriksa, kemizmu i količini onečišćivala, te kemizmu i dinamici podzemne vode. Najveća autopurifikacija odvija se prolaskom vode kroz sitnozrnate glinovito-prašinate naslage velike specifične površine kroz koje, zbog slabe propusnosti, voda vrlo sporo prolazi, pa je intenzitet reakcijskih procesa znatan.

Osnovne hidrogeološke osobitosti vodonosnika s pukotinsko - kavernožnom poroznošću su veće brzine protjecanja i oskudna vegetacija koja omogućava relativno lagano i direktno prodiranje zagađivala u podzemlje, te njegov transport na veliku udaljenost za kratko vrijeme, često puta koncentriran tok podzemne vode i relativno kratko vrijeme zadržavanja u podzemlju, zbog čega prirodne filtracije gotovo nema, a drugi procesi purifikacije su gotovo zanemarivi. Do smanjenja koncentracije zagađivala dolazi jedino miješanjem sa čistom vodom. Intenzivna poljoprivredna aktivnost, porast broja stanovnika, mnogobrojni industrijski, prometni i komunalni objekti, te objekti poljoprivredno-prehrambenih kompleksa na području krša, predstavljaju značajne faktore koji mogu dovesti i dovode do zagađivanja podzemne vode.

Jedan od glavnih regulatora vertikalnog transporta fluida od površine tla do podzemne vode su krovinske naslage i nezasićena zona. Naime, ako je vodonosnik otkriven, tj. ako nad vodonosnikom ili uz površinu terena ne postoje nikakve naslage kojima je vertikalna propusnost manja od propusnosti vodonosnika, tada fluid s površine terena može bez ikakve zapreke prodrijeti u vodonosnik. To posebice vrijedi za krške vodonosnike i za plitke šljunkovite i pješčane vodonosne slojeve. Naprotiv, ako je vodonosnik pokriven, tj. ako je nad njim pokrov od nepropusnih ili polupropusnih naslaga znatne debljine, tada taj pokrov ili praktički potpuno sprečava ili usporava, odnosno smanjuje prodor fluida u vodonosnik. Također, ako je sadržaj vlage u nezasićenoj zoni nizak, zona tla djeluje kao pufer i regulira odnos dotoka fluida prema podinskom vodonosnom sloju. U mnogim situacijama nezasićena zona osigurava značajnu barijeru toku, te na taj način povećava zaštitu vodonosniku [2].

Iz svega navedenoga jasno je da kakvoću podzemne vode je nemoguće štititi podjednako na svim lokalitetima. Zaštita podzemne vode u kršu, stoga se treba razlikovati od zaštite vode u nekrškim terenima, gdje se podzemne vode kreću u sitnozrnim vodonosnim slojevima koji su prirodno više ili manje zaštićeni od zagađivanja sa površine. Prodor zagađivala u klastične vodonosne slojeve je teži, ali je njegovo širenje kroz podzemlje složenije i negativne posljedice dugotrajnije. Zbog naselja i industrije koje su smještene iznad vodonosnih slojeva, te zbog veze s površinskim vodotocima koji predstavljaju recepijente otpadnih voda, događaj zagađivanja je realniji.

Postojeće stanje zaštite podzemnih voda

Osnovni dokument prema kojem se do danas ostvarivala zaštita podzemnih voda na crpilištima je *Pravilnik o zaštitnim mjerama i uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta voda za piće* (NN br. 22/86) [3]. Pravilnikom su bile postavljene 3 zaštitne zone, a temeljio se na empirijskom dimenzioniranju zona i zabranama određenog ponašanja unutar pojedinih zona zaštite, odnosno zabranama djelovanja pojedinih aktivnih ili potencijalnih zagađivača.

Jedan od osnovnih nedostataka Pravilnika bio je neuvažavanje raznolikosti hidrogeoloških značajki vodonosnika, što je posebice dolazilo do izražaja pri određivanju zaštitnih zona izvorišta u kršu. Naime, osobitosti krša u Pravilniku bile su uvažene samo kroz članak 4. koji je glasio: „Za područje krša, zbog specifičnosti krškog terena, priljevno područje, veličina i granica zona, te režim zaštite određuju se na temelju posebnih hidrogeoloških i hidroloških istraživanja“. Na taj način zakonski nije bio reguliran broj zaštitnih zona niti mjere zaštite unutar njih. Kao rezultat toga, u praksi se događalo da su se neka izvorišta štitila kroz tri, a neka kroz četiri do pet zaštitnih zona, ovisno o prijedlogu istraživača. Kako oko 46% površine Republike Hrvatske pripada krškom području znači da se odredbe Pravilnika praktički nisu odnosile na gotovo polovicu teritorija Republike Hrvatske. I pri određivanju zona sanitarne zaštite u aluvijalnim vodonosnicima s međuzrnskom poroznosti javljale su se mnoge poteškoće. S jedne strane razlog je taj što se podzemne vode za vodoopskrbu koriste većinom s prostora koji je izgrađen, stoga se ni jedna odredba Pravilnika nije mogla u cijelosti primijeniti, a s druge strane jer je Pravilnik polazio od postavki idealne zaštite, a nije uvažavao raznolikost prirodnih uvjeta i realnog gospodarskog razvitka kraja u kojem se nalazi izvorište [4]. Rješenje zaštite za ovaj tip vodonosnika u pravilu se tražilo preko prijelazne odredbe (članak 24.) koja je omogućavala definiranje zaštitnih zona provođenjem dodatnih istraživanja (u gotovo 85% crpilišta na vodnom području sliva Save, Drave i Dunava).

Kod određivanja zaštitnih zona u aluvijalnim vodonosnicima, budući da je moguće matematičko simuliranje toka podzemne vode, uglavnom su se koristile matematičke simulacije kojima se određuje raspored brzina toka podzemne vode. Temeljem tih brzina, odnosno vremena zadržavanja vode u podzemlju, određivale su se zaštitne zone crpilišta. U ovim vodonosnicima veliki značaj imaju pokrovne prašinasto-glinovite naslage. U pravilu se kod određivanja zaštitnih zona u takovim okolnostima tok potencijalnih onečišćivala aproksimira vertikalnim tokom s površine terena kroz pokrovne naslage do vodonosnika i horizontalnim tokom od ulaska u vodonosnik do crpnih zdenaca. Kako je dinamika podzemne vode uvjetovana rubnim uvjetima vodonosnika, raspodjelom hidrogeoloških parametara vodonosnika (hidrauličke vodljivosti, transmisivnosti, koeficijenta uskladištenja, efektivne poroznosti) u prostoru, te rasporedom i režimom rada crpnih zdenaca, za ovakvo određivanje zaštitnih zona nužno je dobro poznavanje ovih ulaznih parametara [5].

Na područjima sa znatnom debljinom slabopropusnih pokrovnih prašinasto-glinovitih naslaga, gdje je trajanje vertikalnog toka vode kroz pokrovne naslage ponekad i nekoliko puta veće od 50 dana, II. zaštitna zona ili uža vodozaštitno područje često se ostvaruje unutar I. zaštitne zone. Takav primjer su zaštitne zone primjerice na

crpilištima Ravnik - Kutina, Kanovci – Vinkovci i Vinogradi – Osijek. S druge pak strane, na područjima gdje su takove pokrovne naslage tanke ili nedostaju, II. zona obuhvaća znatno veću površinu, a granica 50-dnevnog zadržavanja vode u podzemlju najvećim se dijelom odnosi na horizontalni tok vode kroz vodonosnik prema crpnim zdencima. Ovakvi primjeri vezani su za crpilišta u zapadnom području pridravske i prisavske ravnice, gdje su pokrovne polupropusne naslage razmjerno male debljine. Problem kod određivanja zaštitnih zona crpilišta u aluvijalnim vodonosnicima bio je pri određivanju III. zone zaštite, koja je prema Pravilniku trebala obuhvaćati područje od granice slivnog područja (linija podzemne razvodnice) do vanjske granice II. zone. To se događa u slučajevima kada se aluvijalni vodonosnici manje ili više kontinuirano protežu na cijelom području ravnica uz rijeke Dravu i Savu ili uz njihove pritoke. U takovim okolnostima najčešće je vanjska granica III. zaštitne zone određena konusom depresije pri maksimalnoj crpnoj količini koja se može ostvariti na crpilištu. Kod velikih slivnih područja crpilišta, III.A zaštitna zona često je ograničena kako je to propisivao Pravilnik (2 km od mjesta zahvata), izuzev na pojedinim crpilištima (Vinogradi i dr.) gdje je III.A zona ograničena jednogodišnjim ili trogodišnjim vremenom zadržavanja vode u horizontalnom toku [6]. Granica IIIB zaštitne zone određena je ili konusom depresije pri maksimalnoj izdašnosti crpilišta ili uzimajući vrijeme zadržavanja vode u horizontalnom toku prema crpnim zdencima, koje je najčešće 30-godišnje zadržavanje vode u vodonosniku. Na pojedinim crpilištima, koristeći član 24. navedenog Pravilnika, III.B zona nije ni uspostavljena (crpilište Kanovci – Vinkovci). Kada bi se prema Pravilniku uspostavila, obuhvaćala bi veliko područje istočne Slavonije, međutim istražnim radovima je dokazano da postojeće aktivnosti, zbog slabo propusnog pokrivača, ne mogu bitno utjecati na kakvoću podzemne vode. Međutim, na nekim crpilištima III.B zona uspostavljena je na način da obuhvaća cijeli uzvodni dio slivnog područja rijeke uz koju se nalazi crpilište. Primjer toga je III.B zona crpilišta Zapadno polje i Vidovci u Požegi. Crpilišta su smještena u dolini rijeke Orljave, u okolici Požege. Na taj su način ova dva crpilišta, ukupne izdašnosti oko 95 l/s, zaštićena mnogo jače od ostalih crpilišta znatno većih izdašnosti. Činjenica je da je na ova dva crpilišta “potrošeno” čak 25 % površine Požeško-slavonske županije. Ako se u obzir uzme odnos crpnih količina i zaštićene površine, u razmatranom slučaju proizlazi da na 1 l/s iscrpljene vode pripada približno 6 km² zaštićenog područja. Usporedbe radi, taj odnos za crpilište Mala Mlaka iznosi oko 0.017 km² na 1 l/s iscrpljene vode [5]. Premda svjesni činjenice da za Požegu ova crpilišta znače isto što i crpilište Mala Mlaka sa izdašnošću od oko 1300 l/s za Zagreb, jer pokrivaju više od 60 % javne vodoopskrbe, ipak u navedenom slučaju površina III.B zaštitne zone je precijenjena, odnosno da njene granice nisu određene u skladu s koncepcijom održivog razvitka.

Za zaštitu krških vodonosnika ponuđena su različita rješenja, jer Pravilnikom nisu bili postavljeni zajednički kriteriji, te se ne može niti govoriti o doslovnoj primjeni postojećih odredbi iz Pravilnika [7]. Naime, Pravilnik u članku 4. nije ulazio u kriterije određivanja, te nisu postojale jedinstvene metode propisane zakonom koje bi obvezale projektante na dosljedno pridržavanju propisa (u 77% crpilišta na vodnom području Primorsko-istarskih i Dalmatinskih slivova primjenjuje se članak 4. Pravilnika, a za preostala crpilišta zone zaštite nisu niti određivane). Stoga, u Republici Hrvatskoj

primjenjeno je nekoliko različitih pristupa u određivanju zaštitnih zona u krškim područjima. Za izvorišta na području Istarske županije zaštitne zone određene su uglavnom usporedbom hidroloških analiza i interpretiranih hidrogeoloških struktura, pri čemu su pretpostavljena kompaktna slivna područja, unutar kojeg su izdvojene tri, odnosno četiri zone s različitim režimima zaštite. Razlike u stupnju zaštite za pojedine zone su relativno male, a te razlike su manje na slivnim područjima manjih površina i izrazitijih krških karakteristika [7]. Za izvorišta na području Primorsko-goranske i Zadarske županije, unutar slivnog područja određene su, na temelju prividnih brzina tečenja podzemne vode i vremena toka vode do objekta, četiri zaštitne zone. Uz četiri osnovna stupnja zaštite predviđeni su i tzv. "rezervati zaštite voda", a oni uključuju planinska područja koja predstavljaju područja napajanja i zadržavanja podzemne vode u dubokom krškom podzemlju. Za izvorišta na području Ličko-senjske županije, vodozaštitna područja podijeljena su, na osnovu prividnih brzina tečenja podzemne vode u podzemlju i hidrogeoloških značajki terena s posebnim naglaskom na tektoniku, na tri, odnosno četiri zaštitne zone. Za izvorišta na području Šibensko-kninske, Splitsko-dalmatinske i Dubrovačko-neretvanske županije, uglavnom je temeljem brzina tečenja podzemnih voda u razdoblju velikih voda, određeno pet zona zaštite. Uz podjelu zaštitnih područja na pet zona, na ovom području uveden je i pojam mikrozoniranja, čime se omogućuje ublažavanje od najstražih zabrana najvećeg dijela zaštitnih područja. Posebna pozornost polaže se ovdje na ocjenu stupnja ugroženosti izvorišta od pojedinih zagađivača, te na pitanja u svezi s prostornim planiranjem.

Zaključno, mogućnost sasvim drugačijih rješenja zaštite od onih eksplicite navedenih u Pravilniku, su prilično različiti pristupi određivanja zaštitnih zona koji su doveli do toga da su neka manje važna crpilišta, s povoljnim hidrogeološkim značajkama s obzirom na zaštitu, i s manje mogućih izvora zagađenja, mnogo "jače" šticeana od nekih velikih i vrlo ugroženih crpilišta. Rezultat toga je i spomenuti ekstremni slučaj Požeško-slavonske županije. U Istarskoj županiji, zaštitne zone 20 crpilišta zauzimaju 20% površine županije, u Šibensko-kninskoj županiji, zaštitne zone za dva crpilišta zauzimaju 12% površine županije, u Zagrebačkoj županiji za 4 crpilišta potrošeno je 0,51% površine županije, u Krapinsko-zagorskoj županiji za samo jedno crpilište 0,35% površine županije, a u Karlovačkoj županiji za šest crpilišta samo 0,15% površine županije [8].

Iz svega navedenoga nameće se zaključak da se zaštititi podzemne vode kao najvrednijeg prirodnog resursa naše zemlje, a za koji je pak osnovni preduvjet uspostavljanje zaštitnih zona crpilišta, mora dati znatno veća pozornost nego što je to bilo do danas. Na tragu tome je upravo novi Pravilnik o zonama sanitarne zaštite izvorišta, u koji su uključene najsuvremenije znanstvene metode u istraživanju i zaštiti podzemnih voda, a u skladu je s Okvirnim direktivama o vodama Europske Unije (WFD) [9].

Novi aspekti u planiranju zaštite podzemne vode

Tijekom 2002 godine usvojen je novi Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta (NN br. 55/02) [10]. Cilj odredbi Pravilnika je izvorišta koja se koriste ili su rezervirana za javnu vodoopskrbu zaštititi od onečišćenja i namjernog ili slučajnog zagađenja te od drugih utjecaja koji mogu nepovoljno djelovati na zdravstvenu ispravnost voda ili njihovu izdašnost. Jedna od novina ovog Pravilnika, kojim je ispravljen

nedostatak staroga, je odredba da se pojedine zaštitne zone definiraju na temelju hidrogeoloških i hidroloških značajki zahvaćenog vodonosnika. To podrazumijeva uvažavanje tipa vodonosnika s obzirom na debljinu i propusnost pokrovnih naslaga, način i veličinu napajanja vodonosnika, brzinu toka podzemne vode prema crpilištu te purifikacijski kapacitet pokrovnih naslaga i vodonosnika. Sastavni dio određivanja zaštitnih zona čini i izrada katastra onečišćivača, analiza kakvoće vode glede prirodnog i antropogenog utjecaja, te tehnički opis vodozahvatnog objekta i prijedlog režima rada izvorišta. Poseban značaj predstavlja prikaz podataka u GIS-u, koji omogućava optimalno upravljanje sustavom/prostorom.

Najveći pomak u odnosu na stari Pravilnik je, uz pasivnu zaštitu, provođenje i aktivne zaštite izvorišta unutar definiranih granica zona. Pasivnu zaštitu izvorišta čine mjere zabrane građenja i smještaja pojedinih građevina i obavljanja određenih djelatnosti unutar utvrđene zone. Aktivnu zaštitu izvorišta čini redovito praćenje količine i kakvoće vode na priljevnom području izvorišta i poduzimanje mjera za njeno poboljšanje.

Nadalje, novi Pravilnik posebice razmatra zaštitu, odnosno zone i mjere zaštite za vodonosnike međuzrnskom poroznosti i za krške vodonosnike. Za vodonosnike sa međuzrnskom poroznosti određuju se do tri zone zaštite, a utvrđuju se radi smanjenja rizika onečišćenja podzemne vode od teško razgrađivih kemijskih i radioaktivnih tvari (III. zona), od onečišćenja patogenim mikroorganizmima i drugih štetnih utjecaja koji se mogu pojaviti tijekom zadržavanja vode u podzemlju (II. zona), te radi zaštite uređaja za zahvat vode i njegove neposredne okolice od bilo kakvog onečišćenja i drugih slučajnih ili namjernih negativnih utjecaja (I. zona). Za krške vodonosnike određuju se četiri zaštitne zone, a zbog specifičnosti krškog područja primjenjuje se nekoliko kriterija – vrijeme, brzina i količina napajanja odnosnog izvorišta. Zbog velikih brzina podzemnih tokova i kratkog vremena zadržavanja vode u podzemlju, nemoguće je osigurati kriterij koji će predstavljati klasičnu zaštitu od zagađenja, nego navedeni kriteriji imaju za cilj stupnjevanje prostora po zonama koje imaju ulogu procjene vremena potrebnog za intervenciju na crpilištu u slučaju iznenadnog zagađenja u slivu, odnosno količina napajanja izvora postaje mjerodavni čimbenik u posljedicama zagađenja/onečišćenja.

Unutar određenih zaštitnih zona utvrđuju se zaštitne mjere propisane ograničenjima, ali se moraju prilagoditi razvojnim planovima grada, općine i županije. Zbog procjene mogućih posljedica zagađenja kao i sanacije zagađenja kod zaštite podzemnih voda pozornost se daje i na razlike između točkastih i difuznih izvora onečišćenja. Oba vida izvora onečišćenja djeluju različito u podzemnoj vodi; točkasti je ograničenih dimenzija i nizvodno uzrokuje perjanicu zagađene vode, a detekcija tih perjanica i kontrola povezanih opasnosti je prilično teška, dok se s difuznim izvorima onečišćenje događa više ili manje homogeno preko cijelog područja. Mjere zaštite sadržavaju i liste prioriteta sanacijskih zahvata u određenim zonama. Sanacijski zahvati od izuzetnog su značaja za očuvanje ili čak poboljšanje kakvoće vode na crpilištima. To su u prvom redu projekti nepropusne kanalizacije, izgradnja nepropusnih (dvostruke stjenke) tankova za opasne sadržaje, te posebice na području krša regulacija prometa kojima se smanjuje mogućnost incidentnih situacija itd. Međutim, što uopće znače mjere zaštite ukoliko se one ne provode? Naime, čitav niz primjera pokazuje da i u slučajevima kada su zaštitne zone bile pravovremeno propisane, one nisu ispunile svoju osnovnu funkciju, odnosno došlo je do degradacije kakvoće podzemne vode (gradska zagrebačka crpilišta, crpilište Bregana, crpilište Sašnjak, crpilište Vidovci, crpilište Varaždin, pulski zdenci i dr.)!

Premda je kakvoća podzemne vode oduvijek zauzimala veliki značaj, posebno je aktualizirana posljednje dvije godine kada je u Europi na snagu stupio dokument Okvirne smjernice o vodama Europske unije (WFD-2000/60/EC) [10] i koji će Hrvatska, kao jedna od budućih članica EU, morati primijeniti, a čije je obveze dijelom preuzela ratificiranjem Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju EU. Prema Smjernicama posebna se pozornost treba posvetiti definiranju kvantitativnog i kvalitativnog stanja voda, koji se temelji na uspostavi odgovarajućeg praćenja razina i pokazatelja kakvoće podzemne vode. Kao glavni pokazatelji stanja kakvoće podzemne vode u Smjernicama su otopljeni kisik, pH, elektrolitička vodljivost, NO_3^- i NH_3 (Annex V), a u prijedlogu za uspostavljanje strategije o sprečavanju i kontroli onečišćenja podzemne vode u okviru Direktiva (Proposal for a Directive of the european parliament and of the council - establishing strategies to prevent and control pollution of groundwater, Draft 1.0 od 20.02.2003. – Annex I) navode se još: Al, As, Cd, Cl⁻, Cr, Cu, Hg, Ni, K, Na, SO_4^{2-} , Zn i TOC. Stoga, novi aspekt zaštite podzemne vode, uz pasivne mjere uključuje i praćenje stanja podzemnih voda na priljevnim područjima izvorišta. Na opažackim mjestima u primjerenim prostornim i vremenskim razmacima treba će se ispitivati fizikalni, kemijski i mikrobiološki pokazatelji, te mjeriti razine podzemne vode u priljevnom području. Na taj način, uz redovitu obradu podataka, praćenje stanja obzirom na zaštitu vodonosnika, moći će se intervenirati u slučaju narušavanja dobrog kvalitativnog i kvantitativnog statusa voda. U aktivan pristup svakako spada redovito izvješćivanje putem informacijskih medija te svi vidovi edukacija.

Ovako određena vodozaštitna područja omogućavaju daleko veći stupanj fleksibilnosti u odnosu na korištenje prostora, a kroz aktivni pristup osiguravaju i veću efikasnost zaštitnih mjera.

Zaključna promišljanja

Veliki broj crpilišta danas se nalazi se u urbanim područjima gdje su u njihovoj neposrednoj okolici smješteni brojni onečišćivači podzemne vode: industrijski objekti, prometnice, neodgovarajući sustavi odvodnje otpadnih voda, te poljoprivredne površine. U takovim okolnostima s jedne strane se susrećemo s činjenicom o potrebi osiguranja dovoljnih količina pitke vode, a s druge strane ta voda, nakon uporabe, postaje otpadna voda, koja se mora na ekološki prihvatljiv način negdje ispustiti.

S gledišta zaštite podzemnih voda nužno je kontinuirano praćenje i uočavanje trendova bitnih pokazatelja koji utječu na degradaciju kakvoće voda. Neka iskustva razvijenih zemelja pokazuju određeni pozitivan pomak u sprečavanju onečišćenja od točkastih izvora, izgradnjom uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, međutim onečišćenja od plošnih odnosno difuznih izvora još uvijek predstavljaju veliki problem [11].

Iako je u vodonosnicima s međuzrnskom poroznosti moguće simuliranje transporta potencijalnog onečišćivala kroz vodonosnik, uz uvjet poznavanja hidrogeoloških karakteristika i parametara vodonosnika, fizikalno-kemijskih svojstava podzemne vode i mogućeg onečišćivala, te geokemijskih uvjeta u vodonosniku koji utječu na procese retardacije i mobilizacije onečišćivala, takova istraživanja u Hrvatskoj, nažalost, još uvijek nisu ušla u praksu. Općenito može se reći da su se do sada ulagala vrlo mala sredstva u hidrogeološka istraživanja na kojima se temelji određivanje zaštitnih zona, kako u aluvijalnim vodonosnicima, tako i na krškim terenima. Novi aspekti zaštite

podzemnih voda definirani kroz novi Pravilnik kao i WFD naglasak stavljaju upravo na ta istraživanja. Naime, osnovica integralnog upravljanja vodnim resursima je detaljno poznavanje količine i kakvoće podzemne vode na temelju opsežnih terenskih istraživanja. Unatoč tome današnje znanje o podzemnim vodnim resursima, poglavito onima u kršu još uvijek je nedostatno. Razlog tome u prvom redu je nepostojanje adekvatne opažačke mreže. Prema tome, u svjetlu novih aspekata zaštite podzemnih voda, a u skladu sa WFD, istraživanja podzemnih voda treba znatno intenzivirati i na regionalnoj i na nacionalnoj razini.

Literatura

- Brkić, Ž. & Kuhta, M. (2001): Stanje zaštite crpilišta pitke vode u aluvijalnim vodonosnicima sjeverne Hrvatske. Zbornik radova znanstveno – stručnog skupa “Kako zaštititi vode Hrvatske s gledišta vodoopskrbe i odvodnje”, Pula, 179-183 [5].
- Directive of the European Parliament and the Council Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy, ENV 221 CODE 513, Brussels, 18, 2000 [9].
- Mayer, D. (1993): Kvaliteta i zaštita podzemnih voda. Hrvatsko društvo za zaštitu voda i mora. Zagreb [1]
- Nakić, Z. (2000): Analiza rezultat istraživanja stanja postojećeg sustava zaštite podzemnih voda crpilišta u Hrvatskoj. Hrvatske vode, 30, 1-16 [8].
- Pravilnik o zaštitnim mjerama i uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta voda za piće, Narodne novine br. 22/86 [3].
- Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta, Narodne novine br. 55/02 [10].
- Skinner, A. Ch. (1985): Groundwater protection in fissured Rocks in Matthess, G., Foster, S.S.D. & Skinner, A.Ch.: Theoretical Background, Hydrogeology and Practice of Groundwater Protection Zones, UNESCO, Vol. 6., 123-145, Hannover [2].
- Urumović, K. (1986.): Vremenski kriterij kod određivanja zaštitnih zona izvorišta podzemne vode. Zaštita izvorišta voda za vodoopskrbu, jug. savjetovanje. Zbornik radova, 182-189, Split [6].
- Vazdar, T. (1994): Problematika određivanja zaštitnih zona izvorišta pitke vode u stijenama s međuzrnskom poroznošću i u kršu. Prirodoslovno – matematički fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, 1-136, Zagreb [7].
- Vazdar, T. & Mayer, D. (1994): Problematika određivanja zaštitnih zona izvorišta pitke vode u Republici Hrvatskoj. Hrvatske vode, 8, 563-574 [4].
- Vlahović, T., Petrićec, M. & Pekaš, Ž. (2001): Planiranje zaštite resursa podzemne vode u okviru izrade Vodnogospodarske osnove Hrvatske. Zbornik radova V znanstveno-stručnog skupa «Voda i javna vodoopskrba», Tučepi, 127-137 [11].

Autori:

Dr.sc. Tatjana Vlahović, dipl.ing.geol.
Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo
10 000, Zagreb, Ulica grada Vukovara 220
tel: 01 6307 327, 01 6307 303, 01 6307 307
e-mail: vtatjana@voda.hr

Dr.sc. Željka Brkić, znan. sur.
Institut za geološka istraživanja
10 000, Zagreb, Sachsova 2
tel: 6160 728
e-mail: brkic@igi.hr

Želimir Pekaš, dipl.ing.geol.
Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo
10 000, Zagreb, Ulica grada Vukovara 220
tel: 01 6307 327, 01 6307 303, 01 6307 307
e-mail: zpekas@voda.hr



Rad 3.17.

Alternativni postupci odvodnje, pročišćavanja i dispozicije otpadnih voda u okvirima naše legislative

Bojan Zmaić, Elvis Kešetović

SAŽETAK: Suvremena alternativna rješenja odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda uključuju različite postupke kojima se otpadne vode tretiraju uglavnom pojedinačno na mjestu nastanka. Mogu se sastojati od izdvajanja i zasebnog tretiranja pojedinih tokova (vode od pranja, fekalne otpadne vode), primjenom suhih i kompostnih nužnika ili razvijenih oblika septičkih sistema (od najjednostavnije septičke jame do složenijih sustava). Ovi sustavi mogu biti nadograđeni opremom za aeraciju, biološkim ispunama, biofiltracijom i sl. Dispozicija tako pročišćenih otpadnih voda može se vršiti u tlo putem upojnih bunara, adsorpcionih infiltracijskih polja ili evapotranspiracijskih jaraka. Tamo gdje to nije moguće istaložene otpadne vode iz septičkih jama mogu se odvoditi putem plitkih kanalizacija malog profila (gravitaciono ili tlačno) do manjih biljnih uređaja, laguna ili nekih sličnih jednostavnih uređaja za pročišćavanja (za manju grupu domaćinstava ili dio naselja). Brojna ispitivanja pokazala su da su mogućnosti zagađivanja podzemlja pravilno izvedenim decentraliziranim sustavima vrlo mala. Prirodni procesi samopročišćavanja u normalnim nesaturiranim tlima (slično kao u prokapnicima ili biofilterima) vrlo efikasno uklanjaju najveći dio patogenih organizama, organsku tvar i druge nutrijente preostale nakon preliminarne obrade.

Suvremeni alternativni postupci odvodnje i pročišćavanja prihvaćeni su u čitavom svijetu kao rješenja ravnopravna konvencionalnim pristupima.

Kod nas primjenu alternativnih rješenja indirektno mogu ograničavati neki od postojećih propisa vezani uz zaštitu voda i okoliša čijom striktnom primjenom se ne dozvoljava upuštanje otpadnih voda u podzemne vode (tretira se kao prva vrsta), odnosno strogo ograničava primjena na poljoprivredna zemljišta.

U međuvremenu potrebno je usuglasiti primjenu postojećih, te donijeti nove propise, kojima bi se detaljnije reguliralo područje alternativnih postupaka odvodnje i pročišćavanja; način organizacije, potrebnih ispitivanja, izdavanja dozvola, izvedbe, kontrole, represivnih mjera i načina financiranja.

KLJUČNE RIJEČI: pročišćavanje, otpadne vode, alternativni postupci, septičke jame

Alternative Methods of Wastewater Collection, Treatment and Disposal in the Framework of Applicable Legislation

SUMMARY: Modern alternative solutions for wastewater collection, treatment and disposal (generally for individual structures/buildings) are based on different methods of treating effluents at the source. Different steps of separating water fluxes (gray-water, black-water, yellow-water) and treatment of each stream, using dry and compost toilets or developed versions of septic systems (modern septic tanks, complex systems). Septic systems could be upgraded with aeration, biological

filters, etc. Treated wastewaters could be disposed into soil through different infiltration structures, infiltration beds, adsorption fields or evapo-transpiration ditches. Where it is not possible, settled wastewaters from septic tanks could be collected in shallow small cross-section pipes (pressured or by gravitation) and treated on artificial wetlands, lagoons or by other simple methods (for small group of houses or part of a settlement). Investigations confirmed that the pollution from well-constructed decentralized systems is insignificant. With natural self-purification processes in normal unsaturated soils (like in trickling filters or biofilters), majority of pathogen organisms, organic matter or other nutrients remained after preliminary treatment could be efficiently removed.

Modern alternative methods of collection, treatment and disposal are accepted all around the world, and in many countries appreciated as the conventional approach.

In Croatia, implementation of alternative methods could be limited by provisions of some environmental and water protection legislative acts. Strict enforcement of their provisions would prevent disposal of wastewater into the ground (groundwater is treated as 1st class water). Also, there is a strict limitation of application of wastewater on agricultural land.

The importance of harmonized approach to the implementation of the applicable legislation should be stressed. Also, new legislation should be drawn up on alternative wastewater collection, treatment and disposal procedures (organization, investigations, issuing permits, construction, control, punitive measures, and financing).

KEYWORDS: treatment, wastewater, alternative techniques, septic systems

1.0. Uvod

Suvremeni civilizacijski razvoj prate velike promjene u pogledima na život, koje među ostalim karakterizira i bijeg iz urbanih centara. Dolazi do velikih promjena u planiranju prostora. Ograničava se rast velikih urbanih cjelina i dolazi do dislociranja na manja naselja. To se odražava i na pristup infrastrukturi u kojoj važnu ulogu ima upravo odvodnja i pročišćavanje. Napušta se strategija prikupljanja svih voda s nekog područja i što brža odvodnja mješovitim i separatnim kanalima do centralnog uređaja i recipijenta, te zamjenjuje strategijom **zadržavanja svih mogućih količina voda što bliže mjestu nastanka te njihova obrada na licu mjesta**.

Kod izgradnje novih naselja, uz sve do sada naglašavane prednosti tradicionalnih centraliziranih sustava odvodnje, sve više se primjenjuju racionalniji decentralizirani sustavi, a već zaboravljena individualna rješenja, uz brojne tehničke inovacije, postaju ravnopravna konvencionalnim rješenjima.

Razvojem društva mijenjali su se i postavljeni ciljevi. U jednom periodu je cilj bio da svaki stanovnik bude priključen na kanalizacijsku mrežu, da svako naselje ima kanalizaciju i uređaj za pročišćavanje, da svi efluenti zadovoljavaju jedinstvene kriterije kvalitete, te da svaki dio vodotoka bude u željenoj kategoriji određenoj prema namjeni. Prema idealno zacrtanim ciljevima formirala se i vrlo striktna legislativa, te postavljali rokovi realizacije. Neke razvijene zemlje uspjele su realizirati dio tih ciljeva.

U slabije razvijenim zemljama, zbog isto takvih planova, ali sa nerealnim ciljevima i rokovima u odnosu na raspoložive mogućnosti, ostali su nedovršeni brojni projekti, kanali ogromnih profila koji nikuda ne vode i ničemu ne služe, masivne betonske konstrukcije bazena poplavljenih podzemnim vodama i puna skladišta trule opreme – ogromni mrtvi kapital koji će teško ikada naći neku funkciju.

Ni u razvijenim zemljama nema više raspoloživih sredstava da se kanalizacija odvede na svaki brijeg, do udaljenih individualnih ili grupnih objekata.

Izuzetno veliki problemi i ekonomska opterećenja koja su proizašla iz stalno rastućih troškova izgradnje i održavanja konvencionalnih sustava odvodnje i pročišćavanja, uz ekonomske krize, te svijest o održivom ekološkom razvoju, dovode u pitanje daljnje trendove razvoja na području odvodnje i pročišćavanja.

Činjenica da se za odvodnju nekoliko grama fekalija troše nesrazmjerne količine dragocjene pitke vode, koje se transportiraju skupim kanalima do još skupljih grandioznih uređaja za pročišćavanje, nametnulo je razmatranje i primjenu drugih rješenja, ne samo za nerazvijena siromašna područja već i najrazvijenije zemlje. Dobrim dijelom nova rješenja koncipirali su upravo iskusni stručnjaci iz zapadnih zemalja, koji su nakon negativnih iskustava u praksi predlagali optimalne postupke prilagođene uvjetima koji vladaju u pojedinim zemljama.

Tehničke inovacije i novi tehnološki postupci stvorili su pretpostavke za sasvim nove strategije rješavanja sanitarno-higijenskih problema.

Danas se većina najpoznatijih fakulteta i instituta širom svijeta bavi alternativnim postupcima odvodnje i pročišćavanja. Stoga je i razvijen veliki broj vrlo različitih postupaka, a stalno proizlaze nova rješenja.

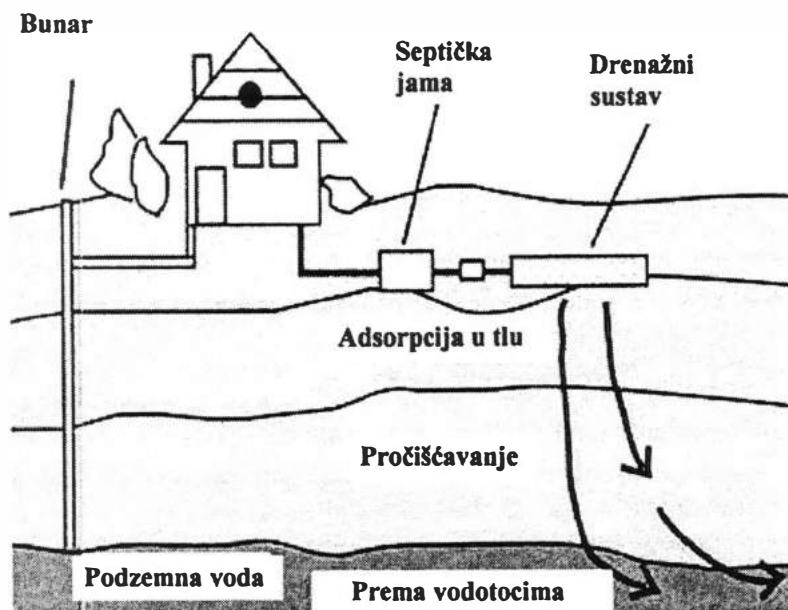
2.0. Pregled alternativnih rješenja

U rjeđe naseljenim područjima, manjim naseljima i predgrađima odavno su se razvijali jednostavniji postupci, u prvom redu kao privremena rješenja dok se ne izgradi javna kanalizacija.

U Sjedinjenim Američkim Državama poslije drugog svjetskog rata počela je masovnija izgradnja suburbanih područja koja su rješavali odvodnju pojedinačnim uređajima (klasičnim septičkim ili procijednim jamama). Već tada, 1950 g. doneseni su opći propisi za projektiranje i instalaciju septičkih jama. To se tada smatralo samo privremenim rješenjem. Još tokom sedamdesetih, milijuni dolara trošeni su na izgradnje kanalizacija i centralnih uređaja. Ipak EPA je već tada tražila usporednu analizu troškova alternativnih rješenja, da bi 1977 g. donesen propis koji od općina traži analizu mogućnosti primjene alternativa konvencionalnim postupcima. Sedamdesetih godina septički sistemi (on – site) prihvaćeni su kao trajno rješenje, a krajem devedesetih se preporučuju kao “cost effective”, dakle isplativo rješenje za manja naselja. Uvođenje takvih sustava pratila su brojna tehnička poboljšanja, te sustavna edukacija stručnjaka i organizacija službi za kontrolu i održavanje, kao i informacija javnosti o mogućnostima primjene na svim nivoima, od općinskog do državnog (EPA – Environmental Protection Agency – Agencija za zaštitu okoliša) (sl.1.).

Danas se u SAD-u na taj način pročišćavaju otpadne vode oko 25% domaćinstava (kod novijih naselja 40%). Smatra se da će do 2025 preko 40.000.000 domaćinstava koristiti individualne postupke odvodnje i pročišćavanja.

Sve veću primjenu imaju pojednostavljeni sustavi odvodnje vode (u Australiji STED – septic tank effluent disposal – dispozicija efluenta septički jama, u SAD, SDGS small diameter gravity sewers – gravitacijske kanalizacije malog profila, u Africi SBS – small bore sewerage - mala bušena kanalizacija), s brojnim varijantama gravitacione i tlačne odvodnje. Otpadne vode prethodno istaložene u jednostavnim suvremenim septičkim jamama odvođene se plitkim cjevovodima malih profila bez kontrolnih okana (ispiranje se vrši direktnim priključkom na cjevovodu) do lokacije pogodne za zajedničko dodatno pročišćavanje.



Sl. 1. Individualna odvodnja

U Švedskoj je zbog teških uvjeta iskopa razvijena tehnologija suhih (kompostnih) nužnika, koja se naglo proširila svijetom.

Odvajanje potrošnih voda od pranja (grey water), te fekalija (black-water) i urina (yellow-water) u posebno konstruiranim WC školjkama te njihova zasebna obrada, predstavlja jednu od ekološki najprihvatljivijih varijanti sanitarnog rješavanja dispozicije otpadnih voda.

Čak i klasično rješenje sa poljskim zahodima pored gospodarskih objekata (koji su doskora korištene i kod nas u većini seljačkih domaćinstava), ponovo dobiva sve više zagovornika. Pri izgradnji suvremenih poljskih zahoda koriste se strogi higijensko sanitarni principi (nepropusna izvedba, ventilacija, zaštita od insekata i sl.).

Osnovni tipovi tehničkih rješenja:

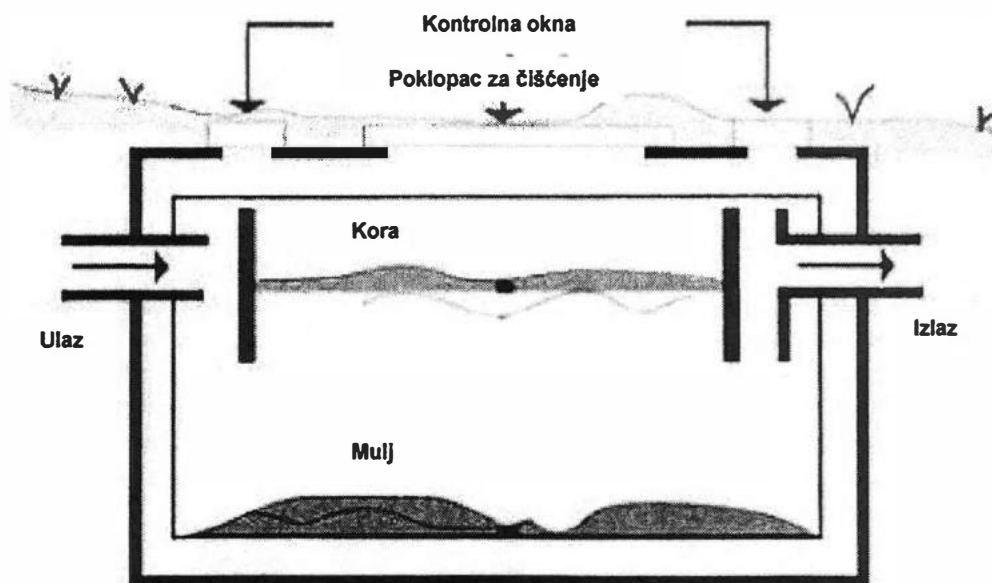
Septička jama

Za razliku od sabirne jame, dobro konstruirana septička jama je vrlo efikasan biološki uređaj za pročišćavanje u kojem se fizikalno-kemijskim i anaerobnim biološkim procesima intenzivno razgrađuju organske tvari (Sl.2.).

Sabirna jama (daleko većeg volumena za iste kapacitete) samo je skladišni prostor kojeg treba učestalo prazniti (Sl.4.). Za pražnjenje su potrebni specijalni strojevi i lokacija s uređajem gdje će se vršiti daljnja obrada. Dok se u svijetu smatra da takav tip odvodnje zbog neracionalnosti i neučinkovitosti treba izbjegavati osim tamo gdje nema nikakvog drugog rješenja, kod nas nadležne službe uglavnom propisuju primjenu nepropusnih sabirnih jama.

U praksi, čim se ispita nepropusnost, dno sabirne jame se probije, pa funkcija takvog objekta gubi smisao.

S druge strane, zbog negativnih iskustava sa starim septičkim sustavima (propusne crne jame), primjena septičkih jama se izbjegava, kao zastarjelo i neprikladno rješenje.

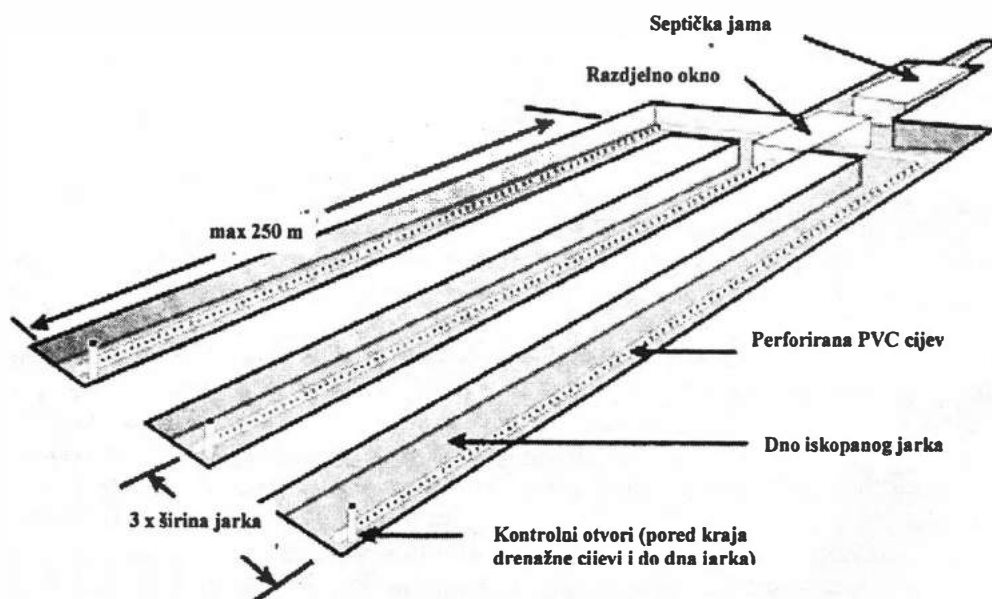


Sl. 2. Septička jama

Međutim u drugim dijelovima razvijenog svijeta suvremeni septički sustavi sasvim su ravnopravni sa konvencionalnim .

Kombinirani septički sustavi

Uz nepropusnu septičku jamu (s mastolovom, gdje je to potrebno) obične upojne bunare zamjenjuju adsorpcijska drenažna polja, evapotranspiracijski sustavi ili pješčani filteri, ovisno o karakteristikama zemljišta i mogućim utjecajima na okoliš.



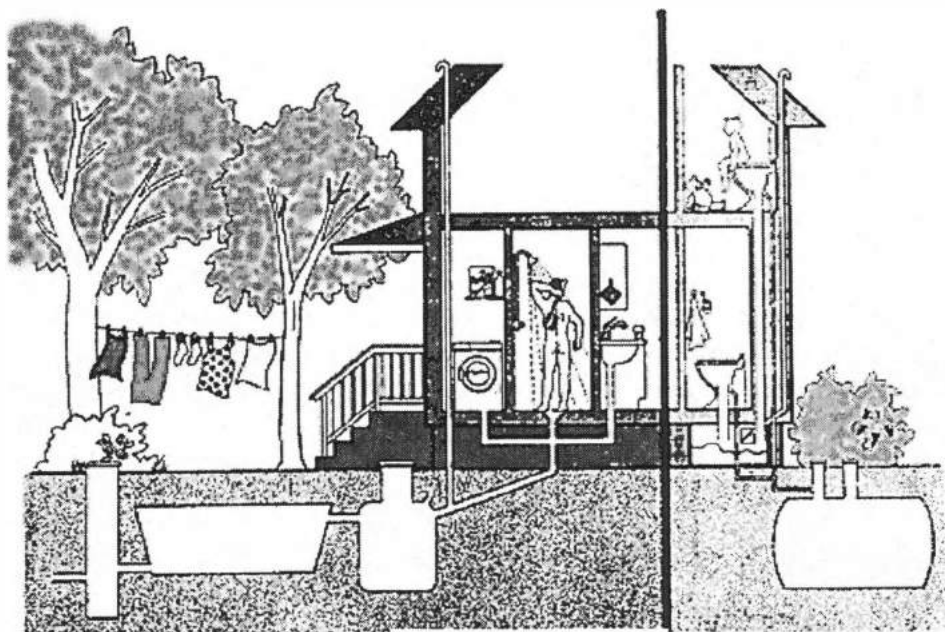
Sl. 3. Primjer drenažnog sustava

Suvremena dobro dimenzionirana i održavana septička jama čisti se jedanput u dvije do pet godina.

Septičke jame mogu služiti i kod manjih grupnih sustava odvodnje s jednostavnim uređajima (na primjer lagune, biljni uređaji) kao prvi element namijenjen prethodnom mehaničkom pročišćavanju za izdvajanje taloživog materijala (umjesto primarne taložnice).

Dispozicija i obrada muljeva iz septičkih jama

Rješenje dispozicije i obrade muljeva prikupljenih iz septičkih sustava jedan je od najvažnijih zadataka u organiziranom sustavu individualnog rješavanja odvodnje i pročišćavanja. Pored korištenja postojećih uređaja za pročišćavanje (sa posebnim fekalnim stanicama za postepeno doziranje) i raznih konvencionalnih aerobnih i anaerobnih postupaka obrade mulja, razvijeni su brojni zasebni postupci za obradu, stabilizaciju i konačnu dispoziciju prikupljenog mulja.



Sl. 5. Rješenja bez odvodnje

Sastoje se od prihvatnih bazena sa odgovarajućom rešetkom, stabilizacijskih bazena (aeriranih laguna, biljnih uređaja ili sl.) te niza laguna ili uzdužnih filtera za dodatno pročišćavanje.

Stabilizirani mulj može se odlagati na komunalne deponije ili koristiti na poljoprivrednim površinama.

Gradnja i održavanje septičkih jama

Za dobru funkciju septičkih sustava nužno je organizirano planiranje, gradnja, održavanje i kontrola.

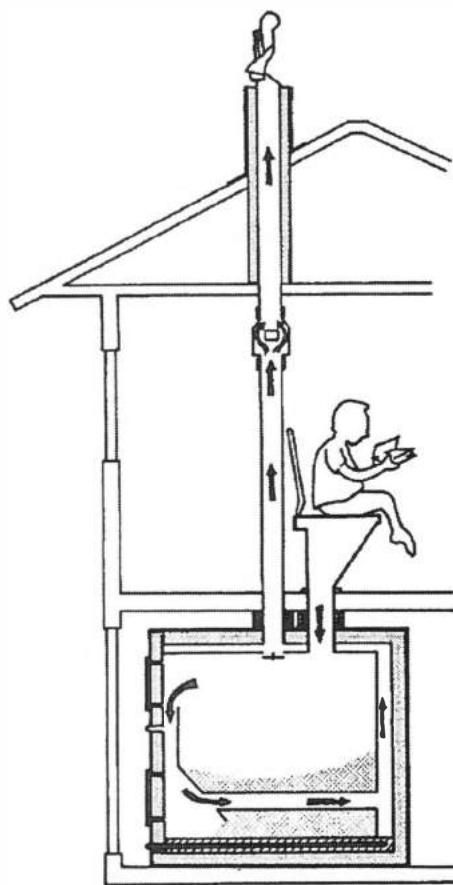
U SAD postoje opća uputstva (EPA), ali svaka savezna država ima svoje, uglavnom vrlo slične propise. Na Floridi na primjer, prilikom izgradnje nove kuće, vikendice, kod adaptacije i proširenja stare zgrade koja se nalazi izvan područja u kojem postoji javna kanalizacija, potreban je zahtjev za dozvolu za sustav izdvojenog pročišćavanja i odvodnje (OSTDS-Onsite Sewage Treatment and Dysposal System). Kod podnošenja zahtjeva za građevinsku dozvolu od lokalnog odijela za izgradnju, uz projekte građevine, postavlja se pitanje da li će se objekt priključiti na javnu kanalizaciju ili će to riješiti zasebnom septičkom jamom. Odgovor ovisi i o visini troškova priključenja i mjesečnih naknada za odvodnju javnom kanalizacijom, u odnosu na troškove izgradnje izdvojenog sustava pročišćavanja (pa i kada javna kanalizacija postoji). Prije podnošenja zahtjeva za dozvolu treba provjeriti vlasničke odnose na površinama koje bi se u tu svrhu koristile. Predstavnik lokalnog odjela zavoda za javno zdravstvo upućuje i vodi kroz postupak dobivanja dozvole kako bi bila u skladu s zakonima i propisima. Građevinska dozvola ne može se dobiti prije ove dozvole.

Procjenu lokacije obavlja terenski stručnjak zavoda za javno zdravstvo. Na pretpostavljenoj lokaciji potrebno je pregledati teren, postojeću vegetaciju, utvrditi visine podzemnih voda, vezu sa susjednim bunarima i površinskim vodama, te izbušiti barem dvije bušotine (60 cm), da bi se utvrdile karakteristike tla (struktura, koeficijent procjeđivanja), te odredile najmanje površine drenažnog sustava kojim se na zadovoljavajući način mogu prihvatiti i tretirati predviđene otpadne vode.

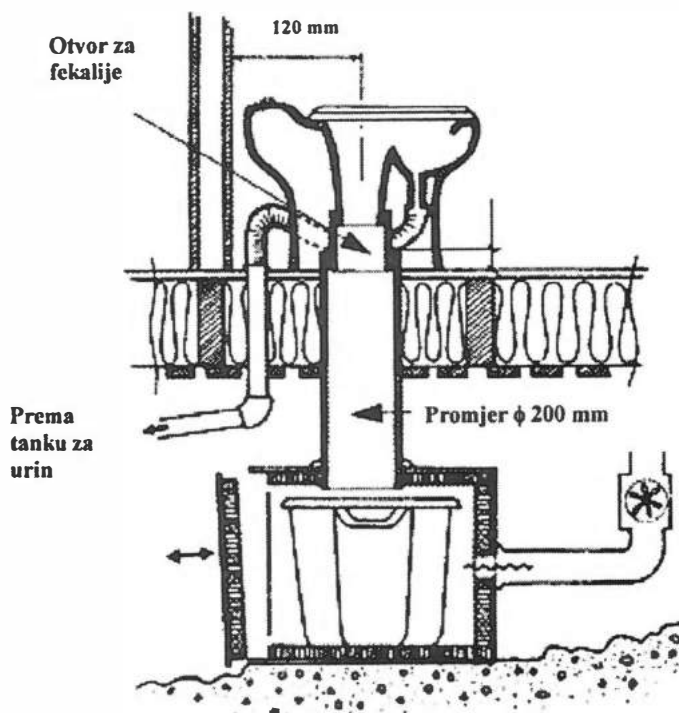
Nadležni za izdavanje dozvole određuje da li je veličina zemljišta koja je na raspolaganju dovoljna.

Po ishođenju dozvole, kopija se daje ovlaštenom poduzetniku angažiranom za izgradnju. Iskopa se jama dovoljno velika za septičku jamu, izbetonira se ili ugradi gotov bazen, instaliraju dovodne i odvodne cijevi i iskopa drenažno polje. Iskopana zemlja ostaje sve dok se ne izvrši inspekcija izvedenog sustava.

Stručnjak zavoda za javno zdravstvo ispituje sustav i njegovu funkciju kako bi utvrdio da zadovoljava sve zakonske propise. Na pločici na ulaznom dijelu septičke jame moraju biti zapisani podaci o veličini, proizvođaču, godini izgradnje te državni certifikacijski broj. Tank mora biti odgovarajućeg volumena, građevinski korektan i nepropustan. Inspektor treba provjeriti okno za distribuciju odnosno razvodnu cijev kako bi se utvrdilo da efluent jednoliko otječe iz zajedničkog spoja. Provjerava se veličina, dubina i kvaliteta drenažnog sustava. Mjeri se i nagib odvodnih

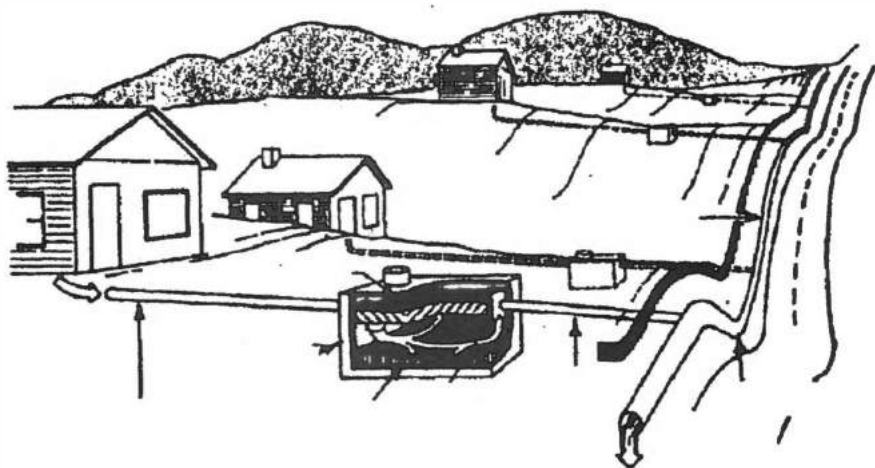


Sl.6. Kompostni nužnik



Sl. 7. Nužnik sa izdvajanjem urina

drenažnih cijevi. Veličina drenažnog sustava mora biti jednaka ili veća od one u dozvoli. Mjeri se udaljenost od bunara da se utvrdi da li zadovoljava propisane zaštitne zone. Granice posjeda, temelji zgrada i cjevovodi moraju biti na odgovarajućoj udaljenosti od septičke jame. Oborinski otjecaj sa krovova ili drugih površina ne smije se usmjeravati na drenažno polje. Ako bi se to desilo mogao bi erodirati pokrovni sloj ili poplaviti drenažno polje.



Sl.8. Odvodnja istaložene otpadne vode putem plitke kanalizacije malog profila

Kada je izgrađen objekt odobren od strane inspektora, sustav se smije zatrpati zemljom. Velika pažnja posvećuje se održavanju. Na dnu tanka će se nakupiti mulj koji treba kontrolirati i povremeno prazniti. Stoga ovlaštena organizacija treba ispumpati mulj svake dvije do pet godina.

Upravljanje alternativnim sustavima zahtjeva pored dobre organizacije održavanja te kontrole i sustavnu edukaciju kako korisnika tako i stručnih savjetnika, projektanata, izvođača i inspektora.

3.0. Stanje kod nas

U našoj praksi praćeni su europski trendovi pa se legislativa i planski dokumenti nisu bitno razlikovali od europske prakse. Sedamdesetih godina umjesto isključivo mješovite kanalizacije, u prostornim planovima općina (PPO), generalnim urbanističkim planovima (GUP) i planovima uređenja manjih naselja (PUMN) – preporučuje se izgradnja razdjelnih odvodnih sustava. Krajem osamdesetih u takve planove dolaze izmjene u smislu povezivanja više naselja centralnim sustavima odvodnje i zajedničkim uređajem za pročišćavanje. Prema tim planovima izrađuje se i projektna dokumentacija. Međutim, realizacija planova odvodnje ostvarila se samo djelomično u većim središtima, dok izgradnja uređaja bitno zaostaje.

Problematika primjene raznih alternativnih rješenja (kompostnih nužnika, septičkih sistema, adsorpcionih polja, evapotranspiracijskih jaraka, plitkih kanalizacija malog profila i dr.) nije direktno regulirana niti jednim zakonskim propisom.

Međutim na primjenu alternativnih rješenja indirektno mogu utjecati propisi koji se odnose na zaštitu podzemnih voda od zagađenja kao što je “Pravilnik o zaštitnim mjerama i uvjetima određivanja zona sanitarne zaštite izvorišta vode za piće” (NN22/86), “Državni plan za zaštitu voda” (NN 8/99) i “Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja, opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama” (NN 40/99).

Isto tako “Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima” (NN 34/91), “Pravilnik o vrstama otpada” (NN 27/96) i “Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom” (NN 123/97) mogu ograničiti mogućnost dispozicije muljeva iz septičkih jama i drugog otpada sa uređaja za pročišćavanje.

Odluke o zaštitnim zonama za pojedina crpilišta donesene na osnovi navedenih pravilnika se dosta razlikuju, a u praksi je njihova provedba bila neujednačena i općenito vrlo spora. Tako se tražena ograničenja nisu do danas u potpunosti realizirala niti za najuže zaštitne zone i u nekim većim gradovima (Zagreb).

U Istri nisu dozvoljene izgradnje deponija komunalnog i drugog otpada jer su gotovo sve potencijalne lokacije bile u nekoj zaštitnoj zoni. Većina postojećih deponija nema sve dozvole i suglasnosti. S druge strane ljudi su se snalazili pa je svaka pristupačna vrtača postala ilegalna deponija komunalnog ili industrijskog otpada. Slično je i sa otpadnim vodama.

U odlukama o odvodnji pojedinih gradova, primjena ovakvog pravilnika dovela je do propisivanja izgradnje nepropusnih sabirnih jama za sve individualne objekte gdje nema kanalizacije. Primjena septičkih jama (što je u biti bio uobičajeni izraz za crne jame ili improvizirane septičke jame sa propusnim dnom) bila je zabranjena.

Tako su suvremeni septički sustavi pročišćavanja i odvodnje na adsorpcionim ili evapotranspiracijskim principima, te primjena muljeva na poljoprivredne površine administrativnim putem potpuno isključeni u svim zaštitnim zonama, što praktično znači na gotovo čitavom području pojedinih županija.

Umjesto malih, jednostavnih i vrlo efikasnih uređaja za pročišćavanje grade se velike sabirne jame, na kojima se odmah nakon propisanih kontrolnih ispitivanja nepropusnosti probija dno. Kada bi stvarno bile nepropusne, komunalna poduzeća koja su donijela takve propise morala bi desetak puta povećati vozni park specijalnim vozilima za pražnjenje i odvoženje sadržaja takvih jama.

Veliki centralizirani sustavi nepropusne kanalizacije, zbog nedostataka sredstava dugo se ne završavaju. Ako se i postigne da sam kanal bude nepropustan, priključci i kontrolna okna se izvode tako nekvalitetno da je to na kraju više drenažni nego odvodni sustav (primjer «nepropusna» kanalizacija kojom bi se trebale transportirati otpadne vode tvornice Plive do Zaprešića, preko vodocrpilišta «Šibice»).

Tako skupa, naizgled idealna i formalno prihvatljiva rješenja u praksi ne samo da ne popravljaju higijensko sanitarnu situaciju, već imaju i negativne efekte (direktno procjeđivanje bez ikakvog procesa obrade, odnosno koncentriranje zagađenja i njegovo nekontrolirano disponiranje u podzemlje).

«Pravilnikom o vrstama otpada» (NN 27/96) i «Pravilnikom o uvjetima za postupanje s otpadom» (NN 123/97) muljevi iz septičkih jama nisu posebno navedeni.

Različitim tumačenjima i striktnim provođenjem ovih propisa može doći do ograničavanja mogućnost dispozicije muljeva iz septičkih jama na poljoprivredno zemljište ili na komunalne deponije.

Prema tumačenju Državne uprave za vode ispuštanje otpadnih voda u tlo nije propisima posebno obrađeno, ali na temelju pojedinih odredbi Zakona o vodama (NN br.107/95) i Državnog plana za zaštitu voda (NNbr.8/99), mogu se po tom pitanju dati sljedeća tumačenja i zaključci:

1. Propise o graničnim vrijednostima pojedinih tvari u otpadnim vodama koje se ispuštaju u sabirne ili septičke jame donosi županijska skupština. Daljnja dispozicija takvih otpadnih voda rješava se Odlukom o odvodnji otpadnih voda.
2. Odluku o odvodnji otpadnih voda, koja uz ostalo sadržava način odvodnje voda, te uvjete i način ispuštanja otpadnih voda na područjima gdje nije izgrađen sustav javne odvodnje, donosi gradsko, odnosno općinsko vijeće. Ovom odlukom može biti prihvaćeno i tehničko rješenje ispuštanja otpadnih voda u tlo uz uvjet da se ne radi o ispuštanju otpadnih voda u *vrlo osjetljivo područje* za koje postoji prijedlog, u koje nikako nije dopušteno ispuštanje otpadnih voda.
3. Hrvatske vode su dužne izraditi prijedlog *vrlo osjetljivih područja* u kojima nikako nije dopušteno ispuštanje otpadnih voda, a kako do danas takav prijedlog nije napravljen, moguće je temeljem raspoložive dokumentacije ili potrebnih istražnih radova dati prijedlog o ispuštanju otpadnih voda i u neka *vrlo osjetljiva područja* pa tako i u tlo. Za takav prijedlog potrebno je izraditi valjanu dokumentaciju na koju bi se dobila suglasnost Državne uprave za vode, Ministarstva okoliša i prostornog uređenja, Ministarstva zdravstva i Ministarstva javnih radova, obnove i graditeljstva.

4.0. Zaključci

Na temelju navedenih činjenica može se zaključiti kako područje sanitacije i jednostavnih postupaka odvodnje i pročišćavanje prihvaćenih u čitavom svijetu kao ravnopravna alternativna konvencionalnim pristupima, u našim uvjetima vrlo teško može dobiti takav status. Dapače striktnom primjenom nedorečenih propisa ili lokalnim pravilnicima može se potpuno izbaciti iz svih planskih dokumenata.

Novi "Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite" koji još nije u funkciji donosi neke izmjene koje se upravo odnose na navedene probleme.

Zone izvorišta, sanitarni i drugi uvjeti održavanja zona i zaštitne mjere određivale bi se na temelju prethodnih vodoistražnih radova kojima se definiraju hidrogeološki odnosi i parametri vodonosnog sustava, kakvoća podzemne vode i parametri transporta onečišćenja.

Ukoliko se prihvate predloženi principi na kojima je donesen, potrebno je izvršiti i adekvatne promjene drugih zakonskih propisa, prije svega Državnog plana za zaštitu voda, te svih ostalih pravilnika koji su bazirani na starom pravilniku o zaštitnim zonama ("Pravilnik o zaštitnim mjerama i uvjetima određivanja zona sanitarne zaštite izvorišta vode za piće" NN22/86).

To se odnosi i na "Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima" (NN 34/91), "Pravilnik o vrstama otpada" (NN 27/96) i "Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom" (NN 123/97) koje bi trebalo dovesti u realnije okvire.

Time bi se u potpunosti izmijenio pristup i omogućilo da se uz odgovarajuća ispitivanja mogu na određenom području primjenjivati optimalni postupci, uključujući i predlagana alternativna rješenja obrade i dispozicije otpadnih voda, kao potpuno ravnopravna a u mnogim slučajevima i ekonomski opravdanija od dosada uobičajenih klasičnih postupaka.

Ujedno, potrebno je donijeti propise kojima bi se reguliralo područje alternativnih postupaka odvodnje i pročišćavanja, od organizacije, potrebnih ispitivanja, izdavanja dozvola, izvedbe, kontrole, represivnih mjera i načina financiranja.

LITERATURA:

1. Community-Managed Septic Systems – A Viable Alternative to Sewage Treatment Plant, U.S. General Accounting Office (1978)
2. Design and construction of Urban Stormwater Management Systems, ASCE, 1994
3. Effects of Watershed development on Aquatic ecosystems, ASCE, 1996
4. Urbanisation and Streams; Studies of Hydrological Impacts, EPA, 1997
5. Decentralized Systems – Technology Fact Sheet EPA 932-F-99, 1999
6. Low-Impact Development: An Integrated Design Approach, Prince George's County, Maryland, 1999
7. T.M.Doley, W.R.Kerns: Individual Homeowner and Small Community Wastewater Treatment and Disposal Options, 1996
8. H.Kadmoska, R.Novak: Natural Systems, WQI, 1997.
9. G Knowles: SepticStats: An Overview, The National Onsite demonstration project, 1999
10. R.J Otis, D.L Anderson.: Coming of age: Onsite water Treatment System Management, 1994

Autori:

mr.sc. Bojan Zmaić, dipl inž.tehn.

Elvis Kešetović, dipl.inž.građ.

IGH-Zagreb, Rakušina 1, 10000 Zagreb

tel. 6144 111, fax. 6144 740

Tema 4.

VODNOGOSPODARSKE DJELATNOSTI ZAŠTITE OD ŠTETNOG DJELOVANJA VODA, KORIŠTENJA VODA I ZAŠTITE VODA

Voditelji i recenzenti teme:

**prof. dr. sc. Jure Margeta, prof. dr. sc. Darko Mayer
i doc. dr. sc. Davor Romić**



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.01.

Registar irigacijskih i drenažnih sustava u Republici Sloveniji

Primož Banovec, Leon Gosar, Franc Steinman, Katarina Velepec

SAŽETAK: Povijest RS bilježi radove na pojedinim velikim drenažnim sustavima od 18. stoljeća do 1939. godine, od 1970. do 1989. intenzivan razvoj i izradu drenažnih sustava na 65.000 ha, a kasnije izgradnju irigacijskih sustava na 15.000 ha. Velike institucionalne promjene su rasformiranje (Saveza) vodnih zajednica, usvajanje Zakona o okolišu i Zakona o poljoprivrednim zemljištima, jer se mijenjao sistem organiziranosti, financiranja, upravljanja itd., a u nekim segmentima čak i prestao da postoji. Promjena zakona omogućila je da Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i prehrane godine 2000. započne projekt za koherentni menadžment hidromelioracija. Izrađena je baza podataka i sustav za podršku odlučivanju za 650 irigacijskih i drenažnih sustava na 95.000 ha, uz preciznu geodetsku izmjeru parcela, čime se zahvatilo preko 200.000 parcela. Efikasnost registra temelji se na važećim propisima i zahvaćenim individualnim pravnim aktima (suglasnosti, dozvole itd.), koji određuju uvjete rada i status sustava. Povezivanje sa postojećim javnim registrima podataka omogućuje da se registar s njihovim sadržajima novelira i dopunjuje. Registar stupa u operativnu primjenu u 2003. godini, kao osnova za račun troškova za održavanje hidromelioracijskih sustava, koji će biti naplaćeni od vlasnika, odnosno korisnika. Integralni i modularni pristup omogućava dalji razvoj i vezu sa povezanim područjima i resorima.

KLJUČNE RIJEČI: registar, navodnjavanje, odvodnja, katastar

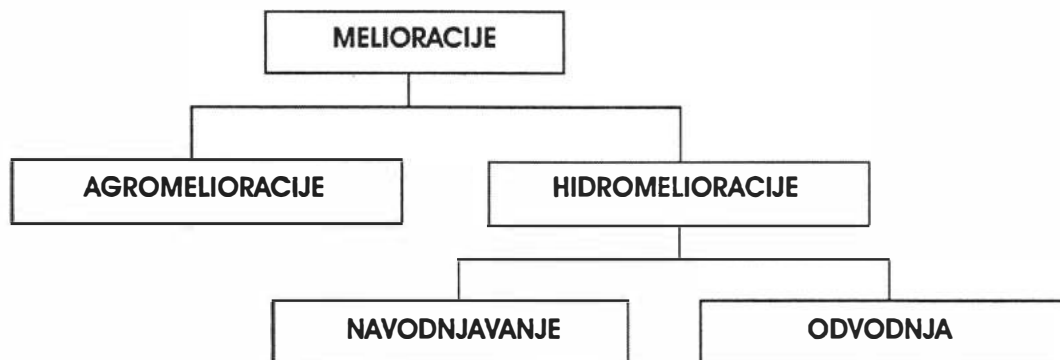
Registry of Irrigation and Drainage Systems in the Republic of Slovenia

SUMMARY: During its history, Slovenia has undertaken construction of several individual larger drainage systems from 18th century till 1939, organized drainage projects from 1970 till 1989 on about 65,000 ha and, later, irrigation projects on about 15,000 ha. Institutional changes after 1989, especially disintegration of water user associations, as well adoption of new legislation, had impact on organization of stakeholders, systems of financing, maintenance etc., so the performances were significantly reduced. To improve the situation, Ministry for Farming, Forestry and Nutrition started comprehensive management of irrigation and drainage systems, based on the Registry, as a database and decision supporting tool. It currently encompasses 650 such systems in extent of 95,000 ha consisting of 200,000 plots, which are precisely land surveyed. In the Register, all relations are based on legislation and individual legal acts (consents, permits, etc.) that define boundary conditions and legal status. Links to the public data registers ensure permanent updates and upgrades of the Registry. In 2003, it serves as a base for irrigation and drainage systems maintenance costs estimate, used for billing the owners and/or the users of agricultural land inside these systems. Integrated and modular approach allows further Registry development and links with other relevant disciplines and ministries.

KEYWORDS: registry, irrigation, drainage, cadastre

1. UVOD

Prvi korak u razvoju registra je razvoj klasifikacija, koje opredeljuju razmatrani predmet. U ovom slučaju su osnovni razmatrani predmeti melioracijski sustavi, koji se dalje dijele na način, prikazan na shemi 1. Kao prvi prioritet su u izradjeni registar uključene hidromelioracije.



Shema br.1: Podjela melioracija

Prva svrha registra hidromelioracija je, da se prate mjere kojima se poljoprivredna zemljišta osposobe za učinkovitu poljoprivrednu proizvodnju, a druga svrha, da se to obavlja na efikasan i što više transparentan način, čime je omogućeno zadovoljstvo svih učesnika u procesima (stakeholdera).

Kako trenutačno stanje melioracijskih sustava odražava u velikoj mjeri povijesni razvoj, prije početka samog razvoja registra, a i tokom izgradnje registra, je bilo potrebno posvetiti veliku pažnju njegovim povijesnim značajkama. Melioracijske aktivnosti u RS u većem obimu su bile izvedene u 18. i 19. stoljeću. Jedan od prvih pravnih akata, koji je uređivao to područje je Deželni zakonik [5], kojim su donijeta pravila o korištenju, vodoopskrbi i zaštiti od vode već 1872. godine, a u kome su bile određene osnove i neki pravni okviri i za izvođenje melioracija. U tom dokumentu su melioracije zajednice opredjeljene kao osnovna jedinica koja je zadužena za izvođenje i održavanje hidromelioracija. Nasljedstvo te organiziranosti se može naći u bilo kojoj državi, odnosno regiji, koja je nekoć bila u sastavu austrougarske monarhije (Italija »Consortio« - konzorciji; Austrija »Wasserverband« - vodna udruga). Detaljniji povijesni pregled razvoja hidromelioracija se u ovom članku, zbog ograničenosti prostora neće razraditi, pa tako nastavljamo sa novijom povijesti od posljednjih 15 godina, koja značajnije utječe na današnje odnose.

Održavanje hidromelioracijskih sustava se do 1989. godine vršilo u skladu sa uputstvima Odbora za melioracije pri Savezu vodnih zajednica Slovenije. Nakon njegovog raspuštanja 1989. godine, pa do usvajanja Zakona o poljoprivrednim zemljištima [7], su za održavanje melioracionih sustava brinule općine, a od 1996 godine to preuzima država. Nesredjeni odnosi između subjekata u tim promjenama posljedično su vodili ka nepotpunom održavanju. Kako je poznato, raspad institucija je od većeg značaja od samog neposrednog manjka financijskih sredstava [1]. Takvo stanje je osobito u zadnjim godinama dovelo do toga, da su neki hidromelioracioni sustavi na granici (učinkovitog) djelovanja. Za takve sisteme je inercija poznata karakteristika, ali na dulji rok daljnji propad radi neodržavanja, vodi u velike troškove sanacije, te uveliko ugrožava kakovoću i sigurnost poljoprivredne

proizvodnje. Iz toga je proizišla potreba po ponovnom uspostavljanju odgovarajućeg načina gospodarenja [2] postojećim hidromelioracionim sustavima (u daljnjem tekstu – HMS). Zbog toga je Ministarstvo za poljoprivredu, šumarstvo i prehranu (MKGP) 2001. godine počelo sa izvođenjem projekta Evidencija irigacionih sustava [3], koji u sledećim fazama vodi u postepeno rješavanje različitih aspekata na području hidromelioracijskih sustava: razvoj evidencija sustava, razvoj standarda rada tih sustava, razvoj institucija za gospodarenje sustavima, usposobljavanje korisnika (poljoprivrednika), razvoj sustava financiranja, razvoj sustava kontrole, idr.

2. KONCEPTI RAZVOJA KATASTRA HMS – KatMeSiNa

Do 2001. godine su postojali samo neki sumarni oblici popisa hidromelioracijskih područja [6] sa približnim evidencijama o njihovoj veličini. Ti podaci su bili preuzeti iz, prije svega, općinskih akata, tj. odluka o uvođenju melioracijskih područja. Pri tom je potrebno naglasiti, da u tim popisima nije bilo provjereno da li su sistemi u stvarnosti bili izgrađeni, i sam način obuhvata sustava je bio nekonzistentan, a isto tako, nisu bili poznati ni (agregirani) osnovni tehnički podaci o sustavima (neto površina, vlasništvo, dužina drenaža, sustav cijevi i dr.).

Da bi se omogućilo učinkovito gospodarenje s HMS na osnovi efikasnog komuniciranja među uporabnicima, resornim ministarstvom i upraviteljima (tj. održavateljima), prvi neophodan korak je bio kreiranje dobrog sistema evidencija o HMSima. Samo na osnovu poznavanja stanja objekta HMSa je moguće uspostaviti konzistentne relacije između uporabnika sistema (poljoprivrednici), upravitelja sistema, održavatelja sustava, države i drugih subjekata. Rad je počeo na sistemima za navodnjavanje, jer su za ove rubni uvjeti jasniji, a kontrola njihovog rada direktnija (jer su za RS karakteristični sustavi sa crpilištima), pa se kasnije raširio in na sisteme za odvodnjavanje.

Uspostavljanje sistema gospodarenja HMSima je time počelo najširim, integralnim pristupom, da bi se završavanjem pojedinih etapa povećavala resolucija podataka o njima. Završavanjem cjelovite evidencije melioracijskih sistema i naprava (postrojenja), ta evidencija će se preimenovati prema zakonu (ZPZ) u »Katastar melioracijskih sistema i naprava (u daljnjem tekstu KatMeSiNa)« i popunjavati sadržajima, karakterističnima za katastrofe.

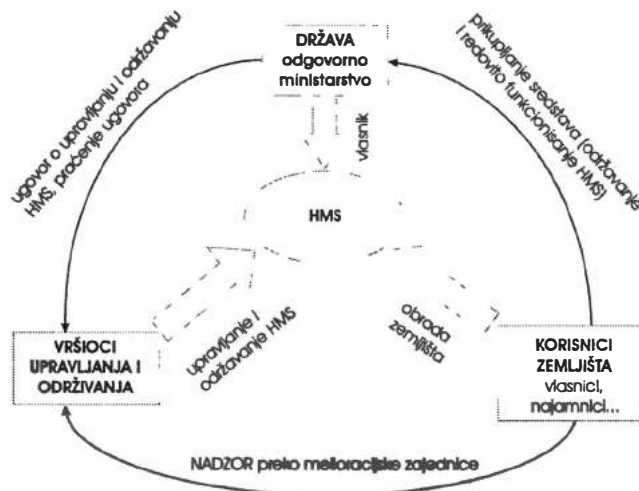
3. RAZVOJ PODLOGA ZA ODLUČIVANJE

Aplikacija KatMeSiNa je bila razvijena kao podrška odlučivanju ali i kao elemenat integracije za različita područja, koja se vežu na sustav melioracija:

- gospodarenje melioracijama i osiguranje preglednosti zadataka vezanih za financiranje i održavanje melioracijskih sustava,
- osiguranje učinkovitog djelovanja HMS,
- nadzor nad upravljanjem melioracijskih područja i realizacije ugovora o upravljanj
- orudje u postupku uvođenja (novih) melioracijskih područja,
- pomoć pri nadzoru poljoprivredne inspekcije,
- pomoć pri radu poljoprivredne savjetodavne službe,
- strukovna podloga pri prostorskom planiranju,
- strukovna podloga za evidentiranje i praćenje uporabe poljoprivrednih zemljišta,
- kontrola poljoprivrednih subvencija, itd.

U evidenciji melioracijskih sustava i naprava je trenutno obuhvaćenih oko 650 HMS. Oni imaju površine cca. 95.000 ha, od toga cca. 80.000 ha unutar tzv. velikih izsušivačkih

sistema. Tu je uključeno i 15.000 ha velikih sustava za navodnjavanje, koji su bili izgrađeni u zadnjih 15 godina, do 2002. godine. O tim sistemima su u bazi tako identifikacijski podaci (parcele, objekti), kao i podaci vezani na netehničke sadržaje: registar subjekata (upravitelji, projektanti, izvodjači, melioracijske zajednice), pa i evidencija financijskih tokova, upravni akti i drugo. Osnovne relacije i raspodjela funkcija pojedinih učesnika date su na shemi 2.



Shema br. 2: Glavni akteri i njihove glavne relacije vezane na menadžment hidromelioracijskih sustava

Da bi se u što većoj mogućoj mjeri mogli osloniti na sadržaj KatMeSiNa, podaci su preuzimani putem koji je prikazan na shemi br. 3. Taj način možemo opredjeliti kao bottom-up postupak (od pojedinosti do agregacije). Njime se osigurava uvažavanje utvrđenih procedura i kvalitet podataka, te konzistencija horizontalnog i vertikalnog povezivanja.

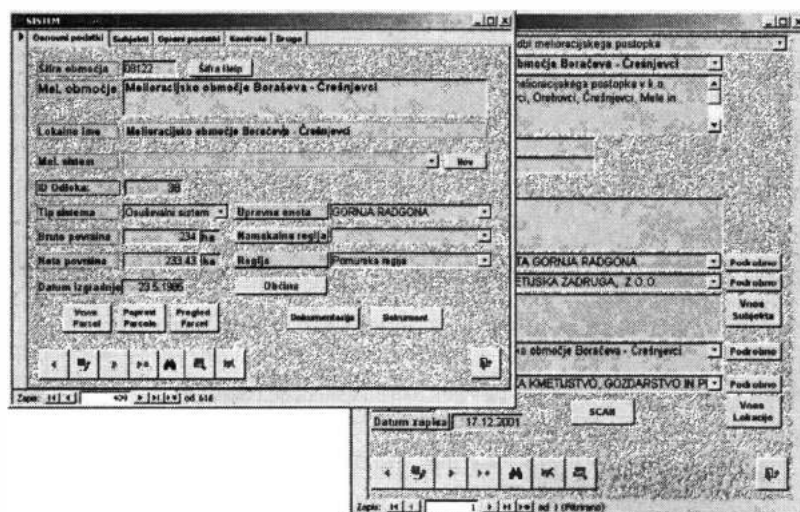


Shema br.3: Shematski prikaz »bottom-up« postupka za kreiranje oruđa za podršku odlučivanju

Održavani fizički arhiv dokumenata [4] je od naročite važnosti za razvoj efikasnog oruđa za podršku odlučivanju, koje se realno temelji na već podijeljenima pravima i obavezama. Dodatna konstatacija je, da je samo na osnovu takvog arhiva moguće dati efikasno podršku odlučivanju, u okviru kojega je moguće (u krajnoj mjeri) i sudskim putem postići poštivanje uspostavljenih relacija među subjektima. Fizički arhiv, koji je bio sakupljen iz različitih izvora, sortiran i na kraju sistematiziran, te u većoj mjeri

digitaliziran, obuhvaća svu raspoložljivu dokumentaciju o HMSima. Tako je moguće, na osnovu važećih dokumenata rekonstruisati, gdje i na kakav način su bili izvedeni HMSi. Arhiv obuhvaća posebno kategorizirane dokumente koji opredjeljuju: planiranje i izvođenje, financiranje i vlasništvo, uvjete djelovanja, sustav upravljanja i drugo.

Baza podataka sadrži podatke o HMSima i hidromelioracijskim napravama. Podaci iz fizičkog arhiva su radi lakše dostupnosti i obrade zahvaćeni u digitalnu bazu podataka. To omogućava jednostavan pristup i pregled podataka, koji su vezani za pojedini HMS. Struktura prozora sa grupiranim sadržajima je kao primjer prikazana na shemi 4.



Shema br. 4: Prikaz glavnih ulaznih prozora u atributskoj bazi.

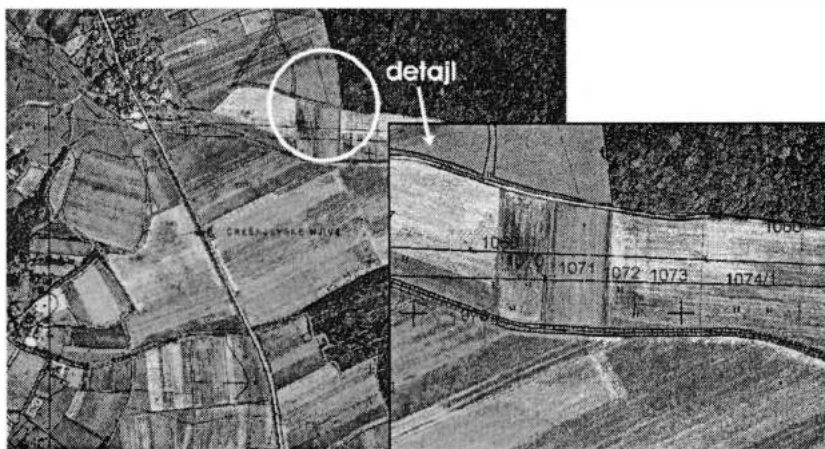
Izradjena metodologija i model podataka atributske baze omogućavaju prikupljanje slijedećih podataka:

- evidenciju površina, objekta, naprava i uređenja na HMS,
- evidenciju vlasništva, ovlaštenih upravitelja, obima održavanja i investicija vezanih za HMS,
- evidenciju vodnih resursa, koordinata zahvatnih (npr. crpilišta) ili ispustnih mjesta i potrošnju vode,
- evidenciju postojećih upravnih dokumenata, izdatih za funkcioniranje HMS,
- vezu sa drugim podacima (atributima), vezanimi za HMS, i potrebnimi za modeliranje.

Većina dokumentacije je bila skenirana, što omogućava jednostavnu verifikaciju pravnog statusa HMS i parcela koje taj zahvata. Razvoj i sadržaj baze podataka su bili zasnovani na programskom orudju Microsoft SQL Server 2000 sa Microsoft Access programom, koji omogućava prenos i jednostavno prilagodjavanje drugim odgovarajućim programima, jednostavnu preglednost i mogućnost modifikacije, obzirom na izražene dodatne potrebe.

Podloge za nadovezivanje na sadržaje o prostoru su postojeće grafičke baze Geodetske uprave RS i to pre svega, digitalni katastrski nacrti (DKN) i digitalne ortofoto podloge (DOF). Prostorski dio baze se gradio u okruženju programa Esri ArcView ver. 3.2. Tokom unosa podataka, označile su se parcele, koje su uključene u melioracijsko područje. Korektnost stvarnog obima se provjeri putem uključenja podloge DOF

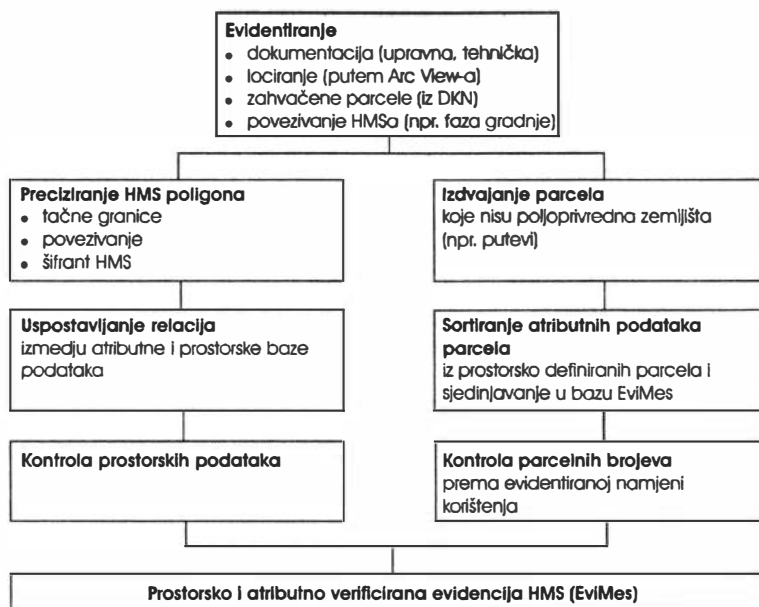
(shema 5), pomoću koje se obavi izključenje parcela cesta, puteva, potoka,...), da se time dobijaju samo poljoprivredna zemljišta. Obimnim radom sa različitim subjektima (upravni organi, upravnici,...) konačni rezultat se dobija na osnovu verifikacije na terenu. Sa verifikovanim podacima oblikuju se poligoni oboda melioracijskih područja.



Shema br. 5: Prostorski prikaz atributa (parcele) iz baze podataka

Da bi se osigurao kvalitet podataka, bilo je neophodno utvrditi i metodologiju izvođenja postupaka osiguravanja kvaliteta. Postupci su bili kako interni, tako i eksterni, preko povezivanja i unakrsne verifikacije sa drugim bazama podataka. Osnovni postupak verifikacije prikazuje shema 6.

Kod verifikacije su bili, pored toga, upotrebljeni i podaci vezani za postojeći sistem taksacije katastarskog prihoda koji, sa gledišta plaćanja za poljoprivredno zemljište, u mnogočemu nalikuje na sustav plaćanja doprinosa za održavanje melioracijskih sustava.



Shema br. 6: Postupci verificiranja evidencije HMS

4. REZULTATI

Za korisnika rezultata treba ponovo naglasiti razliku između registra i katastra, koja je bila primjenjena tokom sprovođenja tog projekta. Naime, registar je bilo koja (tehnička) evidencija, koja može poslužiti kao izvor podataka za različite službene upotrebe. Sa druge strane je, kao katastar uzeta ona evidencija, čiji obim, struktura i sl. proizilazi iz relevantnog propisa, pa zato na nju mogu biti neposredno vezana i različita javna ovlaštenja.

Izradjena baza podataka je zasnovana kao samostalni programski sklop, koji se povezuje sa drugim orudjima za pregled podataka. Takav pristup omogućava veću fleksibilnost pri radu u okviru programa EviMeS, jer je za početno punjenje evidencije i verifikaciju metodologije, u praksi načelno dovoljno, da je na računalo instaliran program MS Access '97. Za pregled prostorskih podataka se može upotrijebiti program Esri ArcExplorer 2.0. Programsko orudje EviMeS iskazuje maksimalnu učinkovitost kada je dodata potpuna podrška programskog paketa Esri ArcView 3.2 (za potrebe upravitelja baza podataka), te korisnicama Autodesk AutoCad 2000.

Kako je baza koncipirana na modularan način, sa punim uvažavanjem (medjuresornih) identifikatora, koji su u Republici Sloveniji već u primjeni (npr. katastar, fiskalni broj, poljoprivredno gazdinstvo, i drugi), moguće je široko povezivanje podataka sa drugim strukturama podataka. Time je, u suštini, omogućeno održavanje (novelacija i dopuna) baze i aplikacije i njezina šira primjena. Zbog odgovarajućeg koncepta, koji je izradjen tokom razvoja baze, moguć je daljnji modularni razvoj baze i aplikacije. Zato se u sledećim fazama dodaju moduli, koji će omogućiti praćenje detaljnijih postupaka (npr. izrada i praćenje realizacije plana održavanja), kao i modeliranje (npr. potreba za vodom za irigaciju).

5. ZAKLJUČAK

Izradjeni sustav za podršku odlučivanju (KatMeSiNa) operativno će biti upotrebljen 2003. godine za razdjelu zakonom propisanog doprinosa za plaćanje održavanja hidromelioracija sa strane vlasnika (korisnika) poljoprivrednog zemljišta. Ovaj proces predstavlja, na neki način, konačnu verifikaciju kvaliteta baze podataka. Na njegovoj osnovi obaviti će se i postupci menedžmenta, potrebnog za sklapanje ugovora za upravljanje HMSa. Nužna je ažurna struktura, pa je uspostavljeno stalno održavanje čitave strukture, kao i stalna nadgradnja sustava, da bi se u njega moglo integrirati više kompatibilnih funkcija. U vidu zadataka, vezanih za održavanja strukture, naročito je važno praćenje i harmonizacija tipologije pravnih akata, koji se menjaju sa promjenom zakona i propisa. Sa jedne strane, praćenje tih promjena predstavlja dodatni zadatak, dok se sa druge strane, ažurno praćenje relativno brzo isplati, jer su na taj način mogući i ocenjivanje, pa i modeliranje efekata zbog promjena različitih pravnih akata na sam sustav.

Uspostavljena modularna nadgradnja sistema KatMeSiNa, omogućava razvoj slijedećih modula:

- povezivanje sa zvaničnim sistemom statičkih evidencija, da bi se obostranom komunikacijom postiglo automatizirano izvještavanje standardiziranim upitnikom, ali i korištenje statističkih pokazatelja za praćenje HMSa;
- nadgradnja modula za detaljnije praćenje objekata i naprava i njihovog održavanja,
- nadovezivanje na modul za modeliranje potrebe za vodom;
- nadovezivanje na modul evidencija prirodnih resursa (izvori vode za navodnjavanje, i recipijenti viška vode sa poljoprivrednih zemljišta);
- prijenos aplikacije u okvir programa Oracle i potpuna integracija sa informacionim sustavom Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i prehrane.

Za boljšo implementacijo prikazanih rezultatov, priprava se i prijelaz na rad sa sustavom za podršku odlučivanju preko interneta, pa će imati svi učesnici (zavisno od ovlaštenosti) osiguran pristup do informacija.

6. LITERATURA

1. Burt, M.C., Styles, S.W. (1999): Modern Water Control and Management Practices in Irrigation, Impact on performance, UN FAO, IPTRID, Word Bank.
2. Vodnogospodarski biro Maribor (1996): Kataster objektov in naprav namakalnih sistemov – metodologija, Poročilo.
3. Banovec, P., Steinman F. (2000): Metodologija za evidenco namakalnih sistemov EviNaS, UL FGG, Ljubljana.
4. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: Podatki o namakalnih in osuševalnih sistemih, tekoči arhiv.
5. Steinman, F., Banovec, P., Umek, T. (1999): Deželni zakonik za vojvodino kranjsko – Postava od 15. maja 1872, zastran rabe, napeljevanja in odvrčanja voda s komentarjem. UL, FGG.
6. Stražar, S. (2002): Institucionalna ureditev hidromelioracij - pregled stanja in načrti za v bodoče, Mišičev vodarski dan 2002, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.
7. Zakon o kmetijskih zemljiščih (ZPZ, Ur.l.RS, št. 59/96), 1996.

Autori:

doc.dr. Primož BANOVEC, mag. Leon GOSAR, prof. dr. Franc STEINMAN,
Univerza v Ljubljani, FGG, Hajdrihova 28, Ljubljana
tel./faks: ++386 1 425 34 60
e-mail: pbanovec@fgg.uni-lj.si

Katarina VELEPEC** udig.
Institut za vodarstvo, Ljubljana, Slovenija



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.02.

Mogućnost vodoopskrbe malih otoka na primjeru otoka Suska

Ranko Biondić, Božidar Biondić, Stjepan Dolić, Sanja Kapelj, Tamara Marković

SAŽETAK: U Hrvatskoj postoji cijeli niz malih otoka bez organizirane vodoopskrbe, što je i jedan od razloga stalnog opadanja broja stanovnika na njima. Pitkom vodom se opskrbljuju iz cisterni, a u ljetnim razdobljima sa dolaskom turista i flaširanom vodom. Postoji nekoliko mogućnosti za organiziranje vodoopskrbe za takove otoke. To je, u prvom redu, mogućnost korištenja lokalnih vodnih resursa, a ako ih nema u dovoljnim količinama, spajanje cjevovodom sa kopnom ili dovoženje vode vodonoscima. Tijekom 2001. godine pokrenut je projekt revitalizacije otoka (Susak, Molat i Dugi otok) čija je prva faza (JEIĆ et al., 2001) ukazala na perspektivne lokacije koje su trebale detaljna istraživanja. Ovim radom predstaviti ćemo rezultate hidrogeoloških istraživanja na otoku Susku 2002. godine izvedenih u sklopu druge faze istraživanja. Tada su izbušene 4 istražno-eksploatacijske bušotine, na kojima su izvedena probna crpljenja i određen ukupni kapacitet oko 3 l/s bočate vode, ali uz ograničenje da je za vrijeme ljetnog razdoblja 2002. godine bilo dosta oborina, tako da se ne može govoriti o maksimalnim crpnim količinama tijekom sušnih razdoblja. Kako je otok Susak relativno male površine, najveći problem pri budućoj stalnoj eksploataciji je mogućnost obnovljivosti rezervi vode u podzemlju, te prijeteće zaslanjenje kod precrpljivanja vodonosnika. Stoga je potrebno kvalitetno praćenje stanja u podzemlju, ali i kontrola ograničene količine crpljenja.

KLJUČNE RIJEČI: vodoopskrba malih otoka, Susak, utjecaj mora, salinitet, krški vodonosnik, umjetno prihranjivanje.

Possibilities of Water-supply on Small Islands - The Example of the Island of Susak

SUMMARY: Most of the small islands in Croatia do not have organized water supply systems and that is one of the reasons for their increasing depopulation. The inhabitants use water collected in water tanks. During the summer season, the inflow of tourists causes shortages in potable water so the local population is forced to use bottled water. There are a number of possible scenarios for organizing water supply of such islands. The first possibility is usage of local water resources on islands. When these are insufficient, there is a possibility of water supply from the inland by a pipeline or by water transport with special tankers. During 2001, the Ministry of Public Works, Reconstruction and Construction together with the Croatian Waters initiated the project of revitalization of islands (Susak, Molat and Dugi Otok). During the first stage, the prospective locations for further research were pinpointed. This paper will present the results of the hydrogeological research conducted on the island of Susak during the 2002 within the second research stage. During the research, four investigation boreholes were constructed, pumping tests were done and their total yield determined (about 3 l/s of brackish water). However, it should be noted that the summer of 2002 was not particularly dry. As Susak is a very small island, the largest problem in the future water supply shall be low recharge of aquifer and possible problems related to salination. Therefore, it will be necessary to permanently control the situation in the underground and limit the exploitation quantities.

KEYWORDS: water supply of small islands, Susak, seawater influence, salinity, karst aquifer, artificial recharge.

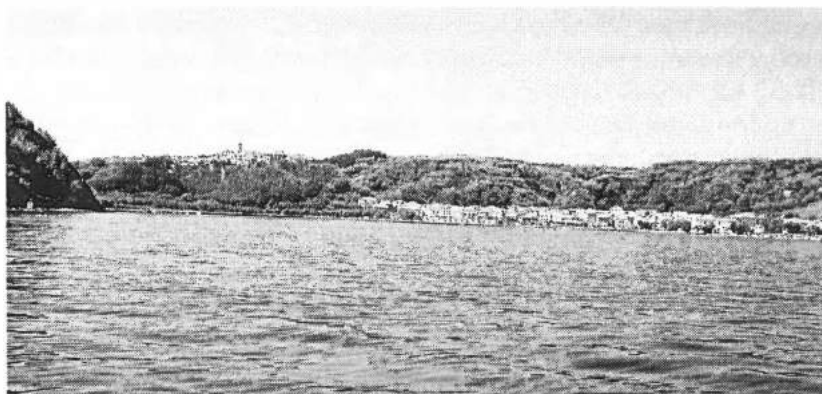
1. UVOD

Otok Susak, površine 3.84 km², nalazi se u Kvarnerskom zaljevu 6.8 km jugozapadno od otoka Lošinja. Stalno je nastanjeno nešto manje od 200 stanovnika u dva naselja (Gornje i Donje selo), dok tijekom turističke sezone na otoku dodatno obitava i preko 1000 turista što stvara velike probleme zbog višestruko povećane potrebe za pitkom vodom. Na otoku Susku (Slika 1) nema organizirane vodoopskrbe, već je stanovništvo orijentirano na javne i privatne zdence i cisterne. Javni i privatni zdenci (kopani) izvedeni su unutar naslaga pijeska eolskog porijekla i ograničenog su kapaciteta, a cisterne se pune kišnicom i dodatno vodonoscima ukoliko se pokaže potreba. Gornje selo nalazi se na 32.5 do 40.9 m n.m. i vodoopskrba je zbog nadmorske visine naselja orijentirana na cisterne (kišnica), dok je Donje selo smješteno na 1.3 do 10-tak m n.m., i osim cisterni, koriste se i kopani zdenci unutar pijesaka koji dosežu i do 8-9 m dubine (Slika 2). Iz razloga upitne kakvoće te vode iz zdenaca, zbog neizgrađene odvodnje i velikog broja septičkih jama unutar tih istih pijesaka, za vodoopskrbu se koriste uglavnom cisterne.

Nekoliko je mogućih rješenja problema vodoopskrbe takovih otoka. To je u prvom redu korištenje vlastitih vodnih resursa, ukoliko ih ima, a tek onda dovođenje vode sa kopna, ili bližih otoka, vodonoscima ili cjevovodom. Tijekom 2001. godine Ministarstvo za javne radove, obnovu i graditeljstvo je u suradnji sa Hrvatskih vodama raspisalo javni natječaj za izvođenje prve faze vodoistražnih radova na otocima Lošinjskog arhipelaga (Susak, Unije, Vele i Male Srakane i Ilovik). Njima je trebalo odrediti mogućnosti vodoopskrbe iz vlastitih resursa, te perspektivne lokacije za daljnju fazu istraživanja. Na otoku Susku to je bilo zaleđe Donjeg sela (JEIĆ et al., 2001). Treba napomenuti da je otok Susak gotovo cijeli pokriven naslagama eolskog pijeska, tako da je bez istražnih bušotina i geofizičkih istraživanja bilo vrlo teško procijeniti perspektivnost određene lokacije zbog nepostojanja podataka o debljinama tog pijeska, ali i situaciji u karbonatnom vodonosniku ispod pijesaka.



Slika 1. Položaj otoka Suska

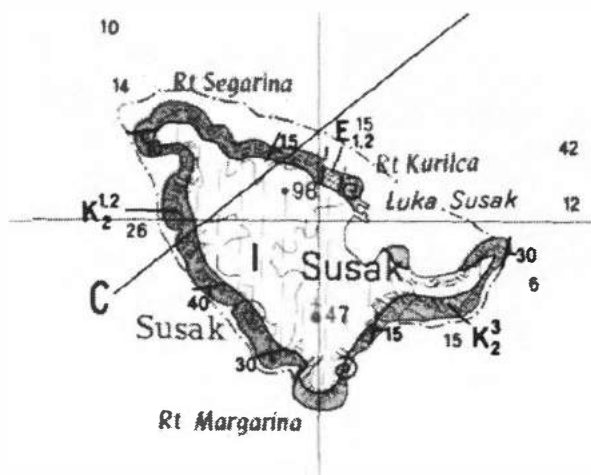


Slika 2. Gornje i Donje selo na otoku Susku

Vodoistražni radovi druge faze istraživanja na otoku Susku pokrenuti su tijekom 2002. godine. Istraživanja su usmjerena uzvodno od naselja ispod naslaga pijesaka u karbonatne stijene kredne starosti, jer je količina vode koja se može zahvatiti u pijescima nedovoljna za organizaciju vodoopskrbe. S obzirom na veličinu otoka, te broj žitelja procijenjene su potrebe oko 2 l/s bočate vode tijekom ljetnih sušnih razdoblja, koja bi se dodatno pročišćavala u desalinizatoru.

2. KRATKI GEOLOŠKI I HIDROGEOLOŠKI OPIS

Prema OGK - listu Lošinj (MAMUŽIĆ et al., 1968, 1973) otok Susak (Slika 3) je izgrađen od naslaga raspona starosti od cenomana-turona, pa sve do kvartarnih naslaga pijesaka eolskog porijekla. Najstariji član je vapneno-dolomitna izmjena cenoman-turonske starosti na koju, kao završni član krednih naslaga dolaze rudistni vapnenci senona. Paleogen je na otoku Susku zabilježen samo kao uski pojas foraminiferskih vapnenaca ukliješten rasjedima. Kvartar se sastoji se od fino-zrnatih pijesaka eolskog porijekla i pokriva gotovo cijeli otok osim obalnog dijela. Debljina mu je različita, a pokriva karbonatnu podlogu otoka.



Slika 3. Izvadak iz Osnovne geološke karte - list Lošinj)

Vodonosnik na Susku predstavljaju karbonatne stijene u podlozi. To su pretežito dobro vodopropusni vapnenci kredne i paleogenske starosti, dok se sa povećanjem udjela dolomita ($K_2^{1,2}$) na sjeverozapadnom dijelu otoka vodopropusnost smanjuje. Postoji i ograničeni vodonosnik unutar naslaga pijesaka eolskog porijekla, ali vrlo male propusnosti. Zbog nedostatka dosadašnjih istraživanja bila je nepoznanica i debljina tih pijesaka, odnosno dali oni samo pokrivaju paleoreljef otoka ili je njihova debljina stvarno na određenim mjestima čak 90-tak metara.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA NA OTOKU SUSKU

Obilaskom obalnog pojasa na otoku Susku snimljeni su vidljivi tektonski elementi, ali i nedostatak priobalnih izvora. Naime, većina površine otoka pokrivena je pijeskom koji maskira tektonsku sliku, pa se interpretacija svodi na interpolacije rezultata sa vrlo uskog obalnog pojasa. Naime, tijekom obilaska snimljena je zona foraminiferskih vapnenaca uklještenih rasjedima unutar krednih naslaga. Taj kontakt je procijenjen kao vrlo perspektivna zona za izvođenje istražnih bušotina, pa su i elementi za geofizička istraživanja definirani u skladu s time.

Geofizička istraživanja, kao prvi stupanj istraživanja, imala su za svrhu određivanje jače raspucanih zona, ali i zona gdje se može očekivati podzemna voda izvan dominantnog utjecaja morske vode. Izmjereno je 12 geoelektričnih sondi, 10 refrakcijskih profila s duljinama od 55 m i 810 m profila električne tomografije. Osnovna namjena geoelektričnog sondiranja bila je definiranje generalnih odnosa na istraživanom području, te podloga na temelju koje su postavljeni profili električne tomografije (Slika 4). Svrha tomografije bila je određivanje strukturnih i litoloških odnosa, te određivanje utjecaja mora na vodonosnik. Refrakcija je rađena zbog mogućeg određivanja debljine klastičnih

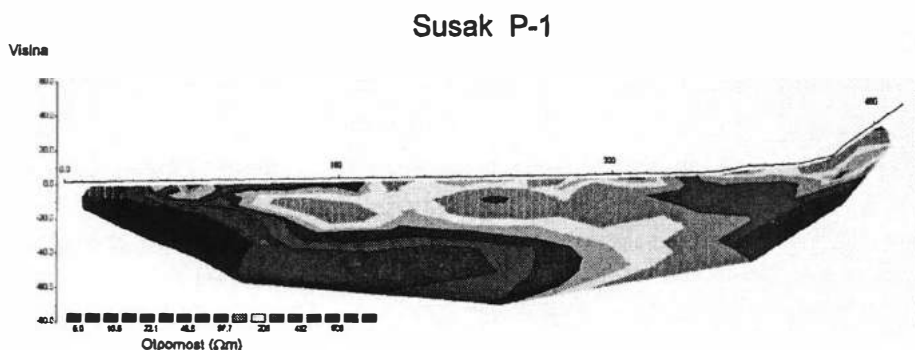


Slika 4. Položaj bušotina SP-1, SP-2, SP-3 i SP-4

naslaga (pijesaka), ali i zbog boljeg određivanja pukotinskih sustava (ŠUMANOVAC, 2002). Sukladno rezultatima geofizičkih istraživanja, te hidrogeološkoj prospekciiji terena, pristupilo se je lociranju bušotina.

Projektom dokumentacijom je predviđeno izvođenje tri bušotine dubine po 50 m, a prva od njih, SP-1, locirana je na osnovu geofizičkih podataka (tomografija, geoelektrika), ali na lokaciji na kojoj je očekivan kontakt rudistnih i foraminiferskih vapnenaca.

Prva bušotina (SP-1), prema profilu električne tomografije (Slika 5), nalazi se u zoni otpornosti 90 Wm što pokazuje izvjestan utjecaj mora, ali ne toliko izražen. Bušotina je izbušena do dubine 50,50 m. Ušće bušotine nalazi se na 8,40 m n.m., a dno sukladno tome na 42,10 m ispod srednje razine mora. Veliko iznenađenje bilo je relativno mala debljina pijeska od 2 m što samo potvrđuje predviđanja o postojanju karbonatnog paleoreljefa otoka. Ispod pijesaka nabušene su naslage rudistnog vapnenca do dubine od 35,10 m ispod razine mora gdje je utvrđen prijelaz u foraminiferske vapnence. Na 42,10 m ispod razine mora (50,50 m bušotine) bušotina završava u foraminiferskim (miliolidnim) vapnencima.



Interpretirani model otpornosti

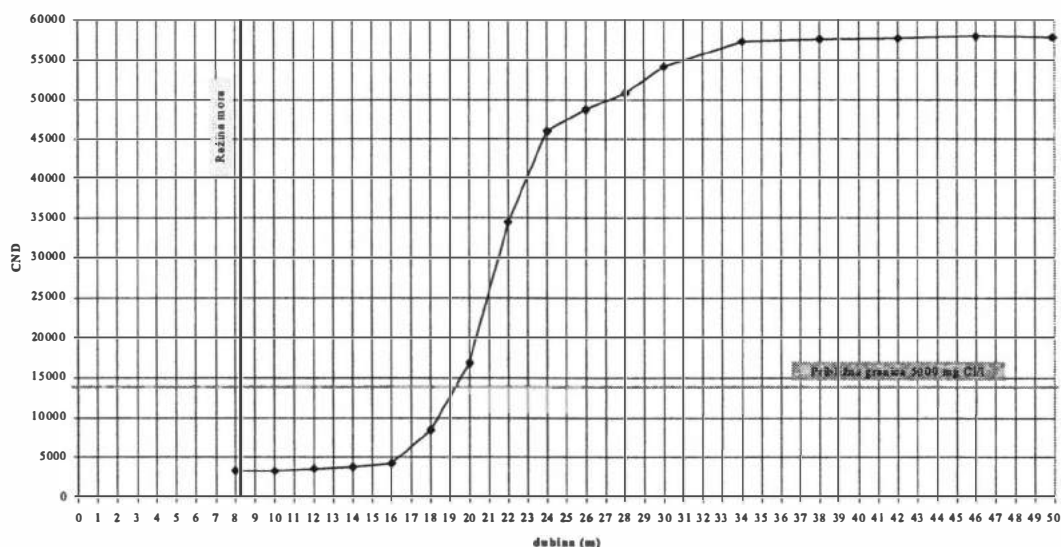
Iteracija 5, RMS greška – 6.3 %

Slika 5. Interpretirani model otpornosti dobiven električnom tomografijom (ŠUMANOVAC, 2002)

Mjerenjem elektrolitičke vodljivosti po dubini bušotine zona jačeg zaslanjenja je identificirana na oko 22 m dubine od ušća bušotine (Slika 6). To je potaknulo razmišljanja o izvođenju ostalih bušotina do manjih dubina (oko 30 m) kako bi se izbjegnulo utjecaj te jače zaslanjenje zone vodonosnika. Zato su preostale bušotine SP-2 (35,2 m; ušće 16,30 m n.m., dno -18,90 m n.m.), SP-3 (32,5 m; ušće 19,00 m n.m., dno -13,50 m n.m.) i SP-4 (31,2 m; ušće 14,80 m n.m., dno -16,40 m n.m.) izvedene do dubine zone miješanja slatke i slane vode. Na njima su također, ispod naslaga pijesaka relativno male debljine, nabušene naslage rudistnih vapnenaca u kojima su bušotine i završile. Kontakt sa foraminiferskim vapnencem nije nabušen zbog manje ukupne dubine bušotina.

Nakon završetka bušenja i ugradnje piezometarskih konstrukcija pojedinih bušotina one su uključivane u mjerenje elektrolitičke vodljivosti i temperature vode po dubini vodonosnika. Sa završetkom istražnog bušenja predviđeno je probno crpljenje. Zbog

SP-1



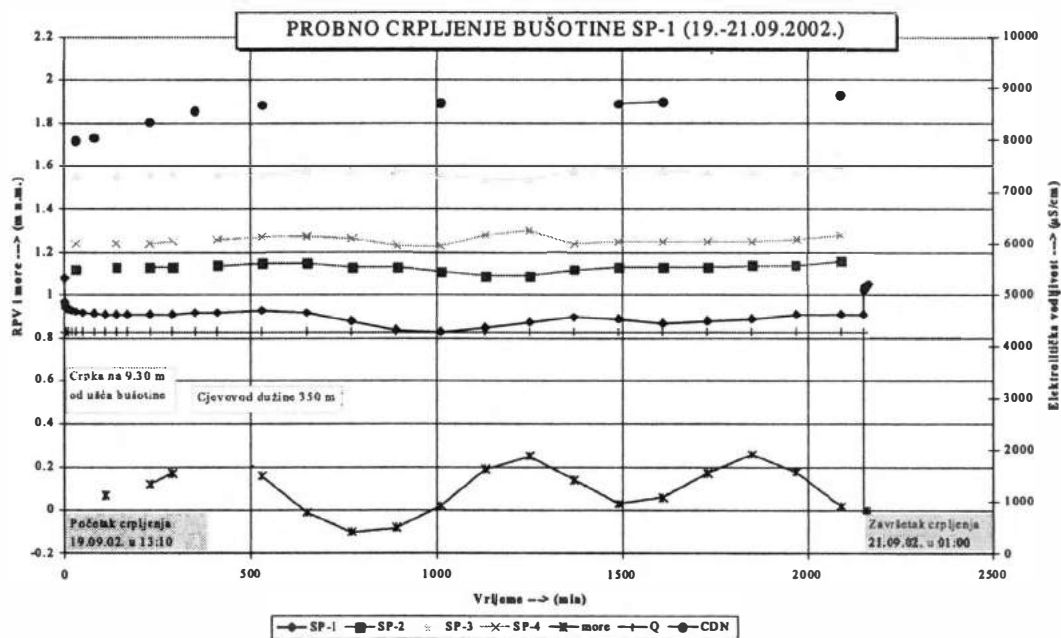
Slika 6. Odnos elektrolitičke vodljivosti po dubini bušotine SP-1
(R. BIONDIĆ et al., 2002)

nepostojanja više crpki kojima bi se istovremeno crpilo, crpljenje je izvedeno pojedinačno po objektima uz istovremeno praćenje promjene razine mora i promjena razina podzemne vode u ostalim bušotinama. Također, velika pozornost je dana mogućim promjenama u vodonosniku (povećanje saliniteta) mjerenjem na ostalim bušotinama. Crpljeno je potopnom crpkom nazivnog kapaciteta 2 l/s. Od crpke je cjevovod provučen sve do obale mora gdje je ispuštana crpljena voda kako bi se izbjegla recirkulacija crpljene vode u podzemlje.

Otpor u cjevovodu prema moru izazvan dužinom i profilom cjevovoda bio je ograničavajući čimbenik za crpni kapacitet. Na SP-1 crpljenje, u trajanju od 36 sati, je započeto sa maksimalnih 0.83 l/s. U prvih tri minute crpljenja izmjereno je sniženje razine podzemne vode za 13 cm, nakon čega je uslijedilo daljnje blago sniženje do ustaljenja nakon 110 minuta (Slika 7). Ukupno sniženje iznosilo je tijekom crpljenja svega 17 cm. Tada je uslijedio porast razine, ali to se pripisuje utjecaju morskih mijena na vodonosnik. Uz stalni kapacitet tijekom crpljenja zabilježeno je kašnjenje promjena razine u vodonosniku za promjenom razine mora uzrokovane plimom i osekom od četiri i pol sata što je očekivana veličina s obzirom na udaljenost od morske obale. Nakon isključenja crpke razina se je vratila na statičku razinu (povrat od 14 cm) nakon deset minuta sa vrlo brzim povratom od 11 cm u prvoj minuti. Crpljenje je pokazalo gotovo trenutno reagiranje vodonosnika uz vrlo malo sniženje prilikom crpljenja. Nije imalo nikakvih utjecaja na promjenu razine podzemne vode i vrijednosti elektrolitičke vodljivosti po dubini na ostalim bušotinama. Nakon završetka crpljenja vrlo brzo dolazi do vraćanja prvobitnog stanja vrijednosti elektrolitičke vodljivosti po dubini na SP-1, tako da maksimalno moguća količina crpljenja na SP-1 sigurno premašuje crpljene količine.

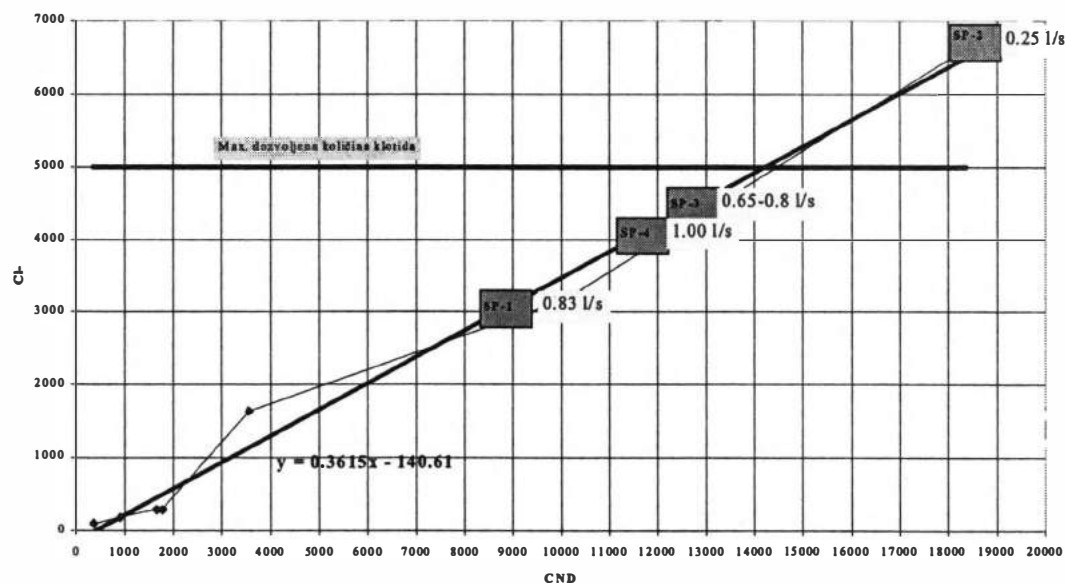
Crpljenje je bilo programirano na relativno male crpne količine iz razloga prijetećeg povišenja saliniteta konusnim podizanjem zone miješanja bočate i slane vode koja se nalazi na oko 22 m dubine od ušća bušotine. Naime, sloj bočate vode je debljine oko 14 m, tako da buduće korištenje za vodoopskrbu treba programirati na više točaka sa ograničenim količinama uz stalnu kontrolu.

Pri količini od 0,83 l/s vrijednost elektrolitičke vodljivosti kretala se u granicama između 8 i 9 mS/cm što odgovara vrijednostima između 2800 i 3100 mg Cl/l. Analizom uzorka na kraju crpljenja određena je količina klorida u uzorku i iznosila je 3178 mg Cl/l.



Slika 7. Dijagram probnog crpljenja bušotine SP-1

ODNOS CND - mg Cl/l



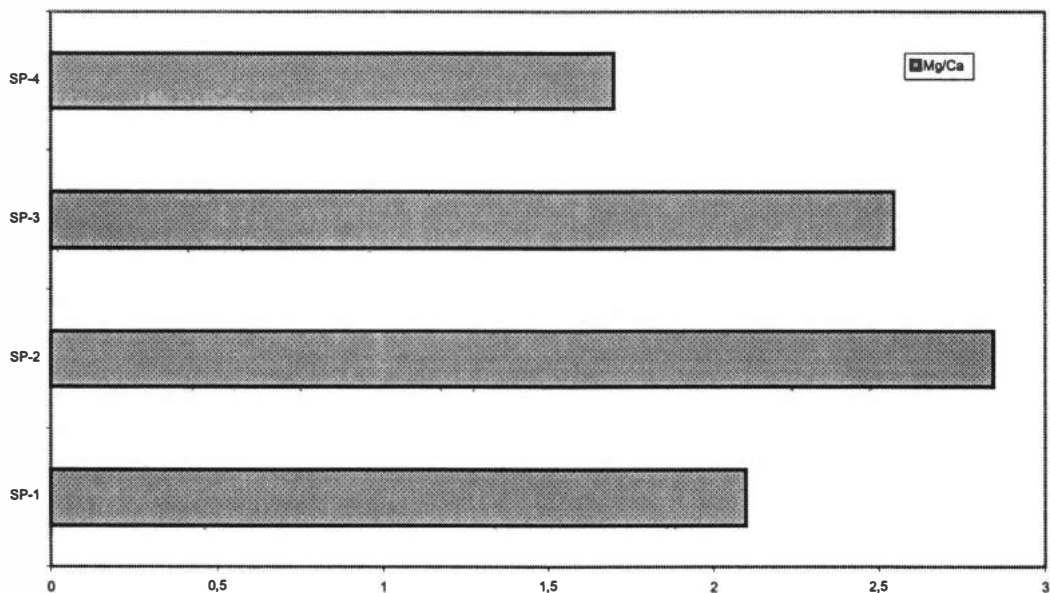
Slika 8. Odnos elektrolitičke vodljivosti i sadržaja klorida dobiven terenskim mjerenjima

Na ostalim bušotinama, također su izvedena probna crpljenja u trajanju od 36 sati koja su pokazala slične rezultate kao i prva bušotina. Na njima je izmjerena nešto veća količina klorida nego na prvoj bušotini, a maksimalna na SP-2 u rasponu između 6500 i 7500 mg Cl/l. Istovremeno, ta je bušotina pokazala i najmanji kapacitet od svega 0.25 l/s (Slika 8). Bušotina SP-3 crpljena je sa 0.65-0.8 l/s, a SP-4 sa kapacitetom od 1.0 l/s.

Na svim bušotinama je izmjereno kolebanje razina podzemne vode ovisno o promjenama morskih mijena. Sustav ne reagira trenutno na promjene plime i oseke mora, već sa određenim kašnjenjem ovisno o udaljenosti bušotine od mora, ali također, i o stanju raspucanosti stijenske mase. To samo ukazuje na dobru povezanost vodonosnika sa morem što može i negativno utjecati na stanje u vodonosniku uslijed eventualnih precrpljivanja iz zdenaca.

Neposredno prije gašenja crpki, kod crpljenja svake bušotine uzeti su uzorci za kemijske analize vode. Već samim mjerenjem elektrolitičke vodljivosti u uzorcima može se zaključiti da se radi o vodi sa vrlo velikim salinitetima, tj. o bočatoj vodi. Rezultati kemijske analize to samo potvrđuju.

Iz slike 8 vidljivo je da su vrijednosti elektrolitičke vodljivosti (CND) crpljene vode na sve četiri bušotine vode izrazito visoke, a naročito su visoke u uzorku sa piezometra SP-2. No, ukupna mješavina crpljene vode zadovoljava tehničke uvjete za daljnje pročišćavanje u desalinizatoru. Takve vrijednosti CND, ali i izrazito visoke koncentracije klorida i sulfata, ukazuju na vodonosnik sa velikim utjecajem mora. Ovu tvrdnju potvrđuje također odnos Mg i Ca (Slika 9) iz kojega je vidljivo da preteže Mg.



Slika 9. Odnos Mg i Ca u uzorkovanim vodama otoka Suska

U uzorcima podzemne vode iz sve četiri istražne bušotine na otoku Susku kakvoća ne odgovara MDK vrijednostima propisanim za pitke vode (NN 46/94; NN49/97). Prirodno je kakvoća narušena utjecajem mora i vrijednosti saliniteta znatno premašuju dopuštene vrijednosti. Međutim prema analizama izvedenim u Hrvatskom zavodu za

javno zdravstvo svi uzorci su mikrobiološki onečišćeni, povišen je sadržaj organskih tvari (utrošak KMnO_4) i anionskih detergenata. U uzorcima podzemne vode iz SP-2 sadržaj ukupnog olova i željeza veći je od MDK, a prirodna je razina sadržaja nikla ozbiljno povišena. Najveće onečišćenje nitratima ustanovljeno je u uzorku vode iz istražne bušotine SP-4, gdje je ustanovljena tri puta viša koncentracija nitrata od maksimalno dopuštenih vrijednosti za pitku vodu. Takva kombinacija upućuje na utjecaj otpadnih voda iz septičkih jama i/ili utjecaj poljodjelstva (vinogradarstva) praćenog primjenom mineralnih gnojiva.

4. ZAKLJUČAK

Problemu vodoopskrbe malih otoka u Hrvatskoj treba posvetiti posebnu pažnju, jer potrebe za vodom rastu, a mogućnosti eksploatacije vode su minimalne i uglavnom nedostatne. Otoci su uglavnom izgrađeni od karbonatnih stijena i otvoreni prema utjecaju mora. Pošto se radi o malim otocima ograničeno je i prihranjivanje njihovih vodonosnika tako da je sloj slatke vode u vodonosniku vrlo tanak ili ga uopće i nema. Vodoopskrbu je moguće organizirati i dovozom vode s kopna (vodonosci), no dugoročno je ekonomski isplativije organizirati vodoopskrbu iz vlastitih resursa.

Stoga su pokrenuti vodoistražni radovi na otoku Susku u svrhu revitalizacije otoka. Procijenjena potreba za pitkom vodom otoka Suska je 2 l/s s obzirom na broj stanovnika i broj turista tijekom ljetnog razdoblja. Namjera je, dakle, bila pronaći 2 l/s bočate vode koja bi se obrađivala u desalinizatoru. Vodoistražni radovi druge faze istraživanja rezultirali su sa 4 istražno-eksploatacijske bušotine iz kojih je moguće zajedno crpiti do 3 l/s zaslanjene vode (R. BIONDIĆ et al., 2002). Moguće crpne količine su i veće, ali je to bilo nemoguće ispitati s obzirom na ograničenje kapaciteta crpke.

Zbog vrlo slabog prihranjivanja podzemlja karbonatni vodonosnik otoka Suska nema leću potpuno slatke vode, već je vodonosnik pod stalnim ograničenim utjecajem mora. Uslijed dugotrajnih suša, u kombinaciji sa precrpeljivanjem vodonosnika za očekivati je konusno podizanje zone miješanja bočate i slane vode i povišenje saliniteta crpljene vode. Stoga je potrebna stalna kontrola količina crpljenja, ali istovremeno i kontrola ponašanja leče bočate vode, tj. mjerenje saliniteta po dubini vodonosnika.

Kemijske analize uzoraka crpljene vode su pokazale određena onečišćenja toga vodonosnika. Razloge treba većinom potražiti u nepostojanju kanalizacijskog sustava otoka. Naime, na otoku je odvodnja organizirana septičkim jamama unutar pijesaka koje se procjeđuju u vodonosnik i nameće se potreba hitne izrade kanalizacijskog sustava. Zbog vrlo malih gradijenata podzemne vode, pogotovo tijekom ljetnih sušnih razdoblja, dolazi do povišenja opterećenja vodonosnika bez mogućnosti samopročišćavanja. Naime, prihranjivanje je ograničeno propusnošću pijesaka koji pokrivaju cijeli otok, pa je ideja izvođenje umjetnog prihranjivanja vodonosnika pomoću upojnih zdenaca.

5. LITERATURA

Biondić, R., Biondić, B., Kapelj, S. (2002): Susak - hidrogeološka istraživanja. Geološki i hidrogeološki radovi. II. Faza vodoistražnih radova na jadranskim otocima. Arhiv IGI, Zagreb.

- Jeić, D., Graovac, G., Panežić, D., Ivanović, S. & Capar, A. (2002): I. faza vodoistražnih radova na otocima Unije, Susak, V. i M. Srakane i Ilovik. Geološki i hidrogeološki radovi. Arhiv Geofizika, Zagreb.
- Mamužić, P., Grimani, I., Korolija, B., Magaš, N., Raljević, B., Majcen, Ž. & Borović, I. (1968): Osnovna geološka karta SFRJ M 1:100.000 - list Lošinj. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Mamužić, P. (1973): Tumač Osnovne geološke karte SFRJ M 1:100.000 - list Lošinj. Savezni geološki zavod, Beograd.
- NN 46/94 (1994): Pravilnik o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće.
- NN 49/97 (1997): Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće.

Autori:

- Mr.sc. Ranko Biondić, Stjepan Dolić, Dr.sc. Sanja Kapelj, Tamara Marković,
dipl.ing.geol., Institut za geološka istraživanja, Sachsova 2, HR-10000, Zagreb,
tel: 01/6160814; fax: 01/6144713
- Prof.dr. Božidar Biondić, Geotehnički fakultet-Varaždin, Sveučilište u Zagrebu, Hallerova
aleja 7, HR-42000, Varaždin



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.03.

Modeliranje malih voda rijeke Drave

Silvio Brezak, Mario Spajić

SAŽETAK: U radu se prezentira stohastičko modeliranje minimalnih mjesečnih protoka rijeke Drave na vodomjernom profilu Donji Miholjac. Primjenjeni su različiti tipovi autoregresijskih ARMA modela i testirani su zajedno s multisezonalnim Markovim modelom kako bi se odabrao model koji najbolje opisuje opaženi niz protoka.

KLJUČNE RIJEČI: analiza vremenske serije, ARMA modeli, Markov model

SUMMARY: This paper presents time series modelling of the minimum monthly discharges of Drava river at gauging station Donji Miholjac in Croatia. Different types of the autoregressive moving average (ARMA) models are applied and tested along with 'multi-season' Markov model in order to define the most appropriate model for the description of particular flow sequences.

KEYWORDS: time series analysis, ARMA models, Markov model

UVOD

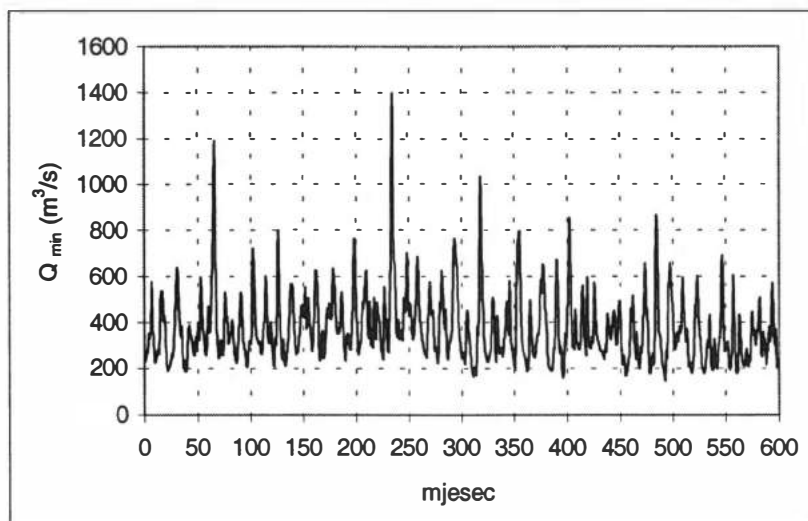
U radu je analiziran niz minimalnih mjesečnih protoka rijeke Drave na hidrološkoj postaji Donji Miholjac u periodu od 1970. do 1995. godine. Ovaj vodomjerni profil, uz to što je u praksi jedan od ključnih za proučavanje vodnog režima rijeke Drave, odabran je i iz razloga raspoloživosti dovoljno dugog (od 1926. godine) i pouzdanog vremenskog niza, te je kao takav pogodan za opis generativnog procesa malih voda na navedenoj lokaciji. Modeliranje malih voda rijeke Drave provedeno je tipičnim iterativnim pristupom i u tu svrhu primjenjeni su različiti tipovi ARMA autoregresijskih modela zajedno s multisezonalnim Markovim modelom s ciljem što boljeg opisa pojave minimalnih mjesečnih protoka Drave.

METODOLOGIJA I REZULATI

Analiza vremenske serije minimalnih mjesečnih protoka Drave provedena je detekcijom i kvantitativnim opisom generativnog procesa za odabrano razdoblje 1970.-1995. godine. Kako se mehanizam pojave vremenskih serija obično opisuje pomoću tri komponente: trenda, perodične i stohastičke komponente, cilj ove studije predstavljao je identifikaciju, kvantifikaciju i uklanjanje determinističke komponente (trenda i perodičke komponente), te opis stohastičke komponente pomoću odgovarajućeg stacionarnog stohastičkog procesa.

Prije same analize vremenske serije, provedeno je testiranje prisutnosti linearnog trenda, te procjena konzistentnosti i homogenosti iste. Grafički prikaz niza minimalnih mjesečnih

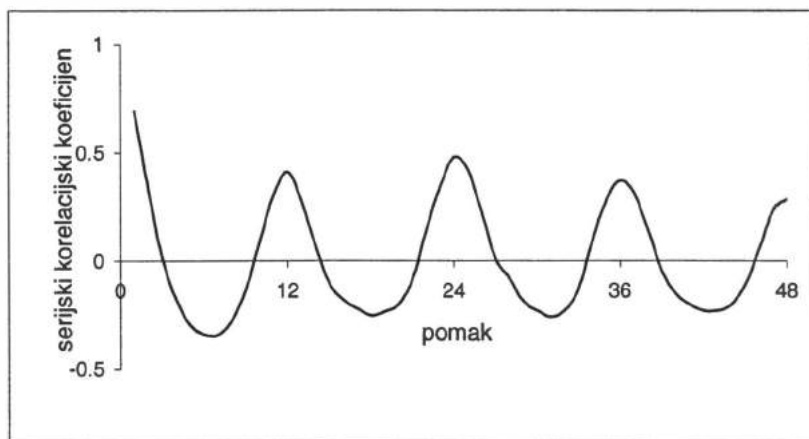
protoka Drave za razdoblje od 1946. do 1995. godine zabilježenih na hidrološkoj postaji Donji Miholjac dan je na slici 1. U razdoblju 1946.-1968. godine uočava se porast vrijednosti minimalnih protoka, što se uz hidrometeorološke prilike, vjerojatno može djelomično pripisati i ljudskim aktivnostima na slivu Drave nakon Drugog svjetskog rata. Nakon 1968. godine uočljivo je konstantno smanjenje vrijednosti minimalnih mjesečnih protoka, koje je dijelom ponovno uzrokovano hidrometeorološkim prilikama na slivu, a dijelom izgradnjom hidroenergetskih objekata i pripadajućih akumulacija na uzvodnim potezima rijeke.



Slika 1: Minimalne mjesečne protoke rijeke Drave na hidrološkoj postaji Donji Miholjac za razdoblje 1946.-1995. godina

Za analizu prisutnosti linearnog trenda korištena je Spearman-ova metoda korelacije rangova, te je ista pokazala da za odabrano razdoblje obrade 1970.-1995. ne postoji značajniji linearni trend minimalnih protoka. Procjena konzistentnosti i homogenosti odabranog niza, nakon što je isti podijeljen u dva nepreklapajuća intervala, provedena je putem F-testa, odnosno t-testa, a rezultati oba testa dokazali su konzistentnost i homogenost podataka u odabranom vremenskom intervalu, te je vremenski niz kao takav zadovoljavajući za daljnu analizu.

Od raspoloživih analiza koje se obično koriste za identifikaciju determinističke i stohastičke komponente vremenskih serija, u ovom radu za detekciju periodične komponente vremenskih serija odabrana je autokorelacijska analiza, a što je shodno hidrološkoj praksi uzimajući pri tome u obzir karakter promatranih hidroloških veličina. Za promatrani niz izrađen je korelogram i prikazan je na slici 2, a uočljiv je snažan godišnji ciklus usljed najvećih pozitivnih koeficijenata korelacije koje se pojavljuju na pomacima 12, 24, 36, itd. Snažni godišnji ciklus pojave minimalnih mjesečnih protoka je i bio očekivan s obzirom na pluvijalno-glacijalni vodni režim rijeke Drave, a s ovog aspekta također nije vidljiv nikakav negativan utjecaj rada hidroelektrana na vodni režim Drave s obzirom na nenarušenu raspodjelu količine voda tijekom godine.



Slika 2: Korelogram minimalnih mjesečnih protoka rijeke Drave za razdoblje 1970.-1995. godina

S obzirom na rezultate provedene autokorelacijske analize i prisutnost godišnjeg ciklusa, niz je stabiliziran logaritamskom transformacijom, a Fourierova analiza primjenjena je za opis harmonijskih serija mjesečnih prosjeka i standardnih odstupanja logaritamsko transformiranih vrijednosti protoka. Ordinate kumulativnog periodograma ukazale su da je gotovo 97 % varijance, kako za mjesečne prosjeke, tako i za standardna odstupanja, opisano s prva tri perioda, te su isti uzeti kao zadovoljavajući za daljnu analizu.

Nakon proračuna harmonijskih serija mjesečnih prosjeka i standardnih odstupanja, pristupilo se daljnoj standardizaciji niza osiguravajući stacionarnost drugog reda oduzimanjem vrijednosti harmonijskih serija mjesečnih prosjeka od podataka za određeni mjesec i dijeljenjem tako dobijenih novih podataka s vrijednošću pripadajućih mjesečnih harmonijskih serija standardnih odstupanja. S obzirom da srednja vrijednost i standardno odstupanje tako transformiranih podataka još nije bila jednaka 0 i 1, a s ciljem postizanja stacionarnosti drugog reda prije analize stohastičke komponente, podaci su još jednom transformirani oduzimanjem srednje vrijednosti i dijeljenjem sa standardnom devijacijom cjelokupnog niza.

S dobivanjem stacionarne vremenske serije drugog reda, pristupilo se modeliranju stohastičke komponente primjenom autoregresivnih ARMA modela koje uključuje identifikaciju modela, provjeru sposobnosti modela u opisu opaženih vremenskih serija, te dijagnostičku provjeru odabranog modela. Prije same primjene ARMA modela, za transformiranu seriju proračunat je korelogram, a uočeno eksponencijalno opadanje nakon prva tri pomaka ukazala su na mogućnost da će autoregresivni stohastički proces nižeg reda biti odgovarajući za opis generativnog mehanizma pojave minimalnih mjesečnih protoka Drave. Pri analizi korišteno je ukupno devet ARMA modela, a dobiveni parametri za svaki stohastički proces prikazani su u tablici 1.

Za odabir modela koji najbolje opisuje stohastičku komponentu vremenske serije prvo je provjerena neovisnost reziduala određenog stohastičkog modela na način da je za svaki model proračunat serijski korelacijski koeficijent reziduala, te da li se on nalazi unutar 95 % razine povjerenja. Hipoteza neovisnosti reziduala za danu razinu povjerenja nije se mogla odbaciti za sve analizirane stohastičke modele osim za modele MA(1) i MA(2), te ovi modeli više nisu uzeti u obzir u daljnim analizama.

Tablica 1: Parametri autoregresijskih ARMA modela

Model	AR parametri	MA parametri
AR (1)	0,6145	
AR (2)	0,6339	
	-0,0315	
AR (3)	0,6324	
	-0,0007	
	-0,0488	
MA (1)		-0,4960
MA (2)		-0,6141
		-0,2827
		-0,0444
ARMA (1,1)	0,5870	
ARMA (2,1)	1,4883	
	-0,5772	0,8459
ARMA (1,2)		-0,1007
	0,53078	-0,0551
ARMA (2,2)	1,5135	0,8985
	-0,6203	-0,0849

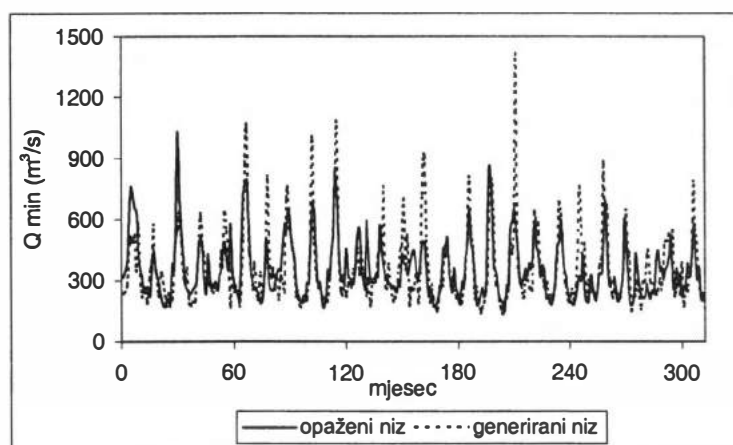
U drugom koraku za odabir najboljeg modela korišten je Box-Pierce-ov test kako bi se provjerila neovisnost reziduala pomoću izraza

$$Q = N \sum_{k=1}^L r_k^2(\epsilon)$$

gdje je $r_k(\epsilon)$ serijski korelacijski koeficijent reziduala, N je veličina uzorka, a L je vrijednost reda veličine 10-30 % veličine uzorka (odabrano $L=30$). Za ARMA (p,q) proces vrijednost Q je aproksimativno χ^2 ($L-p-q$) distribuirana s ($L-p-q$) stupnjeva slobode i u slučaju da je $Q < \chi^2$ ($L-p-q$), tada se reziduali e smatraju neovisnima i određeni model se smatra adekvatnim. Svi razmatrani modeli zadovoljili su navedenu hipotezu, te je za odabir modela koji najbolje opisuje stohastičku komponentu vremenske serije korišten AIC (Akaike Information Criterion) kriterij. Za određeni ARMA (p,q) proces vrijednost AIC proračunata je putem izraza

$$AIC(p+q) = N \ln(\sigma^2) + 2(p+q)$$

gdje je σ^2 varijanca reziduala i N veličina uzorka. Najmanja vrijednost AIC dobivena je za modele AR(1) and ARMA(2,1), te se stoga ova dva modela nameću kao najbolji autoregresijski modeli za opis minimalnih mjesečnih protoka Drave. S obzirom na težnju da se pojedina vremenska serija opiše sa što manjim mogućim brojem parametara, model AR(1) odabran je kao najpovoljniji model za opis stohastičke komponente analiziranog niza. Za odabrani model generirana je sintetička serija minimalnih mjesečnih protoka obrnutim postupkom od provedene analize opaženog niza, a oba niza su prikazana na slici 3.

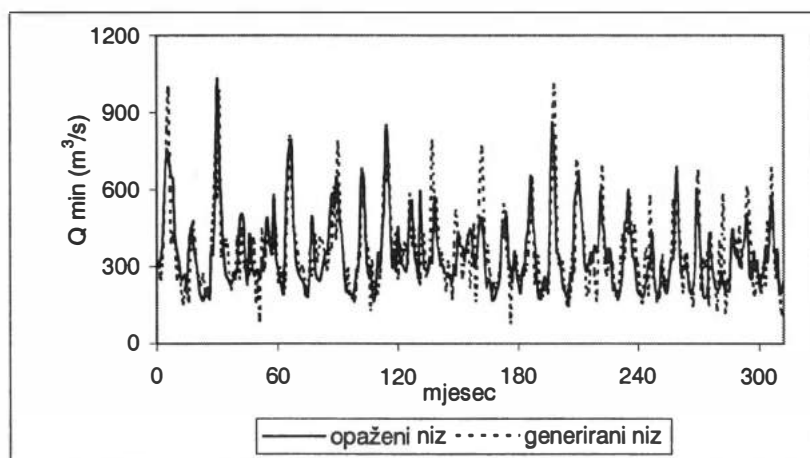


Slika 3: Opaženi i generirani niz minimalnih mjesečnih protoka dobiven autoregresijskim modelom AR (1) (1970.-1995.)

Pojava minimalnih mjesečnih protoka rijeke Drave također je opisana upotrebom multisezonalnog Markovog modela (Thomas & Fiering, 1962.) koji je baziran na jednostavnoj korelaciji vrijednosti u uzastopnim mjesecima. Korištenjem izraza

$$X_{i,j} = \underline{X}_j + r_{x,j} \left(\frac{S_{x,j}}{S_{x,j-1}} \right) (X_{i,j-1} - \underline{X}_{j-1}) + u_{i,j} S_{x,j} \sqrt{1 - r_{x,j}^2}$$

gdje su $\underline{X}_j$, $S_{x,j}$ and $r_{x,j}$, $j=1,2,..12$ srednje vrijednosti, standardne devijacije i korelacijski koeficijenti mjesečnih protoka za mjesec j i $j-1$, $u_{i,j}$ standardizirani normalno distribuirani slučajni brojevi, formirana je sintetička serija protoka i uspoređena s opaženim podacima, a što je prikazano na slici 4. Iako pojava ekstremnih vrijednosti nije simulirana u potpunosti, primjenjeni Markov model dao je zadovoljavajuće rezultate s obzirom da sintetička serija protoka općenito slijedi zabilježeni niz.



Slika 4: Opaženi i generirani niz minimalnih mjesečnih protoka dobiven multisezonalnim Markovim modelom (1970.-1995.)

Krajnja analiza uključila je usporedbu odabranog autoregresijskog modela AR (1) i multisezonalnog Markovog modela kako bi se preporučio model koji najbolje opisuje pojavu minimalnih mjesečnih protoka rijeke Drave. Kao mjera sposobnosti simulacije pojave razmatranih hidroloških veličina korišteno je uobičajeno srednje kvadratno odstupanje, a analiza je pokazala manju pogrešku u slučaju Markovog modela čime se isti preporuča kao najbolji za opis razmatrane vremenske serije.

ZAKLJUČAK

Provedene analize pokazale su da se iste mogu koristiti za opis pojave minimalnih mjesečnih protoka rijeke Drave. Model koji najbolje opisuje razmatranu sekvencu protoka je multisezonalni Markov model, ali se ujedno za istu namjenu može koristiti i autoregresijski AR (1) model. Markov model nameće se i iz razloga jednostavne primjene samog modela uz upotrebu opće dostupnih kompjuterskih programa (tablični kalkulatori) koji u sebi već sadrže generatore slučajnih brojeva. Sintetičke serije minimalnih mjesečnih protoka dobivenih putem oba modela mogu se koristiti za prognoziranje budućih plovidbenih i ekoloških uvjeta na pripadajućoj dionici rijeke Drave, raspoloživosti minimalnih vodnih količina na promatranom profilu rijeke, te kao ulazne veličine za razne tipove hidroloških ili hidrauličkih modela.

Popis literature:

1. Box, G.E.P., Jenkins, G.M., (1976), Time series analysis, forecasting and control, Holden-Day, U.S.A.
2. Hall, M.J., (1996), Statistics and Stochastic Processes in Hydrology, Lecture Notes, International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering IHE Delft, The Netherlands.
3. Shahin, M., Van Oorsschot, H.J.L., De Lange, S.J., (1993), Statistical Analysis in Water Resources Engineering, A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.

Autori:

Silvio Brezak, dipl. ing. građ., Mario Spajić, dipl. ing. građ.

Hrvatske vode Zagreb

Vodnogospodarski odjel za vodno područje sliva Drave i Dunava Osijek

31 000 Osijek, Splavarska 2a, Hrvatska

tel: +385 31 375677, fax: +385 31 375699

e-mail: sbrezak@voda.hr, mario.spajic@os.hinet.hr



Rad 4.04.

Utjecaj koncentracije slobodnog klora na sadržaj THM spojeva u vodoopskrbnom sistemu

D. Grgesina, Lj. Čačić, Ž. Romić, M. Ivić

SAŽETAK: U ovom radu analizirani su THM spojevi: kloroform, bromdiklormetan, dibromklormetan i bromoform u vodi za piće kapilarnom plinskom kromatografijom sa ECD. Ispitivani spojevi su lako hlapivi, štetni za zdravlje, a nastaju kao posljedica postupka kloriranja kod dezinfekcije vode. Iz tog se razloga provode redovne kontrole na njihov sadržaj pri ulasku u gradsku mrežu te u samom distribucijskom sistemu.

Na sadržaj THM utječe mnogo čimbenika, primjerice sadržaj huminskih i fulvo kiselina kao oraganskih prekursora, kontaktno vrijeme, doza klora, temperatura i pH.

Utjecaj tretmana kod kloriranja na sadržaj nastalih THM spojeva u pitkoj vodi analizirali smo u toku mjeseca lipnja i srpnja 2002.

U toku mjeseca srpnja, u tehnološkom postupku kloriranja, povišena je doza klora zbog proširenja distribucijskog sistema, što je rezultiralo povišenom koncentracijom slobodnog klora u mreži. Dobiveni rezultat je potvrdio utjecaj koncentracije slobodnog klora na stvaranje THM spojeva.

KLJUČNE RIJEČI: Spojevi lakohlapljivih halogeniranih ugljikovodika –THM, vodoopskrbni sistem, MRŠ- mjerno regulacioni šaht

Formation of THMs as the Function of the Free Chlorine Contents in a Water Supply System

SUMMARY: This paper describes how the THM compounds (chloroform, bromodichloromethane, dibromochloromethane and bromoform) in drinking water were analyzed by capillary gas chromatography using the electron capture detection.

The analyzed compounds are volatile halogenated hydrocarbons (VHH) that might cause health risks. They form as a result of chlorination processes during water treatment.

For this reason, regular controls are conducted of their content on the entry and in the water supply system.

The formation of these compounds is a function of precursor concentration (fulvo and humic acids), contact time, chlorine dose, temperature and pH.

Influence of the chlorine dose in processes during water treatment on the content of the THM compounds was analyzed during June and July 2002.

In July, chlorine dose was increased because of water supply system upgrading which resulted in increased concentration of free chlorine within the system. The obtained result confirmed the influence of the concentration of free chlorine on THM compounds formation.

KEYWORDS: THM compounds, water supply system, measurement and regulation shaft

UVOD

U ovom radu analizirani su THM's spojevi : kloroform, bromdiklor metan, dibromklor metan i bromoform u vodoopskrbnom sistemu grada Osijeka.

Ovi spojevi su lako hlapivi i štetni za zdravlje, a nastali su kao posljedica kloriranja kod dezinfekcije pri proizvodnji vode. (10)

Iz tog se razloga provode redovne kontrole na njihov sadržaj pri izlazu u gradsku vodoopskrbnu mrežu kao i u samoj mreži.

Na sadržaj THM's spojeva utječe mnogo čimbenika: koncentracija organskih prekursora, huminskih i fulvo kiselina, povišena temperatura, alkalitet i povećana koncentracija slobodnog rezidualnog klora. (5,6,7)

Utjecaj tretmana kloriranja na sadržaj THM's spojeva u pitkoj vodi analiziran je u toku mjeseca lipnja i srpnja 2002. godine.

MATERIJAL I METODE

Exsperimentalni dio rada je obavljen po ISO metodi 10301 za određivanje hlapivih halogeniranih ugljikovodika u vodi, u čiju grupu ulaze klorirani i bromirani, trihalometanski spojevi, koji su bili predmet našeg istraživanja. (1)

To su : kloroform, bromdiklor-metan, dibromklor-metan i bromoform koji nastaju kao posljedica postupka kloriranja vode prilikom obrade pitke vode. Princip metode određivanja se bazira na ekstrakciji tekućina-tekućina, te analizom organskog ekstrakta pomoću plinske kromatografije sa

ECD – detektorom. (2,3,4)

Uzorci su uzimani po tjednom planu, a mjesta uzorkovanja su prikazana na karti sa legendom. Budući su ovi spojevi lako hlapivi, uzorci se transportiraju do laboratorija u putnom frižideru. Kako su analize rađene odmah po dolasku u laboratorij nisu se koristila sredstva za konzerviranje uzoraka. (11,12,13)

Analize su rađene na plinskom kromatografu Perkin-Elmer, Auto system sa ECD – detektorom, kapilarnom kolonom VocolTM od Supelca, dimenzije 30m x 0,53 mm x 3 mm, a identifikacija pomoću P-E Nelson model 1022 integratora sa pisačem HEWLETT PACKARD desk-jet 690 C. (1,2,3,4).

Kao plin nosioc koristio se dušik za ECD od firme Linde.

Uvjeti rada na plinskom kromatografu bili su sljedeći :

$T_{DET} - 300^{\circ}C$, $T_{INS} = 220^{\circ}C$, $T_{COL} - 40^{\circ}C$ 3' / $10^{\circ}C$ / $110^{\circ}C$ 3'

$P_{COL} = 10$ psi Att – 8

Njima je postignuta optimalna rezolucija podataka. Dobiveni kromatogrami su izračunati na bazi prethodnog baždarenja instrumenata sa pet različitih otopina radnih standarda. (SUPELCO, RESTEK, USEPA).

Slobodni rezidualni klor rađen je na terenu DPD metodom na Pocket Colorimetru Hach.

REZULTAT I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja tijekom lipnja i srpnja 2002. prikazani su tablicama 1 i 2, te slikama 1 – 5.

U svakodnevnom tehnološkom postupku kloriranja pitke vode koristi se konstantna doza klora, koja rezultira sa približno 0,15 mg slobodnog klora po litri vode na izlazu u gradsku vodoopskrbnu mrežu.

Promjena tretmana kloriranja u mjesecu srpnju bila je nužna zbog proširenja vodoopskrbnog sistema i rezultirala je povišenom koncentracijom slobodnog klora od 0,31 mg po litri na izlazu, a to je uvjetovalo i više koncentracije slobodnog klora u vodoopskrbnoj mreži.

Iz tablice 1 možemo uočiti da su vrijednosti za kloroform od MRŠ-a 2,52 mg/l rasle prema udaljenim mjestima u mreži do 3,54 mg/l, za bromdiklor metan od MRŠ-a 0,306 mg/l do 0,4088 mg/l, dibromklor metan nije bio identificiran, dok su koncentracije bromoforma od MRŠ-a 0,0128 mg/l prema periferiji narasle do 0,4003 mg/l.

Koncentracija slobodnog klora od MRŠ-a sa 0,11 mg/l pada na udaljenim mjestima do nule, što znači da se sav slobodan klor utrošio na stvaranje dodatnih trihalometalskih spojeva u mreži. Suprotno ovome koncentracija slobodnog klora u Bolnici raste i iznosi 0,10 mg/l, zbog dodatnog kloriranja koje se ovdje obavlja radi dezinfekcije.

U tablici 2 prikazane su ove vrijednosti za mjesec srpanj 2002., kada je u tehnološkom postupku primijenjena viša doza kloriranja. Ovaj se faktor manifestirao u koncentraciji slobodnog klora u MRŠ-u od 0,31 mg/l, gdje pada na periferiji do 0,05 mg/l. Kako literatura (7,8,9,10) navodi da je doza kloriranja jedan od najodgovornijih faktora za intenzitet stvaranja THM's to smo potvrdili i dobivenim rezultatima u tablici 2.

Vrijednosti za kloroform su se kretale od 7,6631 do 10,7899 mg/l, za bromdiklor metan od 1,6796 do 2,2236 mg/l, u odnosu na lipanj ovdje je došlo do stvaranja dibromklor metana u koncentracijama od 0,1968 do 0,4342 mg/l, i bromoforma od 0,0959 do 0,4342 mg/l.

Ovi podaci su grafički prikazani pomoću slika 1-5.

Slikom 1, prikaz je dat za komparaciju koncentracije kloroforma u mjesecu lipnju i srpnju, slikom 2 ta se komparacija odnosi na bromdiklor metan, slikom 3 za dibromklor metan, a slikom 4 za bromoform.

Analizom ova četiri grafička prikaza je signifikantna razlika u korist koncentracija u srpnju u odnosu na lipanj.

Peti grafički prikaz se odnosi na koncentracije slobodnog klora u ova dva promatrana mjeseca i prezentiran je slikom 5.

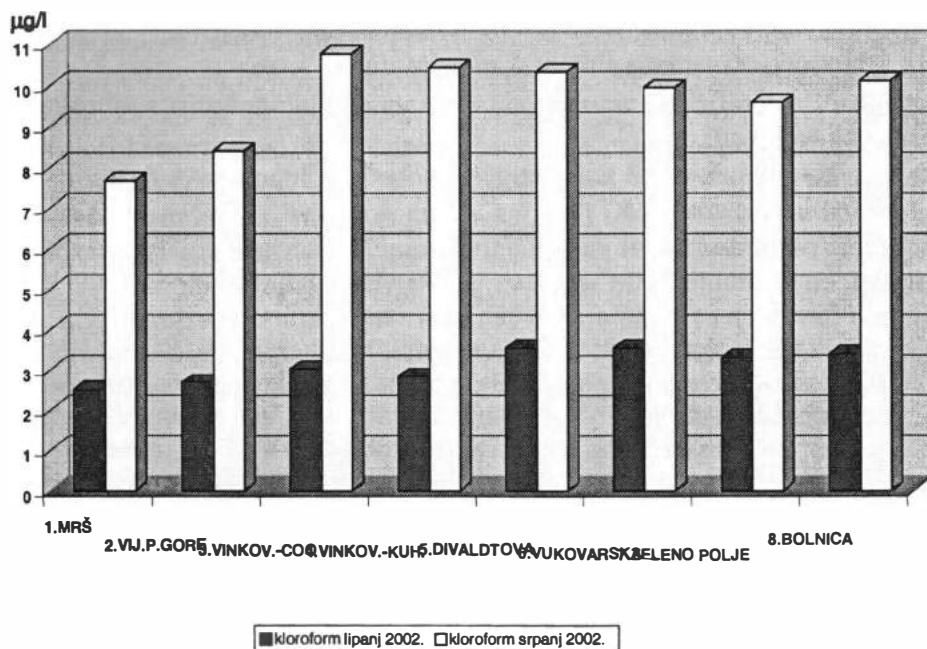
U izlaznoj točki MRŠ-a ova razlika je najuočljivija. Budući se slobodan klor u mreži troši za naknadno stvaranje THM'-spojeva, što se više udaljavamo od mjesta ulaza u vodoopskrbnu mrežu on se smanjuje. To se uočava na mjernim mjestima 5,6,7, gdje u lipnju mjesta 6 i 7 više niti ne sadrži slobodnog klora. Na mjernom mjestu 8 bolnice ove su vrijednosti izjednačene u oba mjeseca, a to proizlazi iz naknadnog kloriranja unutar same bolnice zbog dezinfekcije.

**Tablica 1. PROSJEK VRIJEDNOSTI ISPITIVANJA PO TJEDNOM PLANU
ZA MJESEC LIPANJ 2002. god.**

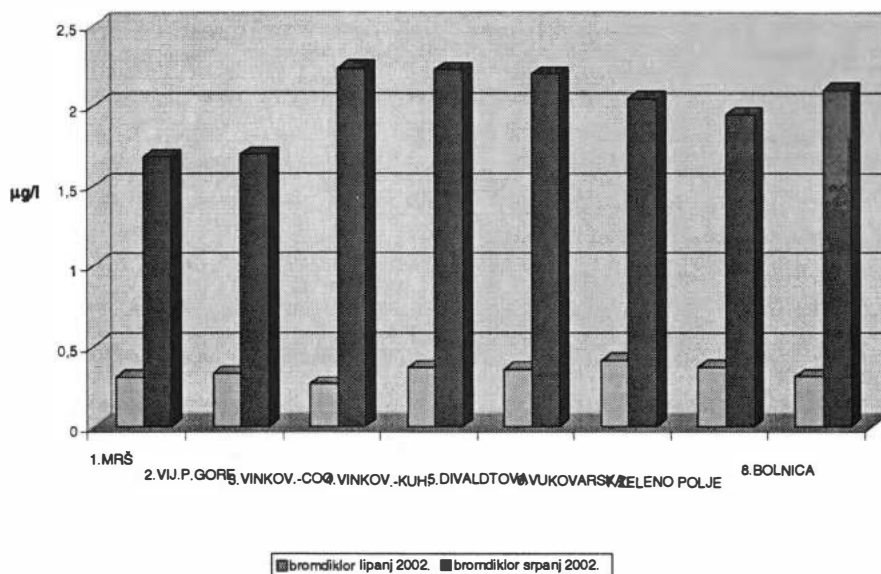
MJESTO UZORKOVANJA	kloroform ug/l	bromdiklor metan ug/l	dibromklormetan ug/l	bromoform ug/l	slob.klor mg Cl/l
1.MRŠ	2,52	0,306	0	0,0128	0,11
2.VIJ.P.GORE	2,68	0,3314	0	0,0177	0,05
3.VINKOV.-COO	3,02	0,262	0	0,1196	0,05
4.VINKOV.-KUH.	2,84	0,3642	0	0,1719	0,05
5.DIVALD TOVA	3,54	0,3542	0	0,196	0,05
6.VUKOVARSKA	3,54	0,4088	0	0,1885	0
7.ZELENO POLJE	3,3	0,3663	0	0,2602	0
8.BOLNICA	3,4	0,3115	0	0,4003	0,10

**Tablica 2. PROSJEK VRIJEDNOSTI ISPITIVANJA PO TJEDNOM PLANU
ZA MJESEC SRPANJ 2002. god.**

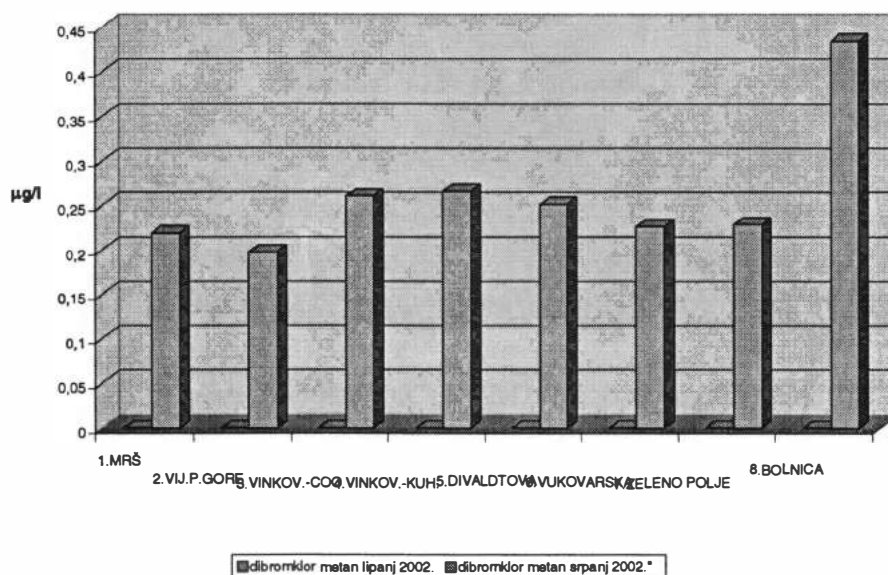
MJESTO UZORKOVANJA	kloroform ug/l	bromdiklor metan ug/l	dibromklormetan ug/l	bromoform ug/l	slob.klor mg Cl/l
1.MRŠ	7,6631	1,6796	0,219	0,0959	0,31
2.VIJ.P.GORE	8,3958	1,6985	0,1968	0,0998	0,1
3.VINKOV.-COO	10,7899	2,233	0,26	0,1297	0,1
4.VINKOV.-KUH.	10,4567	2,2236	0,2657	0,324	0,1
5.DIVALD TOVA	10,3375	2,1973	0,2507	0,3088	0,05
6.VUKOVARSKA	9,9512	2,0447	0,2258	0,2739	0,05
7.ZELENO POLJE	9,5846	1,944	0,2283	0,3805	0,05
8.BOLNICA	10,118	2,0993	0,4342	0,4342	0,1



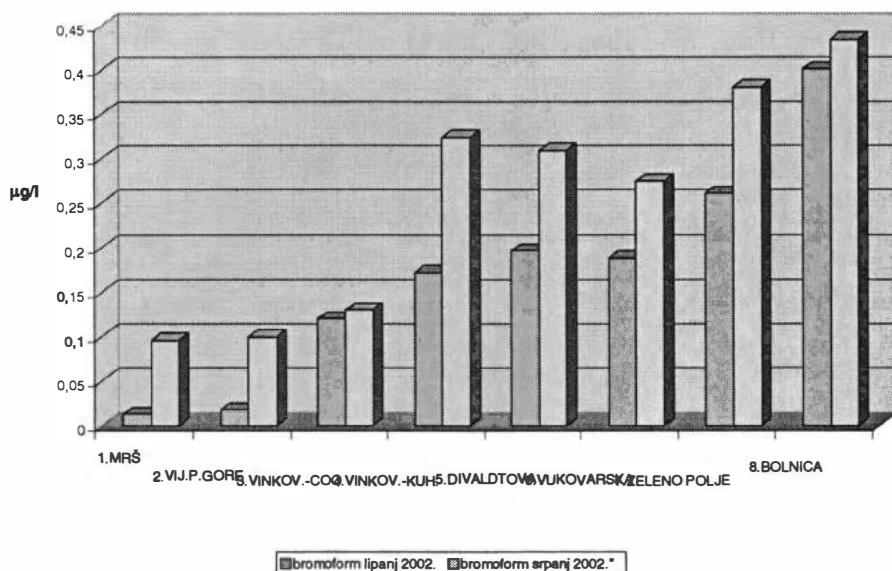
Slika 1. Prikaz kretanja vrijednosti kloroforma (mg/l) po lokacijama u lipnju i srpnju 2002.



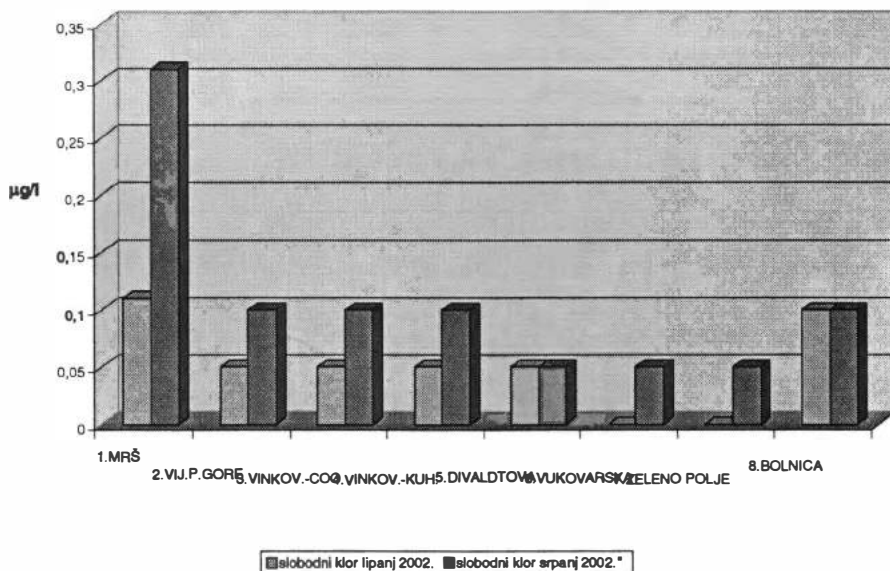
Slika 2. Prikaz kretanja vrijednosti bromdiklor metana (mg/l) po lokacijama u lipnju i srpnju 2002.



Slika 3. Prikaz kretanja vrijednosti dibromdiklor metana (mg/l) po lokacijama u lipnju i srpnju 2002.



Slika 4. Prikaz kretanja vrijednosti bromoforma po lokacijama u lipnju i srpnju 2002.



Slika 5. Prikaz kretanja vrijednosti slobodnog klora (mg/l) po lokacijama u lipnju i srpnju 2002.

ZAKLJUČAK

Ovim radom dokazan je utjecaj tretmana kloriranja na sadržaj nastalih THM's spojeva, što potvrđuje opravdanost obvezatne kontrole ovih spojeva u pitkoj vodi.

Kako su ovi spojevi štetni po zdravlje nameće se potreba za strogom kontrolom doziranja klora pri dezinfekciji na optimalne vrijednosti.

LITERATURA:

1. ISO 10301 INTERNATIONAL STANDARD WATER QUALITY-DETERMINATION OF HIGHLY VOLATILE HALOGENATED HYDROCARBONS – GAS CHROMATOGRAPHIC METHODS, FIRST EDITION 1997-04-15 (1-49 STR.)
2. STANDAR METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 1985 16TH EDITION: APHA AWWA WPCF
3. STANDAR METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 1998 20TH EDITION: APHA AWWA WEF
4. VODA ZA PIĆE, Standardne metode za ispitivanje higijenske ispravnosti, Savezni zavod za zdravstvenu zaštitu NIP "PRIVREDNI PREGLED", Beograd 1990
5. HERBERT J. BRASS, PROCEDURES FOR ANALYSING ORGANIC CONTAMINANTS IN DRINKING WATER, RESEARCH AND TECHNOLOGY, JOURNAL AWWA, February 1982, 107-112
6. M.D. Arguello, C.D. Chriswell, J.S. Fritz, L.D. Kissinger, K.W. Lee, J.J. Richard and H.J. Svec, Trihalomethanes in water : A Report on the Occurrence, Seasonal Variation in Concentrations, and Precursors of Trihalomethanes, WATER TECHNOLOGY / QUALITY, JOURNAL AWWA, SEPTEMBER, 1979
7. John N. Veenstra and Jerald L. Schnoor, Seasonal Variations in Trihalomethane Levels in an Iowa River Water Supply, RESEARCH AND TECHNOLOGY, JOURNAL AWWA, October 1980.
8. Rein Otson and David t. Williams, Headspace Chromatographic Determination of Water Pollutants, ANALYTICAL CHEMISTRY, VOL 54 No 6 May 1982 (942-946)
9. T.A. Bellar, J.J. Lichtenberg, and R.C. Kroner, The Occurrence of Organohalides in Chlorinated, Drinking Waters, MANAGEMENT JOURNAL AWWA DECEMBER 1974 (703-706)
10. U. Lahl, M.Cetinkaya, J.V. Düszel, B. Stachel and W. Thiemann, B. Gabel, R. Kozicki and A. Podbielski, HEALTH RISKS FROM VOLATILE HALOGENATED HYDROCARBONS, The Science of the Total Environment, 20 (1981) 171-189
11. M.J. Freiria-Gandara, A. Alvarez-Devesa, R.A. Lorenzo-Ferreira, F. Bermejo-Martinez, IDENTIFICATION AND DETERMINATION OF HALOGENATED HYDROCARBONS IN WATERS OF GALICIA (N.W. SPAIN) BY HEADSPACE GAS-CHROMATOGRAPHY ANALYTICAL LETTERS, 23 (10), 1939-1958 (1990)
12. Mohamed A. EL-DIB and RIZKA K. ALI, TRIHALOMETHANES IN CHLORINATED DRINKING WATER OF CAIRO, EGYPT, Bull. Environ. Contam. Toxicol. (1992) 48: 378-386
13. Z.A. Grosser and J.F. Ryan, OVERVIEW OF ENVIRONMENTAL ANALYTICAL METHODS, INSTRUMENTATION SOLUTIONS, MARCH 1991 PERKIN-ELMER

Autori:

mr. sc. D. Grgesina, dipl. inž., mr.sc. Lj. Čačić, dipl. inž., mr.sc. Ž. Romić, prof., M. Ivić, dipl. inž., "VODOVOD-OSIJEK" d.o.o., Poljski put 1, Osijek, 031/ 330-650, fax. 031/ 330-610



Rad 4.05.

Irrigation Requirement Data in Irrigation System Planning

Katerina Donevska, Stanislava Dodeva

SUMMARY: Irrigation water requirement data are required for planning of irrigation systems in order to provide optimum use of the limited water supplies and reduce the risk of water shortage during drought years or dry cycles. Conventional methods for irrigation system planning and design have been based on irrigation requirement data and climate data during a dry cycle (typical dry year). In this paper it is noticed that in the irrigation system planning phase, when the required useful reservoir capacity and the irrigated area should be estimated, the irrigation water requirements should be calculated on a monthly basis for the available chronological period. This paper presents the procedure for estimating the monthly values of irrigation requirements. A case study that elaborates the planning of the irrigation system near Doyran Lake has been presented. Chronological period of 18 years has been considered, concerning monthly and annual quantities of precipitation, average temperature, average humidity, average wind speed and duration of sunshine hours for the meteorological station in Doyran. Irrigation water requirement data are of major importance in planning, design and operation of irrigation projects. They influence on the irrigation system parameters and on the ability of the system to operate under various conditions.

KEYWORDS: irrigation system, planning, evapotranspiration, irrigation requirement data

Podaci o potrebama navodnjavanja za planiranje sustava za navodnjavanje

SAŽETAK: Podaci o potrebama vode za navodnjavanje neophodni su za planiranje irigacijskih sustava ako se želi postići optimalna iskorištenost ograničenih vodnih zaliha i smanjiti opasnost od nedostatka vode tijekom sušnih godina ili ciklusa. Klasične metode planiranja i projektiranja sustava navodnjavanja temeljile su se na podacima o potrebama navodnjavanja i podacima o klimi tijekom sušnog ciklusa (tipična sušna godina). U radu se naglašava kako se u fazi planiranja sustava za navodnjavanje, kada treba utvrditi potrebnu korisnu zapreminu akumulacije i procijeniti površinu navodnjavanja, izračunavaju mjesečne potrebe vode za navodnjavanje za dano kronološko razdoblje. U radu je prikazan postupak za ocjenu mjesečnih vrijednosti potreba navodnjavanja. Opisuje se studijski primjer u kojemu je razrađeno planiranje sustava natapanja u blizini Dojranskog jezera. Razmatrano je kronološko razdoblje od 18 godina, vodeći računa o mjesečnim i godišnjim količinama oborina, prosječnoj temperaturi, prosječnoj vlazi, prosječnoj brzini vjetra te broju sunčanih sati zabilježenih u meteorološkoj stanici u Dojranu. Podaci o potrebama vode za navodnjavanje najvažniji su podaci za planiranje, projektiranje i rad sustava navodnjavanja. Oni utječu na parametre sustava navodnjavanja te na sposobnost sustava da radi pod različitim uvjetima.

KLJUČNE RIJEČI: sustav navodnjavanja, planiranje, evapotranspiracija, podaci o potrebi navodnjavanja

INTRODUCTION

Irrigation water requirement data are of special importance in the planning process of irrigation systems. That is particularly addressed to the phase of estimation of the required useful reservoir capacity (in the case when the area of the irrigation system is defined) and the size of the irrigated area (if the reservoir capacity is limited). In the previous period, this kind of problems were solved by using conventional method, which method is based on selection and use of typical dry year for certain historical data. After the determination of the typical dry year, for exp. with probability of appearance of 20% or 25% and on the basis of the data obtained for that typical dry year, the system design is performed. Generally was accepted that the system designed on the basis of such selected dry year will provide irrigation security of about 80%, which means that it would meet the water demands in all wetter years then the selected dry year. Application of the contemporary methods and estimation techniques for planning of the irrigation systems impound the need for determination of the irrigation water requirements as time depending variables. That means, that now, the system design can not be based only on the water requirements for average dry year (irrigation norm), but the data should be determined as time depending variables (monthly water requirements) for the available chronological period.

In this paper the procedure for estimation of the water requirements as time depending variables is presented. The procedure is applied on a case of irrigation system planning near Doyran Lake.

The total irrigable land in that area is about 634 ha. For the irrigation of this area, the under pressure irrigation system is proposed, consists of following elements and facilities: water resource- artificial reservoir, intake structure, main convey pipeline and secondary and tertiary pipeline network.

For the project area there is no sufficient data on the soil conditions (geological context, water capacity, permeability, salinity rate, hydrogeological data, erosion potential), so the selection of the irrigation application method is done on the base of the available climate and meteorological data, topographic and agricultural data. The selected area is characterized with high temperatures and low rainfall sum in the vegetation period. Currently, crops, which are adapted to semi-arid climatic conditions, are present (olives, grape), which can have much higher yields under irrigation conditions. Taking into consideration local climatic and topographic conditions, as well as the request for minimization of irrigation water quantity, two possible irrigation application techniques are analyzed: sprinkling and dripping irrigation.

In the paper, climatic elements are processed, the need for irrigation is stated, and irrigation norms are estimated as well as total irrigation requirements for the certain time period. These total irrigation water requirements are estimated for the planned cropping pattern and for the selected irrigation application techniques.

METHODOLOGY

Irrigation water requirements are obtained after reduction of rainfall water income and the winter humidity in the soil from the evapotranspiration. The irrigation norm as a water quantity, which is conveyed by the irrigation system to one hectare of land with certain cropping pattern, is estimated by the equation of the water balance:

$$M_n = ET_c - (P_{ef} + W_b)$$

M_n - net irrigation norm (mm);

ET_c - water requirements for the crop (evapotranspiration) (mm);

P_{ef} - effective rainfalls (mm);

W_b - water reserve in the active soil level which crop can use (mm)

Required water quantity for the crops, actually the evapotranspiration (ET_c) for each crop is estimated through three steps procedure.

- First, referent evapotranspiration (ET_o) is estimated, using the methods of Blaney and Criddle and modified Penman method, as part of the program package Cropwat.
- Second step covers the influence of the crops over water requirements, expressed through the crop coefficient k .

$$ET_c = ET_o \cdot k$$

where: ET_o - referent evapotranspiration (mm)

k - crop coefficient

In the calculations for the water requirements of the crop using Blaney and Criddle method, values of the coefficient k for semiarid climatic areas are taken from the reference literature [3]. During calculation of ET_c with program package Cropwat, values of the coefficient k are given in the internal data of the package itself [6].

- The third step includes influence of the irrigation techniques on irrigation water requirements.

Determination of the effective rainfall is based on the method of precise percentage of the rainfall. Due to local climatic conditions, rainfall characteristics and insufficiently known pedological parameters of the soil, it is adopted that the effective rainfall are 60% of the total. Reserves of the soil humidity are estimated as a difference between the soil humidity at the beginning and end of the vegetation period.

For determination of the required irrigation water quantity at dripping system, it is recommended [1] to reduce the irrigation norm (knowing the humidity of the soil before the beginning and end of each water application per irrigation). The reduction of the net irrigation norm is done by the following equation recommended in the reference literature [4]:

$$M = M_n \cdot \left[\frac{P_d}{100} + 0.15 \cdot \left(1 - \frac{P_d}{100} \right) \right]$$

where:

M_n - net irrigation norm (mm)

M - net irrigation norm for dripping system (mm)

P_d - percentage of wet area from the total land area

Considering the cropping pattern and experience for crop growing, and knowing that the grape are set into rows 2m x 2 m, in the calculation for the net irrigation norm and total irrigation water requirements, the adopted value of P_d is 80%.

In the estimations of the gross irrigation norm, coefficient of system effectivity of 0.85 was adopted.

DATA

In the calculations, data on monthly sums of rainfall and average monthly temperatures in the period 1952-1990 for the meteorological station Nov Doyran were used, as well as data on relative humidity of the air. Vegetation period is defined for six months (from 1st of April to 1st of October).

Data on monthly and annually sums of rainfall for the period from 1952 to 1990 (time series of 39 years) was analyzed and typical years were determined (Table 1).

Table 1. Presentation of typical years

Presentation of Typical Years					
annually			In the vegetation period		
Year	P(mm)	Characteristics of the year	Year	P(mm)	Characteristics of the year
1957	990.7	the wettest	1957	538.2	the wettest
1954	868.9	average wet	1990	376.9	average wet
1960	747.0	average	1960	306.2	average
1977	617.1	average dry	1965	197.2	average dry
1988	496.7	the driest	1988	102.1	the driest

Table 1.

In accordance with the climatic conditions and crop growing tradition, the proposed cropping pattern with the percentage of area covered by each crop, is presented in the Table 2.:

Table 2. Cropping pattern

crop	area (ha)	Percentage of total (%)
olives	190.2	30
almonds	190.2	30
grape	253.6	40

RESULTS

Evapotranspiration is estimated on the base of the mentioned methods, and results are presented in the Table 3.

Irrigation norm for each crop is estimated for the selected average dry year (1965). According to the recommendations of FAO [2], irrigation norm for the olives is 2000-4000 m³/ha, which should be applied in two or three times. Gross and net irrigation norm for the crops are presented in the Table 4.

Table 3. Estimated evapotranspiration by crop (mm) using methods of Blaney and Criddle and modified Penman method

	Blaney and Criddle								Penman
	k	IV	V	VI	VII	VIII	IX	total	total
grape	0.49-0.55	61.53	80.48	92.78	109.93	101.63	71.19	517.55	507.30
almonds	0.65-0.70	81.62	114.97	129.9	139.92	129.35	94.44	690.19	696.7
olives	0.40-0.55	50.23	65.70	102.06	109.93	101.63	58.12	487.67	350-600

Table 4. Net and gross irrigation norms for the planned cropping pattern and for the selected irrigation application method

	M_n	$M_{gross-sprinkling}$	$M_{gross-dripping}$
	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha
grape	3664.69	4311.4	3578.46
almonds	5025.7	5912.59	4907.45
olives	3189.48	3752.33	3114.43

For the river where the dam and reservoir should be built in order to provide irrigation water, there are historical data for the average monthly flows for the time period of 18 years. For this period (1952-1969), estimations for the required monthly and annually irrigation water quantities are performed. Also, gross monthly water requirements for unit of land (m³/ha) for each crop separately are calculated (Table 5.) and in total for the planned cropping pattern on the area of 634 ha. Results for the gross irrigation water requirements for all crops and the whole system for sprinkling irrigation are presented in the Table 6., while results for dripping system are presented in the Table 7. In the same table, data on the percentage of the total annual water requirement related to average dry year, as well as surplus or shortage of water in percentage which should appeared if the system was designed by the data on average dry year, are presented.

Table 5. Monthly and annual irrigation water requirement (m³/ha) by each crop
olives

period	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Mgross
1952	0.00	402.38	1004.51	1179.00	1195.64	364.69	4146.21
1953	0.00	0.00	0.00	783.76	1163.17	560.92	2507.86
1954	0.00	107.32	1102.62	1170.53	1089.06	659.04	4128.56
1955	0.00	172.97	823.80	703.94	491.17	249.63	2441.51
1956	0.00	132.03	766.62	1138.06	1163.17	683.74	3883.62
1957	0.00	0.00	0.00	850.12	532.12	0.00	1382.23
1958	0.00	0.00	513.94	1211.47	1138.47	0.00	2863.88
1959	0.00	0.00	0.00	22.12	1138.47	487.51	1648.09
1960	0.00	0.00	825.24	1088.64	1195.64	0.00	3109.53
1961	0.00	0.00	366.41	1236.17	1195.64	667.51	3465.74
1962	0.00	0.00	783.59	1145.82	1138.47	544.69	3612.56
1963	0.00	0.00	162.41	843.00	1122.23	470.57	2598.21
1964	0.00	0.00	981.24	924.88	950.00	53.39	2909.51
1965	0.00	0.00	1054.65	1047.70	974.70	675.27	3752.33
1966	0.00	124.26	636.04	1186.76	1031.88	282.80	3261.74
1967	0.00	0.00	506.18	654.53	1031.88	528.45	2721.03
1968	0.00	140.50	452.51	1293.35	1105.29	626.57	3618.21
1969	0.00	459.56	807.56	1195.23	237.76	274.33	2974.45
<i>almonds</i>							
1952	46.80	1082.21	1331.98	1531.73	1521.73	792.03	6306.47
1953	0.00	195.83	561.86	1432.90	1489.26	988.26	4668.12
1954	0.00	833.95	1430.10	1523.26	1415.14	1086.38	6288.82
1955	0.00	899.59	1151.27	1056.67	817.26	676.97	4601.76
1956	0.00	858.65	1094.10	1490.79	1489.26	1111.08	6043.88
1957	0.00	73.01	570.33	1613.61	858.20	390.38	3505.53
1958	0.00	219.83	1348.22	1564.20	1464.55	423.56	5020.35
1959	0.00	0.00	0.00	1428.95	1464.55	914.85	3808.35
1960	0.00	555.83	1323.51	1441.37	1521.73	300.73	5143.18
1961	0.00	80.77	1339.75	1588.90	1521.73	1094.85	5626.00
1962	0.00	686.42	1151.27	1498.55	1464.55	972.03	5772.82
1963	0.00	73.01	1143.51	1195.73	1448.32	897.91	4758.47
1964	0.00	646.18	1389.16	1277.61	1276.08	480.73	5069.76
1965	0.00	653.95	1454.80	1400.43	1300.79	1102.61	5912.59
1966	0.00	850.89	963.51	1539.49	1357.96	710.14	5422.00
1967	0.00	302.42	1257.86	1007.26	1357.96	955.79	4881.29
1968	79.27	787.85	779.98	1646.08	1431.38	1053.91	5778.47
1969	0.00	1186.18	1135.04	1547.96	563.85	701.67	5134.71
<i>grape</i>							
1952	240.32	676.44	895.35	1179.00	1195.64	518.53	4705.28
1953	0.00	0.00	108.81	1080.17	1163.17	714.76	3066.92
1954	68.09	553.62	993.47	1170.53	1089.06	812.88	4687.63
1955	0.00	687.35	714.64	703.94	491.17	403.47	3000.57
1956	166.20	480.20	657.47	1138.06	1163.17	837.59	4442.69
1957	0.00	0.00	0.00	1255.34	532.12	116.88	1904.34
1958	0.00	7.58	911.58	1211.47	1138.47	150.06	3419.16
1959	0.00	0.00	0.00	427.34	1138.47	641.35	2207.16
1960	0.00	343.58	886.88	1088.64	1195.64	27.23	3541.98
1961	0.00	0.00	771.64	1236.17	1195.64	821.35	4024.81
1962	0.00	474.17	714.64	1145.82	1138.47	698.53	4171.63
1963	0.00	0.00	567.64	843.00	1122.23	624.41	3157.28
1964	158.44	275.50	952.52	924.88	950.00	207.23	3468.57
1965	0.00	441.70	1018.17	1047.70	974.70	829.12	4311.40
1966	0.00	638.64	526.88	1186.76	1031.88	436.65	3820.81
1967	117.50	0.00	793.90	654.53	1031.88	682.29	3280.10
1968	272.79	382.09	343.35	1293.35	1105.29	780.41	4177.28
1969	84.32	889.62	698.41	1195.23	237.76	428.18	3533.51

Table 6. Monthly and annual irrigation water requirement (m³) for sprinkling irrigation of total area of 634 ha

period	IV	V	VI	VII	VIII	IX	total
1952	69846.9	453913.1	671459.9	814573.2	820060.1	351505.2	3181358.4
1953	0.0	37246.8	134461.7	695542.0	799473.7	475918.3	2142642.6
1954	17266.8	319425.9	733666.5	809202.8	752483.2	538124.9	3170170.2
1955	0.0	378313.0	556892.4	513385.9	373425.7	278557.9	2100574.9
1956	42149.4	310206.8	520642.5	788616.5	799473.7	553788.5	3014877.5
1957	0.0	13885.8	108477.5	786955.0	399382.4	103891.0	1412591.8
1958	0.0	43735.1	585360.2	835159.5	783810.2	118614.7	2366679.7
1959	0.0	0.0	0.0	384366.3	783810.2	429375.3	1597551.8
1960	0.0	192851.9	633603.9	757289.4	820060.1	64105.7	2467910.9
1961	0.0	15362.6	520199.0	850823.0	820060.1	543495.3	2749940.0
1962	0.0	250806.9	549244.6	793539.3	783810.2	465625.2	2843026.2
1963	0.0	13885.8	392339.8	601549.2	773517.0	418634.6	2199926.4
1964	40180.3	192770.2	692409.2	653462.6	664319.9	154144.7	2397286.9
1965	0.0	236396.5	735506.3	731332.7	679983.4	548418.1	2931637.0
1966	0.0	347433.5	437849.6	819496.0	716233.3	299591.8	2620604.0
1967	29797.6	57519.9	536854.9	482058.8	716233.3	455332.0	2277796.5
1968	84257.4	273469.2	321491.9	887072.9	762776.3	517538.6	2846606.4
1969	21384.1	538625.8	546599.2	824866.3	212762.7	294221.4	2438459.6

Table 7. Monthly and annual irrigation water requirement (m³) for dripping irrigation system for total area of 634 ha

Period	Total	% of total requirements related to average dry year	Surplus/shortage of water %
1952	2640527.5	108.5	-8.5
1953	1778393.4	73.1	26.9
1954	2631241.2	108.1	-8.1
1955	1743477.1	71.7	28.3
1956	2502348.3	102.8	-2.8
1957	1172451.2	48.2	51.8
1958	1964344.2	80.7	19.3
1959	1325968.0	54.5	45.5
1960	2048366.0	84.2	15.8
1961	2282450.2	93.8	6.2
1962	2359711.7	97.0	3.0
1963	1825938.9	75.0	25.0
1964	1989748.1	81.8	18.2
1965	2433258.7	100.0	0.0
1966	2175101.4	89.4	10.6
1967	1890571.1	77.7	22.3
1968	2362683.3	97.1	2.9
1969	2023921.5	83.2	16.8

CONCLUSION

Data on irrigation water requirements are used in each phase of the irrigation system planning. In the phase of estimation of the required useful capacity of the reservoir and the size of the irrigated area, it is necessary to determinate monthly (or decade) required water quantities. It is also necessary to define this data for the whole analyzed time period.

REFERENCES

1. Avakumovic, D. (1994): *Hidrotehnicke melioracije, Navodnjavanje*, Beograd
2. Doorenbos, J., Pruitt, W., O. (1992): *Crop Water Requirements*, FAO Irrigation and Drainage Paper No 24, Rome.
3. Iqovski, I., Mitrijski, J., ^ukaliev, O. (1995): *Po~veno klimatskite uslovi i ETR na podra~jeto na HS Lisi~e za planiranata struktura kulturi*, II Sovetuvawe vodostopanstvoto vo Republika Makedonija, Ohrid, 127-137.
4. Keller, J., Bliesner, R., (1990): *Sprinkle and Trickle Irrigation*, Van Nostrand Reinhold, New York.
5. Rydzewski, J.,R., Ward, C., F. (1989): *Irrigation: Theory and Practice*, Pentech Press, London.
6. Smith, M. (1992): *CROPWAT, Computer Program for Irrigation Planning and Management*, FAO Irrigation and Drainage Paper N°46, Rome.
7. Spitz, P., Korsun, S., Kabes, S., Lysy, M. (1993): *Rationalization of Planning and Design of Sprinkler Irrigation*, Fifteenth Congress of International Commission on Irrigation and Drainage, Proceedings (Q44, R.38), Hague, 501-509.
8. Srebrenović, D. (1986), *Primijenjena hidrologija*, Tehnicka knjiga, Zagreb.
9. Tomić, F. (1994): *Lokalizirano natapanje*, Priručnik za hidrotehničke melioracije, Navodnjavanje, knjiga III, Građevinski fakultet, Rijeka, 179-185.

Authors:

Katerina Donevska, 1 Docent, Dr.sci., dipl. ing. građ., Sveučilište "Sveti Ćiril i Metodije", Fakultet građevinarstva - Skopje, Zavod za navodnjavanje, odvodju, vodoopskrbu i kanalizaciju, Partizanski odredi 24, PF 560, 1000 Skopje, Republika Makedonija, telefon: (389 02) 116 066, faks: (389 02) 117 367, E-mail: donevska@gf.ukim.edu.mk

Stanislava Dodeva, Direktor Odjela za izgradnju, projektiranje i investicije, Dr.sci., dipl.ing.građ., JP Vodostopanstvo na Makedonija???? - Skopje, III Makedonska brigada 10, 1000 Skopje, Republika Makedonija, telefon: (389 02) 115 711, faks: (389 02) 166 564, E-mail: dodeva@water.org.mk



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.06.

Slatkovodno ribnjačarstvo u Hrvatskoj

Zlatko Fazinić

SAŽETAK: Akvakultura je područje s najbržim rastom proizvodnje ljudske hrane u svijetu. Kako su ulovi u morima i slatkim vodama dosegli gornju granicu, sve su češća ograničenja i zabrane dopuštenog ulova. Usavršena tehnologija akvakulture s primjenom najnovijih dostignuća znanosti, postavila je i pred Hrvatsku zadatak definiranja cilja slatkovodnog ribarstva, odnosno vrijednosti koje se mogu primijeniti i valorizirati, a tim više, što se naša zemlja natječe za pristup u ravnopravno članstvo u Europskim integracijama. Neophodno je određivanje i definiranje strateških prioriteta u cilju reorganizacije i prenamjene postojećih resursa slatkih voda, a vodeći računa o načelima ekološki održivog i ekonomski opravdanog gospodarenja.

Postoje opravdane indikacije da će u nadolazećim godinama biti pojačana potražnja za produktima slatkovodnog ribarstva, uključujući posebno rekreacijski ribolov. Europska akvakultura je koncentrirana na mali broj visokovrijednih vrsta, tako da pastrva i šaran participiraju s 85 % u ukupnoj proizvodnji. Međutim, aktualni trendovi pokazuju da je potražnja na tržištu za šaranom u opadanju i da se reduciranje ciprinikulture čini mogućim.

Hrvatska se ističe u raznolikosti svojih ekosistema i puno većim stupnjem očuvanosti prirode u usporedbi sa stanjem u drugim zemljama. Bez obzira na drastičan pad proizvodnje, perspektive slatkovodnog ribarstva u Hrvatskoj su neupitne, a proizlaze ne samo iz njegove osnovne djelatnosti, odnosno proizvodnje zdrave i kvalitetne hrane, nego i iz njegove ekološke vrijednosti i važnosti za gospodarstvo zemlje.

KLJUČNE RIJEČI: akvakultura, biološka raznolikost, očuvanost voda, toplovodno ribnjačarstvo, hladnovodno ribnjačarstvo, povećanje proizvodnje, ekološki turizam

Fresh-Water Fisheries in Croatia

SUMMARY: Aquaculture is a sector with the most propulsive increase in production of human food in the world. Since the catch from the marine and fresh water has reached its upper limit, the restrictions and bans on catch quotas are being imposed more frequently. The improved aquicultural technology and application of the recent scientific achievements have faced Croatia with a task of defining the fresh-water fishery objectives, namely defining of the values that can be adopted and valorized, particularly at the time when Croatia is striving towards integration into the European organizations on equal footing with other countries. Setting up and defining of the strategic priorities is an imperative step towards reorganization and change in use of the existing fresh-water resources, respecting the principles of the environmentally sustainable and economically viable management of such resources.

There are justified indications that the coming years shall bring about an increase in demand for the fresh-water fishery products, particularly the game fishing. The European aquiculture is concentrated on a small number of top value species, so that trout and carp participate in total

production with 85%. However, current trends indicate decrease in carp demand in the market, thus reduction in cypriniculture seems possible.

Croatia is specific for diversity of its ecosystems and much higher level of nature preservation than other countries. Regardless of the drastic drop in production, it is beyond doubt that the fresh-water fishery has good prospective in Croatia. Such an attitude results not only from the basic activity, which is production of healthy and quality food, but also from the environmental benefits and importance of the fresh-water fishery for the country's economy.

KEYWORDS: aquiculture, biodiversity, water conservation, hot-water fish farming, cold-water fish farming, production increase, eco-tourism

UVOD

Udio akvakulture u opskrbi čovječanstva ribom i drugim živim bićima iz vodenih sredina raste vrtoglavom brzinom. Ta je grana već nekoliko desetljeća najbrže rastuće područje proizvodnje ljudske hrane u svijetu. U posljednjem desetljeću ona proizvodi više od 10 % ukupnog ulova vodenih organizama. Nasuprot tome, ulovi u morima i slatkim vodama dosegli su gornju granicu, a sve su češća ograničenja pa i smanjivanja dopuštenog ulova. Nadalje, neki usavršeni sustavi tehnologije u akvakulturi koji primjenjuju najnovija dostignuća znanosti, postižu višestruko veću proizvodnju od osnovnih ekstenzivnih sustava. Stoga je za Hrvatsku važno znati kuda kreće akvakultura u svijetu, jer to može pomoći pri donošenju odluka kako potaknuti i kamo usmjeriti njezin razvoj u nas, pogotovo što je financijsko stanje i proizvodnja u toj grani već dvadesetak godina u velikim poteškoćama.

Akvakulturna proizvodnja slatkododne ribe u zemljama Zapadne Europe je tijekom posljednjeg desetljeća povećana sa 195.500 tona na 250.000 tona. Istovremeno je u zemljama Istočne Europe smanjena s 411.500 tona na 180.000 tona, i to prvenstveno radi turbulentnih ekonomskih promjena. Vrednovanje europske akvakulture je prije svega određeno s motrišta njezine poslovne uspješnosti, a čemu su podređeni tehnologija proizvodnje, izbor vrsta za uzgoj, sustav marketinga i ekonomika. Europska akvakultura je koncentrirana na mali broj visokovrijednih vrsta. U slatkododnom ribnjačarstvu to su pastrva i šaran koji participiraju s 85 % u ukupnoj proizvodnji. Aktualni trendovi pokazuju da je potražnja na tržištu za šaranom u opadanju i da se reduciranje ciprinikulture čini mogućim. Sigurno je međutim, da bi proširenje asortimana uzgajanih riba imalo stimulativni učinak na cjelokupnu granu. Ispitivanja pokazuju da će brojne nove vrste biti dodane današnjoj proizvodnji u nadolazećim godinama.

Globalna je procjena, da će se u nadolazećem vremenu akvakultura razvijati u četiri jasna područja tržišnosti. To su tržište hrane, repopulacija otvorenih voda, proizvodnja ukrasnih riba i proizvodnja riba za sportski ribolov. U akvakulturi promatranoj kao industrijskoj grani, veličinu prihoda i njegovu distribuciju određuje tržište. Zemlje uključene u Europsku zajednicu uživaju jaku financijsku podršku u formi novčanih potpora i zajmova za razvoj grane, te namjensku pomoć u području akvakulture, prerađivačke industrije i tržišta tih proizvoda.

SLATKOVODNO RIBNJAČARSTVO U HRVATSKOJ

Naša se zemlja ističe u raznolikosti svojih ekosistema, što je uvjetovano njezinim položajem na razmeđu nekoliko geografskih regija, reljefom, hidrološkim i klimatskim prilikama. U usporedbi sa stanjem u drugim zemljama Europe, Hrvatska se odlikuje s puno većim stupnjem očuvanosti prirode. U relativno malenom prostoru, prepleće se

mozaik iznimne biološke i krajobrazne raznolikosti, koja uvjetuje i široku raznolikost biljnih i životinjskih vrsta. Još uvijek se ne može govoriti o sustavnoj brizi za očuvanjem biološke raznolikosti, iskreno govoreći, relativna očuvanost posljedica je opće gospodarske situacije i nekih uzroka u prošlosti.

Voda, jedan od osnovnih činitelja opstanka svih živih bića, iskorištava se u mnogim djejatnostima čije su potrebe za njenom kakvoćom i količinom veoma različite. Oborina je najčešći izvor voda tekućica; to je najčišća voda u prirodi, ali i najsiromašnija otopinama. U njoj se u većim količinama nalaze samo plinovi iz atmosfere, dok su mineralne soli neznatne. Čista, gotovo destilirana voda dolazi, kraće ili dulje vrijeme, u dodir s tlom, i tada otapa razne soli. O tom procesu ovisi bogatstvo ili siromaštvo vode i života u njoj. Intenzivnost životnih procesa ne ovisi samo o količini mineralnih soli u vodi, nego i u tlu, naročito u plitkim vodama kakvi su šaranski ribnjaci. Za postojanje svake vrste potrebni su određeni fizikalno-kemijski i biološki uvjeti života, zato je svaka vrsta u vodenom ekosistemu usko vezana za mjesto koje naseljava. Ovisno o načinu života, cjelokupno se naselje voda može podijeliti na dva osnovna staništa: vodeni stupac i dno, kojima su se različite skupine organizama i prilagodile. U suvremenom stupnju razvoja industrije, urbanizacije i drugih pojava koje prate razvoj civilizacije, idealnih vodenih ekosistema nema. U ribnjačarstvu je uporabljiva ona voda, u kojoj nisu narušeni uvjeti za život i razmnožavanje gospodarski vrijednih vrsta riba.

Ribnjaci su čovjekove prostorne tvorevine, čiji su glavni ograničavajući činitelji količina i kakvoća vode, a odlikuju ih velike godišnje neujednačenosti vodostaja. To su vodene površine ograđene nasipima ili ukopane u tlo, a obično se dijele na toplovodne ili šaranske, i na hladnovodne ili salmonidne. Tip ribnjaka određuju klimatski uvjeti i kakvoća vode; oni utvrđuju specifičnost tehnološkog procesa i mjera intenzifikacije prinosa. Toplovodni se ribnjaci pretežno grade na ravničarskim terenima, a prema načinu uzgoja razlikuju se ribnjačarstva s punim i s polupogonom. Pod punim se pogonom razumijeva obavljanje svih etapa uzgoja, počevši od razmnožavanja, pa sve do uzgoja konzumne ribe. Jedno punosustavno toplovodno ribnjačarstvo mora imati slijedeće kategorije ribnjaka: matičnjake (ribnjake za uzgoj matičnih riba), mrijestilišta (ribnjake za prirodno mrijješćenje riba), predgrijališta (ribnjake za zagrijavanje i ostale oblike pripreme vode), rastilišta (ribnjake za uzgoj mladunaca), mladičnjake (ribnjake za uzgoj mlađa), tovilista (ribnjake za uzgoj konzumne ribe) i zimovnike (ribnjake za uskladištenje ribe).

Proizvodni ciklus u ribnjačarstvu završava uzgojem ribe do konzumne veličine; ta se uzgojna faza odvija u ribnjacima tovilistima, koji zauzimaju daleko najveći prostor ribnjačarskih površina. Uzgoj konzumne ribe, bez obzira na sustav uzgoja, obuhvaća pripremu uzgojnih ribnjaka za nasadićvanje mlađa, ribarsko-tehničke mjere u uzgojnom procesu, te ostale tehnološke mjere. Dodatna hranidba riba u šaranskim ribnjacima ovisi o intenzitetu uzgoja, gnojdbom se potiče razvoj prirodne hrane, a dodatna su hrana uglavnom žitarice. Intenzivni sustav uzgoja podrazumijeva velik broj riba na jedinici površine, s dobro uravnoteženim krmnim smjesama.

Kategorije pojedinih proizvodnih kazeta razlikuju se površinom i dubinom vode, a te dvije veličine određuju dimenzije i funkciju nasipa i vodoopskrbnih objekata. Vodeni se stupac regulira hidroobjektima, a može se prilagođavati od određenog tehnološkog maksimuma do potpunog isušivanja. Površina budućeg ribnjaka ovisi o dolaznom protoku u vodotoku, dubini ribnjaka, nepropusnosti tla, klimatskim uvjetima i o tehnološkom procesu. Osim kakvoće samog zemljišta značajan je i reljef, jer prednost imaju blago nagnuti tereni s mogućnošću nesmetanog gravitacijskog punjenja i pražnjenja ribnjaka.

Uza sve to, za izgradnju ribnjaka bitan je i njegov položaj prema urbanim sredinama, prometnicama i infrastrukturi.

Treba znati da se godišnja proizvodnja po jednom hektaru na šaranskim ribnjacima mjeri u tonama, dok ona na pastrvskim ribnjacima iznosi stotine tona. To je razumljivo, kada se zna da se šaranski ribnjaci obično pune u proljeće, a poslije se uglavnom samo nadopunjuju gubici nastali procjeđivanjem i isparavanjem. Tako se sva voda u ribnjacima možda dvaput izmijeni. S druge strane, potpuna izmjena vode u pastrvskom ribnjaku događa se dva do tri puta, ali u jednom satu. Ta mnogostruko veća količina vode koja je na raspolaganju pastrvama, presudni je razlog koji omogućuje njihovu veću proizvodnju po jedinici površine. Onečišćenja voda ograničavaju ili čak onemogućuju razvoj ribnjačarstva. Sami ribnjaci djeluju dvovrsno na vodu s kojom su povezani: s jedne strane šaranski ribnjaci funkcioniraju kao velike taložnice za mnoge tvari koje u njih dospijevaju, tako da vodu pročišćuju, a s druge strane voda koja iz njih izlazi u vodotok, iznosi i dio produkata metabolizma riba i ostalih organizama.

Slatkovodno ribarstvo u Hrvatskoj objektivno je skromna poljoprivredna grana s vrlo ekstremnim proizvodnim oblicima. S jedne strane, kao jedna od najintenzivnijih privrednih grana je pastrvsko ribnjačarstvo s više od 140 tona proizvedene ribe na 1 ha vodene površine na godinu, poluintenzivni šaranski ribnjaci s danas oko 500 kg/ha proizvedene ribe, te potpuno ekstenzivni način gospodarenja na oko 60.000 ha otvorenih voda gdje je ulov manji od 10 kg/ha, pa se takve vode iskorištavaju isključivo za sport i rekreaciju.

Danas je slatkovodno ribarstvo Hrvatske u vrlo teškom ekonomskom stanju. Sva ta proizvodnja, odnosno ulov, odvija se na oko 12.500 ha šaranskih ribnjačarstva (od kojih je danas u eksploataciji oko 9.700 ha), 5 ha pastrvskih ribogojilišta te oko 60.000 ha rijeka, jezera, potoka, hidroakumulacija i bara. U šaranskim ribnjacima se uzgoji 90,87 %, u pastrvskim 4,48 %, a u otvorenim se vodama ulovi 4,65 % riba, mjereno u desetogodišnjem prosjeku (1987. - 1996.g.).

Od godine 1990. proizvodnja i ulov slatkovodne ribe u velikom su padu, pa je tako rekordne 1989. godine bilo proizvedeno 17.330 tona, a godine 1996. samo 4.099 tona ili 24 %. Takav pad proizvodnje, ponajprije u šaranskim ribnjacima, gdje se proizvede više od 90 % slatkovodne ribe, nije mogao ostati bez teških ekonomskih posljedica za cijelu granu.

Proizvodnja slatkovodne ribe 1985. – 2000.

Godina	Tona	1989 = 100
1985.	15.390	88
1986.	14.986	87
1987.	15.816	91
1988.	16.190	94
1989.	17.330	100
1990.	14.929	86
1991.	11.752	68
1992.	10.040	57
1993.	8.213	47
1994.	7.342	42
1995.	6.090	35
1996.	4.099	24
1997.	4.600	27
1998.	5.062	29
1999.	6.185	36
2000.	6.029	35

Te su posljedice slijedeće:

- proizvodne površine smanjene su s 12.500 ha u 1989. godini na 9.127 ha u 1998. godini;
- pad proizvodnje po jedinici površine s 1.290 kg/ha u 1989. na minimalno 411 kg/ha u 1996. godini;
- s dvogodišnjeg proizvodnog ciklusa prešlo se je na trogodišnji, što je uzrokovalo povećanje fiksnih troškova po jedinici proizvodnje, amortizacije i dr;
- broj zaposlenih u ribnjacima pao je s 1.247 u 1989. na 655 u 1999. godini;
- smanjen je izvoz od prijeratnih 4.000 – 5.000 tona na samo 404 tone u 1999. godini;
- to je grana koja već duže vrijeme nema svoj razvojni program usklađen s kretanjima na modernom tržištu;
- ozbiljnijih investicija, osim 2 pastrvska ribogojilišta, nema već više od 25 godina;
- u ranijem razdoblju u šaranskim su ribnjacima izgrađene prevelike proizvodne površine (i do 400 ha), što je potpuno neprilagođeno brzom tržišnom reagiranju;
- proizvodnja ima jako naglašeni monokulturni karakter, i do 80 % šarana, a pojavljivanje na tržištu još je uvijek sezonsko;
- grana nema markentiški proizvodni koncept;
- neki šaranski i pastrvski ribnjaci bili su okupirani;
- neuspjela vlasnička pretvorba ribnjaka;
- cijena šarana, naše glavne slatkovodne ribe, a i ostalih riba, vrlo je visoka i nekonkurentna.

U toku 2000. godine obrađeni su podaci s 38 uzgajališta slatkovodne ribe; od toga s 23 uzgajališta toplovodnih vrsta riba i s 15 uzgajališta hladnovodnih vrsta riba. Ukupna proizvodnja slatkovodne ribe iznosila je 6.029 tona, od toga 4.867 tona toplovodnih vrsta riba, a 1.162 tone hladnovodnih vrsta. U usporedbi s 1999. godinom ukupna je proizvodnja smanjena 2,53 %. Pad proizvodnje odnosi se na proizvodnju toplovodnih vrsta riba, dok je proizvodnja hladnovodnih vrsta riba porasla čak za 48,96 %. Ukupne površine uzgajališta bile su 2000. godine 11.632 ha, što je smanjenje u usporedbi s prethodnom godinom za 2,42 %. Međutim, površine za uzgoj hladnovodnih vrsta riba povećane su 46,82 % i iznose 108.608 m². Stavljanjem u odnos ukupno ostvarene proizvodnje i proizvodne površine, dobiva se prinos po jedinici površine, koji na šaranskim ribnjačarstvima iznosi 535 kg/ha, a na pastrvskim ribogojilištima 244 t/ha. U godini 2000. toplovodna ribnjačarstva imala su velike štete od posljedica suša u ljetnim mjesecima.

Za razliku od šaranskih ribnjačarstva, pastrvska su ribogojilišta zabilježila znatan porast proizvodnje. Razlog je u činjenici da naše tržište još nije dovoljno zasićeno ribom iz te proizvodnje, te da se sve više uzgajivača koji imaju uvjete za tu proizvodnju odlučuje za njezino proširenje. Sve je veći interes za gradnju manjih obiteljskih ribnjaka koji bi, uz proizvodnju ribe, pružali i druge turističke i ugostiteljske usluge vezane uz ribnjak. Ipak, perspektive slatkovodnog ribarstva u Hrvatskoj nisu tako loše kao što pokazuje današnja situacija. Da bi ponovno došlo do vrlo povoljne ekonomske situacije, u slatkovodnom ribarstvu su potrebni mnogi radikalni zahvati u proizvodnoj i tržišnoj sferi. Među najvažnijim, to su:

- povećanje proizvodnje u šaranskim ribnjacima i ponovni prelazak s trogodišnjeg na dvogodišnji proizvodni ciklus;
- promjena proizvodnog asortimana relativnim smanjenjem šarana u proizvodnoj strukturi, a povećanjem količine tržišno interesantnijih vrsta riba (smuđ, štika, linjak, som);

- postupno usitnjavanje velikih ribnjačarskih površina na idealnih 20 – 30 ha u jednom komadu, radi bržeg tržišnog reagiranja i nekih drugih razloga;
- relativno snižavanje maloprodajnih cijena ribe, koja je danas limitirajući faktor proizvodnje i potrošnje (potrošnja slatkovodne ribe u Hrvatskoj iznosi samo 1 - 1,5 kg/god);
- ribarstvo se mora u proizvodnji prilagoditi modernoj markentiškoj orijentaciji u kojoj sva proizvodnja mora biti prilagođena zahtjevima tržišta;
- vratiti stara i osvojiti nova tržišta, za što se upravo stvaraju pozitivni politički uvjeti;
- smanjiti odnosno ukinuti vodnogospodarske naknade, te smanjiti naknade za obavezne veterinarsko-sanitarne preglede;
- podići razinu različitih oblika edukacije svih sudionika u slatkovodnom ribarstvu.

Na domaćem tržištu pojavio se novi zanimljiv potrošač, a to su sportski ribolovci, kojih u Hrvatskoj ima oko 40.000 s tendencijom porasta, i koji s oko 50 % svoje članarine osiguravaju nabavljanje riba za nasađivanje voda. Naravno, ribnjaci moraju svoj proizvodni asortiman prilagoditi novom potrošaču, jer su njegove potrebe drugačije od onih na konzumnom tržištu.

Slatkovodno ribarstvo Hrvatske ima budućnost i zbog nekih komparativnih prednosti pred našim susjedima i konkurentima. Prednost je i u dužoj proizvodnoj sezoni koja omogućuje proizvodnju riba u za gotovo trećinu kraćem vremenu, a naša se ribnjačarstva opskrbljuju vodom iz relativno neonečišćenih potoka i rječica, a ne iz velikih rijeka koje su vrlo opterećene toksičnim otpadnim tvarima. To je ozbiljna prednost koja do sada još nije dovoljno markentiški valorizirana.

Važnost je slatkovodnog ribarstva za Hrvatsku neupitna, a proizlazi ne samo iz njegove osnovne djelatnosti, odnosno proizvodnje zdrave, kvalitetne i napose jeftine hrane, nego i iz njegove ekološke vrijednosti te važnosti za gospodarstvo zemlje. Ribnjaci su uglavnom sagrađeni na močvarnim, neplodnim terenima gdje bi vodotokovi i poljoprivredno zemljište i dalje ostali gospodarski neiskorišteni. U sadašnjoj situaciji nezaposlenosti veoma je važno i to što akvakultura osigurava radna mjesta u područjima gdje se ne nude drugačije mogućnosti zaposlenja.

Gledajući s ekološke strane, vrijednost je ribnjaka značajna kao velikih vodnih spremnika za režim podzemnih voda i mikroklimu lokalnog i šireg podričja, te kao bioloških pročistača voda. Ne može se zanemariti činjenica, da se dio ptica močvarica hrani ribom unutar ribnjaka. To su prvenstveno veliki vranici (kormorani) i donekle sive čaplje. Ostali dio ptičje populacije tu sudjeluje u puno manjem broju, jer za hranu uzimaju sitnu ribu, uglavnom vrste nezanimljive za uzgoj u ribnjacima, ili se hrane biljnom hranom. Važnost očuvanja faune močvarica, danas kada su prirodne močvare svedene na male dijelove, a od umjetnih močvarnih staništa egzistiraju samo šaranski ribnjaci, presudna je za opstanak većine ptica močvarica. Interes zaštite prirode je očuvanje ekstenzivne proizvodnje u pojedinim šaranskim ribnjacima, pogotovo ako se nalaze na rubnim dijelovima zaštićenih područja. Neprofitabilnost proizvodnje u takvim ribnjacima treba nadoknaditi stimulacijskim mjerama države (godišnja paušalna naknada po hektaru proizvodne površine ribnjaka), uz razvoj specifičnog vida ekološkog turizma, a državi to stvara ugled zemlje koja racionalno koristi prirodne resurse.

POPIS LITERATURE:

1. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša (1999): Pregled stanja biološke i krajobrazne raznolikosti Hrvatske sa strategijom i akcijskim planovima zaštite.
2. Homen, Z. i sur. (1999): Slatkovodno ribarstvo republike Hrvatske od godine 1995. do 1998., *Ribarstvo*, 57, (3), 105 – 112.
3. Jahutka, I., Homen, Z. (2001): Hrvatsko slatkovodno ribarstvo u 2000. godini s prijedlogom mjera za rješavanje problema u proizvodnji, *Ribarstvo*, 59, (3), 107 – 120.
4. Pažur, K. (2001): Slatkovodno ribarstvo Hrvatske – stanje i perspektive, *Ribarstvo*, 59, (1), 3 – 7.
5. Treer, T., Safner, R., Aničić, I., Lovrinov, M. (1995): *Ribarstvo*, Nakladni zavod Globus, Zagreb.

Autori:

Zlatko Fazinić, ing.građ.

Vodoprivredno-projektni biro d.d.

Ulica grada Vukovara 220

Tel: 63 07 504; Fax: 61 51 776; e-mail: zlatko.fazinic@vpb.hr



Rad 4.07.

Fizikalni model disperzije efluenta u Bračkom kanalu

Goran Gjetvaj, Goran Lončar, Vladimir Andročec

SAŽETAK: More se oduvijek koristilo kao recipient otpadnih voda. Split je drugi po veličini grad u Hrvatskoj i najveća je aglomeracija na Istočnoj obali Jadranskog mora. Kanalizacioni sustav grada Splita i okolnih naselja skuplja otpadnu vodu od osnivanja grada prije 1700 godina te ju ispušta u more bez prethodnog pročišćavanja. Nezadovoljavajuća ekološka situacija u Kaštelanskom zaljevu je potakla provedbu projekta EKO-Kaštelanski zaljev sa ciljem da se uklone lokalni ispusti koji onečišćuju zaljev te da se sve otpadne vode prikupe u centralnim uređajima i nakon tretmana ispustile kroz dva duga podmorska ispusta u Brački i Splitski kanal. Projektom je predviđeno da se otpadne vode južnog sliva preliminarno obrađene i ispuste u Brački kanal na lokaciji Stobreča podmorskim ispustom duljine 2750 m koji završava na dubini od 36 m. U cilju određivanja veličine, oblika i položaja oblaka efluenta, izrađen je fizikalni model na kojem su ispitani razni scenariji ispuštanja otpadnih voda pri najnepovoljnijim oceanografskim uvjetima. U ovom radu su prikazani neki rezultati dobiveni na fizikalnom modelu.

KLJUČNE RIJEČI: otpadne vode, ispust u more, model, scenariji ispuštanja

Hydraulic Model of Effluent Dispersion in Brač Channel

SUMMARY: The sea has always been the ultimate sink for water-borne waste products coming from the land. The City of Split, as the second largest town in the Republic of Croatia, is the largest agglomeration on the Eastern shore of the Adriatic Sea. From its very origins some 1700 years ago, all wastewater has been discharged into the coastal sea of the Brač Channel without any prior on-shore treatment. The unsatisfactory ecological situation in the Kaštela Bay triggered MEIP (Municipal Environmental Infrastructure Program) projects: MEIP Split/Solin aimed at eliminating local uncontrolled pollution sources and at collecting wastewater by centralized systems ending in long submarine outfall. Construction of this outfall will enable all preliminary treated utility wastewater to be discharged into the Brač channel via 2,750 m long HDPE pipeline, ending at a depth of 36 m. In order to check the consequences of various discharge scenarios, the outfall operation impact has been preliminary tested by hydraulic model. This paper presents some conclusions drawn from modeling on the performed hydraulic model.

KEYWORDS: wastewater, submarine outfall, model, discharge scenarios

1. UVOD

Šire područje Splita koje obuhvaća gradove Split, Solin, Kaštela i Trogir se u posljednjih 50 godina intenzivno razvijalo i urbaniziralo. Istovremeno sa izgradnjom stambenih i industrijskih objekata tekla je i dogradnja kanalizacijskog sustava koja nije bila rađena

sistematski. Postojeća kanalizacija sastoji se stoga od većeg broja samostalnih podsustava koji skupljaju vodu s određenog područja i disponiraju je u more bez pročišćavanja pa na obalnom pojasu duljine oko 30 km postoji više od stotinu manjih ili većih ispusta [2].

Ukupna količina otpadnih voda na području gradova Splita, Solina, Kaštela i Trogira se procjenjuje na oko $30 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Asimilativni kapacitet Bračkog i Splitskog kanala koji su recipienti otpadnih voda je još uvijek velik i omogućava da se otpadna voda bez biološkog pročišćavanja može ispuštati u otvoreno more putem dugih podmorskih ispusta [2].

Postoji dosta veliki interes za analizu utjecaja podmorskih ispusta Stobreč, Grljevac, Duilovo i Katalinića brig na kvalitetu mora jer se ispusti u Brački i Splitski kanal nalaze u blizini grada Splita tj. u području u kojem se želi razvijati turizam. Da bi se sagledalo širenje efluenta i utjecaj podmorskog ispusta na kvalitetu morske vode uz obale Bračko – Splitskog kanala i Kaštelanskog zaljeva, provedene su opsežne analize mogućeg utjecaja efluenta na promjenu kvalitete mora.

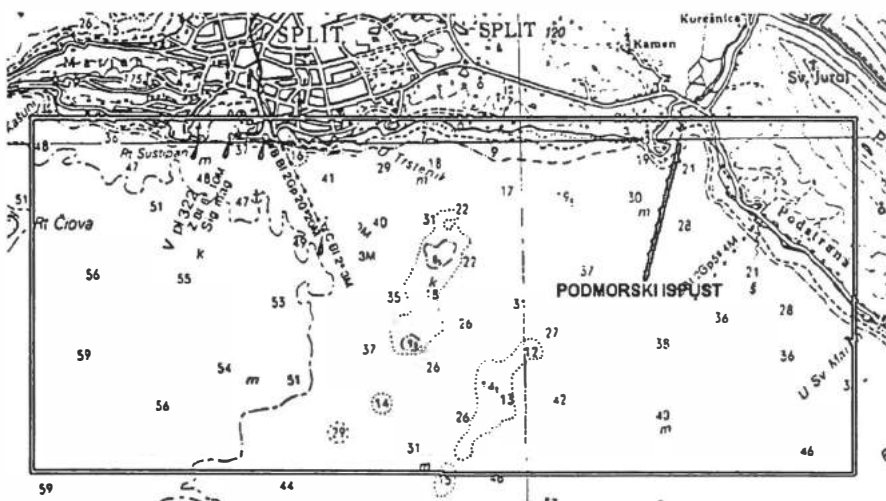
Za potrebe spomenutih analiza je izrađen fizikalni model [7] sa ciljem određivanja širenja oblaka ispuštenih tvari tj. prostorni i vremenski raspored relativnih koncentracija za različite smjerove i intenzitet morskih struja u Bračkom kanalu i na ulazu u Kaštelanski zaljev.

2. PODMORSKI ISPUSTI I OCEANOGRAFSKI PODACI

2. 1 Podmorski ispusti

Fizikalnim modelom su obuhvaćena četiri podmorska ispusta : Grljevac, Stobreč, Duilovo i Katalinića brig. U ovom radu će biti prikazani rezultati modeliranja ispuštanja eflenta na ispustu Stobreč.

Projektom predviđeni podmorski ispust otpadnih voda “Stobreč” smješten je u Bračkom kanalu. Trasa podmorskog ispusta se proteže pravcem koji spaja ušće rijeke Žrnovnice i rt Gomilica na sjeverozapadnoj obali otoka Brača i prikazana je slici 1 [6].



Slika 1. Područje obuhvaćeno modelom

Morski dio ispusta je u području uz obalu ukopan u duljini $L_{UKOP} = 970,0$ m (udaljenost između ušća rijeke Žrnovnice i rta Stobreč), a nakon toga će ispušt biti izveden kao usidrena cijev duljine $L_{USID} = 1580,0$ m. Na kraju ispusta je difuzor duljine $L_{DIF} = 200,00$ m koji se nalazi na dubini od 36 m. Promjer cijevi ispusta je $D = 900$ mm. i dimenzioniran je na maksimalni protok za kišni period od $Q = 860$ l/s.

2.2 Morske struje

Pronos efluenta se dominantno odvija pod utjecajem morskih struja. Morske struje nastaju kao posljedica djelovanja vjetrova, razlike tlaka, temperature, saliniteta,... i praktički se kontinuirano mijenjaju u vremenu. Da bi se sagledao smjer i intenzitet morskih struja provedena su detaljna mjerenja područja budućeg ispusta [8].

Na osnovu rezultata provedenih mjerenja se može zaključiti da se strujanje vodenih masa u Bračkom kanalu tijekom stabilnih vremenskih prilika odvija u smjeru osi kanala od jugoistoka prema sjeverozapadu u površinskom sloju, dok se u pridnom sloju odvija strujanje suprotnog smjera [6][7].

Za vrijeme prolaza ciklonalnih poremećaja, bez obzira na stabilnost vodenog stupca, uspostavlja se jednoslojno strujanje u čitavom vodenom stupcu od površine do dna približno u smjeru puhanja vjetrova, tj. u smjeru sjeverozapada – zapada za vrijeme puhanja jugoistočnih vjetrova (jugo) i smjeru jugozapada za vrijeme puhanja sjevernih vjetrova (bura i tramontana) [6]. Srednje brzine su oko 10 cm/s. Rezultati oceanografskih mjerenja su poslužili kao podloga za generiranje polja morskih struja na fizikalnom modelu.

2.3 Pretpostavke usvojene pri osnivanju modela

Da bi se provjerila ispravnost projektom predviđenog rješenja modelom su simulirani realno mogući nepovoljni uvjeti. U cilju određivanja realno mogućeg nepovoljnijeg utjecaja ispusta na kvalitetu mora na modelu je simulirana uniformna raspodjela temperature po vertikalnom profilu. Takav temperaturni profil odgovara zimskom periodu dok se u ljetnim mjesecima formira termoklina koja sprječava (otežava) da efluent ispliva na površinu mora, što znači da su na modelu dobiveni rezultati na strani sigurnosti.

U modelu je korišten idealni traser tj. traser koji tokom vremena ne mijenja ukupnu masu. Smatra se da je kritični parametar iz ispusta koji ograničava kvalitetu mora koncentracija koliformnih bakterija. Bakterije u morskoj vodi relativno brzo ugibaju, pa je na rezultate fizikalnog modela koji predstavljaju razrijeđenje, matematičkim putem nadodano i ugibanje bakterija. Uginuće mikroorganizama u uniformnoj morskoj struji se može računati po jednadžbi:

$$C_t = C_0 \exp\left(-\frac{2,3}{t_{90}} \frac{x}{v_x}\right)$$

pri čemu je:

C_t broj preživjelih mikroorganizama na udaljenosti x

C_0 početni broj mikroorganizama iznad raspršivača

t_{90} vrijeme uginuća 90% mikroorganizama

x udaljenost proračunskog presjeka od raspršivača (m)

v_x brzina morskih struja u smjeru x

Pretpostavljeno je da se broj bakterija svaka 3 sata smanji za 90% te je u okviru dobivenih rezultata ucrtan i izračunati broj bakterija nakon 6, 9 i 12 sati za slučaj bez struja i u razmacima od po jednog sata u slučaju kad se promatra pronos pod utjecajem morske struje.

Vrijeme odumiranja 90 % bakterija iz otpadne vode u morskoj sredini varira u ovisnosti o uvjetima prozirnosti mora, insolaciji, salinitetu, pH vrijednosti morske vode i može se uzeti u prosječnoj vrijednosti od 2-3 sata.[5]. Na osnovu spomenute analize ugibanja bakterija se može zaključiti da će se u periodu od 8-9 sati broj bakterija smanjiti 1000 puta. Pretpostavljena koncentracija koliformnih bakterija na mlaznicama difuzora može se uzeti u vrijednosti od 10^7 bakterija /100 ml.

U radu je također usvojeno da je gustoća efluenta približno jednaka gustoći mora.

3. UVJETI SLIČNOSTI

Modeliranje podmorskog ispusta je izrazito složeno zbog činjenice da je širenje efluenta rezultat niza mehanizama te iako jedan može biti dominantan, niz drugih mogu utjecati na razne načine [12]. Fizikalni modeli kao i mjerenja u prirodi se često koriste za sagledavanje širenja oblaka efluenta u vodotocima, marinama i priobalnim morima [1]. U slučajevima kad na modelu treba definirati polje koncentracija nizvodno od podmorskog ispusta, potrebno je korektno simulirati procese turbulentnog pronosa, što zahtijeva točnu reprodukciju polja brzina na modelu, ispravno uzeti u obzir i karakteristike ispusta i karakteristike recipienta (mora) te ispravno simulirati sile u pojedinim područjima uz ispust i nizvodno od njega.

Širenje zagađenja se odvija konvekcijom i turbulentnim strujanjem (difuzijom). Turbulencija je posljedica viskoznosti i inercijalnih sila te je karakterizirana Reynoldsovim brojem. Reynoldsov broj daje uvjet hidrodinamičke sličnosti kod tečenja dva nestlačiva, viskozna fluida pod dominantnim utjecajem viskoznih sila. U modelima u kojima je Reynoldsov broj približno jednak onom u prirodi, turbulentne fluktuacije se automatski korektno simuliraju [3].

U okviru ispitivanja podmorskih ispusta u Brački i Splitski kanal promatra se pronos u trećoj i četvrtoj zoni tj. u području u kojem dominantnu ulogu u definiranju procesa miješanja ima hrapavost, konfiguracija dna, difuzija i disperzija zbog morskih struja te eventualno obalna linija. U tom području na modelu treba biti zadovoljen Froudeov zakon sličnosti a Reynoldsov broj treba biti iznad kritične vrijednosti ($Re > Re_{KR} \sim 3000$) da bi turbulencija bila ispravno modelirana. Uvjeti zadovoljavanja turbulencije u zoni 3 i 4 zahtijevaju distorziju 5-15 (Ryan i Harleman, prema Kobus 1980).

3.1 Izbor mjerila

Uvjeti sličnosti, veličina modeliranog područja, kao i mogućnosti smještaja modela u Hidrotehničkom laboratoriju Građevinskog fakulteta u Zagrebu odredili su izbor mjerila modela. Odabrano je distordirano mjerilo pri čemu je mjerilo po dužini $M_L = 1:1500$, a uz usvojeni koeficijent distorzije $n = 8$, mjerilo visina je $M_h = 1:187.5$.

U modelu je dodatno povećana hrapavost, te je temperatura vode, specijalno ugrađenim sustavom podnog grijanja, podignuta na 21°C kako bi se povećao Reynoldsov broj na modelu.

4. FIZIKALNI MODEL

4.1 Modelom obuhvaćeno područje

Fizikalnim modelom obuhvaćeno je područje od Barasovog boka na jugoistočnoj obali Čiova do uvale Sv. Martin (Podstrana), u ukupnoj dužini cca. 21 km (slika 1). Također je obuhvaćeno obalno područje širine cca. 5,5 km u Bračkom i Splitskom kanalu kao i dio Kaštelanskog zaljeva. Posebna pažnja posvećena je modeliranju morskog dna s izrazitim plićinama južno od uvale Žnjan.

U model su ugrađena i sva četiri podmorska ispusta koji su u odgovarajućem mjerilu slični postojećim i projektom predviđenim ispuštima te su spojeni na sustav za doziranje trasera kojim se simulira efluent.

Morske struje na modelu postignute su pomoću crpki i posebno konstruiranog sklopa perforiranih cijevi s nizom usmjerivača i prigušivača.

4.2 Mjerenje koncentracije trasera

U provedenom istraživanju su korištena tri trasera; hipermangan, vodena boja i kalijev jodid. Hipermangan i boja su služili za vizuelnu kontrolu kretanja oblaka i za potrebe snimanja. Koncentracija kalijevog jodida se relativno lako mjeri ion - selektivnim elektrodama sa velikom točnošću, te se na osnovu tog podatka može izračunati koncentracija trasera odnosno njegovo razrjeđenje u prostoru i vremenu. Na osnovu mjerenja koncentracije kalijevog jodida su izrađeni diagrami koji pokazuju veličinu i oblik oblaka efluenta.

Obzirom na relativno male protoke koje je potrebno ostvariti kroz model podmorskog ispusta, ugrađen je uređaj koji se koristi za doziranje malih protoka u medicini.

U opisanom radu su korištene ion selektivne elektrode kojima je mjerena koncentracija kalijevog jodida kao trasera. Na fizikalnom modelu su mjerena razrjeđenja do 10^{-5} .

4.3 Stratificiranost strujanja

U slučaju da postoji razlika u gustoći efluenta i recipijenta može doći do stratifikacije u toku. Do stratifikacije može doći u slučaju kad su razlike u gustoći značajne a intenzitet turbulencije mali. Takav slučaj se može javiti kad su brzine vode male a dubine relativno velike. Stratificirani tok je stabilan dok god su razlike u gustoći dovoljno velike da nadvladaju turbulenciju generiranu hrapavošću dna i inercijalne sile uslijed vertikalnih komponenti vektora brzine kod promjene batimetrije (podmorski grebeni).

U slučaju podmorskih ispusta u Bračko – Splitskom kanalu u ljetnom periodu je stratifikacija vrlo izražena te će se hladnija (a time i gušća) voda efluenta zadržavati pri dnu. Da bi pokusi bili na strani sigurnosti u okviru modela je pretpostavljen uniforman raspored temperature po dubini modela te je gustoća efluenta bila jednaka gustoći recipijenta. Stratificiranost može bitno utjecati na pronos oblaka tvari jer će se otpadne vode zadržavati pri dnu, budući im toplija a time i rjeđa voda ne dozvoljava izlazak na površinu.

4.5 Baždarenje polja brzina

Na fizikalnom modelu je pomoću crpki i sistema cijevi (zatvoreni sistem) nametnuto polje brzina kakvo se najčešće javlja u Bračko – Splitskom kanalu, ispred splitske luke i na ulazu u Kaštelanski zaljev. Željeno polje brzina je postignuto reguliranjem protoka

na ugrađenim crpkama i postavljanjem umirivača i usmjerivača u odgovarajući položaj. Za mjerenje polja brzina su služili, za ovu priliku posebno izrađeni plovci. Izmjereno polje brzina pokazuje srednju vrijednost vektora brzine te smjer i intenzitet morske struje. Pri nametanju polja brzina su kao podloga služili postojeći rezultati mjerenja brzina u području obuhvaćenom fizikalnim modelom.

5. REZULTATI MODELIRANJA

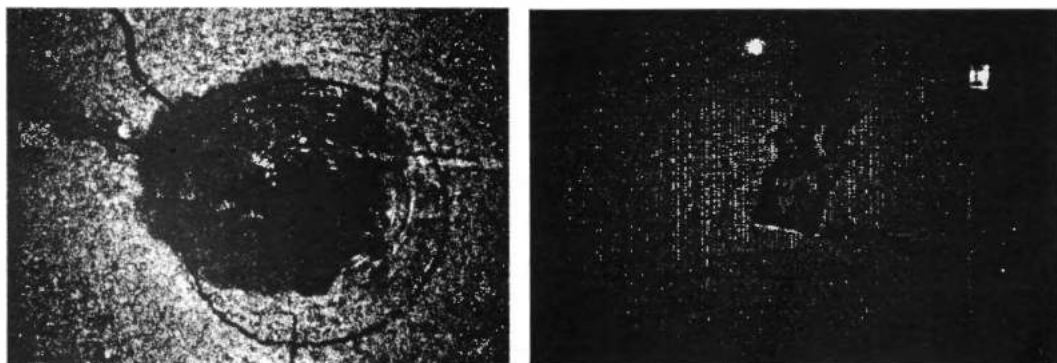
Na fizikalnom modelu je ispitivano širenje efluenta iz postojećih i projektom predviđenih podmorskih ispusta za slučaj bez morskih struja, u uvjetima kad je morska struja u smjeru zapada (sa dvije različite brzine) i pod uvjetima da morska struja djeluju u smjeru jugoistoka. Također je ispitivan pronos u slučaju da nema morske struje na ulazu u Kaštelanski zaljev kao i u slučaju kad postoji morska struja brzine 5 cm/s u zaljev.

Ispitivanja su provedena pod realno očekivanim nepovoljnim uvjetima. Na modelu je simulirano širenje nerazgradivih onečišćivača. U realnom pronosu u moru se dio onečišćivača (npr. bakterije, ...) tokom vremena razgrađuje pa će time i stvarna koncentracija u prirodi, za većinu tvari, biti daleko manja od modelom dobivenih relativnih koncentracija.

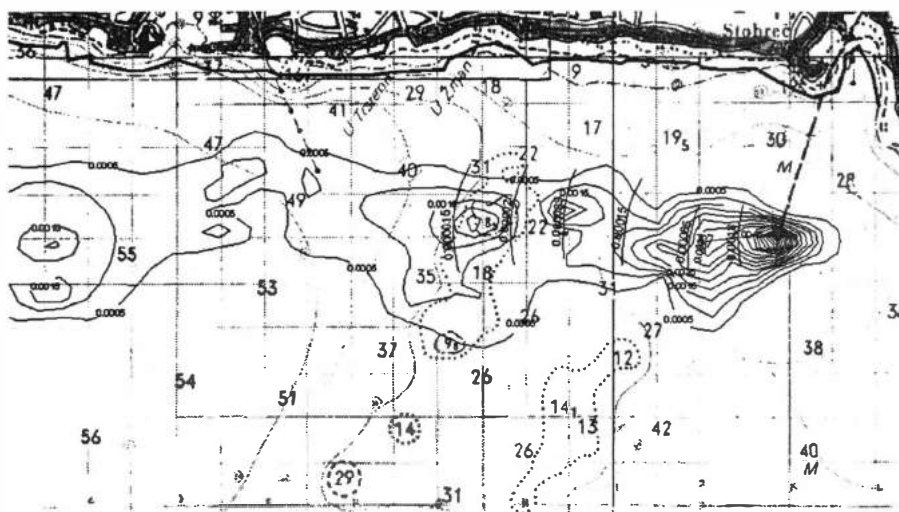
Na modelu je simuliran pronos u uvjetima kad nema vertikalne stratifikacije tj. kad se ne formira termoklina. Termoklina će u ljetnim mjesecima spriječiti napredovanje efluenta k površinskom sloju a time i transport prema obali te će vjerojatnost dospijea efluenta u obalnom pojasu u tim uvjetima biti bitno smanjena.

Uspoređujući oblake efluenta ispuštene na podmorskim ispustima Katalinića brig i Stobreč nakon pet dana bez morskih struja može se uočiti da će se oblak efluenta ispuštenog sa Katalinića briga više približiti obali nego oblak ispušten kroz podmorski ispust Stobreč.

Rezultati pokusa na fizikalnom modelu pokazuju da se oblak efluenta nošen morskom strujom u smjeru zapada u značajnoj mjeri razrjeđuje te da ne doseže priobalno područje odnosno branjenu zonu u širini od 300 m od obale, ne ugrožava luku Split niti područje ispred nje (uvala Žnjan, Trstenik, Zenta).



Slika 2. Širenje oblaka efluenta za slučaj bez morskih struja (lijevo) i sa strujom u smjeru zapada)



Sika 3. Oblak efluenta za morsku struju u smjeru zapada

7. ZAKLJUČAK

U okviru projekta EKO- Kaštelanski zaljev predviđa se uređenje i dogradnja postojećeg kanalizacijskog sustava. Dio otpadnih voda će se nakon tretmana na uređaju za pročišćavanje, pomoću podmorskog ispusta Stobreč upustiti u Brački kanal. Da bi se predvidio oblik i veličina oblaka efluenta ispuštenog kroz projektom predviđeni podmorski ispust Stobreč kao i oblak efluenta koji nastaje zajedničkim radom sva četiri ispusta, pristupilo se izradi fizikalnih modela.

Fizikalni model je sagrađen u Hidrotehničkom laboratoriju Građevinskog fakulteta te je na njemu ispitan oblik i smjer širenja oblaka efluenta. U okviru istraživanja na fizikalnom modelu je određen mogući utjecaj podmorskog ispusta Stobreč kao i utjecaj zajedničkog rada sva četiri podmorska ispusta; Grljevac, Stobreč, Duilovo i Katalinića brig na kvalitetu mora u priobalnom području. Mjerenjem su određene relativne koncentracije upuštene tvari a na osnovu rezultata fizikalnog modeliranja i poznatih analitičkih izraza za ugibanje bakterija definirano je smanjenje broja bakterija uslijed konvekcije, disperzije i odumiranja. Da bi se sagledalo širenje bakterija na osnovu rezultata fizikalnog modela (raspored koncentracija i brzina napredovanja efluenta) i pretpostavljenog vremena poluraspada bakterija izračunato je smanjenje broja bakterija u oblaku efluenta.

U skladu s iznesenim, može se donijeti opći zaključak: ispuštanje efluenta u Brački kanal kroz postojeće i projektom predviđene ispuste je ispravno projektirano, te nema opasnosti da će oblak efluenta ugroziti kvalitetu mora u priobalnom području. Rezultati fizikalnog modeliranja na opisanom modelu pokazuju da će se oblak efluenta ispušten kroz podmorske ispuste vrlo brzo razrijediti te ne postoji nikakova realna opasnost za ugrožavanje kvalitete mora u branjenom pojasu. Prirodni procesi koji nisu uzeti u obzir prilikom modeliranja (odumiranje indikatora bakteriološkog zagađenja, formiranje termokline) samo će dodatno doprinjeti sigurnosti obalnih rekreacijskih zona.

Fizikalni model se pokazao kao prikladno sredstvo za modeliranje širenja oblaka efluenta nošenog morskim strujama. Za izradu fizikalnog modela je nužno prikupiti podatke o morskim strujama (oceanografske podatke).

8. Popis literature

- [1] Hodson, J., Rajaratnam, N. (1989): Field measurements of the dilution of jets in rivers, XXIII confress of International association for hydraulic research, Ottawa,
- [2] Knezić, S., Margeta, J. (2001): Integralni sustav za podršku upravljanju kvalitetom obalnog mora, Građevinar, Vol. 53 (7)
- [3] Kobus, H. (1980): Hydraulic Modelling, German association for water resources and land improvement,
- [4] Novak, P., Čabelka, J. (1981): Models in Hydraulic Engineering, Pitman Advanced Publishing Program, Boston,
- [5] Tedeschi, S. (1997): Zaštita voda, HDGI, Zagreb,
- [6] IGH Rijeka, (1999) :Kanalizacijski sustav Split/Solin, Podmorski ispust s pripadajućom infrastrukturom
- [7] Građevinski fakultet sveučilišta u Zagrebu, (2001): Podmorski ispust otpadnih voda Stobreč-Brački kanal - fizikalni model,
- [8] Državni hidrografski institut (2000): Hidrografsko-geološka izmjera podmorskog ispusta otpadnih voda "Stobreč", Brački kanal, Split,
- [9] Institut za oceanografiju i ribarstvo, Hrvatski hidrografski institut, Split, (1998): Rezultati istraživanja mora za potrebe projektiranja podmorskog ispusta Split- Stobreč,

Autori:

Doc.dr.Goran Gjetvaj

Mr. Goran Lončar

Prof.dr.V. Andročec

Građevinski fakultet

Kačićeva 26

Zagreb

Tel 48 43 527; fax; 4843 529

goran@master.grad.hr



Rad 4.08.

Zaštita dalmatinskih krških vodonosnika na primjeru kamenoloma u razdoblju 1992. – 2002. Godina

Berislav Glavaš, Zdravko Brajković

SAŽETAK: Na primjeru kamenoloma, prikazuje se provođenje praktične, indirektne zaštite krških vodonosnika i vodocpilišta na području Dalmacije. Zakonska regulativa koja se odnosi na zaštitu krških vodonosnika, u dosadašnjem razdoblju nije pružala precizne odrednice, već je pitanje zaštite za krške vodonosnike ostavljeno za “posebna istraživanja”. Primjenom u praksi odrednica Nacrta prijedloga dopune Pravilnika o zonama sanitarne zaštite (Fritz F. i Ramljak T. 1992), na više desetaka istražnih prostora i eksploatacijskih polja, došlo se do spoznaje da je takav način zaštite potpuno ukomponiran u “održivi razvoj”. Na temelju polaznog stava da izgradnja objekata-potencijalnih zagađivača nije isključivo zabranjena niti u jednoj zoni (izuzev I-zone), provedena je aktivnost dopunskih vodoistražnih radova u svrhu ishođenja vodopravnih akata. Iskustva ovakvog pristupa zaštiti u kršu ugrađena su u sadržaj novog Pravilnika o određivanju zona sanitarne zaštite (NN 55/02).

KLJUČNE RIJEČI: kamenolom, krški vodonosnik, pravilnik, građevni kamen, zone sanitarne zaštite, vodopravni akti

Protection of the Dalmatian Karst Aquifers Taking a Quarry as an Example (1992 - 2002)

SUMMARY: A quarry has been taken as an example of carrying out practical and indirect protection of karst aquifers and well fields in the area of Dalmatia. Legal regulations concerning the protection of karst aquifers have not offered precise guidelines, so the karst aquifer protection issue has been left for a “special research”.

By applying the guidelines of the Draft Rules on the Zones of Sanitary Protection (Fritz and Ramljak, 1992) in practice on more than ten research areas and exploitation fields, we learned that such a kind of protection is completely incorporated in “sustainable development”. On the basis of the primary assumption that the construction of potential polluter facilities is not strictly forbidden in any zone (apart from zone 1), some additional water research has been carried out for the purposes of fulfilling requirements of the water legislation. Experience of such an approach to protect karst has been incorporated in the new Rules on Determining the Zones of Sanitary Protection.

KEYWORDS: quarry, karst aquifer, Rules, stone for construction, zone of sanitary protection, water legislation

1. Uvod

Građevinski kamen je dio Zemljine kore – litosfere, koji se iz iste odvaja na prirodan ili umjetan način. On je mineralni agregat određene teksture, strukture, te fizičkih i

mehaničkih svojstava. Prema odredbama Zakona o rudarstvu (N.N. 35/95 i 114/01) arhitektonski građevni kamen i tehnički građevni kamen smatraju se mineralnim sirovinama i predstavljaju blago od interesa za Republiku Hrvatsku.

Ahitektonski-građevni kamen upotrebljava se kao građevinski materijal za zide, ili kao ukrasni kamen za obloge bilo pročelja ili unutrašnjih dijelova objekata. *Tehnički-građevni* kamen koristi se kao tučenac, različitih frakcija, koje se kao agregat koriste za spravljanje betona, ali i dobro zbijen kao podloga svim građevinskim objektima.

Moderna tehnologija eksploatacije kamena nosi sa sobom povećane zahtjeve za istraživanjem novih ležišta kamena, ali i povećanu mogućnost ugroze okoliša pa tako i pitke vode.

Ovaj rad ima za cilj da ukaže na složenost i neophodnu prilagodljivost i dinamičnost u provođenju zaštite krških vodonosnika, u uvjetima povećane privredne aktivnosti na krškom prostoru. Na području Dalmacije, u razdoblju nakon završetka Domovinskog rata prisutno je intenzivno otvaranje novih kamenoloma građevnog kamena (tehničkog i arhitektonskog). Osobiti zamah ova aktivnost poprimila je odlukom o izgradnji auto ceste Zagreb-Split. Otežavajuću okolnost prilikom provođenja zaštite voda predstavljala je (donedavno) nedorečena zakonska regulativa za krške vodonosnike. Međutim, iskustva dotadašnjih istraživača krških vodonosnika na području Dalmacije, osobito F. Fritza i suradnika sa Instituta za geološka istraživanja iz Zagreba, pretočenih u Nacrt dopune Pravilnika (Fritz F. i Ramljak T., 1992), dali su mogućnost učinkovite zaštite i provjere datih postavki u praksi.

2. KAMENOLOMI KAO MOGUĆI ZAGAĐIVAČI

Istraživanje i eksploatacija građevnog kamena vrše se u skladu sa Pravilnikom o istraživanju i eksploataciji mineralnih sirovina (N.N. 125/98). Pri utvrđivanju podobnosti lokacije za eksploataciju građevnog kamena nužno je provesti geološke istražne radove koji daju rezultate o načinu pojavljivanja kamena, rezervama i građi stjenske mase. Dalje je nužno istražnim bušenjem, zasjecima i raskopima uzeti uzorke stjenske mase, te laboratorijskim ispitivanjima utvrditi: petrografska svojstva stijene, veličinu, oblik i način vezivanja zrna u stijeni, porozitet, čvrstoću na tlak, vlak i savijanje, hidroskopsnost, volumnu masu, habanje itd.

Eksploatacijskim radovima prethodi skidanje površinskih slojeva, te se onda na tako otvorenom području krša odvijaju razne djelatnosti: promet, boravak, rad i zadržavanje ljudi, upotreba eksploziva i drugih materijala i spojeva (kemikalije) od kojih neki mogu biti opasni u smislu otrovnosti. Da bi se prišlo organiziranom vađenju kamena nužno je osigurati pristup vozilima, izgraditi trajne i privremene prometnice, dovesti vodu, struju i osigurati smještaj i prehranu zaposlenih.

Pored toga što se čišćenjem terena i eksploatacijom kamena miniranjem mogu izmijeniti hidrogeološke prilike na mikrolokaciji, opasnost prijeti i od unosa putem oborinske vode otpadnih tvari kroz tako stvorene pukotine, u područje pukotinsko-kaverozne poroznosti. Nerjetko se na području otvorenih kamenoloma postavljaju servisne radionice za vozila i mehanizaciju, kao i skladišta pogonskog goriva što u svakom slučaju predstavlja potencijalnu opasnost za kakvoću podzemnih voda u krškom vodonosniku.

3. OSNOVNE POSTAVKE INDIREKTNE ZAŠTITE KRŠKIH VODONOSNIKA

Krški vodonosnik predstavlja heterogeni hidrodinamički sustav koji je promjenljiv u vremenu i prostoru, često nepristupačan za neposredno izučavanje osnovnih parametara

i graničnih uvjeta. Na primjeru dalmatinskog dijela Jadranskog sliva, uvjetno možemo promatrati jedinstveni hidrogeološko-hidrološki model unutar kojega se površinske i podzemne vode iz područja visokog krša (najbogatijeg oborinama) preljevaju u hipsometrijski niže prostore, sve do Jadranskog mora. Uvjetovani debelim mezozojskim naslagama karbonatnih stijena, putevi kretanja podzemne vode skriveni su često na velikim dubinama, te su za direktne metode istraživanja teško pristupačni. Zbog toga se, pri hidrogeološkom istraživanju, primjenjuju najčešće indirektne metode a do pouzdanih spoznaja se dolazi višekratnim i multidisciplinarnim istraživanjima. Ovakav hidrogeološko-hidrološki model uvjetuje da kod određivanja zona sanitarne zaštite u krškim terenima ne postoji jednoznačno i konačno rješenje ili je ono u prostoru i vremenu nerearno.

Temeljem dosadašnjih iskustvenih spoznaja, prilikom određivanja zona sanitarne zaštite u krškom vodonosniku, došlo se do zaključka da je praktički nemoguće osigurati kriterij koji će se zasnivati na samopročišćavanju zbog kratkog vremena zadržavanja vode u podzemlju. U takvim okolnostima težište zaštite se prenosi na ciljano utvrđivanje uvjeta i stupnja ograničenja ljudske aktivnosti u prostoru. U datom modelu zaštite, zone sanitarne zaštite predstavljaju primarno ograničeni prostor sa načelnim zabranama (na temelju Elaborata o odredbi zona sanitarne zaštite) i daju generalne smjernice za prostorno planiranje na područjima aktivnih javnih vodocrpilišta. One u kršu ne predstavljaju fizičku zaštitu crpilišta od zagađenja nego imaju ulogu primarnog ograničenja ljudske aktivnosti na području gdje je sliv najosjetljiviji. Također, stupnjevanje prostora po zonama ima ulogu procjene uvjeta i vremena potrebnih za intervenciju na crpilištu u slučaju iznenadnog zagađenja u slivu, odnosno utvrđivanja operativnih planova zaštite crpilišta. Granice zona se u pravilu sužavaju povećanjem stupnja istraženosti sliva.

Sukladno postavkama Fritza i Ramljaka 1992., a u skladu sa člankom 4. starog Pravilnika o zaštitnim mjerama i uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta vode za piće (NN 22/86), te na temelju Zakona o vodama (N.N.107/95) i Pravilnika o izdavanju upravnih akata (N.N. 28/96), Hrvatske vode su u postupku izdavanja vodopravnih akata za izgradnju objekata ili drugih aktivnosti, na području Vodnogospodarskog odjela Split, u razdoblju 1992. - 2002. godine, propisivale dopunska hidrogeološka istraživanja unutar slivnog područja postojećih i potencijalnih zahvata vode za piće. U prilogu je dat tabelarni pregled (na primjeru kamenoloma) izdatih vodopravnih akata od strane Hrvatskih voda, Vodnogospodarskog odjela Split za promatrano razdoblje i pregledna karta ležišta arhitektonskog i tehničkog građevnog kamena na području Dalmacije. Rezultati dopunskih istraživanja korišteni su kao stručna podloga za izdavanje vodopravnih akata. Da bi se iznimno dozvolila izgradnja objekta ili druga aktivnost, za koje je propisana zabrana unutar određene zone, treba dopunskim istraživanjem dokazati zonu u kojoj je dozvoljena izgradnja takvog objekta ili druga aktivnost, odnosno izvršiti *mikrozoniranje*. Mikrozoniranjem se na području gdje su određene zone omogućava i primarno zabranjena aktivnost ako se istraživanjem dokaže takva mogućnost.

Nadalje, uvođenjem pojma *dopunskih istraživanja*, čitav prostor dalmatinskog krša tretira se kao područje koje treba štiti (osobito u aktualnim uvjetima kada zone sanitarne zaštite nisu određene za sva izvorišta u javnoj vodoopskrbi), zbog osjetljivosti i nepredvidivosti krških vodonosnika, ali se istovremeno ne postavljaju "a priori" zabrane. Time je čitav prostor (osim I zone) praktički ostao slobodan za ljudsku aktivnost, sukladno principu održivog razvoja. Strogoća uvjeta izgradnje ili druge aktivnosti, ili uopće mogućnost izgradnje zavise od nalaza dopunskih istraživanja.

Provođenjem ovakvog modela zaštite, čitavo područje dalmatinskog krša se ciljano štiti ali i istražuje u ovisnosti od interesa pojedinih subjekata. Istraživanja se provode racionalno, ciljano samo na prostor od interesa, a financiranje je osigurano preko zainteresiranog subjekta. Cjelovita zaštita krških vodonosnika, u konačnici zahtjeva sustavnu kontrolu provedbe vodopravnih akata.

4. ZAKLJUČAK

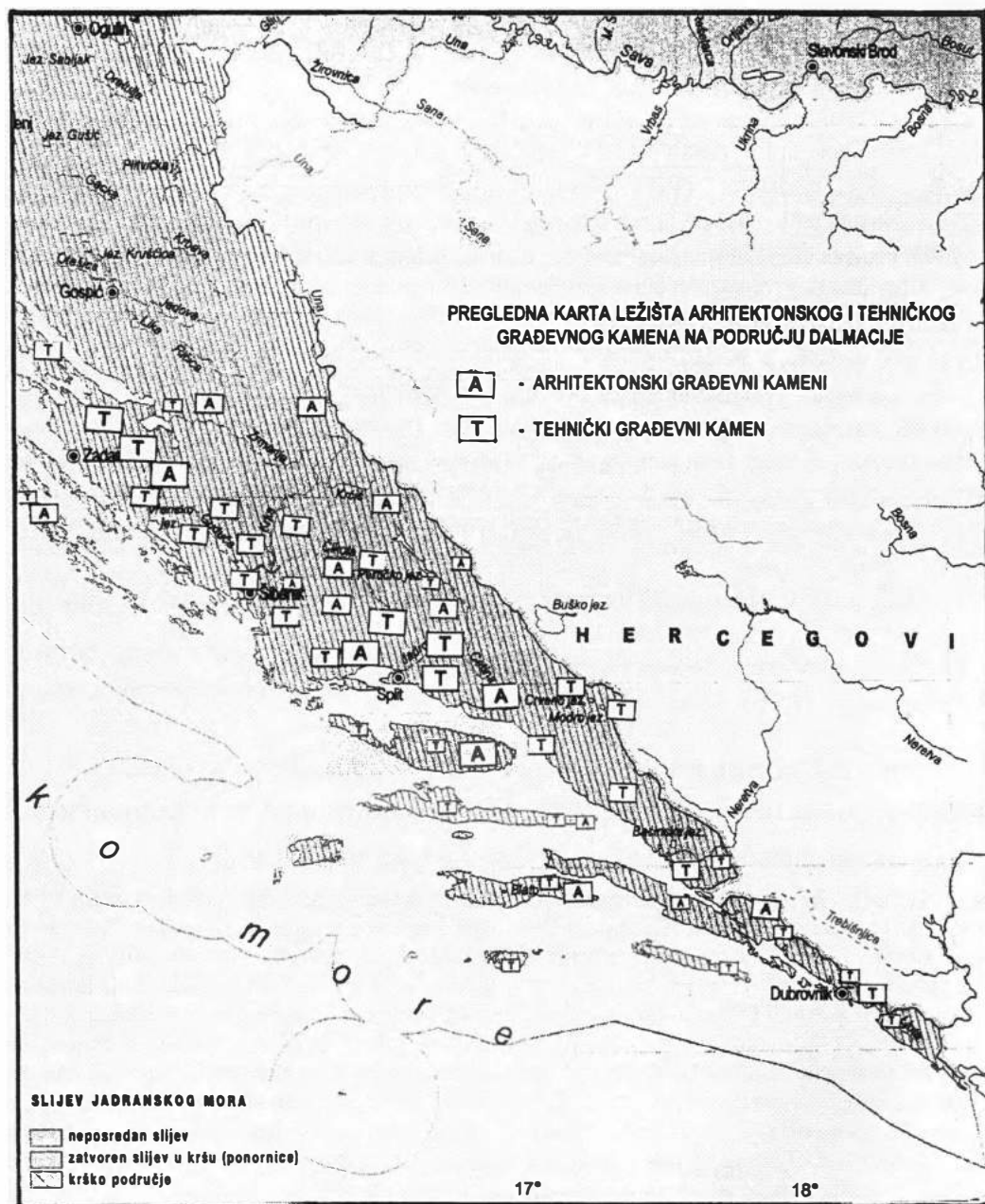
Polazeći od realne pretpostavke da je nemoguće jednokratnim istraživanjem (Elaborat o odredbi zona sanitarne zaštite) zadovoljiti visok stupnj istraženosti svih dijelova sliva krškog vodozahvata, u praktičnoj zaštiti dijela sliva Jadranskog mora koje pokriva VGO-Split primjenjeni su pojmovi: *dopunska istraživanja i mikrozoniranje*, kako je to prvi put formulirano u "Nacrtu prijedloga dopune Pravilnika...", Fritz F. i Ramljk T. 1992. Pojam *dopunska istraživanja* je širi pojam i primjenjuje se na čitavom prostoru krškog sliva, dok pojam *mikrozoniranja* predstavlja dopunska istraživanja na prostoru gdje su utvrđene zone sanitarne zaštite. Stečena iskustva sa primjenom ovih pojmova na području dalmatinaskog krša, ukazuju da su zadovoljene ključne postavke organizirane indirektna zaštite:

- cjelovita zaštita nezagađenog dalmatinskog sliva
- kontinuirano povećanje stupnja istraženosti sliva
- kontinuirana evidencija mogućih zagađivača i oblika zagađenja
- kvalitetna obrada vodopravnih akata zasnovana na stručnim podlogama
- osigurano financiranje dopunskih istraživanja preko zainteresiranog subjekta
- provođenje istraživanja prilagođenih konkretnim zahtjevima
- respektiranje nepoznanica krškog prostora
- respektiranje narastajućeg interesa za vodom kao robom
- afirmaciju stručne djelatnosti u vodoistragama (posebno hidrogeološke i hidrološke struke)
- gospodarenje vodnim blagom na principu održivog razvoja

Na primjeru kamenoloma Dalmacije, prikazan je sustav preventivne zaštite voda "klasičnog krša", u uvjetima "vakuma" u zakonskoj regulativi i u situaciji kada su još mnoga izvorišta koja se koriste za javnu vodoopskrbu bez zona sanitarne zaštite. Primjenjene postavke u desotogodišnjem razdoblju napokon su dijelom ozvaničene kroz novi Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 55/02). Time je potvrđena njihova ispravnost ali i težina istraživanja i zaštite krških voda.

**TABELARNI PREGLED IZDATIH VODOPRAVNIH AKATA
ZA RAZDOBLJE 1992. – 2002. GODINE**

	Arhitektonski građevni kamen		Tehnički građevni kamen	
	Istražni prostor	Eksploatacijsko polje	Istražni prostor	Eksploatacijsko polje
Vodopravni uvjeti	88	33	66	62
Vodopravna suglasnost	58	11	48	22



Literatura:

1. Bahun S., Fritz F.(1987): *Postanak izvora u dinarskom i orogenom akumuliranom kršu*, Krš Jugoslavije 12/2, 27-37, Zagreb.
2. Biondić B., Biondić R., Dukarić F., Hrvojić E. (1999): *Zaštita krških vodonosnika*, 2. Hrvatska konferencija o vodama, Zbornik radova, Dubrovnik.
3. Daničić J. (1996). *Eksploatacija mineralnih sirovina u zakonu o vodama*, znan-struč. skup, Zaštita prirode i okoliša i eksploatacija mineralnih sirovina, Varaždin.
4. Fritz F. Ramljak T. (1992): *Zaštitne zone izvorišta pitke vode u kršu*, Građevinar 44, str. 333-337, Zagreb.
5. Milanović P.(1979): *Hidrogeologija karsta i metode istraživanja*, Institut za korištenje i zaštitu voda na kršu, Hidroelektrane na Trebišnjici, Trebinje.
6. Tušar B. (1996): *Utjecaj kamenoloma na kakvoću podzemne vode*, znan-struč. skup, Zaštita prirode i okoliša i eksploatacija mineralnih sirovina, Varaždin 1996.god.
7. Urumović K., Vlahović T. (1998): *Promišljanje zaštite podzemnih voda u krškim predjelima*, Okrugli stol: Voda na hrvatskim otocima, Zbornik radova, 137-147, Hvar.
8. COST projekt 65 (1996): *Hidrogeološki aspekti zaštite podzemnih voda u kršu-preporuke*, Institut za geološka istraživanja, Zagreb.
9. Zakon o rudarstvu, N.N. 35/95 i 114/01.
10. Zakon o vodama, N.N. 107/95.
11. Pravilnik o istraživanju mineralnih sirovina, N.N. 125/98.
12. Pravilnik o eksploataciji mineralnih sirovina, N.N. 125/98.
13. Pravilnik o izdavanju vodopravnih akata, N.N.28/96.
14. Nacrt prijedloga dopune "Pravilnika o zaštitnim mjerama i uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta vode za piće" u dijelu koji se odnosi na područje krša, VRO – Split, 1989. god.
15. Pravilnik o zaštitnim mjerama i uvjetima za određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta vode za piće, N.N. 22/86.
16. Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta, N.N. 55/2002.
17. Vodna knjiga, Hrvatske vode, VGO-Split

Autori:

Berislav Glavaš, dipl.inž. – Hrvatske vode, VGO – Split, Vukovarska 35

Mr.sc. Zdravko Brajković, dipl.inž.geol. – Hrvatske vode, VGO – Split, Vukovarska 35



Rad 4.09.

Utjecaj bioaugmentacije aktivnog mulja i dodatka zeolita na rad anaerobno/aerobnog sustava za obradu otpadne vode

Jasna Hrenović

SAŽETAK: U ovoj studiji predstavljena je nova metoda pročišćavanja otpadnih voda u anaerobno/aerobnim šaržnim reaktorima pomoću aktivnog mulja bioaugmentiranog s fosfat-akumulirajućim bakterijama i dodatkom prirodnog zeolita u aerobnoj fazi. Pokusi su provedeni za sintetsku otpadnu vodu visoko i nisko opterećenu fosforom u tri paralelne linije: linija s konvencionalnim aktivnim muljem, linija s bioaugmentiranim aktivnim muljem i linija s bioaugmentiranim aktivnim muljem uz dodatak zeolita u aerobnoj fazi. Bioaugmentacijom konvencionalnog aktivnog mulja poboljšana je ukupna učinkovitost sustava, a najveća poboljšanja dobivena su u sustavu s dodatkom zeolita. U jedinicama s dodatkom zeolita u odnosu na ostale jedinice postignuto je značajno veće uklanjanje fosfora, amonijaka, nitrata i kemijske potrošnje kisika iz otpadne vode, te bolji prirast i taloženje aktivnog mulja. Dodatak zeolita nije uzrokovao razlike u pH vrijednosti medija. Dobiveni rezultati važni su s praktičnog aspekta primjene u već postojećim hidraulički ili biološki preopterećenim konvencionalnim uređajima s aktivnim muljem za pročišćavanje otpadnih voda, u smislu poboljšanja učinkovitosti i povećanja kapaciteta bez povećanja veličine uređaja. Metoda bioaugmentiranog aktivnog mulja s fosfat-akumulirajućim bakterijama uz dodatak čestica zeolita kao potpornog materijala u aeracijskom bazenu mogla bi naći primjenu posebno u obradi otpadnih voda visoko opterećenih fosforom, gdje je uklanjanje fosfora prioritet. Ova nova metoda bila bi djelotvorna tehnika niske cijene, što ju plasira kao izvrsnu metodu u rješavanju okolišnih problema.

KLJUČNE RIJEČI: *Acinetobacter calcoaceticus*, aktivni mulj, bioaugmentacija, prirodni zeolit, uklanjanje fosfora, otpadna voda.

Influence of Bioaugmentation and Zeolite Addition on the Performance of Anaerobic/Aerobic Wastewater Treatment System

SUMMARY: In this study, a new method of wastewater treatment in anaerobic/aerobic sequencing batch reactors by activated sludge bioaugmented with phosphate-accumulating bacteria and natural zeolite addition in aerobic phase is presented. Experiments were carried out for synthetic wastewater with high and low concentration of phosphorus in three parallel lines: line with conventional activated sludge, line with bioaugmented sludge and line with bioaugmented sludge with zeolite addition in aerobic phase. By the bioaugmentation of conventional activated sludge an improvement was achieved in total system efficiency, and the best efficiency was achieved in the system with zeolite addition. When units with the zeolite addition are compared to other units, a significantly higher removal of phosphorus, ammonia, nitrate and chemical oxygen demand, higher increment and better activated sludge settling were achieved. The zeolite addition did not cause differences in media pH values. The achieved results are important from the practical aspect of application in the existing hydraulically or biologically overloaded conventional activated sludge treatment

systems, because they are used to improve efficiency and increase capacity without enlargement of a system dimension. The method of bioaugmented activated sludge with phosphate-accumulating bacteria with the addition of zeolite particles in aerated tank can be applied especially in treatment of high phosphorus bearing wastewater where the phosphorus removal is priority. This new method could prove to be an efficient low-cost technique, which indicates this process as an excellent means of solving the environmental problems.

KEYWORDS: *Acinetobacter calcoaceticus*, activated sludge, bioaugmentation, natural zeolite, phosphorus removal, wastewater.

UVOD

Biološko uklanjanje fosfora (EBPR - eng. Enhanced Biological Phosphorus Removal) iz otpadnih voda zasnovano je na obogaćivanju aktivnog mulja mikroorganizmima koji intracelularno mogu akumulirati fosfate (Pi). Ti su mikroorganizmi (nazvani P-uklanjajuće, P-akumulirajuće ili poli-P-bakterije) u mogućnosti stvarati pričuve intracelularnog fosfora (P) u obliku polimera polifosfata (poli-P). Da bi se na sustavu za pročišćavanje otpadnih voda stvorili uvjeti za život i djelovanje mikroorganizama za EBPR, potrebno je aktivni mulj izvrnuti naizmjeničnim anaerobno-aerobnim ili anaerobno-anoksičnim uvjetima [5, 11]. Bakterijski rod *Acinetobacter* je postao modelni organizam za EBPR otkad je izoliran iz uređaja s aktivnim muljem za uklanjanje P [6].

U anaerobnim uvjetima P-akumulirajuće bakterije transportiraju hlapive masne kiseline (VFA- eng. Volatile Fatty Acids, npr. acetat) u stanicu gdje ih konvertiraju i skladište u obliku osmotiski inertnih poli-hidroksi-alkanoata (PHA) kao rezervni materijal. Energija za transport i konverziju VFA dobiva se iz hidrolize intracelularno uskladištenih poli-P do Pi, koji se otpuštaju iz stanice i iz konverzije glikogena do PHA. U aerobnim uvjetima, anaerobno formirani PHA koriste se za obnavljanje energije za stanični rast, sintezu poli-P, formaciju glikogena i održavanje, rezultirajući uzimanjem Pi [9, 11, 17].

Prirodni zeoliti (NZ - eng. Natural Zeolites) su glavni adsorptivni materijali niske cijene koji se koriste u agrikulturne i industrijske svrhe [15]. Iako su mnogi istraživači opazili da dodatak zeolita u obradi otpadnih voda vidljivo smanjuje koncentraciju P [7, 10, 13, 16, 18] mehanizam vezanja P na čestice zeolita do danas je nejasan. Jedan od obećavajućih pristupa u poboljšanju učinkovitosti i povećanju kapaciteta bioloških uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (hidraulički ili biološki preopterećenih) bez povećanja veličine, temelji se na dodatku NZ u aeracijskom bazenu.

MATERIJALI I METODE

Mikroorganizam

Liofilizirana kultura bakterije *Acinetobacter calcoaceticus* DSM 1532 koja je opisana kao P-akumulirajuća bakterija, dobivena je iz banke mikroorganizama Deutsche Sammlung von Microorganismen und Zellkulturen GmbH. Soj je održavan na mediju hranjivi agar, precjepljivan mjesečno i čuvan na 4 °C.

Aktivni mulj

Aktivni mulj uzet je iz aerobnog bazena sustava za pročišćavanje komunalne otpadne vode Sveučilišta Ondokuz Mayis u Samsunu, Turska. Aktivni mulj je prilagođavan u laboratoriju uz miješanje (70 rpm) i aeraciju (4 L min⁻¹) na sobnoj temperaturi u sintetskoj

mineralnoj otopini do uspostavljanja stabilnih flokula, što je postignuto nakon 10-14 dana. Kako sustav za pročišćavanje otpadne vode iz kog je mulj uzet nije imao specifičnu konfiguraciju za EBPR, takav prilagođeni mulj korišten je kao kontrolni mulj bez EBPR. Obogaćivanjem - bioaugmentacijom aktivnog mulja s P-akumulirajućom bakterijom *A. calcoaceticus* dobiven je aktivni mulj s EBPR karakteristikama.

Prirodni zeolit (NZ)

U pokusima je korišten NZ dobiven iz zeolitnih stijena u Egejskoj regiji, Turska, gdje je u kamenolomu mljeven i separiran te kao takav dostavljen u laboratorij. Uzorak se sastojao od više od 70 % zeolita iz skupine klinoptilolit – heulandit, uz kojeg su u uzorku prisutni kao sporedni minerali mordenit, kvarc i opal-CT. Kemijski sastav uzorka bio je (wt %): SiO₂ 68.5; TiO₂ 0.07; Al₂O₃ 11.18; Fe₂O₃ 1.21; MnO 0.02; MgO 0.71; CaO 1.98; Na₂O 0.33; K₂O 3.88; P₂O₅ 0.01; H₂O 5.51; H₂O⁺ 5.78. Ekvilibrijski kapacitet adsorpcije P uzorka iznosio je 48,5 mg kg⁻¹. Glavnina čestica NZ nalazila se u rangu veličine 0,25-1,0 mm. NZ je prije korištenja u pokusima opran tri puta demineraliziranom vodom i sušen na 105 °C kroz 16 h.

Otpadna voda

U pokusima je uporabljena kemijski definirana podloga kao otpadna voda sastava (u mg L⁻¹): acetatna kiselina 500; pepton 100; MgSO₄ 10; CaCl₂ 6; KCl 30; kvasčev ekstrakt 20. Koncentracija KH₂PO₄ bila je 4 ili 440 mg L⁻¹ da bi se postigla konačna koncentracija ukupnog fofora (T-P) u otpadnoj vodi u rangu od 1 ili 100 mg L⁻¹. pH vrijednost medija namještena je na 7,0±0,1 sa 1 M NaOH ili 1 M HCl na početku svakog pokusa. Sterilizacija medija je provedena na 121 °C/ 15 min.

Izvedba pokusa

Pokusi su izvođeni u naizmjenično vođenom 24 h anaerobno/24 h aerobnom šaržnom postupku. Biomasa konvencionalnog ili bioaugmentiranog aktivnog mulja je resuspendirana u Erlenmeyer-ovoj tikvici sa 500 mL otpadne vode. Anaerobni uvjeti održavani su brtvljenjem tikvica gumenim čepom. Kao početak anaerobnih uvjeta uzeto je vrijeme kada u reaktoru više nije bilo otopljenog kisika, za što nije bilo potrebno više od 20 min nakon naciepljivanja aktivnog mulja. U svakoj seriji pokusa postavljena su 4 reaktora u paraleli, u vodenu kupelj kontroliranu termostatom s tresilicom. Reaktori su miješani na 70 rpm, a temperatura reaktora održavana je na 20±0,1 °C. Aeracija (oko 4 L min⁻¹) u aerobnoj fazi provedena je akvarijskim pumpama. U pokusima s bioaugmentiranim aktivnim muljem uz dodatak NZ u aerobnoj fazi, nakon anaerobne faze volumen svakog reaktora podijeljen je na dva dijela. U jedan reaktor dodano je 15 g L⁻¹NZ, a drugi reaktor je ostavljen bez dodatka NZ i služio kao kontrola.

Analitičke metode

Sva analitička mjerenja provedena su prema propisima Standard Methods for Examination of Water and Wastewater [1]. Otopljeni kisik u vodi i temperatura vode kontrolirani su sa Jenway 9071 elektrodom za mjerenje otopljenog kisika i temperature. pH-vrijednost mjerena je sa Crison micro pH 2000 pH-metrom.

Uzorci vode prije mjerenja koncentracija ukupnog fofora (T-P) i dušičnih spojeva filtrirani su preko nitroceluloznih filtera Sartorius promjera pora 0,2 µm. Koncentracija T-P u

vodi mjerena je nakon persulfat oksidacije vanadomolibdat metodom na Cary UV-visible spektrofotometru na 470 nm. Sve korišteno laboratorijsko suđe za analizu fosfora prano je prije upotrebe sa 1 M HCl. Koncentracija amonijaka ($\text{NH}_3\text{-N}$) mjerena je direktnom neslerizacijskom metodom na Hitachi 110-40 spektrofotometru na 425 nm. Koncentracija nitrata ($\text{NO}_3\text{-N}$) mjerena je ultravioletnom spektrofotometrijskom metodom na Hitachi 110-40 spektrofotometru na 220 nm. Kemijska potrošnja kisika (COD - eng. Chemical Oxygen Demand) u vodi mjerena je u filtriranim uzorcima kroz tehnički filter papir otvorenom protočnom metodom.

Koncentracija ili suha tvar aktivnog mulja (MLSS - eng. Mixed Liquor Suspended Solids) računana je nakon filtriranja mulja kroz tehnički filter papir i sušenja na 105 °C/ 1 h. Indeks mulja (SVI - eng. Sludge Volume Index) računat je iz volumena istaloženog miješanog mulja u Imhoff-ovom cilindru nakon 30 min taloženja i MLSS. Broj bakterija *A. calcoaceticus* određivan je kao broj jedinica koje formiraju kolonije (CFU - eng. Colony Forming Units) na hranjivom agaru nakon inkubacije na 30 °C/ 72 h. Oblik stanica *A. calcoaceticus* određivan je bojanjem fiksiranih preparata po Gramu i mikroskopiranjem (povećanje 1000-2000x). Nakupine poli-P (volutinska zrnca, metakromatska zrnca ili Babes-Ernstova tjelešca) u stanicama *A. calcoaceticus* dokazivane su indirektno bojanjem fiksiranih preparata po Neisseru i mikroskopiranjem. Imobilizacija stanica *A. calcoaceticus* na supstrat utvrđivana je polaganjem čestica supstrata na hranjivi agar i uzgojem vijabilnih stanica (CFU), te mikroskopiranjem [12].

REZULTATI

Bioaugmentacijom konvencionalnog aktivnog mulja značajno je poboljšano anaerobno otpuštanje i aerobno uzimanje T-P (Tablica 1, 2). Količina uklonjenog T-P na kraju aerobne faze bila je najniža u liniji s konvencionalnim muljem, viša s bioaugmentiranim muljem, a najviša s bioaugmentiranim muljem u dodatak NZ kod niskih (0,75; 1,37; 2,08 mg L⁻¹) kao i kod visokih (8,76; 37,96; 95,57 mg L⁻¹) opterećenja P. Pad COD na kraju anaerobne faze bio je viši u liniji s bioaugmentiranim muljem i NZ u odnosu na liniju s bioaugmentiranim muljem, no najveći pad COD postignut je s konvencionalnim muljem (Tablica 1, 2). Produkcija biomase bioaugmentiranog aktivnog mulja po masi uklonjene COD i ugradnja ugljika u biomasu bila je viša u reaktorima s dodatkom NZ (66-73 %) u odnosu na reaktore bez dodatka NZ (22-35 %). Rezultati u odnosu na koncentraciju aktivnog mulja (MLSS) pokazali su bolje uvjete rastenja i metabolizma aktivnog mulja u prisustvu čestica NZ. Taloženje aktivnog mulja na kraju aerobne faze bilo je bolje u reaktorima s dodatkom NZ, što je izraženo u nižim vrijednostima SVI, nego u reaktorima bez dodatka NZ (Tablica 1, 2). Stope uzimanja T-P po MLSS bile su najviše u liniji s dodatkom NZ, nakon čega u liniji s bioaugmentiranim muljem, a najniže u liniji s konvencionalnim muljem.

Broj bakterija *A. calcoaceticus* (prikazan u tablicama kao CFU) porasao je za jedan red veličine na kraju anaerobne faze, i još za jedan red veličine na kraju aerobne faze. Brojevi bakterija *A. calcoaceticus* na kraju aerobne faze u reaktorima bez dodatka NZ bili su slični i značajno viši nego u reaktorima s dodatkom NZ (Tablica 1, 2). Mikrobno ispitivanje čestica NZ na kraju aerobne faze pokazalo je da su čestice NZ okružene sa bio-adsorbiranim bakterijama, koje se sa česticama NZ nisu isprale nakon pranja sterilnom destiliranom vodom. Stanice su uz čestice NZ bile povezane ekstracelularnim supstancama. Bakterije *A. calcoaceticus* činile su 80 % ili više od adsorbirane bakterijske

Tablica 1. Rad anaerobno/aerobnog sustava s konvencionalnim (konvencionalni), bioaugmentiranim (bioaugmentirani) i bioaugmentiranim aktivnim muljem uz dodatak 15 g L⁻¹ zeolita u aerobnoj fazi (bioaugmentirani+NZ) uz otpadnu vodu nisko opterećenu fosforom.

Period	Nisko opterećenje fosforom		
	konvencionalni	bioaugmentirani	bioaugmentirani+NZ
Ulaz			
T-P (mg L ⁻¹)	1,41		2,21
NH ₃ -N (mg L ⁻¹)			21,64
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)			35,45
COD (g O ₂ L ⁻¹)	2,08		1,93
MLSS (g L ⁻¹)	1,10		1,22
SVI (mL g ⁻¹)			40,33
10 ⁹ CFU L ⁻¹			3,40
pH	7,01		7,03
Anaerobna faza (24 h)			
T-P (mg L ⁻¹)	1,82		4,41
NH ₃ -N (mg L ⁻¹)		110,63	
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)			3,13
COD (g O ₂ L ⁻¹)	1,02		1,06
MLSS (g L ⁻¹)	1,86		1,64
SVI (mL g ⁻¹)			30,58
10 ⁹ CFU L ⁻¹			62,00
pH	6,68		6,59
P-otpušteni (%)	29,08		99,55
Aerobna faza (24 h)			
T-P (mg L ⁻¹)	0,66	0,84	0,13
NH ₃ -N (mg L ⁻¹)		30,32	14,07
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)		21,19	15,93
COD (g O ₂ L ⁻¹)	0,70	0,44	0,23
MLSS (g L ⁻¹)	2,01	1,74	2,34
SVI (mL g ⁻¹)		27,58	22,83
10 ⁹ CFU L ⁻¹		840,00	678,0
pH	8,36	8,47	8,44
P-uklonjeni (%)	53,19	61,99	94,12

populacije. U supernatantu oslobođenom čestica NZ, prisutne bakterije nisu pokazale znatne razlike u sačinjavanju populacije. Može se zaključiti da su P-akumulirajuće bakterije *A. calcoaceticus* adsorbirane na čestice NZ i suspendirane u mediju s aktivnim muljem sudjelovale u procesu EBPR u liniji s bioaugmentiranim aktivnim muljem uz dodatak NZ, budući su u stanicama utvrđene nakupine poli-P. Adsorpcija bakterija na čestice NZ rezultirala je u nižim stopama uzimanja T-P po broju slobodnih stanica u reaktorima s dodatkom NZ.

Otpadna voda je na početku pokusa sadržavala dušik u obliku amonijaka (NH₃-N) i nitrata (NO₃-N). Na kraju anaerobne faze sav je nitrat preveden u amonijak procesom natražne amonifikacije. U aerobnoj fazi u liniji s bioaugmentiranim muljem nastupila je nitrifikacija, što je pokazano padom koncentracije amonijaka i porastom koncentracije nitrata u odnosu na anaerobnu fazu. U liniji s NZ pad koncentracija amonijaka i nitrata ispod startnih može biti protumačen time da je najveći dio amonijaka ostao je vezan na čestice NZ, tako da amonijak nije mjereno u vodi, a dio amonijaka je preveden u nitrat procesom nitrifikacije, tako da je koncentracija nitrata u vodi bila niža od startnih ali viša u odnosu na anaerobnu fazu. Koncentracije amonijaka i nitrata na kraju aerobne faze bile su niže u reaktorima s dodatkom NZ (Tablica 1, 2).

Tablica 2. Rad anaerobno/aerobnog sustava s konvencionalnim (konvencionalni), bioaugmentiranim (bioaugmentirani) i bioaugmentiranim aktivnim muljem uz dodatak 15 g L⁻¹ zeolita u aerobnoj fazi (bioaugmentirani+NZ) uz otpadnu vodu visoko opterećenu fosforom.

Period	Visoko opterećenje fosforom		
	konvencionalni	bioaugmentirani	bioaugmentirani+NZ
Ulaz			
T-P (mg L ⁻¹)	96,16		154,82
NH ₃ -N (mg L ⁻¹)			17,90
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)			34,23
COD (g O ₂ L ⁻¹)	2,08		1,93
MLSS (g L ⁻¹)	1,45		1,39
SVI (mL g ⁻¹)			35,38
10 ⁹ CFU L ⁻¹			5,1
pH	7,00		7,03
Anaerobna faza (24 h)			
T-P (mg L ⁻¹)	101,68		179,59
NH ₃ -N (mg L ⁻¹)			83,58
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)			3,97
COD (g O ₂ L ⁻¹)	0,59		0,81
MLSS (g L ⁻¹)	2,45		1,60
SVI (mL g ⁻¹)			31,96
10 ⁹ CFU L ⁻¹		32,0	
pH	5,74		6,66
P-otpušteni (%)	5,74		16,00
Aerobna faza (24 h)			
T-P (mg L ⁻¹)	87,40	116,86	59,25
NH ₃ -N (mg L ⁻¹)		56,12	15,28
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)		12,58	8,15
COD (g O ₂ L ⁻¹)	0,27	0,74	0,42
MLSS (g L ⁻¹)	2,72	1,65	2,48
SVI (mL g ⁻¹)		30,19	26,62
10 ⁹ CFU L ⁻¹		768,0	320,0
pH	8,24	8,67	8,63
P-uklonjeni (%)	9,11	24,52	61,73

Bolje aerobno uzimanje T-P rezultiralo je u višim konačnim pH vrijednostima u linijama s bioaugmentiranim muljem u odnosu na liniju s konvencionalnim muljem. Dodatak NZ nije uzrokovao razlike u pH vrijednosti medija u linijama s bioaugmentiranim muljem (Tablica 1, 2).

RASPRAVA

Iako da dodatak zeolita u obradi otpadnih voda vidljivo smanjuje koncentraciju P [7, 10, 13, 16, 18], mehanizam vezanja P na čestice zeolita do danas je nejasan. Ispitivanje adsorpcije Pi iona na NZ pokazalo je malu ili nikakvu adsorpciju [8] do vrlo visokog kapaciteta adsorpcije od 2,15 g kg⁻¹ [15]. Određeni kapacitet adsorpcije P ispitivanog uzorka NZ od 48,5 mg kg⁻¹ ukazuje da je NZ putem adsorpcije mogao sudjelovati u smanjenju koncentracije T-P u vodi.

Stanice *A. calcoacticus* su se tijekom 24 h aerobne faze same pričvrstile na čestice NZ i nalazile se u obliku kolonija na vanjskom sloju čestica, što može biti objašnjeno prisutnošću polarnih fimbrija i ekstracelularnih supstanci kod ove bakterije. Adsorbirane stanice zadržale su sposobnost akumulacije poli-P. Pokazalo se da su čestice NZ dobri nosači ovih P-akumulirajućih baterija, koje se adsorbiraju na površinu NZ, rezultirajući u povećanoj biološkoj aktivnosti sustava. Imobilizirane stanice *A. calcoacticus* i *A.*

johnsonii na alginatu, uronjene u aerobnu zonu sustava s aktivnim muljem pokazale su visoku sposobnost akumulacije Pi, a uronjene u anaerobnu zonu sustava tipični mehanizam otpuštanja Pi. Stanice su bile jednoliko raspoređene na zrcima alginata i nalazile se u većem broju na vanjskom sloju nosača [12].

Veći pad COD u liniji s NZ može biti pripisan povećanoj metaboličkoj aktivnosti aktivnog mulja. Uspješno smanjenje COD u otpadnim vodama svinjogojske farme postignut je dodatkom NZ [18].

Kationi Na, K, Ca i Mg koji kompenziraju negativan naboj aluminosilikatne rešetke kod prirodnih ionskih izmjenjivača kao što su NZ mogu biti zamijenjeni drugim kationima iz otopine, te mogu uklanjati amonijeve ione putem ionske izmjene [14]. U anoksično/aerobnom sustavu s aktivnim muljem uz dodatak NZ, amonijak iz otpadne vode bio je uklanjao adsorpcijom na NZ u anoksičnim uvjetima, a u aerobnim uvjetima nitrificirajuće bakterije, pričvršćene na česticama NZ i suspendirane u mediju, konvertirale su amonijak do nitrita i nitrata [4]. Dodatkom NZ povećana je biološka aktivnost nitrifikacije i denitrifikacije aktivnog mulja u obradi komunalne otpadne vode. Povećana nitrifikacija u aktivnom mulju potaknuta dodatkom NZ ukazala je da je NZ selektivni adsorbent za fiziološku grupu mikroorganizama nitrifikatora [13]. Na osnovi navedenog može se zaključiti da je od bioloških procesa uklanjanja mineralnog dušika u navedenom anaerobno/aerobnom sustavu s bioaugmentiranim aktivnim muljem najvažniji bio proces nitrifikacije. U reaktorima s dodatkom NZ glavni proces uklanjanja mineralnog dušika bio je vezanje pozitivno nabijenih molekula amonijaka adsorpcijom na čestice NZ, a tako vezani amonijak mogao je biti mobiliziran procesima nitrifikacije ili pak ostati vezan na čestice NZ.

Tijekom produkcije etanola iz visokih koncentracija glukoze pomoću kvasca *Saccharomyces bayanus*, zeolit je služio kao pH modulator [3]. U čistoj kulturi kvasca *Yarrowia lipolytica* uzgajanog u mediju sa i bez dodatka NZ nije uočena razlika u pH vrijednosti medija, što je ukazalo da NZ nije služio kao pH modulator putem ionske izmjene [2]. Jednako tako, u prikazanim pokusima dodatak NZ u sustav s bioaugmentiranim aktivnim muljem nije imao značajnog utjecaja na konačne pH vrijednosti.

Na osnovu navedenog možemo zaključiti da su mehanizam uklanjanja P u sustavu s bioaugmentiranim aktivnim muljem i NZ činili: metabolička aktivnost mulja, akumulacija P u P-akumulirajućim bakterijama adsorbiranim na česticama NZ i raspršenim u mediju, te adsorpcija P na čestice NZ. Dobiveni rezultati važni su s praktičnog aspekta primjene u već postojećim hidraulički ili biološki preopterećenim konvencionalnim sustavima s aktivnim muljem za pročišćavanje otpadnih voda, u smislu poboljšanja učinkovitosti i povećanja kapaciteta uklanjanja P bez povećanja veličine sustava. Metoda bioaugmentiranog aktivnog mulja s P-akumulirajućim bakterijama uz dodatak čestica NZ kao potpornog materijala u aeracijskom bazenu mogla bi naći primjenu posebno u tretmanu otpadnih voda visoko opterećenih P, gdje je uklanjanje P prioritet. Ova nova metoda primjene NZ i P-akumulirajućih bakterija bila bi djelotvorna tehnika niske cijene, što ju plasira kao izvrsnu metodu u rješavanju okolišnih problema.

LITERATURA

1. APHA (1995): *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, 19th edn, New York.
2. Bauman, M., Mesarić, M., Ribar, S., Marić, V., Tudja, M. (2001): *Natural zeolite clinoptilolite increases the concentrations of sphingoid bases in the yeast Yarrowia lipolytica*. J. Basic Microbiol. 41, 7-16.

3. Castellar, M.R., Aires-Barros, M.R., Cabral, J.M.S., Iborra, J.L. (1998): *Effect of the zeolite addition on ethanol production from glucose by Saccharomyces cerevisiae*. J. Chem. Technol. Biotechnol. 73, 377-384.
4. Chung, Y.C., Son, D.H., Ahn, D.H. (2000): *Nitrogen and organics removal from industrial wastewater using natural zeolite media*. Wat. Sci. Tech. 42, 127-134.
5. Comeau, Y., Rabinowitz, B., Hall, K.J., Oldham, W.K. (1987): *Phosphate release and uptake in enhanced biological phosphorus removal from wastewater*. Journal WPCF 59, 707-715.
6. Fuhs, G.W., Chen, M. (1975): *Microbiological basis of phosphate removal in the activated sludge process for the treatment of wastewater*. Microb. Ecol. 2, 119-138.
7. Gharaibeh, S.H., Dwairi, I.M. (1996): *Removal of nutrients from sewage effluent in stabilization ponds using natural zeolite*. Chemische Technik 48, 215-218.
8. Goto, Y., Matsumoto, T., Iso, F. (1994): *Adsorption of phosphate ion of natural zeolites*. J. Clay Sci. Soc. Japan 34, 102-107.
9. Kortstee, G.J.J., Appeldorn, K.J., Bonting, C.F.C., van Niel, E.W.J., van Veen, H.W. (2000): *Recent developments in the biochemistry and ecology of enhanced biological phosphorus removal*. Biochem.-Moscow 65, 332-340.
10. Lopez-Ruiz, J.L., Lopez-Alcala, J.M., Torres-Fernandez, J.C., Rodriguez-Fuentes, G. (1997): *Elimination of phosphates by natural zeolites*. 5th International Conference on the Occurrence, Properties, and Utilization of Natural Zeolites-Ischia, Program and Abstracts, De Frede, Napoli, 209-211.
11. Mino, T. (2000): *Microbial selection of polyphosphate-accumulating bacteria in activated sludge wastewater treatment processes for enhanced biological phosphate removal*. Biochem.-Moscow 65, 341-348.
12. Muyima, N.Y.O., Cloete, T.E. (1995): *Growth and phosphate uptake of immobilised Acinetobacter cells suspended in activated sludge mixed liquor*. Wat. Res. 29, 2461-2466.
13. Papp, J., Olah, J. (1997): *The texture- and morphology-related biological activity of clinoptilolite in sewage treatment*. 5th International Conference on the Occurrence, Properties, and Utilization of Natural Zeolites-Ischia, Program and Abstracts, De Frede, Napoli, 244-245.
14. Rožić, M., Cerjan-Štefanović, Š., Kurajica, S., Ćurković, L. (2000): *Uklanjanje amonijevih iona iz voda prirodnim ionskim izmjenjivačima (Ammonia removal from water by natural ion exchangers)*. Kem. Ind. 49, 61-67.
15. Sakadevan, K., Bavor, H.J. (1998): *Phosphate adsorption characteristics of soils, slags and zeolite to be used as substrates in constructed wetland systems*. Wat. Res. 32, 393-399.
16. Sasakova, N., Vargova, M., Venglovsky, J. (1999): *Anaerobic stabilization of the solid fraction of pig slurry amended with zeolite (Clinoptilolite)*. Slovak Veterinary Journal 24, 206-210.
17. Sudiana, I.M., Mino, T., Satoh, H., Nakamura, K., Matsuo, T. (1999): *Metabolism of enhanced biological phosphorus removal and non-enhanced biological phosphorus removal sludge with acetate and glucose as carbon source*. Wat. Sci. Tech. 39, 29-35.
18. Venglovsky, J., Pacajova, Z., Sasakova, N., Vucemilo, M., Tofant, A. (1999): *Adsorption properties of natural zeolite and bentonite in pig slurry from the microbiological point of view*. Vet. Med. 44, 339-344.

Autori:

Dr.sc. Jasna Hrenović, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Botanički zavod, Laboratorij za mikrobiologiju, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Tel:48 777 46, Fax: 48 26 260, E-mail: jasnah@zg.biol.pmf.hr



Rad 4.10.

Opasnost od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu središnje panonske regije

Stjepan Husnjak, Matko Bogunović

SAŽETAK: Erozijski proces vodom zasigurno predstavlja najznačajniji i najopasniji proces oštećenja poljoprivrednog zemljišta u Hrvatskoj, a njegove su posljedice od bitne važnosti za sveukupni gospodarski razvoj, naročito za poljoprivredu i vodno gospodarstvo.

Središnja panonska regija, jedna je od značajnijih poljoprivrednih područja u Hrvatskoj. Intenzivno korištenje poljoprivrednog zemljišta proteklih desetljeća, pri čemu se zbog raznih razloga nije vodilo dovoljno računa o mogućoj pojavi erozije tla, prouzročilo je čitav niz degradacijskih procesa vezanih uz tu pojavu. U cilju provođenja daljnje zaštite posebno kvalitetnijih poljoprivrednih zemljišnih resursa, izvršena je kartografska analiza opasnosti od erozije tla vodom u odnosu na klase pogodnosti zemljišta za obradu. U analizi su korištene sljedeće digitalne karte mjerila 1:300 000 izrađene u GIS tehnologiji: karta pogodnosti tla za obradu; karta rasprostranjenosti šuma; karta stvarnog rizika od erozije tla vodom i karta poljoprivrednih regija Hrvatske. Kartografska analiza izvršena je metodom integriranja digitalnih karata pomoću GIS alata NT Arc Info programskog paketa. Rezultati analize ukazuju na prisutnu znatnu opasnost od erozije vodom na tlima pogodnim za obradu u istraživanoj poljoprivrednoj regiji. Kako bi se kvalitetnija tla zaštitila od daljnje degradacije, s njima treba prije svega obazrivo gospodariti a zatim i provoditi adekvatne mjere zaštite od erozije u sklopu redovite biljne proizvodnje.

KLJUČNE RIJEČI: *erozija vodom, poljoprivredno zemljište, poljoprivredna regija, pogodnost tla za obradu*

Risk of Soil Erosion by Water on Agricultural Land of the Central Pannonian Region

SUMMARY: Soil erosion by water is certainly the most significant and most dangerous process that causes damage to agricultural land in Croatia, with very serious implications for the overall economic development, particularly for agriculture and water management.

The central Pannonian region is one of the major agricultural regions in Croatia. Intensive use of agricultural land in the past decades when insufficient attention was paid to the possible occurrence of soil erosion for various reasons led to a series of erosion-related degradation processes.

Aimed at further protection of good-quality farmland resources, cartographic research was done into soil erosion risks with respect to land suitability classes.

The following digital maps, scale 1:300 000, made in the GIS technology, were used: soil suitability map; forest distribution map; map of the real risk of soil erosion by water and map of agricultural regions of Croatia. The research was done by the method of digital map integration using the GIS tools of the NT Arc Info program package.

Research results point to a substantial risk of erosion by water on soils suitable for cultivation in the studied agricultural region. To protect good-quality soils from further degradation, they should be first of all managed very carefully and then adequate erosion prevention measures should be applied as part of regular plant production.

KEYWORDS: *erosion by water, agricultural land, agricultural region, soil suitability*

1. UVOD

Središnja panonska regija zauzima površinu od 642 073 ha a obuhvaća područje Brodsko-posavske, Požeško-slavonske i Virovitičko-podravske županije. Predstavlja zemljopisni dio zapadne Slavonije, Podravine i središnje Hrvatske, odnosno područje Bilogore i središnje Posavine, slika 1.



Slika 1: Položaj središnje panonske poljoprivredne podregije

Na tom području uočljiva je stanovita pravilnost u geomorfologiji. Uz doline rijeka prostiru se najniže holocenske zaravni, građene iz višeslojnih aluvijalnih taložina. Uz spomenute holocenske ravni nastavljaju se pleistocenske zaravni pretežno građene od lesnih naslaga starijih i mlađih stadijala glacijacije, od kojih su maramorirane ilovače (les wurm 2 stadijala) najzastupljenije na istraživanom području. Ova terasa ispresijecana

je brojnim drenažnim jarcima i bujičnim vodotocima. U središnjem dijelu istraživane regije izdižu se srednjeslavonska gorja (Dilj gora, Krndija, Papuk i Psunj) i pripadajući sjeverni obronci Bilogore.

Središnja panonska regija, jedno je od najznačajnijih poljoprivrednih područja u Hrvatskoj. Intenzivna poljoprivredna proizvodnja je u ovoj regiji vrlo raširena, pri čemu povoljni edafski i klimatski uvjeti pogoduju i njezinom daljnjem širenju. Na holocenskim i pleistocenskim terasama dominira intenzivna ratarska proizvodnja, dok su na povišenijim položajima i nagibima povoljniji uvjeti za voćarstvo i vinogradarstvo.

Kako bi navedena intenzivna poljoprivredna proizvodnja bila i dalje moguća, nužno je pored ostalog voditi računa i o mogućoj degradaciji tla pod utjecajem različitih erozijskih procesa. Intenzivno korištenje poljoprivrednog zemljišta proteklih desetljeća, pri čemu se zbog raznih razloga nije vodilo dovoljno računa o mogućoj pojavi erozije tla, prouzročilo je čitav niz degradacijskih procesa vezanih uz tu pojavu, Bašić i sur. (2001). Zajedničko obilježje tala na većim nagibima ove regije je njihova velika erodibilnost koja se javlja kao posljedica nepovoljnih značajki tala, kao što su visoki sadržaj praha, nestabilna struktura, sklonost formiranja pokorice, konstantno smanjivanje sadržaja organske tvari, itd. Erozijsku naručito potencira neadekvatna obrada tla u smjeru nagiba terena kao i pravac redova nasada vinograda i voćnjaka.

Posljedice erozije tla vodom od bitne su važnosti za općenito sveukupni gospodarski razvoj, ove regije, posebice za poljoprivredu i šumarstvo. Primarne posljedice javljaju se kao gubitak tla, to jest odnošenje oraničnog sloja tla na obradivim površinama ili površinskog humusnog ili/ni nižih horizonta na ostalim površinama, čime se smanjuje produktivnost i prinosi, smanjuju se površine za biljnu proizvodnju, dolazi do oštećenja usjeva, smanjuje se dubina tla, itd. Sekundarne posljedice javljaju se kao porast čestica praha u kanalima, rijekama, jezerima i akumulacijama, zagađenje površinskih i podzemnih voda prouzročeno odnošenjem gnojiva i pesticida s česticama tla.

Kako bi se sačuvali postojeći zemljišni resursi i zaštitili od daljnjeg oštećenja erozijom, neophodno je prvo utvrditi prostornu rasprostranjenost tla s klasama opsnosti od erozije vodom, temeljem čega se zatim mogu planirati i provoditi adekvatne mjere zaštite poljoprivrednog zemljišta. Kao prilog navedenom, u radu prikazujemo rezultate kartografskih istraživanja opasnosti od erozije tla vodom u središnjoj panonskoj poljoprivrednoj regiji.

2. METODIKA ISTRAŽIVANJA

U kartografskoj analizi korišteno je više karata izrađenih u digitalnom obliku prema sljedećem: Karta pogodnosti tla za obradu RH (Bogunović i sur., 1996), Karta rasprostranjenosti šuma u Hrvatskoj (Husnjak, 1999), Karta stvarnog rizika od erozije tla vodom (Husnjak, 2000) te Karta poljoprivrednih regija (Bašić i sur., 2002).

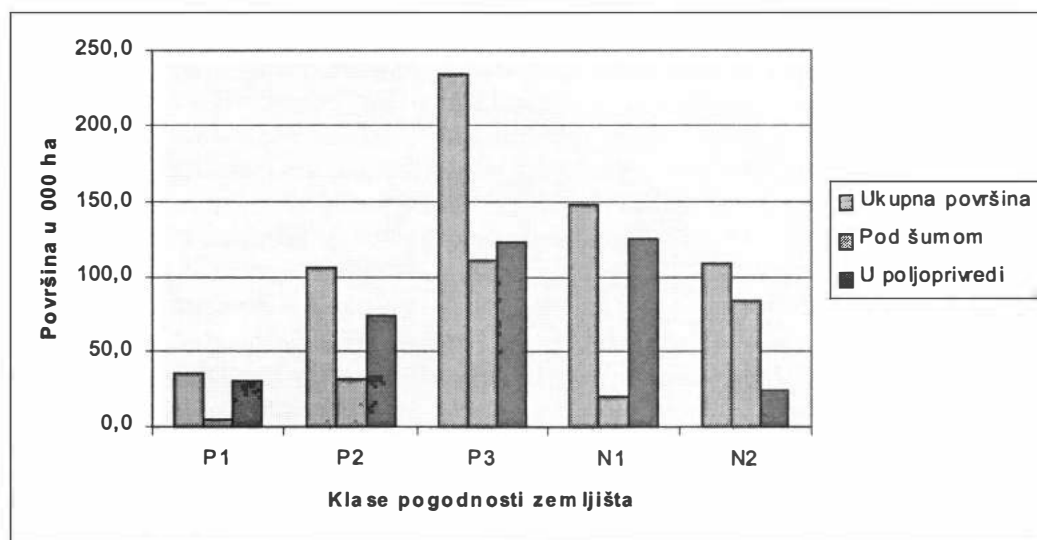
Prostorne nalize su izvršene metodom integriranja digitalnih karata pomoću GIS alata NT Arc Info programskog paketa (ESRI, 1998).

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1. Pogodnost tla za obradu poljoprivrednog zemljišta

Integracijom digitalnih karti pogodnosti tla za obradu i rasprostranjenosti šuma, izrađena je tematska karta pogodnosti tla za obradu van šuma odnosno u poljoprivredi. Daljnjom obradom te karte izvršena je inventarizacija površina temeljem čega je utvrđeno da

ukupna površina tala pod šumom iznosi 2520313 ha (40%) a u poljoprivredi 378 357 ha (60%). Od ukupne površine dobro obradivih tala (ili tla P-1 klase pogodnosti) najveći dio ili 30 362 ha (86.5%) se nalazi u poljoprivredi dok se svega 4 750 ha (13.5%) nalazi pod šumom. Umjereno ograničeno obradiva tala (ili tla P-2 klase pogodnosti) u poljoprivredi se nalaze na 74 443 ha (70%) dok se 31316 ha (30%) nalazi pod šumom. Od ukupne površine ograničeno obradivih tala (odnosno tla P-3 klase pogodnosti), 122 816 ha (52.5%) nalazimo u poljoprivredi a 111 223 ha (47.5%) nalazimo pod šumom. Od privremeno nepogodnih tla za obradu najveći dio također otpada na tla u poljoprivredi i to 125 994 ha (85.6%) dok se svega 21 274 ha (14.4%) tih tala nalazi pod šumom. Ovi podaci ukazuju na postojanje značajnijih zemljišnih resursa na kojima trenutno nije u potpunosti moguće organizirati ekonomičnu intenzivnu poljoprivrednu proizvodnju zbog različitih razloga, iako predstavljaju vrijedne rezervne zemljišne resurse čija se ograničenja mogu raznim meliracijskim zahvatima otkloniti te time prevesti ova tla u pogodna za poljoprivrednu proizvodnju. Trajno nepogodnih tala za obradu, kao što se to moglo i pretpostaviti, najviše nalazimo pod šumom i to 83 755 ha (77.2%) a u okviru poljoprivrednih pašnjaka i livada 24 742 ha (22.8%), graf 1.



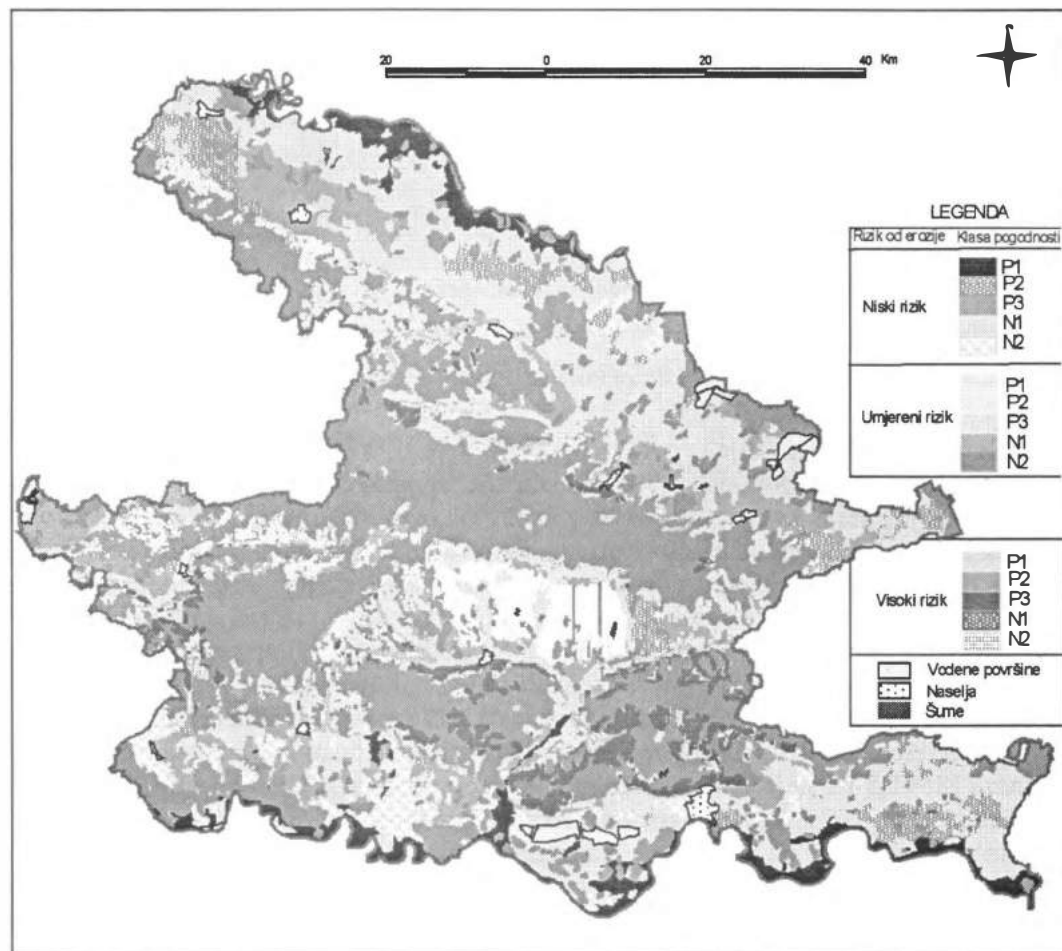
Graf 1: Površina klasa pogodnosti tla za obradu u odnosu na način korištenja

Od tala u poljoprivredi, najveću površinu zauzimaju privremeno nepogodna tla (N1 klasa-33.3%), zatim ograničeno obradiva tla (P3 klasa-32.5%), umjereno ograničeno obradiva tla (P2 klasa-19.7%), dobro obradiva tla (P1 klasa-8.0%) te trajno nepogodna tla (N2 klasa-6.5%).

3.2. Odnos klasa pogodnosti poljoprivrednog zemljišta za obradu i klasa stvarnog rizika od erozije tla vodom

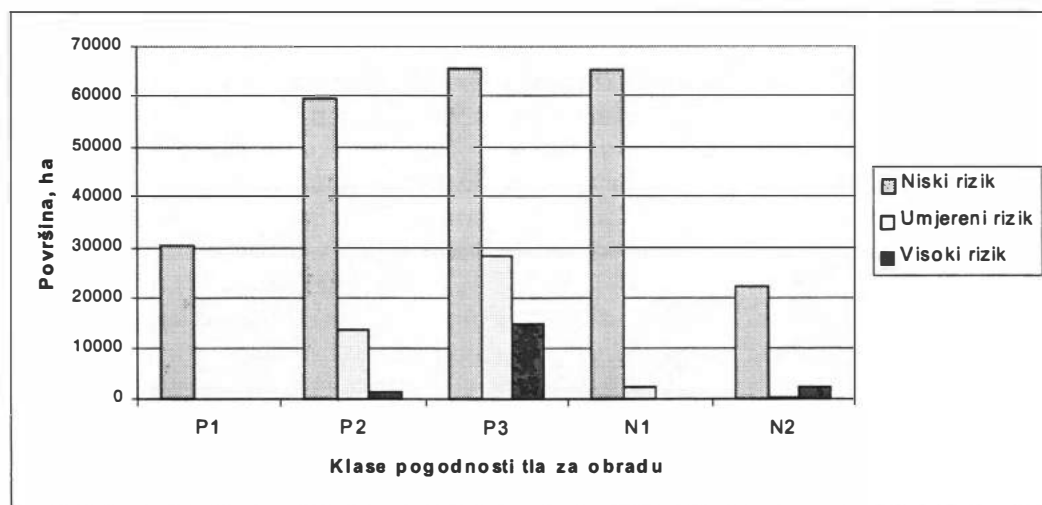
Integriranjem karte pogodnosti tla za obradu poljoprivrednog zemljišta i karte stvarnog rizika od erozije tla vodom, moguće je izraditi više tematskih karata na kojima se onda mogu izdvojiti i prikazati pojedine klase stvarnog rizika od erozije tla vodom u ovisnosti o pojedinoj klasi pogodnosti tla za vodu. Na temelju takve integrirane karte koja je

prikazana na slici 2, izvršena je i inventarizacija površina klasa stvarnog rizika od erozije tla vodom u odnosu na pojedine klase pogodnosti tla za obradu, temeljem čega je utvrđeno da se na najvećem dijelu ili na 83.2% poljoprivrednog zemljišta središnje panonske regije javlja niski stvarni rizik od erozije, na 11.9% umjereni te na 4.9% visoki.



Slika 2: Rizik od erozije u odnosu na klase pogodnosti tla za obradu poljoprivrednog zemljišta

Najveći dio niskog rizika utvrđen je kod privremeno nepogodnih tala (39.2%), zatim kod ograničeno pogodnih (25.2%), umjereno pogodnih (18.9%) te dobro pogodnih tala (9.6%), dok je najmanji dio utvrđen kod trajno nepogodnih tala. Umjereni rizik od erozije najzastupljeniji je kod ograničeno pogodnih tala (63.2%), umjereno ograničeno pogodnih tala (30.5%) te privremeno nepogodnih tala (5.6%), dok su kod dobro pogodnih i trajno nepogodnih tala te površine zanemarive. Najveći dio visokog rizika od erozije utvrđen je kod ograničeno pogodnih (80.5%), trajno nepogodnih (12%) i umjereno ograničeno pogodnih tala (7%), graf 2.



Graf 2: Površina klasa pogodnosti tla za obradu u odnosu na klase rizika od erozije tla vodom

Premda je na najvećem dijelu poljoprivrednog zemljišta ove regije (314926,8 ha ili 83,2%) utvrđena prisutnost niskog rizika od erozije, upozoravamo da se i na tom području javlja erozija, prije svega kao «kišna erozija» (*torencijalna ili splash erozion*) prouzrokovana efektom «bombardiranja» ili razaranja tla kapima jakih kiša. Često dijeluje vrlo polagano, stoga ju je teško prepoznati a zbog čega joj se ne pridaje dovoljno velika važnost u praksi. Na nagibima većim od 3% počinje se i na tom području javljati i plošna (*površinska ili sheet erosion*) erozija. Na područjima poljoprivrednog zemljišta s umjerenim rizikom od erozije (44738,7 ha ili 11.9% poljoprivrednog zemljišta) najveću opasnost izaziva plošna erozija a zatim brazdasta (*rill erosion*) i kišna erozija. Na dijelu poljoprivrednog zemljišta na kojemu je utvrđena prisutnost visokog rizika od erozije tla vodom (18691,5 ha ili 4.9%), plošna erozija predstavlja također najveću opasnost, a zatim brazdasta i jaružna (*gully erosion*) erozija. Pored toga i ovdje se javlja kišna erozija koja se zapravo javlja na svim tlama, naručiti na onima koja se obrađuju.

Kako se sa sigurnošću može pretpostaviti da se veći dio pogodnih tala u ovoj regiji obrađuje, ukupna površina pogodnih tala s umjerenim i visokim rizikom od erozije a koja iznosi 58 378.8 ha, ukazuje na znatnu opasnost od erozije tla vodom na obradivom zemljištu ove regije. Kako bi se posebno spomenuta takva kvalitetnija tla zaštitila od daljnje degradacije, s njima treba prije svega obazrivo gospodariti a zatim i provoditi adekvatne mjere zaštite od erozije u sklopu redovite biljne proizvodnje.

4. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani rezultati kartografskih analiza rizika od erozije tla vodom u odnosu na pogodnost poljoprivrednog zemljišta za obradu u središnjoj panonskoj regiji. U okviru toga utvrđena je površina i prostorna rasprostranjenost pojedinih klasa pogodnosti. Za navedene klase pogodnosti utvrđena je zatim opasnost od erozije tla vodom temeljem čega je izvršena inventarizacija površina. Kako se sa sigurnošću može pretpostaviti da se najveći dio pogodnih tala u ovoj regiji obrađuje, utvrđena površina pogodnih tala s umjerenim i visokim rizikom od erozije koja iznosi 58 378.8 ha, ukazuje na prisutnu znatnu opasnost od erozije tla vodom na poljoprivrednom zemljištu. Kako bi se

spomenuta posebno takva kvalitetnija tla zaštitila od daljnje degradacije, s njima treba prije svega obazrivo gospodariti a zatim i provoditi adekvatne mjere zaštite od erozije u sklopu redovite biljne proizvodnje.

5. LITERATURA

- Bašić, F., i sur. (2002): Regionalizacija hrvatske poljoprivrede. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za opću proizvodnju bilja, 274 str.
- Bogunović, M., i sur. (1996): Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske i njena uporaba. Agronomski glasnik, 5-6, str. 363-399.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute), 1998: NT ArcInfo – The Arc Info Method Understanding GIS. Environmental Systems Research Institute (ESRI) Inc., Redlands, Asn Diego, CA, USA, 1998.
- Husnjak, S. (1999): Digitalna karta rasprostranjenosti šuma u Republici Hrvatskoj mjerila 1:300 000. CD, arhiva Zavoda za Pedologiju na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.
- Husnjak, S., i sur. (2000): Istraživanje rizika od erozije tla vodom u Hrvatskoj - II faza: Potencijalni i stvarni rizik. Hrvatske vode, godina 9, br. 34, str. 31-45, Zagreb.
- Husnjak, S. (2000): Procjena rizika erozije tla vodom metodom kartiranja u Hrvatskoj. Disertacija, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 142 str.

Autori:

Doc.dr.sc. Stjepan Husnjak

Prof.dr.sc.Matko Bogunović

Zavod za pedologiju, Agronomski fakultet, 10000 Zagreb

Hrvatska

E-mail: shusnjak@agr.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.11.

Akumulacija Ričice

Darko Ivičić, Ante Pavičić, Renato Buljan

SAŽETAK: Akumulacija Ričice ostvarena je izgradnjom brane visine 45 m na povremenom vodotoku Ričina sjeverno od Imotskog. Najveći dio zaplavnog prostora izgrađuju u cjelini nepropusne do slabo propusne naslage (lapori, laporoviti vapnenci i pješčenjaci). Zaplavni prostor je izgrađen u najvećoj mjeri od prominskih naslaga; kompleksa lapora, laporovitih vapnenaca i pješčenjaka. Propusni vapnenci i vapnenačke breče izgrađuju više dijelove desnog boka u predjelu brane i najuzvodniji dio akumulacije. S obzirom da postoje znatni gubitci vode iz akumulacijskog prostora potrebni su radovi radi tehničkog rješenja sprječavanja gubitaka. Tektonska ispucalost i razlomljenost, pukotine, kanali, kaverne i dr. potenciraju propusnost karbonatnih naslaga. Strukturno-tektonskim snimanjem akumulacijskog prostora ustanovljeno je da su pojedini dijelovi predisponirani za moguće podzemno otjecanje vode u smjeru Imotskog polja. Putevi nisu razrađeni u smislu privilegiranih tokova, već se radi o propusnim zonama.

KLJUČNE RIJEČI: akumulacija, vododrživost, otješnjenje

The Ričice Reservoir

SUMMARY: The Ričice reservoir was impounded by construction of a 45 m high dam on the intermittent Ričina river course north of the town of Imotski. The most part of the flooded area consists of low permeable rocks (marls, marl limestones and sandstones). Permeable limestone and limestone breccia are located in several places along the right flank, near the dam and in the furthest upstream section of the reservoir. There is considerable water loss from the reservoir; therefore further investigations are necessary in order to produce technical solutions to prevent these losses. Tectonic fractures and fissures, joints, ducts, caverns and other features further intensify the permeability of the carbonate deposits. Structural and tectonic survey of the reservoir area has shown that some parts might be sites of underground water drain towards the Imotsko Polje field. These are permeable zones so the water discharge routes are not detailed in the sense of the privileged flows.

KEYWORDS: reservoir, permeability, sealing

1. UVOD

Akumulacija Ričica ostvarena je u dolinskom prostoru povremenog vodotoka rijeke Ričine i njene pritoke Vrbice izgradnjom nasute brane jugozapadno od sela Majići. Maksimalna usporna kota je predviđena na 401m, a ukupni volumen kod te visine iznosi 35.18 hm³.

Smještena je na klastičnim prominskim naslagama i malim dijelom na eocenskim karbonatnim naslagama, pa je u najvećoj mjeri ocijenjena vododrživom sredinom. U projektnoj dokumentaciji ukazano je na područja mogućih gubitaka vode, no nije izvedeno

otješnjenje tih dijelova terena. Tijekom eksploatacije objekta ustanovljeni su gubici vode iz akumulacijskog prostora u znatno većoj mjeri od očekivanih, pa se izradio program radova za njihovo kvantificiranje i rješenje za njihovo sprečavanje ili ublažavanje. Pretpostavlja se, da se voda gubi u karbonatnom dijelu akumulacije, u širem području desnog boka pregrade i u najuzvodnijem dijelu akumulacije u kanjonu Ričine.

Akumulacija se puni vodom koja dotječe povremenim vodotokom Ričine i njenim desnim pritokom Vrbicom i slijevanjem s flišnih naslaga lokalnog sliva.

Da bi se upotpunile spoznaje o hidrogeološkom položaju akumulacije, kvantificirali gubici i utvrdila eventualna mjesta koncentriranih otjecanja:

-izvršena su geofizička istraživanja u području spomenutih karbonatnih dijelova akumulacijskog prostora: geoelektrično profiliranje, kartiranje vlastitog potencijala i geoelektrično sondiranje. Ovim radovima željelo se dobiti podatke o područjima mogućeg jačeg procjeđivanja vode i time usmjeriti lociranje istražnih bušotina.

- izvedeno je pet pijezometarskih bušotina ukupne dubine od 300m, dvije na desnom boku pregradnog područja i tri na poprečnom profilu kanjonskog dijela akumulacije. Bušotine su jezgroane po cijeloj dubini.
- vodopropusnost je ispitana na svim bušotinama u etažama od po pet metara. Dobiveni rezultati su djelomično potvrdili očekivanja, jer geofizičkim istraživanjima dobivene (interpretirane) razlomljene zone iskazale su osjetno manju vodopropusnost, čemu u stanovitoj mjeri razlog treba tražiti i u nepridržavanju izvodaču postavljenih tehničkih uvjeta.
- izvršeno je i rekognosciranje cjelokupnog kvašenog prostora akumulacije nakon ispuštene vode (osim potopljenog "mrtvog" prostora). Pregledan je torkretirani dio desnog boka i snimljena su oštećenja. U području kanjonskog dijela akumulacije registrirane su brojne pukotine.
- detaljno je praćena razina vode u akumulaciji i u pijezometarskim bušotinama u vrijeme ispuštanja vode kao i u vrijeme ponovnog punjenja akumulacije.
- izvršeno je trasiranje podzemne vode iz bušotine BR-2 radi utvrđivanja podzemne veze voda područja akumulacije (gubici vode u desnom boku pregradnog mjesta) s vodnim pojavama u Imotskom polju, koje je smješteno ispod karbonatnog grebena približno za 100m niže od dna akumulacije, na udaljenosti od cca 3 km. .

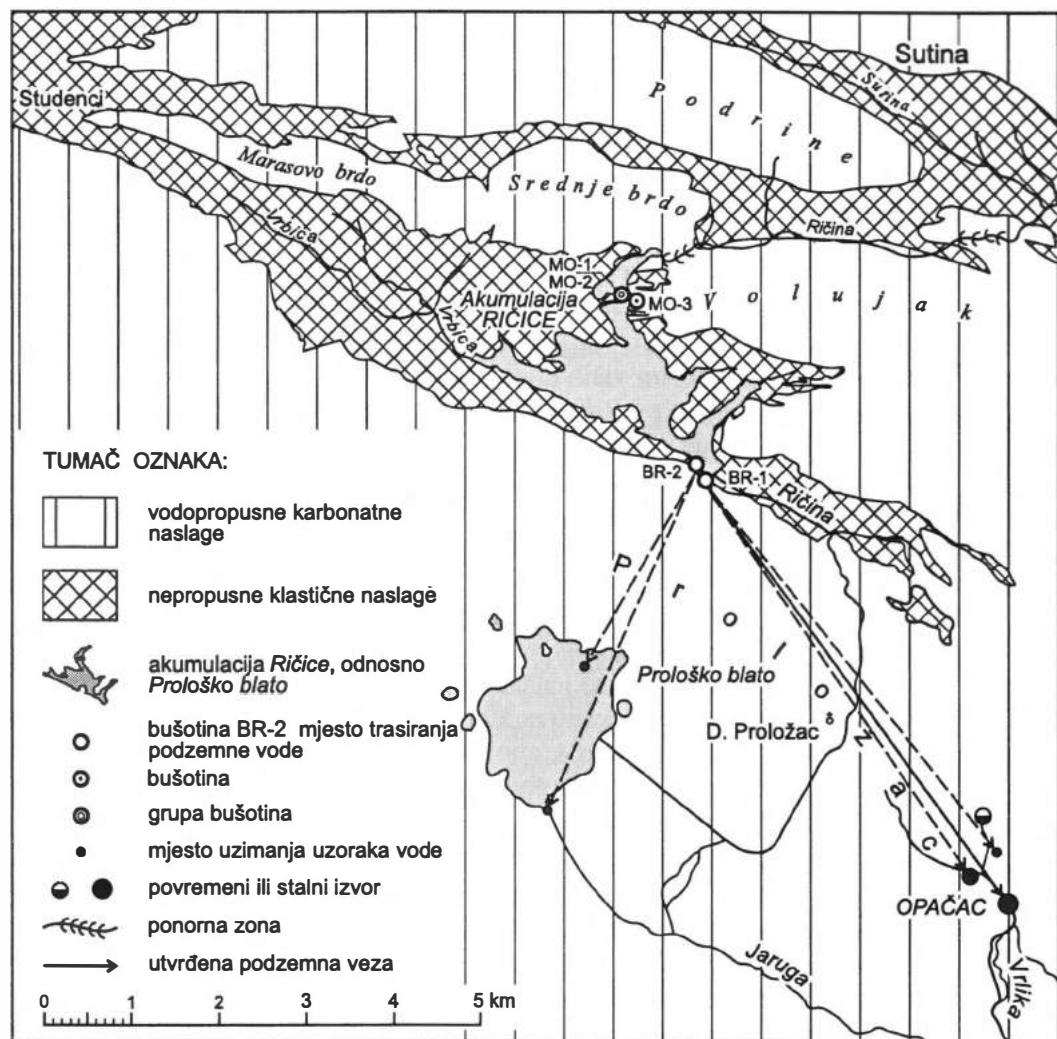
Tijekom hidrogeoloških istražnih radova naročita se pozornost posvetila strukturno-tektonskom kartiranju dijela terena izgrađenog od karbonatnih stijena. Detaljno su kartirani desni pregradni bok, lijevo priobalje središnjeg dijela (karbonatne "grede") i šire područje predjela "kotao", ali je i ostali dio šireg akumulacijskog prostora "pokriven" strukturno-tektonskom kartom.

Iz prethodnih istraživanja nema podataka o razini podzemne vode u tom karbonatnom dijelu terena iako je naglašeno da je akumulacija "viseća", to jest da je njena vododrživost bazirana na nepropusnim naslagama koje "leže" na propusnim karbonatima.

2. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE NASLAGA I NJIHOVA FUNKCIJA U TERENU

Hidrogeološke karakteristike stijena šireg akumulacijskog prostora Ričice ocijenjene su prema litološkom sastavu naslaga, stupnju deformacija stijena na površini, vodnim i morfološkim pojavama i podacima dobivenim istražnim bušenjem na području brane i pribranskih objekata.

Projektiranje i ostvarenje akumulacije Ričice omogućili su prirodni uvjeti u širem području istoimenog naselja, u dolinskom prostoru povremenog vodotoka Ričine i njene pritoke Vrbice. U prilogu je prikazana shematizirana hidrogeološka karta, na kojoj su izdvojene nepropusne i propusne naslage.



Slika 1: Shematizirana hidrološka karta

Do visine predviđenog uspora od 401,00m teren je izgrađen u najvećoj mjeri od prominskih naslaga: kompleksa lapora, laporovitih vapnenaca i pješčenjaka. U cjelini ove naslage su označene kao **nepropusne**, tek lokalno je površinski rastresiti pokrivač jače ili slabije propustan, obično do male dubine, odnosno do nepropusne laporovite podloge koju prekriva. Spomenute nepropusne naslage izgrađuju donji dio akumulacijskog prostora, dno i bokove doline Ričine nizvodno od Parlova, dolinu Topalušića i južno od nje duboko usječenu jarugu koja se nakon gotovo kilometarskog pružanja u smjeru sjeveroistoka formira iz lepezasto usječenih brojnih vododerina u

blaže položenom terenu. Lapor i izgrađuju i cijelu dolinu Vrbice i njene padine u zapadnom i sjeverozapadnom uzvodnom dijelu akumulacije i prostiru se daleko iznad predviđenog uspora vode.

U **nepropusne naslage** uvršteni su bazalni brečokonglomerati i laporoviti vapnenci iz sastava prominskih naslaga. Nalaze se u desnom boku pregradnog profila gdje sežu i ispod predviđene kote uspora i gdje, u slučaju da su lokalno više vapnenačkog sastava, njihov direktan kontakt s vodom akumulacije može uzrokovati njezino procjeđivanje (gubitke vode).

Kontakt bazalnih brečokonglomerata i laporovitih vapnenaca s laporima u najvećem dijelu padine je prekriven obrončanim nanosom i siparom, a prema starijim foraminiferskim vapnencima nije definiran po cijeloj padini zbog nepristupačnosti stijenskih litica. Granica prema eocenskim vapnencima mjestimično je markirana pojavom boksita, pa i na samom mjestu brane gdje su niži dijelovi boksita (neposredno iznad brane i uz pristupnu cestu "zaštićeni" prskanim betonom-torkretom).

Kao **propusne naslage** izdvojene su karbonatne naslage iz prominske serije i foraminiferski vapnenci koji, osim viših dijelova desnog boka, izgrađuju i morfološki istaknuti "greben" koji se pruža od Ričica na istok i suzujući se "prelazi" sjeverno od Parlova na lijevu padinu Ričine. Cca 250m sjevernije i uzvodno, u dužini od oko 500m, korito Ričine je usječeno u karbonatima i to ponovno u laporovitim vapnencima iz prominske serije i eocenskim vapnencima. Tektonska ispucalost i razlomljenost, te brojne pukotine i kaverne potenciraju propusnost spomenutih naslaga.

U **propusne naslage** uvršteni su također riječni i obrončani nanosi, nevezani i konsolidirani sipar. U cjelini ove naslage nemaju veći značaj jer su male debljine, a vodopropusnost im ovisi ovisno o litološkom sastavu i debljini, i o sastavu i karakteru podloge na kojoj su istaloženi. Ako se nalaze na nepropusnim laporima onda im je i hidrogeološka funkcija vezana za funkciju podloge, bez obzira što one propuštaju vodu, pa u cjelini predstavljaju nepropustan kompleks naslaga. Ukoliko su istaloženi na karbonatnoj podlozi onda zajedno predstavljaju propusnu sredinu.

Ponavljamo, prominske nepropusne naslage akumulacijskog prostora Ričica predstavljaju najvećim dijelom **nepropusno dno**, a tamo gdje su nepropusne naslage male širine i debljine i položajno iznad erozijske baze predstavljaju **nepotpunu** ili "**visecu**" barijeru. U cjelini gledano prostor akumulacijskog bazena unutar šireg dijela slivnog područja, predstavlja "**viseću**" barijeru.

Ričina je glavni recipijent koji prikuplja površinske vode od Tribistova, Posuškog i Virskog polja i odvodi ih prema Imotskom Polju. Izgradnjom akumulacije Ričica vodotok nizvodno od brane praktički više i ne postoji. Njegov gornji tok je također znatno smanjen ostvarenjem akumulacije na Tribistovu, kao i retencije Rastovača, pa vodu Ričini daju povremeni potoci od Posušja do Podbile. To su njezini desni pritoci Studeni potok, Žukovica i Sutina, a lijevim pritokom Topalom dreniraju se vode iz područja Bročanca, Posušja i iz retencije Rastovaca.

U većem dijelu godine svi spomenuti vodotoci presuše, a dreniranje se vrši podzemno u znatno složenijim uvjetima. U karbonatnim naslagama tečenje podzemnih voda odvija se duboko ispod dna akumulacije, ovisno o položaju litološko-strukturnih barijera i njihovom hipsometrijskom odnosu. U sklopu šireg prostora podzemna voda se "kreće" prema jugu i jugozapadu, prema krajnjoj erozijskoj bazi, dolini Neretve i moru. Za očekivati je da i podzemna voda u karbonatima oko Ričice ima gradijent u tom smjeru,

to jest prema izvorima u sjevernom dijelu Imotskog polja (kod visokih voda) a ispod polja u vrijeme niskih voda.

Drugi «tip» podzemne vode nalazi se u kvartarnim naslagama i pripovršinskom dijelu klastičnih naslaga. Pojavljuje se na površini u obliku malih, pretežno povremenih izvora. Vodom akumulacije Ričica potopljeno je nekoliko malih (procjednih) izvora na padinama kod Topalušica i izvor Stupa cca 300m uzvodno od brane uz desnu stranu korita Ričine. Velika većina izvora u klastitima nalazi se hipsometrijski znatno više od usporne kote u akumulaciji.

Radi ocjene veličine gubitaka vode iz akumulacije, unešeni su podaci svakodnevnog mjerenja u računalu, a na bazi “očitanih” 3600 točaka s karte M 1:5000 izračunat je volumen akumulacijskog prostora i simulirane veličine (količine) za svaki centimetar stupca vode. Izvršena je procjena gubitaka kroz dnevno spuštanje razine vode u akumulaciji od 2, 3 ili 4 cm u ovisnosti o vodostajima. Pri tom nije uzeta u obzir količina vode koja se ispari sa slobodne površine jezera. Dobivena je vrijednosti od 200 do 800 l/s “izgubljene” vode, ovisno o veličini kvašenog dijela akumulacijskog prostora, odnosno razine vode u jezeru.

S obzirom na znatne gubitke iz akumulacije, Hrvatske vode, vodnogospodarski odjel u Splitu inicirali su izradu opsežnog programa istraživanja, koji je osim naprijed navedenih hidrogeoloških istraživanja uključivao i hidrološku obradu svih dostupnih podataka kako bi se dobile količine ulaska voda iz slivnog područja u akumulacijski prostor kao i obradu podataka višegodišnjeg mjerenja razine vode u jezeru i izračun gubitaka vode iz jezera.

Detaljnu hidrološku obradu slivnog područja akumulacije Ričice izvršio je Institut za elektroprivredu i energetiku d.d. (Žugaj & Plantić, 1997). iz kojeg prenosimo dio zaključaka: Zadatak je bio definirati količine vode koja dotječe u akumulaciju i na bazi vodne bilance akumulacije izračunati gubitke iz jezera u podzemlje. Osnovna značajka slivne površine su velike propusnosti i vrlo veliki gubici vode s karbonatne površine i iz korita rijeke u podzemlje, tako da Ričica predstavlja “... vodom najsiromašniju rijeku u Dinaridskom kršu.” Obradeni su hidrološki podaci od 1989. do 1995. godine, a nizovi se nisu produljivali, jer je izgradnjom akumulacije Tribistovo bitno promjenjeno hidrološko stanje. Izgradnjom brane u Tribistovu dio sliva je izdvojen i to dio s kojeg je sva količina padalina završavala u koritu Ričine. U spomenutom elaboratu navodi se da su prosječni srednji godišnji dotoci vode u akumulaciju Ričice za navedeno razdoblje u granicama oko 300 l/s.

Iz analiza dnevnih podataka zaključuje se da se procjeđivanjem gubi oko 50 l/s kod niskih voda u akumulaciji (375,76 m n.m.), do približno 800 l/s pri razini vode u akumulaciji od 393,60m.n.m., čime je potvrđen raniji «proračun».

U završnom dijelu zaključaka iznose se podaci prema kojima je ranije definiran prosječni dotok Ričinom iznosio oko 1,0 m³/s, a sadašnji je manji od trećine spomenute veličine - oko 300 l/s. To nisu posljedice pogrešnog proračuna (u odnosu na ulazne podatke) već je smanjeni dotok rezultat općenito manjih padalina i “odvajanja” dijela sliva izgradnjom akumulacije Tribistovo.

3. VODODRŽIVOST AKUMULACIJE

Iz hidrogeoloških odnosa vidljivo je da je vododrživost akumulacije ovisna o dijelovima terena koje izgrađuju karbonatne vodopropusne naslage u desnom boku i uzvodnom

dijelu akumulacije. Zbog toga su istražni radovi: **istražno bušenje, geofizičko ispitivanje i trasiranje podzemnih tokova** provedeni u karbonatnim dijelovima akumulacije.

Tijekom istražnih radova za ostvarenje akumulacije nije izvedena niti jedna pijezometarska bušotina ni u akumulacijskom prostoru niti izvan njega. Nema pijezometra ni u karbonatnom dijelu naslaga u području desnog boka pregradnog profila, niti u uzvodnom dijelu akumulacijskog prostora, unatoč tomu što je nakon detaljnog hidrogeološkog kartiranja predviđene akumulacije (Bojanić & Ivičić, 1978") naznačen problem vododrživosti.

Za ocjenu odnosa razine vode u akumulaciji s vodom u neposrednom zaleđu programom su predviđene piezometarske bušotine i to dvije u desnom boku uzvodno od pregrade, jedna bušotina dubine od 100m u nizvodnom dijelu korita Ričine i tri bušotine na profilu poprečno na korito Ričine, (MO-1, MO-2, MO-3) u predjelu "kotao". Bušotina nizvodno od brane, ranije izvedena, projektirana je radi definiranja dubine i nagiba kontaktne plohe karbonati-prominske naslage. Svrha piezometarskih bušotina na desnom boku pregradnog mjesta (BR-1 i Br-2) bila je ustanoviti vodopropusnost naslaga, eventualnu povezanost s vodom u akumulaciji i funkciju torkreta (dio karbonatne stijene desnog boka iznad nepropusnih lapora, "izoliran" je prskanim betonom, ali su uočena oštećenja). Prema geofizičkim pokazateljima (anomalije vlastitog potencijala), na označenim mjestima mogućeg izrazitijeg procjeđivanja podzemne vode nije bilo moguće bušiti, pa su za bušenja izabrane njima najbliže dostupne pogodne lokacije. Izvedenim bušenjem, u bušotinama je dobivena voda i to u BR-2 u istoj razini kao i u akumulaciji, a u BR-1 sa znatnim gradijentom od akumulacije. Nakon dobivenih rezultata geofizičkih istraživanja (geoelektrično sondiranje) u koritu Ričine nizvodno od brane, odustalo se od predviđene 100-metarske bušotine jer bi bušotina do dubine interpretacije "ostala" u laporovitim prominskim naslagama i ne bi dosegla kontaktnu plohu između karbonata i lapora, odnosno karbonatnu (vapnenačku) podlogu.

U sve izvedene bušotine ugrađene su pijezometarske cijevi i izvršena su kontrolna mjerenja razina podzemnih voda. Kontinuirana mjerenja su vršena u vrijeme ispuštanja vode iz akumulacije i nakon zatvaranja temeljnog ispusta.

Ispitivanje vodopropusnosti izvršeno je na svih pet bušotina i to u etažama od po 5 m počevši od kote 395 m pa na niže u trajanju od tri puta po 5 minuta, iznimno je na bušotini BR-1 prvo ispitivanje izvršeno u tri-metarskoj etaži. Mjerenja u istražnim bušotinama lociranim na mjestima iniciranim geofizičkim ispitivanjima (ne i na označenim najpovoljnijim mjestima zbog ograničavajućih faktora: postojeće prometnice, visokog i strmog pokosa u zasjeku ceste) nisu pokazivale povećanu vodopropusnost. Osim bušotine BR-2, koja je izrazito propusna iznad naslaga lapora na 383,7 m visine, u ostalim je bušotinama VDP uglavnom ispod 10 Lu.

Izvršenim trasiranjem podzemne vode iz bušotine BR-2 boja je dobivena u bušotini BR-1 i u maloj koncentraciji na izvoru Opačac (znatna količina boje ostala je u nepropusnom dijelu bojene bušotine).

Strukturno-tektonskim snimanjem karbonatnih naslaga akumulacijskog prostora evidentno je da su pojedini dijelovi predisponirani za podzemno otjecanje vode u smjeru Imotskog polja. Putevi nisu razrađeni u smislu privilegiranih tokova, već se radi o propusnim zonama.

Mjerenjima razina podzemne vode, tijekom ispuštanja vode iz akumulacije, ustanovljena je direktna ovisnost vode u pijezometrima desnog boka s razinom vode u akumulaciji.

Pijezometar BR-2 reagira samo na vodu iznad 383,7m, ispod te visine bušotina je u nepropusnim naslagama. "Ponašanje" pijezometra BR-1 je znatno složenije, a voda je u njemu za cca 12 m niža od razine vode u akumulaciji. Bitno je da postoji komunikacija vode između akumulacije i pijezometara.

Izvedenim bušotinama u karbonatnom području uzvodnog dijela akumulacije dobivene su male vrijednosti vodopropusnosti, ali i podaci da je podzemna voda znatno niža od vode u akumulaciji, pa i od dna akumulacije (nema stalnih ni povremenih krških izvora), što je značajno kod tehničkog rješenja otješnjenja.

Osnovna krška" voda nalazi se ispod dna akumulacije i niti u jednim hidrološkim uvjetima ne seže do akumulacije (nema pojava povremenih krških izvora), pa su gubici iz akumulacije nepovratni.

U vrijeme ponovnog punjenja akumulacije ustanovljeno je da se dio vode koji je dolazio Ričinom u području kotla u potpunosti gubio u podzemlje. Količine nisu kvantificirane, no neupitno je da su ti gubici u vrijeme visokih voda znatno veći.

Opća hidrogeološka slika je poznata, a daljnji istražni radovi su potrebni u fazi donošenja tehničkog rješenja za otješnjenje gubitaka kad će i programiranje radova biti u funkciji njegova ostvarenja.

LITERATURA:

1. BOJANIĆ, L., IVIČIĆ, D. (1978): Akumulacija Ričice, hidrogeološki radovi. Arhiv Instituta za geološka istraživanja, Zagreb.
2. BULJAN, R., IVIČIĆ, D., KAPELJ, S. (1997): Akumulacija Ričica, hidrogeološki istražni radovi u 1997. god. Arhiv Instituta za geološka istraživanja, Zagreb.
3. ŽUGAJ, R., PLANTIĆ, K. (1997): Hidrološke obrade za potrebe akumulacije Ričica. Arhiv Instituta za elektroprivredu, Zagreb.

Autori:

Darko Ivičić, dipl.ing.geol.

Dr.sc. Ante Pavičić, viši znan.sur.

Dr.sc. Renato Buljan, znan. sur.

Institut za geološka Istraživanja Zagreb, Sachsova 2



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 3. SVIBNJA 2003.

Rad 4.12.

Podrijetlo i prilagodbe dijatomeja morskim i slatkovodnim biotopima

Nenad Jasprica

SAŽETAK: Ekologija dijatomeja (Bacillariophyta) je dobro poznata, dok se još uvijek malo zna o njihovom podrijetlu i prilagodbi morskim i slatkovodnim biotopima. Dvije su pretpostavke o podrijetlu slatkovodnih vrsta. Prema jednoj, slatkovodne dijatomeje vode podrijetlo od morskih. Druga pretpostavka određuje dijatomeje kao monofiletsku skupinu koja potječe iz plitkih muljevitih biotopa sa izuzetno varijabilnom slanošću. Dopunjeni halobni sustav, te horohaline zone doprinose su objašnjenju mehanizama prilagodbe dijatomeja u uvjetima promjene slanosti, kao jednog od najvažnijih faktora (-barijera) koji razdvaja morske od slatkovodnih vrsta.

KLJUČNE RIJEČI: dijatomeje, biotopi, slanost, evolucija, prilagodba.

The Origin and Adaptation of Diatoms to Marine and Freshwater Biotopes

SUMMARY: The ecology of the diatoms (Bacillariophyta) is well known, but only a few papers and special works have been devoted to the problems of origin of this group of algae and their adaptation to different biotopes. There are two points of view concerning the origin of the freshwater diatoms. According to one hypothesis, freshwater diatoms originate from marine basins. The second one suggests that diatoms are a monophyletic group that originates from shallow areas with unstable salinity. The new halobe system and horohaline zones provide a better explanation of how diatoms adapt under different saline regimes – as one of the most important factors (-barriers) that distinguish marine from freshwater species.

KEYWORDS: diatoms, biotopes, salinity, evolution, adaptation

UVOD

Ekologija dijatomeja (Bacillariophyta) je dobro poznata, dok se još uvijek malo zna o njihovoj evoluciji. Najstarije dijatomeje su pronađene u sedimentima donje Jure (Round & Sims 1980), ali ima podataka o njihovoj prisutnosti u sedimentima iz donje Krede. Najstarije slatkovodne dijatomeje potječu iz srednjeg ili gornjeg Eocena, što znači da su oko 60 milijuna godina mlađe od morskih (Bradbury & Krebs 1995).

U posljednje vrijeme često se raspravlja o prilagodbi dijatomeja morskim i slatkovodnim biotopima. U ovom radu donosi se pregled novijih spoznaja o podrijetlu i načinima prilagodbe dijatomeja u slatkovodnim, bočatim i morskim ekosustavima.

PODRIJETLO SLATKOVODNIH DIJATOMEJA

Danas su aktualne dvije hipoteze o podrijetlu slatkovodnih dijatomeja. Skabitchevskii (1981) je pokušao objasniti kako su morske vrste naselile slatkovodne bazene. U tom su slučaju morske i/ili bočate vrste morale svladati barijeru niske slanosti, a za to nisu bile sposobne sve vrste unutar velikog odjela Bacillariophyta. Khursevich (1992) je pokušala objasniti taj fenomen na primjeru porodice *Coscinodiscophyceae*, ali je filogenetske odnose između morskih i slatkovodnih vrsta dokazala svega na nekoliko rodova. Glavnina slatkovodnih rodova nastalih u Neogenu nemaju izravnih morskih srodnika, dok mnogi recentni morski rodovi (npr. *Thalassiosira* Cl., *Chaetoceros* Ehr.) imaju pojedine slatkovodne predstavnike.

Drugu hipotezu zastupaju Round & Sims (1980), tvrdeći kako su dijatomeje monofiletska skupina, a potječu iz plitkih muljevutih biotopa sa izuzetno varijabilnom slanošću. To znači da su se slatkovodne i morske vrste razvijale neovisno.

OSNOVE KEMIJSKE ZNAČAJKE MORA I SLATKIH VODA

Raspravljati o podrijetlu i ekologiji slatkovodnih i morskih dijatomeja nije moguće bez usporedbe osnovnih značajki ekosustava u kojem žive (Tab. 1). More je složen ekosustav u kojem dominiraju soli Cl i Na, a slanost varira između 3-5 psu do 42-45 psu. U tom rasponu slanosti, ionski sastav je konstantan (tzv. Knudsenov ekvilibrij). Slatkovodni ekosustavi su mnogo složeniji od morskih. Dijatomeje u slatkim vodama moraju svladati osmotski tlak, mogući toksični učinak izmjene ionskog sastava (rapički faktor) i pH. Zbog toga su slatkovodne dijatomeje morale razviti efikasnije mehanizme prilagodbe od onih u oceanima.

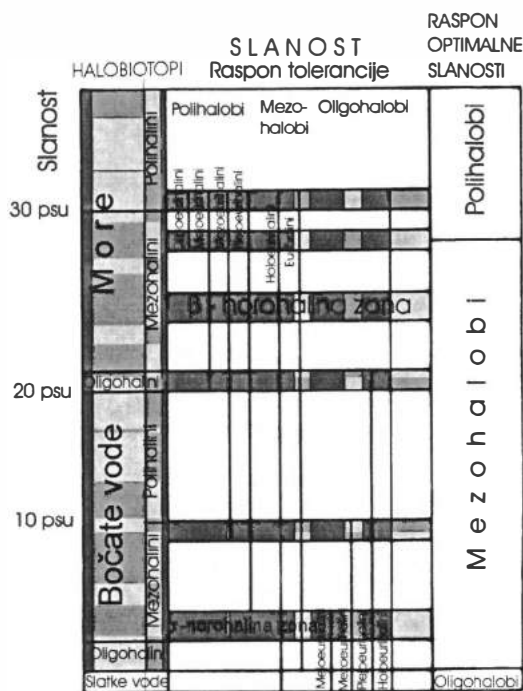
Tablica 1. Kemijski sastav morske i slatke vode (% ukupne koncentracije soli)*.

MORE (5-45 PSU)		SLATKE VODE (0.01-0.5 PSU)	
	%		%
CL ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻		HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ²⁻ >CL ⁻	
NA ⁺ >MG ²⁺ >CA ²⁺		CA ²⁺ >MG ²⁺ >NA ⁺	
KLORIDI	88.64	KLORIDI	5.5
SULFATI	10.80	SULFATI	9.9
KARBONATI	0.34	KARBONATI	60.1
ORGAN. KOMPONENTE		ORGAN.	
N, P, SI	0.22	KOMPONENTE	24.5
		N, P, SI	

* prema Strelnikova i Lastivka (1996).

HALOBNI SUSTAV I HOROHALINE ZONE

Mehanizme prilagodbe dijatomeja u uvjetima promjene slanosti - jednog od najvažnijih faktora-barijera koje razdvajaju morske od slatkovodnih vrsta, objašnjavaju nam halobni sustav i horohaline zone. Najstariji halobni sustav razvio je Kolbe (1927), kojeg su doradili Hustedt (1939, 1953), te Proschkina-Lavrenko (1963) koji se još uvijek često rabi. Simonsen (1962) razvija tzv. Hustedt-Simonsenov sustav u kojem je dijatomeje, prema optimalnoj slanosti, podijelio u tri skupine: oligohalobne, mezohalobne i polihalobne (Sl. 1). Pomoću toga sustava moguće je objasniti prisustvo vrsta svih triju skupina u morskoj vodi s niskom slanošću.



Slika 1. Halobni sustav i horohaline zone (prilagođeno prema Khlebovichu 1989).

Khlebovich (1974) je uveo pojam «krtične slanosti» (5-8 psu i 22-26 psu) koji razdvaja morsku od kontinentalne flore i faune. U tom rasponu slanosti mnoge biološke, ekološke, fiziološke i hidrokemijske značajke češće se naglo mijenjaju nego postupno. Kada organizam (stanica) iz slatkovodnog susatava prijeđe u bočati te svlada slanost 5-8 psu, dolazi do promjena u njegovim metaboličkim procesima. Značaj te barijere slanosti dovela je do razvoja još jednog pojma u ekologiji – horohalnih zona (Khlebovich 1989). Raspon slanosti 5-8 psu označen je kao α -horohalina zona. Jedna je od bioloških konstanti jer koncentracija iona u tom rasponu ima sličan utjecaj na sve organizme. β -horohalina zona odgovara rasponu slanosti 22-26 psu, te sprečava prolaz oceanskih vrsta prema bočatim vodama.

Uspoređujući halotoleranciju plejoeurihalinih polihalobnih vrsta i mejeurihalinih oligohaloba u bočatim vodama unutar α -horohaline zone, uočiti ćemo kako je ona potpuno jednaka. Granica tolerancije oligoeurihalinih polihaloba poklapa se s β -horohalinom zonom. α -horohalina zona u kontinentalnim vodama, gdje su promjene slanosti 9-11 psu, je gornja granica rasprostranjenosti mejeurihalinih polihaloba i oligohaloba. Tako je Simonsenov sustav primjenjiv na sve organizme.

Porast dotoka slatke vode rijekama s kopna u zatvorena mora, povećava mogući utjecaj rapičkog faktora. Njegov utjecaj na dijatomeje još uvijek nije dovoljno istražen. Nedavna istraživanja koja su provedena u Rusiji (Jafarova 1992), pokazala su kako morske vrste «pamte» optimalnu slanost sredine iz koje vode podrijetlo. Npr., neke vrste dijatomeja iz mora s visokom slanosti nisu rasle u mediju pripravljenom iz Crnog mora, iako je koncentracija NaCl bila optimalna. Vrsta *Ditylum brightwellii* (West.) Gran. nije rasla u mediju iz Kaspijskog mora, ali je rasla u mediju iz Bijelog mora, jer je ionski sastav voda Crnog i Bijelog mora sličan.

Mezohalobi su vrste s najvećom sposobnošću prilagodbe. Filogenetski su najstarija skupina, a njihov razvoj odvijao se u tri pravca. Prva skupina naseljavala je slatkovodne ekosustave,

a te su vrste tamo zadržale sposobnost svladavanja rapičkog faktora i osmotskog tlaka. Druga skupina naselila je oligotrofne slatke vode, ali nisu imale mogućnosti svladati rapički faktor. Treću skupinu čine holoeurihaline mezohalobne vrste koje mogu preživjeti u svim tipovima voda. Ako takve vrste unesemo u ocean, vrlo brzo će izgubiti sposobnost svladavanja rapičkog faktora, što prestaje biti važno jer se radi o faktoru koji nema selektivnu prednost u sustavu s stalnim ionskim sastavom.

Mnoge slatkovodne dijatomeje danas nalazimo u morskim sedimentima. Vrste migriraju morskim strujama, vjetrom i pticama (Johanson 1976). Najnoviji dokaz podastire Sterrenburg (2002), navodeći za primjer *Gyrosigma wormleyi* (Sullivant) Boyer iz nizozemskih rijeka, za koju se vjerovalo da je tipična slatkovodna vrsta. Nedavno je ta vrsta nađena u Saltonskom moru (Kalifornija) s visokom slanošću. Vrste iz morske populacije morfološki su bile identične slatkovodnim ("ekodemi"). To je ujedno izvrstan primjer kako koncept vrste treba posmatrati i s ekološke, a ne samo "tradicionalne" taksonomske perspektive.

Literatura

- Bradbury, J. P., Krebs, W. N. (1995) : Fossil continental diatoms: paleolimnology, evolution, and biochronology. Siliceous microfossils. Short courses in paleontology 8, 119-139. Paleontological Society, Tennessee.
- Hustedt, F. (1939) : Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeen Flora von Java, Bali und Sumatra. Archiv für Hydrobiologie 17, 274-394.
- Hustedt, F. (1953) : Die Systematik der Diatomeen in ihren Beziehung zur Geologie und Ökologie nebst einer Revision des Halobien-System. Sven. Bot. tidskr 4, 508-519.
- Jafarova, S. K. (1992) : Rost clonovih cultur polygalobnyh diatomei pri izmenenii ionnogo sostava sredi. Algologia 1, 46-51.
- Johanson, C. (1976) : Freshwater algal vegetation in Azores. Biol. Soc. Broter. 50, 117-135.
- Khlebovich, V. V. (1974) : Kriticheskajua solenost biologicheskikh processov. Nauka, Leningrad. 234 pp.
- Khlebovich, V. V. (1989) : Kriticheskajua solenost i horogalinicum: sovriemennii analiz ponyatti. Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR 196, 5-11.
- Khursevich, G. K. (1992) : Diatomovie vodorosli klasa *Centrophyceae* presnovodnikh kainizoiskis vodoemov severnogo polusharija (morfologija, sistematika, evolucia, filogenija, rasprostranenie) 47 pp. Avtoreferat doct. biol. nauk., Kiev.
- Kolbe, R. W. (1927) : Zur Ökologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser Diatomeen. Pflanzenforschung 7, 1-146.
- Proschkina-Lavrenko, A. I. (1963) : Diatomovie vodorosli planktona Azovskogo morya. 188 pp. Izdanie Akademii nauk SSSR, Moskva-Leningrad.
- Round, F., Sims, P. (1980) : The distribution of diatom genera in marine and freshwater environment and some evolutionary considerations. Proceedings of the 6th International Diatom Symposium, 301-320. Biopress, Bristol.
- Simonsen, R. (1962) : Untersuchungen zur Systematic und Ökologie der Bodendiatomeen der Westlichen Ostsee. International Revue der Gesamten Hydrobiologie 1, 1-144.
- Skabitchevskii, A. P. (1981) : Vselienie diatomovih vodoroslei v presnie vodi. Bjulleten Moskovskogo obshestva ispitately prirodi. Otdelenie biologii 86, 115-125.
- Sterrenburg, F. A. S. (2002) : Good reasons for a marriage between taxonomy and ecology. Proceedings of the International Workshop "Diatom ecology and taxonomy: a marriage of necessity", 28-39. University of Szczecin, Szczecin.
- Strelnikova, N. I., Lastivka, T. V. (1996) : The problem of the origin of marine and freshwater diatoms. Proceedings of the 14th International Diatom Symposium, 113-123. Koeltz Scientific Books, Koenigstein.

Autor:

Dr. sc. Nenad JASPRICA, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Laboratorij za ekologiju planktona, pp. 83, 20101 Dubrovnik, tel. 020 323 484; fax. 020 323 872, e-mail: jasprica@labdu.izor.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.13.

Stanje navodnjavanja u Hrvatskoj 2002. godine

**Marko Josipović, Davor Romić, Ivan Danjek, Stjepan Madjar, Josip Marušić,
Jasna Šoštarić, Hrvoje Plavšić**

SAŽETAK: Temeljem provedene ankete prikupljeni su neki pokazatelji navodnjavanja u Republici Hrvatskoj. Rezultati ankete prikazani su po županijama, posebno za obiteljska gospodarstva, a posebno za pravne subjekte. Navodnjavana površina u Hrvatskoj 2002. godine iznosila je 7159,5 ha (0,49% oranica i vrtova) od čega su obiteljska gospodarstva navodnjavala 4407,5 ha, a kombinati i drugi pravni subjekti 2752 ha. Najviše se navodnjavalo povrće na ukupno 4664,5 ha (65% ukupno navodnjavanih površina) sa udjelom obiteljskih gospodarstava 3531,5 ha, a kombinata i drugih pravnih subjekata 1133 ha. Navodnjavanje povrća najviše je zastupljeno u Zadarskoj, Istarskoj i Dubrovačko-neretvanskoj županiji. Nakon povrća najviše su se navodnjavale ratarske kulture, na 1337 ha (20,3%) u Osječko-baranjskoj županiji na kombinatima i drugim pravnim subjektima, te voće na 949 ha (13,3%). Povrće se uglavnom navodnjava sustavima kap po kap. Voda za navodnjavanje koristi se iz dubinskih bunara ili vodovoda, a manje iz akumulacija i rijeka.

KLJUČNE RIJEČI: navodnjavanje, navodnjavana površina, obiteljska gospodarstva, pravni subjekti, povrće, voće, vinogradi, ratarske kulture

The Irrigation Status in Croatia in 2002

SUMMARY: Surveys were conducted to collect relevant data about irrigation in Croatia in year 2002. The survey results are presented by counties, separately for family farms and state-owned farms. The irrigation area in Croatia in 2002 was 7,159.5 ha (0.49% of arable land and gardens), wherefrom the family farms irrigated 4,407.5 ha and state farms and others 2,752 ha. The most irrigated crops were vegetables on the 4407.5 ha (65% of the total irrigated area), where family farms irrigated 3531.5 ha and state farms and others 1133 ha. Irrigation of vegetable was most widespread in Zadarska, Istarska and Dubrovačko-Neretvanska County. The next in line were field crops, with the irrigated area of 1337 ha (20.3%) in Osječko-Baranjska County on the state farms and others, and fruit irrigation on the 949 ha (13.3%). The vegetable was irrigated mainly by drip irrigation systems. Water for irrigation was used from deep wells and waterworks, and rarely from reservoirs and rivers.

KEYWORDS: irrigation, irrigation area, family farms, state farms, fruit and vegetable, vineyards and field crops

UVOD

U Hrvatskoj je navodnjavano oko 6483 ha (oko 0,5% oranica i vrtova) 1980. godine (8), 7999 ha 1987. g. (20) i 13290 ha (gotovo 1% oranica i vrtova) 1989. g. (8). Najveća površina u Hrvatskoj se navodnjavala do domovinskog rata kada su uz potporu države

ili samostalno izrađivane brojne studije i ostvarivali se projekti, a tomu je svakako doprinijela i značajno veća dohodovnost poljoprivrede. Danas se ne može sa sigurnošću utvrditi kolike se površine u Hrvatskoj navodnjavaju, niti koje se metode i sustavi u praksi primjenjuju, jer se nažalost službeni podaci o navodnjavanju, kao i korišteni pojmovi trebaju koristiti sa "rezervom" (17, 18).

Provedena su brojna istraživanja o potrebama i mogućnostima navodnjavanja za pojedine kulture u Hrvatskoj (5, 6, 13, 14, 15, 3, 4, 18, 19, 20, 21, 1, 23) kao i pozitivan učinak navodnjavanja na urod i kakvoću poljoprivrednih kultura u raznim područjima Hrvatske (14, 19, 9, 10, 11, 12, 22, 7, 24, 25).

Jedan od najznačajnijih čimbenika navodnjavanja su oborine. Oko 25% našeg planeta ima manje od 250 mm oborina tijekom godine, samo 35% sa oborinama od 250 do 500 mm (2, 25). Sa stanovišta navodnjavanja, za većinu područja oko 500 mm oborina smatra se dovoljno za normalnu ratarsku proizvodnju (ukoliko je raspodjela oborina povoljna). Dakle, više od 55% površina u Svijetu ima semiaridnu ili semihumidnu klimu i potrebu za navodnjavanjem. Slijedom toga u Svijetu se navodnjava oko 250 milijuna ha (1996, 2) ili približno 16,7%.

Prema klimatološkim uvjetima u Hrvatskoj je za mnoga područja neophodno navodnjavati poljoprivredne kulture. Potrebe za vodom se smanjuju od istoka zemlje prema zapadu, a udjel "suhih" godina u Slavoniji i Baranji je gotovo 35% (21). U Dalmaciji i Primorju su sušne godine gotovo uobičajene. Nedostatak vode tijekom vegetacije vrlo je naglašen duž jadranske obale (od Umaga do Dubrovnika) kao i u istočnoj Hrvatskoj (Vinkovci, Osijek, 21). Temeljem analize prosječnih klimatskih uvjeta uvažavajući klimu i biljku za uzgoj najvažnijih kultura u Hrvatskoj nedostaje od 21 mm do 310 mm vode (18). U svojim razmatranjima projekata navodnjavanja u Hrvatskoj i pogodnosti tala za navodnjavanje (8) autor zaključuje da u Dalmaciji postoje stvarne mogućnosti za navodnjavanje na 36580 ha te u Primorju i Lici oko 30000 ha. Nakon sveobuhvatne analize navodnjavanja u Hrvatskoj (21) autor sugerira da je moguće navodnjavati oko 160000 ha bez posebnih mjera i zahvata u tlu. Također daje prednost II i I klasi tala za navodnjavanje (černozemi, smeđa tla i aluvijalna tla). Provedenom analizom, a uvažavajući ograničenja relevantna za procjenu tla za navodnjavanje. Dok drugi autori (17) navode da u Hrvatskoj ima ukupno 2.176867 ha površina pogodnih za navodnjavanje. Dio navedenih površina ima manja ograničenja koja se mogu riješiti odgovarajućim mjerama.

Cilj ovoga rada je prikazati navodnjavane površine u Hrvatskoj i neke činjenice o navodnjavanju kao i moguće razloge za takvo stanje.

MATERIJAL I METODE RADA

Prikupljeni podaci o navodnjavanju u Hrvatskoj predstavljaju stanje 2002. godine. Osnovni podaci su prikupljeni na obrazcu koji je sadržavao slijedeće: vlasnik sustava navodnjavanja; stručna sprema; način navodnjavanja; proizvođač opreme za navodnjavanje; veličina posjeda (ha); način navodnjavanja; navodnjavana površina (ha); navodnjavane kulture; izvor vode za navodnjavanje i ocjena navodnjavanja (1- vrlo loše, 5-izvršno). Na obiteljskim gospodarstvima obrasci su ispunjeni uz pomoć Hrvatskog zavoda za poljoprivrednu savjetodavnu službu, a ostali subjekti su kontaktirani direktno na istovjetnim obrascima. Za razdoblje od 1997. do 2001. godine korišteni su podaci iz Statističkog ljetopisa Republike Hrvatske (18). Bez obzira na indicije da podaci iz statističkog ljetopisa nisu dovoljno kvalitetno i kompletno obrađeni, oni služe kao polazište

i kao orijentacija za usporedbu sa trenutnim stanjem. Tablično su osnovni podaci navodnjavanja prikazani po županijama RH. Navodnjavane površine obuhvaćaju proizvodnju na otvorenom, u plastenicima i staklenicima. Dio plasteničke proizvodnje za vlastite potrebe u anketi nije evidentiran, i stvarnu navodnjavanu površinu vrlo je teško utvrditi, stoga se navodnjavana površina može uvećati na razini cijele Hrvatske od 300 do 500 ha.

REZULTATI I RASPRAVA

Navodnjavana površina u Hrvatskoj poslije domovinskog rata iznosila je od 2252 ha (1997.g.) do 4481 ha (2001.g., Tablica 1.) prema podacima Statističkog ljetopisa RH 2002. godine (18), dok je prema prikupljenim podacima navodnjavana površina 2002. godine iznosila 7159,5 ha. Izraženo u postocima, navodnjavana površina (prema ukupnoj površini oranica i vrtova) u spomenutom razdoblju iznosila je od 0,18% (1987.g.) do 0,31% (2001), a prema prikupljenim podacima 0,49% 2002.g.). Iako je primjetan porast navodnjavanih površina, dobivene vrijednosti nam ukazuju da je to uvjerljivo najmanji udjel navodnjavanih površina u Europi i Svijetu. Ukupna oranična površina oranica i vrtova u razdoblju 1997.-2001. godine iznosila je od 1317000 ha (1997.g.) do 1459000 ha (2001.g.). Načini navodnjavanja u Hrvatskoj prema izvorniku (18) nisu podjeljeni prema uobičajenoj podjeli načina navodnjavanja, stoga je njihova upotrebljivost vrlo upitna iako je ukupna navodnjavana površina vjerojatno približna stvarnim podacima (Tablica 1.).

Tablica 1. Navodnjavane površine (ha) i način navodnjavanja u razdoblju 1997-2001.g. (18)
Table 1 Irrigated areas (hectare) and kind of irrigation in the period 1997-2001 (18)

	Navodnjavane površine (ha) i način navodnjavanja, 1997-2001. g. Irrigated areas (hectar) and kind of irrigation, years 1997-2001				
	1997	1998	1999	2000	2001
Navodnjavana površina Irrigation area	2326	3483	3095	2786	4481
% navodnjavanih površina % of Irrigation area	0,18	0,24	0,21	0,19	0,31
Površinsko navodnjavanje Surface irrigation	2252	2862	2644	2612	4153
Umjetna kiša-rasprskivači Sprinkler irrigation	74	621	451	171	307
Navodnjavanje kapanjem Drip irrigation	0	0	0	3	21
Oranica i vrtova Arable land and gardens	2042	3456	3095	2786	3640
Ostali načini Other	284	28	0	0	841
TALAG (in 000)	1317	1458	1461	1457	1459

Ukupna količina vode korištene za navodnjavanje iznosila je od 27556 tisuća m³ (1998.g.) do 5967 m³ (2001.g., 18). Prema istom izvorniku (18) za navodnjavanje je iz podzemlja ukupno korišteno oko 144000 tisuća m³ (1997.g.) i smanjivano sa 9 na 13 tisuća m³, u zadnje četiri godine. Prilično velik udjel vode za navodnjavanje korišten je iz vodovoda, iako je primjetno smanjenje zadnjih godina. Količina od samo 2000 m³ (2000.g.) do 443000 m³ (2001.g.) korištene za navodnjavanje iz rijeka (Tablica

2.), ukazuje da se vrlo malo koriste potencijali vode za navodnjavanje iz rijeka, naših najvećih bogatstava vode za navodnjavanje. Praksa skupljanja viška vode koja se javlja tijekom zime i proljeća također je vrlo rijetka. Bušenje dubinskih bunara i korištenje vode za navodnjavanje vrlo je učestalo na obiteljskim gospodarstvima, ali je uobičajenom praksom navodnjavanja i njenog "nadzora" vrlo teško utvrditi količinu potrošene vode. Potrošnja vode iz vodonosnika za navodnjavanje varira ovisno o ukupnim navodnjavanjima površinama, potrebama kultura i intenzitetu suše tijekom pojedinih godina. Stoga, navedeni podaci u izvorniku (18) vjerojatno nisu pouzdani i značajno su veći.

Navodnjavane površine na obiteljskim gospodarstvima ukupno iznose 4407,5 ha, a prosječna veličina navodnjavanog posjeda je 1,09 ha. Na kombinatima i ostalim pravnim subjektima navodnjavane površine iznose 2752 ha, a prosječno se navodnjava 137,6 ha (Tablice 3. i 4.). Razlozi tomu su brojni, a prvenstveno način proizvodnje, kultura, tlo, financijska sposobnost i dr. Na obiteljskim gospodarstvima navodnjava se oko 80,2% povrća, 16,1% voća, a samo 2,7% ratarske kulture i 1% vinova loza, dok se na kombinatima i drugim pravnim subjektima navodnjava 41,2,% povrća, 8,6% voća, 1,6% vinove loze i čak 78,5% ratarskih kultura.

Povrće se u Hrvatskoj na obiteljskim gospodarstvima ukupno navodnjava na 3531,5 ha, a najveće površine su u Zadarskoj županiji (1550 ha), zatim Istarskoj (450 ha), Dubrovačko-neretvanskoj (440 ha) te gradu Zagrebu (235 ha). Voće se najviše navodnjava u Dubrovačko-neretvanskoj županiji (317 ha), u Splitsko-dalmatinskoj (129 ha) te Zadarskoj (105 ha) na obiteljskim gospodarstvima, dok se na kombinatima i dr. pravnim subjektima voće najviše navodnjava u Zadarskoj (105) i Međimurskoj županiji (105). Ratarske kulture se najviše navodnjavaju u Osječko-baranjskoj županiji na kombinatima i ostalim pravnim subjektima (1007 ha), dok se na obiteljskim gospodarstvima navodnjava 115 ha, te 50 ha u Bjelovarsko-bilogorskoj županiji.

Povrće, voće i vinogradi se uglavnom navodnjavaju sustavima kap po kap, a ratarske kulture i to prvenstveno sjemenski kukuruz različitim izvedbama rasprskivača, odnosno umjetnom kišom (tifoni, linijski sustavi). Vlasnici sustava za navodnjavanje imaju uglavnom srednju stručnu spremu na obiteljskim gospodarstvima, a visoku spremu u društvenom sektoru. Male navodnjavane površine na obiteljskim gospodarstvima ukazuju na vrstu proizvodnje. Ocjena učinkovitosti navodnjavanja varira od dobar do izvrstan, a uglavnom je veća pri navodnjavanju sustavima kap po kap.

Samo 7159,5 ha navodnjavanih površina u Hrvatskoj (2002.g., 0,49% oranica i vrtova) prema tako velikom potencijalu vode za navodnjavanje (3, 4), posebice imajući u vidu učestalost sušnih godina i štete koje suše prouzrokuju mogu se djelomično objasniti sa nekoliko razloga. Najvažniji od njih su: a) mala kreditna sposobnost poljoprivrede kao razlog većih ulaganja usprkos dobroj kreditnoj podršci ministarstva poljoprivrede; b) veliki rizik prodaje poljoprivrednih proizvoda zbog nekontroliranog uvoza istih; c) narušeno tržište uslijed domovinskog rata; d) nedostatak znanja o navodnjavanju i njegovom financijskom učinku; e) Državni program Strategije gospodarenja vodama, a između ostalog i navodnjavanja sa ciljem "dovođenja vode na poljoprivrednu površinu" i f) odgovarajuća stručna pomoć korisniku navodnjavanja.

Tablica 2. Korištenje vode za navodnjavanje (18)**Table 2** Water used for irrigation (18)

	Voda za navodnjavanje, tisuća m ³ , 1997-2001. godina (18) Water used for irrigation, thousand m ³ , year, 1997-2001 (18)				
	1997	1998	1999	2000	2001
Ukupno - Total	12 094	27 556	9 992	8 221	5 967
Podzemne vode Underground waters	144	9	9	9	13
Vodovodi Watercourses	11 755	11 711	9 658	8 210	5 511
Akomulacije Reservoirs	0	15 540	0	0	0
Ostali izvori Other	195	296	325	2	443

Tablica 3. Neki pokazatelji navodnjavanja u Hrvatskoj, 2002. godine – Obiteljska gospodarstva**Table 3** Some irrigation parameters in Croatia, year 2002 – Private family farms

Županija County	Broj vlasnika No of Owners	Navodnjavana površina Irrigation area	Povrće Vegetable	Vinogradi Vineyards	Voće Fruit	Ratarske kulture Field crops
	Broj -No	ha-hectare	ha-hectare	ha-hectare	ha-hectare	ha-hectare
Požeško-slavonska	10	36	24	0	12	0
Virovitičko-podavska	7	32	28	0	4	0
Brodsko-posavska	13	24	11	0	13	0
Vukovarsko-srijemska	7	60	54	0	6	0
Osječko-baranjska	50	301	178	0	8	115
Grad Zagreb	155	249	235	0	14	0
Zagrebačka	42	232	178	0	54	0
Karlovačka	8	1	1	0	0	0
Krapinsko-zagorska	7	5	2,5	0	2,5	0
Koprivničko-križevačka	7	33	10	0	23	0
Bjelovarsko-bilogorska	7	20	15,5	0	4,5	0
Međimurska	10	63	45	0	18	0
Varaždinska	21	43,5	43,5	0	0	0
Sisačko-moslavačka	0	0	0	0	0	0
Dubrovačko-neretvanska	950	761	440	0	317	4
Primorsko-goranska	8	3	3	0	0	0
Zadarska	1780	1700	1550	45	105	0
Splitsko-dalmatinska	350	335	206	0	129	0
Istarska	600	450	450	0	0	0
Šibensko-kninska	11	29	27	0	2	0
Ličko-senjska	1	30	30	0	0	0
Sveukupno - Total	4044	4407,5	3531,5	45	712	119
Posto od Sveukupno Percent of Total	Prosjek-Mean 1,09 ha	100,0	80,2	1,0	16,1	2,7

Tablica 4. Neki pokazatelji navodnjavanja u Hrvatskoj, 2002. godine – Pravni subjekti i ostali
Table 4 Some irrigation parameters in Croatia, year 2002 – State farms and others

Županija County	Broj vlasnika Owners No	Navodnjavana površina Irrigation area	Povrće Vegetable	Vinogradi Vineyards	Voće Fruit	Ratarstvo Field crops
	No	ha	ha	ha	ha	ha
Požeško-slavonska	1	300	50	0	0	250
Virovitičko-podravsko	0	0	0	0	0	0
Brodsko-posavska	0	0	0	0	0	0
Vukovarsko-srijemska	1	30	0	0	0	30
Osječko-baranjska	10	1118	104	0	7	1007
Grad Zagreb	0	0	0	0	0	0
Zagrebačka	0	0	0	0	0	0
Karlovačka	0	0	0	0	0	0
Krapinsko-zagorska	0	0	0	0	0	0
Koprivničko-križevačka	0	0	0	0	0	0
Bjelovarsko-bilogorska	1	50	0	0	0	50
Međimurska	1	145	40	0	105	0
Varaždinska	0	0	0	0	0	0
Sisačko-moslavačka	0	0	0	0	0	0
Dubrovačko-neretvanska	0	0	0	0	0	0
Primorsko-goranska	0	0	0	0	0	0
Zadarska	3	1050	900	45	105	0
Splitsko-dalmatinska	3	59	39	0	20	0
Istarska	0	0	0	0	0	0
Šibensko-kninska	0	0	0	0	0	0
Ličko-senjska	0	0	0	0	0	0
Sveukupno – Total	20	2752	1133	45	237	1337
Posto od Sveukupno Percent of Total	Prosjeck-Mean 137,6 ha	100	41,2	1,6	8,6	48,6

Tablica 5. Neki pokazatelji navodnjavanja u Hrvatskoj, 2002. godine – Obiteljska gospodarstva i pravni subjekti

Table 5 Some irrigation parameters in Croatia, year 2002 – Private family farms and State farms and others

	Broj vlasnika Number of owners	Navodnjavano Irrigated area ha – hectare	Poljoprivredne kulture, ha Agricultural crops, hectare			
			Povrće Vegetables	Voće Fruit	Vinogradi Vineyards	Ratarstvo Field crops
Obiteljska gospodarstva - Private farms						
Ukupno – Total	4044	4407,5	3531,5	712	45	119
Pravni subjekti i dijelovi pravnih subjekata - State farms and others						
Ukupno – Total	20	2752	1133	237	45	1337
Sveukupno RH Total in Croatia	4064	7159,5	4664,5	949	90	1456
Postoni udjel Percent of Total		100	65.1	13.3	1.3	20.3

ZAKLJUČCI

Navodnjavana površina u Hrvatskoj 2002. godine iznosila je 7159,5 ha (0,49% oranica i vrtova) od čega su obiteljska gospodarstva navodnjavala 4407,5 ha, a kombinati i drugi pravni subjekti 2752 ha. Najviše se navodnjavalo povrće na ukupno 4664,5 ha (65% ukupno navodnjavanih površina) sa udjelom obiteljskih gospodarstava 3531,5 ha, a kombinata i drugih pravnih subjekata 1133 ha. Navodnjavanje povrća najviše je zastupljeno u Zadarskoj,

Istarskoj i Dubrovačko-neretvanskoj županiji. Nakon povrća najviše su se navodnjavale ratarske kulture, na 1337 ha (20,3%) u Osječko-baranjskoj županiji na kombinatima i drugim pravnim subjektima, te voće na 949 ha (13,3%) koje dominira u Dubrovačko-neretvanskoj, Splitsko-dalmatinskoj i Zadarskoj županiji na obiteljskim gospodarstvima, a u Zadarskoj i Međimurskoj na kombinatima i drugim pravnim subjektima.

Bilo bi neophodno znanošću, strukom i činjenicama promijeniti gledište naše nacije o potencijalima i mogućnostima navodnjavanja u Hrvatskoj, jer će bez toga pojedinačni naponi i pokušaji uglavnom biti gotovo beskorisni.

Zahvala: Zahvaljujemo se Hrvatskom zavodu za poljoprivrednu savjetodavnu službu na svestranoj i nesebičnoj pomoći pri prikupljanju podataka kao i svima koji na bilo koji način pomogli pri nastaku ovog rada.

LITERATURA

1. Bonacci O. (1992): Regionalna hidrološka analiza potreba natapanja u Republici Hrvatskoj – Regional hydrologic analyses needs of irrigation in Croatia. Priručnik za hidrotehničke melioracije. Navodnjavanje. Knjiga 1. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci. p. 61-88. Rijeka.
2. Bošnjak Đ. (1999): Navodnjavanje poljoprivrednih useva – Irrigation of field crops. Book. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet. p. 340. Novi Sad.
3. Gereš D. (1997): Raspoloživost vode u Republici Hrvatskoj – Availability of water in Croatia. Priručnik za hidrotehničke melioracije. II Kolo. Navodnjavanje. Knjiga 6. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci. p. 93-123. Rijeka.
4. Gereš D. (1997): Procjena moguće potrebe za vodom za natapanje i vodoopskrbu u 2050. godini u Republici Hrvatskoj – The estimate of water need for irrigation and water supply in year 2050 in Croatia. Priručnik za hidrotehničke melioracije. II Kolo. Navodnjavanje. Knjiga 6. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci. p. 125-143. Rijeka.
5. Josipović M., Mađar S., Lazanin Ž. (1994): Suša i potrebe natapanja u istočnoj Hrvatskoj – Drought and irrigation needs in eastern Croatia. Poljoprivredne aktualnosti. Vol. 30. 5. p. 639-649. Zagreb.
6. Josipović M., Mađar S., Šoštarić J. (1994): Potrebe kukuruza za vodom – The needs of maize for irrigation. Poljoprivredne aktualnosti. Vol 31. 3-4. Zagreb.
7. Josipović M. (1996): Utjecaj obroka i dubine natapanja dreniranog tla na svojstva kukuruza – Effects of rates and depths of irrigation in drained soil on maize traits. Disertacija. Poljoprivredni fakultet Osijek. p. 119. Osijek.
8. Kos Z. (1992): Povijesni pregled razvoja navodnjavanja – History review of irrigation developing. Priručnik za hidrotehničke melioracije. Navodnjavanje. p. 1-60. Rijeka.
9. Mađar S., Mušac I., Kovačević V., Jurić I., Žugec I. (1985a): Istraživanja postnog kukuruza uz natapanje i bez njega u Slavoniji i Baranji 1983. godine. – Investigation of postharvest maize production with and without irrigation in Slavonia and Barania region in year 1983. Znan. prak. poljopr. tehnolog.. 15(3-4). p. 505-526. Osijek.
10. Mađar S., Kovačević V., Mušac I., Jurić I., Žugec I. (1985b): Rezultati istraživanja s postnom sjetvom u Slavoniji i Baranji 1984. godine – Results of investigation of post harvest maize irrigation production in Slavonia and Barania region in year 1984. Znan. prak. poljopr. tehnolog.. 15(3-4). Osijek.
11. Mađar S., Šeput M., Kičić Ž., Buljan Ž., Grubačević Ž., Duvnjak V. (1986): Mogućnosti i perspektive natapanja u Slavoniji i Branji – Possibilities and perspectives of irrigation in Slavonija and Baranja. Poljoprivredne aktualnosti. Sv. 25. Vol. 1-2. Zagreb.
12. Mađar S. (1987): Rezultati natapanja u Slavoniji i Baranji u 1986. godini – Results of irrigation in Slavonia and Barania region in year 1986. Poljoprivredne aktualnosti. Sv. 28. Vol. 3-4. Zareb.

13. Marinčić I. (1985): Potrebe i mogućnosti primjene navodnjavanja u SRH – The need and possibilities of irrigation in Republic Croatia. *Vodoprivreda*. br. 2-3. Beograd.
14. Marušić J., Balić Z., Šturlan S. (1999): Značenje i stupanja razvoja vodnogospodarskih djelatnosti u Hrvatskoj – Croatian water resources management significance and development stage. 2. Hrvatska konferencija o vodama. *Zbornik radova* p.3-13. Dubrovnik.
15. Pušić B., Vidaček Ž. (1971): Prikaz općih potreba i mogućnosti navodnjavanja u dolini Save – The analysis of general needs and suitability for irrigation in Sava valley. *Savjetovanje u Posavini*. Zagreb.
16. Romić D., Tomić F., Borošić J., Dolenjski D., Romić M., Salajec M., (1993): Djelovanje natapanja na komponente priroda kultura u postrnoj sjetvi – Effect of irrigation on yield components of some cultures in post harvest production. *Poljoprivredne aktualnosti*. Sv. 29. Vol. 3-4. p. 373-383. Zagreb.
17. Romić D., Kos Z., Tomić F., Josipović M., Husnjak S., Grgić I. Ondrošek G. (2002): Vodno gospodarska osnova Hrvatske, Korištenje voda – navodnjavanje – radna varijanta.
18. Stat. ljetop. Repub. Hrvatske. 2002. - Statistical Yearbook of the Republic of Croatia. p. 425. Zagreb.
19. Tomić F. (1976): Uređenje vodnog režima tla za uzgoj kukuruza – Arrange the soil-water regime for maize production. *Simpozij*. Osijek.
20. Tomić F. and Marinčić I. (1987): Potrebe i mogućnosti primjene navodnjavanja u Hrvatskoj – The needs and possibilities of irrigation application in Croatia. *Poljoprivredne aktualnosti* br. 1-2, Zagreb.
21. Tomic F. (1988): Navodnjavanje – Irrigation. Book. Savez polj. inž. i teh. Hrvatske i Fakultet poljop. znanosti Sveučilišta u Zagrebu. p. 154. Zagreb.
22. Tomić F. and Mađar S. (1989): Stanje i perspektiva navodnjavanja u Hrvatskoj – The status and perspectives of irrigation in Croatia. *Vodoprivreda*. No. 21. p. 177-181. Beograd.
23. Tomić F. (1992): Istraživački rad i podloge za projektiranje i izvođenje sustava natapanja – Scientific work and base for projecting and performing of irrigation systems. *Priručnik za hidrotehničke melioracije*. II kolo. Natapanje. Knjiga 1. Opći dio. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci i Društvo za odvodnju i navodnjavanje Hrvatske. Zagreb.
24. Tomić F. and Romić D. (1992): Utjecaj navodnjavanja na prirodu važnijih poljoprivrednih kultura - Response of irrigation to yield of important agricultural crops. *Priručnik za hidrotehničke melioracije*. Navodnjavanje. Knjiga 1. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci. p. 89-112.
25. Vučić N. (1976): Navodnjavanje poljoprivrednih kultura – Irrigation of Agricultural crops. Book. p. 439. Poljoprivredni fakultet Novi Sad.

Autori:

Marko Josipović, Hrvoje Plavšić, Agricultural Institute Osijek, Assistant Professor, Južno predgrađe 17, 31000 Osijek, Croatia

Davor Romić, Agricultural Faculty of Zagreb University, Full Professor Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia

Ivan Danjek, Croatian Agricultural Extension Institute, Associated Professor, Ulica grada Vukovara 78, 10000 Zagreb, Croatia

Stjepan Madjar, Jasna Šoštarić, Agricultural Faculty in Osijek, Full Professor, Trg Sv. Trojstva 3, 31000 Osijek, Croatia

Josip Marušić, Faculty of Civil Engineers of Zagreb University, Full Professor, Berislavićeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia??



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.14.

Zaštita voda i gospodarenje iskorištenom vodom

Marijan Karić, Blaženka Hadrović

SAŽETAK: Voda kao najraširenija tvar na Zemlji ugrožena je slabo kontroliranim razvojem tehnologije koja povećava opasnosti za ljude i prirodu. Narušava se sklad između prirode i društva. Problem zaštite okoliša, a u tome i zaštite voda, posebice je izražen u zemljama u tranziciji, gdje nastaju nove tvrtke, orijentirane na profit, čiji odnos prema prirodi je teško kontrolirati. Osim toga, svjetska ekonomska recesija i opća stagnacija u tranzicijskim zemljama otežava organizirano djelovanje države u području preventivne zaštite i saniranja šteta.

U ovom se radu razmatraju mogućnosti i praksa zaštite voda, izvori zagađenja koji mogu imati nepovoljan utjecaj na okoliš, te gospodarenje iskorištenom vodom iz industrije i kućanstava. Posebice se analiziraju iskustva i daje prikaz stanja u Republici Hrvatskoj. Premda Hrvatska ima razmjerno dobro očuvan okoliš, u rješavanju problema zaštite voda, posebice u zbrinjavanju otpadnih voda, zaostaje ne samo za razvijenim zemljama, nego i za nekim tranzicijskim zemljama. Ustanovljeno je povećanje udjela pročišćene ispuštene vode iz sustava javne odvodnje. Zbog stagnacije industrijske proizvodnje ustanovljeno je ukupno smanjenje količine iskorištene vode, uz razmjerno mali udio pročišćene ispuštene vode.

KLJUČNE RIJEČI: onečišćavanje voda, zaštita voda, korištenje vode, pročišćavanje vode.

Water Protection and Wastewater Management

SUMMARY: Water is the most widespread substance on the Earth, and it is threatened by poor control of technology development, which increases risks to human lives and natural resources. The balance between the nature and society is disturbed. The environmental protection issues, specifically the water protection is particularly pronounced in the countries in transition with emerging new profit-oriented businesses whose environmental performance escapes control. Additionally, the global economic recession and general stagnation affecting the countries in transition makes organized state initiatives in preventive protection and damage remediation difficult.

The paper discusses the water protection possibilities and practices, pollution sources that might have adverse environmental impact, and management of wastewater from industry and households. The experience of and situation in the Republic of Croatia are highlighted. Although the Croatian environment is rather well preserved, problems are encountered in resolving water protection issues, particularly those with treatment and disposal of wastewater. In this sector, Croatia is lagging behind not only developed countries but also behind some countries in transition. Increase in share of discharge of treated water from the public drainage systems has been determined. Stagnation in industrial production resulted in total decrease in wastewater quantity, and the share of discharge of treated water is rather small.

KEYWORDS: contaminated water, water protection, water use, water treatment

1. UVOD

Dostignuta razina onečišćenja vode i životne sredine u cjelini sve više ugrožava zdravlje ljudi. Svijest o tome potaknula je vlade brojnih zemalja da utvrde standarde onečišćenja za gospodarske subjekte. Tako se postiže smanjenje rizika umiranja ljudi zbog onečišćenja okoliša, ali se povećava vjerojatnost prestanka rada pojedinih proizvodnih kapaciteta. Zbog povećanih troškova zaštite okoliša, u uvjetima jake konkurencije, neki proizvođači ne mogu osigurati profitabilno poslovanje. Na područjima izloženim štetnom djelovanju proizvodnih objekata stanovništvo se može naći u situaciji izbora između dva zla: izložiti se zdravstvenim rizicima ili se odreći glavnog izvora prihoda.

Pri donošenju odluka o ulaganju u proširenje ili izgradnju novih postrojenja moraju se uzimati u obzir sve veći troškovi smanjenja i kontrole onečišćenja, odnosno izdaci u svezi s primjenom propisa o vrstama prihvatljive proizvodne tehnologije, performansama proizvoda i načinu zbrinjavanja otpadaka do kraja životnog vijeka proizvoda. Zaštita okoliša nameće gospodarskim subjektima različite financijske obveze i sve veće tehnološke zahtjeve za inovacijama.

Troškovi zaštite okoliša su u porastu i predstavljaju sve veći teret, kako za društvo tako i za gospodarske subjekte. Međutim, brojne procjene vršene u svijetu govore da koristi od smanjivanja onečišćenja gotovo već dostižu razinu troškova zaštite okoliša. Naime, zaštita donosi uštede u troškovima zdravstvene zaštite, te troškovima održavanja proizvodne opreme, zatim omogućuje održavanje u boljem stanju i rast tržišne vrijednosti nekretnina, povećanje prinosa u poljoprivrednoj proizvodnji, i sl.¹ Za Republiku Hrvatsku je od posebne važnosti stvaranje povoljnih uvjeta za razvitak turizma i ekonomski sve atraktivnije proizvodnje zdrave hrane.

Odnos prema zaštiti okoliša sve je važniji uvjet uspješnog poslovanja i razvoja gospodarskih subjekata. Državne institucije moraju pribaviti informacije o rizicima ugrožavanja zdravlja ljudi kako bi mogle propisima sprječavati, ograničavati ili usmjeravati djelatnost gospodarskih subjekata. Vlade pojedinih zemalja bi trebale "koristiti procjenu utjecaja na okoliš za podupiranje održivog industrijskog razvoja"² U posljednje vrijeme svi koji mogu utjecati na smanjenje zagađenja pozvani su da pomognu (lokalne vlasti, poslovne banke, osiguravatelji, poduzeća, nevladine organizacije).

U nekoliko posljednjih godina u samostalnoj hrvatskoj državi je zatvoreno više krupnih proizvodnih postrojenja koja su bila veliki onečišćivači okoliša. Prestanak njihova rada imao je značajan utjecaj na povećanje inače velikog broja nezaposlenih. Međutim, ne može se reći da su nastale veće ekonomske posljedice, jer je zaštita okoliša bila samo jedan od čimbenika njihova zatvaranja. Većinom se radilo o kapacitetima koji nisu imali uvjete za učinkovito poslovanje. Gospodarski subjekti pokrivaju sve veći dio ukupnih troškova zaštite, ali to nije značajnije utjecalo na učinkovitost poslovanja niti na inflaciju koja je posljednjih godina u Hrvatskoj među najnižima u Europi.

Mjerenja pokazuju da je razina ukupnog onečišćenja u Hrvatskoj ispod prosjeka civiliziranog svijeta, posebice sa stajališta razine njezina gospodarskog razvitka, te su i

¹ G. A. Steiner and J. F. Steiner, *Business, Government and Society: A Managerial Perspective (Text and Cases)*, Random House, Business Division, New York, 1988, str. 428.

² M. Keating: *Skup o Zemlji: Program za promjenu*, Popularno izdanje Agende 21 i drugih sporazuma iz Rija, Ministarstvo graditeljstva o zaštite okoliša RH, Sektor zaštite okoliša u suradnji s Centre for Our Common Future, Zagreb 1994., str. 16.

troškovi zaštite relativno niski. Hrvatski propisi o zaštiti okoliša usuglašavaju se s međunarodnim standardima kojima je cilj smanjiti ukupno onečišćenje okoliša na međunarodnoj razini. Republika Hrvatska, također, mora spriječiti uvoz opasne industrije iz razvijenih zemalja koje donose sve strože propise o zaštiti okoliša. Takvim mjerama se poskupljuje ili ograničava djelatnost i potiče izvoz tzv. prljavih tehnologija u zemlje koje imaju blaže propise i omogućuju niže troškove zaštite, a time i niže ukupne troškove proizvodnje.

Republika Hrvatska ima potrebne propise koji reguliraju problematiku zaštite, kao i institucije koje se bave praćenjem i kontrolom onečišćenja (Odbor za prostorno uređenje i zaštitu okoliša pri Saboru, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Agencija za zaštitu okoliša). Zadatak je tih institucija provedba propisa i rješavanje pojedinačnih problema u zaštiti okoliša. U ovom radu ćemo razmatrati opća pitanja zaštite okoliša, posebice u području voda. Težište rada je na analizi ukupnih kretanja na području zaštite voda te udjela pročišćenih voda iz industrije i sustava javne odvodnje.

2. ONEČIŠĆAVANJE VODA

Stupanj onečišćenja vode može se promatrati na dva načina, i to kao (1) razina otopljenog kisika u vodi i kao (2) sadržaj materijala opasnih za biljni i životinjski svijet. Kisik se uništava razgradnjom organskih tvari koje su porijeklom iz vode ili tvari organskog porijekla odbačenih u vodu. Materijali opasni za živi svijet u vodi sadrže prevelike količine otrova i drugih tvari koje se teško mogu biološki razgraditi (na primjer, živa, herbicidi, pesticidi, i dr.).³

Prema ispitivanim pokazateljima kakvoća vode u glavnim rijekama i jezerima u Republici Hrvatskoj pripada II. i III. vrsti. Biološka potrošnja kisika (BPK₅) ukazuje na onečišćenje organskim tvarima, a sadržaj dušika i fosfora na količine hranjivih tvari u vodama. Maksimalne izmjerene vrijednosti pokazatelja onečišćenja vode u površinskim vodama rijeka dunavskog slivnog područja nešto su više u odnosu na jadranski sliv.⁴

Još od prvog američkog zakona o čistoj vodi (Clean Water Act) iz 1972. godine, onečišćenje vode se dijeli na tri kategorije:⁵

- konvencionalna onečišćenja od čvrstih otpadaka hrane, ulja i masti, te sanitarnog otpada,
- nekonvencionalna onečišćenja kao što su amonijak, sulfidi, fosfor i dušik, i
- toksična onečišćenja kao što su teški metali, poliklorirani bifenili i brojne druge kemijske supstancije koje različita industrijska postrojenja ispuštaju kao otpad.

Onečišćenje vodenih tokova i podzemnih voda javljalo se i u dalekoj prošlosti, što je s vremena na vrijeme uzrokovalo epidemijama trbušnog tifusa. U mnogim gradovima je dolazilo do onečišćenja vode za piće i ukupne životne sredine sanitarnim otpadom. Razvitak gradova i suvremene industrije doveo je do masovnog onečišćavanja životne sredine. Svako kućanstvo i svaka tvornica koriste vodu i tako nastaju brojni izvori onečišćenja.

³ A. M. Sharp, C. A. Register, i R. H. Leftwich, *Economics of Social Issues*, Eight Edition, BPI/Twin, Homewood, Ill., 1988., str. 147 – 148.

⁴ Nacrt Izvješća o stanju okoliša, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Zagreb, 2002., str. 132.

⁵ G. A. Steiner and J. F. Steiner, op. cit., str. 415.

U Republici Hrvatskoj se propisima o zaštiti voda nastoje zaštititi vodeni tokovi od onečišćenja i očuvati njihova kemijska, fizička i biološka cjelovitost. Tako se smanjuje ispuštanje nečistoća i nastoji spriječiti uništavanje živog svijeta u akumulacijama vode, rijekama, jezerima i moru. Međutim, neki vodeni tokovi su u velikoj mjeri onečišćeni i nisu pogodni za ribolov, kupanje, plivanje ili kao izvor vode za piće i proizvodne potrebe. Jadransko more je čisto, osim u lukama velikih primorskih gradova. Kakvoća morske vode redovito se ispituje i prati.

Tablica 1. Kretanje količine korištene vode iz industrije i rudarstva u razdoblju od 1991. do 1999. godine

Vrste korištene vode prema namjeni	Količina vode u milijunima kubičnih metara			
	1991.	1997.	1998.	1999.
Ukupno korištena voda	36.883	37.179	34.332	43.185
Potrebe proizvodnje	36.024	36.397	33.529	42.527
Hlađenje	813	757	758	619
Sanitarne i ostale potrebe	46	25	45	39

Izvor: SLJH-96, str. 366 – 369, SLJH-97, str. 396 – 399, SLJH-98, str. 396 – 400, SLJH-00, str. 404 – 408, SLJH-01, str. 402 – 407. Obradio i postotke izračunao autor.

Statistika bilježi velike iskorištene količine vode. Najveći dio od oko 98 posto se odnosi na proizvodnju, a u tome proizvodnja i distribucija električne energije sudjeluje s oko 97 posto. U preostalim količinama iskorištene vode veći udio imaju proizvodnja kemikalija i kemijskih proizvoda, naftnih derivata, hrane i pića, nemetalnih mineralnih proizvoda, kao i rudarstvo. Razmjerno mali dio te količine (od 1 do 2 posto) ispušta se u kanalizaciju, zemlju, vodotoke, jezera, akumulacije i more kao upotrijebljena voda.

3. ZAŠTITA VODA

Problematika zaštite voda obuhvaća nadzor nad stanjem kakvoće voda i stanjem izvora onečišćavanja, zatim sprječavanje, ograničavanje i zabranjivanje radnji i ponašanja koja mogu utjecati na onečišćenje voda i stanje okoliša.⁶ U praksi se danas koriste različite mogućnosti reguliranja radi zaštite od otrovnih tvari. Ovisno o toksičnosti i izloženosti riziku utjecaja određene kemikalije, proizvodna poduzeća mogu biti podvrgnuta čitavom nizu kontrolnih postupaka. Za zaštitu voda posebno su značajni sljedeći postupci:⁷

- zabrana ili ograničavanje proizvodnje i upotrebe opasnih kemikalija,
- propisivanje posebnog označavanja proizvoda,
- određivanje postupaka kontrole procesa proizvodnje,
- propisivanje obveze evidentiranja razine ispuštanja, za kemikalije niske toksičnosti,
- propisivanje postupaka sigurnog rukovanja i odredbi o izloženosti.

U Republici Hrvatskoj je za određene vrste poslovnih projekata propisan postupak procjene utjecaja na okoliš. Ovlaštene institucije provode postupak vrednovanja ekološke prihvatljivosti zahvata koji obuhvaća:⁸

⁶ Nacrt Izvješća o stanju okoliša, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Zagreb, 2002., str. 142.

⁷ M. Keating: Skup o Zemlji: Program za promjenu, Popularno izdanje Agende 21 i drugih sporazuma iz Rija, Ministarstvo graditeljstva o zaštite okoliša RH, Sektor zaštite okoliša u suradnji s Centre for Our Common Future, Zagreb 1994., str. 36.

⁸ Uredba o procjeni utjecaja na okoliš, Narodne novine, br. 34/97, članak 5.

1. pregled mogućih utjecaja zahvata na okoliš tijekom građenja, tijekom korištenja i nakon prestanka korištenja uključujući i ekološku nesreću, i rizik njezina nastanka,
2. prijedlog najprikladnije varijante zahvata u pogledu utjecaja na okoliš s obrazloženjem,
3. prijedlog mjera zaštite okoliša tijekom građenja, korištenja i nakon prestanka korištenja zahvata, uključujući prijedlog mjera za sprečavanje i ublažavanje posljedica mogućih ekoloških nesreća.

Na taj način se osigurava “preventivni pristup u odlučivanju, kako bi se smanjili rizici narušavanja složenih ekoloških sustava”.⁹

Tablica 2. Kretanje količine ispuštene upotrijebljene vode iz industrije i rudarstva u razdoblju od 1991. do 1999. godine

Prostor u koji se voda ispušta	Količina vode u milijunima kubičnih metara			
	1991.	1997.	1998.	1999.
Ukupno ispuštena voda	452	794	668	492
Javna kanalizacija	126	108	110	70
Zemlja	13	3	10	4
Vodotok	115	278	207	29
Jezera i akumulacije	2	314	8	4
More	196	91	333	385

Izvor: SLJH-96, str. 366 – 369, SLJH-97, str. 396 – 399, SLJH-98, str. 396 – 400, SLJH-00, str. 404 – 408, SLJH-01, str. 402 – 407. Obradio i postotke izračunao autor.

Najveći dio upotrijebljene vode iz industrije i rudarstva ispušta se u vodotoke i sustave javne odvodnje (javnu kanalizaciju). Posljednje dvije godine povećana je količina upotrijebljenih voda koje su ispuštene u more.

Tablica 3. Kretanje udjela pročišćene ispuštene upotrijebljene vode iz industrije i rudarstva (u postotku) u razdoblju od 1991. do 1999. godine

Prostor u koji se voda ispušta	Postoci udjela pročišćene u ukupnoj ispuštenoj vodi			
	1991.	1997.	1998.	1999.
Ukupno ispuštena voda	100	100	100	100
Javna kanalizacija	69	84	42	38
Zemlja	4	0	0	0
Vodotok	7	4	26	34
Jezera i akumulacije	0	2	10	0
More	20	10	22	28

Izvor: SLJH-96, str. 366 – 369, SLJH-97, str. 396 – 399, SLJH-98, str. 396 – 400, SLJH-00, str. 404 – 408, SLJH-01, str. 402 – 407. Obradio i postotke izračunao autor.

Količine pročišćenih voda znatno variraju iz godine u godinu, ali njihov udio u ukupnim količinama ispuštenih voda iz industrije i rudarstva nije se smanjivao kako je bilo planirano. Premda se ukupna količina voda ispuštenih u more posljednjih godina povećava, također, nije se povećavao udio količine pročišćenih ispuštenih voda.

⁹ M. Keating, op. cit., str. 55.

Za rješavanje problema onečišćenja voda počinju se poduzimati različite mjere. One su inicirane zakonskim propisima, djelovanjem nevladinih organizacija, ali i odgovornim ponašanjem gospodarskih subjekata u odnosu na sredinu u kojoj posluju. Zakon o vodama Republike Hrvatske zabranjuje ispuštanje ili unošenje u vode opasnih tvari i nalaže određivanje graničnih vrijednosti za tehnološke otpadne vode, za pročišćene vode iz sustava javne odvodnje i otpadne vode koje se ispuštaju u septičke i sabirne jame.¹⁰ Mnoge tvornice pročišćavaju otpadnu vodu iz svojih poslovnih objekata i tvorničkih procesa. Raspoložive su različite metode kontrole onečišćenja, od mehaničkih (korištenja rešetki za odvajanje krupnih čestica) do složenih kemijskih, bioloških i kombiniranih postupaka pročišćavanja.

Tablica 4. Kretanje postotnog udjela pročišćenih otpadnih voda iz sustava javne odvodnje prema načinu pročišćavanja u razdoblju od 1991. do 1999. godine.

Vrsta vode	Postotci udjela u ukupno pročišćenoj vodi			
	1991.	1997.	1998.	1999.
Ukupne pročišćene vode	100	100	100	100
Mehanički pročišćene vode	29	50	75	76
Biološki pročišćene vode	4	4	4	4
Kombinirano pročišćene vode	5	8	9	9

Izvor: SLJH-96, str. 366 – 369, SLJH-97, str. 396 – 399, SLJH-98, str. 396 – 400, SLJH-00, str. 404 – 408, SLJH-01, str. 402 – 407. Obradio i postotke izračunao autor.

Od ukupnih količina pročišćenih voda na mehaničko pročišćavanje se odnosi najveći dio, a najmanji na biološko. Otpadne vode iz sustava javne odvodnje su u većoj mjeri pročišćavane u odnosu na industrijske vode. Premda se količine ukupno ispuštenih voda u sustav javne odvodnje nisu znatnije mijenjale iz godine u godinu, udio pročišćenih voda se povećavao. U ukupno ispuštenim vodama u sustav javne odvodnje kućanstva sudjeluju od 40 do 50 posto i postupno povećavaju svoj udio. Stoga se udio djelatnosti komunalnih usluga smanjivao tako da 1990. godine iznosi 65 posto, a 2000. godine 49 posto.

U okviru zaštite voda bitno je pitanje gospodarenja iskorištenim vodama. Otpadne (iskorištene) vode možemo podijeliti prema porijeklu na tri glavne kategorije: industrijske otpadne vode, otpadne vode iz kućanstava i oborinske vode.

Navedene kategorije vode razlikuju se, ne samo prema porijeklu, nego i po vrsti tvari koje sadrže, po stupnju opasnosti po okoliš, te po načinu na koji se može ograničiti stupanj onečišćenja. Najveća onečišćenja uvjetuju gradovi s puno stanovnika i razvijenom industrijom. U njima nastaju otpadne vode iz sva tri navedena izvora. Velike rijeke primaju značajna onečišćenja i iz poljoprivrede. To vrijedi posebice za Dunav koji protječe kroz Panonsku i druge velike nizine.

4. INDUSTRIJSKE OTPADNE VODE

Industrijske otpadne vode iz proizvodnog procesa mogu se samo djelomično pročišćavati, tako da se propisima određuju granice dopuštenog ispuštanja u sustav javne odvodnje ili izravno u prostor (u podzemne ili površinske vode). Pritom se određuju dopuštene

¹⁰ Zakon o vodama, Narodne novine, br. 107/95, članak 72.

granice za količinu, temperaturu, muljevitost i kemijski sastav vode koja se ispušta. Utvrđene norme su vremenski ograničene, a kontrola se provodi na temelju uzimanja uzoraka i redovitog izvještavanja o ispuštanju vode. Osim toga, od pojedinih onečišćivača se zahtijeva stalno unapređivanje tehnologije i postavljaju rokovi za unapređenje kvalitete ispusta.

U razvojne prioritete Republike Hrvatske u području zaštite voda spada vodoopskrba hrvatskog Podunavlja, te izgradnja sustava javne odvodnje s uređajima za pročišćavanje komunalnih otpadnih voda za gradove s više od 50.000 stanovnika.¹¹ Za vrijeme domovinskog rata je uništen ili demontiran i odnesen veliki broj uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

Službena statistika u Republici Hrvatskoj prikuplja podatke za praćenje korištenja i zaštite voda od zagađivanja putem godišnjih izvještaja od poslovnih subjekata u rudarstvu, prerađivačkoj industriji i opskrbi električnom energijom i plinom. Do sada su objavljeni podaci o industrijskim vodama do 1999. godine i podaci o vodama iz sustava javne odvodnje do 2000. godine.

Kao ilustracija ukupnih kretanja u području zaštite voda u tablici 5. prikazani su podaci o količinama potrošene i pročišćene vode iz industrije i rudarstva u Republici Hrvatskoj.

Tablica 5. Kretanje količine ispuštene upotrijebljene vode iz industrije i rudarstva u razdoblju od 1991. do 1999. godine

Vrsta vode	Količina vode u milijunima kubičnih metara			
	1991.	1997.	1998.	1999.
Ispuštene upotrijebljene vode	452	794	668	492
Ispuštene nepročišćene vode	358	715	637	463
Ispuštene pročišćene otpadne vode	94	79	31	29
Udio pročišćenih voda (u %)	21	10	5	6

Izvor: SLJH-96, str. 366 – 369, SLJH-97, str. 396 – 399, SLJH-98, str. 396 – 400, SLJH-00, str. 404 – 408, SLJH-01, str. 402 – 407. Obradio i postotke izračunao autor.

Udio pročišćenih otpadnih voda u ukupnoj količini ispuštene vode je razmjerno mali, ali posebice zabrinjava činjenica da je taj udio mali kod većih zagađivača, u kemijskoj industriji (u 1999. godini 4,7 posto), proizvodnji naftnih derivata (17,2 posto), proizvodnji hrane i pića (28,2%), dok je u proizvodnji celuloze i papira udio znatno veći (79,78 posto).

5. OTPADNE VODE IZ KUĆANSTAVA

Vode koje se ispuštaju u sustav javne odvodnje dosta se uspješno pročišćavaju od otpadaka hrane i drugih čvrstih tvari, ali je problem kada se dio industrijskih voda izravno ispušta u odvodne kanale. Jedini način rješavanja tog problema je propisivanje obveze industrijskim postrojenjima da prije ispuštanja u odvodne kanale izvrše prethodno pročišćavanje od otrovnih kemikalija koje mogu proći kroz mrežu i dospjeti čak i u vodu za piće. Osim toga, industrijski otrovi koji nisu odstranjeni uređajima za

¹¹ Izvješće o provedbi Agende 21, Pregled postignuća od UN Konferencije o okolišu i razvoju RIO 1992., Sažetak, Državna uprava za zaštitu okoliša, Zagreb 1997., str. 20.

pročišćavanje mogu nanijeti štetu sustavu javne odvodnje zbog mogućnosti korodiranja uređaja ili uništavanja bakterija koje rastvaraju kućni otpad.

U tablici 6. prikazani su za promatrano razdoblje podaci za otpadne vode iz sustava javne odvodnje (javne kanalizacije) u Republici Hrvatskoj.

Tablica 6. Kretanje količine ispuštenih, pročišćenih i nepročišćenih otpadnih voda iz sustava javne odvodnje u razdoblju od 1991. do 1999. godine.

Vrsta vode	Količina vode u milijunima kubičnih metara			
	1991.	1997.	1998.	1999.
Ispuštene otpadne vode	277	289	288	259
Nepročišćene otpadne vode	239	227	200	170
Pročišćene otpadne vode	38	62	88	89
Udio pročišćenih voda (u %)	14	21	31	34

Izvor: SLJH-96, str. 366 – 369, SLJH-97, str. 396 – 399, SLJH-98, str. 396 – 400, SLJH-00, str. 404 – 408, SLJH-01, str. 402 – 407. Obradio i postotke izračunao autor.

U proteklom se razdoblju najveći dio otpadnih voda ispuštenih iz sustava javne odvodnje odnosi na gospodarske i druge djelatnosti (premda se udio smanjio sa 55 u 1991. godini na 47 posto u 1999. godini), nešto manji dio na kućanstva (povećao se sa 42 na 50 posto) i najmanji dio na komunalne usluge (3 do 4 posto). U promatranom razdoblju je došlo do manjeg povećanja udjela pročišćenih voda u sustavu javne odvodnje. Takvo kretanje je posljedica povećanih investicija u zaštitu okoliša u promatranom razdoblju. Udio zaštite površinskih voda, podzemnih voda i tla u ukupnim investicijama u zaštitu okoliša u 1999. godini u Republici Hrvatskoj iznosio je 64 posto.

Statistika ne obuhvaća oborinske vode koje s otvorenih tvorničkih prostora, gradskih površina i poljoprivrednog zemljišta ispiru različite vrste onečišćenja i odvođe ih u riječne tokove što predstavlja poseban ekološki problem. Budući da je teško identificirati primarni izvor, do danas je u toj kategoriji otpadne vode malo učinjeno na zaštiti okoliša, a riječ je o vodi koja sadrži različite vrste tvari, među kojima su i one opasne za okoliš (pesticidi i gnojiva iz poljoprivrede, industrijske kemikalije, derivati nafte sa prometnica, i sl.).

5. ZAKLJUČAK

Republika Hrvatska ima razmjerno dobro očuvan okoliš, ali ukupno stanje zaštite prirode nije zadovoljavajuće. Postoje nepovoljni trendovi zbog neodgovarajućih rješenja i mjera zaštite okoliša. Prekomjerna potrošnja na jednoj strani iscrpljuje raspoložive resurse, a na drugoj strani onečišćuje okoliš sve većom količinom otpada. Stoga se Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja izjasnilo za poštivanje kriterija Europske unije u području zaštite okoliša. S obzirom na položaj zemlje koja se nalazi u procesu restrukturiranja gospodarstva, Republika Hrvatska nema dovoljno novca za zaštitu okoliša, ali mora pratiti svjetska kretanja o kojima sve više ovisi. Nedostatak financijskih sredstava ne smije biti smetnja provedbi koncepta održivog razvoja. Prioritet utvrđen Nacionalnom strategijom zaštite okoliša jeste zbrinjavanje otpada i otpadnih voda.

Kakvoća površinskih voda pokazuje odstupanja od propisanih kategorija. Površinske vode, posebice u području dunavskog (cnomorskog) slijeva opterećene su organskim i hranjivim tvarima, dok je stanje u području jadranskog slijeva znatno povoljnije. Postoje

odgovarajući propisi i institucije koje poduzimaju mjere i vrše nadzor nad kakvoćom vode, te nastoje spriječiti radnje koje mogu prouzročiti onečišćenje voda. Stanje odvodnog sustava nije zadovoljavajuće. Samo veći gradovi imaju izgrađen odvodni sustav, ali u mnogim slučajevima su ti sustavi stari i vodopropusni. Manja mjesta uglavnom nemaju izgrađen odvodni sustav. Iznimku čine primorsko-istarska mjesta koja većinom imaju odvodne sustave.

Više od polovice ukupnog stanovništva nije priključeno na javni odvodni sustav. Od ukupnih komunalnih otpadnih voda samo 12 posto se pročišćava. Posljednjih godina mogu se uočiti određena poboljšanja koja su rezultat ulaganja znatnih sredstava u pročišćavanje vode. Količina ispuštenih otpadnih voda u industriji i rudarstvu je smanjena posljednjih godina, kako zbog smanjenja industrijske proizvodnje, tako i zbog šire primjene recirkulacije vode u proizvodnim procesima. Udio pročišćene u ukupno ispuštenoj vodi nije se znatnije mijenjao.

Svijet kao cjelina još uvijek ne čini dovoljno na zaštiti okoliša. Treba očekivati da će izgradnja suvremenog poduzetničkog sustava pridonijeti ukupnom gospodarskom razvitku Hrvatske. Međutim, tržište nije u stanju riješiti ekološke probleme, potrebne su energičnije mjere države koja će postaviti standarde ponašanja u proizvodnji i potrošnji. Gospodarski razvitak mora biti usmjeren na uvođenje tzv. čistih tehnologija, te štednju i reciklažu prirodnih resursa. Također, pojedina poduzeća moraju imati izgrađenu strategiju razvitka i u njoj definirane pravce vlastitog ponašanja u odnosu na okoliš.

6. LITERATURA

Državni plan za zaštitu voda, Narodne novine, br. 8/99.

Frederick, W.C., Post, J.E. i Davis, K., Business and Society (Corporate Strategy, Public Policy, Ethics), McGraw-Hill, New York 1992.

Hoel, D.G., Merrill, R.A. i Perera, F.P. (redaktori), Risk Quantitation and Regulatory Policy, Cold Spring Harbor Laboratory, 1985.

Izvješće o provedbi Agende 21, Pregled postignuća od UN Konferencije o okolišu i razvoju RIO 1992., Sažetak, Državna uprava za zaštitu okoliša, Zagreb 1997.

Keating, M., Skup o Zemlji: Program za promjenu, Popularno izdanje Agende 21 i drugih sporazuma iz Rija, Ministarstvo graditeljstva o zaštite okoliša RH, Sektor zaštite okoliša u suradnji s Centre for Our Common Future, Zagreb 1994.

Mabry, R.H. i Ulbrich, H.H., Introduction to Economic Principles, McGraw-Hill, New York 1989.

Nacionalna strategija zaštite okoliša, Narodne novine, br. 46/02.

Nacionalni plan djelovanja za okoliš, Narodne novine, br. 46/02.

Nacrt Izvješća o stanju okoliša, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Zagreb, 2002.

Sharp, A. M., Register, C. A. i Leftwich, R. H., Economics of Social Issues, Eight Edition, BPI/ Irwin, Homewood, Ill., 1988.

Smith, A.W., Understanding Economics, Random House School Division, New York 1986.

Steiner, G. A. i Steiner, J. F., Business, Government and Society: A Managerial Perspective (Text and Cases), Random House, Business Division, New York, 1988.

Uredba o procjeni utjecaja na okoliš, Narodne novine, br. 34/97.

Vančina F., Čovjekova okolina, Oblici i načini ugrožavanja i zaštite, ZONO, Zagreb 1982.

Zakon o vodama, Narodne novine, br. 107/95.

Zakon o zaštiti okoliša, Narodne novine, br. 82/94. i 128/99.

Autori:

Marijan Karić,

Blaženka Hadrović,

Ekonomski fakultet u Osijeku, Gajev trg 7



Rad 4.15.

Matematičko modeliranje dinamike klizišta Stože pod Mangartom

Mario Krzyk, Matjaž Četina, Tomaž Hojnik, Majda Zakrajšek, Rudi Rajar

SAŽETAK: Matematičkim modelima su izvedene simulacije blatnog toka izazvanog klizištem Stože pod Mangartom u studenom 2000. godine, kojega je prouzrokovalo rušenje nekoliko stambenih objekata u Logu pod Mangartom. U gornjem dijelu se blatni tok kretao uskom, kanjonskom dolinom i u donjem dijelu toka razlio se u široj alpskoj dolini, na području naselja Log. Jednodimenzijским matematičkim modelom je izvršen račun toka blatne mase u uskom dijelu doline, dok su za analizu događanja u širem dijelu doline upotrebljeni dvodimenzijски matematički modeli. Tariranje matematičkih modela je obavljeno na osnovi izmjerenih parametara blatnog toka na terenu. Rezultati matematičkih modela su trebali pomoći pri iznalaženju optimalnog rješenja za zaštitu naselja Log pod Mangartom od eventuelnih novih klizišta i blatnih tokova.

KLJUČNE RIJEČI: blatni tok, matematičko modeliranje, uređenje bujica, riječna hidrotehnika, ugrožena područja

Mathematical Modeling of Landslide Stože Pod Mangartom

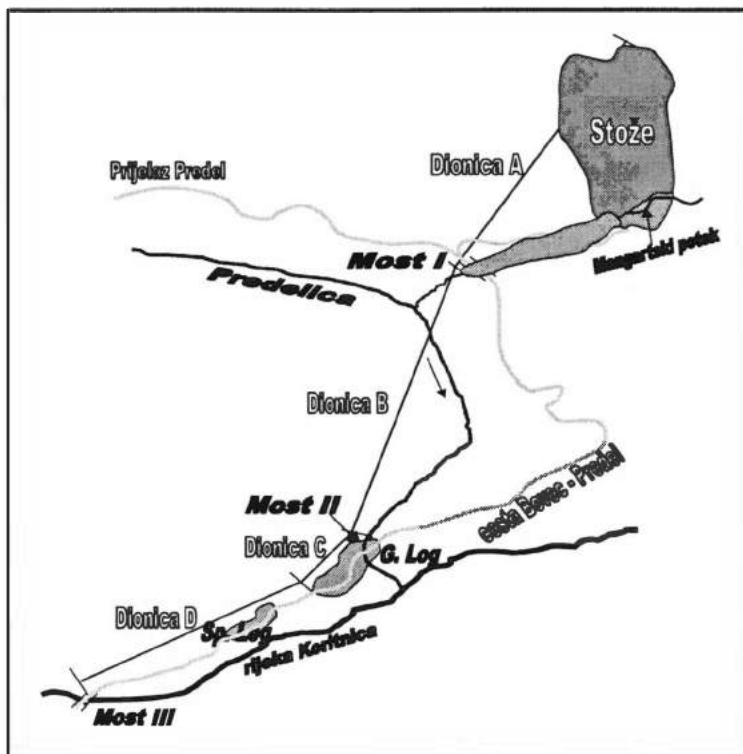
SUMMARY: Simulations of debris flow, caused by the landslide Stože pod Mangartom in November 2000 that destroyed several residential buildings in Log pod Mangartom, have been carried out. In the upper part, the debris flow passed through a narrow, canyon valley and was spilt in downstream part in the wide Alpine valley in the region of the village Log. The debris flow was calculated by one-dimensional mathematical model through the narrow part of the valley, while the two-dimensional mathematical models were used for analysis of the events in the wider part of the valley. Measured characteristics of debris flow were the basis for the calibration of mathematical models. Results of mathematical models should be helpful in searching for the optimal solution to protect the village Log against any possible new landslide and debris flow.

KEYWORDS: debris flow, mathematical model, torrent control, river engineering, hazard zones

UVOD

15. studenog 2000 je došlo do klizanja materijala na padini pod Stožami u blizini planine Mangart (slika 1). Većina pokrenute mase se zaustavila nad mostom I (dionica A, slika 1). Nakon jakih dvodnevni padavina, na istoj lokaciji, pod Stožami, je došlo do pojave

novog klizišta. Materijal se kretao do zaustavljene mase prijašnjeg klizišta, koja je bila već izdatno namočena vodom Mangartskog potoka i padavinama, te izazvala njegovo ponovno



Slika 1: Skica razmatranog područja sa označenim računskim dionicama

pokretanje u obliku blatnog toka. Masa je tekla uskim kanjonom Mangartskog potoka i dalje dolinom Predelice (dionica B, slika 1). U roku približno 4 minute (brzina čela vala je bila oko 15 m/s) je stigla do naselja Gorenji Log (dionica C, slika 1), gdje je izazvala katastrofu čije su posljedice 7 ljudskih žrtava, 23 oštećena i 6 potpuno srušenih objekata. To je djelomično vidljivo sa slike 2, gdje je prikazana fotografija dijela Gorenjega Loga prije i poslije nesreće. Nagib doline je tu postao znatno manji tako da se blatni tok, iako radi dodatne vode rijeke Koritnice još bogatiji vodom, kretao sporije pored Spodnjega Loga i postepeno taložio. Većina materijala se istaložila uzvodno od uskog kanjona rijeke Koritnice, na dionici D (slika 1) i samo manja količina je nastavila tok uskim kanjonom prema rijeci Soči.

Ocijenjeno je bilo da je ukupna količina pokrenutog materijala sa klizišta iznosila 1.200.000 m³. Od toga je do Gorenjega Loga stiglo 800.000 m³, dok se ostala količina zaustavila na putu kretanja materijala klizišta i blatnog toka.

Po predviđanjima geologa i geomehanika, na mjestu klizišta postoji opasnost od ponovnog pokretanja zemljane mase. Ocjenjuje se da bi volumen mogao biti jednak ili čak veći od prethodnog. Pošto je time naselje Log ugroženo, potrebno je planirati i izvesti odgovarajuće djelatnosti da bi se zaštitilo stanovništvo tog naselja i njihova imovina.



Slika 2: Fotografija Gorenjeg Loga prije i poslije nesreće

OPIS UPOTREBLJENIH MATEMATIČKIH MODELA

Kada se zemljana masa pokrene po klizištu, dolazi do drobljenja materijala na različite veličine zrna, od najsitnijih do onih od više m^3 . Obično je masa vrlo razmočena jer je upravo voda uzrok pojave klizišta. Ako nastane blatni tok, taj je do određene mjere sličan toku tekućine i to toliko više, koliko je veći sadržaj vode. Jednačine, koje opisuju tu pojavu, su u osnovi slične jednačinama koje opisuju tok vode. Razlikuju se u članovima koji izražavaju otpor toku jer je blatni tok gušći, ima veću viskoznost, a trenje među zrnima izaziva dodatni otpor. Glavna razlika, poredeći sa tokom vode, je u članu koji izražava početne strižne napone, što omogućuje da se matematičkim modelom simulira zaustavljanje blatnog toka na terenu sa određenim padom, što kod vode nije moguće.

Za analizu događanja koja su bila posljedica spomenutog klizišta, kombinirana su tri matematička modela:

1. jednodimenzijski (1D) model DEBRIF1D, koji je bio izrađen na Katedri za mehaniko tekočin (KMTe) Fakultete za građbeništvo in geodeziju u Ljubljani, kojim je simuliran tok na dionicama A, B i D,
2. dvodimenzijski (2D) model PCFLOW2D, koji je takođe izrađen na KMTe, koji je upotrebljen na dionici C,
3. 2D komercijalni model FLO-2D, za dionice A, C i D.

Veza između pojedinih modela je ostvarena hidrogramima koji su bili izračunati na donjem rubu svake uzvodne dionice.

Formulacija otpora

Za sva tri matematička modela je zajednička formulacija otpora toka. Model je preuzet i prilagođen po O'Brien-u [2]:

$$S_f = \frac{\tau_y}{\gamma_m h} + \frac{K V \eta}{8 \gamma_m h^2} + \frac{n_s^2 v^2}{h^{4/3}} + S_e + S_b \quad (1)$$

gdje je: τ_y granični strižni napon mješavine zemljane mase i vode, γ_m specifična težina mješavine vode i sedimenta, h dubina toka, K bezdimenzijski parametar (upotrebljena je vrijednost 2285 [2]), η dinamička viskoznost mješavine, v brzina toka, n Manningov koeficijent hrapavosti, S_e pad energetske crte izazvan vrtlozima radi naglih proširenja i S_b pad energetske crte radi zakrivljenosti toka.

Jednodimenzijski model

Za rješavanje jednodimenzijskih St. Venant-ovih jednačina u konzervativnom obliku je upotrebljena eksplicitna numerička metoda Lax-Wendrofa. Pošto model uzima u obzir utjecaj gubitaka na čelu vala, moguć je istovremeni račun čela vala sa ostalim tokom, bez uvođenja posebnih tehnika za račun napredovanja čela [6].

U 1D matematičkom modelu je topografija računskog područja bila opisana poprečnim profilima na međusobnoj udaljenosti 20 m. Profili su morali biti definirani tako gusto radi velike strmine kanjona Predelice gdje se blatni tok ponegdje kretao skoro u obliku slapa [3].

Dvodimenzijski modeli

Radi karakteristika blatnog toka, sa čijim matematičkim modeliranjem ni u svjetskim razmjerama nema velikih iskustava, za račun blatnog toka su upotrebljena dva dvodimenzijska hidrodinamička matematička modela, osrednjena po dubini toka. Tako je bilo moguće poređenje rezultata i njihova kontrola. Osnova oba modela su jednačina kontinuiteta i dvije dinamičke jednačine.

Sistem parcijalnih diferencijalnih jednačina se rješava metodom konačnih volumena [4]. Osnovne karakteristike metode su smaknuta numerička mreža, kombinacija “upwind” i “central-difference” sheme [1].

Područje 2D modela PCFLOW2D je bilo podjeljeno kvadratnom mrežom 2 x 2 m, dok je za potrebe drugog 2D modela FLO-2D, kojim je zahvaćeno veće područje, formirana mreža veličine 4 x 4 m [3].

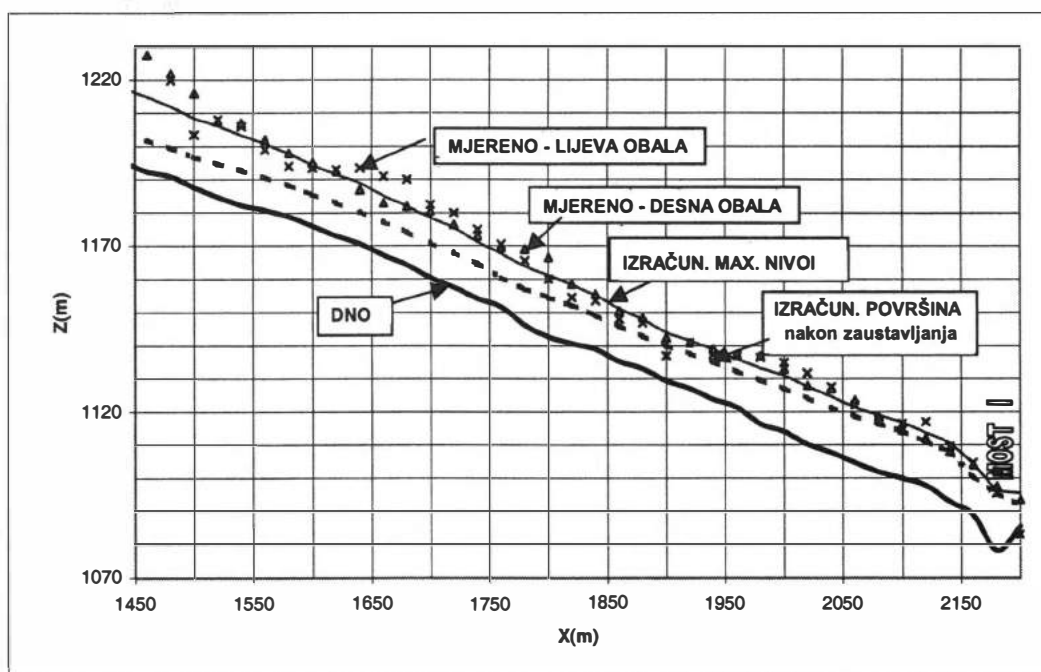
TARIRANJE MATEMATIČKIH MODELA

Oba 2D i 1D matematički model su tarirani na osnovu zabilježenih tragova blatnog toka na terenu nakon događaja od 17.11.2000 i geodetskog snimka iz 1998. godine. Izvedeno je poređenje zabilježenog i izračunatog poplavljenog područja. Hidrogram toka nije mogao biti izmjereno, što je potreban ulazni podatak za 2D modele. Taj podatak – gornji rubni uvjet 2D modela, je preuzet kao rezultat računa 1D modela.

Tokom tariranja matematičkih modela, bilo je potrebno odrediti slijedeća tri parametra, koji nastupaju u članovima za simulaciju otpora: granični strižni napon, viskoznost i Manningov koeficijent hrapavosti. Posebno prva dva parametra je moguće naći u literaturi u vrlo širokom rasponu. Određivanje njihovih vrijednosti je izvedeno na osnovu: podataka koji se pojavljuju u literaturi, rezultata geomehaničkih istraživanja [5], te vrijednosti koje su dobivene tariranjem matematičkih modela [3].

Vrijednosti parametara τ_y i η na dionici A (suho klizište) i ostalim dionicama (blatni tok) su se značajno razlikovali radi različite sadržine vode. Tako se vrijednost za τ_y kretala u granicama od 20 do 2000 N/m² i za η od 10 do 40 Pa.s. Manningov koeficijent n_g , koji zavisi od hrapavosti korita, je tarairan za svaku dionicu toka posebno. Taj parametar, u slučaju blatnog toka, pored hrapavosti, mora sadržavati utjecaj međusobnog sudaranja zrna i veličinu turbulencije. Zato je n_g za blatni tok značajno veći od uobičajenih vrijednosti za vodne tokove i u našem slučaju se kretao od 0,03 do 0,35 sm^{-1/3}.

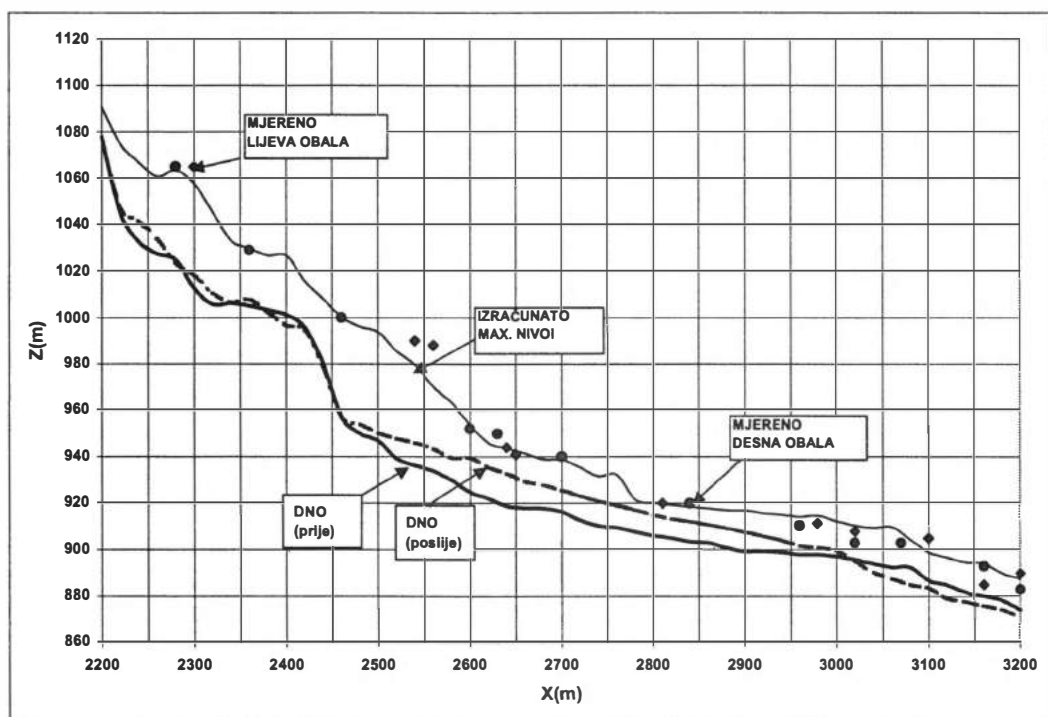
Rezultati tariranja modela DEBRIF1D za dionicu A je prikazano na slici 3. U vrijeme od 15. do 17.11.2000. nije bilo mjerenja pokrenutog materijala. Po tvrdnjama očevidaca i prema fotografijama, tragovi na stranama korita su bili 3 do 5 m viši od površine konačno zaustavljenog materijala. To je pravilno pokazao matematički model. Slaganje izmjerenih tragova na stranama korita i izračunatih vrijednosti je za tako kompleksan događaj dobro. Značajno je to, da je model dobro pokazao da se materijal zaustavio nad mostom I na nagibu dna korita 16%.



Slika 3: Poređenje rezultata računa i mjerenja na dionici A

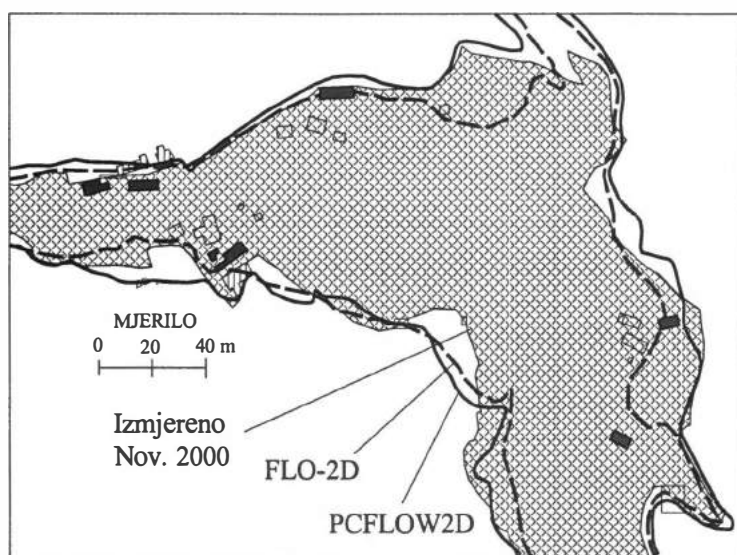
Dionica B je uskog i neprizmatičnog oblika. Prosječni pad dna je 17,3 %. Maksimalni tragovi na stranama korita su ponegdje i 45 m nad dnom korita. Tu je tok bio dobro namočen i kretao se slično vodnom toku. Tragovi na stranama kanjona ukazuju na različite visine slobodne površine toka na krivinama i pojavu zaustavnih tačaka na mjestima gdje je došlo do smanjenja brzine radi geometrije korita. Rezultat tariranja modela je prikazan na slici 4.

Situativno poređenje rezultata matematičkih modela PCFLOW2D i FLO2D, te geodetskih mjerenja na dionici C je prikazano na slici 5. Radi lakše ocjene kvaliteta rezultata matematičkog modela, na slici 6 je prikazan aero-foto snimak područja Gorenjega Loga



Slika 4: Poređenje rezultata računa i mjerenja na dionici B

nakon blatnog toka i pod njim rezultati matematičkog modela PCFLOW2D iz iste točke gledišta. Slika 7 prikazuje izračunati raspored brzina na dionici C pomoću modela PCFLOW2D, 70 s nakon ulaska vala u tu dionicu.



Slika 5: Rezultati tariranja 2D modela – situacioni prikaz izmjerenih i izračunatih tragova blatnog toka na dionici C

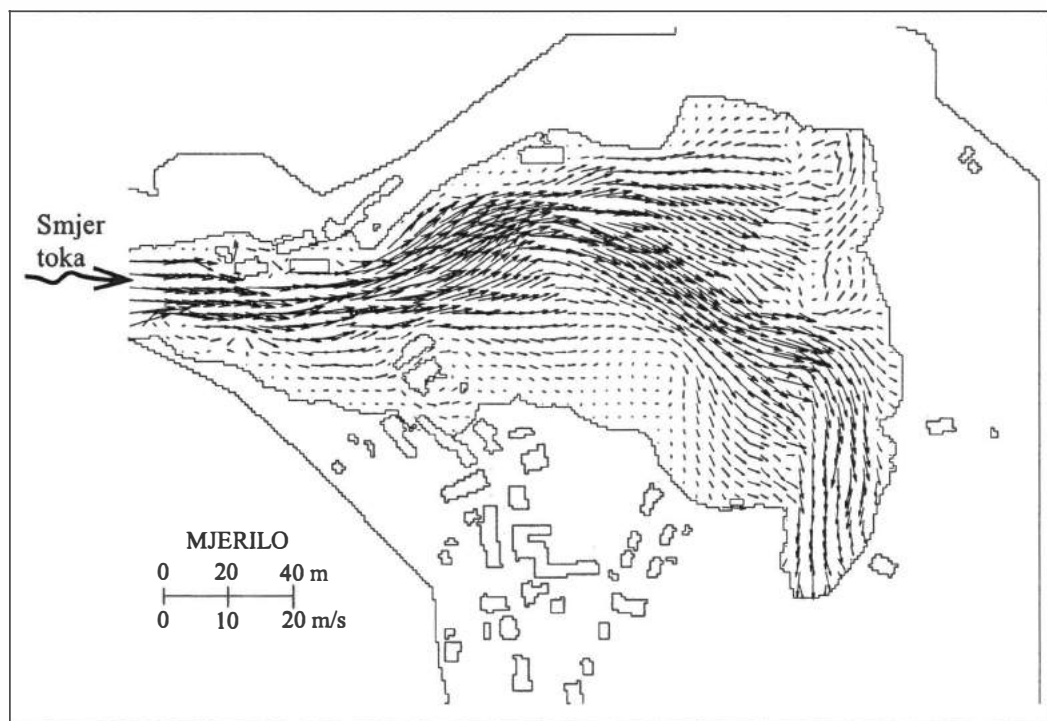


Slika 6: Poređenje osmatranja i rezultata računa; Gore: aero-foto blatnog toka u Gorenjem Logu (foto: B. Vlaj, 22.11.2000.); Dole: prikaz izračunatih (PCFLOW2D) maksimalnih dubina blatnog toka

ZAKLJUČAK

Za slučaj klizišta na Stožami pod Mangartom i pojave blatnog toka se pokazalo da je kombinacija upotrebe 1D (DEBRIF1D) i dva 2D modela (PCFLOW2D i FLO2D) bila pravilna metodologija za simulaciju sličnih pojava. Poređenje rezultata sva tri modela sa terenskim mjeranjima je pokazalo da je sigurnost modelskih rezultata zadovoljavajuća.

Kvadratni zakon otpora za račun blatnog toka, kojeg je predložio O'Brien, je dao prihvatljive rezultate i za slučaj dužih dionica toka i korita sa kompleksnim geometrijskim karakteristikama, gdje se režim toka mijenja. Tako je dobivena dobra osnova za daljnu simulaciju eventuelnih novih klizišta koja prijete naselju Log, te sagledavanje njihovih posljedica i ocjenu učinkovitosti rješenja za zaštitu Loga pod Mangartom od blatnog toka.



Slika 7: Izračunato polje brzina (PCFLOW2D) na dionici C, 70 s nakon ulaska vala

Literatura

- Četina, M., and Rajar, R. (1994): "Two-Dimensional Dam-Break Flow Simulation in a Sudden Enlargement". Proc. of the Int. Conf. Modelling of Flood Propagation over Initially Dry Areas., P. Molinaro & L. Natale, eds., Milan, Italy, 268-282.
- FLO Engineering Inc. (1999): FLO-2D, Users Manual, Version 99.1. Civil and Water Resources Engineering.
- KMTe, VGB (2001): Enodimenzijski in dvodimenzijski matematični model murastega toka od plazu Stože pod Mangartom do Loga pod Mangartom in ocena ogroženosti naselja Log pod Mangartom. Poročilo, FGJ Ljubljana.
- Patankar, S.V. (1980): Numerical Heat Transfer and Fluid Flow. McGraw-Hill B.C., New York.
- Petkovšek, A. (2001): Laboratorijske raziskave za določitev reoloških lastnosti gruščnatega toka na plazu Stože pod Mangartom. 1. delno pregledno poročilo.
- Rajar, R. (1979, 1980): Dinamika snežnih plazov, I. del, II. del. Raziskovalna naloga za Zvezo Vodnih Skupnosti (LMTe).

Autori:

Asist. mag. Mario Krzyk univ. dipl. ing., iz. prof. dr. Matjaž Četina univ. dipl. ing., Majda Zakrajšek univ. dipl. ing., prof. dr. Rudi Rajar univ. dipl. ing., UL, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Hajdrihova 28, SI-1000, Ljubljana, Tel.: + 386 1 4254052, Fax.: + 386 1 2519897, E-mail: mkrzyk@fgg.uni-lj.si

Tomaž Hojnik univ. dipl. ing., Vodnogospodarski biro Maribor, Glavni trg 19c, SI-2000, Maribor, Tel.: + 386 2 2346500, Fax.: + 386 2 2346509, E-mail: hojnik@vgb.si



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.16.

Napredak u konstrukciji membranskih elemenata i radu membranskih uređaja za obradbu pitkih voda

Krešimir Košutić, Branko Kunst

SAŽETAK: Pregledno su prikazane najnovije ideje u konstrukciji membranskih elemenata i radu uređaja za reverznu osmozu. Uz nova teorijska saznanja opisana su nova konstrukcijska rješenja, a pokazano je da se do boljih radnih rezultata (povećanje iskorištenja ulazne vode, smanjenje utroška energije) može doći i primjenom dosada poznatih komercijalnih membranskih elemenata, ako se pri projektiranju uređaja uobičajene mogućnosti prošire novim idejama. Takav primjer ilustriran je i proračunatom i prikazanom tehnološkom shemom za desalinaciju morske vode.

KLJUČNE RIJEČI: reverzna osmoza, membranska desalinacija, pitka voda, pregled.

Progress in construction of membrane elements and operation of membrane units for drinking water treatment

SUMMARY: Recent developments in construction of membrane elements and operation of membrane units for water treatment are reviewed. In addition to the new theoretical results, the recent solutions in membrane element construction are described. It is reported that better operating results (higher permeate yield, energy conservation) can be achieved by using commercially available membrane elements in the unit designed and built in the new configuration. The example of such development based on our calculations is presented schematically for a case of seawater desalination.

KEYWORDS: reverse osmosis, membrane desalination, drinking water, review

UVOD

Za opskrbu stanovništva kvalitetnom pitkom vodom najčešće služe prirodne podzemne vode ili vode iz čistih površinskih vodotokova. Zbog povećanja stanovništva i povećanih onečišćenja štetnim tvarima (teški metali, pesticidi, petrokemikalije) kvalitetne prirodne površinske i podzemne vode sve su rjeđe. Zbog novih spoznaja o štetnom djelovanju raznih onečišćenja, pa i kemijski promijenjenih prirodnih organskih tvari u vodi, sve češće se u svijetu mijenjaju i norme za kvalitetu pitke vode.

Navedeni razlozi traže dodatne načine osiguranja dovoljnih količina kvalitetne pitke vode, u čemu suvremeni postupci obradbe voda imaju sve veću ulogu. Takvi su i membranski postupci obradbe, koji se mnogo rabe za desalinaciju slanih voda [1], a sve se češće primjenjuju i za uklanjanje onečišćenja i nepoželjnih prirodnih tvari iz površinskih i podzemnih voda [2-5].

Od tlačnih membranskih postupaka za obradbu voda posebnu pozornost pobuđuju reverzna osmoza i nanofiltracija. Oba se postupka temelje na protiskivanju ulazne vode kroz membranu, tanku fizičku pregradu, kroz koju prolaze molekule vode, dok otopljene molekule i ioni prolaze sporije ili uopće ne mogu proći. Tako se kao permeat dobije čista, pitka voda. Membranskom se obradbom, dakle, propisima (normama) prilagođavaju fizikalna, kemijska i sanitarno-mikrobiološka svojstva pitke vode, a uz smanjenje sadržaja soli prednost je membranskih postupaka istodobno uklanjanje mikrobioloških i većine organskih onečišćenja.

Reverzna osmoza i nanofiltracija međusobno se razlikuju mehanizmom separacije, koji je određen poroznošću membrane i fizikalno kemijskim interakcijama poput elektrostatskih djelovanja u sustavu. Za reverznu osmozu upotrebljavaju se "guste" membrane, pora manjih od 1 nm, pa su radni tlakovi potrebni za protiskivanje vode kroz membranu relativno visoki, od 15 bara za bočate i otpadne vode do 40 pa i 65 bara za morsku vodu. U površini nanofiltracijskih membrana nalaze se veće pore, reda veličine 0,7 do 5 nm, pa su potrebni radni tlakovi znatno niži, najviše do 10 bara, pri čemu na efekt separacije znatno utječe i električni naboj membrane.

Najvažnija upotrebna svojstva separacijske membrane su njena selektivnost mjerena faktorom zadržavanja za pojedine sastojke vode, R , te njena produktivnost (permeabilnost), Q , mjerena masom permeata po jedinici površine i vremena. Kvalitetna membrana mora nadalje imati stabilna separacijska svojstva u dugotrajnoj primjeni (5-8 godina), mora biti mehanički, kemijski i biološki otporna, po mogućnosti slabo podložna taloženju koloidnih i suspendiranih tvari, te dostupna cijenom.

MEMBRANSKI ELEMENTI (MODULI) I NJIHOVO USAVRŠAVANJE

U membranskom elementu, kao osnovnoj separacijskoj jedinici ulazna se voda razdvaja u dvije struje: razrjeđeni permeat i koncentrirani retentat. U kućištu membranskog modula smještene su uz separacijske membrane svi ostali dijelovi potrebni za provođenje separacije. To su razdjelnici membrana, porozni potporni slojevi za skupljanje i izvod permeata, ulazni i izlazni priključci i dr. Tijekom razvoja membranskih postupaka konstruirano je nekoliko tipova modula, od kojih se danas koriste 4 konfiguracije: modul s ravnim membranama, cijevni modul, spiralno namotani modul i modul u obliku šupljih vlakana.

Svaka od navedenih konfiguracija ima svoje prednosti ali i nedostatke, no zajedničko im je da sadrže veliku aktivnu površinu membrana u relativno malom volumenu (visoku gustoću slaganja membrana), dobre hidrauličke uvjete potrebne za smanjenje koncentracijske polarizacije (koncentriranje otopljenih tvari na tlačnoj strani membrane), i stvaranje taloga, te lako čišćenje membrana. Uz to je važno da pad tlaka u modulu nije previsok, da za rad modula nije potrebna ekstenzivna predobradba vode, te da je cijena modula razumna.

Razvojem i usavršavanjem konstrukcije i poboljšanjem rada membranskih modula bave se i znanstvenici i stručnjaci praktičari u industriji. Najvažniji noviji praktični rezultati dobiveni su radom znanstvenika u velikim kompanijama, proizvođačima membranskih uređaja. Ti rezultati često se zbog ostvarenja vlasničkih prava publiciraju nekoliko godina nakon komercijalizacije, pa ovakav pregled ne daje najnovije, već malo zakašnjelo stanje znanja na području konstrukcije osnovnih membranskih jedinica. Temeljne ideje i postignuća ipak su poznati.

Poznat je npr. rad G.Belforta [6] koji je dao teorijske osnove za usporedbu prednosti i nedostataka različitih konstrukcija membranskih elemenata. On je primjenom mehanike fluida usporedio performance različitih komercijalno raspoloživih membranskih elemenata. Matematičke relacije na temelju kojih se proračunavaju i projektiraju membranski uređaji modificirane su [7] za pojedine specifične uvjete rada, npr. promjenljivi faktor separacije membrane. Poznavanjem te promjenljive veličine i dakako iskorištenja ulazne vode u procesu mogle su se izračunati koncentracije permeata i retentata tijekom procesa.

W.C.Light i suradnici iz UOP Fluid Systems (danas Koch Membranes) opisali su [8] razvoj novoga velikoga membranskog spiralno namotanog elementa. Taj tzv. Magnum element dug je 1,5 m i prema rezultatima autora smanjuje operativne troškove ponajviše zbog manjeg broja sastavnih dijelova i zbog razmjerno veće membranske površine u višemodulnoj tlačnoj cijevi. Dodatno su u Magnum element ugrađene i nove TFCL membrane, otpornije na djelovanje klora, tako da se element može uspješno primijeniti i za obradbu vode koja nije bila potpuno deklorirana.

1994. i 1995.g. FilmTec Corporation (samostalna jedinica Dow Chemical Company) uvela je na tržište [9,10] novi niz elemenata za obradbu morske i bočate vode, te za nanofiltraciju. Ti elementi imaju do 21% veću membransku površinu i zato 20-40% veću produktivnost. U tako modificiranim klasičnim 20 cm (8") spiralno namotanim modulima smješteno je 29 membranskih listova sa 37 m² (400 sq ft) aktivne površine, pri čemu su bitno smanjene površine lijepljenja. Membranski listovi su skraćeni kako bi se optimirao tok permeata, pad tlaka i hidraulički režim u membranskom elementu. Membranski listovi, folije za odvod retentata i odjeljivači permeata spajaju se strojno, a ljepilo koje povezuje sve komponente nanosi se mehanički. Takvom novom konstrukcijom povećana je djelotvornost, tj. iskorištenje membranske površine s 80 na gotovo 100 %. Novi membranski elementi komercijalizirani su pod nazivima BW30-400, SW30HR-380, NF70-400 and NF90-400. Nizu su dodana i dva elementa za bočatu vodu, BW30LE-400 and BW30LE-440, u kojima se nalaze kemijski modificirane membrane posebno namijenjene radu pri niskim tlakovima.

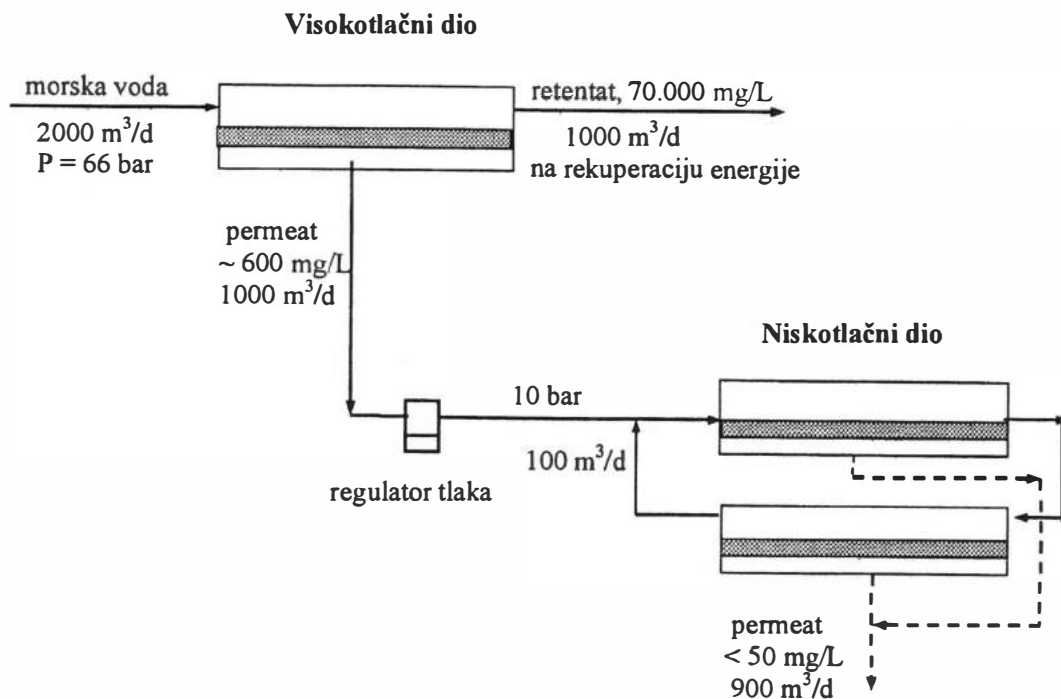
1996.g. je FilmTec Corporation razvila novi modul za obradbu morske vode za rad u postrojenjima s izravnim zahvatom ulazne vode, odnosno za ulaznu vodu s očekivano većom tendencijom blokiranja (fouling) membrana [11,12]. Membranski element SW30HR-320 opremljen je najdebljim raspoloživim razdjelnikom ulazne vode i dovoljno velikom površinom membrana (30 m²). Na taj način nisu promijenjene vanjske dimenzije elementa, a bitno je smanjena učestalost blokiranja membrana i olakšano njihovo čišćenje. Smanjenje protoka permeata zbog blokiranja membrana u tom je modulu 35% manje nego u standardnom modulu SW30HR-8040, dok su podatci o učestalosti i cijeni čišćenja još bolji.

U komercijalnu primjenu uvedena je [13] i nova generacija FilmTec-ovih elemenata s tankoslojnom kompozitnom membranom od aromatskog poliamida s kemijski modificiranom membranskom površinom. Ti su elementi pokazali smanjenu brzinu adhezije mikroorganizama na membrani, duže indukcijsko razdoblje do početka stvaranja biofilma, te produženi rad između dva kemijska čišćenja. Kemijska je modifikacija povećala adhezijski otpor membranske površine za mikroorganizme. Kombinacijom tih biofouling-otpornih (FR) elemenata s optimiranom primjenom dobro izabranih sredstava za uništavanje mikroorganizama bitno je smanjena učestalost kemijskog čišćenja membranskih elemenata. Uvedena su dva tipa modula otpornih na blokiranje

membrana: BW30-365 FR1 za primjenu za pitke vode i BW30-365 FR2 za industrijske vode koje se ne koriste za piće.

1997.g. DuPont Permasep Products je komercijalizirao novi modul sa šupljim vlaknima, koji je donio novost u tehnologiji šupljih vlakana i njihovoj primjeni za desalinacijske svrhe [14]. U novoj konstrukciji membranskog elementa efektivna je pogonska sila procesa povećana izlaskom permeata s obje strane snopa vlaknastih membrana. Povećanje protoka permeata u odnosu na klasični tip modula sa šupljim vlaknima kreće se od 24 % za morsku vodu do 52% za bočatu vodu. Zadržavanje soli za morsku vodu povećano je 19 %, a za bočatu vodu 34 %, a novi uređaj daje i jednoličniji protok permeata, dakle jednoličnije iskorištenje uzduž vlakana.

Japanski proizvođač membranskih elemenata i postrojenja Toray Co. je, radi većeg iskorištenja ulazne vode, proizveo novi tip visokotlačnog membranskog elemenata za tlakove do 100 bara. Retentat iz 1.stupnja procesa se dalje obrađuje u takvim visokotlačnim elementima u 2.stupnju, povećavajući ukupno iskorištenje postrojenja, jer ukupnoj masi produkta - pitke vode - pridonose permeati iz oba procesna stupnja. [15]



Slika 1. Tehnološka shema proračunatog desalinacijskog uređaja za morsku vodu s većim iskorištenjem ulazne vode.

Zahtjevi za povećanjem iskorištenja ulazne vode kao i smanjenjem utroška energije doveli su i do novih ideja pri projektiranju RO postrojenja, pri čemu nije bilo nužno usavršavati i mijenjati membranske elemente. Tako je npr. za novo postrojenje za desalinaciju morske vode Lanzarote IV na Kanarskim otocima [16] primijenjen dvostupanjski postupak s FilmTec-ovim SW30HR-380 elementima i visokim tlakom u prvom stupnju, iz kojega permeat izlazi pod određenim nižim a ne kako je bilo uobičajeno

pod atmosferskim tlakom. Iz tog se permeata zatim u drugom, niskotlačnom stupnju procesa primjenom elemenata za bočatu vodu dobije pitka voda zadovoljavajuće niskog sadržaja soli (TDS). Kako permeat visokotlačnog dijela postrojenja može imati koncentraciju soli od oko 1000 mg/l, u tom se dijelu može postići relativno visoka (50 %) pretvorba morske vode u permeat, pa su zbog manje količine retentata potrebni manji, odnosno jeftiniji uređaji za rekuperaciju energije.

Za ilustraciju takvog pristupa proračunat je proces desalinacije morske vode s komercijalno raspoloživim membranama uobičajenih svojstava za jedan naš slučaj (Jadransko more, sadržaj soli TDS = 36.000 mg/L). Dobivena tehnološka shema prikazana ulaznim i izlaznim tokovima tvari, te masenim koncentracijama soli prikazana je na slici 1.

Dobiveni podatci pokazuju zadovoljavajuće nisku koncentraciju soli u permeatu (pitkoj vodi) i relativno visoko ukupno iskorištenje ulazne vode.

LITERATURA

- [1] Z. Amjad (ur.): Reverse Osmosis: Membrane Technology, Water Chemistry and Industrial Applications, Van Nostrand Reinhold, New York 1993
- [2] B.Ericsson, M.Hallberg, J.Wachenfeldt, Nanofiltration of highly colored raw water for drinking water production, *Desalination* **108**, 129-141 (1996)
- [3] KM. Agbekodo, B. Legube and S. Dard, Atrazine and simazine removal mechanisms by nanofiltration - Influence of natural organic matter concentration, *Water Research*. **30** (11) (1996) 2535-2542.
- [4] B. Van der Bruggen, J. Schaep, W. Maes, D. Wilms and C. Vandecasteele, Nanofiltration as a treatment method for the removal of pesticides from ground waters, *Desalination* **117** (1998) 139-147
- [5] R. Boussahel, S. Bouland, H.M. Moussaoui and A. Montiel, Removal of pesticide residues in water using the nanofiltration process, *Desalination* **132** (2000) 205-209
- [6] G. Belfort, "Membrane modules: comparison of different configurations using fluid mechanics", *J. Membrane Sci.* **35** (1988) 245-270
- [7] D.Sambrailo, B.Kunst, "On the calculation of stream concentrations in reverse osmosis process", *Desalination* **60** (1986) 111-116
- [8] W.C.Light i.dr. "Reverse osmosis TFC Magnum Elements for Chlorinated/ Dechlorinated Feedwater Processing", *Desalination* **64** (1987) 411-421
- [9] J. De Witte, "New development in nanofiltration and reverse osmosis membrane manufacturing", *Desalination* **113** (1997) 153-156
- [10] J.A.Redondo, F.Lanari, "Membrane selection and design considerations for meeting European potable water requirements based on different feedwater conditions", *Desalination* **113** (1997) 309-323
- [11] J.A.Redondo, A.Casanas, "Mature and novel desalination experiences with the FilmTec SW30HR-380 and SW30HR-320 elements - Technical-economical review", *Desalination* **125** (1999) 1-8
- [12] J.A.Redondo, I.Lomax, "Y2K generation FilmTec* RO membranes combined with new pretreatment techniques to treat raw water with high fouling potential: summary of experience", *Desalination* **136** (2001) 287-306

- [13] J.A.Redondo, "Improve RO system performance and reduce operating cost with FilmTec fouling-resistant (FR) elements", *Desalination* 126 (1999) 249-259
- [14] G. Reibersdorfer, C.P.Shields i dr., "The hollow fiber cartridge (TM) - Operational experience with an improved reverses osmosis device/technology", *Desalination* 117 (1998) 311-321
- [15] M.Kurihara, H.Yamamura, T.Nakanishi, S.Jinno: "Operation and reliability of very high-recovery seawater desalination technologies by brine conversion two-stage RO desalination system", *Desalination* 138 (2001) 191-199
- [16] J.A.Redondo, "Lanzarote IV, a new concept for two-pass SWRO at low O&M cost using the new high-flow FILMTEC SW30-380", *Desalination* 138 (2001) 231-236

Autori:

doc.dr.sc. Krešimir Košutić, dipl.inž., prof.dr.sc. Branko Kunst,
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije,
10000 Zagreb, Marulićev trg 20, p.p. 177,
Tel. 45 97 231, Fax 45 97 250,
E-mail: kkosutic@fkit.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.17.

Vizija luke Slavonski Brod

Neven Kuspilić, Damir Bekić

SAŽETAK: Slavonski Brod sa svojom geografskom pozicijom ima ulogu važnog prometnog čvorišta u Hrvatskoj. Nalazi se na X paneuropskom prometnom koridoru u neposrednoj blizini njegova križanja s Vc koridorom. Takva pozicija osigurava stalnost u robnim tokovima. Rijeka Sava, za Slavonski Brod, predstavlja neiskorišten prometni potencijal koji je potrebno prometno valorizirati osnivanjem luke. Preduvjet je osigurana plovnost Savom. Potpisivanjem Europskog ugovora o glavnim unutarnjim plovnim putevima od međunarodnog značaja (AGN) Hrvatska je deklarirala plovni put na rijeci Savi od Jamene do Siska, međunarodnim plovnim putem IV klase (oznaka E 80-12) i preuzela obavezu njegovog razvijanja, obilježavanja i održavanja. Aktivnositi na provedbi navedenog ugovora su u toku. Isto tako je realizacija prve faze luke izvjesna. Za cjelovito rješenje luke izrađeno je novo Idejno rješenje. Osnovna podloga bio je "Generalni plan pristaništa Slavonski Brod" iz 1979. godine. Promjene se svode na pomak trase obale, uvjetovan novim geotehničkim aspektima, te na razmještaj i strukturu vezova. Također je promijenjen tip konstrukcije vertikalne obale, što proizlazi iz saznanja o relativno slabijoj nosivosti temeljnog tla od očekivanog, te iz promjene tipa prekrcajne mehanizacije. Tokom proteklih godina postoji izražen trend uvođenja tzv mobil-kranova za prekrcaj tereta, čije je opterećenje veće nego li opterećenje klasičnim portalnim pretovarnim kranom.

Vision of the Slavonski Brod Port

SUMMARY: Geographical location of the city of Slavonski Brod makes it a significant traffic junction in Croatia. It is positioned on the Xth Paneuropean traffic corridor, in vicinity of its crossing with Vc corridor. Such a position provides stability in goods traffic. For Slavonski Brod, the Sava River represents an undeveloped traffic potential which should be valued by establishing a port, which demands navigability of the Sava River. By signing the European Agreement on Major International Inland Waterways (AGN), Croatia has declared the Sava River waterway from Jamena to Sisak as the international waterway of IVth class (label E 80-12) and thereby undertook to develop, label and maintain the waterway. The activities related to the agreement implementation are in progress. The first stage of the port establishment is also certain. A new conceptual study has been prepared for a comprehensive approach to the port project. The basis was the General Plan for the Slavonski Brod Port from 1979. The changes are reduced to the shift of the bank route, due to the new geotechnical inputs, and to arrangement and structure of the mooring. The quay structure type has also been changed, based on information that the bearing capacity of the foundation soil is comparatively poorer than expected and because of the change of the type of harbor crane. In the last years, there has been a trend of introducing the so-called mobile cranes for cargo reloading, which exert higher loadings than the classical cranes.

Potencijalni promet roba u luci

Danas se na području luke Slavonski Brod obavlja pretovar šljunka i sirove nafte. Procjenjuje se da će se u luci razviti promet i drugih vrsta tereta. To su: Generalni teret uključujući kontejnere, Rasuti tereti, Drvo, RO-RO tereti, Žitarice, Tekući tereti i Sipki tereti.

Procjena budućeg prometa po tim vrstama tereta treba uzeti u obzir slijedeće elemente: Relativno poznati tereti (šljunak i pijesak), izvoz Hrvatske u zemlje gravitacijskog područja luke, uvoz Hrvatske iz zemalja gravitacijskog područja luke, tranzit u prometu roba iz gravitacijskog područja, promet proizvedene robe, promet robno distribucijskog centra, ostali domaći promet. Gravitacijsko područje predstavljaju slijedeće zemlje: Mađarska, Slovačka, Češka, Austrija, Njemačka, Poljska, Bosna i Hercegovina, Jugoslavija, Rumunjska, Bugarska, Ukrajina, Rusija i Moldavija.

Analizom prometa, temeljem pretovarnih mogućnosti vezova, luka Slavonski Brod bi prema tipu roba imala slijedeći kapacitet: Generalni teret na 4 veza 435.000 t/god, šljunak i pijesak na 1 vezu 380.000 t/god, žitarice na 1 vezu 215.000 t/god. i nafta i naftni derivati na 2 veza 420.000 t/god.

Sveukupno, planirani kapacitet bio bi 1.450.000 t/god. Navedeni kapacitet predstavlja prosječnu godišnju veličinu, dok maksimalni kapacitet može biti veći i za 50%.

Organizacija prostora luke

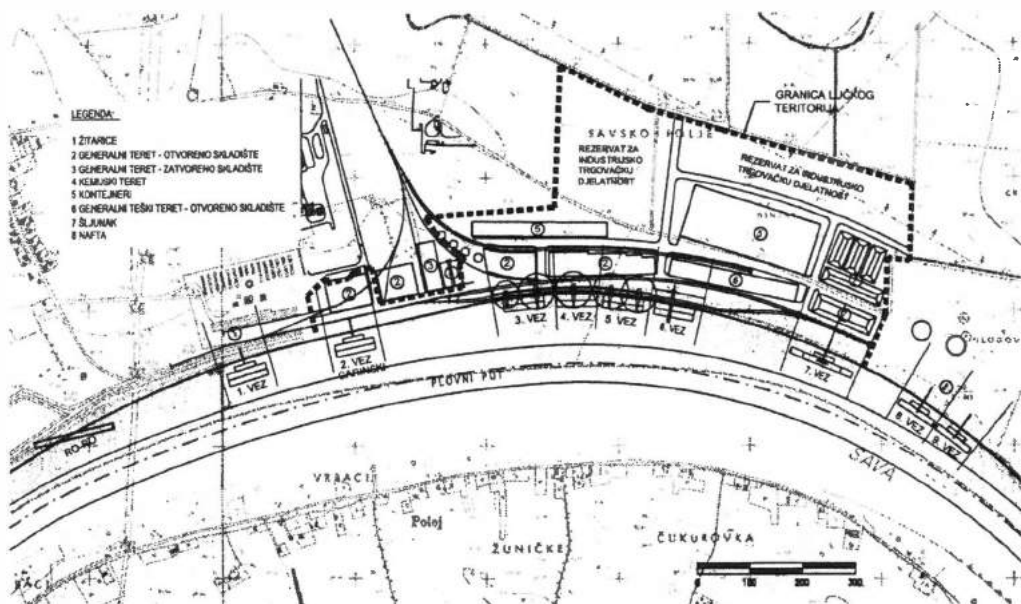
Prva ideja rješenja razrađena je u elaboratu "Generalni plan pristaništa Slavonski Brod" iz 1979. godine koji je izradio R.O. za vodne puteve "Ivan Milutinović". Novo rješenje predstavlja izmjenu nekih elemenata vezanih uz promjene tehnologije u transportu i pretovaru roba, nove prometne uvjete i promijene tipa konstrukcije vertikalne obale (relativno slabija nosivosti temeljnog tla od očekivane, promjena klase plovila i promjena tipa prekrcajne mehanizacije).

Buduća luka je linijskog tipa, odnosno vezovi su trasirani paralelno s osi Save. Nema fizički odvojen akvatorij, već se on nalazi u rijeci izvan postojećeg plovnoga puta. Nepostredno u zaobalju organiziran je teritorij luke.

Vezano uz predvidive vrste roba i tehnologiju prekrcaja tereta, načinjena je organizacija raspoloživog lučkog prostora. Za prekrcaj generalnog tereta (vezovi 3, 5, 5 i 6), bez obzira na njegov posebni oblik pakiranja, koristi se standardna lu...ko-prekrcajna tehnologija, koja se temelji na uporabi obalne dizalice, koja teret prenosi sa broda na obalu ili obrnuto. Specijalni su slu...aj kontejneri. Taj se teret prekrcava tornjevima tzv. portajnerima. Šljunak i pijesak bi se prekrcavali klasi...nim portalnim dizalicama opremljenim grabalicama, te skladištili na otvorena skladišta pomoću kombinacije gura...a i prenosnih konvejera (vez 7). Za prekrcaj vozila (ro-ro tereta) na ro-ro terminalu koristi se rampa za cestovna vozila. Terminal za pretovar žitarica (vez 1) predviđen je u zoni postojećeg silosa. Obzirom na ...injenicu da postoji naftni terminal, on bi se trebao osuvremeniti i priključiti cijelom kompleksu luke (vezovi 8 i 9). Prekrcaj nafte obavljao bi se pomoću crpki smještenih na pontonima.

Luka Slavonski Brod bi u konačnoj fazi imala 9 vezova. Struktura i broj vezova prikazani su u slici 2.

Na teritoriju luke predviđeni su skladišni prostori primjereni tipovima roba. Osim toga, u zaobalnoj lučkoj zoni predviđen je prostor za razvoj industrijskih i trgovačkih djelatnosti.



Slika 2. Situacija luke Slavonski Brod

Razvoj luke

Razvoj luke Slavonski Brod uvjetovan je nizom čimbenika, od društveno – politički, preko gospodarstvenih do prometno infrastrukuralnih. U ovome trenutku može se sa sigurnošću rasčlaniti samo prometno infrastrukuralni čimbenici. U tome svjetlu, na razvoj luke, jedan od najvećih utjecaja imat će budući kanal Dunav – Sava. Njegovom izgradnjom i stavljanjem u punu funkciju omogućilo bi promet značajnijih količina roba (procjena prometa nakon 30 godina kanalom je 7 mil. t/godinu). S obzirom na činjenicu da je i bez kanala Savom promet omogućen, ali ograničenog kapaciteta, luka Slavonski Brod ima predvidivu dinamiku razvoja. Tako će pristanište na Savi u Slavonskom Brodu biti prva faza projekta luke Slavonski Brod. Predviđa se izgradnja vertikalne obale za jedan vez. Dimenzije obale uvjetovane su veličinom plovila koja će pristajati i okolišnim uvjetima u kojima se pristanište predviđa.

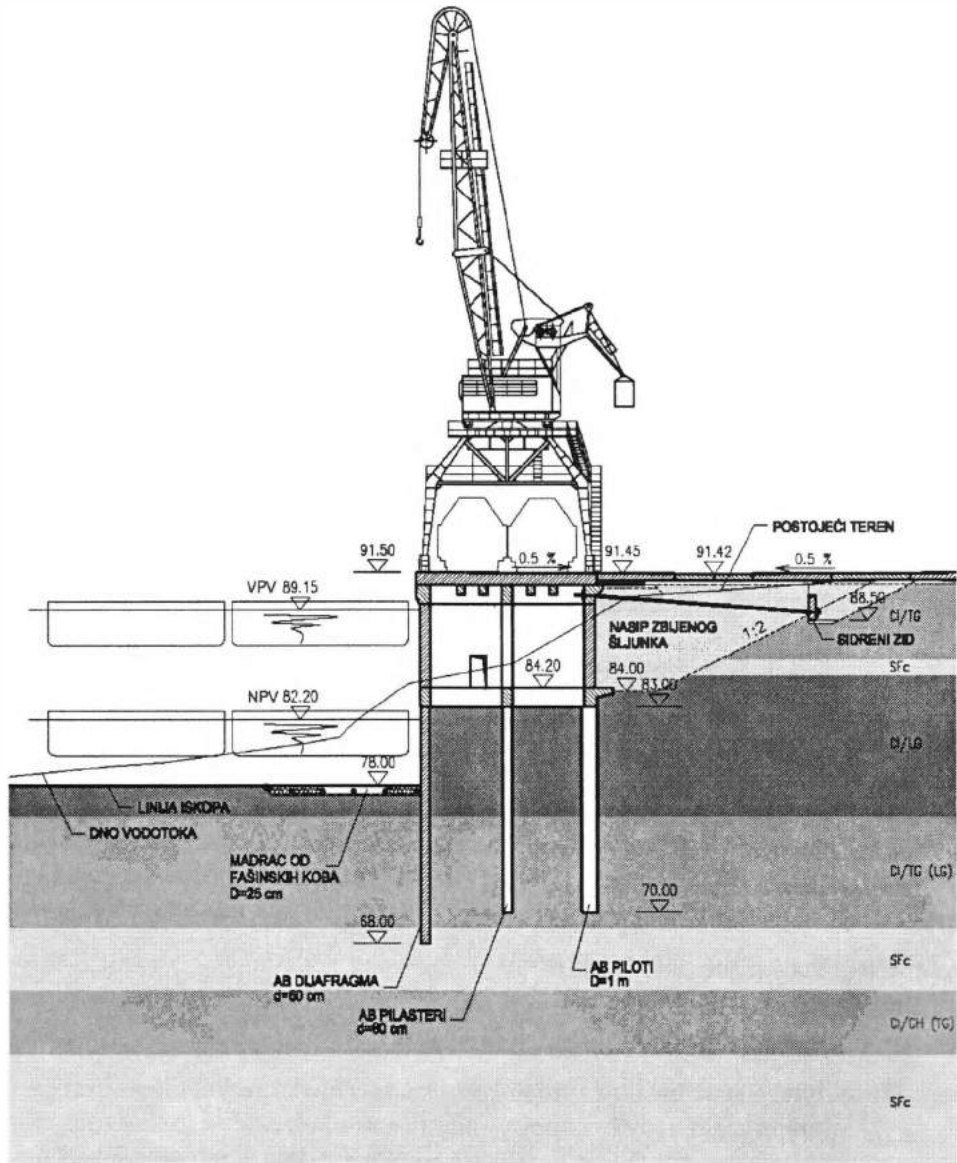
Konstrukcija vertikalne operativne obale

Pun prekrcajni komfor daje vertikalna obala. Njena je geometrija u funkciji vodnoga režima rijeke Save (tablica I) i karakteristika plovila. Za međunarodne plovne puteve, zbog promjene tehnologije plovidbe s tegljene ne potiskivanu, mjerodavne su dimenzije krutog potiskivanog sastava. Plovni put na Savi je deklariran kao međunarodni plovni put IV klase. To znači da treba omogućiti pristajanje na vezu plovila duljine 85 m, širine 9,5 m i gaza 2,5 do 2,8 m. Nosivost jedne barže sastava je od 1250 – 1450 t.

Vertikalna obala izvela bi se kao armirano-betonska konstrukcija (slika 3). Sastojala bi se od temeljnog dijela koji bi se izvodio od dijafragmi, pilastera i pilota, te dijela koji bi se izvodio u kalupnom betonu (djelomično od montažnih elemenata). Armiranobetonska dijafragma temeljnog dijela, debljine 60 cm, izvela bi se na vodnoj strani konstrukcije te na prednjem i stražnjem boku. Cijela konstrukcija vertikalne operativne obale bit će pridržana zategama usidrenim na vertikalni sidreni zid trasiran paralelno s obalom.

Tablica I Karakteristični vodostaji rijeke Save u Slavonskom Brodu

OZNAKA	OPIS	VODOMJER SLAV. BROD	LOKACIJA LUKE
VV^{1000g}	Visoki vodostaj PP 1000 god.	+91,61	+91,40
VV^{100g}	Visoki vodostaj PP 100-god.	+90,88	+90,67
NVV	Najviši zabilježeni vodostaj (1945-1999.god.)	+89,66	+89,46
VV^{25g}	Visoki vodostaj 25-godišnjeg povratnog razdoblja	+90,42	+90,21
VPV	Visoki plovni vodostaj, vodostaj 1%-lnog trajanja	+89,50	+89,30
SV	Srednji vodostaj (1980 - 1999.)	+84,25	+84,02
$NPV i V_{95\%}$	Niski plovni vodostaj, vodostaj 95%-lnog trajanja	+82,37	+82,20
« 0 »	Vodomjer S. Brod	+81,80	
NNV	Najniži zabilježeni vodostaj (1945-1999.god.)	+81,32	+81,15



Slika 3. Poprečni presjek konstrukcije vertikalne obale

Da bi se omogućilo pristajanje sastava na vertikalnu obalu u svim plovnim uvjetima, bit će potrebno produbiti korito rijeke Save do kote 78,00 m n.m. To produbljenje bi se izvelo uz vertikalnu obalu i širilo bi se prema sredini rijeke. Izvelo bi se nakon izgradnje cjelovite vertikalne konstrukcije, a prije uređenja kosih obala s uzvodne i nizvodne strane.

Zaključak

Prometni položaj Slavenskog Broda je izuzetno povoljan za razvoj riječne luke. Uvjeti plovnosti i kapaciteta plovnoga puta rijeke Save zasad su ograničavajući faktor za puni razvoj luke. Obaveza je R. Hrvatske, proizašla iz potpisivanja Europskog ugovora o glavnim unutarnjim plovim putevima od međunarodnog značaja (AGN), osposobljavanje plovnog puta na rijeci Savi od Jamene do Siska po kriterijima koji vrijede za IV klasu. Uređenjem toga plovnoga puta, te realizacijom projekta višenamjenskog kanala Dunav – Sava i njegovim stavljanjem u punu prometnu funkciju, značajno bi se povećao potencijalni promet roba u Slavenskom Brodu. S toga gledišta, luka Slavenski Brod ima predvidivu dinamiku razvoja s prvom fazom u vidu pristaništa na Savi. Prostorno planskim dokumentima pozicija luke je određena. Konstrukcija vertikalne obale, koja pruža najpovoljniji prekrcajni komfor, prilagođena je složenim geotehničkim uvjetima.

Literatura

1. RO Ivan Milutinović (1979): *Glavni projekta Luke Slavenski Brod*
2. Povjerenstvo za unutarnji plovni promet pri Gospodarstvenoj komisiji za Europu od Ujedinjenih naroda UN/ECE (United Nations / Economic Commission for Europe) (1992): *Klasifikacija unutarnjih plovni puteva u Europi*, Rezolucija br.30 TRANS/SC3/131., Geneva
3. Ujedinjeni narodi, Gospodarstvena komisija za Europu, Povjerenstvo za unutarnji promet (1996): *Europski ugovor o glavnim unutarnjim plovim putevima od međunarodnog značaja (AGN)*, Geneva
4. Geotehnika – projekt d.o.o. (2001 i 2002): *Geotehnički elaborat za lokaciju pristaništa Slavenski Brod*
5. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2001): *Studija o utjecaju na okoliš Pristaništa Slavenski Brod*
6. Hidroing Osijek, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2002): *Glavni projekt pristaništa Slavenski Brod*

Autori:

Prof.dr.sc. Neven Kuspilić, dipl.ing.građ.

Asis. Damir Bekić, dipl.ing.građ.

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Kačićeva 26, 10000 Zagreb

Tel: (1) 4561 242, Fax: (1) 4561 260, E-mail: kuspa@grad.hr



Onečišćenje automobilskim prometom u Republici Hrvatskoj

D. Malus, G. Ćosić – Flajsig, M. Petričec

SAŽETAK: U zemljama s visokom razinom gospodarskih aktivnosti, pod kontrolom je najveći dio točkastih izvora onečišćenja. Unatoč tome, u nekim slivovima prisutan je i dalje trend pogoršanja kakvoće voda.

Razlog takvom stanju je nedovoljna kontrola raspršenih izvora onečišćenja koja su po veličini slična točkastim.

Najznačajniji doprinosi raspršenih onečišćenja su iz poljoprivrede i prometa, a značajne su i suhe padaline domaćeg i prekograničnog podrijetla.

Republika Hrvatska tek je na početku posla u kontroli točkastih izvora onečišćenja, tako da problemi raspršenih izvora nisu aktualni. Ipak, najveće postignuće u kontroli raspršenih izvora postignuto je u odvodnji novosagrađenih prometnica, gdje su primijenjena tehnička rješenja na svjetskoj razini.

U radu će se identificirati problemi raspršenih izvora onečišćenja u Republici Hrvatskoj, s posebnim osvrtom na onečišćenje automobilskim prometom, gdje će biti pokazane kvantitativne i kvalitativne veličine onečišćenja, pronos i prostorna zastupljenost u cijeloj državi.

KLJUČNE RIJEČI: raspršeni izvori onečišćenja, automobilski promet, jedinične emisije, pronos onečišćenja

Road Traffic as Source of Pollution in Croatia

SUMMARY: Although the developed countries almost completely control their point pollution sources, there are some water bodies that still show trends of deterioration of quality. This is caused by non-point pollution, whose extent is sometimes similar to that from the point-pollution sources. The main sources of non-point pollution are agriculture, traffic and transboundary dry fallout.

The Republic of Croatia only recently started dealing with control of its point sources; the problems of non-point sources of pollution has still not become topical. The highest achievement, however, are new highways with built-in modern systems of runoff drainage and BMP's for pollution abatement.

The paper is dealing with road traffic sources of pollution in Croatia, their quantity, quality, and transport to water bodies.

KEYWORDS: non-point pollution sources, road traffic, unit emissions, pollution transport

1. Uvod

Kontrola raspršenih izvora onečišćenja zadatak je koji se nameće pošto kontrola točkastih izvora nije uvijek dovoljna da bi se održala željena kakvoća prijamnika.

Pored poljoprivrede koja je u razvijenim zemljama glavni izvor raspršenih onečišćenja, odmah je promet, zatim energetska i industrijska postrojenja i suhi atmosferski talozi.

U Republici Hrvatskoj izvori raspršenog onečišćenja još uvijek nemaju prioritet u rješavanju. Kako se još uvijek nije ovladalo većim dijelom točkastih izvora onečišćenja, ova je činjenica logična. Isto tako su trenutno izvori raspršenih onečišćenja bitno manji po jedinici površine, ili stanovniku države, u usporedbi s razvijenim europskim državama i SAD.

Koja je veličina raspršenih izvora onečišćenja iz svih mogućih izvora nije potpuno poznato, a još je manje poznato njihovo širenje u prostoru. Razlog tomu su vrlo oskudna istraživanja i mjerenja.

Prvi pozitivni pomaci načinjeni su u odvodnji magistralnih prometnica. Od 1980. godine svi novi projekti rješavaju odvodnju uz puno uvažavanje mogućih negativnih utjecaja oborinskih dotoka na okoliš.

2. Cestovni promet

Kao nezaobilazni dio u razvoju i urbanizaciji, sustavi prometnica su potencijalni izvori različitih vrsta onečišćenja zraka, tla, nadzemnih i podzemnih voda. Štetne tvari skupljaju se na površinama prometnica, razdjelnih pojasa i dijelovima sliva uz prometnicu, kao rezultat korištenja, održavanja, prirodnih doprinosa i taloženja iz atmosfere.

Glavni izvori onečišćenja su vozila, taloženje iz zraka, i oborine. Drugi mogući izvori koji se rjeđe javljaju su: slučajna prolijevanja goriva, ulja i maziva i onečišćenja kod prometnih nesreća. Osim nabrojenog, onečišćenja sa prometnica nastaju pri održavanju: kao što je posipanje sipinom i solju, ili uporaba herbicida za sprječavanje rasta korova.

Na vrstu i obim akumulacije onečišćenja utječu:

- Karakteristike prometa (obim, brzina, kočenje)
- Klimatski uvjeti (intenzitet i oblik padalina, vjetar, temperatura)
- Postupci održavanja (metenje, košenje, popravci, soljenje, herbicidi, bojenje)
- Korištenje okolnog zemljišta (stanovanje, komercijalno industrijsko ili poljoprivredno korištenje)
- Odnos učvršćenih i neučvršćenih površina
- Starost i tehničko stanje vozila
- Zakonska regulativa o dozvoljenim emisijama onečišćenja od vozila
- Korištenje posebnih dodataka za rad motora vozila.
- Slučajna onečišćenja

Od nabrojanih onečišćenja najveći utjecaj na vrstu i koncentraciju imaju karakteristike prometa (posebno obim), atmosferski talog (suhi i mokri), i lokalni uvjeti sliva (korištenje zemljišta, površina prometnice, način održavanja).

2.1 Emisija vozila

Vozila u prometu doprinose onečišćenju direktno i indirektno. Direktni doprinos odnosi se na ispušne plinove iz motora vozila, trošenje auto guma i ostalih metalnih i plastičnih dijelova, kapa goriva, ulja i masti. Pri tom je interesantno da 10% velikih zagađivača (stari modeli vozila i slabo održavani noviji tipovi) stvaraju preko 40% onečišćenja ugljikovodicima. Najprljavijih 1% emitira preko 25% zagađenja ugljikovodicima [7].

U Tabl.1 prikazane su veličine emisije onečišćenja od vozila s benzinskim i diesel motorom u g/km/vozilu.

Indirektno vozila doprinose onečišćenju s prometnica prenošeći krutine s parkirališta, gradskih prometnica, gradilišta, seljačkih posjeda i ostalih prljavih površina.

Tablica 1. Veličine emisije onečišćenja vozila na prometnicama [1]

Vrsta onečišćenja	Emisija (g/km/vozilu)	
	Vozila s benzinskim motorom	Vozila s diesel motorom
CO	10	1
Ukupni ugljikovodici	1	0,3
NO _x	3	6
SO ₂	0,03	0,2
Pb (0,15 g/l u gorivu)	0,01	0
Elementarni ugljik	0,001	0,13
Benzo(a)pyren	$7 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-6}$
Fluorati	$2 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$
Zn	0,003	0,003
Cd	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$
Cu	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$

2.2 Emisija iz cestovnog prometa u RH

U Republici Hrvatskoj je prema stanju za 2000. godinu bilo ukupno 28123 km cestovnih prometnica [3]. Od toga je:

7427 km magistralnih/državnih cesta

10499 km regionalnih/županijskih cesta

10197 km lokalnih cesta

Od ukupne duljine, autocesta ima 427 km, brzih cesta 153 km i E-cesta 1948 km.

U navedenim podacima nisu uračunate gradske prometnice.

Iz podataka o brojanju prometa (prosječni godišnji dnevni promet) na glavnim državnim i županijskim cestama moguće je izračunati broj prijeđenih kilometara. Ukupni broj prijeđenih kilometara uvećava se za promet po lokalnim prometnicama, koji se procjenjuje sa 20% od prometa na magistralnim državnim i županijskim cestama. U proračun nisu uvršteni podaci o gradskom prometu koji je po volumenu približno jednak prometu izvan naselja.

Ukupno opterećenje prometnica i okoliša onečišćenjem od prometa, moguće je procijeniti na temelju broja prijeđenih kilometara i podataka o jediničnim emisijama vozila za osnovne vrste onečišćenja. Za tu svrhu poslužili su podaci o brojenju prometa na cestama Republike Hrvatske [5].

Za procjenu emisija korišteni su američki podaci [6], koji prikazuju prosječnu emisiju onečišćenja od prometa, izraženu kao teret u kilogramima po jednoj osovini vozila na prijeđenih 1000 km, ili kad se radi o volumenu onečišćenja, u litrama po jednoj osovini vozila na prijeđenih 1000 km. U listi pokazatelja su tvari koje vozila emitiraju u direktnom kontaktu s prometnicom i koje se neposredno ispiru s površine prometnice i najbližeg dijela sliva. Njihova emisija se nije bitno smanjila s tehnološkim unapređenjima u proizvodnji. Štetni plinovi koji su s gledišta zagađenja atmosfere, i cjelokupnog zagađenja, najvažniji, nisu ovdje spominjani iako dijelom na posredan način dospiju u vode. U proračunu je smanjena emisija olova na račun povećanog učešća motora s katalizatorima za 80%.

Emisije iz ostalih vrsta prometa (željeznica, avio-promet, brodski promet morski i unutarnji) iznose prema svim europskim i svjetskim iskustvima tek 5-10%, od ukupnog cestovnog. Zbog moguće greške u procjeni emisija od cestovnog prometa po pojedinim parametrima i do 30%, dodavanje emisije od ostalih vrsta prometa nema praktičnog značaja.

Tablica 2. Prosječna emisija onečišćenja od prometa, [6].

Pokazatelj	Jedinica	Veličina emisije
Ukupna suha tvar	kg/1000 osovina – km	0,6664
Ukupni volumen	l/1000 osovina – km	0,3717
Isparne krutine	kg/1000 osovina – km	$3,36 \cdot 10^{-2}$
BPK	kg/1000 osovina – km	$1,52 \cdot 10^{-3}$
KPK	kg/1000 osovina – km	$3,64 \cdot 10^{-2}$
Masti	kg/1000 osovina – km	$4,256 \cdot 10^{-3}$
Ukupni fosfati (P)	kg/1000 osovina – km	$4,032 \cdot 10^{-4}$
Nitrati – N	kg/1000 osovina – km	$5,292 \cdot 10^{-5}$
Nitriti – N	kg/1000 osovina – km	$6,328 \cdot 10^{-6}$
Kjeldahl – N	kg/1000 osovina – km	$1,0416 \cdot 10^{-4}$
Kloridi	kg/1000 osovina – km	$6,16 \cdot 10^{-4}$
Benzin	kg/1000 osovina – km	$2,3856 \cdot 10^{-3}$
Azbest*	vlakna/osovina – km	$2,392 \cdot 10^{+5}$
Guma	kg/1000 osovina – km	$3,472 \cdot 10^{-3}$
Olovo**	kg/1000 osovina – km	$7,812 \cdot 10^{-3}$
Krom	kg/1000 osovina – km	$5,18 \cdot 10^{-5}$
Bakar	kg/1000 osovina – km	$7,952 \cdot 10^{-5}$
Nikalj	kg/1000 osovina – km	$1,232 \cdot 10^{-4}$
Cink	kg/1000 osovina – km	$0,98 \cdot 10^{-3}$

* vrijednost za vozila s klasičnim kočionim oblogama

* *vrijednost za vozila bez katalizatora

3. Pronos onečišćenja

Za stanje površinskih i podzemnih voda i mora važni su dotoci raspršenih onečišćenja. Kad se radi o cestovnom prometu najveći doprinos onečišćenja je onaj koji se stvara direktnim ispiranjem površine prometnice i neposrednog užeg pojasa uz prometnicu. U onečišćenju sudjeluju i ona onečišćenja koja su raznesena na veće udaljenosti (plinovi, vrlo sitne čestice), koja se iznad drugih površina (šume, poljoprivredne površine) javljaju kao suhe oborine, odnosno onečišćenja isprana oborinama u atmosferi.

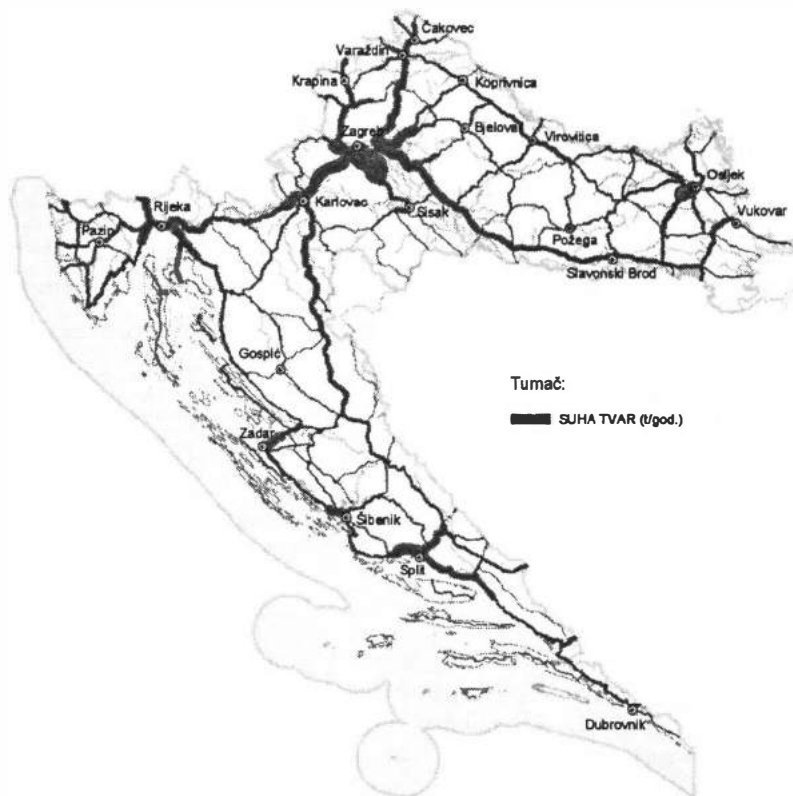
Nastali teret od prometa dijelom ostaje na prometnici, a najveći dio se pronosi zračnim strujanjem i ispiranjem oborinama. Dio tereta koji dopije u vodotoke, jezera i more teško je procijeniti, bez minimuma terenskih istraživanja. Poznato je da ovisno o sastavu površinskog tla, vegetaciji, nagibu terena i udaljenosti od vodotoka, pritičanje onečišćenja može biti vrlo različito. U ravničarskim obraslim slivovima te su količine bitno manje od onih u strmim, kraškim, slabo obraslim slivovima.

Vegetacija i tlo imaju veliki kapacitet biološke i mehaničke retencije krute i otopljene tvari. Dovoljna je širina od nekoliko metara blago položenog travnatog pojasa sa svake strane prometnice da zadrži i do 70% suspenzija i ostalih onečišćenja s prometnice [2]. Isto tako sloj srednjepropusnog tla debljine veće od 1-m djeluje kao odličan visoko učinkovit filter. S druge strane prometnica na ogoljeloj stijenskoj podlozi odvodnjava se direktno u podzemlje, bez dodatnih učinaka tla i vegetacije.

Za kvalitetnu procjenu toka onečišćenja s prometnice potrebno je sustavno provoditi istraživanja koja će poslužiti kao baza za uspostavu odgovarajućeg modela. Potrebno je pratiti promjenu emisija plinova i ostalih otpadnih tvari osnovnih grupa vozila, jer se te emisije mijenjaju sa starenjem vozila i s tehnološkim poboljšanjima u konstrukciji motora i ostalih dijelova. Prema američkim i europskim iskustvima jedinične emisije bitno su se smanjile uvođenjem bezolovnog benzina i učinkovitih motora. Taj je napredak poništen činjenicom da se naglo povećava broj prijeđenih kilometara.

Za različite tipove tla potrebno je obaviti veći broj istraživanja akumulacije i ispiranja onečišćenja. Kao dobar primjer navode se istraživanja koja je u SAD proveo USGS (US Geological Survey). Na temelju istraživanja polutograma s različitim karakterističnih slivnih površina napravljene su regresijske analize rezultata spomenutih mjerenja i razvijene tri skupine jednadžbi za procjenu tereta onečišćenja osnovnih pokazatelja onečišćenja.

Prvom skupinom jednadžbi proračunavaju se tereti onečišćenja i volumeni dotoka. Drugom skupinom jednadžbi proračunavaju se srednje koncentracije onečišćenja, a



Slika 1. Pritisci onečišćenjem od automobilskog prometa u Republici Hrvatskoj

trećom skupinom određuju se srednji sezonski i godišnji tereti. Pri tom je cijela država podijeljena u tri karakteristična područja prema srednjoj godišnjoj oborini.

Uslijed nedostatka pouzdanih podataka o kretanju onečišćenja od prometa u slivu, dio onečišćenja stvorenog na prometnicama koji završi konačno u vodnim tijelima određen je ekspertnom procjenom na temelju općih karakteristika sliva koje utječu na pronos (padovi, obraslost, geološka građa). Tako je u kraškom području dio onečišćenja koji završi u vodnim tijelima procijenjen s iznosom od 45% - 65%, a u ravničarskim krajevima obraslim stalnom vegetacijom s 25% - 35%.

Na karti Republike Hrvatske prikazana je cestovna mreža sa svim državnim i županijskim prometnicama. Proračunati pritisci od prometa za svaki su prometni pravac prikazani linijom debljine proporcionalne pritisku (vidi Sl.1). Iz slike je vidljivo da su najveći pritisci vezani uz prilaze velikim gradskim središtima, a u apsolutnom iznosu najviše je opterećen sliv Save Drave i Kupe.

Rezultati procjene onečišćenja emitiranog u cestovnom prometu i dijela koji doprije u vodna tijela, iskazani su za četiri vodna područja (prema organizaciji Hrvatskih voda) u Tabl.3 [4].

Tablica 3. Prikaz emisije onečišćenja s prometnica po vodnim područjima i procjena dijela onečišćenja koji završava u vodotocima [4]

EMISIJA	Suha tvar	KPK	Masti	Fosfati - P	Kjeldahl - N	Benzin	Pb	Cr	Ni	Zn
	t/god	kg/god	kg/god	kg/god	kg/god	kg/god	kg/god	kg/god	kg/god	kg/god
VP - SAVA	7846	428563	50109	4747	1226	28087	35321	610	1451	11538
VP - OSJEK	2607	142422	16652	1578	408	9334	11738	203	482	3834
VP - RIJEKA	3327	181701	21245	2013	520	11908	14975	259	615	4892
VP - SPLIT	3603	196818	23013	2180	563	12899	16221	280	666	5299
UKUPNO	17383	949503	111019	10518	2717	62229	78256	1351	3214	25564
U VODOTOKE										
VP - SAVA	2746	149997	17538	1662	429	9831	12362	213	508	4038
VP - OSJEK	913	49848	5828	552	143	3267	4108	71	169	1342
VP - RIJEKA	1497	81765	9560	906	234	5359	6739	116	277	2201
VP - SPLIT	2342	127932	14958	1417	366	8384	10544	182	433	3444
UKUPNO	7498	409542	47885	4536	1172	26841	33753	583	1386	11026

4. Zaključak

Analiza pritisaka od prometa na izvangradskim prometnicama Republike Hrvatske napravljena je, u nedostatku vlastitih podataka, na temelju prosječnih podataka o jediničnim emisijama u SAD. Ukoliko se prihvati da su podaci o brojenju prometa dovoljno točni, tada je dobiveni rezultat dobar pokazatelj razine onečišćenja tvarima koje ispiranjem oborinama dopiju u tlo i vodna tijela države. On također pokazuje raspodjelu tereta po karakterističnim slivnim područjima, čime ukazuje na težinu problema u pojedinom slivu. Ova razina točnosti rezultata dovoljna je za planiranje

prioritetnih mjera u gospodarenju slivom.

Za kvalitetniju analizu istih podataka, trebalo bi svakako napraviti niz terenskih mjerenja, kako bi se dobili vjerodostojni podaci o jediničnim emisijama vozila, gomilanju i ispiranju onečišćenja, te pronosu u tlo i vodna tijela.

5 Literatura

1. Ball, D.J., Hamilton, R.S., i Harrison, R.M., (1991): *The Influence of Highway-Related Pollutants on Environmental Quality*. Highway Pollution, Studies in Environmental Science 44, Elsevier Science Publishing, New York.
2. Driscoll, E.D., Shelley, P.E., i Strecker, E.W., (1990): *Pollutant Loadings and Impacts from Highway Stormwater Runoff, Vol. III: Analytical Investigation and Research Report*. Federal Highway Administration, Office of Research and Development Report No. FHWA-RD-88-008.
3. Državni zavod za statistiku (2002): *Prijevoz, skladištenje i veze*. Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2001.
4. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2002): *Procjena stanja, uzroka i veličine pritisaka difuznih onečišćenja (izgrađenih površina, unutrašnjeg korištenja voda i obalnog mora i aerozagađenja) na vodne resurse i more na području Republike Hrvatske*. Vodno-gospodarska osnova Hrvatske, Zagreb, 2002.
5. Hrvatska uprava za ceste (2001): *Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2000*. Zagreb, 2001.
6. USEPA (1997): *Urban Stormwater Management and Technology*. Update and Users' Guide, USEPA-600/8-77-014.
7. USEPA (1998): *Milestones in Auto Emissions Control*. Report EPA 400-F-92-014.

Autori:

D. Malus; Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10 000 Zagreb

G. Ćosić – Flajsig; M.Petrićec, Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.19.

Višenamjenski kanal Dunav-Sava i nova luka Vukovar - osnovni pokazatelji o izvršenim poslovima do kraja 2002. g. i planu u 2003. i 2004. g.

Josip Marušić, Ivan Kolovrat, Berislav Brkić

SAŽETAK: U radu su dati osnovni pokazatelji o izvršenim poslovima na izradi aktualne studijske i projektne dokumentacije *Višenamjenskog kanala Dunav-Sava i nove luke Vukovar* od 1994. do 2002. g. Sastavni dio toga su i podaci o relevantnoj prostornoj i prometnoj dokumentaciji kao i odlukama Vlade i Sabora RH. Nažalost u 2000., 2001. i 2002. g. su usporene aktivnosti i poslovi na dovršenju studijske i projektne dokumentacije koja je preduvjet za ishođenje lokacijske i načelne građevinske dozvole za izgradnju I. dionice VKDS i I. faze nove luke Vukovar. Zbog smanjenja financijskih sredstava nisu izvršeni planirani niti poslovi monitoringa šumskih eko-sustava i vodnog režima poljoprivrednih tala na mogućem utjecajnom području - po rješenju i ocjeni Studije utjecaja na okoliš VKDS. Posebno je dat stupanj (ne)izvršenih poslova koji su bili planirani u 2000. i 2001. g. te plan poslova i aktivnosti na dovršenju glavnog projekta I. dionice VKDS i I. faze nove luke Vukovar u 2003. i 2004. g. koji su neophodni za početak njihove izgradnje u 2005. i dovršenjem u 2010. g. Važno je imati na umu da je projekt VKDS sastavni dio programa mreže glavnih unutarnjih plovni putova od međunarodnog značenja po AGN ugovoru kojeg je Hrvatski sabor potvrdio 12. studenog 1998. g. A projekt VKDS je bio i ostao vrlo značajan za prometno i gospodarsko povezivanje Podunavlja i Jadrana kako Hrvatske tako i država gravitirajućeg područja.

KLJUČNE RIJEČI: višenamjenski, projekt, promet, prostor, plan, plovni put, luka, gospodarstvo, razvoj.

Multipurpose Danube-Sava Canal and New Vukovar Port - main indications on finished work in 2002 and planned work in 2003 and 2004

SUMMARY: This document has given the main indicators of the finished work in the development of study and project documentation for multipurpose Danube-Sava Canal (VKDS) and new Vukovar port from 1994 to 2002. The part of that is the data of relevant space and traffic documentation, also the decisions of the Government and Croatian Parliament. Unfortunately in 2000, 2001 and 2002 the activities have slowed down as well as the realization of study and project documentation which is the precondition for getting location and building permits for construction of the 1 st section of the VKDS and for a 1 st phase of new Vukovar port. Because of the limited financial means planned work and monitoring work of forest eco-systems and water regime of agricultural fields on the possible inflowing area is not done-as it was resolved and graded to be done by the Studies of the Influence on the Environment. Especially it is emphasized the level of unfinished work which was planned for 2000 and 2001, also a work plan and the activities for the finalization of the main project for the 1 st VKDS section and for the 1 st phase of new Vukovar port in 2003 and 2004, which are necessary for their construction in 2005 and their finish in 2010. It is important to know

that the VKDS project is the part of the main network of inland navigable ways which have international importance under AGN contract, and this was confirmed by Croatian Parliament on November 12, 1998. The VKDS project has been and still is very significant for traffic and economic connection of Danube basin and Jadran in Croatia and in other gravitated areas.

KEYWORDS: multipurpose, project, traffic, space, plan, navigable way, port, economy, development.

1. UVOD

Prema prihvaćenom osnovnom projektnom zadatku iz 1994. g. koji je dopunjen 1997. g., od 1998. do 2002. g., izvršena su odgovarajuća terenska istraživanja i snimanja kao i poslovi izradbe studijske i projektne dokumentacije Višenamjenskog kanala Dunav-Sava (VKDS) i nove luke Vukovar (NLV). *Treba imati na umu da je dokumentacija do 1991. g. rađena prema parametrima IV. klase, a aktualni projekt VKDS je po parametrima V.b klase međunarodnih unutarnjih plovni putova.* Hrvatska je 24. lipnja 1997. g. u Helsinkiju potpisala, a Hrvatski državni sabor 12. studenog 1998. g. potvrdio Ugovor o glavnim unutarnjim plovni putovima od međunarodnog značenja (AGN ugovor) - u skadu s UN/ECE klasifikacijom plovni putova iz 1992. g. Prema tom ugovoru najvažniji su unutarnji plovni putovi u smjeru "sjever-jug" koji osiguravaju pristup pomorskim lukama te prometno i gospodarski spajaju države europskog sjevernomorskog područja preko "Podunavlja" s državama sredozemnog područja (sl. 1).

Prema Ugovoru o glavnim unutarnjim plovni putovima od međunarodnog značaja u Hrvatskoj su u sustav Europskih plovni putova uvršteni slijedeći plovni putovi (E-p.p.): E-80 - rijeka Dunav od Batine do Iloka, km 1.433+000 do km 1.295+501; VI.c klase, E-80-08 - rijeka Drava od ušća do Osijeka, km 0+000 do km 22+000; IV. klasa, E-80-10 - budući "Višenamjenski kanal Dunav-Sava" od Vukovara do Šamca, duljine 61,4 km; V.b klasa,

E-80-12 - rijeka Sava od Jamene do Siska, km 207+000 do km 583+000; IV. klasa.

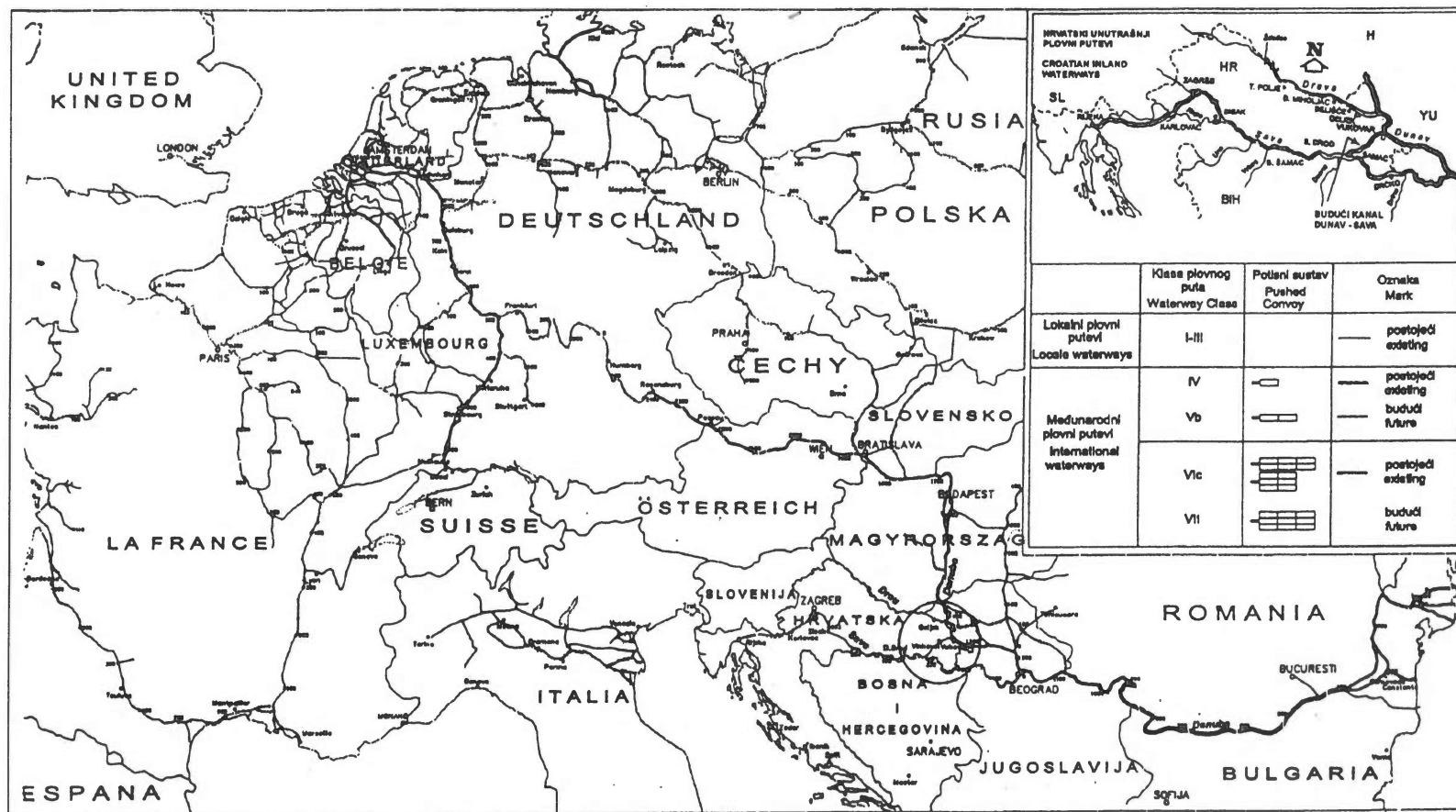
U cilju povezivanja Hrvatske s mrežom europskih unutarnjih plovni putova bitan je mješoviti riječno-željeznički prometni koridor "Podunavlje - Jadran", jer je međunarodni promet na njemu glavni gospodarski argument za razvoj i podizanje klasa hrvatskih plovni putova (sl. 1 i 2). Važno je imati na umu da je projekt VKDS sastavni dio slijedećih dokumenata:

- *Strategije prostornog uređenja RH, Sabor RH, 27.06.1997. g.*
- *Program prostornog uređenja RH, Sabor RH, 07.05.1999. g.*
- *Strategija prometnog razvitka RH, Sabor RH, prosinac 1999. g.*
- *Program Vlade RH - Operativni plan provođenja programskih prioriteta, 29. kolovoz 2002. g.*

Nažalost i pored navedenih dokumenata Sabora i Vlade RH, u 2000., 2001. i 2002. g. smanjena su financijska sredstva tako da nisu izvršene sve planirane aktivnosti i poslovi na izradi studijske i projektne dokumentacije VKDS i nove luke Vukovar.

2. OSNOVNI POKAZATELJI O IZVRŠENIM POSLOVIMA IDEJNOG PROJEKTA VKDS OD 1994. DO 2002. G.

Po odluci Vlade Republike Hrvatske (19. ožujak 1991. g.) nositelj i organizator istraživačkih poslova te izrade studijske, projektne i ostale dokumentacije VKDS jest tvrtka "Hrvatske vode" - pravna osoba za upravljanje vodama u suradnji s Državnom upravom za vode.



Slika 1. Mreža europskih plovnih puteva

Ovisno o vrsti poslova, navedene institucije surađuju s potrebnim stručnjacima i znanstvenicima iz ostalih institucija i poduzeća. U 1993. g. uspostavljena je stručna suradnja "Hrvatskih voda", Vodoprivrednog projektnog biroa i Građevinskog fakulteta iz Zagreba s tvrtkom "Rhein-Main-Donau" iz Münchena - s ciljem iznalaženja optimalnog tehničkog, ekološkog i financijskog rješenja VKDS-a. Od 1993. do 1998. g. održano je 7 zajedničkih stručnih rasprava o iskustvima u procesu izrade projektne i ostale dokumentacije višenamjenskog kanala Rhein-Main-Donau te izvršena 3 terenska pregleda dijela građevinskih i ostalih objekata na njemu. Posebno je izvršen zajednički pregled planirane trase VKDS i dijela slivnog područja Vuke, Bosuta i Biđa. Na terenskim poslovima te na izradi studijske, projektne i ostale dokumentacije od 1994. do 2002. godine sudjelovale su 22 institucije i poduzeća sa 156 u praksi potvrđenih stručnih i znanstvenih izvršitelja potrebnih struka i disciplina. Sastavni dio toga bila je i provedba odgovarajućih natječaja za izradu studijske, projektne i ostale dokumentacije VKDS temeljem odluka Vlade Republike Hrvatske.

Od 1994. do 2002. g. za projekt VKDS i novu luku Vukovar izrađena je sljedeća dokumentacija: 6 projektnih zadataka, 19 prostorno-planskih elaborata, 22 studijsko-pripremna elaborata, 22 terensko-istražna elaborata (geotehnički i geodetski), 8 prometnih podloga i elaborata, 49 idejnih projekata objekata na VKDS te slivnom području Vuke, Bosuta i Biđa, 5 glavnih projekata objekata na VKDS, 3 prospekta (hrvatski, njemački i engleski jezik) i 2 animirane prezentacije projekta VKDS te novelirani prospekt VKDS krajem 2002. g.

U 1998. i 1999. g. započeta je izrada 12 idejnih i 9 glavnih projekata građevinskih objekata na VKDS i nove luke Vukovar, ali su poslovi prekinuti u 2000. g. zbog nedostatka financijskih sredstava. Nažalost Ministarstvo za javne radove, obnovu i graditeljstvo nije prihvatilo nastavak aktivnosti na projektu VKDS. A bez dovršenja studijske i projektne dokumentacije nema niti mogućnosti kandidiranja projekta VKDS kod domaćih i inozemnih financijskih institucija i ostalih interesenata za početak njegovog ostvarenja.

3. OSNOVNI POKAZATELJI O IZVRŠENIM POSLOVIMA GLAVNOG PROJEKTA VKDS OD KM 0+000 DO KM 9+000 I IDEJNOG PROJEKTA NOVE LUKE VUKOVAR OD 1998. DO 2002. G.

Aktivnosti i poslovi na izradi glavnog projekta VKDS od km 0+000 do 9+000 i idejnog projekta nove luke Vukovar rađeni su u skladu sa zaključenim ugovorom između tvrtke Hrvatske vode i Vodoprivredno-projektnog biroa d.d. (s referentnim suizvođačima) od 13. ožujka 1998. g. te na osnovu aktualnih pokazatelja iz slijedećih elaborata:

- Prometna studija VKDS, 1995.
- Prostorni plan koridora VKDS i nove luke Vukovar, 1996.
- Novelacija hidroloških analiza sliva Vuke te Bosuta i Biđa, 1996. i 1997. g.
- Dopuna idejnog projekta VKDS, 1997. g.
- Studija kakvoće vode sliva VKDS, 1997.
- Prometno-urbanističke podloge za cestovne i željezničke mostove, 1996., 1997. i 1998. g.
- Geodetska snimanja i podloge, 1997. i 1998. g.
- Geotehnički istražni radovi i podloge, 1997. i 1998. g.
- Infrastrukturni sustavi i korištenje prostora na gravitirajućem području VKDS i grada Vukovara, 1998. g.
- Konačna studija utjecaja na okoliš VKDS sa rješenjem o prihvaćanju 16. ožujka 1999. g. i prijedlog monitoringa šumskih ekosustava i vodnog režima poljoprivrednih tala.

- *Ostali elaborati o terenskim snimanjima i istraživanjima kao i izrađenoj dokumentaciji na slivu Vuke, Bosuta i Biđa od 1994. do 1999. g. te prostornim planovima gravitirajućeg područja.*

U skladu s usvojenim projektnim zadacima, ugovorima i raspoloživim financijskim sredstvima od 1998. do kraja 2002. g. poslovi na glavnom projektu VKDS od km 0+000 do km 9+000 (i odgovarajući poslovi do km 61+400) i idejnom projektu nove luke Vukovar izvršeni su prema slijedećim pokazateljima (% od planiranog):

1) Tehnički izvještaj za glavni projekt VKDS	95%
2) Hidrološke analize i hidraulički proračuni	100%
3) Proračun stabilnosti dna i pokosa (korita) VKDS	100%
4) Glavni projekt - uzdužni i poprečni profili VKDS	100%
5) Glavni projekt građevinskih objekata na VKDS	90%
6) Glavni projekt regulacije rijeke Vuke (od km 0+000 do km 5+400)	100%
7) Glavni projekt deponije materijala iz iskopa VKDS - lokacija "Lužac" u Vukovaru	100%
8) Crpna stanica "Vukovar"	100%
9) Modelsko ispitivanje ušća VKDS u Dunav	100%
10.a) Cestovni most preko VKDS u Vukovaru	100%
10.b) Željeznički most preko VKDS u Vukovaru	50%
11) Projekt navigacije - plovidba VKDS	20%
12) Pristupne ceste do objekata sidrišta brodova (promjene prvobitnog rješenja)	100%
13) Stepenice na derivacijskom kanalu - 2 objekta	100%
14) Mostovi na cesti "Vinkovci - Vukovar"	100%
15) Spojni kanal - sa "zatvorenim" kolektorom	100%
16) Derivacijski kanal i spoj s rijekom Vukom	100%
17) Zaštita teritorija nove luke Vukovar od velikih voda i hidrotehničko rješenje "Adice" u Vukovaru	100%
18) Glavni projekt deponije materijala iz iskopa - lokacija "Ervenica"	100%
19) Skeniranje geodetskih karata VKDS i pristupnih cesta	100%
20) Projekt prilaznih cesta na mostove preko VKDS u Vukovaru	60%
21) Studija o šumskim ekosustavima (od km 11+000 do km 61+400; monitoring od 2000. g.)	80%
22) Studija mogućeg utjecaja VKDS na vodni režim i poljoprivredna tla - od km 45+000 do km 61+400, monitoring od sredine 2000. g.	75%
23) Terenski pregledi, snimanja i istraživanja na lokacijama međusobnog utjecaja VKDS i ostalih korisnika gravitirajućeg prostora	85%
24) Infrastrukturni sustavi i korištenje prostora na gravitirajućem području VKDS	90%
25) Izmjena prostornog plana koridora VKDS	30%
26) Studija opravdanosti izgradnje projekta VKDS	10%
27) Sažetak idejnog projekta VKDS	100%
28) Izrada novog prospekta VKDS (hrvatski) a potrebno je na njemačkom i engleskom	100%
29) Glavni projekt I. faze nove luke Vukovar	10%
30) Poslovi koordinacije, konzultacije i usklađivanja između izvršitelja i nositelja poslova u procesu izvršenja terenskih radova i poslova izrade studijske i projektne dokumentacije VKDS i nove luke Vukovar	85%

Planirani poslovi na izradi glavnog projekta VKDS od km 0+000 do km 9+000 s odgovarajućim objektima nisu izvršeni u 2001. i 2002. g. iz sljedećih razloga:

- *Ministarstvo za javne radove, obnovu i graditeljstvo u financijskom planu nije osiguralo potrebna sredstva - premda je projekt VKDS u razvojnim prioritetima Republike Hrvatske, a postoje i obveze po Rješenju odnosno ocjeni Studije utjecaja VKDS na okoliš (monitoring šumskih sustava i vodni režim poljoprivrednih tala).*
- *Nisu osigurana sredstva za deminiranje dijela trase VKDS i lokacije nove luke Vukovar na dijelu područja K. O. Vukovar i Bršadin.*
- *Promjena lokacije mosta i prilaznih cesta preko VKDS na području grada Vukovara (km 0+800).*
- *Prometno urbanistička stručna podloga za rješavanje cestovnog mosta između km 0+800 i km 1+800 VKDS.*
- *Promjena GUP-a grada Vukovara i usklađivanje s projektom VKDS.*
- *Izrada studije "Infrastrukturni sustavi i korištenje prostora u području (zoni) VKDS grada Vukovara" - u skladu s promjenama lokacije cestovnog mosta i GUP Vukovara.*

4. OBVEZE PO RJEŠENJU KOMISIJE ZA OCJENU UTJECAJA NA OKOLIŠ VKDS

Vlada Republike Hrvatske imenovala je Rješenjem od 16. srpnja 1998. g. Komisiju za ocjenu utjecaja na okoliš VKDS. Komisija je ocijenila da Studija sadrži sve elemente bitne za donošenje ocjene o prihvatljivosti zahvata, te je Studija upućena na javni uvid u trajanju od 30 dana. Javni uvid obavljen je na području tri županije: Vukovarsko-srijemske, Brodsko-posavske i Osječko-baranjske - u studenom i prosincu 1998. g. *Nakon provedenog postupka procjene utjecaja na okoliš, Komisija je na svojoj 3. sjednici održanoj 26. siječnja 1999. g. svojim Zaključkom ocijenila da je namjeravani zahvat izgradnje VKDS prihvatljiv za okoliš, te je predložila da se za namjeravani zahvat izda odobrenje uz primjenu mjera zaštite okoliša i programa praćenja stanja okoliša.*

Dana 16. ožujka 1999. g. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša je donijela RJEŠENJE kojim se

- **utvrđuje da je namjeravani zahvat "Višenamjenski kanal Dunav-Sava" prihvatljiv za okoliš uz primjenu mjera zaštite okoliša i provedbe programa praćenja stanja okoliša.**

Nositelj zahvata dužan je osigurati provedbu programa praćenja stanja okoliša (monitoring) i to tijekom projektiranja i pripreme za gradnju te izgradnje i uporabe VKDS.

U skladu s tim zaključeni su ugovori s ovlaštenim institucijama o obavljanju sljedećih poslova:

- 1) *Program praćenja šumskih sustava - s prihvatljivim režimom podzemne vode*
- 2) *Program praćenja vodnog režima poljoprivrednih tala*

Istraživanja se obavljaju na poljoprivredno obradivoj površini 8.250 ha utjecajnog područja VKDS od km 45+000 do 61+400, gdje se nalazi i planirano crpilište regionalnog vodoopskrbnog sustava.

Radovi na navedenim programima su započeti sredinom 2000. g., a treba ih nastaviti 2003., 2004. i 2005. g. Nositelj zahvata je ugovorio obavljanje poslova monitoringa šumskih ekosustava i poljoprivrednih tala s ovlaštenim institucijama. Zbog nedostatnih

sredstava za projekt VKDS poslovi nisu izvršeni prema ugovornoj vremenskoj dinamici. Zbog toga je neophodno osigurati potrebna financijska sredstva za dovršenje započetih poslova i to za: šumske ekosustave do kraja 2004. g., a za poljoprivredna tla do kraja 2005. g. Treba imati na umu da bez nastavka istraživanja dosadašnji rezultati postaju "polumrtvi kapitali". Zbog toga treba osigurati neophodna sredstva za dovršetak započetih istraživanja po programu odnosno rješenju Komisije za ocjenu utjecaja na okoliš Višenamjenskog kanala Dunav-Sava. A to je i obveza nositelja aktivnosti projekta VKDS po RJEŠENJU Državne uprave za zaštitu prirode i okoliša od 16. ožujka 1999. g. Program praćenja stanja okoliša dostatni su za ishođenje Načelne građevinske dozvole, a za izdavanje Građevinske dozvole rezultati tih istraživanja moraju biti ugrađeni u Glavni projekt. Ograničenje u Rješenju DUZPO ne odnose se na dionicu VKDS od km 0+000 do km 11+000.

5. PRIJEDLOG AKTIVNOSTI I POSLOVA NA IZRADI STUDIJSKE I PROJEKTNE DOKUMENTACIJE VKDS I NOVE LUKE VUKOVAR U 2003., 2004. I 2005. G.

U skladu s "Operativnim planom provođenja prioriternih programa Vlade Republike Hrvatske" (29. kolovoz 2002. g.), u studenom 2002. g. izrađen je program aktivnosti i poslova za:

- toč. 6. *Projekti i priprema realizacije ulaganja u novu luku Vukovar na "Višenamjenskom kanalu Dunav-Sava" (VKDS),*
- toč. 7. *analiza studije izvodljivosti i modela financiranja VKDS - s odgovarajućim opisnim, grafičkim i brojčanim pokazateljima.*

Operativni plan provođenja programa Vlade RH dostavljen je Upravi unutarnje plovidbe Ministarstva pomorstva, prometa i veza - kao glavnom nositelju programa obnove postojećih i izgradnje novih unutarnjih plovni putova. Za potrebe dovršenja studijske i projektne dokumentacije koja je neophodna za početak izgradnje I. dionice VKDS (od km 0+000 do km 9+000) i I. faze nove luke Vukovar u 2003, 2004. i 2005. g. potrebno je izvršenje slijedećih aktivnosti i poslova:

- 1) Donijeti novu Odluku Vlade RH o pripremi za izgradnju VKDS (prva odluka 19.03.1991. g.).
- 2) Osnovati Agenciju koja bi imala zadatak organizacije, pripreme, gradnje VKDS i nove luke Vukovar te osnivanje trgovačkog društva za njihovu izgradnju.
- 3) Potpisati sporazum RH, BiH i YU o zajedničkom razvitku prometnog koridora "Podunavlje - Jadran" - sastavni dio toga je i potpisani sporazum o slivu rijeke Save (prosinac 2002. g.).
- 4) Noveliranje prometne studije VKDS kao sastavnog dijela kombiniranog prometnog koridora "Podunavlje - Jadran".
- 5) Noveliranje studije opravdanosti izgradnje VKDS - s posebnim pokazateljima značenja za promet, poljoprivredu (odvodnja i navodnjavanje) te infrastrukturu gravitirajućih naselja i ekološko značenje VKDS (oplemenjivanje malih voda Vuke, Bosuta i Biđa).
- 6) Usklađivanje aktualnog projekta VKDS i prostornih planova Vukovarsko-srijemske i Brodsko-posavske županije - uključujući cestovne i željezničke prometnice te posebno GUP grada Vukovara i Vinkovaca.
- 7) Nastavak istraživanja po programu monitoringa za šumske ekosustave (od km 11 do km 45) i vodni režim poljoprivrednih tala (od km 45 do km 61,4) - po rješenju o ocjeni

“Studije utjecaja na okoliš VKDS” (ožujak 1999. g.).

- 8) Studija utjecaja na okoliš nove luke Vukovar.
- 9) Dovršenje poslova na izradi glavnog projekta VKDS od km 0+000 do km 9+000.
- 10) Izrada glavnog projekta I. faze nove luke Vukovar.
- 11) Izrada stručnih podloga za lokacijsku dozvolu VKDS (geodetske, prostorne, prometne i dr.).
- 12) Izrada stručnih podloga za lokacijsku dozvolu nove luke Vukovar (geodetske, geotehničke, prostorne, prometne i dr.).
- 13) Izrada elaborata imovinsko-pravnih odnosa i rješenja za I. dionicu VKDS i I. fazu nove luke Vukovar - projekt izvlaštenja.
- 14) Izmjene i dopune prostornog plana VKDS i nove luke Vukovar.
- 15) Razminiranje dijela područja na I. dionici VKDS i nove luke Vukovar.
- 16) Pripremni poslovi i aktivnosti za početak građenja I. dionice VKDS i nove luke Vukovar.
- 17) Izrada tender dokumentacije za I. dionicu VKDS i I. fazu nove luke Vukovar.
- 18) Predkvalifikacija i odabir potencijalnih ponuditelja za I. dionicu VKDS i I. fazu nove luke Vukovar.
- 19) Raspis natječaja za I. dionicu VKDS i I. fazu nove luke Vukovar.
- 20) Komparativna analiza ponuda i izbor izvođača gradnje I. dionice VKDS i I. faze nove luke Vukovar.
- 21) Izrada modela financiranja I. dionice VKDS i I. faze nove luke Vukovar.

U procesu izvršenja aktivnosti i poslova na dovršenju studijske i projektne dokumentacije te izgradnji I. dionice VKDS i I. faze nove luke Vukovar pored glavne uloge Ministarstva pomorstva, prometa i veza, trebaju sudjelovati i ostala nadležna ministarstva, a to su za: financije, gospodarstvo, poljoprivredu i šumarstvo, javne radove, obnovu i graditeljstvo, te zaštitu okoliša i prostorno uređenje kao i Državna uprava za vode. U ostvarenju navedenih poslova trebaju sudjelovati tvrtke: Hrvatske vode, Hrvatske ceste, Hrvatske željeznice, Hrvatska elektroprivreda i Hrvatske šume.

Predvidivo vrijeme izgradnje I. dionice VKDS i I. faze nove luke Vukovar je 5 godina (od 2006. do 2010. g.). Za vrijeme izgradnje I. dionice VKDS predviđa se izgradnja jednog bazena u novoj luci Vukovar s dva mosta i pripadajućom lučkom infrastrukturu. Za vrijeme izgradnje II. dionice VKDS također je predviđena izgradnja još jednog bazena i pripadajuće lučke infrastrukture. U trećoj fazi planirano je dovršenje nove luke Vukovar s objektima brodomonta, lučke infrastrukture te objekta bescarinske zone, a predviđeno vrijeme je 20 godina od početka gradnje VKDS (2005.-2025 g.).

6. ZAKLJUČAK

U 1999. g. dovršen je aktualni idejni projekt VIŠENAMJENSKOG KANALA DUNAV-SAVA po parametrima V.b klase unutarnjih plovnih puteva od međunarodnog značaja. Po planu je glavni projekt za prvu dionicu VKDS od km 0+000 do km 9+000 je trebalo dovršiti do kraja 2000.g. - sa ciljem početka pripreme njegove izgradnje u 2001. g. Istovremeno je izrađen idejni projekt nove luke Vukovar - s novom lokacijom od km 7 do km 9 VKDS. Nažalost u 2000, 2001. i 2002. g. Ministarstvo za javne radove, obnovu i graditeljstvo u državnom proračunu nije osiguralo potrebna sredstva za dovršetak glavnog projekta kao i ostale pripadajuće dokumentacije I. dionice VKDS i I. faze nove luke Vukovar!?! Sastavni dio toga je i potreba deminiranja dijela planirane trase VKDS i lokacije

nove luke Vukovar. U sklopu toga je posebno značenje u potrebi osiguranja sredstava za poslove monitoringa praćenja šumskih ekosustava i poljoprivrednih tala po rješenju Komisije za ocjenu utjecaja na okoliš VKDS od km 11 do km 61,4 (ožujak 1999.g.). Zbog potrebe zaštite regionalnog vodoopskrbnog crpilišta dijela Istočne Slavonije trase VKDS je duža za 2,5 km od trase po projektu iz 1965. i 1985. g. Također su povećani širina dna, razina i dubina plovne vode, rasponi mostova i plovni gabariti ispod njih, radiusi zakrivljenosti, dimenzije brodskih prevodnica kao i količine svih radova (iskop, beton, željezo, kamen, elektro i strojarska oprema, deponije zemljanog materijala).

Hrvatska je 24. lipnja 1997.g. u Helsinkiu potpisala, a Hrvatski državni sabor 12. studenog 1998.g. potvrdio Ugovor o glavnim unutarnjim plovnim putovima od međunarodnog značenja (AGN) po novoj UN/ECE klasifikaciji plovnih puteva iz 1992.g. Prema AGN ugovoru u Hrvatskoj je u sustav Europskih plovnih puteva pored dionica rijeke Drave, Dunava i Save uvršten i budući "Višenamjenski kanal Dunav-Sava" od Vukovara do Šamca kao plovni put V.b klase. Ostvarenje tog projekta treba vrednovati kao I. fazu, kanaliziranu rijeku Savu kao II. fazu, a izgradnju dolinske željeznice "Zagreb - Karlovac - Rijeka" kao III. fazu ostvarenja kombiniranog prometnog povezivanja Podunavlja i Jadrana i to kako područja Hrvatske tako i gravitirajućih država. A to je i preduvjet za cjelokupni i uspješniji gospodarski razvoj Hrvatske.

S obzirom na stupanj izrađenosti, ali i potrebu dovršenja studijske i glavne projektne dokumentacije VKDS kao i njegovo gospodarsko i infrastrukturno značenje, neophodno je u 2003. i 2004. g. u državnom proračunu osigurati financijska sredstva za dovršenje dokumentacije koja je potrebna za ishođenje građevne dozvole. Sastavni dio toga je i dovršenje dokumentacije koja je preduvjet za kandidiranje projekta u cilju iznalaženja domaćih i inozemnih financijskih sredstava (kredit, koncesije, državni proračun) za početak izgradnje i ostvarenje projekta VKDS. U skladu s navedenim Vlada Republike Hrvatske treba donijeti odgovarajuće odluke koje su neophodne kako za dovršenje projektne i investicijske dokumentacije tako i za pripremne poslove te početak izgradnje I. dionice VIŠENAMJENSKOG KANALA DUNAV-SAVA i I. faze NOVE LUKE VUKOVAR.

POPIS LITERATURE

1. Marušić, J.: Hidrotehničko i građevinsko značenje "Višenamjenskog kanala Dunav-Sava". Privreda, 33, 1989/2, Osijek, 1989., str. 125-137.
2. Beraković, B.; Marušić, J.: Tehnička i gospodarska opravdanost izgradnje "Višenamjenskog kanala Dunav-Sava", "Strategija razvoja saobraćaja Jugoslavije s naglaskom na povezivanje s Europskom zajednicom", Zagreb, Bizovac, 1991., str. 133-138.
3. Kolovrat, I.; Marušić, J.: Razvojna značenja "Višenamjenskog kanala Dunav-Sava", Sabor hrvatskih graditelja, Crikvenica, 1993., str. 413-424.
4. Marušić, J.; Pršić, M.: Postojeći stupanj i planirani razvoj plovnih puteva u Republici Hrvatskoj, "Geotehnika prometnih građevina", knjiga 1, Novigrad, Zagreb, str. 13-30.
5. Dadić, I.; Đaković, N.; Božičević, D.; Marušić, J.: Riječni promet u povezivanju Hrvatske i Bosne i Hercegovine s Podunavljem i Sredozemljem, "Revalorizacija geoprometnog položaja Hrvatske i Bosne i Hercegovine u interesu obiju država", HAZU, Zagreb, 1996., str. 117-124.
6. Brkić, B.; Kolovrat, I.; Marušić, J.; Pršić, M.; Šoldra, M.: "Višenamjenski kanal Dunav-Sava i obnova riječne plovidbe u Hrvatskoj, Sabor hrvatskih graditelja, Cavtat, 1996., str. 945-968.

7. Marušić, J.; Pršić, M.: "The choice of charging system for the Navigation lock in the Multi-purpose canal Danube-Sava", XIX Conference of the Danube countries of Water management, Osijek, 1998, p 575-586.
8. Tušar, B.: Utjecaj "kanala Dunav-Sava" na okoliš, *Građevinar*, 50 (1998), 4, Zagreb, str. 209-216.
9. Marušić, J.: Značenje "Višenamjenskog kanala Dunav-Sava" za gospodarsko povezivanje Podunavlja s Jadranom, HAZU, Zagreb, *Anali*, Osijek, 1999., str. 57-88.
10. Brkić, B.; Kolovrat, I.; Marušić, J.: Aktualni projekt "Višenamjenskog kanala Dunav-Sava", Sabor hrvatskih graditelja, Cavtat, 2000., str. 773-794.
11. Marušić, J.; Tadić, L.: "Višenamjenski kanal Dunav-Sava" i transeuropski prometni koridor "Atlantik - HBH trokut - Jadransko more", "Europsko proljeće u HBH trokutu", Osijek, 2000., str. 63-72.
12. Kolovrat, I.; Marušić, J.: Višenamjenski kanal Dunav-Sava - po elementima V.b klase europskih unutarnjih plovni putova "Hidrologija i vodni resursi Save u novim uvjetima", Slavonski Brod, 2000., str. 593-608.
13. Studije i projekti "Višenamjenski kanal Dunav-Sava", Vodoprivredno-projektni biro d.d., Zagreb i Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1991.-2002.
14. Izvješćaj o planiranim i izvršenim poslovima na izradi studijske i projektne dokumentacije "Višenamjenskog kanala Dunav-Sava", JVP "Hrvatska vodoprivreda", 1991.-1996. i "Hrvatske vode", 1996.-2002.
15. Studija utjecaja "Višenamjenskog kanala Dunav-Sava na okoliš", Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Vodoprivredno-projektni biro d.d., Zagreb, 1998.
16. Marušić, J.: Economic Importance and the Environment of the Multipurpose Danube-Save Canal, Transport and Environment, Symposium, Modern Traffic, Opatija, Croatia 18-19 April 2002, pp 66-71.
17. Marušić, J.: Višenamjenski kanal Dunav-Sava, Zagovor gospodarskog nacionalizma, Tehničke znanosti, Zagreb, I. dio, Vol. 9 (2), 2002., str. 2-4; II. dio, Vol. 9 (3), 2002., str. 2-4.
18. Marušić, J.: Značenje Višenamjenskog kanala Dunav-Sava za zaštitu prostora i gospodarenje vodom i tlom, I. Hrvatska konferencija, Ekoinženjerstvo 2002, Knjiga sažetaka, Plitvička jezera, 22.-24. listopada 2002., str. 162. Posebno posterski prikaz rada s opisnim i grafičkim pokazateljima.
19. Marušić, J.: Gospodarsko povezivanje Podunavlja s Jadranom - Osvrt na istraživanja o projektu 101-731 Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske, *Anali*, 18, HAZU, Zavod za znanstveni i umjetnički rad u Osijeku, Zagreb - Osijek, 2002., str. 149-165, koautor prof. emeritus Julije Martinčić.
20. Operativni plan provođenja programa Vlade Republike Hrvatske. Projekti i priprema realizacije ulaganja: VKDS, luka VUKOVAR i plovni put rijeke Save, kolovoz, 2002. g.

Autori:

Josip Marušić, dipl. ing. građ., redoviti član Akademije tehničkih znanosti, SVEUČILIŠTE U ZAGREBU, GRAĐEVINSKI FAKULTET, ZAGREB, Kačićeva 26, tel.: 01/4827-004; fax: 01/4561-238; e-mail: marusic@master.grad.hr

Ivan Kolovrat, dipl. ing. građ., Hrvatske vode, Zagreb

Berislav Brkić, dipl. ing. kult. tehn., Vodoprivredno-projektni biro d.d., Zagreb



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.20.

Čistija proizvodnja i obrada galvanskih otpadnih voda

Silva Neseck, Željko Neseck, Nikolaj Silvio Ukmar

SAŽETAK: Tradicionalne metode obrade galvanskih otpadnih voda baziraju se na kemijskim reakcijama redukcije i taloženja ostatnih metalnih iona sa hidroksidima. Kod tih postupaka nepovratno se gubi mogućnost vraćanja metala natrag u proces (recikliranja). Djelovanje na okoliš (emisija štetnih tvari u vode i nastajanje opasnog otpada), kao i ekonomska neefikasnost tradicionalnih metoda obrade, uvjetuju uvođenje koncepta čistije proizvodnje, a on se sastoji u primjeni novih tehnologija za obradu otpadnih voda, kao što su ionska izmjena i reverzna osmoza. Nove tehnologije omogućuju vraćanje (recikliranje) metala u proces i povećavaju ekonomsku isplativost i zaštitu okoliša.

KLJUČNE RIJEČI: Otpadne vode, elektroplatanje, obrada otpadne vode, taloženje hidroksida, recikliranje, ionska izmjena, čistija proizvodnja.

Cleaner Industrial Production and Treatment of Wastewater from Electroplating

SUMMARY: The traditional techniques of treatment of wastewater from plating are based on reduction reactions and hydroxides precipitation of metal ions. By using these techniques, possibility of recovery and recycling of metal ions is irretrievably lost. The environmental loading (emission of harmful substances into water and generation of dangerous wastes) and economic inefficiency of traditional treatments stipulate the concept of cleaner manufacturing consisting in the application of new technologies for wastewater treatment, such as ion exchange and reverse osmosis. These technologies increase economic efficiency and offer much better environmental protection by recovery and recycling of metal from waste streams.

KEYWORDS: Waste water, electroplating, treatment waste water, hydroxides precipitation, recycling, ion exchange, clean production

1. UVOD

Otpadne vode koje nastaju u pogonima za nanošenje metalnih prevlaka spadaju u najopasnije zagađivače prirodnih vodotoka. Kod normalnih pH vrijednosti recipijenta (vodotoka) otopljeni teški metali ne hidroliziraju, niti pomiču karbonatnu ravnotežu prirodnih voda ($\text{CO}_2 - \text{HCO}_3$), pa mogu migrirati (putovati) na velike udaljenosti od mjesta ispusta, sve dok ne naiđu na neke vrste organizama u kojima se mogu akumulirati (mekušci, školjke). Ukoliko dospiju u podzemne vode, mogu se preko korijena akumulirati u stabljici, gomoljima ili listovima biljaka, te preko hranidbenog lanca dospjeti i u ljudski organizam i izazvati vrlo ozbiljna oboljenja.

2. ZAKONSKA REGULATIVA

Da bi zaštitila svoje vodotoke i podzemne vode svaka država propisuje zakonima i podzakonskim aktima granične (maksimalne) vrijednosti koncentracija teških metala koje se smiju ispuštati u sustave odvodnje (kanalizacije).

Tablica 1. Granične dozvoljene vrijednosti teških metala u otpadnim vodama

<i>Tvar</i>	<i>C [mg/l]</i>
Cr (ukupni)	2,0
Cr ⁶⁺	0,2
Ni	2,0
Cu	0,5
Ag	0,5
Zn	2,0
Pb	2,0
Fe	10,0
pH	5,0-9,5

Zakonska regulativa u zaštiti voda u Republici Hrvatskoj sukladna je zakonodavstvu u EU, a nešto stroža od onog u SAD-u i Kanadi.

3. PROCESI NANOŠENJA METALNIH PREVLAKA

Proces nanošenja nekog metala u jako tankom sloju elektrolizom na metalnu ili vodljivu polimernu površinu naziva se elektroplatanje. Najčešće se nanose krom, nikal, bakar, cink, kadmij, srebro i zlato. Koji će se metal nanositi i kojim redoslijedom, najčešće ovisi o namjeni gotovog proizvoda. Neki se predmeti elektroplatiraju zbog ljepšeg izgleda (dekorativno kromiranje, niklanje, posrebrivanje i sl.), a neki zbog konstrukcijskih zahtjeva proizvoda u uporabi (tvrdo kromiranje košuljica cilindara motora, pozlaćivanje kontakata kod elektroničkih sklopova).

Kupke iz kojih se nanose metali različite su po svom kemijskom sastavu, a o tome ovise i načini obrade otpadnih voda.

4. METODE OBRADE OTPADNIH VODA

Otpadne vode u procesima elektroplatanja nastaju najčešće kog zasićenih štednih kupki (u kojima se ispiru predmeti netom izvađeni iz galvanske kupke), a rjeđe sama kupka postaje otpadna voda, ukoliko se nepovratno poremeti originalni kemijski sastav.

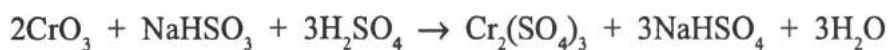
Poznata su dva glavna načina obrade galvanskih otpadnih voda i to:

- a) Nepovratno uklanjanje metala iz otpadne vode metodom taloženja (precipitacije)
 - taloženje s hidroksilnim ionom (OH⁻) iz NaOH
 - taloženje sa sulfidnim ionom (S²⁻) iz plinovitog ili otopljenog u vodi H₂S
- b) Recikliranje metalnih iona u prvotnom obliku u proces (kupku) sljedećim metodama:
 - ionskom izmjenom
 - reverznom osmozom
 - elektrodijalizom
 - elektrolizom kupke za ispiranje
 - evaporacijom

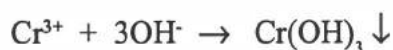
4.1 Uklanjanje metalnih iona iz otpadnih voda metodama taloženja (precipitacije)

Uklanjanje iona metala taloženjem s hidroksilnim ionima iz otopine NaOH je najviše upotrebljavana metoda obrade, dok je tehnička izvedba uvođenja plinovitog sumporovodika u otopinu dosta zahtjevna i nespretna, pa se ta metoda vrlo rijetko koristi.

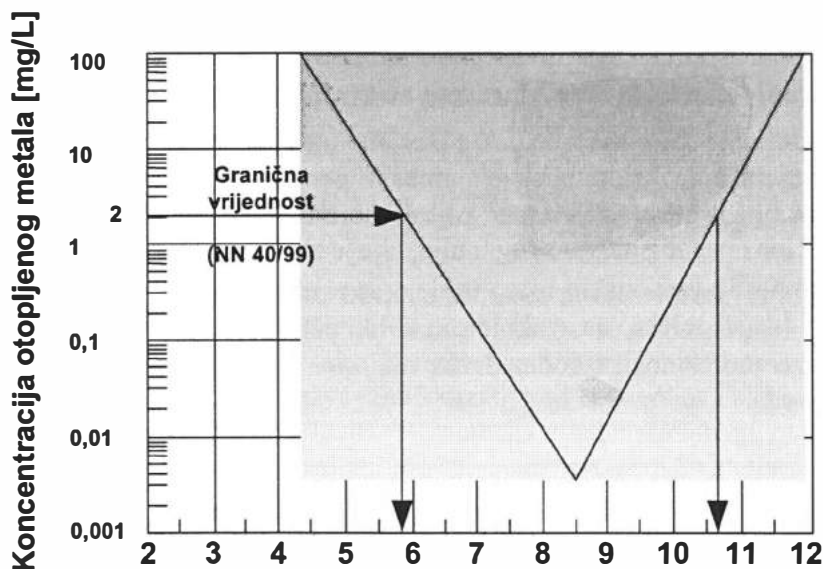
Svi ionski oblici metala koji se mogu naći u galvanskoj otpadnoj vodi (Cr^{3+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Ag^+ , Pb^{2+} , Zn^{2+}) mogu se istaložiti s OH^- ionom u lužnatom mediju osim Cr^{6+} iona, koji se mora prevesti (reducirati) u Cr^{3+} s nekim jakim reducensom. Najčešće se upotrebljava otopina natrijevog bisulfita (NaHSO_3). Reakcija je sljedeća:



Reakcija taloženja s lužinom odvija se prema sljedećoj jednadžbi:



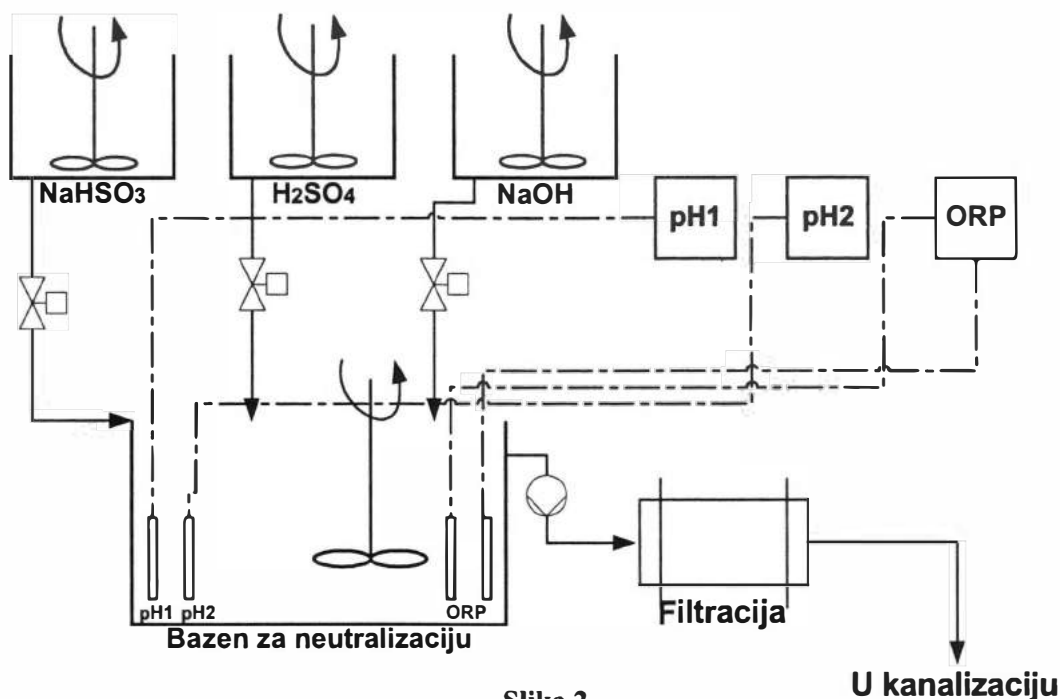
Na slici br. 1 grafički je prikazana topivost kromovog hidroksida u ovisnosti od pH-vrijednosti otopine.



Slika 1

Proces obrade otpadnih voda nakon postupka kromiranja počinje dodatkom H_2SO_4 i NaHSO_3 u bazen za neutralizaciju zbog redukcije Cr^{6+} u Cr^{3+} , koji je kontroliran mjerenjem pH-vrijednosti. Nakon redukcije dodatkom NaOH istaloži se $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Nastali talog se ukloni iz bazena filtracijom. Tako dobiveni talog u muljevitom obliku spada u kategoriju opasnog otpada i mora se zbrinuti na adekvatan način.

Tipična tehnološka diskontinuirana (šaržna) izvedba obrade otpadnih voda nakon postupka kromiranja prikazana je na slici br. 2.



Slika 2

4.2 Recikliranje metalnih iona u procesu elektropliranja

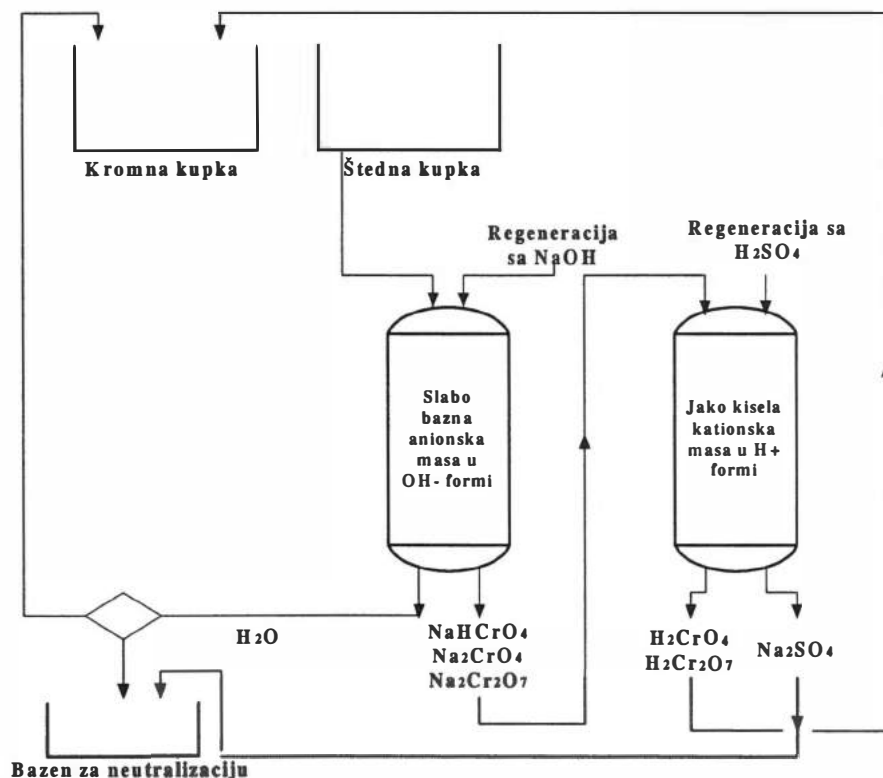
U današnje vrijeme se sve više napušta klasična metoda obrade galvanskih otpadnih voda taloženjem hidroksida, zbog ekonomske neefikasnosti (nepovratno gubljenje skupih kemikalija iz galvanskih kupki, koje se moraju povremeno dodavati) i nastajanja velikih količina opasnog galvanskog mulja, čije je zbrinjavanje komplicirano i skupo. Sintezom novih tipova ionskih masa uspjelo se razviti posebne vrste ionskih smola, koje mogu odvajati selektivno svaki ionski oblik metala.

Postupci reverzne osmoze također danas imaju veliku primjenu u obradi otpadnih galvanskih voda.

4.2.1 Recikliranje Cr^{6+} iona u proces ionskom izmjenom

Cr^{6+} (kromna kiselina) uklonjena iz ispirne vode nakon procesa galvanizacije može biti vraćena ponovno u proces selektivnom ionskom demineralizacijom. Propuštanjem ispirne vode kroz jako kiselu kationsku masu nakon slabo bazne anionske mase, kromna kiselina se veže na slabo baznu anionsku masu vrlo velikog kapaciteta izmjene (oko 1,55 ekv/l ionske mase) i oslobađa se u formi soli nakon regeneracije ionske mase sa NaOH.

Tako koncentrirane kromatne soli prevode se prolaskom kroz kolonu sa jako kiselim kationskom masom u H^+ formi u kromnu kiselinu koja se može ponovno vratiti u proces. Nakon ovakve obrade ispirne vode ionskim izmjenjivačima preostale manje količine trovalentnog kroma, kao i iona nikla ili bakra izdvajaju se taloženjem sa hidroksidom, jer se njihovo uklanjanje ionskom izmjenom ekonomski ne bi isplatilo.



Slika 3. Shematski prikaz obrade otpadne vode ionskom izmjenom

5. ODRŽIVI RAZVOJ I OBRADA OTPADNIH VODA GALVANSKE INDUSTRIJE

«Ideja održivosti–održivog razvitka, održive upotrebe prirodnih resursa je skup novih etičkih načela odnosa prema okolišu i svijesti pojedinca da su dosadašnje proizvodne tehnologije i njihov utjecaj na okoliš došle do krajnjih granica izdržljivosti. Pojednostavljeno rečeno održivi razvoj znači razvoj koji zadovoljava današnje potrebe, a pri tome ne ugrožava mogućnost sljedećih generacija u zadovoljenju njihovih potreba.»

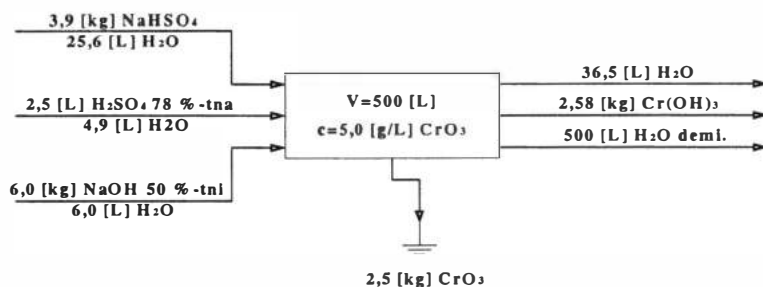
Koncept čiste proizvodnje je neposredna implementacija strategije održivog razvoja na pojedinačne konkretne procese u industriji, pa dakako i u obradi voda galvanske industrije. Osnovni princip čiste proizvodnje sastoji se u redizajniranju tehnoloških procesa, tako da se smanje pritisci na okoliš (smanjenje emisije štetnih tvari u zrak, vodu i tlo). Primijenjeno na otpadne vode galvanske industrije znači uvođenje povrata skupih osnovnih sirovina u proces i eliminaciju opasnog otpada (galvanskih muljeva), čije zbrinjavanje je zahtjevno i skupa. Pri tome mora se voditi računa o ekonomskoj isplativosti takvog zahvata, odnosno potrebno je uvijek kod uvođenja čiste proizvodnje izračunati mogućnost povrata novca kroz određeni vremenski period.

Prvi korak u provedbi čiste proizvodnje prema usvojenoj metodologiji UNEP-a je izrada materijalne bilance za promatrani proces.

U slučaju obrade otpadne vode iz procesa kromiranja (štedne kupke) taložnom metodom, potrebno je znati volumen otopine i koncentraciju Cr^{6+} iona izraženog kao CrO_3 . Iz tih

podataka se izračuna količina NaHSO_3 potrebnog za redukciju Cr^{6+} iona u Cr^{3+} , ta količine ostalih kemikalija (H_2SO_4 i NaOH).

Potrebne količine kemikalija za obradu otpadne vode pojedinačne šarže od 500 litara su prikazane su na slici br.4

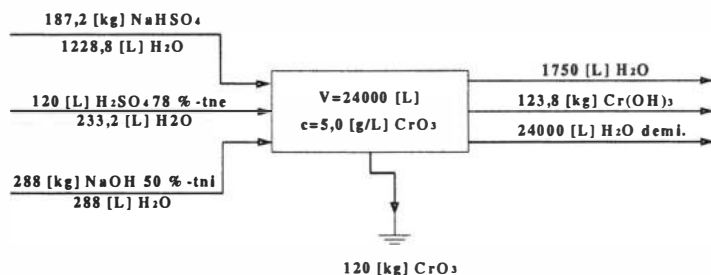


Slika 4

Količina od 2,5 kg izgubljenog CrO_3 , koja se gubi iz procesa kao opasni otpad u obliku Cr(OH)_3 , mora se vratiti kao nova sirovina u kromnu kupku.

U svakodnevnom radu otopina se iz štedne kupke djelomično vraća natrag u proces kako bi se zadržao konstantan volumen kupke. Otprilike jednom tjedno mora se sadržaj štedne kupke obraditi, da bi se odstranila povećana količina Cr^{6+} , te eventualni sadržaj bakra i nikla.

Rezultati izračuna materijalne bilance za vremenski period od godine prikazani su na slici br.5



Slika 5

Detaljna ekonomska analiza svih troškova u vremenskom periodu od jedne godine obuhvaća sljedeće parametre:

A→Cijena utrošenih kemikalija

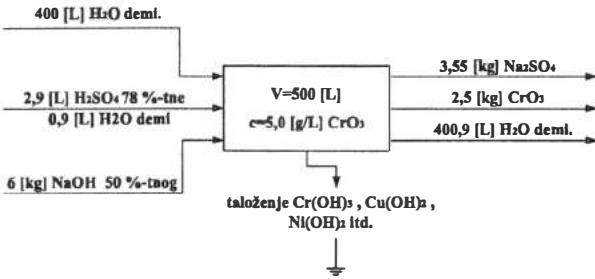
Vrsta	Jed. mjere	Cijena	Količina	Cijena utrošenog
CrO_3	kg	55,00 kn/kg	120 kg	6.600,00 kn
$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ p.a.}$	L	72,00 kn/L	120 L	960,00 kn
NaHSO_3	kg	10,10 kn/kg	187,2 kg	1.890,72 kn
NaOH	kg	2,30 kn/kg	288 kg	662,40 kn
H_2O	m^3	4,00 kn/ m^3	1,75 m^3	7,00 kn
$\text{H}_2\text{O demi.}$	L	5 kn/L	24000	120.000,00 kn
Ukupno:				130.120,12 kn

B→Cijena zbrinjavanja opasnog otpada

Vrsta	Jed. mjere	Cijena	Količina	Cijena utrošenog
Cr(OH) ₃	kg	6 kn/kg	123,80 kg	743,04 kn

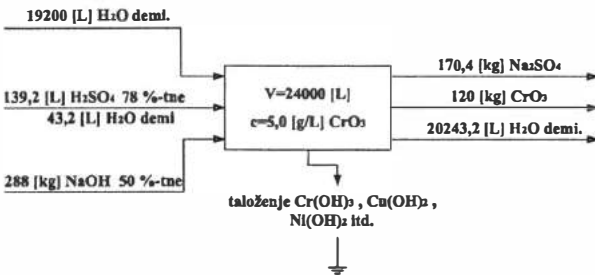
A + B = godišnje utrošeno za ispirne kupke obrađene taloženjem
130.120,12 + 743,04 = 130.863,16 kn

U slučaju obrade otpadnih voda štedne kupke ionskom izmjenom potrebno je proračunati optimalnu količinu ionske mase, koja bi davala potrebne rezultate, a pri tome bila i ekonomski isplativa. Kako bi sadržaj Cr⁶⁺ u štednoj kupki bio 4-5 g/l za tjedan dana rada, to bi se za uklanjanje kromne kiseline upotrijebile dvije kolone ionskog izmjenjivača sa po 25 litara ionske mase u svakoj koloni kao što je prikazano na slici br.3. Postupak uklanjanja Cr⁶⁺ provodio bi se dva puta tjedno.



Slika 6. Grafički prikaz troškova pri uklanjanju kromne kiseline ionskom izmjenom za jednu šaržu

Količina od 2,5 kg CrO₃ tjedno vraća se u proces, a voda iz štedne kupke ne mora se bacati, već se može upotrijebiti iznova. Otprilike dva puta godišnje trebalo bi baciti vodu nakon ionske obrade štedne kupke, zbog povećane količine štetnih kationa, kao i pranja same kupke. Rezultati izračuna materijalne bilance za vremenski period od godine dana dati su na slici br. 7



Detaljna ekonomska analiza svih troškova u vremenskom periodu od jedne godine obuhvaća:

C Cijena utrošenih kemikalija

Vrsta	Jed. mjere	Cijena	Količina	Cijena utrošenog
H ₂ O deml.	L	5,00 kn/L	20243,2 L	101.216,00 kn
H ₂ SO ₄ 78 %-tna	L	8,00 kn/L	139,2 L	1.113,60 kn
NaOH	kg	2,30 kn/kg	288 kg	662,40 kn
Ukupno:				102.992,00 kn

C = godišnje utrošeno za obradu ispirne kupke ionskom izmjenom

C = 102.992,00 kn

RAZLIKA:

(A + B) - C = razlika između troškova obrade ispirne vode taloženjem i ionskom izmjenom

130.863,16 - 102.992,00 = 32.871,16 kn/godinu

Cijena uređaja za ionsku izmjenu sa dvije kolone sa po 25 litara ionske mase (slabo bazna masa; jako kisela masa) iznosi 20.000 kn.

**IZRAČUNAVANJE PERIODA POVRATA INVESTICIJE ZA PRETPOSTAVLJENE
PARAMETRE PRI GALVANIZACIJI P.P.:**

CIJENA UREĐAJA = 20.000,00 kn

P.P. = CIJENA UREĐAJA/UKUPNE UŠTEDE

P.P. = 20.000/32.871,16

P.P. = 0,61 GODINA (7 MJESECI)

6. ZAKLJUČAK

Strateško opredjeljenje društva u 21. stoljeću je održivi razvoj, a njegova primjena u industrijskoj praksi je provođenje koncepta čistije proizvodnje. Opisani postupak je ekološki prihvatljiv, jer se smanjuje potreba za odlaganjem u prirodi iona kroma, koji spada u opasnu i štetnu tvar. Iz materijalne bilance procesa vidljiva je i ekonomska isplativost investicije. Period povrata investicije je cca 7 mjeseci, što prema metodologiji čistije proizvodnje spada u kategoriju visoke isplativosti investicije.

LITERATURA

Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama (NN 40/99

L.Theodore, Y.C. McGuinn, Pollution Prevention, Ed. Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.

D.M.Ayers, A.P.Davis, P.M.Gietka, Removing Heavy Metals from Wastewater, Ed. Univ.of Maryland, Eng.Res.Center Report, August 1994.

Powerful Chemical Processing Tools, Ion exchange Resin, Ed. DOW Co.Tech.Papers.

Čistija proizvodnja, Priručnik za trening, Ed. Hrvatski centar za čistiju proizvodnju, Zagreb, 2002.

Autori:

Silva Neseck, dipl.ing.biotehnologije, Željko Neseck, dipl.ing.kemijske tehnologije, VEKO d.o.o. Zagreb, Kustošijanska 215

Nikolaj Silvo Ukmar, dipl.ing.kemijske tehnologije, TŽV Gredelj d.o.o. Zagreb, Trnjanska c. 1



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.21.

Višenamjensko rješenje rijeke u složenim uvjetima aluvijalne gusto naseljene doline

Ž. Pavlin, B. Beraković, Z. Mahmutović

SAŽETAK: Za gusto naseljenu široku aluvijalnu dolinu, u kojoj se naselja proširuju, kroz koju protječe rijeka, karakteristična je potreba obrane od poplava, potrebna je velika količina pitke vode, potrebno je zbrinuti velike količine otpada, potrebna je velika količina energije i značajna snaga, te je potrebna velika količina hrane. To uzrokuje i vrlo složenu hidrotehničku problematiku, kako sa stajališta zaštite od voda (obrana od poplava), zaštite voda tako i sa stajališta korištenja voda za proizvodnju električne energije i povećanje poljoprivredne proizvodnje na okolnim površinama. Obzirom na koncentraciju stanovništva nije zanemarivo uređenje urbanog prostora u području rijeke i korištenje te rijeke za rekreacijske potrebe.

U radu je na primjeru složene problematike uređenja i korištenja rijeke Save u području grada Zagreba prikazano dosadašnje stanje i mogućnosti daljnjeg razvoja višenamjenskog rješenja u složenim uvjetima aluvijalne gusto naseljene doline. Prikazan je i pristup vrednovanju, kao podloge za donošenje odluka o izvedbi daljnjih zahvata, uzimajući u obzir osim ekonomskih, ekološke, socijalne, razvojne i urbane vrijednosti.

KLJUČNE RIJEČI: uređenje i korištenje rijeke, Zagreb, razvoj, vrednovanje

Multipurpose Project Implementation in a Densely Populated Alluvial Valley

SUMMARY: A densely populated wide alluvial valley located immediately by a torrential river, which accommodates growing human settlements, typically demands flood control, covering of high potable water demand, management of large quantities of waste, meeting significant power demand for considerable outputs, and ensuring of large quantities of food. All these requirements are associated with resolving of very complex hydraulic engineering issues related to protection against water impact (flood control) and protection of water (water quality control) in water supply, harnessing of water in power generation and for increase of agricultural production on the neighboring land. Since the population density and settlement developmental needs are considerable, urban development of the river valley and use of river for sports and recreation should not be neglected.

The paper describes complex issues related to the Sava River development and use on the City of Zagreb (Croatia) territory. Current status and possibilities for future development of a multipurpose scheme in a densely populated alluvial valley are described. The technical concept is presented, along with valuation procedures as the basis for decision-making on the future projects the development of which must respect, besides the economic factors, the environmental, social, development and urban aspects.

KEYWORDS: river development and use, Zagreb, development, valuation procedures

1. OPĆENITO

Grad se Zagreb tijekom svoje povijesti dugo zadržao na obroncima Medvednice i višim neplavljenim dijelovima doline rijeke Save. U posljednjih stotinjak godina grad je započeo osvajati i prostor južno od Medvednice postupno ulazeći sve dublje u plavno područje rijeke Save, što je zahtijevalo rješavanje obrane od poplave Save ali i vodama potoka Medvednice. Sve intenzivnija izgradnja zahtijevala je sve veće količine materijala, te je velik dio građevinskog materijala vađen iz rijeke Save i njene doline, čime je nastao velik broj (preko 50) šljunčara. Povećanjem grada započelo je njegovo snabdijevanje pitkom vodom crpljenjem podzemne vode iz doline rijeke Save. Prvo je crpljena voda iz sjevernog, a kasnije i iz južnog dijela doline. Intenzivan razvoj grada i njegove industrije pratila je i velika produkcija otpada, koji je dijelom odlagan neposredno u potoke, gradsku kanalizaciju i rijeku Savu, a dijelom na neuređena odlagališta što je značajno zagadilo vode i tlo u području i okolišu grada.

Do 1964. godine grad je "stisnuo" rijeku Savu u korito između nasipa ukupne širine 300 m i prešao na južnu stranu. Velike vode 1964. godine probile su nasip i prodrle u grad Zagreb, prouzročivši 20-tak žrtava i velike materijalne štete. Da se ne ponovi takva tragedija intenziviran je rad na rješavanju problema obrane od poplava područja Zagreb – Karlovac – Sisak (gradovi povezani nužnošću zajedničkog rješavanja problema velikih voda).

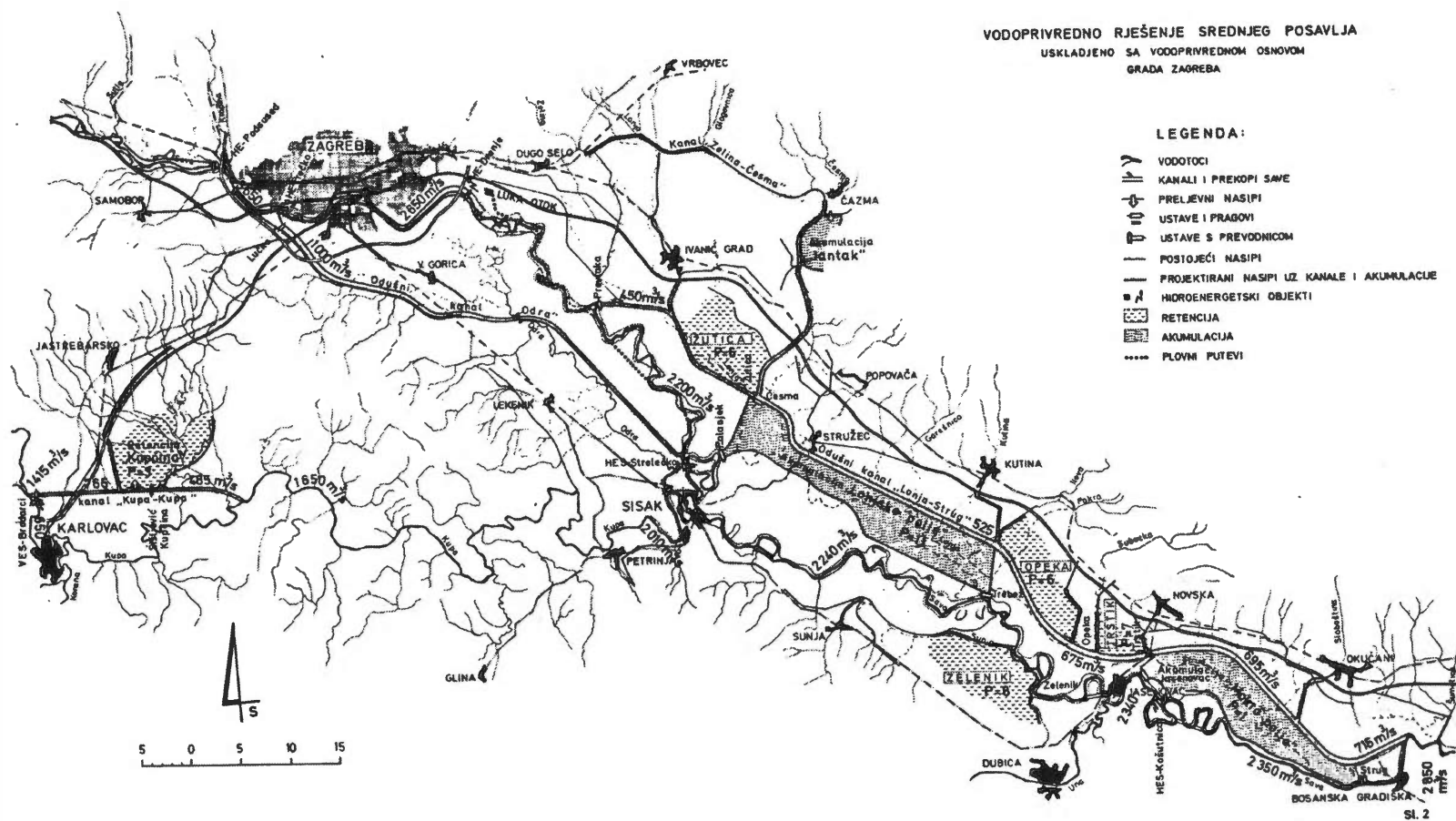
Ujedinjeni narodi financirali su Studiju regulacije i uređenja rijeke Save u Jugoslaviji (1973, Zagreb, Polytechna Hydroprojekt - Carlo-Lotti & CO, Prag-Rim), u okviru koje je usvojeno rješenje obrane od poplava ovog područja, koje su predložili naši inženjeri. Tim rješenjem predviđena je izgradnja odteretnog kanala, kojim se veći dio velikih voda Save provodi mimo Zagreba (slika 1).

Danas se grad nalazi, unatoč svim izvedenim zahvatima i spoznajama o problemima voda, u situaciji da nema dugoročno riješena osnovna životna pitanja kao što su odlaganje otpada (1000 t/dnevno), nema riješenu zaštitu voda, ima zagađene i smanjene zalihe voda, te je otvoreno pitanje daljnjeg snabdijevanja pitkom vodom grada, nema do kraja riješenu obranu od poplava voda Save i pritoka s Medvednice. Osim toga, grad je došao do rijeke ali je od nje odijeljen i ne koristi je u onoj mjeri kako je to moguće. Gradu je potrebna velika količina hrane, koju pretežno dovozi iz udaljenijih prostora, iako je planirao velike površine za poljoprivrednu proizvodnju u širem prostoru grada. Veliki broj ljudi koncentriran na takvom prostoru ima potrebe za sportom i rekreacijom, koju u značajnoj mjeri može pružiti i uređenje rijeke Save.

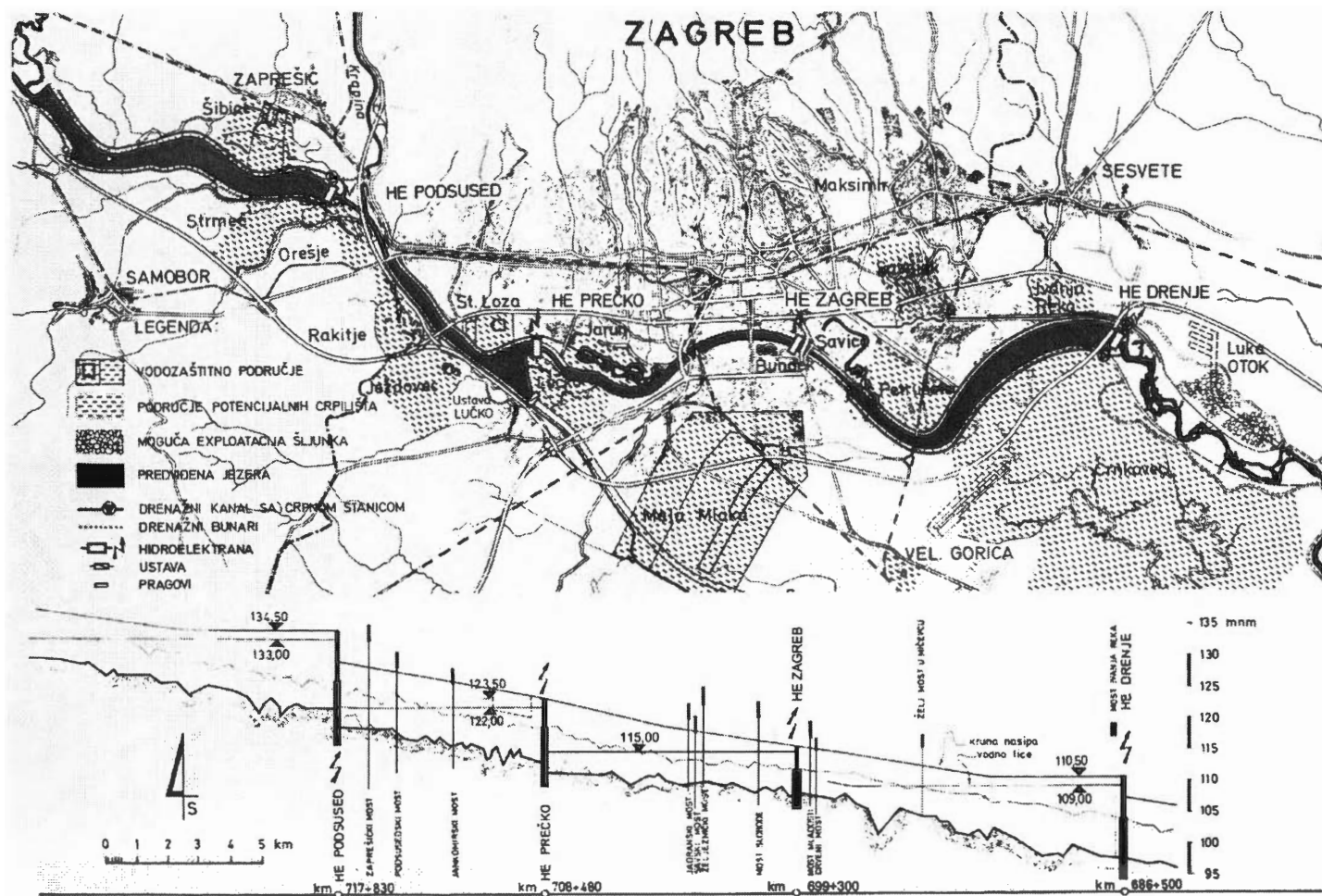
Parcijalno rješavanje problema, ne sagledavanje dugoročnih posljedica pojedinih zahvata i aktivnosti doveli su grad u vrlo nezavidan položaj, koji zahtijeva brzo i dobro osmišljeno rješavanje nastalog stanja.

2. STANJE

Kapacitet korita rijeke Save kroz Zagreb iznosi 3270 m³/s, a preostalih 1510 m³/s (do 4780 m³/s što je tisućugodišnja velika voda) evakuira se mimo Zagreba odteretnim kanalom. Kvalitet voda rijeke Save u Zagrebu je pretežito III kategorije, te nije podobna za kupanje. U posljednjem razdoblju zabilježeno je produbljenje korita rijeke Save, te su minimalni godišnji vodostaji u razdoblju od 1975. godine sniženi preko 1,5 m u odnosu na ranije razdoblje. Ova pojava utječe na povećanje kapaciteta korita za velike vode, ali i na sniženje vodostaja podzemne vode, što smanjuje kapacitete izvorišta pitke



Slika 1. Vodoprivredno rješenje Srednjeg Posavlja



Slika 2. Razmatrano područje Grada Zagreba i Zagrebačke županije

vode. Zbog sniženja dna korita bilo je nužno, za zahvat rashladne vode za termoelektranu i toplanu, izvesti prag na Savi kako ne bi postrojenje ostalo bez vode.

Obrana grada Zagreba od poplava rijeke Save, riješena izvedbom odteretnog kanala, dio je rješenja šire regije (Srednjeg Posavlja). Kanal je, sedamdesetih godina, izveden u području grada, međutim u svom donjem dijelu nije dovršen i velike se vode ispuštaju u poplavno područje nizvodno od grada. Time je ostvarena osnovna zaštita grada od velikih voda rijeke Save, ali se sniženjem korita rijeke Save u Zagrebu mijenja planirana raspodjela protoka. Zbog fiksnog praga na ulazu u kanal kroz grad protječe veća količina vode te se više ugrožava nizvodno područje.

Dolina kroz koju protječe rijeka Sava nastala je taloženjem nanosa rijeke Save. Vodonosnik čine naslage šljunka i pijeska s proslojcima praha i gline, a prihranjuje se oborinama i vodama rijeke Save i pritoka. Podzemne vode čine danas glavni izvor pitke i industrijske vode grada Zagreba. Prvi bunari, koji su većinom van upotrebe, izvedeni su u lijevom zaobalju, čije su vode danas uglavnom zagađene i manje upotrebljive. Danas se grad snabdijeva pretežno u desnom zaobalju, koje je također izloženo zagađenju zbog odlaganja otpada u nekoliko velikih odlagališta. U toku je rad na sanaciji glavnog odlagališta otpada, te na istraživanjima, zaštiti i pripremi novih crpilišta.

3. POTREBE I ZAHTJEVI

Iz dosadašnjeg prikaza proizlaze sa stajališta vodnog gospodarstva tri grupe potreba:

- a) očuvanje kvalitete površinske i podzemne vode
- b) zaštita od velikih voda i
- c) korištenje raspoložive vode (vodno blago).

Moguće je uz primjerena ulaganja i gospodarenje otpadom spriječiti daljnju devastaciju voda i poboljšati stanje podzemnih i površinskih voda, te time očuvati jedan od osnovnih resursa u preživljavanju i razvoju grada. Unatoč sanaciji odlagališta otpada, koje se uskoro mora i zatvoriti, ostaju otvorena pitanja kamo s otpadom u slijedećem razdoblju. Započeto je rješavanje pročišćavanja otpadnih voda, ali ostaje otvoreno pitanje nekontroliranog zagađenja podzemnih voda iz stare vodopropusne kanalizacije.

Zaštita od velikih voda sastoji se iz dva pravca djelovanja – zaštita od brdskih voda Medvednice i zaštita od voda rijeke Save. Rješenje zaštite od brdskih voda je postavljeno i dijelom ostvareno, te se ne očekuju značajnije promjene u dosada usvojenim rješenjima. Zaštita od velikih voda rijeke Save u području grada u osnovi je riješena, no ostaju otvoreni problemi degradacije korita i njenih posljedica. Osim toga, značajan je i problem razvoja i uređenja grada budući da Sava prolazi gradom, ali je grad od nje odjeljen i ne koristi je za život. Problem uređenja grada otvorio je i problem preispitivanja postojećeg rješenja uređenja i korištenja rijeke Save.

Prvenstvena je potreba grada za vodom za piće, komunalne i sanitarne svrhe i industriju. Ta se voda dobiva danas, i planira koristiti u budućnosti, iz podzemnih rezervi, koje treba očuvati kako sa stajališta količine tako i sa stajališta kvalitete. Druga grupa korištenja obuhvaća površinske vode, koje se mogu koristiti uz podzemne vode za podmirenje komunalnih i industrijskih potreba, za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta u cilju povećanja sigurnosti i količine proizvedene hrane, za proizvodnju električne energije, za turizam, sport i rekreaciju, te za prijem pročišćenih otpadnih voda. Osnovni resurs u zadovoljavanju navedenih potreba je rijeka Sava, te je potrebno cjelovito i sveobuhvatno pristupiti rješavanju uređenja i korištenja rijeke Save u području grada Zagreba. Kao

jedan od značajnih zahtjeva je i stvaranje uvjeta za daljnji razvoj grada i potreba grada za organiziranjem života na i uz rijeku Savu.

4. POSTAVA MOGUĆIH RJEŠENJA

Rješenje obrane od velikih voda rijeke Save, uz mjere zaštite i korištenja voda čini okosnicu vodoprivrednog rješenja i usmjerava razvoj grada. Kroz kratak pregled mogućnosti zaštite od velikih voda Save, razmatra se hidrotehnička osnova za daljnji razvoj grada.

Uzvodno od grada nije moguće osigurati sploštenje vodnog vala velikih voda te se treba računati s procijenjenih 4780 m³/s, kao količinom koja ulazi u Hrvatsku i dolazi do grada Zagreba. Općenito su, polazeći od postojećeg stanja, osnovne mogućnosti slijedeće:

- Promijeniti odnose protoka koji se propuštaju kanalom i koritom rijeke kroz grad. Propuštanje kroz grad količine vode do kapaciteta glavnog korita, a preostalih voda odteretnim kanalom omogućilo bi ukidanje nasipa kroz grad. Za ovakvo rješenje potrebna je rekonstrukcija cijelog odteretnog kanala i revizija cijelog rješenja projekta obrane od poplava. Potreban protočni kapacitet kanala može se ostvariti njegovim širenjem, koje je obzirom na već dijelom izgrađeni prostor osjetljivo, te je ova varijanta odbačena. Produbljenje kanala, obzirom na podzemne vode, moguće je do povećanja njegovog kapaciteta od cca 2500 m³/s. Ocijenjeno je da bi se ovim povećanjem kapaciteta odteretnog kanala omogućilo zadržavanje istog stupnja zaštite od poplava grada Zagreba usljed povećanja vodnih valova nakon izgradnje lanca hidroelektrana u Sloveniji i zaštite od poplava područja od slovenske granice do Podsuseda te je takvo rješenje uzeto u svim razmatranim slučajevima.
- zadržati današnju koncepciju (kroz grad 3270 m³/s i odteretnim kanalom 1510 m³/s) i

Obzirom na postavljene ciljeve, uočene uvjete i ograničenja, te potrebe i očekivanja (a posebno u svezi urbanističko-arhitektonskog rješenja uklapanja Save u uže središte Grada Zagreba), te s obzirom na dosadašnje pristupe hidrotehničkog rješenja Save, postavlja se pitanje nalaženja najpovoljnijeg hidrotehničkog rješenja koje bi na cjelovit i sveobuhvatan način ispunilo postavljene zahtjeve.

Obzirom na kompleksnost hidrotehničkog sustava, veliki opseg dosadašnjih analiza i razmatranja ovog sustava, izvedenost planiranog sustava i zastupljenost u natječajnim radovima provedenog urbanističko arhitektonskog natječaja nameću se dvije osnovne koncepcije hidrotehničkog rješenja, s podvarijantama u pogledu pojedinih rješenja. To su:

- var 1. zadržavanje postojećeg stanja uz radove za stabilizaciju korita, provedbu sanacije vodonosnika i rješenje vodozahvata za vodoopskrbu uz potreban dovod vode iz drugih slivova, izgradnjom mostova za povezivanje zaobalja, izgradnju alternativnih energetskih izvora te osiguranje pouzdane obrane od poplava izgradnjom praga sa zapornicom na lokaciji Prečko i zaštitu od poplava poteza od granice s R.Slovenijom do Krapine
- var 2. rješenje kojim je predviđena izgradnja bazena Podsused, Prečko i Drenje s hidroenergetskim korištenjem Save, provedba sanacije vodonosnika i rješenje vodozahvata za vodoopskrbu te pet pragova sa zapornicama na užem području toka kroz Zagreb odnosno umjesto rješenja s pragovima izgradnja bazena i hidroelektane Zagreb.

Na potezu kroz uže područje Grada u duljini od 11 km sučeljavaju se hidrotehnička rješenja sa željama i potrebama razvoja i pristupa Grada rijeci. Za ovaj potez postavlja se pitanje:

- a) zadržavanja inundacija i trase nasipa nepromijenjenim
- b) povećanje protjecajnog profila glavnog korita približavanjem nasipa koritu što omogućava približavanje grada rijeci

5. PRISTUP IZBORU RJEŠENJA

U današnjim je uvjetima jedino općepriznato mjerilo za usklađivanje interesa (zbog pozitivnih i negativnih utjecaja izgradnje sustava na korisnike prostora i sustava) novac, budući se potencijalni investitori prema investiciji jedino mogu odrediti ako imaju novčano iskazane pokazatelje isplativosti zahvata, a također se jedino pravednom novčanom naknadom sadašnji "zakinuti" korisnici prostora mogu privoljeti na podršku izgradnji sustava. Također, jedino se novčanim vrednovanjem može odrediti učešće (participacija) onih korisnika sustava i prostora koji će od novih uvjeta imati koristi, i to prema novčano iskazanim očekivanim koristima. Prema tome novac je razmatran kao jedinstveno mjerilo za određivanje uspješnosti ostvarenja sustava. Sukladno ovako definiranom pristupu moguće je pristupiti sagledavanju vrijednosti sustava kroz sve njegove naprijed pobrojane elemente. Kao prvo potrebno je postaviti pregled svih vrijednosti i odrediti metodu pomoću koje će se odrediti veličina pojedine vrijednosti (metoda novčane valorizacije). Da bi se moglo ustanoviti da li su postavljeni ciljevi ostvareni i u kolikoj mjeri su ostvareni nužno je postaviti sustav vrednovanja. Na osnovu postavljenih ciljeva razrađen je sustav vrijednosti.

Vrijednosti sustava mogu se podijeliti na dvije osnovne skupine. To su:

- upotrebne vrijednosti i
- neupotrebne vrijednosti.

Upotrebne vrijednosti su vrijednosti koje ili direktno ostvaruju korist ili sprečavaju štete ili posredno utječu na ostvarenje koristi ili pak stvaraju uvjete za mogućnost ostvarenja koristi. Upotrebne vrijednosti stoga su podijeljene na :

- direktne vrijednosti,
- indirektne vrijednosti i
- moguće vrijednosti.

Direktne vrijednosti sustava ostvaruje realizacija ciljeva na osnovu kojih sustav direktno ostvaruje prihod, prodajom ili naplatom korištenja. Tako se realizacijom sustava:

- povećava kapacitet vodocrpilišta
- dobiva čista procjedna voda koja se može koristiti za prihranjivanje crpilišta, navodnjavanje u poljoprivredi ili oplemenjivanje voda šljunčara
- proizvodi električna energija
- ostvaruje vodena površina za sport i rekreaciju na vodi
- omogućava korištenje nataloženog šljunka i pijeska iz korita Save
- dobiva zemljište na užem području Grada

Indirektne vrijednosti sustava ne ostvaruju prihod direktno, prodajom ili naplatom korištenja već utječu na aktivnosti koje ostvaruju direktne vrijednosti (koristi) stvarajući bolje preduvjete ili sprečavajući moguće štete. Tako se realizacijom sustava:

- zaštićuje zaobalje od poplava i uređuje njegova odvodnja

- sprečava erozija dna korita Save
- poboljšava prometna povezanost
- povećava sigurnost vodoopskrbnog sustava
- povećava sigurnost elektroopskrbe
- utječe na poboljšanje stanja okoliša
- utječe na povećanje vrijednosti zemljišta
- povećavaju se doprinosi državi kroz povećanje zaposlenosti, koncesije, poreze i naknade

Moguće vrijednosti predstavljaju potencijal koji se može u budućnosti ostvariti kroz direktne ili indirektne vrijednosti. Izgradnja sustava utječe na realizaciju svakog postavljenog cilja i očituje se u promjeni vrijednosti određene vrijednosne grupe (utječe na povećanje ili smanjenje vrijednosti). Moguće vrijednosti očituju se u stvaranju:

- novih uvjeta gospodarskog razvoja
- novih socioekonomskih uvjeta
- novih uvjeta očuvanja i zaštite okoliša
- međudržavne suradnje

Neupotrebnu vrijednost predstavlja vrijednost kulturne i prirodne baštine, u ovom slučaju povrat građana Zagreba i života na Savu te stvaranje uvjeta da se Sava koja sada predstavlja izgublenu baštinu vrati Gradu.

6. PREDLOŽENO RJEŠENJE

Nakon određivanja troškova i koristi (stvorenih vrijednosti), što je provedeno u Prethodnoj studiji izvodljivosti uređenja i korištenja rijeke Save od Republike Slovenije do Rugvice, Elektroprojekt Zagreb koja je u izradi, provedena je usporedba varijanta rješenja te je kao najpovoljnija predložena varijanta koja se temelji na koncepciji danoj u Vodoprivrednoj osnovi grada Zagreba i Izmjenama i dopunama vodoprivredne osnove grada Zagreba, te u pogledu sustava zaštite od štetnog djelovanja voda i na ranije izrađenoj Studiji regulacije i uređenja rijeke Save u Jugoslaviji (1972.) i Rješenju obrane od poplave Srednjeg Posavlja.

Obrambeni nasipi na rijeci Savi i odteretni kanal Odra zadržavaju se, a izgradnjom bazena Prečko i ustave Lučko omogućava se kontroliranje opterećenja Save i smanjenje nepovoljnog utjecaja na području nizvodno od Zagreba. Također je predviđeno da se kanal Odra produbi, te tako poveća njegov kapacitet, čime se omogućava zadržavanje istog stupnja zaštite od poplava grada Zagreba usljed povećanja vodnih valova nakon izgradnje lanca hidroelektrana u Sloveniji i zaštite od poplava područja od slovenske granice do Podsuseda.

Obrana od poplava rijeke Save i odvodnja zaobalja područja između ušća Sutle i Podsuseda sproved će se zajedno s izgradnjom nasipa bazena Podsused.

U sustavu višenamjenskog uređenja i korištenja voda i zemljišta na razmatranom području istaknutu ulogu ima korištenje vodnih snaga jer su najpovoljniji izvor električne energije, u pravilu donose najveće koristi i najviše sudjeluju u realizaciji pothvata. Glavne su prednosti vodnih snaga njihova obnovljivost, najmanje zagađivanje okoliša, dugovječnost, tehnološka jednostavnost, pouzdanost, te raspoloživost. U okviru višenamjenskog korištenja i uređenja rijeke Save izgradit će se 4 stepenice: Podsused s padom od oko 10 m, Prečko s upusnom ustavom u odušni kanal Odra s padom od oko 5

m, Zagreb s padom od oko 4 m i Drenje s padom od oko 8 m. Hidroelektrane koriste hidroenergetski potencijal razmatranog poteza Save i ostvaruju proizvodnju električne energije od 610 GWh uz snagu od 120 MW. Vododrživost nasipa svih bazena ostvaruje se membranama u tijelu nasipa što omogućuje hortikulturno uređenje i vodnog i zračnog pokosa te tako bolje uklapanje u okoliš i potrebe ljudi i životinja da se približe vodi.

Zaštita zaobalja na području HE Zagreb predviđa se izgradnjom membrana od kote krune nasipa do slabopropusnog podinskog sloja vodonosnika što u potpunosti sprečava utjecaj uspora bazena na podizanje razine podzemne vode u užem gradskom području.

Izgradnjom bazena Podsused, Prečko Zagreb i Drenje ostvaruje se i stabilizacija dna korita Save. Izgradnja bazena i sustava zaštite zaobalja omogućava kontroliranu infiltraciju voda u vodonosnik što omogućava razvoj i pouzdani rad vodocrpilišta za vodoopskrbu grada i regije. Također se omogućuje prihranjivanje vodom i revitalizacija obližnjih šljunčara kao i šumskih područja. U okviru izgradnje bazena i vodoopskrbnog sustava predviđeno je provesti sanaciju vodonosnika kako bi se osigurala kvalitetna vodoopskrba i sačuvala mogućnost vodoopskrbe i budućim generacijama. Razvoj vodoopskrbe temelji se isključivo na razvoju postojećih i izgradnji novih vodocrpilišta uz Savu, dok se vodocrpilišta u zaobalju predviđa ukinuti.

U sklopu brana i strojnica HE Podsused, HE Prečko, HE Zagreb i HE Drenje predviđeni su mostovi za nesmetano odvijanje prometa te se tako osigurava prometna povezanost koja je i predviđena u prometnim rješenjima Prostornih planova Grada Zagreba i Županije. Predviđeni objekti su uklopljeni u arhitektonskom i urbanističkom pogledu u okoliš i ne narušavaju prirodnu sredinu i gradsku vizuru.

Također je dobiveno da je moguće i gospodarski povoljno smanjiti inundacije uz proširenje korita Save na užem području Grada. Maksimalno moguće suženje inundacijskog prostora, odnosno smanjenje razmaka nasipa na potezu od početka odteretnog kanala (Jankomir) do repa bazena HE Drenje (Jakuševac) u slučaju proširenja korita Save daje oko 170 ha zemljišta koje bi se moglo koristiti za potrebe razvoja grada u prometnom, parkovnom, sportsko-rekreativnom, stambenom i drugim pogledima.

7. UVJETI ZA OSTVARENJE RJEŠENJA

Sustav uređenja, upravljanja, korištenja i zaštite voda na području savskog aluvija od granice sa Slovenijom do Siska, pa i nizvodno, nije dovršen i postoji dugogodišnji zastoj u njegovoj realizaciji. Zbog toga izostaju mnoge moguće neposredne i posredne koristi kako za građane grada Zagreba tako i za cijelu Hrvatsku i njeno gospodarstvo. Uz to, uređenje grada potiče revalorizaciju rješenja Save i područja oko Save, prvenstveno sa stajališta korištenja rijeke Save kao spona dva dijela grada Zagreba. Uz revalorizaciju rješenja potrebno je osigurati uvjete za nastavak i dovršenje realizacije cijelog sustava gospodarenja vodama na promatranom području. Osnovni razlozi što se projekt cjelovitog gospodarenja vodama na promatranom području dalje nije razvijao su slijedeći:

- izostanak sagledavanja utjecaja zamišljenog sustava na ukupne prostorne vrijednosti i gospodarske planove razvoja promatranog područja,
- izostanak konačne odluke o uređenju i načinu korištenja rijeke Save neposredno u samom gradu,
- izostanak utvrđivanja raspodjele troškova i koristi između različitih korisnika prostora i budućeg sustava, sagledavanja dinamike ulaganja, te sagledavanje dinamike i pouzdanosti postizanja očekivanih neposrednih i posrednih koristi.

Stupanj uspješnosti ostvarivanja rješenja ovisi o razini ostvarivanja pojedinačnih interesa svih postojećih i potencijalnih (budućih, planiranih) korisnika razmatranog prostora.

Izgradnja sustava kao što je uređenje i korištenje razmatranog poteza rijeke Save i zaobalja predstavlja infrastrukturni projekt. Potrebno je istaći da sve vode u Hrvatskoj, što je slučaj i u većini zemalja svijeta, predstavljaju nacionalni resurs i u državnom su vlasništvu, te njima može upravljati samo državna vlast. Sadašnji trend u svijetu je smanjenje utjecaja države u osiguravanju osnovnih infrastrukturnih usluga i ulazak privatnog kapitala u financiranje javnog sektora. Kao posljedica tog trenda dolazi do bitnog smanjenja investiranja u pojedine sektore ili njihove djelove kao npr. u hidroenergetiku što je uzrokovalo da se danas u svijetu na svakih 40 MW termoelektrana gradi 1 MW hidroelektrana.

Navedene uzroke ne može riješiti privatni sektor, nego će u takvim uvjetima privatni novac za financiranje naći povoljnija mjesta za ulaganje. Da bi se našao put ulaska privatnog kapitala u javni sektor potrebno je da država ispita način i stvori uvjete za privlačenje kapitala potrebnog za realizaciju ovakvih projekata. Potrebno je:

I) izraditi i usvojiti specifičnu zakonsku regulativu

Za svaki od ovakvih projekata treba imati poseban pristup. Tako je npr. Republika Slovenija donijela poseban zakon o uvjetima koncesije za iskorištenje energetskog potencijala Donje Save kojim su propisani koncesionarski uvjeti i u pogledu uređenja i izgradnje državne i lokalne infrastrukture. Ovim zakonom također je utvrđeno i financiranje uređenja i izgradnje državne i lokalne infrastrukture.

II) provesti sve prethodne aktivnosti prije uvođenja privatnog sektora u izgradnju

Da bi se stvorili uvjeti za ulaz privatnog sektora u određeni projekt javnog značaja potrebno je da bude adekvatno pripremljen od strane javnog sektora koji treba organizirati pripremu izgradnje (rješavanje imovinskih odnosa, provedba nužnih istraživanja, priprema javnosti radi prihvaćanja projekta, priprema projektne dokumentacije i dozvola za gradnju) sve do razine raspisivanja natječaja za koncesiju, te mora osigurati ugovorne uvjete za dugoročni otkup proizvoda po garantiranim cijenama

8. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Provedene analize (lit.4) pokazuju, obzirom na ostvarivanje ciljeva i predviđena rješenja, da predloženi sustav:

- osigurava održivi razvoj i predstavlja značajno civilizacijsko dostignuće
- predstavlja u tehničkom pogledu ostvarivo i suvremeno rješenje
- predstavlja s gospodarskog stanovišta opravdani pothvat
- predstavlja rješenje sukladano Strategiji i Programu prostornog uređenja Republike Hrvatske, Prostornim planovima Grada Zagreba i Zagrebačke županije, Vodoprivrednoj osnovi Grada Zagreba te Strategiji energetskog razvitka Republike Hrvatske
- podstiče svekoliki razvoj i blagostanje do sada zapuštenih prostora zaobalja rijeke Save

Neposredne interese za izgradnju sustava, obzirom na ciljeve koji se ostvaruju njegovom izgradnjom, imaju Zagrebačka županija, Grad Zagreb i Republika Hrvatska kroz javna i komunalna poduzeća, vodoprivredu i elektroprivredu. Da bi sve zainteresirane strane realizirale svoje ciljeve, sve aktivnosti potrebne za ostvarenje ovog sustava trebale bi se

odvijati pod vodstvom jedinstvene uprave, odnosno stručnog tima, kojeg čine predstavnici svih zainteresiranih subjekata i koji bi za svoj rad bili odgovorni nadležnoj instituciji državne uprave koja je donijela odluku o izgradnji.

Parcijalno, necjelovito rješavanje problema dovodi do loših rješenja, te se ponekad dobivaju rezultati lošiji od polaznog stanja. Različiti interesi posebno ako nisu sagledani sa stajališta cjelovitog razvoja grada usporavaju ili onemogućavaju sagledavanje rješenja a ponekad i njihovu realizaciju. Predloženi sustav treba izgraditi u punom opsegu, ne zakidajući pojedina rješenja na račun veće trenutne probitačnosti pojedinih namjena, jer jedino takav postaje dio okoliša i oplemenjuje ga. Njegovom izgradnjom omogućava se povratak građana Zagreba i života na Savu te se Sava koja sada predstavlja izgublenu baštinu vraća Gradu. Kao što je i Jarun postao nešto čega bi se Zagreb i njegovi stanovnici teško odrekli tako će i ovaj sustav, izveden u potpunosti, saživiti sa ovim područjem i njegovim stanovništvom.

Izgradnja predloženog sustava, kao dijela uređenja i korištenja voda i zemljišta sliva Save, bitna je radi održivog razvoja Hrvatske i pokazivanja primjera suvremenog odnosa Hrvatske prema razvoju te predstavlja doprinos ulazu Hrvatske u Europsku zajednicu.

LITERATURA

1. Ž.Pavlin, Đ.Hatić, Mogućnosti izgradnje hidroelektrana u novim uvjetima, Hydroelectric Power Plants – Regenerative Energy for Today and Tomorrow, 1th International Conference, Šibenik, 2001.
2. Vodoprivredna osnova grada Zagreba, Elektroprojekt Zagreb, 1981.-1983.
3. Vodoprivredna osnova grada Zagreba, Izmjene i dopune, Zagreb, 1992.
4. Prethodna studija izvodljivosti uređenja i korištenja rijeke Save od Republike Slovenije do Rugvice, Elektroprojekt Zagreb – u izradi

Autori:

Ž. Pavlin, dipl.ing., Elektroprojekt d.d., Alexandera von Humboldta 4., 10000 Zagreb
prof. dr.sci. B. Beraković, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Kačićeva 26,
10000 Zagreb

Z. Mahmutović, dipl.ing., Elektroprojekt d.d., Alexandera von Humboldta 4., 10000 Zagreb



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.22.

Analiza poplavljanja grada Otočca upotrebom matematičkog modela

Josip Petraš, Luka Sopta, Senka Vuković, Danko Holjević, Ivica Plišić

SAŽETAK: Grad Otočac smjestio se u zatvorenoj kraškoj dolini rijeke Gacke u priobalnoj regiji Lici. Dolina rijeke Gacke (450 m.n.m.) je masivom planine Velebit (1000-1700 m.n.m.) odvojena od Jadranskog mora. Tijekom povjesti grad Otočac višestruko je izložen poplavljanju, te su prvi vodnogospodarski radovi u smislu prevencije i zaštite od poplava izvedeni još u 19 stoljeću. Početkom šezdesetih godina dvadesetog stoljeća sagrađen je Hidroenergetski sustav HE Senj kojim su vode iz Gacke doline i susjednog kraškog polja (Ličko polje), usmjeravaju prema hidroelektrarni na samoj morskoj obali (Senj). Unutar sustava, sa osnovnom svrhom proizvodnje električne energije, zahvaćene su vode rijeka Like i Gacke, sa svojim većim i manjim pritocima. Okosnicu sustava čini akumulacija Kruščica (zapremine 142 milijuna m³ vode), tri hidrotehnička tunela (propusne moći od 49 do 60 m³/sek) i kompenzacijski bazen Gusić polje (zapremine 1,5 milijuna m³ vode). Izgradnjom hidroenergetskog sustava izmijenili su se uvjeti propagacije poplavnih valova na pojedinim dijelovima prirodnog hidrografskog sustava, te je došlo do promjene prirodnog vodnog (hidrološkog) režima rijeka Like i Gacke.

U radu se analiziraju mogući scenariji poplavljanja područja grada Otočca u ovisnosti o veličini poplavnih voda rijeka Like i Gacke, i u ovisnosti o mogućim upravljačkim manipulacijama na objektima HE Senj. Za provedbu dinamičke analize raznih (mogućih) scenarija poplavljanja grada Otočca, kao i za iznalaženje optimalnog upravljanja s hidroenergetskim sustavom u vrijeme pojavljivanja velikih (poplavnih) voda, izrađen je matematički model propagacije poplavnih valova. Osim toga matematički je modelirano i tečenje malih voda u prirodnim koritima i artificijelnim dijelovima hidroenergetskog sustava, te su provedene ekološke analize vezane za biološke minimume u vodotocima. Te su analize provedene u svrhu rješavanja problema revitalizacije nekih područja, koja su izgradnjom hidroenergetskog sustava ostala bez vode.

KLJUČNE RIJEČI: scenariji poplavljanja, hidroenergetski sustav, matematički model, propagacija poplavnih voda, biološki minimum, ekologija, revitalizacija

Flooding Analysis for the City of Otočac With the Aid of Mathematical Modeling

SUMMARY: The city of Otočac is situated in a closed karst valley of the river Gacka in the coastal region of Lika. The river basin of Gacka (450 m a.s.l.) is separated from the Adriatic Sea by Mt. Velebit (1000-1700 m a.s.l.). Through its history the city of Otočac has many times been exposed to flooding, therefore the first water management works in the sense of flood prevention and control were carried out already in the 19th century. In early sixties of the 20th century, the Senj Hydroelectric Power System was built and with that system waters from the Gacka valley

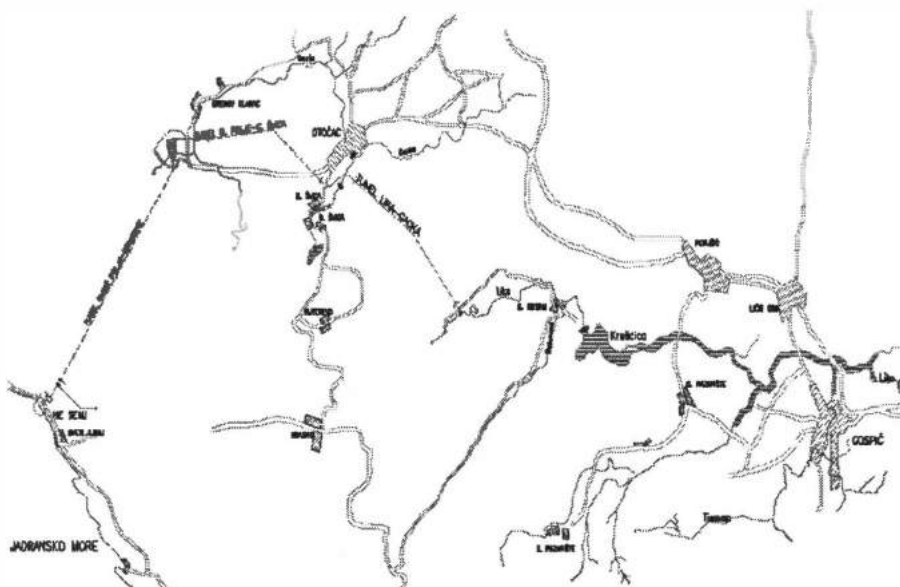
and from the nearby Ličko Polje karst field are directed towards the power plant situated on the coast (city of Senj). The main purpose of this system is production of electric power by harnessing the water of the rivers Gacka and Lika with all their smaller and bigger tributaries. The central part of the system is the Kruščica reservoir (with capacity of 142 million m³ of water), three hydro-technical tunnels (with discharge potential from 49 up to 60 m³/s), and Gusić Polje compensation basin (with capacity of 1.5 million m³ of water). Development of the hydroelectric power system modified the conditions of water wave propagation, thus the natural water (hydrological) regime of rivers Lika and Gacka also changed.

In this paper, possible flooding scenarios for the city Otočac are analyzed in the dependence on the size of flood waves in rivers Lika and Gacka and possible control of the Senj HPP operation. For the purpose of dynamical analysis of different flooding scenarios for the city of Otočac, as well as of finding the optimal control modes for the hydroelectric power system during occurrence of flood water waves, a mathematical model for water wave propagation was developed. Furthermore, flow of smaller water waves in natural watercourses and man-made parts of the hydroelectric power system was also mathematically modeled, and the environmental analysis of the biological minimum in the watercourses carried out. The purpose of this analysis was finding a solution to the problem of revitalization of several areas, which were left dry due the development of the hydroelectric power system.

KEYWORDS: flooding scenarios, hydroelectric power system, mathematical model, water wave propagation, biological minimum, ecology, revitalization

1. UVOD

Unutar tipično krškog Ličkog polja smjestio se grad Otočac sa okolnim naseljima. Svoj položaj može zahvaliti i vodnom bogatstvu rijeke Gacke koja izvire na istočnom dijelu polja, a nekada je ponirala u zoni donjeg Švičkog polja na zapadnom dijelu neposredno ispod masiva Velebita. Izvorište rijeke Gacke sastoji se od stalnih i povremenih vrela koja se prihranjuju iz velikih podzemnih retencija i osiguravaju stalnost protoka u granicama od 2,0 m³/s do oko 100 m³/s, što spada u pojave vrlo velikog povratnog perioda (više od sto godina). Sama izvorišna zona smjestila se na istočnom dijelu Gackog polja, područje naselja Sinac i Ličko Lešće, gdje su najveća vrela: Veliko i malo Tonkovićevo, Majerovo i Pečina. Tok rijeke Gacke od izvorišne zone do područja Vivoza u potpunosti je prirodan te predstavlja primjer rijetke prirodne ljepote. Tijekom povijesti grad Otočac učestalo je bio ugrožen poplavama rijeke Gacka, tako da su prve mjere za zaštitu gradskog prostora poduzete već krajem 19 stoljeća izgradnjom Karlovog kanala odnosno usmjeravanjem vode u smjeru sjevernog kraka rijeke Gacke, odnosno nastavno u zonu susjednog Gusić polja. Izgradnjom hidroenergetskog sustava HE Senj situacija se u mnogome izmijenila, te se u redovnim uvjetima sva voda usmjerava na turbine HE Senj. Početkom 1970. godine, dovrškom izgradnje male pribranske hidroelektrane Sklope, dovršen je hidroenergetski sustav HE Senj u današnjem obliku. Ovim sustavom zahvaćene su vode rijeke Gacke i Like, te su zajedno usmjerene na turbine HE Senj (smještenoj u neposrednoj blizini mora na lokaciji Jurjevo) sa primarnom svrhom proizvodnje električne energije, a postojeća koncepcija sustava uključuje akumulaciju Kruščica, smještenu u srednjem toku rijeke Like sa svrhom izravnjanja bujičnih voda rijeke i energetske iskoristavanjem raspoloživog pada na pribranskoj hidroelektrani, prebacivanje voda rijeke Like hidrotehničkim tunelom u rijeku Gacku i odvođenje voda rijeka Like i Gacke kanalima i hidrotehničkim tunelima prema hidroelektrani Senj. Situacijski prikaz koncepcije sustava i pripadajućih objekata dan je na slici 1.



Slika 1: Situacijski prikaz koncepcije sustava HE Senj i pripadajućih objekata

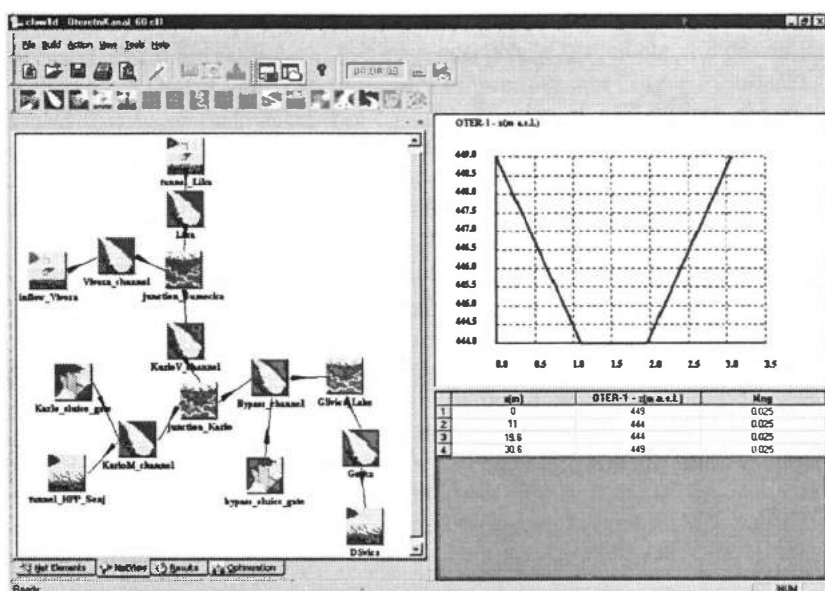
Na navedeni način u potpunosti je promjenjen prirodni vodni režim rijek Gacke i Like. Teoretski je smanjena vjerojatnost pojave poplava na području Grad Otočca, ali je njihova pojavnost sada vezana za rad HE Senj. Zbog neuređenosti, odnosno nedovoljene propusne moće ponornih zona unutar polja kao i pojedinih dijelova kanala (južni i sjeverni krak) u određenim situacijama opasnost od poplava grada Otočca naglo se povećava tj. postaje limitirajući faktor razvoja grada.

Zbog navedenih čimbenika izrađen je matematički model otjecanja rijeke Gacke u zoni od Vivoza do Donjeg Švičkog jezera. On prvenstveno služi za dinamičke analize raznih (mogućih) scenarija poplavljivanja grada Otočca, kao i za iznalaženje optimalnog upravljanja s hidroenergetskim sustavom za vrijeme pojave velikih voda. U slučaju problema poplavljivanja grada Otočca pomoću matematičkog modela sprovedene su simulacije na postojećem stanju vodotoka a zatim i s mogućim zahvatima na promatranom sustavu, posebno u slučaju izgradnje oteretnog kanala od Gornje Švice do Gornjeg Švičkog jezera.

2. MATEMATIČKI MODEL

Računalni program SOPEX CLAW 1D-2D razvijen je u posljednjih 5 godina i danas je *state-of-the-art* softver za 1D simulacije strujanja u otvorenim kanalima i 2D simulacije poplavljivanja. U sebi sadrži najmodernije numeričke sheme [1, 3, 4, 7, 13, 14, 15, 16], testiran je na svim relevantnim akademskim test-primjerima i primjenjen na nizu studija za realne vodotoke [6, 8, 9, 10, 11, 12].

U tom programu moguće je simulirati propagaciju vodnih valova sustavom kanala i prirodnih vodotoka međusobno povezanih čvorištima, jezerima, preljevima, branama i sl. Tako je taj program uspješno upotrijebljen i za razvoj matematičkog modela otjecanja rijeke Gacke u zoni od Vivoza do Donjeg Švičkog jezera i za simulacije otjecanja u slučaju izgradnje planiranog oteretnog kanala (slika 2).



Slika 2: Matematički model otjecanja rijeke Gacke u području od Vivoza do Donjeg Švičkog jezera s planiranim oteretnim kanalom u programu SOPEX CLAW 1D-2D

U programu SOPEX CLAW 1D-2D strujanje u svim otvorenim kanalima i vodotocima modelira se pomoću jednodimenzionalnih St. Venantovih jednažbi:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q, \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} + gI_1 \right) = gI_2 + gA(S_0 - S_f). \quad (2)$$

U jednažbama (1)-(2) je I_1 član koji se odnosi na sile uslijed hidrostatskog tlaka, I_2 član koji je određen silama uzrokovanim suženjima i proširenjima u vodotoku, S_0 nagib dna vodotoka, te S_f član kojim se modeliraju trenja, A površina omočenog presjeka, q bočni protok po jedinici duljine, x prostorna koordinata (duž osi kanala), $x \in (0, L)$, L duljina otvorenog vodotoka, te g ubrzanje sile teže.

Čvorišta i Gornje Švičko jezero modelirana su kao akumulacije vode. Također su zadani i svi preljevi koji se u programu računaju pomoću izraza:

$$Q = \begin{cases} C_w L_w k_s (H_u - z_w)^{3/2}, & \text{ako je } H_u \geq z_w, H_u \geq H_d \\ -C_w L_w k_s (H_d - z_w)^{3/2}, & \text{ako je } H_d \geq z_w, H_d \geq H_u \\ 0 & \text{ako je } z_w \geq H_u, z_w \geq H_d \end{cases} \quad (3)$$

$$k_s = \begin{cases} 1 - 27,8 \left(\frac{H_d - z_w}{H_u - z_w} - 0,67 \right)^3, & \text{ako je } H_u \geq z_w, H_u \geq H_d \\ 1 - 27,8 \left(\frac{H_u - z_w}{H_d - z_w} - 0,67 \right)^3, & \text{ako je } H_d \geq z_w, H_d \geq H_u, \\ 0 & \text{ako je } z_w \geq H_u, z_w \geq H_d \end{cases} \quad (4)$$

Ovdje je C_w koeficijent oblika krune preljeva, $1,4 \leq C_w \leq 1,9$, L_w širina preljeva okomito na smjer strujanja, z_w visina preljeva, k_s koeficijent uranjanja krune preljeva, H_u razina vode uzvodno od preljeva, te H_d razina vode nizvodno od preljeva.

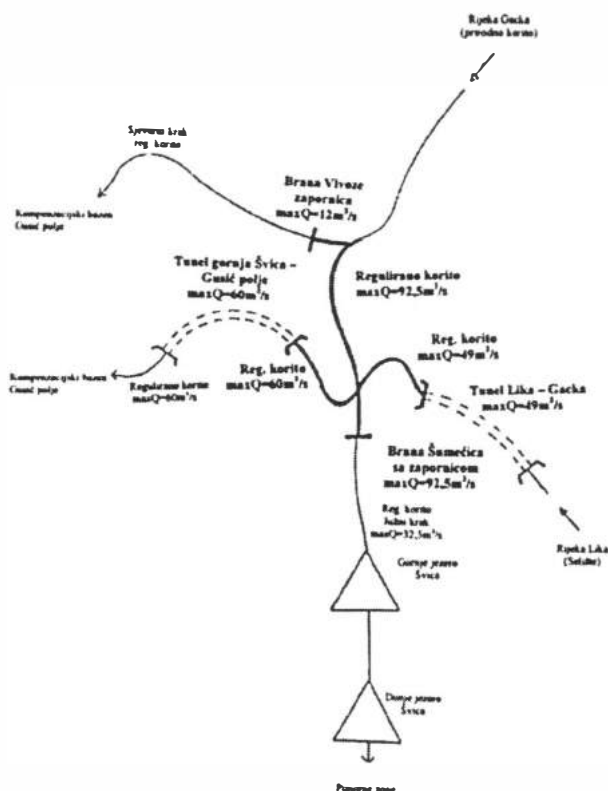
3. SCENARIJI POPLAVLJIVANJA I PROVEDENE SIMULACIJE

Pojava poplava na području grada Otočca vezan je za čitav niz čimbenika i može biti uvjetovana nizom okolnosti. Ključno mjesto za upravljanje velikim vodama je čvorište Šumećica, gdje tunelom dolazi voda rijeke Like, odnosno zapornice na ulazima u sjeverni i južni krak rijeke Gacke. Shema čvorišta Šumećica sa propusnim kapacitetima kanala i tunela dana je na slici 3.

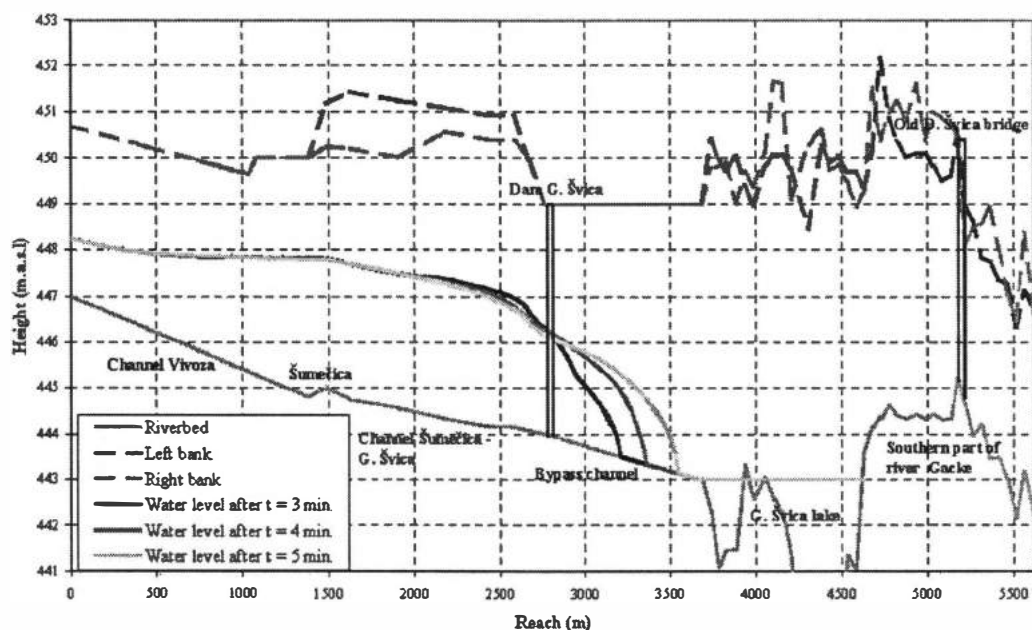
Scenariji pojave poplava na području grada Otočca su slijedeći:

1. Nailazak poplavnog vala rijeke Gacke stogodišnjeg povratnog perioda, koji za profil Šumećica iznosi $Q=92,50 \text{ m}^3/\text{s}$, uz normalni maksimalni rad HE Senj ($60 \text{ m}^3/\text{s}$) i anuliranje voda Like (zatvaranje tunela na brani Selište) izazvao bi poplave zbog nedovoljnog kapaciteta mogućih preljevnih recipijenata: Sjevernog i Južnog kraka Gacke.
2. Prestanak rada HE Senj zbog kvara ili redovitih aktivnosti na održavanju izazivaju pojavu poplava za svaku protoku Gacke veću od maksimalne propusnosti Sjevernog i Južnog kraka zajedno.
3. Pogreške u manipulaciji objektima hidroenergetskog sustava HE Senj također mogu izazvati pojavu poplava na području grada Otočca. Pogreške mogu biti različite:
 - 3.1. Nepravovremeno zatvaranje ili otvaranje pojedinih zapornica ili zasuna (npr. Selište, Vivoze, Šumećica, G.Švica).
 - 3.2. Tehnički kvarovi na pojedinim objektima ili zapornicama, odnosno zasunima.
 - 3.3. Neprilagođeni rad turbina HE Senj, vezan za nemogućnosti daljnje distribucije električne energije (slučajevi pucanja ključnih dalekovoda uslijed nevremena).

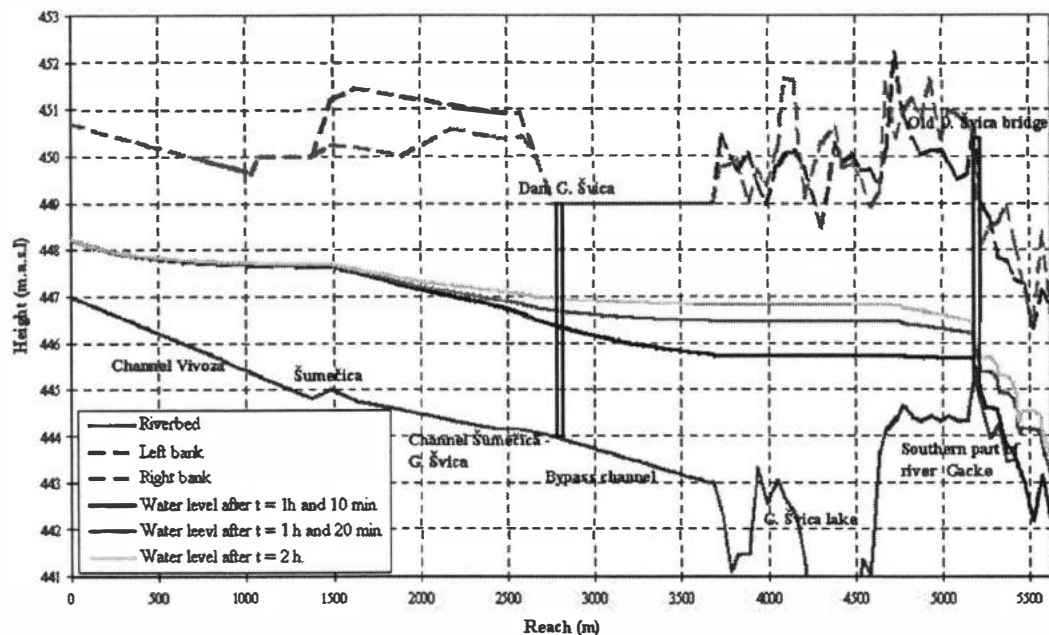
U skladu sa navedenim scenarijima provedene su brojne simulacije i postignuti rezultati su pokazali da bi jedino izgradnja oteretnog kanala koji bi spajao kanal Šumećica – Gornja Švica s Gornjim Švičkim jezerom u potpunosti riješila problem poplava grada Otočca. Pripadni rezultati simulacija prikazani su na slikama 4-7.



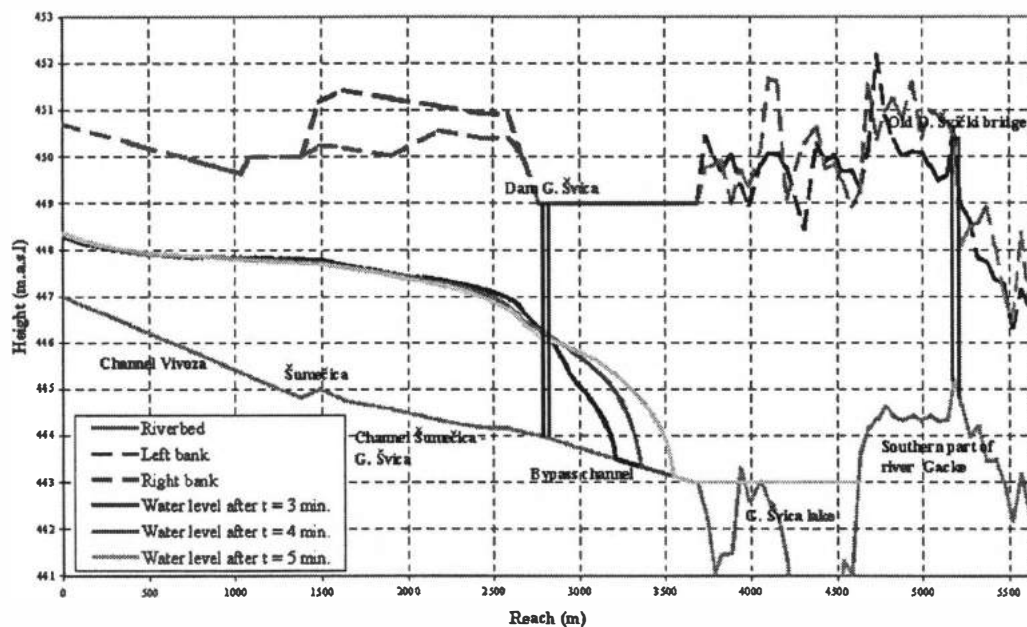
Slika 3: Shema čvorišta Šumečica sa propusnim kapacitetima kanala i tunela



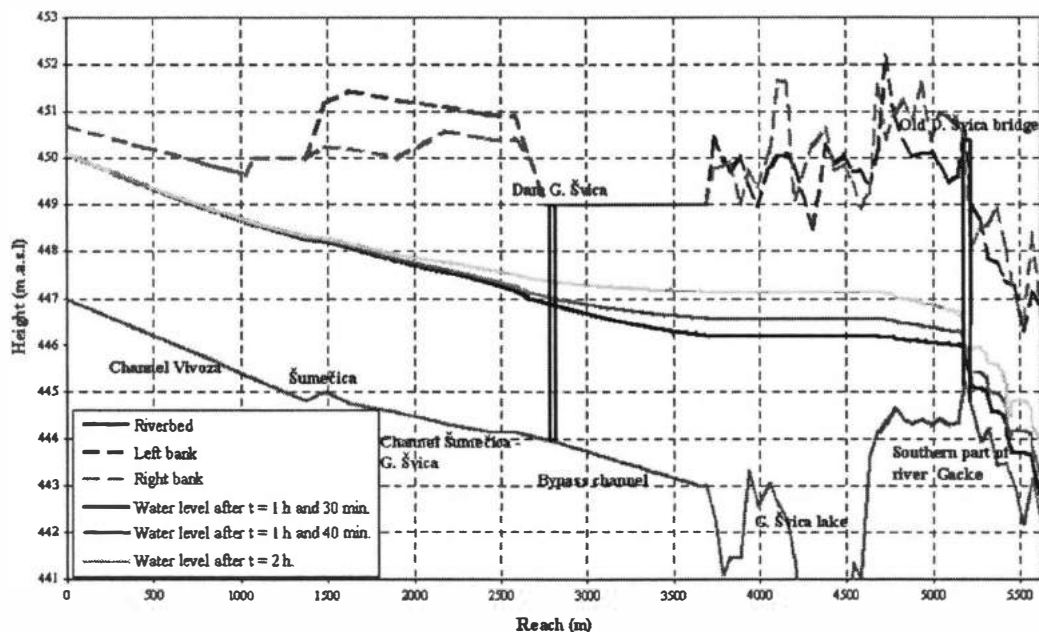
Slika 4: Izračunate razine vode za protok $60\text{ m}^3/\text{s}$, početak propagacije



Slika 5: Izračunate razine vode za protok $60 \text{ m}^3/\text{s}$, kraj propagacije



Slika 6: Izračunate razine vode za protok $92,5 \text{ m}^3/\text{s}$, početak propagacije



Slika 7: Izračunate razine vode za protok $92,5 \text{ m}^3/\text{s}$, kraj propagacije

4. ZAKLJUČAK

U radu su analizirani mogući scenariji poplavljanja područja grada Otočca u ovisnosti o veličini poplavnih voda rijeka Like i Gacke, i u ovisnosti o mogućim upravljačkim manipulacijama na objektima HE Senj. Za provedbu dinamičke analize raznih mogućih scenarija poplavljanja grada Otočca, kao i za iznalaženje optimalnog upravljanja s hidroenergetskim sustavom u vrijeme pojavljivanja velikih poplavnih voda, izrađen je matematički model propagacije poplavnih valova. Uspostavljeni matematički model omogućio je provedbu analize mogućih scenarija poplava područja grada i iznalaženje rješenja za prevenciju poplava. Osim toga matematički je modelirano i tečenje malih voda u prirodnim koritima i artificijelnim dijelovima hidroenergetskog sustava, te su provedene ekološke analize vezane za biološke minimume u vodotocima. Te su analize provedene u svrhu rješavanja problema revitalizacije nekih područja, koja su izgradnjom hidroenergetskog sustava ostala bez vode. Provedene simulacije pokazale su da bi izgradnja oteretnog kanala koji bi spajao kanal Šumećica – Gornja Švica s Gornjim Švičkim jezerom u potpunosti riješila problem poplava grada Otočca.

LITERATURA

1. Fread, D. L., Lewis, J. M. (1999): *NWS FLDWAV Model, Theoretical Description and User Documentation*, Hydrology Research Laboratory, Office of Hydrology, National Weather Service (NWS), 1999, NOAA.
2. García-Navarro, P., Vázquez-Cendón, M. E., (2000): *On numerical treatment of the source terms in the shallow water equations*, Comp.& Fluids 29, 2000, pp. 951-979.

3. Garcia-Navarro, P., Priestly, A., Alcrudo, F. (1994): *An Implicit Method for Water Flow Modeling in Channel and Pipes*, Jour. of Hydraulic Res.1994, Vol. 32, No.5.
4. Hubbard, M. E. and Garcia-Navarro, P., (2000): *Flux difference splitting and the balancing of source terms and flux gradients*, Journal of Computational Physics 165, 89, 2000, doi:10.1006/jcph.2000.6603.
5. Paquier, A. (1998): *1-D and 2-D Models for Simulating Dam-Break Waves and Natural Floods*, 1st CADAM Meeting, 1998, Walingford, UK.
6. Sopta, L. i suradnici, (1999): *Simulacije propagacije vodnih valova južnim krakom rijeke Gacke od ustave Šumečica do Donjeg Švičkog jezera*, Sopex d.o.o., Rijeka
7. Sopta, L., Crnjaric-Zic, N., Vukovic, S., (2002): *Numerical approximations of the sediment transport equations*, Proc. of the Conf. on Applied Mathematics and Scientific Computing, pp. 267-280, (ed. Drmac, Hari, Sopta, Tutek, Veselic), Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002
8. Sopta, L., Vuković, S., Buntić, I., Družeta, S., Pintar, S., Škifić, J., (2000): *Idejni projekt oteretnog kanala Gornja Švica – Gornje Švičko jezero*, Sopex d.o.o., Rijeka
9. Sopta, L., Vuković, S., Družeta, S., Pintar, S. Škifić, J., (2002): *Matematički model rijeke Rječine od izvora do Tvornice papira*, Sopex d.o.o. i Građ. fakultet, Rijeka
10. Sopta, L., Vuković, S., Holjević, D., (2000): *Računalni modeli propagacije poplavnih valova na Gackoj i Rječini*, Simpozij, Neum
11. Sopta, L., Vuković, S. Kranjčević, L., (2000): *Matematički model poplavljanja donjeg toka Rječine*, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka
12. Sopta, L., Vuković, S., Kranjčević, L., Petraš, J., Holjević, D., Plišić, I., (2001): *A CFD approach to flood forecasting in the case of the river Rječina, Croatia*, Proceedings XXIX IAHR Congress, Beijing, China, September 17-21
13. Vázquez-Cendón, M. E., (1999): *Improved treatment of source terms in upwind schemes for the shallow water equations in channels with irregular geometry*, Journal of Computational Physics 148, 499, 1999, doi: 10.1006/jcph.1998.6127.
14. Vukovic, S., Sopta, L., (2002): *ENO and WENO schemes with the exact conservation property for one-dimensional shallow water equations*, Journal of Computational Physics 179, 1-29, 2002, doi: 10.1006/jcph.2002.7076.
15. Vukovic, S., Sopta, L., (2002): *High-order ENO and WENO schemes with flux gradient and source term balancing*, Proc. Of the Conf. On Applied Mathematics and Scientific Computing, pp. 325-338, (ed. Drmac, Hari, Sopta, Tutek, Veselic), Kluwer Academic Publishers, Boston
16. Vukovic, S., Sopta, L., (2003): *Upwind schemes with exact conservation property for one-dimensional open channel flow equations*, SIAM Journal for Scientific Computing, accepted for publication

Autori:

red. prof.dr. sc. Josip Petraš, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Kačićeva 26, Zagreb, tel: 014828054, fax: 014561260,
e-mail: jpetras@master.grad.hr

red. prof. dr. sc. Luka Sopta, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci,
Vukovarska 58, Rijeka, tel: 051651493, fax: 051651490,
e-mail: luka.sopta@riteh.hr

izv. prof. dr. sc. Senka Vuković, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci,
Vukovarska 58, Rijeka, tel: 051651497, fax: 051651490,
e-mail: senka.vukovic@riteh.hr

mr. sc. Danko Holjević, dipl. ing. građ., Hrvatske vode, VGO - Rijeka,
Đ. Šporera 3, Rijeka, tel: 051666400, fax: 051336947,
e-mail: dholjev@voda.hr

mr. sc. Ivica Plišić, dipl. ing. građ., Hrvatske vode, VGO - Rijeka,
Đ. Šporera 3, Rijeka, tel: 051666400, fax: 051336947,
e-mail: iplisic@voda.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.23.

Kvaliteta vode rijeke Sitnice

Mujë Rugova, Selim Jusufi, Azem Lajçi, Tahir Arbneshi

SAŽETAK: Zaštita voda od zagađivanja i gospodarenje vodama imaju strateško značenje za razvoj Kosova. Cilj ovog rada bio je istraživati kvalitetu vode rijeke Sitnice, te identificirati potencijalne zagađivače u slivnom području. U tu svrhu odabrane su četiri lokacije za uzorkovanje vode: Fushë Kosova (A_1), Kastriot (A_2), Pestova (A_3) i Mitrovica (A_4). Rijeka Sitnica nalazi se u okruženju poljoprivrednih površina, naselja bez riješene odvodnje otpadnih voda, te nizvodno od značajnih industrijskih pogona. Kvaliteta vode rijeke Sitnice ocjenjena je u odnosu na niz odabranih parametara kvalitete vode (pH-vrijednost, električna vodljivost, otopljeni kisik, KPK, BPK₅, teški metali, ukupni fosfor, fenoli, amonijak, nitrati, nitriti). Rezultati određivanja kemijskih pokazatelja u uzorcima vode ukazuju na ugroženost kvalitete vode rijeke Sitnice. Dobivene vrijednosti značajno se razlikuju od rezultata istraživanja ranijih godina. Takvome stanju u znatnoj mjeri doprinose otpadne vode kosovskih termoelektrana i otpadne vode iz sustava javne odvodnje, koje se neposredno uljevaju u vodotok rijeke Sitnice bez ikakve predobrade.

KLJUČNE RIJEČI: Rijeka Sitnica, kvaliteta vode, pokazatelji kvalitete vode, zagađivači, otpadne vode.

Water Quality of the Sitnica River

SUMMARY: Protection of water against contamination and water resources management have a strategic role in development of Kosovo. The aim of this work was to investigate water quality of the Sitnica River, and to identify potential polluters in the catchment area. For that purpose, four locations were selected for the water sampling: Fushë Kosova (A_1), Kastriot (A_2), Pestova (A_3) and Mitrovica (A_4). The Sitnica River is surrounded by agricultural land and settlements with unresolved wastewater discharge positioned downstream from significant industrial plants. The water quality of the Sitnica River has been evaluated using selected water quality parameters (pH value, electrical conductivity, DO, COD, BOD₅, heavy metals, total phosphors, phenols, ammonium, nitrates and nitrites). The results of chemistry testing indicate that the water quality of the Sitnica River is endangered. The present data are significantly different from the data obtained in earlier years.

These results are significantly influenced by the waste waters of Kosovo power plants and waste waters from the system of public drainage, which are directly discharged in the water current of the Sitnica River without any pretreatment.

KEYWORDS: the Sitnica River, water quality, indicators of water quality, polluters, waste waters

UVOD

Rijeka Sitnica izvire u selu Sazlija kod Ferizaja i potječe kroz brojna naseljena mjesta, pri čemu se u nju uljevanju otpadne vode, a u svom donjem toku ulazi u područje grada Kastriota gdje se nalaze Kosovske termoelektrane. Sitnica se odlikuje blagim nivalnim

hidrološkim režimom sa srednjim protokom od $0.8 \text{ m}^3/\text{sec}$. Povijest pokazuje da je uz rijeku Sitnicu vezan nastanak i razvoj mnogih naselja, te da je ona značajan faktor razvitka za ta područja. Do nedavno je ona predstavljala izvor vode za različite namjene (ribolov, rekreaciju, navodnjavanje). U zadnje vrijeme rijeka Sitnica postala je prirodni prijamnik mnogih otpadnih voda kao što su otpadne vode Kosovskih termoelektrana, otpadne vode gradova kroz koje ona prolazi, kao i drugih manjih naselja smještenih u njezivoj slivu, a koja uglavnom nemaju riješeno čišćenje otpadnih voda. U rijeku Sitnicu se ulijevaju i mnogi pritoci, koji također služe kao prijarnici komunalnih i industrijskih otpadnih voda gradova smještenih uz njihove tokove. Osim toga, na svom putu rijeka Sitnica i njeni pritoci prihvaćaju i veće količine spirnih i procjednih voda s poljoprivrednih površina.

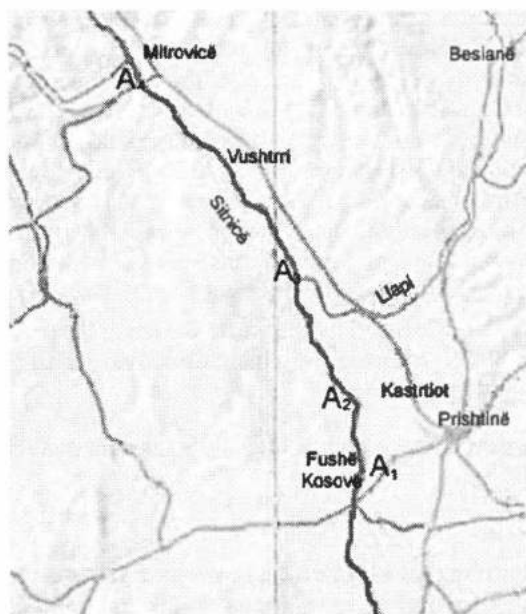
Prema podacima o kvaliteti vode rijeke Sitnice u razdoblju od 1985. do 1991. godine dio vodotoka rijeke Sitnice (Kastriot i okolna naselja) karakterizirala je visoka koncentracija teških metala (Pb, Cd, Cu, Zn), organske tvari i hranjivih soli. Takvome stanju u znatnoj mjeri doprinose otpadne vode Kosovskih termoelektrana [4, 5].

Elektroprivreda, kao primarna grana u razvoju Kosova, svojom djelatnošću, počevši od eksploatacije prirodnih resursa (ugljena) do proizvodnje, prijenosa i distribucije energije, u znatnoj mjeri utječe na stanje okoliša, a time i na stanje vode rijeke Sitnice.

Planiranje i formiranje optimalnih mreža i programa ispitivanja kvalitete vodenih resursa s aspekta ekonomičnosti, funkcionalnosti i najava akcidentalnih i havarijskih zagađenja i stanja vodotoka nameću se kao prioritetni zadaci imajući u vidu novi status voda.

MATERIJAL I METODE

Da bi se odredila kvaliteta vode rijeke Sitnice izvršene su kemijske analize uzoraka vode sa četiri postaje. Mjerne postaje izabrane su na taj način da budu nizvodno 500 – 1000 m od izvora zagađenja (slika 1). Uzorkovanje je provedeno na slijedećim postajama: Fushë Kosova A_1 , nakon uljevanja otpadnih voda grada Priština u vodotok rijeke Sitnice, Kastriot A_2 , nakon



Slika 1. Shematski prikaz toka rijeke Sitnice i mjesta uzorkovanja vode

uljevanja otpadnih voda Kosovskih termoelektroana u vodotok Sitnice; Pestovo A₃, nakon spajanja Sitnice sa riječicom Lap i Mitrovica A₄, prije spajanja rijeke Sitnice s rijekom Ibar. Uzorci vode za laboratorijske analize uzimani su i konzervirani na način propisan Pravilnikom o ispravnosti vode [2]. Pri tome je u uzorcima vode odmah određena električna vodljivost, pH-vrijednost i otopljeni kisik. Osim toga standardnim metodama [1] u uzorcima vode određeni slijedeći pokazatelji kvalitete vode: pH- vrijednost, električna vodljivost, KPK, BPK₅, teški metali (Pb, Cd, Cu, Zn), ukupni fosfor, fenoli, amonijak, nitrati, nitriti.

REZULTATI I RASPRAVA

U radu je dana ocjena kvalitete vode rijeke Sitnice za četiri nizvodne mjerne postaje. Na mjernim postajama: Fushë Kosova (A₁), Kastriot (A₂), Pestova (A₃) i Mitrovica (A₄) prati se kvaliteta vode na temelju dvanestomjesečnih ispitivanja pokazatelja kvalitete vode. Ocjena je dana obzirom na niz odabranih pokazatelja kvalitete vode u skladu sa Uredbom Europske Unije o klasifikaciji voda [3]. Zaštita voda od zagađivanja na Kosovu kao i cijela problematika oko rješavanja problema zaštita voda još nije regulirana zakonom. U skladu s Direktivom Europske Unije o klasifikacijama voda, površinske vode su prema njihovoj namjeni i stupnju čistoće raspoređene u pet vrsta (tablica 1).

Tablica 1. Granične vrijednosti odabranih pokazatelja kvaliteta vode za pojedine vrste površinskih voda prema Uredbi Europske Unije o klasifikaciji [3].

N°	Pokazatelj	I. vrsta	II. vrsta	III. vrsta	IV. vrsta	V. vrsta
1.	PH-vrijednost	8.5 – 6.5	6.5 – 6.3 8.5 – 9.0	6.3 – 6.0 9.0 – 9.3	6.0 – 5.3 9.3 – 9.5	< 5.3 > 9.5
2.	Električna vodljivost, $\mu\text{S}/\text{cm}$	< 500	500 – 700	700 – 1000	1000 – 2000	> 2000
3.	Otopljeni kisik, $\text{mg}/\text{L O}_2$	> 7	7 – 6	6 – 4	4 – 3	< 3
4.	KPK, $\text{mg}/\text{L O}_2$	< 3	3 – 10	10 – 20	20 – 30	> 30
5.	BPK ₅ , $\text{mg}/\text{L O}_2$	< 3	3 – 5	5 – 9	9 – 15	> 15
6.	Nitrati, mg/L	< 5	5 – 25	25 – 50	50 – 80	> 80
7.	Nitriti, mg/L	< 0.001	0.001 – 0.003	0.003 – 0.10	0.10 – 0.20	> 0.20
8.	Amonijak, mg/L	< 0.1	0.1 – 0.5	0.5 – 2	2 – 8	> 8
9.	Ukupni fosfor, mg/L	< 10	10 – 25	25 – 50	50 – 125	> 125

Poznato je da o prirodnoj kvaliteti vode ovisi mogućnost njenog korištenja kao i potreban stupanj prethodnog čišćenja u svrhu poboljšanja kvalitete, kao i obveze pročišćavanja upotrebljenih voda prije ispuštanja u prirodne recipijente-vodotoke. Procjena mogućnosti primjene vode u različite svrhe kao i način ispuštanja upotrebljenih voda temelji se na kriterijima, odnosno standardima kvalitete vode. Za ocjenu kvalitete vode rijeke Sitnice odabrali smo neke od značajnih pokazatelja kvalitete vode (pH-vrijednost, električna vodljivost, KPK, BPK₅, otopljeni kisik, ukupni fosfor, amonijak, nitrati, nitriti, fenoli, olovo, kadmij, bakar, cink).

Rezultati fizikalno-kemijskih ispitivanja kvalitete vode rijeke Sitnice za uzorke iz četiri navedenih postaja prikazani su u tablici 2. Iako su mjerenja izvršena svkog mjeseca od rujna 2001. godine do kolovoza 2002. godine, radi jednostavnosti, u ovome radu prikazani su samo rezultati za ožujak 2002. godine.

Tablica 2. Kemijski pokazatelji kvaliteta vode rijeke Sitnica

N°	Pokazatelj	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
1.	pH-vrijednost	7.1	8.89	8.03	7.8
2.	Električna vodljivost, $\mu\text{S}/\text{cm}$	1020.82	2280	872	1062
3.	Otopljeni kisik, $\text{mg}/\text{L O}_2$	5.17	3.73	4.49	3.25
4.	KPK, $\text{mg}/\text{L O}_2$	11.38	33.52	26.92	27.18
5.	BPK ₅ , $\text{mg}/\text{L O}_2$	6.26	10.38	7.24	8.59
6.	Nitrati, mg/L	4.00	7.30	3.88	3.05
7.	Nitriti, mg/L	0.17	0.98	0.14	0.12
8.	Amonijak, mg/L	1.75	2.17	1.15	2.12
9.	Ukupni fosfor, mg/L	5.79	8.03	5.94	6.40
10.	Fenoli, mg/L	-	0.63	0.23	0.12
11.	Olovo, mg/L	0.72	0.176	0.74	1.11
12.	Kadmij, mg/L	0.015	0.06	0.02	0.065
13.	Cink, mg/L	0.47	1.80	1.24	2.38
14.	Bakar, mg/L	0.40	0.05	0.015	0.042

Kao što se vidi iz tablice 2 rezultati provedenih istraživanja pokazuju određenu varijabilnost utvrđenih pokazatelja kvalitete vode rijeke Sitnice. Rezultati kemijskih analiza uzoraka vode vodotoka rijeke Sitnice ukazuju na nisku opskrbljenost otopljenim kisikom u vodi. Raspon koncentracije ovog značajnog pokazatelja kvalitete je između 3.25 mg/L i 5.17 mg/L . Istovremeno koncentracija organske tvari, izražena pomoću kemijske potrošnje kisika i biološke potrošnje kisika nakon pet dana, u vodama rijeke Sitnice je velika. Iz dobivenih rezultata vidljivo je da se KPK kreće od 11.38 mg/L do 35.52 mg/L , dok se BPK₅ kreće od 6.26 mg/L do 10.38 mg/L . Povišena koncentracija organskih tvari ukazuje na znatnije zagađivanje voda rijeke Sitnice. Uzrok ovome stanju su sirove otpadne vode iz sustava javne odvodnje koje sadrže određene količine biološki razgradive tvari. Mikroorganizmi, koristeći razgradivu organsku tvar za hranu, troše kisik otopljen u vodi i uzrokuju pomanjkanje kisika u vodnim sustavu nizvodno od ispusta otpadne vode.

Od hranjivih soli koje se unose u rijeku Sitnicu otpadnim vodama posebno su značajni spojevi dušika i fosfora. Visoke koncentracije ukupnog fosfora kao i koncentracije hranjivih soli dušika u vodi, kao što su amonijak, nitrati i nitriti uzrokuju pojavu eutrofikacije, nekontrolirani rast algi, fitoplanktona i drugih organizama. Amonijak koji je prvi proizvod razgradnje organske tvari, može biti otrovan za ribe i druge vodene organizme. Nitrati, posljednji proizvod u postupku nitrifikacije, u većim koncentracijama, otrovni su za mlade životinje. Za većinu sustava fosfor predstavlja ograničavajući element. Sadržaj fosfora u čistim vodama je ispod 25 mg/L i svaki porast njegove koncentracije iznad 50 mg/L ukazuje na djelovanje ljudskog faktora. Nitrati i ortofosfati, u postupcima

fotosinteze, omogućavaju razvoj fotofilnih algi. Kod posebnih povoljnih uvjeta može doći do eutrofikacije vodenog sustava, pa i distrofnog stanja ekosustava.

Ispuštanjem otpadnih voda u vodotok rijeke Sitnice ulaze i dodatne količine teških metala (kao što su olovo, kadmij, cink i bakar), koji spadaju u mikrozagađivače. Njihove koncentracije prelaze dopuštene granične vrijednosti za površinske vode druge vrste.

U vodama rijeke Sitnice istovremeno je pronađena i određena koncentracija fenola. Koncentracija fenola je neuobičajno visoka na mjernoj postaji Kastriot. Nizvodno se primjećuje njen pad, uslijed procesa samopročišćivanja. Visoke koncentracije teških metala, a naročito koncentracije fenola koje u vode rijeke Sitnica dopjevaju s otpadnim vodama elektroprivrede Kosova značajno utječu na zagađivanje vode i ugrožavaju kvalitetu vode rijeke Sitnice.

Iz tablice 2 vidljivo je da pH-vrijdnost ne predstavlja bitan problem u odnosu na kvalitetu vode rijeke Sitnice dok vrijdnost električne provodljivosti ukazuje na veliko zagađenje vode i ugrožavanje njene kvalitete.

Prema kemijskim pokazateljima kvalitete vode rijeke Sitnice, sukladno sa Direktivama Europske Unije o klasifikaciji površinskih voda, rijeka Sitnica ne zadovoljava niti granične vrijednosti odabranih pokazatelja kvalitete II vrste. Rijeka Sitnica cijelom svojom dužinom počevši od mjerne postaje A₁ pripada III i IV vrsti površinskih voda, što znači da se njene vode u prirodnom stanju ne mogu upotrebljavati za kupanje i rekreaciju, za sportove na vodi, za uzgoj riba i sl.

Iz rezultata analiziranih uzoraka provedenih u razdoblju od rujna 2001. do kolovoza 2002. godine može se zaključiti da postoji trend pogoršanja kvalitete vode rijeke Sitnice. Zabrinjavajuće je da neki pokazatelji koji predstavljaju najveći problem za kvalitetu vode rijeke Sitnice, a to su KPK, BPK₅, otopljeni kisik, fenoli i nitrati bilježe trend porasta za sve mjerne postaje, a posebice na mjernoj postaji A₂ (Kastriot).

ZAKLJUČAK

Dugotrajnim djelovanjem otpadnih voda kosovskih termoelektrana, otpadnih voda iz sustava javne odvodnje i voda s poljoprivrednih površina na vodotok rijeke Sitnice promjenjeni su, uvjeti staništa, kao posljedica neželjenih promjena kvalitete vode rijeke Sitnice.

Otpadne vode Kosovskih termoelektrana imaju veliki značaj na okoliš jer zagađuju podzemne i površinske vode, te biljni i životinjski svjet. Stoga je vrlo važno njihovo pročišćivanje prije ispusta u vodotok rijeke Sitnice.

Ispuštanjem otpadnih voda iz sustava javne odvodnje moguće su značajnije promijene uvjeta staništa, uslijed čega se bitno smanjuje bioraznolikost vodenog ekosustava rijeke Sitnice, a voda postaje neupotrebljiva za mnoge planirane namjene.

Otpadnim vodama ispuštaju se u prirodne vode, najčešće vodotoke, organske i anorganske tvari. Unatoč brojnim propustima, ipak je još uvijek moguće smanjiti ili čak zaustaviti negativan odnos ovih pojava na rijeku Sitnicu, a u prvome redu spriječiti daljnje zagađenje vode rijeke Sitnice, te poboljšati i očuvati njezino prirodno bogatstvo.

LITERATURA

1. American Public Health Asociation (1992): Standard Methods for the exomination of Water and Wastewater. 18th. Edition Washington D.C:

2. Dalmacija, B.: (2000), Kontrola kvaliteta voda u okviru upravljanja kavaliteta, Novi Sad.
3. 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. Katastar zagađenih voda SAP Kosova (1989): PMF, Odjel za kemiju, Priština.
5. Rugova, M., Jusufi, S., Gjeçbitriqi, T., Hasimja, H. (1989): *Određivanje teških metala (Pb, Cd, Cu, Zn) u zagađenim rijekama SAP Kosova*. Bilten Jugoslovenskog Društva za zaštitu voda Br.82-84, Rovinj.

Autori:

Dr. sc. Mujë Rugova, redoviti profesor

Dr. sc. Selim Jusufi, izvanredni profesor

Dr. sc. Azem Lajçi, izvanredni profesor

Dr. sc. Tahir Arbneshi, docent

Prirodoslovno Matematički Fakultet, Odjel za kemiju, Nëna Tereza 5 Prishtinë, Kosovë.

Tel. + 381 38 229 964,

e-mail: Mue_Rugova@yahoo.com

Shjusufi@yahoo.com

Azem_lajçi@yahoo.com

Tarbneshi@hotmail.com



Rad 4.24.

Utjecaj akumulacijskih bazena na temperaturno stanje vodotoka

Primož Rodič, Zvonimir Janežič, Rudi Rajar

SAŽETAK: U članku je opisana problematika računskog određivanja temperaturnog stanja umjetno pregrađenog vodotoka, odnosno akumulacijskog bazena protočne hidroelektrane. Namjera je predvidjeti temperaturni režim vode na ispustu iz akumulacije. Temeljem pretpostavke da je u svim točkama određenog poprečnog presjeka vodenog toka temperatura jednaka, te ako uzmemo u obzir samo toplinske tokove koji se odnose na razmjenu topline na slobodnoj vodenoj površini, opisana je i za praktični izračun priređena jednadžba toplinske bilance. Prikazan i analiziran je računski primjer, koji je izveden jednodimenzionalnim i trodimenzionalnim matematičkim modelom na osnovi terenskih mjerenja na akumulacijskom jezeru HE Vrhovo na rijeci Savi 1998. g.

KLJUČNE RIJEČI: akumulacija, temperatura, voda, mjerenje, matematički model

The Influence of Storage Reservoirs on the River Temperature

SUMMARY: The report describes the problem of numerical determination of temperature conditions in storage reservoir of a run-off-the-river hydro power plant. The intention is to predict the temperature regime of water at the outlet of the reservoir. Presuming that the water temperature of single cross-section is same in each point, and only heat streams through the water surface are considered, the heat balance equation is described and arranged for practical computation. An example of a calculation, which was performed by means of one-dimensional and three-dimensional mathematical model on the basis of the field measurement results for Vrhovo HPP storage reservoir on the river Sava in 1998, is presented and analyzed.

KEYWORDS: storage reservoir, temperature, water, measurements, simulation model

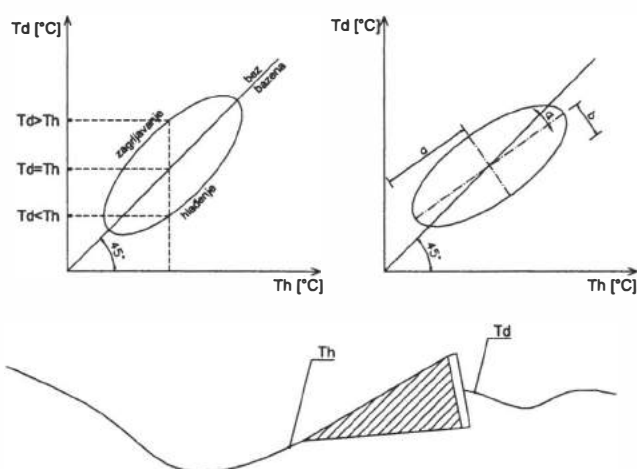
1 UVOD

Na akumulaciji HE Vrhovo na rijeci Savi – za slovenski prostor tipičan primjer umjetnog protočnog riječnog bazena – provedena su intenzivna mjerenja u vremenu i prostoru promjenljivih temperatura vode i zraka, relativne vlage i brzine vjetra. Zajedno, sa istodobno “službeno” registriranim standardnim hidrološkim i meteorološkim podacima, dobila se nužna empirijska osnova za kalibriranje, analizu i odabir odgovarajućeg matematičkog modela.

2 TEORIJSKE OSNOVE

2.1 Utjecaj akumulacijskog bazena na temperaturu vode nizvodno

Utjecaj akumulacijskoga bazena na temperaturu vode nizvodno je grafički prikazan na slici 1. T_h je srednja temperatura vode na utoku i T_d na ispustu iz bazena. Ako bazena nema ili je međusobna udaljenost posmatranih mjernih mjesta malena, onda je sveza T_h i T_d prikazana pravcem pod nagibom 45° . Zbog utjecaja različitih, i kroz godinu promjenjivih temperaturnih prilika u bazenu, gore spomenuta povezanost dobija oblik elipsaste petlje čiji gornji dio pokazuje zagrijavanje, a donji dio hlađenje vode u bazenu. U tom slučaju, vrijednost a predstavlja jačinu, a predznak pokazuje karakter utjecaja bazena na temperaturu vode koja istječe (- zagrijavanje, + hlađenje) [3].



Slika 1: Shematski prikaz sveze između temperature vode na utoku i ispustu iz akumulacijskog bazena

2.2 Toplinska bilanca protočne riječne akumulacije

Na osnovi preliminarnih mjerenja temperatura u akumulacijskom bazenu HE Vrhovo [2] je ustanovljeno da se temperaturne prilike u njoj ne razlikuju mnogo od prirodnog površinskog vodotoka. To znači da se može za računsko određivanje temperaturnog stanja protočne riječne akumulacije – barem u prvoj aproksimaciji – kao ishodište uzeti osnovna jednadžba za neto protok toplinske energije između dva presjeka stacionarnog riječnog vodotoka:

$$Q \cdot \rho \cdot c \cdot dT_w = \Pi \quad (2.1)$$

gdje je: Q - vodni protok, [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$]

ρ - gustoća vode, [kg m^{-3}]

c - specifični toplinski kapacitet vode, [$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$]

T_w - temperatura vode, [K]

Π - bilanca utjecajnih toplinskih tokova, [J s^{-1}]

Uz pretpostavke da je u svim točkama određenog presjeka vodnog toka temperatura T_w (prosječna profilna temperatura vode) jednaka, te da se kao relevantni uzimaju u obzir samo toplinski tokovi, koji se odnose na izmjenu topline na slobodnoj vodenoj površini, iz jednadžbe (2.1) zaključujemo da bi promjena temperature homotermnoga vodnog stupa, koji putuje vodnim tokom i čiji je poprečni presjek 1 m^2 , a visina jednaka dubini vodenog toka H (u nastavku RBV – reprezentativni bilančni volumen), bila:

$$dT_w = \frac{1}{\rho \cdot c \cdot H} \cdot P \cdot dt \quad (2.2)$$

gdje je: P - bilanca toplinskih tokova na jedinicu površine vodenog ogledala (u nastavku toplinska bilanca), $[\text{W m}^{-2}]$

Stoga, ako bi veličine P i H bile poznate u ovisnosti od vremena, bilo bi moguće pratiti promjenu temperature RBV, koji se kreće zajedno s vodnim tokom duž bazena, odnosno, mogli bi utvrđivati promjenu temperature vode u određenom presjeku akumulacijskog bazena tokom vremena.

2.3 Komponente toplinske bilance (toplinski tokovi)

U usvojenom konceptu procesa razmjene topline između vode i okoline, su kao relevantne komponente toplinske bilance uvaženi toplinski tokovi zbog:

- zračenja sunca Φ
- zračenja ozračja Φ_A
- zračenja vodene razine Φ_w
- evaporizacije (ili kondenzacije) Φ_E
- konvekcije Φ_C

Komponente toplinske bilance P se određuju izravnim mjerenjima i/ili izračunavanjima pomoću jednadžbi/formula, s kojima su obuhvaćeni utjecajni meteorološki parametri.

Globalno zračenje sunca (direktno i difuzno kratkovalno zračenje) Φ_s , se određuje izravnim mjerenjem na terenu, pri čemu je preporučljivo mjeriti i dio odbijenog zračenja sunca od vodene površine. Ako se mjerenja na terenu ne izvedu, moguće je uporabiti (naravno, ako postoje) podatke mjerenja globalnog sunčevog zračenja na najbliži meteorološkoj stanici ili prosječne vrijednosti iz serije višegodišnjih mjerenja, pri čemu je potrebno korigirati vrijednosti zbog moguće oblačnosti i odbitka dijela toplinskog toka od vodene površine.

Infracrveno zračenje ozračja Φ_A i vodene razine Φ_w je također moguće izmjeriti, iako se obično izračunava uz pomoć Štefanove jednadžbe, iz podataka o temperaturi ozračja T_A , odn. vodenoj razini T_w , uključujući tipične vrijednosti emisivnosti ozračja, odn. vode, te u posljednjem primjeru i odbitka dijela toplinskog zračenja.

Tok latentne topline (evaporacija, kondenzacija) Φ_E ovisi o razlici E_w i E_A , tj. tlaku saturirane vodene pare pri temperaturi vode i tlaku vodene pare u zraku iznad razine vode, te također tkz. funkciji vjetra (odn. funkciji transfera) $f(U)$, ovisnoj od brzine vjetra (cca 2 m iznad vodene razine) i drugih meteoroloških parametara.

Toplinski tok zbog konvekcije Φ_C je produkt spomenute funkcije vjetra $f(U)$, razlike temperature vode na njenoj razini i temperature zraka iznad vodene razine i tz. Bowenovog koeficijenta (koji je približno konstantan = 0.65)

2.4 TOPLINSKO-BILANČNA FUNKCIJA

Toplinska bilanca, odn. zbroj toplinskih tokova,

$$P = \sum \Phi = \Phi_S + \Phi_A + \Phi_W + \Phi_E + \Phi_C \quad (2.3)$$

$$P(T_w) = \Phi_1 + \Phi_2(T_w) \quad (2.4)$$

ovisna je o temperaturi vode, jer su toplinski tokovi Φ_w , Φ_E in Φ_C u funkcionalnoj ovisnosti o temperaturi vode. Sveza između toplinske bilance P i temperature vode T_w , nazvana toplinsko-bilančna funkcija $P(T_w)$, znači zbroj o temperaturi vode neovisnih toplinskih tokova Φ_1 i o njoj ovisnih $\Phi_2(T_w)$:

Ako se uzme: -da je voda idealna tekućina, -da ne postoji razmjena mase sa okolinom, -da su procesi izobarni (pri konstantnom tlaku), te -da se razmjena topline odvija samo na vodenoj razini, vremenska promjena temperature RBV može se formulirati na slijedeći način:

$$dT_w(t) = \frac{1}{\rho \cdot c} \cdot \frac{P(T_w, t)}{H(t)} dt \quad (2.5)$$

gdje je: $T_w(t)$ temperatura vode kao funkcija vremena, [°C]

$P(T_w, t)$ toplinsko-bilančna funkcija u ovisnosti o vremenu, [W m⁻²]

$H(t)$ dubina bilančnog volumna kao funkcija vremena, [m]

t vrijeme, [s]

$\rho \cdot c$ toplinski kapacitet vode, [J m⁻³ K⁻¹]

Izračun po jednadžbi (2.5) je moguć pod uvjetom da je kvocijent toplinsko-bilančne funkcije $P(T_w, t)$ i dubine $H(t)$ dat u obliku integrabilne neprekidne funkcije vremena. U tome, međutim, i jeste problem, prvenstveno zbog toplinske bilance, jer se utjecajni meteorološki parametri u prirodi mijenjaju na najrazličitije načine. Jedan od mogućih načina rješenja tog problema je podjela vremena na dovoljno kratke intervale, za koje je promjenljive meteorološke parametre i dubinu moguće zamijeniti sa reprezentativnim konstantnim vrijednostima, odn. za svaki računski interval (i) pojedinačno odrediti po jednu toplinsko-bilančnu funkciju i dubinu, te tako funkciju $P(T_w, t)/H(t)$ nadomjestiti s nizom vremensko neovisnih $P_i(T_w)/H_i$ funkcija. U tom slučaju za pojedinačni računski interval vrijedi:

$$\Delta T_w(t) = \frac{1}{\rho \cdot c \cdot H} \cdot \int P(T_w) \cdot dt \quad (2.6)$$

Za dovoljno malene temperaturne razlike (od T_a do T_c), toplinska bilanca može se uzeti kao konstantna odn. o temperaturi vode neovisna veličina. Jednadžba (2.5) time se pojednostavljuje:

$$\Delta T_w(t) = \sum \Delta T_{wi} \quad (2.7)$$

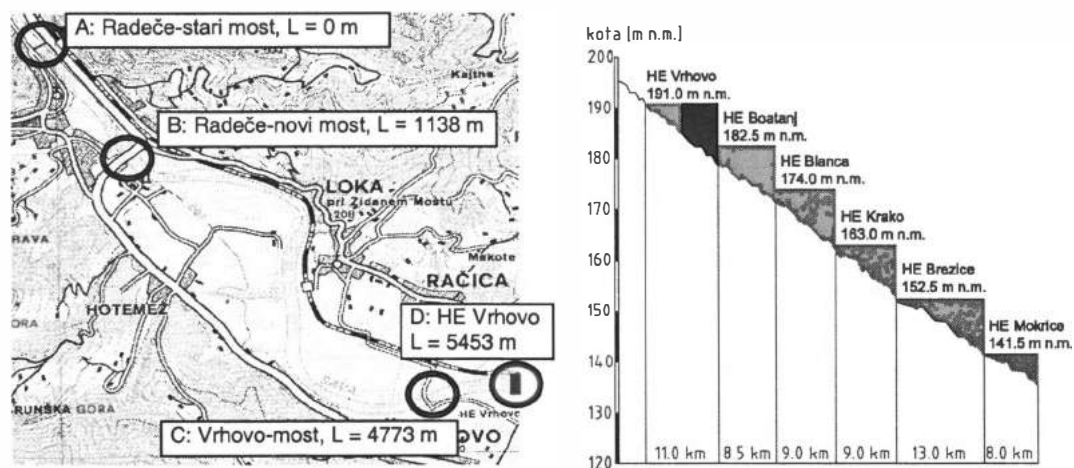
$$\Delta T_{wi} = \frac{1}{\rho \cdot c \cdot H_i} \cdot P_i \cdot \Delta t_i$$

gdje je: i	oznaka računskog intervala
P_i	toplinska bilanca, [W m^{-2}]
ΔT_{wi}	razlika temperature vode na početku i na kraju rač. intervala, [K]
H_i	dubina RBV, [m]
Δt_i	računski vremenski interval, [s]
$\rho \cdot c$	toplinski kapacitet vode, [$\text{J m}^{-3} \text{K}^{-1}$]

3 PRIMJER RAČUNSKE SIMULACIJE TOPLOTNOGA STANJA PROTOČNE RIJEČNE AKUMULACIJE HEV I USPOREDBA SA PODACIMA TERENSKIH MJERENJA

3.1 Istraživački poligon

Aktualnim problemom se u Sloveniji ispostavlja pitanje izbora pouzdane metode prognoziranja toplinskog režima visoko protočnih bazena, pojedinačno i/ili u povezanom nizu – situacija koja će npr. nastati u bliskoj budućnosti na rijeci Savi sa realizacijom planiranog lanca protočnih hidroelektrana.



Slika 2: Akumulacijski bazen HE Vrhovo sa ucrtanima mjernima profilima i uzdužni profil planiranog lanca protočnih hidroelektrana na rijeci Savi

Tipičan primjer takvog objekta je HE Vrhovo (HEV) – prvi član planiranog lanca šest hidroelektrana na donjoj Savi; izgrađen je 1993. godine, a sa projektovanom kotom nominalnog uspora u pogonu je od svibnja 1996. godine. Ta okolnost je omogućila da se pristupi izvođenju sistematski terenskih mjerenja odn. prikupljanju podataka sa namjerom provjere uporabnosti i mogućeg poboljšanja već postojećih, kao i eventualnog razvoja odgovarajućih novih metoda modeliranja temperaturnog režima sličnih vodenih bazena.

3.2 Situacija, geometrija in protočnost bazena

Terenska mjerenja izvodila su se na 5453 m dugom odsjeku akumulacijskog bazena HE Vrhovo, između profila A: Stari most u Radečama ($L=0\text{m}$) i D: HE Vrhovo, ($L=5453$

m). Kao prosječna (računska) dubina vode u profilu (H) uzet je kvocijent A/B , gdje je A = površina poprečnog presjeka i B = širina vodne razine pri normalnoj koti uspora (191,00 m n.m.). Srednji protok rijeke Save u profilu HEV $Q_{sr} = 222,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, globalni volumen bazena $V = 8,65 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ te relativni kapacitet $\hat{o} = 0,45$ dana.

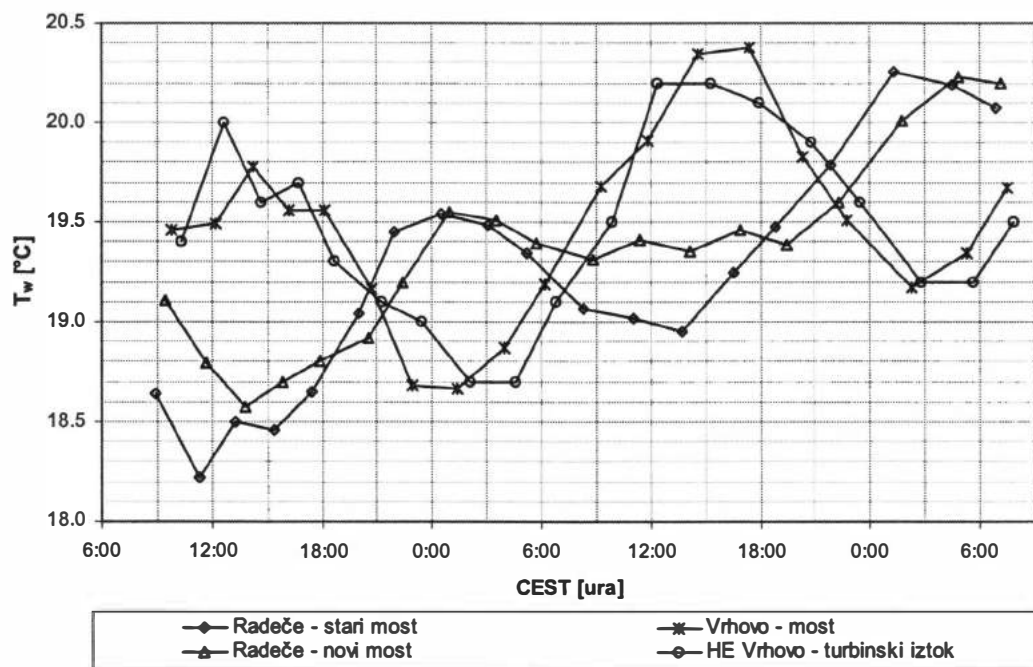
3.3 Opći uvjeti i način mjerenja

Sistematska terenska mjerenja na opisanom odsjeku akumulacijskog bazena HEV su se izvodila u razdobljima stabilnog, suhog i sunčanog vremena te ustaljenih hidroloških prilika. Hidroelektrana je neprestano radila u protočnom režimu, uz održavanje praktično konstantnog nivoa razine vode u bazenu na normalnoj koti uspora $191 \pm 0,02 \text{ m n.m.}$. Prosječni dnevni protoci za vrijeme pojedinačnih mjerenja, iznosili su između 60 i $151 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, odn. između $0,27 Q_{sr}$ i $0,68 Q_{sr}$.

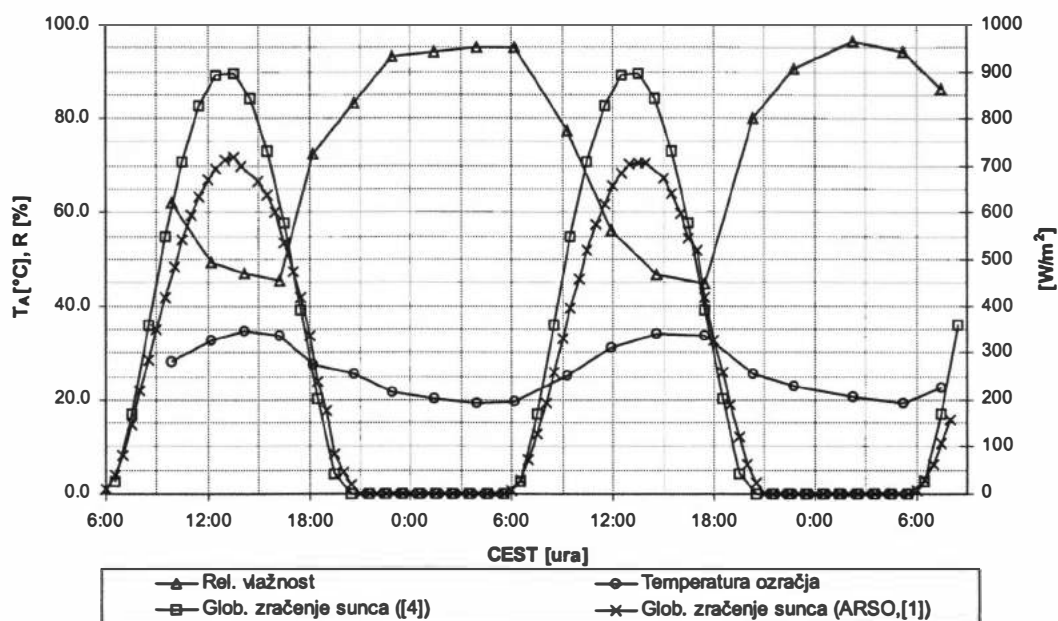
Temperatura vode u profilima (vidi sl.2) mjerena je u tri vertikale, odn. na brani i u više vertikala, sa dubinskim koracima od 0.5 do 2m. Pored toga je bila u svakom profilu izmjerena temperatura zraka tik nad vodenom površinom, brzina vjetra, a u dva profila još i relativna vlažnost zraka.

3.4 Snimanja temperaturnih profila 22.-24. srpanj 1998

Mjerenje je trajalo od 9:00 sati 22.06.98 do 20:00 sati 24.07.99, tj. sveukupno 47 sati. Na slikama 3 i 4 grafički su predstavljeni rezultati mjerenja srednjih profilskih temperatura, temperature zraka, relativne vlage i količine sunčevog zračenja.



Slika 3: Srednje profilске temperature u akumulacijskom jezeru HEV 22. – 24. 7. 1998



Slika 4: Temperatura ozračja in relativna vlažnost u profilu Vrhovo-most, globalno sunčevo zračenje, izmjereno u Krškom i vrijednosti globalnoga sunčevog zračenja iz 20-godišnjih prosjeka satnih vrijednosti sunčevog zračenja za Sloveniju [4].

3.5 Rezultati i analiza izračuna temperatura sa matematičkim modelima

Računsko određivanje temperature vode u prostoru in vremenu obavljeno je sa dva modela: jednostavnim jednodimenzionalnim modelom (1D) i zahtijevnijim tridimenzionalnim (3D) modelom PCFLOW3D [5], koji je bilo razvijen na Hidrotehničkom oddjelu Fakulteta za građevinarstvo i geodeziju Univerziteta u Ljubljani, gdje su se i izvršili računi.

Jednodimenzionalni model je izgrađen na prethodnom empiričnom zaključku, da se relativno plitak i visoko protočan riječni bazen HEV, glede na temperaturnu sliku, bitno ne razlikuje od nezajaženog riječnog toka. U tom smislu je dakle bazen HEV tretiran kao vertikalno i poprečno homotermni vodotok, duž kojega se promjena topline s okolinom događa samo na slobodnoj razini. Izhodišna osnova postupka za računsko određivanje temperature vode u prostoru (duž bazena) i vremenu je, dakle, bilanca toplinskih tokova kroz površinsku graničnu plohu reprezentativnog vodenog stupca RBV, koji sa protočnom brzinom putuje duž bazena.

U 3D modelu primjenjen je drukčiji pristup. Cjelokupan poligon podjeljen je u prostornu mrežu volumskih elemenata, u kojima do promjene temperature vode u vremenu dolazi zbog izmjenivanja topline sa okolinom i prijenosa topline vodom, koja prolazi kroz njih. Suprotno 1D modelu, gde se radi sa dubinsko srednjom profilskom temperaturom vode, u 3D modelu uzima se u obzir i prostorski transport i disperzija topline po dubini.

Na slici 5 su usporedno predstavljeni rezultati izračuna i mjerenja srednje temperature vode u profilu Vrhovo-most u dane 22.-24. srpnja 1998.

4. Kajfež-Bogataj L., Petkovšek Z., Pristov J., Rakovec J., Roškar J., Zupančič B., Hočevar A. (1982): Sončno obsevanje v Sloveniji, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.
5. Janežič Z., Rodič P., Rajar R. (2000): Temperaturno stanje vodotoka dolvodno od akumulacije, Inštitut za hidravlične raziskave, Ljubljana

Autori:

Primož Rodič; prof. dr. Zvonimir Janežič, Inštitut za hidravlične raziskave, Hajdrihova 28, Ljubljana, Slovenija, tel: +386 1 241 84 20, fax: +386 1 241 84 33
e-mail: primoz.rodic@guest.arnes.si

prof. dr. Rudi Rajar, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Hajdrihova 28, Ljubljana, Slovenija



Rad 4.25.

Usporedna analiza morfoloških značajki bujičnih područja u slivu Save

Marina Rožić, Darko Barbalić

SAŽETAK: Bujice su prirodni brdski vodotoci kod kojih su nagibi sliva i korita veliki, a poplave iznenadne i nagle, koji prenosi znatne količine nanosa pokrenutog izrazitim erozijskim procesima na slivu, te ga talože u pribrdskim ravninama.

Zbog specifičnog načina gospodarenja vodama bujična područja potrebno je što preciznije odrediti. Ne postoji opće prihvaćena metodologija razgraničenja te je korišteno više pristupa pri definiranju bujičnih područja. Ovi pristupi se uglavnom baziraju na razvrstavanju prema graničnim vrijednostima morfoloških parametara bujičnih područja.

Kao prilog definiranju ujednačene metodologije razgraničenja, proanalizirane su i uspoređene morfološke značajke bujičnog i ravničarskog područja određenih prema elaboratu "Erozija i nanos sliva rijeke Save".

Detaljniji grafički prikaz rezultata rada će biti dan na pratećem posteru istoga naslova.

KLJUČNE RIJEČI: bujice, erozija, morfologija, sliv Save, GIS

Comparative Analysis of Morphology Features of Torrential Areas on the Sava River Basin

SUMMARY: Torrents are natural mountain watercourses characterized by steep basin and channel slopes, flash floods, and intensive sediment transport. Specific management of such torrential areas requires their accurate distinction and delineation. As there is no common methodology of delineation, there are many different approaches to this problem, based mostly on analysis of terrain morphology features. As an aid to development of reliable and consistent delineation methodology, spatial analysis of some morphological features of torrential and flat parts of the Sava river basin, defined in previous project, was done.

Detailed results of analysis are presented on accompanying poster.

KEYWORDS: torrents, erosion, morphology, Sava river basin, GIS

1. UVOD

Bujice su prirodni brdski vodotoci kod kojih su nagibi sliva i korita veliki, a poplave iznenadne i nagle, koji prenose znatne količine nanosa pokrenutog izrazitim erozijskim procesima na slivu, te ga talože u pribrdskim ravninama.

Promatrajući dugoročno, nepažljivo gospodarenje bujičnim područjima može imati negativne posljedice kao što su nepoželjne promjene vodnog režima, povećanje

zamuljenosti vodotoka, jezera i akumulacija, dodatno onečišćenje voda česticama gnojiva i pesticida vezanih za čestice tla, te posljedično i zagađenja sedimenta, promjene morfologije korita, gubitak površinskog sloja zemljišta (erozija), degradacija vegetacije i slično. Stoga, bujična područja zahtijevaju odgovarajući način upravljanja vodama, a sve s ciljem zaustavljanja ili usporavanja nepovoljnih procesa i sanacije njihovih posljedica. Specifičnost upravljanja vodama na bujičnim područjima nameće neophodnost identificiranja prostornog položaja bujičnih procesa, tj. razgraničenje sliva na bujični i ravničarski dio.

Složenost ove problematike je onemogućila stvaranje jedinstvene metodologije razgraničenja koja bi se zasnivala na objektivnim ocjenama procesa koji utječu na bujičnost. Dosadašnja razgraničenja vršena su uglavnom oslanjajući se na iskustvo svojih autora i kvalitativne ocjene procesa na slivu. Jedan od razloga ovakvog pristupa je bilo i nepostojanje odgovarajuće tehnologije koja bi omogućila jednostavno i brzo kvantificiranje pojava koje utječu na bujičnost vodotoka.

U današnjoj praksi se pojavila potreba za preciznim i konzistentnim razgraničenjem vodnog područja sliva Save na bujični i ravničarski dio uz poštivanje različitih nivoa detaljnosti (mjerila). Kao prilog problematici metodologije razgraničenja, u ovom radu je izvršena komparativna analiza nekih kvantitativnih parametara bujičnih područja, razgraničenih na osnovu postojećih podloga zasnovanih na iskustvu.

2. METODOLOGIJA I KORIŠTENI PODACI

Osnovni faktori od kojih ovise bujični procesi su: klima i meteorologija, geologija i pedologija, morfologija reljefa, te zemljišni pokrov i način korištenje zemljišta.

Radi složenosti utjecaja svih ovih faktora na bujičnost područja, u ovom radu su analizirane samo odabrane morfološke karakteristike koje proizilaze iz definicije bujice:

- veliki nagibi sliva i korita,
- iznenadne i nagle poplave,
- izraziti erozijski procesi na slivu i
- pronos znatne količine nanosa

Da bi se omogućila jednostavna komparativna analiza ovih činitelja, potrebno je definirati numeričke parametre koji ih karakteriziraju, i za koje postoje podloge na osnovu kojih ih je moguće proračunati.

Kao polazna osnova za analizu, odabrano je jedno od postojećih razgraničenja vodnog područja sliva Save [4] koje je zasnovano na iskustvu i često korišteno u praksi [3], [8].

Pri analizi su korištene slijedeće podloge:

- Digitalni model terena vodnog područja sliva Save, prostorne razlučljivosti 50 m, kreiran na osnovu vektoriziranih slojnica mjerila 1:25.000.
- Hidrografska mreža sliva Save, napravljena kompilacijom postojećih digitalnih podataka mjerila 1:25.000 i 1:100.000.
- Digitalna karta potencijalnog rizika erozije tla vodom [7], izrađena prema CORINE metodologiji [2]. Ova metodologija je odabrana radi postojanja konzistentnih podloga za čitavo područje, dok za metodologiju Gavrilović [5], koja je uobičajena u praksi, postoje podloge samo za pojedine dijelove analiziranog područja.

U prvom koraku analize, izlazni profili bujičnih slivova su vektorizirani na osnovu [4], te prilagođeni kasnijim promjenama na terenu (regulacijski, melioracijski radovi i sl.).

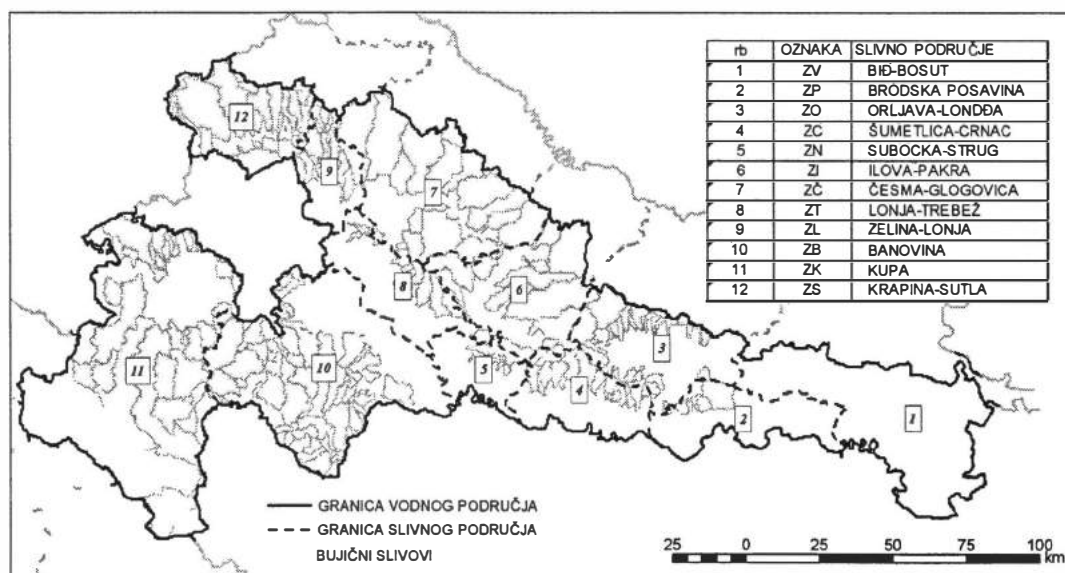
Granice pojedinih bujičnih slivova su definirane na osnovu rasterskog modela terena i vektoriziranih izlaznih profila korištenjem standardnih GIS funkcija [1]. Na području krša, slivovi su ručno korigirani na osnovu [4]. Pojedini slivovi su zatim grupirani u bujična područja pojedinih slivnih područja. Osnovne informacije o morfološkim karakteristikama su dobivene prostornim preklapanjem sloja bujičnih i ravničarskih područja sa slojem nagiba terena, slojem potencijalnog rizika od erozije i slojem vodotoka, dok su pojedini morfološki indeksi proračunati standardnim programom za tablične kalkulacije.

Proračuni su provedeni kako za pojedinačne slivove, tako i za pojedina slivna područja te njihove bujične i ravničarske djelove. Veličine koje se odnose na bujične dijelove pojedinih slivnih područja imaju indeks "B", dok ravničarski dijelovi imaju indeks "R". Ovdje prikazane rezultate treba promatrati samo komparativno u odnosu prema drugim veličinama, a ne kao apsolutne vrijednosti. Razlog tome leži u činjenici da prikaz vodotoka i proračuni sprovedeni na rasterskom modelu terena ovise o mjerilu i kvaliteti podloga [6].

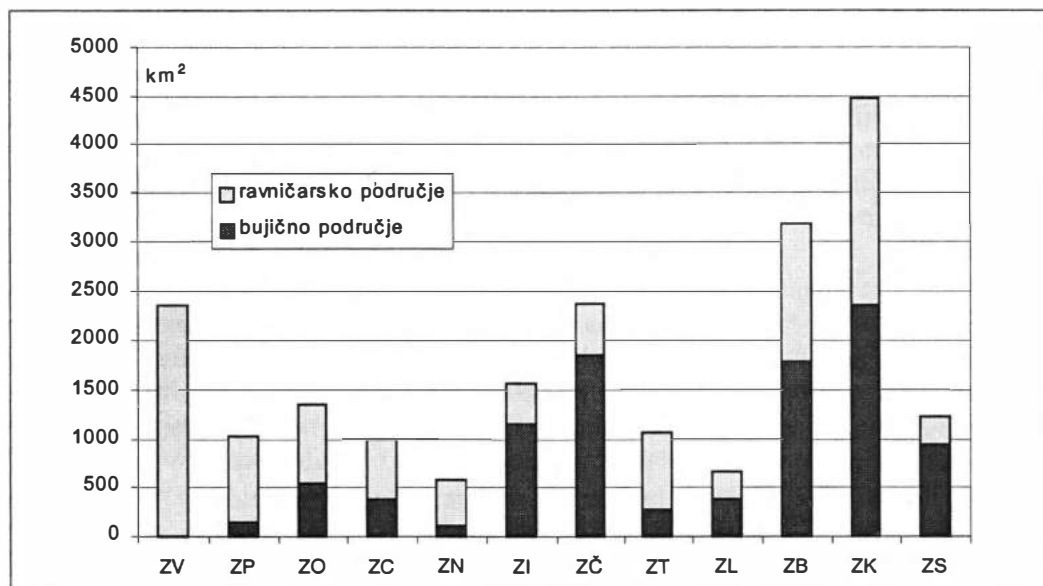
Detaljniji prikaz rezultata, radi ograničenog prostora, nalazi se na pratećem posteru istoga naslova.

3. REZULTATI ANALIZE

Analizom je obuhvaćeno ukupno 211 slivova veličine između 1.2 i 625.0 km². Radi preglednosti, slivovi su grupirani u bujična područja pojedinih slivnih područja. Bujična područja zahvataju ukupno 48% površine vodnog područja sliva Save. Najveće površine pod bujičnim područjima, gledajući u odnosu na ukupnu površinu slivnog područja, su na slivnim područjima Česma-Glogovnica, Ilova-Pakra i Krapina-Sutla (preko 70%). Na slivnom području Biđ-Bosut površina bujičnog područja je zanemarljiva (slika 1. i slika 2.).



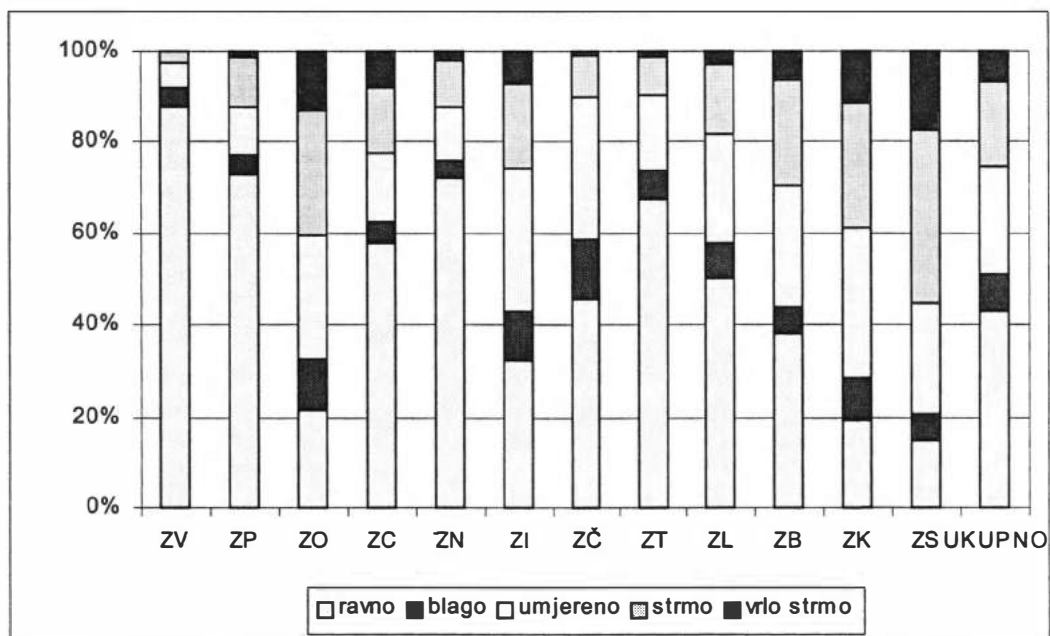
Slika 1. Zemljovid vodnog područja



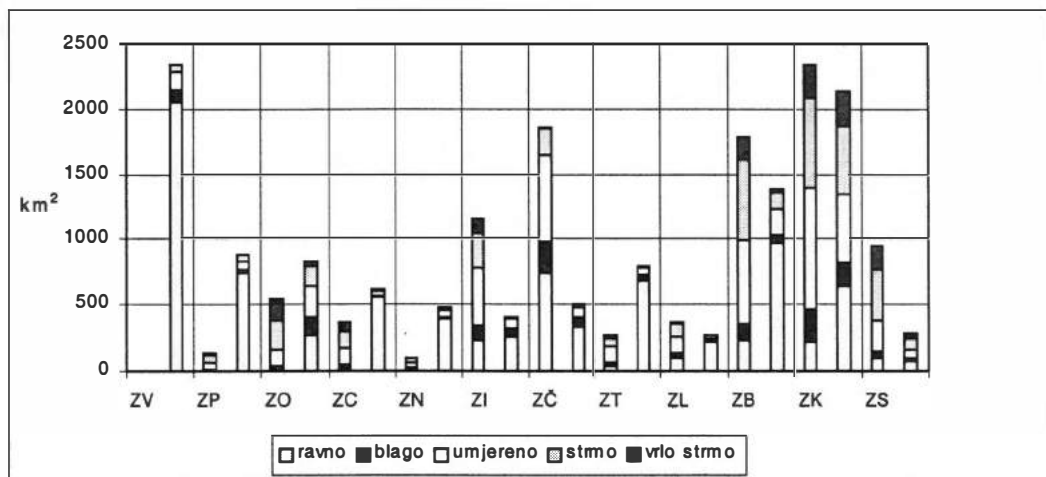
Slika 2. Površine bujičnih i ravničarskih dijelova pojedinih slivnih područja

3.1. Pad terena

Pad terena na slivovima bujičnih vodotoka, za potrebe ovog rada, grupiran je u slijedeće klase: 0 - 2% - ravno, 2 - 5% - blago, 5 - 15% - umjereno, 15 - 30% - strmo i više od 30% - vrlo strmo. Na slici 3 i 4 su prikazani rezultati prostorne analize.



Slika 3. Padovi terena na pojedinim slivnim područjima i cijelom vodnom području



Slika 4. Uspredba padova terena na bujičnim i ravničarskim dijelovima pojedinih slivnih područja

Kao pokazatelj pada terena, formiran je indeks pada terena, koji načelno odgovara srednjem padu sliva:

$$P = \frac{\sum A(g_g + g_d)}{2 \sum A}$$

gdje je:

- P - indeks pada terena (%)
- g_d - donja granica klase pada (%)
- g_g - gornja granica klase pada (%)
- A - površina klase pada terena (km²)

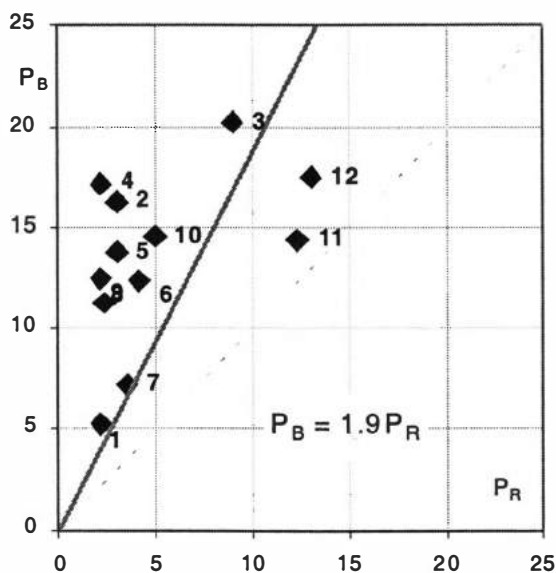
Ravničarski dijelovi slivnih područja, osim slivnog područja Kupa, Krapina-Sutla i Orljava-Lonđa, imaju indeks pada manji od 5, dok svi bujični dijelovi slivnih područja, osim Biđ-Bosuta i Česme-Glogovnice, imaju indeks pada terena veći od prosjeka čitavog vodnog područja sliva rijeke Save koji iznosi 9.9. Indeks pada terena na bujičnim dijelovima slivnih područja je prosječno 1.9 puta veći od indeksa pada terena na ravničarskim dijelovima (slika 5.).

3.2. Pad korita vodotoka

Pad korita vodotoka se može definirati na više načina [9]. U ovom radu je za pokazatelja pada vodotoka odabran indeks pada vodotoka, proračunat na slijedeći način:

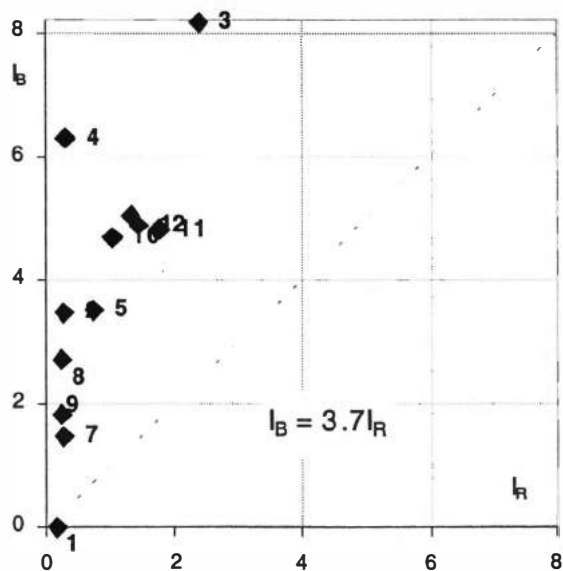
$$I = \frac{\sum il}{\sum l}$$

gdje je: I - indeks pada vodotoka (%)
 i - pad segmenta vodotoka (%)
 l - dužina segmenta vodotoka (km)



Slika 5. Indeks pada terena

Indeks pada ravničarskih područja u prosjeku je 3.7 puta manji od indeksa pada bujičnih područja i ne prelazi 2, osim kod slivnog područja Orljava-Londža. Na bujičnom dijelu slivnih područja Česma-Glogovnica i Zelina-Lonja indeks pada vodotoka je manji od indeksa pada vodotoka za ukupno vodno područje, koji iznosi 2.1. Na bujičnom području Biđ-Bosut nema vodotoka, pa je i indeks pada vodotoka 0 (slika 6.).



Slika 6. Indeks pada vodotoka

3.3. Gustoća drenske mreže

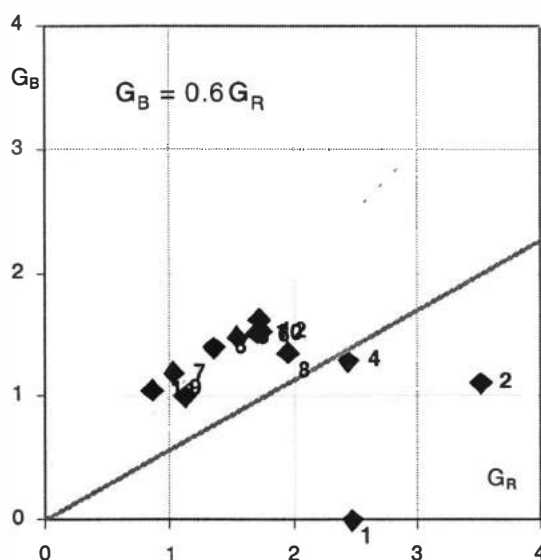
Na brzinu otjecanja na slivu utječe veliki broj faktora. Jedan od važnijih morfoloških faktora [6] je i gustoća drenske mreže koja je proračunata formulom iz [9]:

$$G = \frac{\sum l}{A}$$

gdje je:

- G - gustoća drenske mreže (km^{-1})
- l - dužina pojedinog vodotoka (km)
- A - površina (km^2)

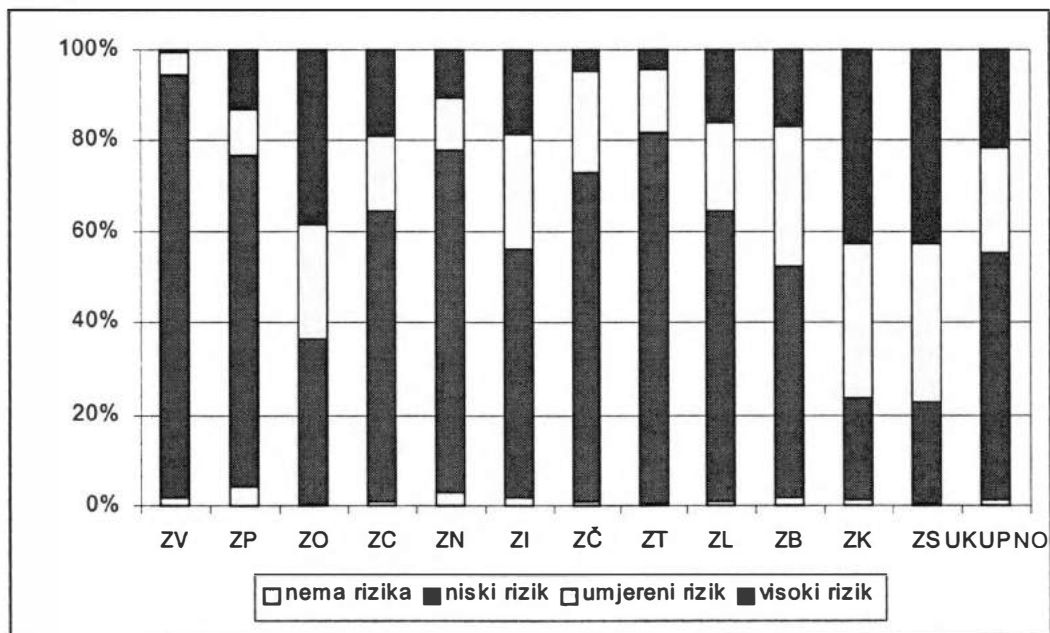
Pri analizi gustoće drenske mreže pojavili su se problemi pouzdanosti rezultata uslijed nekonzistentne podloge koja je korištena. Razlog tome je, što je kod prikupljanja podataka težište dato melioracijskim kanalima i ostalim hidrotehničkim objektima koji se pretežno nalaze u ravničarskim područjima. Na bujičnom području Biđ-Bosut nema vodotoka, pa je i indeks gustoće drenske mreže vodotoka 0 (slika 7.).



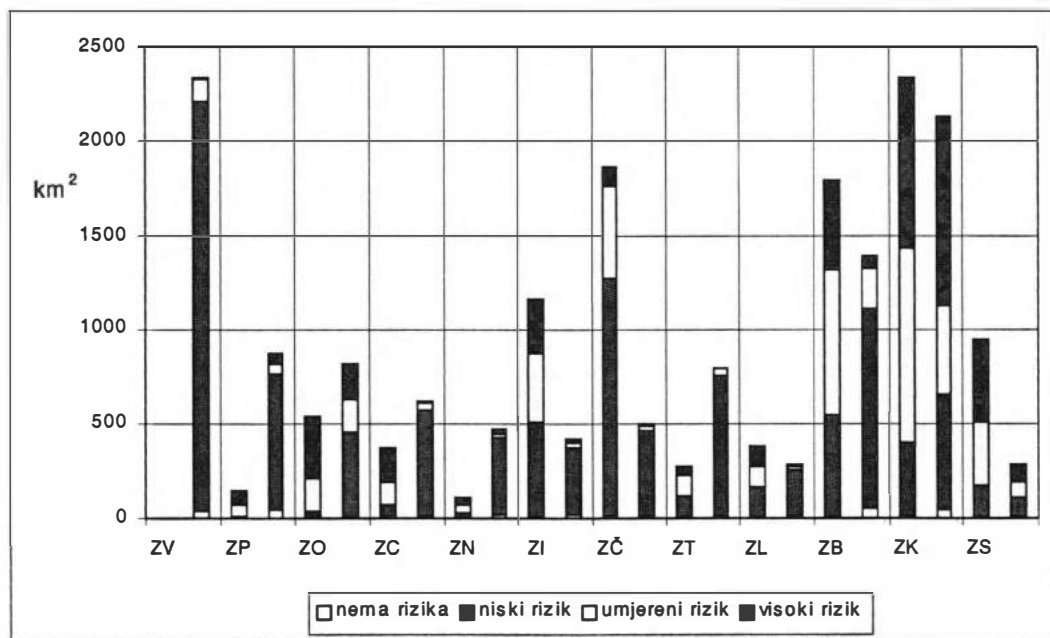
Slika 7. Indeks gustoće drenske mreže

3.4. Erozijski procesi

Kao pokazatelj erozijskih procesa odabran je potencijalni rizik od erozije prema metodologiji CORINE. Prema njoj su klase potencijalnog rizika od erozije: nema erozije - 0, niski rizik - 1, umjereni rizik - 2 i visoki rizik - 3. Na slici 8 prikazan je udio pojedinih klasa na području pojedinih slivnih područja i vodnog područja, dok je na slici 9 dana usporedba bujičnih i ravničarskih dijelova pojedinih slivnih područja.



Slika 8. Udio pojedinih klasa potencijalnog rizika od erozije na područjima pojedinih slivnih područja i vodnog područja



Slika 9. Usporedba bujičnih i ravničarskih dijelova pojedinih slivnih područja

Indeks erozije je proračunat na način sličan metodologiji proračuna mjerodavnog koeficijenta erozije Z po metodologiji Gavrilović [5]:

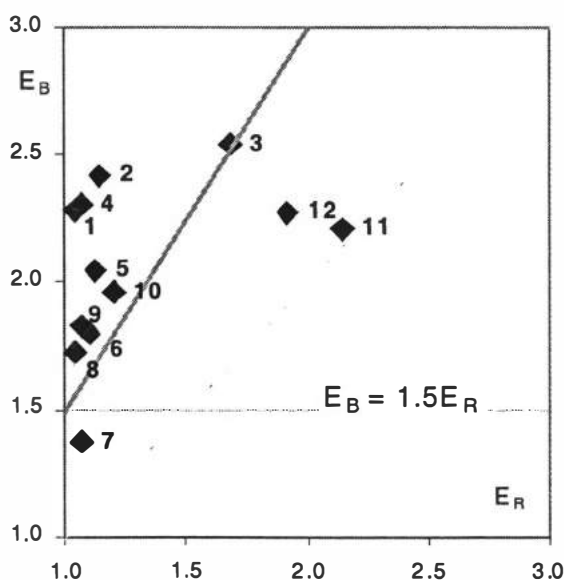
$$E = \frac{A_1 + 2A_2 + 3A_3}{A_0 + A_1 + A_2 + A_3}$$

gdje je:

E - indeks erozije

A_i - površina sliva pod i -tom klasom potencijalnog rizika od erozije (km²)

Indeks erozije ravničarskih dijelova svih slivnih područja, osim Orljave-Londže, Kupe i Krapine-Sutle je manji od 1.5, dok je na bujičnim dijelovima slivnih područja u prosjeku 50% veći od indeksa erozije na ravničarskim dijelovima. Interesantno je da je indeks erozije bujičnog dijela slivnog područja Česme-Glogovnice manji od indeksa erozije ukupnog vodnog područja koji iznosi 1.6 (slika 10.).



Slika 10. Indeks erozije

4. ZAKLJUČNE NAPOMENE

Sprovedena je komparativna prostorna analiza nekih morfoloških značajki bujičnih i ravničarskih područja na vodnom području sliva Save. Razmatrani su pokazatelji pada vodotoka i terena, gustoće drenske mreže te rizika od erozije. Nekonzistentnost prostornih podataka o vodotocima utjecala je na nepouzdanost usporedne analize gustoće drenske mreže i pada korita vodotoka.

Kao vrlo bujična područja se ističu Krapina-Sutla, Orljava-Londža i Kupa, dok je bujičnost najmanje izražena na slivnim područjima Biđ-Bosut, Lonja-Trebež i Brodska Posavina. Vrijednosti pokazatelja za bujične dijelove slivnih područja Česma-Glogovnica i Zelina-Lonja su vrlo niske pa upućuju da bi pri detaljnijem razgraničenju, trebalo razmotriti smanjenje bujičnih područja na ovim slivnim područjima. Nadalje, visoke vrijednosti ovih morfoloških pokazatelja za ravničarski dio slivnih područja Kupa, Krapina-Sutla i Orljava-Londža upućuju da bi trebalo razmotriti tretiranje dijelova ovih područja kao bujičnih.

Najveće razlike između bujičnih i ravničarskih područja uočavaju se na slivnom području Šumetlica-Crnac, Brodska Posavina i Orljava-Lonđa, a najmanje na područjima Česma-Glogovnica, Kupa i Krapina-Sutla. Male razlike pokazatelja bujičnih i ravničarskih dijelova slivnih područja ukazuju da bi razgraničenju trebalo pristupiti uz poštivanje veće detaljnosti. Pri odabiru morfoloških parametara svakako bi trebalo razmotriti, osim ovdje analiziranih, i druge morfološke parametre koji bi pouzdanije opisali bujičnost sliva. Relativno veliko rasipanje analiziranih parametara se može tumačiti složenošću i interakcijom procesa koje neko područje čine bujičnim, odnosno, potrebom sveobuhvatnijeg razmatranja ovog problema. Stoga, pri formiranju konzistentne metodologije razgraničenja, trebalo bi uzeti u obzir, osim morfoloških, i druge vrste parametara, te promatrati ovaj problem višekriterijalno na nivou cijeloga sliva.

Uporaba tehnologije GIS-a omogućila je relativno jednostavnu i brzu prostornu analizu morfoloških parametara. Da bi se omogućilo što potpunije korištenje mogućnosti GIS-a, potrebno je stvaranje određenih preduvjeta kao što su prostorno i kvalitetno konzistentne podloge, te prilagodba metodologija i parametara, analizama koje se mogu sprovesti GIS tehnologijom.

Literatura

- [1] ArcView GIS - The Geographic Information System for Everyone. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, USA, 1996.
- [2] CORINE Soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Community. Commission of the European Communities, Office for official publications of the European Communities, ECSC-EEC-EAEC, Brussels, Luxembourg, 1991.
- [3] Dugoročni plan razvoja vodoprivrede Hrvatske od 1986. do 2005. godine, Građevinski Institut Zagreb, OOUR Fakultet građevinskih znanosti, Zavod za hidrotehniku, Zagreb, 1988.
- [4] Erozija i nanos sliva rijeke Save, Direkcija za Savu, Zagreb, 1969.
- [5] Gavrilović, S. (1972): Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji, časopis "Izgradnja" Specijalno izdanje, Beograd, 1972.
- [6] Hannerz, F. (2002): Harmonisation and applications of transboundary geographic databases of the Baltic Sea Region: Drainage basin characterisation. Dept. of Land and Water Resources Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2002.
- [7] Husnjak S. (2000): Procjena rizika od erozije tla vodom metodom kartiranja u Hrvatskoj. Disertacija. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2000.
- [8] Strategija prostornog uređenja Republike Hrvatske - vodno gospodarstvo, Javno vodoprivredno poduzeće Hrvatska vodoprivreda, Zagreb, 1995.
- [9] Žugaj R. (2000.): Hidrologija, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 2000.

Autori:

Marina Rožić dipl.ing.građ., Hrvatske vode, Ul. grada Vukovara 220, Zagreb,
tel. 01/6307516, e-mail: rmarina@voda.hr.

Darko Barbalić, dipl.ing.građ., Hrvatske vode, Ul. grada Vukovara 220, Zagreb,
tel. 01/6307582, e-mail: darkob@voda.hr.



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.26.

Vodoopskrbni potencijali i korištenje voda sliva Mostarskog blata

Ivan Slišković, Vinko Bilopavlović

SAŽETAK: Podzemne vode iz prostranog krškog masiva sjeverno i sjeverozapadno od Širokog Brijega i Mostarskog Blata istječu na četiri jaka krška izvora i formiraju rijeku Lišticu ($Q_{\min}=4$ m³/s). Znatno manje izdašnosti su izvori Crnašnice ($Q_{\min}=80$ l/s) i Žvatića ($Q_{\min}=40$ l/s) na sjevernom obodu Mostarskog Blata. Vrela rijeke Lištice su kaptirana za vodoopskrbu cca 200 l/s, a vrela Crnašnice i Žvatića sa po 10 l/s. Kakvoća podzemnih voda je veoma dobra, jer se dreniraju iz nenaseljenog područja, ali su istovremeno potencijalno ugrožene zbog direktnog poniranja površinskih voda u okršenu karbonatnu sredinu.

Koncentrirana pojava ovih izvora uvjetovana je povljinim rasporedom propusnog područja i hidrogeoloških barijera na sjeverozapadnom obodu Mostarskog Blata izgrađenog od pliokvartarnih glina i lapora, te od krednih dolomita u antiklinalnim strukturama južno od vrela Lištice. Glavni povremeni površinski tok - rijeka Ugrovača u periodu visokih padalina donša velike količine površinskih voda i tada se plavi Mostarsko Blato u trajanju od 4-6 mjeseci, jer ponori na jugoistočnom obodu polja ne mogu primiti velike vode. Podzemne i površinske vode nakon slijevanja u Mostarsko Blato čine prirodnu retenciju značajnu za projektiranje energetskog potencijala za HE Jasenica s minimalnim padom od 220 m. Morfološka i strukturna oblikovanja su omogućila povoljne uvjete za izgradnju hidroelektrane i za formiranje mreže kanala za potrebe intenzivne poljoprivredne proizvodnje.

Formirani rubni uvjeti i dobra propusnost krškog vodonosnika u slivu vrela Lištice uzrokom su istjecanja velike količine podzemnih voda (srednji protok 9,8 m³/s). Minimalni proticaj je od 3-4 m³/s, a koristi se pored vodoopskrbe, za natapanje manjih polja u okruženju.

KLJUČNE RIJEČI: krški izvor, hidrogeologija krša, slivno područje, vodoopskrba

Water Supply Potential and Utilization of Water from the Mostarsko Blato Polje Catchment

SUMMARY: The groundwater from the spacious karst massive located to the north and northwest from Široki Brijeg and Mostarsko Blato Polje is discharged at four major springs and form the Lištica River ($Q_{\min}=4$ m³/s). The springs of Crnašica and Žvatića located at the north rim of the Mostarsko Blato have considerably lower yields of $Q_{\min}=80$ l/s and $Q_{\min}=40$ l/s, respectively. The springs of the river Lištica gives 200 l/s, and Crnašica and Žvatića 10 l/s each of water for water supply. The water is of high quality since it is drained from an uninhabited region, but it is vulnerable due to the direct infiltration of surface waters into the karstified carbonate bedrock.

The concentrated discharge is a consequence of a favorable framework of permeable and impermeable hydrogeological barriers, which consist of Plio-Quaternary clays and marls located along the

northwestern rim of the Mostarsko Blato and Cretaceous dolomites in anticline structures located to the south from the spring of the Lištica River. During periods of high precipitation, the principal intermittent surface flow, the Ugrovača River, supplies large quantities of surface water which floods the Mostarsko Blato Polje during a period of 4 to 6 months, due to the low intake capacity of the *ponors* (sink holes) located along the southeastern rim of the *polje* (karst field). The surface and groundwater form and natural retention after they are discharged into the Mostarsko Blato Polje, which is the basis for the Jasenice Hydroelectric Power Plant design with minimal head of 220 m. Morphological and structural shaping of the terrain has resulted in the formation of favorable conditions for the construction of the power plant and a canal network for the enhancement of agricultural production.

The formation of the boundary conditions and good permeability in the catchment of the Lištica spring are the cause of a large discharge of groundwater (average yield=9 m³/s). The minimal yield of 3-4 m³/s is used both for water supply and irrigation of the surrounding fields.

KEYWORDS: karst springs, catchment area, groundwater supply

UVOD

Sliv izdašnih krških izvora uz sjeverni i sjevero-zapadni obod Mostarskog Blata obuhvaća visoko planinsko područje do najviših vrhova Štitar i Čabulja planine (sl. 1). Geomorfološke značajke visokih dijelova ovog krša formirane su u diskontinuiranim i genetski složenim nizovima odvojenih okršavanja, a kao cjelina sastoje se od kombinacija recentnog krša i stratigrafski različitih paleookršavanja. Današnji oblici krškog reljefa konačnu formu su dobili u neogenu i kvartaru. U slivu se ističu južni dijelovi Štitar i Čabulja planine. Ta dva masiva su visoke zone (preko 1.700 m n.m.) u kojima je karakterističan splet nepravilno rasčlanjenih grebena, uvala i kanjona. Južno i jugoistočno od strmih padina Čabulja planine proteže se prostrano područje blage uvale Bogodola i Goranaca, odvojeno Raškom Gorom od uzane, a druge uvale dinarskog smjera pružanja (SZ-JI).

Sjeverozapadni dio sliva vrela Lištice obuhvaća Rakitno polje (900 m n.m.) u kojem su formirana tri bujična vodotoka (Slobodnik, Jelica i Vrpolje). Od njihovih sastavaka na jugoistoku polja formira se povremeni tok rijeke Ugrovače, čiji kanjon dijagonalno presjeca dinarske strukture, da bi na ulasku u Trn polje poprimio dinarski smjer i zajedno s pritokom rijeke Lištice oticao prema Mostarskom Blatu (240 m n.m.). Na južnoj strani Mostarskog Blata pruža se niski planinski lanac Trtla, a na jugoistoku razvedena krška uzvišenja od 350-400 m n.m. između Žovnice i Kruševa.

Na području sliva značajne su klimatske raznolikosti koje karakteriziraju suha ljeta s visokim temperaturama i relativno blage zime s brзом izmjenom ciklona u nižim dijelovima sliva. Visoke planinske barijere na sjeveru i sjeverozapadu sliva su pod naizmjeničnim utjecajem sredozemne i kontinentalne klime. U zimskom periodu od studenog do ožujka planinski vrhovi su prekriveni snijegom, koji se na početku proljeća otapa i u kombinaciji s kišom formiraju se bujični tokovi koje prikuplja i odvodi u Mostarsko Blato povremeni vodotok Ugrovače. Povremeno plavljenje Mostarskog Blata nastaje od bujičnog povremenog toka rijeke Ugrovače i podzemnim putem preko stalnih i povremenih izvora rijeke Lištice, Crnašnice i Žvatića. Plavljenje Mostarskog Blata traje od 4 do 6 mjeseci. U periodu velikih padalina aktiviraju se povremeni izvori i estavele u Kočerin i Trn polju, te izvori na južnoj strani Blata iz planine Trtla (povremenim vodotokom Mokašnica). Kada se to događa doticaj voda u Mostarsko Blato iznosi i preko 200 m³/s, a kapacitet ponora i tunela na jugoistoku je maksimalno 70 m³/s što dovodi do formiranja prirodne retencije i plavljenja polja.

2. HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE SLIVA I POJAVE IZVORA

Cijelo slivno područje Mostarskog Blata određeno je na temelju hidrogeoloških značajki stijena, strukturne građe i morfologije. Hidrogeološke funkcije terena predstavljene su propusnim područjima, djelomično visećim i potpunim barijerama (sl. 1). Na hidrogeološkoj karti izdvojene su karbonatne naslage krede i paleogena, te podređeno neogena i kvartara. Sjeverno i sjeverozapadno od Mostarskog Blata nalazi se veoma izdašno slivno područje koje se prazni na izvorima rijeke Lištice. Komplikirana strukturna građa tog područja rezultat je rasjedanja i boranja u zoni izviranja sjeverno od Širokog Brijega. Kredni karbonatni sedimenti izgrađuju cca 80% slivnog područja, a zastupljeni su u punom razvoju uslojeni i masivni vapnenci, dolomitični vapnenci i dolomiti. Tercijarni sedimenti znatno su manje rasprostranjeni. Paleogen je otkriven na malim površinama, a predstavljen je laporovitim i pjeskovitim vapnencima u nižem dijelu, te alveolinskim i numulitnim vapnencima u srednjem i klastitima u gornjem dijelu. Naslage neogena pojavljuju se u slatkovodnom facijesu. Kvartarne naslage izgrađuju jezerske i barske sedimente najnižih dijelova Mostarskog Blata. Dolinu rijeke Ugrovače i Lištice, te rubne dijelove Blata i manja krška polja izgrađuju šljunci, pijesci i ilovače (siltovi) (Račić; 1986).

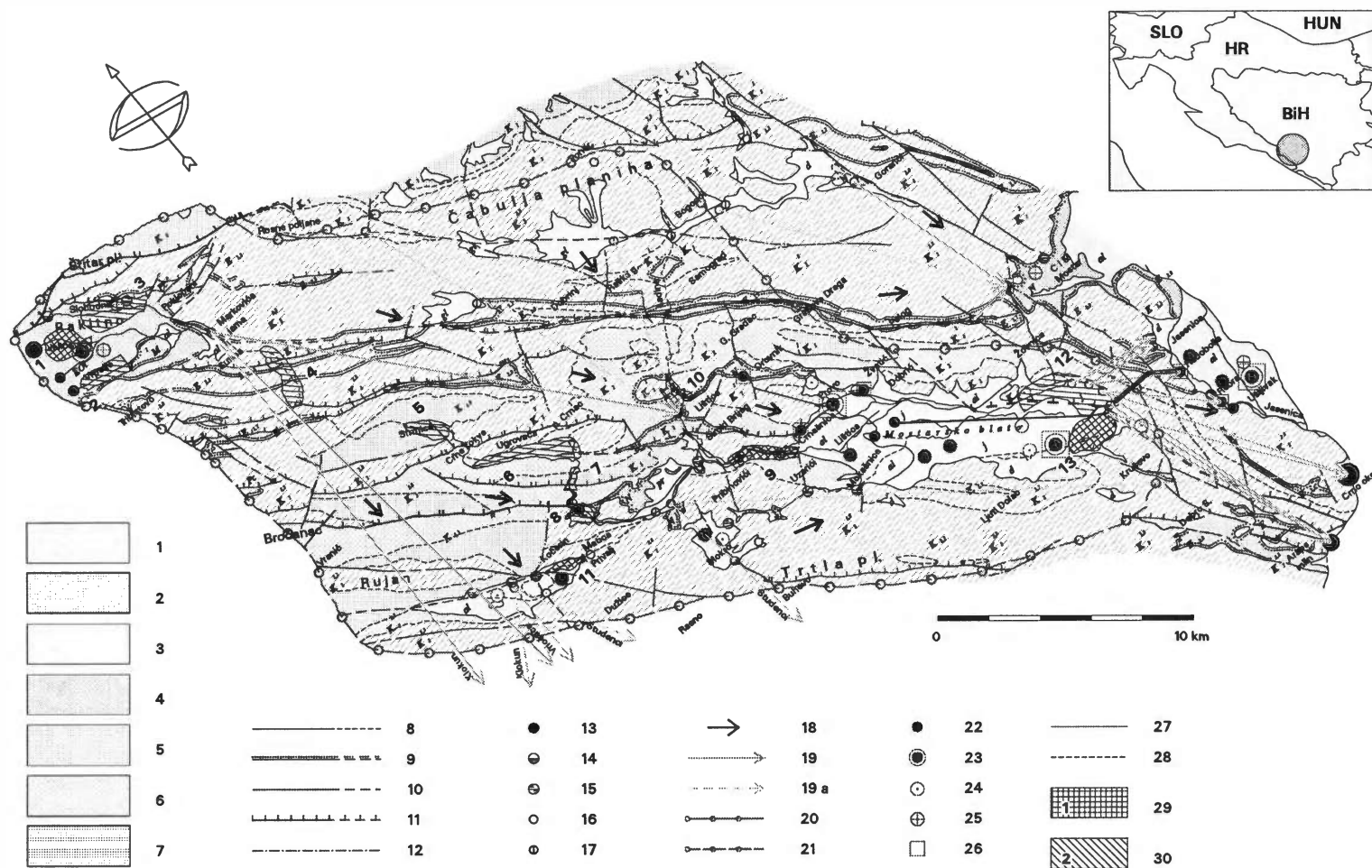
Dolomiti, posebno ako su u antiklinarnim strukturama, čine potpunu barijeru tečanju podzemnih voda. Dolomitne stijene donje krede, doprinijele su da se podzemne vode planinskih sjeverozapadnih područja zadrže i usmjere ka izvorima rijeke Lištice, gdje istječu na 3 sifonska otvora. Paralelno s ovom zonom dolomita pruža se dolomitna antiklinala od Grabove Drage, koja tone duboko sjeverno od vrela Lištice i ponovo izdanjuje u kanjonu povremenog toka rijeke Ugrovače kod Strmice. Treći antiklinalni dolomitni niz izdanjuje 8 km sjeverno od vrela Lištice (Samograd-Raška Glavica) i duboko zaliježe ispod vapnenaca gornje krede i ponovo se javlja na sjeverozapadu sliva u trupini Štitar planine (Moičević i Laušević, 1971). Nepotpune (viseće) barijere tečenju podzemnih voda predstavljaju eocenski i miocenski klastiti i neogenske flišne naslage. Eocensko-oligocenski klastiti u Rakitnom predstavljaju potpunu barijeru, te se u njima javljaju potoci Slobodnik, Jelica i Vrpolje. Na jugoistoku Rakicke depresije ovi potoci se spajaju i formiraju povremeni tok rijeke Ugrovače u mjestu Sutina. Male vode poniru u Markovića jami, a velike vode otječu rijekom Ugrovačom.

Viseća barijera izgrađena od eocenskog fliša ($E_{2,3}$) proteže se dinarskim nizom u uzanom pojasu od Crnča prema Tribistovu i od Mostara preko Pologa, Grabove Drage i Dobrinja u smjeru Rakitna. S obzirom na visinu (600-800 m n.m) i debljinu (cca 300 m) ovih fliševa, te prekida u kontinuitetu, tretirani su kao lokalni usmjerivači podzemnih tokova. Neogenske laporovito-glinovite naslage sjevernog oboda Mostarskog Blata i Cima kod Mostara zajedno s kvartarnim glinovitim sedimentima čine bočne barijere (Slišković; 1995a i 1995b).

Propusna područja izgrađena su od vapnenaca i dolomitičnih vapnenaca krede (K) i donjeg eocena ($E_{1,2}$). Brzo napredovanje okršavanja ogleđa se u velikim prividnim brzinama tečenja podzemnih voda iz planinskog područja Čabulje, Štitara i Rujan planine, te iz krških polja Rakitno, Kočerin, Mokro i Mostarsko Blato.

3. VELIČINA SLIVA I BILANCA VODA

Na osnovu hidroloških veličina dobivena vrijednost za površinu sliva Mostarskog Blata je oko 560 km². Neki podaci iz projekta Mostarsko Blato, ukazuju na površinu od 520 km²,



Slika 1. Hidrogeološka karta sliva Mostarskog blata.
 Fig. 1. Hydrogeological map of Mostarsko blato catchment area.

Legenda: 1) aluvijalni i limnoglacialni sedimenti - propusni; 2) deluvijalno glacialni sedimenti - slabo propusni; 3) jezersko-barski sedimenti - nepropusni; 4) fliš - gline, lapori, pješčenjaci i konglomerati - nepropusni; 5) dolomiti i dolomitični vapnenci - slabo propusni; 6) paleocenski i redni vapnenci i breče - okršeni i propusni; 7) vapnenci s proslojcima dolomita - okršeni i dobro propusni; 8) geološka granica; 9) transgresivna granica; 10) rasjed; 11) navlaka; 12) "fotogeološki" rasjed (za 8 do 12: crtkano ako je pretpostavljeno); 13) stalni izvor (<10, 10-100, >100 l/s); 14) povremeni izvor; 15) estavela; 16) ponor; 17) ponorna zona; 18) glavni podzemni tok; 19) podzemna veza; 19a) pretpostavljena podzemna veza; 20) vododjelnica; 21) podzemna zonalna vododjelnica; 22) kopani zdenac; 23) bušeni zdenac; 24) opažačka bušotina; 25(skupina opažačkih bušotina; 26) kaptaža; 27) stalni vodotok; 28(povremeni vodotok; 29) akumulacija; 30) retencija.

Legend: 1) alluvial and lake sediments - permeable; 2) dilluvium-glacial deposits - low permeable; 3) lake and marsh sediments - impermeable; 4) flysch clays, marls, sandstones and conglomerates - impermeable; 5) dolomites and dolomitic limestones - low permeable; 6) Palaeocene and Cretaceous limestones and breccias - karstified and permeable; 7) limestones with dolomitic interlayers - karstified and very permeable; 8) geological boundary; 9) transgressive boundary; 10) fault; 11) overthrust; 12) "photogeological" fault (for 8 to 12: dotted if presumed); 13) permanent spring (yl0, 10-100, 100 l/s); 14) intermittent spring; 15) estavelle; 16) swallow hole (ponor); 17) zone of ponors; 18) main groundwater flow direction; 19) groundwater connection; 19a) presumed groundwater connection; 20) surface water divide; 21) underground zonal water divide; 22) dug well; 23) drilled well; 24) observation borehole; 25) observation borehole; 26) intake structure; 27) permanent stream; 28) temporary stream; 29) accumulation; 30) retention.

dok M. Komatina (1975) određuje površinu sliva od 500 km². Međutim, svi ti podaci su približni, jer nemamo podataka o podzemnom odljevu voda u sliv Tihaljine koji bi se mogao djelomično ustanoviti tek nakon dobivanja rezultata trasiranja Kočerin i Mokrog polja, i donjeg toka rijeke Ugrovače (sl. 1).

Orografska granica sliva pruža se od istoka, počev od Kruševa prema sjeverozapadu, preko Žovnice i Pologa izlazi na sjeveru na najviše vrhove Čabulja planine, zaobilazi Rosne poljane i izbija na sjeverozapadu na Štitar planinu. Na sjeverozapadu orografska i podzemna razvodnica se poklapaju zaobilazeći polje Rakitno najvišim vrhovima promina naslaga. Dalje prema zapadu granica sliva ponovo postaje podzemna-zonalna, a proteže se od Tribistova preko Crnih Lokava, Broćanca i Vranića. Na južnoj strani granica sliva zaobilazi Kočern i Mokro polje s južne strane i preko najviših vrhova planine Trtla, u potpunosti zaokružuje orografsku vododjelnicu sliva Mostarskog Blata (Slišković, 1994).

Granica sliva na južnoj strani od Kočerina do planine Trtla nije u potpunosti određena, jer postoje hidrogeološke pretpostavke da podzemne vode putem ponora u okršenim krednim vapnencima napajaju izvore u dolini Tihaljine (Klokun, Grabovo vrilo, Vrioštica i Studenci). Velike površinske vode otječu potocima Maticom i Mokašnicom u Mostarsko Blato.

Prema podacima iz projekta Mostarskog Blata (HUMO et al., 1985) na temelju hidroloških opažanja pet vodotoka (Lištica, Ugrovača, Žvatić, Crnašnica i Mokašnica), u periodu od 1965. do 1979. ukupni rezultati mogu se svesti na slijedeće:

- Ukupni prosječni godišnji dotoci u Mostarsko Blato koji donose navedeni tokovi iznose 16.9 m³/s
- Od svih voda rijeka Lištica s Ugrovačom u prosjeku donosi 87% ili 14.3 m³/s.
- U sušnom periodu na raspolaganju su vode s izvora rijeke Lištice ($Q_{\min}=2.8$ m³/s) od kojih se veći dio odvodi irigacionim kanalima
- Poplave u Mostarskom Blatu pojavljuju se svake godine, što pokazuje da kapaciteti ponora i izgrađenog tunela ($Q_{\max}=50$ m³/s) nisu dovoljni za efikasnu odvodnju.

- Prema rezultatima trasiranja ponora Markovića jama u polju Rakitno (KOMATINA, 1975), od 2. studenog 1965. godine, obojana voda je počela istjecati na vrelu Lištice nakon 8 dana, a na vrelima Klokun i Vitina nakon 10 dana. Prividna brzina obojane vode prema izvoru Lištice iznosi 1.57 cm/s, a prema Klokunu 3.86 i Vrioštici 3.27 cm/s. To su podaci za visoke vode. Gubitak voda iz sliva Mostarskog Blata, prema rezultatima ovog trasiranja, počima na krajnjem sjeverozapadu sliva, a nastavlja se u donjem toku rijeke Ugrovače (Trn polje).
- Glavnina površinskih voda Mostarskog Blata otječe putem ponora na jugoistočnom rubu. Grupa sjevernih ponora daje vodu u sliv izvora Jasenice, a vode ponora na jugoistočnom rubu otječu prema nizvodnim vrelima Crno Oko i Arape Mlin u dolini rijeke Neretve. Površinske vode manjih krških polja (Kočerin, Trn i Mokro) pripadaju slivu Mostarskog Blata, a podzemne još uvijek nisu definirane jer trasiranje ponora u Kočerin polju i vodotoku potoka Matice nisu dala rezultate.

Prema podacima hidrološke studije izrađene za HE Jasenica, utvrđen je ulaz u Mostarsko Blato $Q_{sr}=14,22 \text{ m}^3/\text{s}$ za period 1957-1990. godina. Ulazni podaci su s vodomjera: Uzarici (rijeka Lištica), Žvatić, Knešpolje (Crnašnica) i Jare (Mokašnica). Oticač vode je kontroliran na vodomjeru Jasenica a dotječu sa sjeveroistočnih ponora i tunela "Varda", dok je nekontrolirani izlaz iz polja na ponorima u "Kruševu", gdje se na postojećem vodotoku registriju samo razine vode kada se formira prirodna retencija. Dakle, izlaz iz Mostarskog Blata čine vodomjer Jasenica $Q_i=8,84 \text{ m}^3/\text{s}$, a preostali dio od $5,38 \text{ m}^3/\text{s}$ ponorima Kruševa otječe na izvore Crno Oko i Arape Mlin u nizvodnom dijelu rijeke Neretve. U ovu vrijednost su uvršteni i gubici s jezerske površine evaporacijom. Kako vidimo ovi podaci se razlikuju od prethodno iznijetih za $2,68 \text{ m}^3/\text{s}$ što se može opravdati odvođenjem voda u vodovodni i irigacioni sistem, te dužim periodom opažanja, i greškama u proračunu.

4. MOGUĆNOSTI VODOOPSKRBE I KORIŠTENJA VODA

U slivu Mostarskog Blata mogućnosti vodoopskrbe i korištenja voda temelje se na poznavanju hidrogeoloških odnosa u sljevnom području, režimu istjecanja voda na izvorima i kapacitetu kopanih zdenaca i bušotina. Iz hidrogeološke karte (sl. 1) vidljivo je da se može izdvojiti nekoliko manjih slivova i kao glavni sliv vrela rijeke Lištice. Manji slivovi su: sliv potoka Slobodnice, Jelice i Vrpolja u Rakitnom polju, sliv Kočerin polja, Mokašnice, Crnašnice i Žvatića.

Sliv Rakitnog polja izgrađuju slabopropusne promina naslage (E, Ol), te fragmenti laporovitog neogena. U ovim stijenama iz blokova vapnenih masiva i konglomerata javljaju se izvori minimalne izdašnosti od 0,1-3 l/s, što uz eksploatacione bušotine može u potpunosti zadovoljiti potrebe lokalnog stanovništva. Značajan je i povremeni izvor Suvaja čija izdašnost doseže $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Sve velike vode iz prostora Rujan izljevaju se na tri krška-povremena izvora u Kočerin polju, a male vode se dreniraju ispod polja u pravcu sliva Tihaljine i Trebižata, van sliva Mostarskog Blata. Istražnim bušenjem na dubini od 100-200 m utvrđene su rezerve podzemnih voda od 8-10 l/s i u najvećem minimumu. Smjer podzemnog toka je prema jugu i jugoistoku, što bi trebalo dokazati trasiranjem.

Sve vode iz prostora Mokrog polja poniru i otječu prema jugu, a velike vode se prelijevaju u povremeni tok Mokašnice i otječu u Mostarsko Blato. Male rezerve podzemnih voda formirane su u kvartarnim glinovitim pjescima i koriste se na kopanim zdcencima za

zalijevanje. Istražnim bušenjem u karbonatnu podinu kvartara na dubini od 50-120 m, nalaze se za sada neutvrđene zalihe podzemne vode (Slišković et al.; 2000).

Podzemne vode iz prostranog karbonatnog područja sliva izvora rijeke Lištice istječu na stalnim krškim izvorima od Grbešića preko Mandića vrela do vrela Borak. Samo u periodu ekstremno visokih voda prorade povremeno i špilje u kanjonu Ladina, koji svoje početke ima u visokim predjelima Čabulja planine. Površina podzemnog sliva vrela Lištice iznosi cca 220 km². U periodu visokih voda izdašnost na vrelima iznosi više od 15 m³/s, a sliv se proširuje na područje sjevernih padina Čabulje, te u smjeru Rosnih poljana i Rakitnog. Višegodišnja minimalna izdašnost je 2.850 l/s. Vodozahvat za opskrbu Širokog Brijega uzima 250 l/s, a kanalski sustav za natapanje 2.000 l/s, a biološki minimum riječnog toka je 0,5 m³/s. Problem nastaje kod ekstremno sušnih godina kada se na uštrb natapanja ispušta više vode u riječni tok. Za sada se koristi 250 l/s za vodoopskrbu, jer je uključeno cca 40% naselja, a u perspektivi se predviđa izrada vodovodnog "prstena", oko Mostarskog Blata, a u taj sistem bi se uključili i mali vodovodi Uzorića, Knešpolja i Žvatića.

Koncentrirano istjecanje vode na izvorima rijeke Lištice, Crnašnice i Žvatića višestruko prelazi potrebe za vodoopskrbom, pa se viškovi vode koriste za natapanje i uzgoj ribe. Preko vrela Lištice, Crnašnice, Žvatića i Orovnika istječe i u najvećem minimumu preko 3.000 l/s vode.

LITERATURA

1. Humo, Dž. & Zahirović, S. (1985): *Idejno rješenje kompleksnog iskorištavanja prirodnih potencijala kraškog područja Mostarsko Blato*. - Posebno izdanje, Poslovna zajednica, Mostar, 153 str.
2. Komatina, M. (1975): *Hidrogeološke odlike slivova centralno-dinaridskog karsta*. - Beograd, 105 p.
3. Moićević, M. & Laušević, M. (1971): *Osnovna geološka karta 1:100.000 i tumač lista Mostar*. - Zavod za geol. Sarajevo, Sav.Geol. Zavod Beograd.
4. Raić, V. (1986): *Osnovna geološka karta M 1:100.000 i tumač lista Imotski*. - Zavod za geol. Sarajevo, Sav.Geol. Zavod Beograd.
5. Slišković, I. (1994): *On the hydrogeological conditions of western Herzegovina and possibilities for new groundwater extractions*. - Geol. Croatica, 47/2, 221-231.
6. Slišković, I. (1995a): *Hidrogeologija Hercegovine i utjecaj akumulacija na režim izvora*. - 1. hrvat. konf. o vodama, Zbornik, 2, Dubrovnik.
7. Slišković, I. (1995b): *Hidrogeološke značajke Hercegovine s posebnim obzirom na korištenje i zaštitu podzemnih voda*. - 1. hrvat.geol. kongres, Zbornik radova, 2, 541-546, Zagreb.
8. Slišković, I., Bilopavlović, V. & Terzić, J. (2000): *Hidrogeološke značajke sliva Mostarskog Blaga*. - 2. hrvat.geol. kongres, Zbornik radova, 773-778, Zagreb.
9. Zelenika, M., Bilopavlović, V. & Soldo, B. (1988): *Vode sliva Mostarskog Blata*. - Rudarsko-geološki glasnik, 2, 27-34, Mostar.

Autori:

Dr.sc. Ivan Slišković, viši znanst.suradnik, Institut za geološka istraživanja, Zagreb,
Sachsova 2; tel: 01/6160778, email: isliskovic@igi.hr

Vinko Bilopavlović, dipl.ing.geol., Elektroprivreda HZ-BiH, Mostar, Blajburških žrtava bb



Rad 4.27.

Analiza propagacije poplavnih valova rijekom Rječinom upotrebom matematičkog modela

**Luka Sopta, Danko Holjević, Senka Vuković, Nelida Črnjarić-Žic,
Siniša Družeta, Jerko Škifić**

SAŽETAK: Matematički model rijeke Rječine razvijen je pomoću računalnog programa SOPEX CLAW 1D-2D. Taj računalni program namijenjen je simulacijama jednodimenzionalnih nestacionarnih strujanja u rijekama ili kanalima i dvodimenzionalnih nestacionarnih strujanja u poplavnim područjima. Sadrži najnovije numeričke sheme, publicirane u najboljim svjetskim znanstvenim časopisima, koje omogućuju pouzdane rezultate simulacija strujanja vodnih valova čak i u vrlo složenim vodotocima, kao što je slučaj rijeke Rječine.

Radi matematičkog modela izrađen je digitalni model čitavog korita i potrebnog dijela terena sliva rijeke Rječine. Hidrološke analize provedene su nad postojecom bankom hidroloških podataka za sve mjerne postaje duž vodotoka Rječine. Matematički je model kalibriran, odnosno izabrani su koeficijenti preljeva i Manningovi koeficijenti trenja takvi da su odstupanja između izračunatih i izmjerenih vrijednosti najmanja. Kalibracijske simulacije provedene su za dvije osnovne grupe scenarija: onaj kad voda dotiče isključivo dotoka sa izvora Rječine te onaj kad voda dijelom dotiče i iz brojnih bocnih dotoka. Rezultati kalibracijskih simulacija pokazali su vrlo dobro slaganje proračunatih i izmjerenih visina vodnog lica odnosno protoka.

Također je provedena simulacija propagacije vodnog vala s ulaznim hidrogramom desetgodišnjeg povratnog perioda. Rezultati su GIS-tehnologijom uvedeni u kartografske prikaze poplavnih površina i time je izvršeno prvo zoniranje poplavnih površina za odabrani nivo povratnog perioda.

KLJUČNE RIJEČI: matematički model, numeričke sheme, računalni program, simulacije propagacije vodnih valova i plavljenja, kalibracija, zaštita i prevencija od poplava

Flood Wave Propagation Analysis for the Rječina Watercourse With the Aid of Mathematical Modeling

SUMMARY: The mathematical model for the Rječina watercourse was developed with the aid of the computer program SOPEX CLAW 1D-2D. This computer program is intended for simulation of one-dimensional nonstationary water flow in rivers and open channels and of two-dimensional nonstationary flow in flooded areas. It contains state-of-the-art numerical schemes published in the best international scientific journals, which enable reliable simulations of water wave propagation even in complex watercourses, as Rječina river is.

For the purpose of the mathematical modeling, a digital model of the entire riverbed and also of the necessary part of the Rječina river basin was developed. A hydrological analysis of the existing hydrological database for all the measurement stations along the Rječina river was carried out. The mathematical model was calibrated, i.e., weir coefficients and Manning friction coefficients

were chosen that minimize discrepancies between the measured and computed values. The calibration simulations were done for two basic groups of scenarios: one when the entire inflow comes only from the Rječina spring and the other when part of the water inflow also comes from numerous lateral inflows. Results of these simulations show a very good match between the computed and measured water levels and discharges.

Furthermore, a simulation of water wave propagation for the case of a ten-year return period was carried out. With the aid of the GIS-technology, the results were imported into the Rječina river basin maps, and this was the first evaluation of the flooded areas for the chosen return period.

KEYWORDS: mathematical model, numerical schemes, computer program, simulations of water wave propagation and flooding, calibration, flood control and prevention

1. UVOD

Rječina je karakterističan primjer krškog obalnog vodotoka. Od svog izvora na koti 325 m n. m. smještenog neposredno ispod planinskog masiva Obruča i Snježnika do ušća u more u središtu grada Rijeke u cijeloj dužini toka od 19307 metara (navedena dužina nešto je veća od starih podataka i posljedica preciznih geodetskih mjerenja provedenih u funkciji realizacije projekta [8]) prolazi kroz niz karakterističnih djelova. Gornji tok karakteriziran je manjim uzdužnim padovima, malim brojem poprečnih i uzdužnih vodnogospodarskih objekata i češćim pojavama izljevanja vode iz korita. Srednji tok karakteriziraju strmije obale, česta pojava njihove nestabilnosti i veći broj poprečnih stabilizacijskih vodnih stuba tzv. jazova. Pojave klizanja većih razmjera osobito su izražene na dijelu srednjeg toka u zoni akumulacije Valići pa sve do mosta Pašac. Nizvodno od navedenog mosta Rječina ulazi u kanjonski dio koji je usječen u vapnenačkoj stjenjnoj masi i predstavlja spoj srednjeg toka sa donjim tokom na čijem se kraju, u urbanoj jezgri grada Rijeke, Rječina ulijeva u more.

Hidrološki gledano Rječina ima veliki orografski sliv (218 km^2) i još značajniji podzemni posredni sliv čiji se uticaj najbolje ogleda u izdašnosti samog izvora i najveće lijeve pritoke Sušice. Protoka tijekom godine oscilira od potpunog prestanka tečenja do pojave velikih voda (najčešće u jesenjem periodu) koje mogu doseći nekoliko stotina kubika. Kod pojave jakih lokanih pljuskova značajni utjecaj na protok Rječine imaju i bočni površinski dotoci bilo u obliku većih bujica (Duboki i Jurašinski jarak) ili manjih vododerina i jaruga.

Poplavni vodni valovi u toku Rječine nastaju kao posljedica dugotrajnih oborina u cijelom slivu (osobito u planinskom dijelu gdje godišnje srednje vrijednosti prelaze tri tisuće litara po kvadratnom metru površine) u kombinaciji sa jakim lokanim pljuskovima u primorskom dijelu sliva. Propagacija vode i rast hidrograma otjecanja je u takvim situacijama vrlo brz (radi se o nekoliko sati) dok ukupni vodni val najčešće propagira tijekom par dana. U dijelu toka Rječine (uzvodno od Tvornice papira) pojave izlivanja su najviše izražena u gornjem toku i dijelu srednjeg toka. U gornjem toku radi se najčešće o prirodnim inundacijskim površinama neposredno uz korito vodotoka koje nisu urbanizirane, te kod pojave izljevanja vode ne dolazi do većih šteta. U srednjem toku, kao posljedica izgradnje infrastrukturnih objekata (cesta, mostova, cijevovoda, i sl.) te pojačane urbanizacije obala, što kod pojave poplava znatno povećava negativne posljedice, moguće su i značajne ukupne štete.

Upravo zbog navedenih karakteristika propagacije poplavnih vodnih valova izrazito je važna predikcija i provođenje svih oblika pripremniha mjera obrane od poplava. Jedan od najznačajnijih oblika je matematičko modeliranje tečenja u vodotocima [9, 11]. Pomoću tog pristupa moguće je precizno simulirati propagaciju poplavnih valova i odrediti moguće zone plavljenja, a u spoju sa hidrološkim analizama i rizike od poplava.

2. MATEMATIČKI MODEL RIJEKE RJEČINE

Matematički model kao i sve simulacije izvedene su pomoću računalnog programa SOPEX CLAW 1D-2D koji je razvijen u posljednjih 5 godina i danas je *state-of-the-art* softver za 1D simulacije strujanja u otvorenim kanalima i 2D simulacije poplavljanja. U sebi sadrži najmodernije numeričke sheme [1, 4, 6, 13, 14, 15, 16], testiran je na svim relevantnim akademskim test-primjerima i primjenjen na nizu studija za relane vodotoke [5, 7, 8, 10, 12].

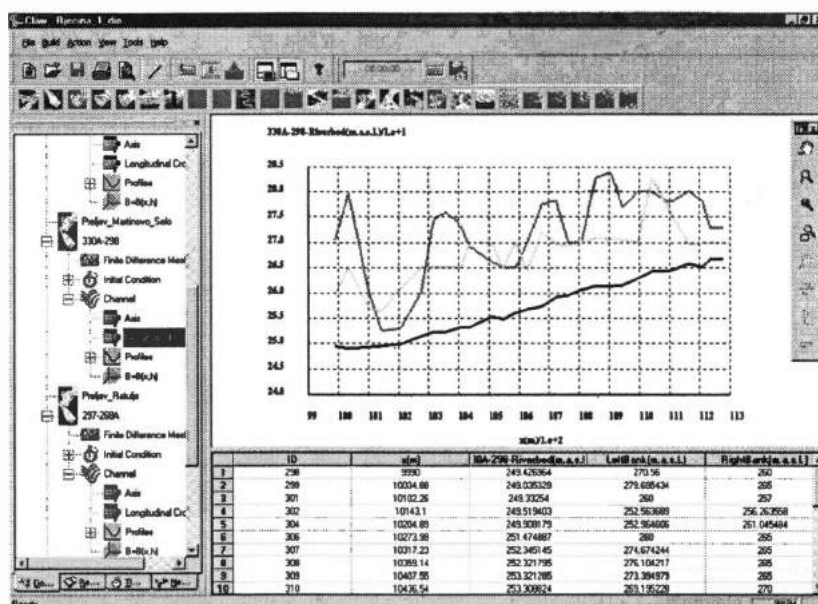
2.1. Vodotok Rječine

Vodotok Rječine modelirani je u programu SOPEX CLAW 1D-2D (slika 1) pomoću jednodimenzionalnih St. Venantovih jednažbi:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q, \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} + gI_1 \right) = gI_2 + gA(S_0 - S_f), \quad (2)$$

U jednažbama (1)-(2) je I , član koji se odnosi na sile uslijed hidrostatskog tlaka, I_1 član koji je određen silama uzrokovanim suženjima i proširenjima u vodotoku, S_0 nagib dna vodotoka, te S_f član kojim se modeliraju trenja, A površina omočenog presjeka, q bočni protok po jedinici duljine, x prostorna koordinata (duž osi kanala), $x \in (0, L)$, L duljina otvorenog vodotoka, te g ubrzanje sile teže.



Slika 1: Uzdužni profil dijela Rječine između Martinova sela i Ratulja u programu SOPEX CLAW 1D-2D

2.7. Poplavna područja

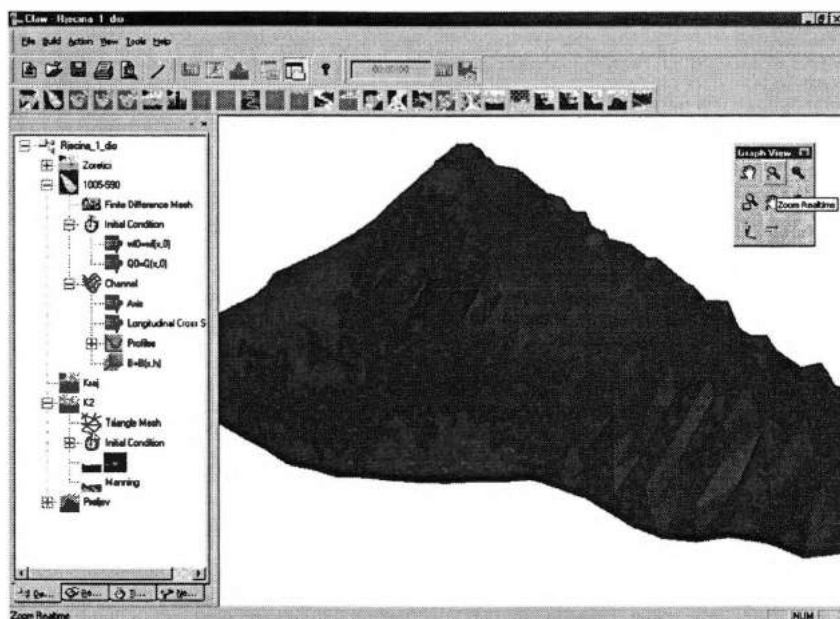
Na svim mjestima na kojima se pri nailasku velikog vodnog vala voda izlijeva iz korita Rječine, umjesto jednodimenzionalnog modela plitkih voda (1)-(2) nužno je primijeniti dvodimenzionalni model plitkih voda. Naime, Rječina, posebno u gornjem dijelu svog toka, ima relativno niske obale i kod većih protoka plavi okolna područja. Analizom profila i karata ustanovljeno je 18 takvih potencijalnih poplavnih područja što s lijeve, što s desne obale korita. Dakle, strujanje u poplavnom području, kao i kod čvorišta, u programu SOPEX CLAW 1D-2D (slika 2) modelirano je pomoću dvodimenzionalnih St. Venantovih jednadžbi:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hv_1)}{\partial x_1} + \frac{\partial(hv_2)}{\partial x_2} = 0, \quad (3)$$

$$\frac{\partial(hv_1)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_1} \left(hv_1^2 + \frac{1}{2} gh^2 \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} (hv_1 v_2) = gh \left(\frac{\partial z}{\partial x_1} - \frac{n^2 |v| v_1}{h^{4/3}} \right), \quad (4)$$

$$\frac{\partial(hv_2)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_1} (hv_1 v_2) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left(hv_2^2 + \frac{1}{2} gh^2 \right) = gh \left(\frac{\partial z}{\partial x_2} - \frac{n^2 |v| v_2}{h^{4/3}} \right). \quad (5)$$

Ovdje je t vrijeme, $x = (x_1, x_2)$ prostorne koordinate, $x \in \Omega$, Ω , područje strujanja vode, h dubina vode, $v = (v_1, v_2)$ brzina vode, g ubrzanje sile teže, $z = z(x)$ visina terena, te $n = n(x)$ Manningov koeficijent hrapavosti terena.



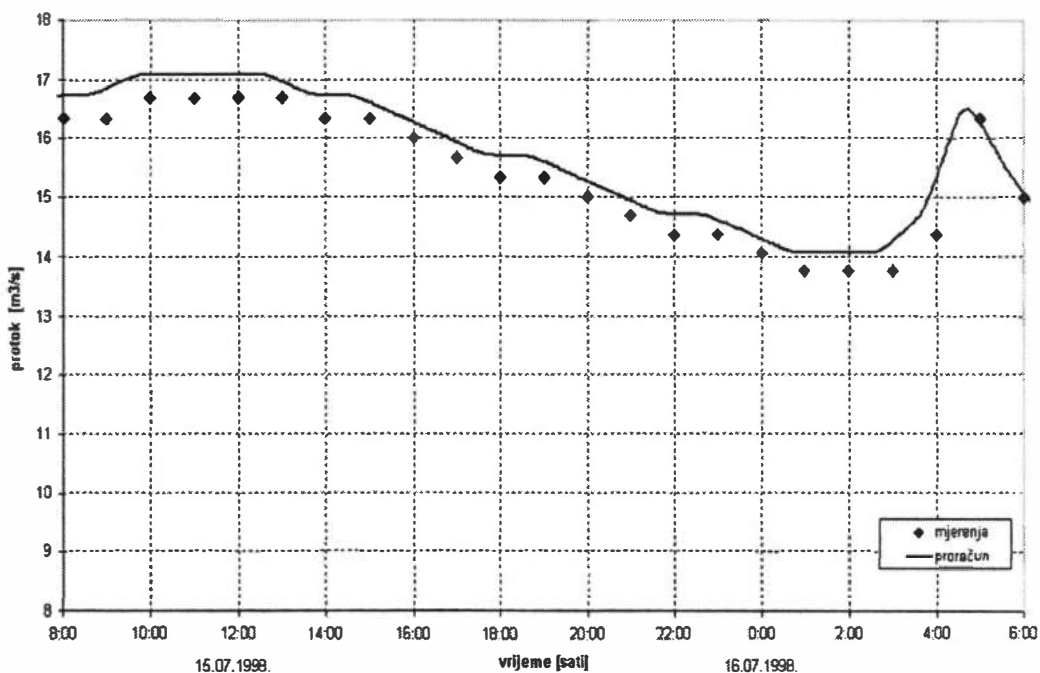
Slika 2: Visina terena poplavnog područja između profila 892 i 866 u programu SOPEX CLAW 1D-2D

2.3. Izvor, ušće i razni objekti

Osim vodotoka i poplavnih područja matematičkim modelom potrebno je obuhvatiti i sve druge objekte na Rječini. Tako je izvor Rječine modeliran kao uzvodni rubni uvjet zaranog protoka, ušće Rječine kao nizvodni rubni uvjet zadane razine vode, brojne vodne stube duž vodotoka kao unutarnji rubni uvjet preljeva, a bočni dotoci i dotok Sušice kao bočni točkasti izvori [3]. Posebno, brana Valići modelirana je kao rubni uvjet kod kojega se protok izračunava kao zbir protoka neovisnog otjecanja iz akumulacije prema turbinama HE Rijeka, protoka nekontroliranog prelijevanja preko cijele brane, mogućeg protoka kroz pukotinu u brani, te protoka preko preljeva i temeljnih ispusta brane.

3. SIMULACIJE PROPAGACIJA VODNIH VALOVA RJEČINOM

Prvi niz simulacija obavljen je radi kalibracije modela tj. optimalnog izbora Manningovih koeficijenata i koeficijenata preljeva na način da su odstupanja izračunatih i izmjerenih vrijednosti najmanja. Kalibracijski scenariji odabrani su na temelju analize prikupljenih hidroloških podataka [2]. Iz te analize zaključeno je da su za Rječinu karakteristična dva tipa propagacije vodnih valova, odnosno dva oblika hidrograma tečenja.



Slika 3: Usporedba mjerenih i proračunatih vrijednosti protoka na mjernom mjestu
Tvornica papira, prvi kalibracijski scenarij

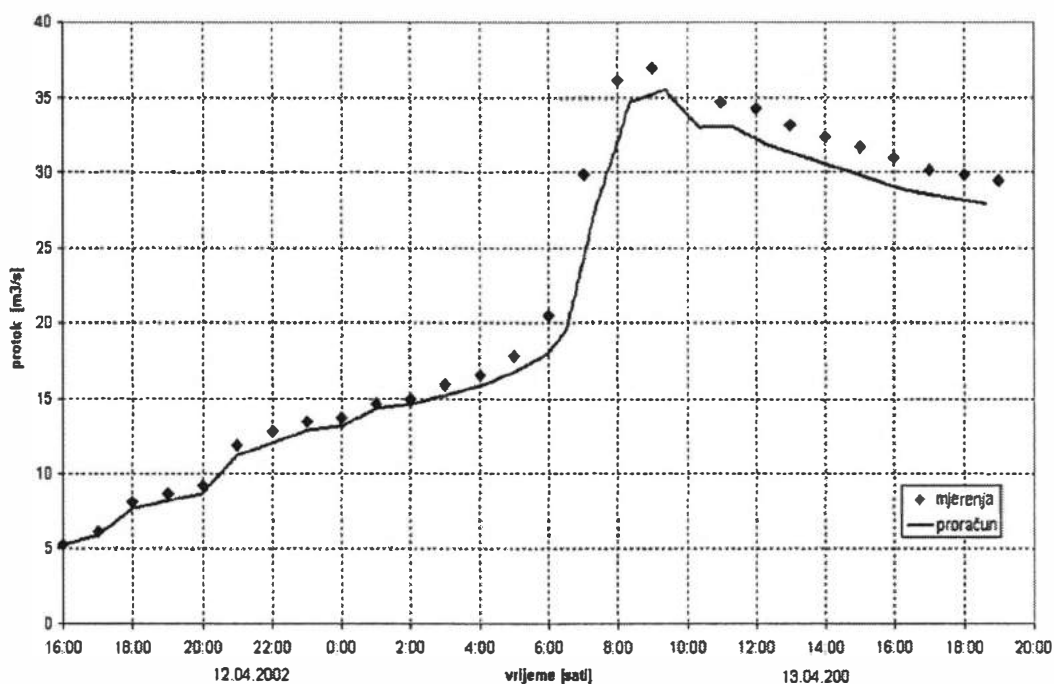
U prvom slučaju hidrogram otjecanja koji se pojavljuje u koritu Rječine kao posljedica pojave rasta protoke na izvoru Rječine, a bez pojave većih protoka u bujičnim pritocima. Navedeni hidrogram nije posljedica samo oborina u neposrednom slivu i karakterističan je za primorsko-goranski krš unutar kojeg se nalazi posredni i neposredni sliv Rječine. U drugom slučaju hidrogram otjecanja koji se pojavljuje u koritu Rječine kao posljedica

pojave većeg udjela površinskog otjecanja unutar neposrednog sliva, što se manifestira povećanjem protoke unutar bočnih bujičnih pritoka i vododerina, a u kombinaciji sa povećanom izdašnošću izvora Rječine rezultira većim protokama duž toka Rječine. Kalibracijski scenariji izabrani su tako da pokrivaju oba tipa propagacije.

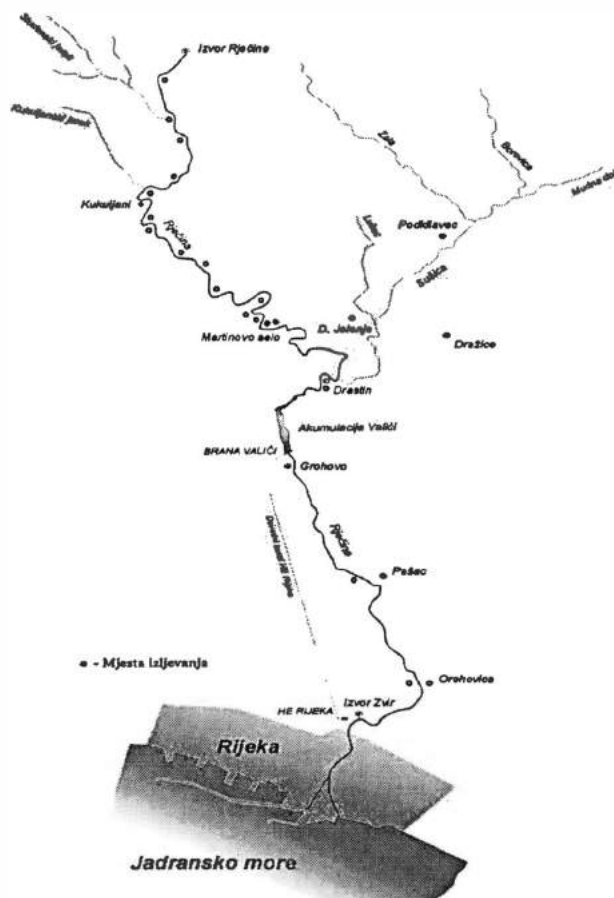
Neki od rezultata kalibracije dani su na slikama 3 i 4. Iz prikazanih usporedbi rezultata proračunatih i izmjerenih vrijednosti, može se zaključiti da kalibrirani matematički mode za Rječinu daje vrlo dobre rezultate u usporedbi sa izmjerenim vrijednostima. Prema tome, ovako uspostavljeni matematički model tečenja u Rječini može služiti za simulacije i analize različitih scenarija tečenja.

Zatim su izvršene i druge simulacije. Posebno, na bazi postojećih hidroloških obrada dugogodišnjih mjerenja duž toka Rječine i uz stručnu suradnju sa hidrologom Hrvatskih voda VGO Rijeka odabrana je simulacija propagacije vodnog vala desetgodišnjeg povratnog perioda. To je karakterističan scenarij jer se pojavljuje izlivanje iz korita Rječine i poplavljanje okolnih površina.

Rezultati simulacije prikazani su na pregledna karta sliva rijeke Rječine sa označenim poplavnim zonama na slici 4. Detaljna karta poplavnih zona kod Martinovog sela dana je na slici 5. Iz rezultata ove simulacije može se zaključiti da se Rječina u gornjem dijelu izliva iz korita već kod manjih protoka. Uzmemo li u obzir da se već za hidrogram desetgodišnjeg povratnog perioda voda izliva na ukupno 18 mjesta, sigurno je da bi za veće protoke (100- i 1000-godišnji povratni period) poplavljanje poprimilo znatno veće razmjere. U tom smislu, zaključuje se da su nužna daljnja istraživanja i simulacije strujanja na matematičkom modelu rijeke Rječine.



Slika 4: Usporedba mjerenih i proračunatih vrijednosti protoka na mjernom mjestu Zoretici, treci kailbracijski scenarij



Slika 5: Pregledna karta sliva Rječine sa oznacenim mjestima izljevanja



Slika 6: Karta poplavnih zona kod Martinovog sela

4. ZAKLJUČAK

Matematički model u računalnom programu SOPEX CLAW 1D-2D napravljen je za nestacionarno tečenje u rijekama ili kanalima i za dvodimenzionalno tečenje u poplavnim područjima vezanim uz korito rijeka, te je temeljen na novim numeričkim shemama, publiciranim u najboljim svjetskim časopisima [6, 14, 15, 16]. Rezultati primjene tog programa na razvoj matematičkog modela za simulacije propagacije poplavnih valova rjekom Rječinom prikazani u ovom radu pokazuju da daje kvalitetno podudaranje između mjerenih i izračunatih podataka.

Prema tome, izradom matematičkog modela tečenja omogućuje se simulacija propagacije poplavnih valova te kod njegove aplikacije u postojeći sustav obrane od poplava i značajan napredak odnosno unapređenje efikasnosti samog sustava, a osobito u smislu primjene nekonstruktivnih mjera obrane od poplava ne samo u Rijeci već i unutar cijele Hrvatske. Osim navednog uspostavom ovog modela tečenja, a duž cijelog toka Rječine stvara se temelj za buduću izradu modela oborina-otjecanje za sliv Rječine kao budućeg osnovnog modela za integralno gospodarenje ovim slivom. U okviru daljnje primjene uspostavljenog modela očekuje se njegova implementacija u rad službe za zaštitu od štetnog djelovanja voda pri VGO Rijeka odnosno provođenje daljnjih simulacija u smislu nestrukturalnih mjera obrane od poplava, a u okviru pripremnih mjera i aktivnosti prema važećim planovima obrane od poplava.

LITERATURA

1. García-Navarro, P., Vázquez-Cendón, M. E., (2000): On numerical treatment of the source terms in the shallow water equations, *Computers & Fluids* 29, 2000, pp. 951-979.
2. Grupa autora, (1999): Istraživanja na području sliva Rječine, Hrvatske vode – VGO Rijeka
3. Chaudry, M. H. (1993): *Open-Channel Flow*, Prentice-Hall, New Jersey
4. Hubbard, M. E. and García-Navarro, P., (2000): Flux difference splitting and the balancing of source terms and flux gradients, *Journal of Computational Physics* 165, 89, 2000, doi:10.1006/jcph.2000.6603.
5. Sopta, L. i suradnici, (1999): Simulacije propagacije vodnih valova južnim krakom rijeke Gacke od ustave Šumečica do Donjeg Švičkog jezera, Sopex d.o.o., Rijeka
6. Sopta, L., Crnjarić-Žic, N., Vuković, S., (2002): Numerical approximations of the sediment transport equations, *Proc. of the Conf. on Applied Mathematics and Scientific Computing*, pp. 267-280, (ed. Drmac, Hari, Sopta, Tutek, Veselić), Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002
7. Sopta, L., Vuković, S., Buntić, I., Družeta, S., Pintar, S., Škifić, J., (2000): Idejni projekt oteretnog kanala Gornja Švica – Gornje Švičko jezero, Sopex d.o.o., Rijeka
8. Sopta, L., Vuković, S., Družeta, S., Pintar, S., Škifić, J., (2002): Matematički model rijeke Rječine od izvora do Tvornice papira, Sopex d.o.o. i Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka
9. Sopta, L., Vuković, S., Holjević, D., (2000): Računalni modeli propagacije poplavnih valova na Gackoj i Rječini, Simpozij, Neum
10. Sopta, L., Vuković, S., Kranjčević, L., (2000): Matematički model poplavljanja donjeg toka Rječine, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka
11. Sopta, L., Vuković, S., Kranjčević, L., Petraš, J., Holjević, D., Plišić, I., (2001): A CFD

approach to flood forecasting in the case of the river Rječina, Croatia, Proceedings XXIX IAHR Congress, Beijing, China, September 17-21

12. Sopta, L., Vuković, S., Pintar, S., Škifić, J., (2001): Matematički model pucanja brane Valići i propagacije poplavnog vala, Sopex d.o.o., Rijeka
13. Vázquez-Cendón, M. E., (1999): Improved treatment of source terms in upwind schemes for the shallow water equations in channels with irregular geometry, *Journal of Computational Physics* 148, 499, 1999, doi: 10.1006/jcph.1998.6127.
14. Vukovic, S., Sopta, L., (2002): ENO and WENO schemes with the exact conservation property for one-dimensional shallow water equations, *Journal of Computational Physics* 179, 1-29, 2002, doi: 10.1006/jcph.2002.7076.
15. Vukovic, S., Sopta, L., (2002): High-order ENO and WENO schemes with flux gradient and source term balancing, *Proc. Of the Conf. On Applied Mathematics and Scientific Computing*, pp. 325-338, (ed. Drmac, Hari, Sopta, Tutek, Veselic), Kluwer Academic Publishers, Boston
16. Vukovic, S., Sopta, L., (2003): Upwind schemes with exact conservation property for one-dimensional open channel flow equations, *SIAM Journal for Scientific Computing*, accepted for publication

Autori:

red. prof. dr. sc. Luka Sopta, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci,
Vukovarska 58, Rijeka, tel: 051651493, fax: 051651490,
e-mail: luka.sopta@riteh.hr

mr. sc. Danko Holjević, dipl. ing. građ., Hrvatske vode, VGO - Rijeka,
Đ. Šporera 3, Rijeka, tel: 051666400, fax: 051336947,
e-mail: dholjev@voda.hr

izv. prof. dr. sc. Senka Vuković, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci,
Vukovarska 58, Rijeka, tel: 051651497, fax: 051651490,
e-mail: senka.vukovic@riteh.hr

assist. mr. sc. Nelida Črnjarić-Žic, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci,
Vukovarska 58, Rijeka, tel: 051651481, fax: 051651490,
e-mail: nelida@riteh.hr

Siniša Družeta, dipl. ing., Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci,
Vukovarska 58, Rijeka, tel: 051651497, fax: 051651490,
e-mail: sinisa.druzeta@riteh.hr

Jerko Škifić, dipl. ing., Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci,
Vukovarska 58, Rijeka, tel: 051651497, fax: 051651490,
e-mail: jerko.skific@riteh.hr



Rad 4.28.

Opravidanost izgradnje lagune kao izvora vode za navodnjavanje u zaštićenom prostoru

**Šoštarić Jasna, Paradiković Nada, Madjar Stjepan, Marko Josipović,
Dadić Miroslav**

SAŽETAK: Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi opravdanost izgradnje lagune kao izvora vode za navodnjavanje paprike u zaštićenom prostoru.

Korištena su dva izvora vode: iz lagune i voda iz bunara. za potrebe osiguranja dovoljne količine vode za navodnjavanje izgrađena je laguna veličine 100m x 64m x 4 M kapaciteta 25 600m³. Primijenjen je sustav navodnjavanja kap po kap. Kemijske analize vode pokazale su prisustvo znatno većih sadržanih vrijednosti: EC, natrija, kalija, kalcija, klora, magnezija, bikarbonata, sulfata, željeza i bora u vodi koja je korištena iz bunara u odnosu na vrijednosti vode iz lagune. Temperatura vode iz bunara je bila niža od minimalno dozvoljene i imala utjecaj na pad prinosa. Na dijelu površina koje su navodnjavane sa vodom iz bunara došlo je do nakupljana sluzi i začepljenja kapljača u sustavu, pogoršanja strukture supstrata, deformacije plodova i smanjenog prinosa. Statistička analiza podataka obavljena je metodom analize kovarijance trofaktorijskog pokusa (ABC) s po tri ponavljanja za svaki tretman. Pokusom je utvrđena apsolutna razlika učinkovitosti vode za navodnjavanje iz dvaju izvora na prinos paprike, koja je i statistički potvrđena ($P < 0,05$). Nadalje, potvrđena je i statistički opravdana razlika u prosječnoj težini ploda kod oba ispitivana hibrida paprike ($P < 0,05$). Međuzavisnost faktora «voda za navodnjavanje» (A) i «hibrid paprike» (B), odnosno (AB) također je statistički značajna i opravdana na granici $P < 0,05$. To znači da su oba hibrida paprike (Cecil F1 i Bianca F1) različito reagirala na primjenu vode iz lagune i vode iz bunara. Povećanje prinosa i smanjenje dužine vegetacije opravdalo je izgradnju lagune kao izvora vode za navodnjavanje.

KLJUČNE RIJEČI: izvor vode, navodnjavanje, paprika, staklenik, laguna

Justifiability of Lagoon Building as the Source of Water for Irrigation in the Glasshouse

SUMMARY: The aim of this paper was to determine justifiability building of a lagoon as a water source for pepper irrigation in the protected area.

Two main sources of water were used for irrigation in this experiment - the lagoon and well water. The lagoon of the size 100m x 64m x 4m and the capacity of 25,600 m³ was built to ensure adequate water supply. Drip irrigation system was applied for pepper production. In comparison to the lagoon water, the well water chemistry analysis has shown increased values of the following elements: EC, sodium, potassium, calcium, chlorine, magnesium, bicarbonate, sulfate, iron, and boron. Temperature of well water was lower than the allowed minimum and therefore had direct influence on the yield decrease. Consequently, areas that have been irrigated with well water have had problems with accumulation of slime and blocking of sprinklers, disturbed soil structure,

fruit deformation and decreased crop yield. Statistical data analysis was conducted by the method of covariation three-factorial trial (ABC) with three repetitions for each treatment. The trial showed absolute difference regarding water efficiency of water for irrigation from two sources, which has also been statistically determined ($P < 0.05$). Furthermore, statistically justified difference in the average weight of the fruit of each investigated pepper hybrid ($P < 0.05$) has been proven. Codependence of the factors «water for irrigation» (A) and «pepper hybrid» (B), i.e. (AB) is statistically significant as well, and justified at the $P < 0.05$ limit. This means that both pepper hybrids (Cecil F1 i Bianca F1) reacted differently to lagoon water and well water. Yield increase and shorter vegetation period justified the building of the lagoon as the source of water for irrigation.

KEYWORDS: water source, irrigation, pepper, glasshouses, lagoon

UVOD

Pri projektiranju i eksploatacije sustava za navodnjavanje, određivanje kvalitetnog izvora vode je od velike važnosti. Kao izvori vode mogu se koristiti prirodni ili umjetni vodotoci, prirodne ili umjetne akumulacije i voda iz bunara. Odabir izvora vode za navodnjavanje zavisi o raspoloživim resursima, materijalnim mogućnostima te o kvaliteti i kvantiteti raspoloživih izvorišta. Svako izvorište je dobro ako osigurava dovoljne količine kvalitetne vode. Količine vode koje treba osigurati izvorištem zavise od kulture koja se uzgaja, o klimatskim prilikama.

Potreba za vodom zavisi od vrste kulture, načinu uzgoja i dužine vegetacije. Od vremenskih uvjeta značajne su količine oborina, temperatura i relativna vlaga zraka, brzina vjetra i sati osunčanosti. Tip tla na kojem je uzgaja kultura koju navodnjavamo, posebice njegove fiziklane značajke, također imaju utjecaj na određivanje količine vode koju moramo osigurati izvorištem vode za navodnjavanje.

Osim kvantitete, iznimno je važna i kvaliteta vode kojom ćemo vršiti navodnjavanje. Kvalitetu vode za navodnjavanje određuju njena fiziklana, kemijska i biološka svojstva. Od fizikalnih svojstava to su: temperatura vode, suspendirane čestice te boja i mutnoća. Najznačajnija su kemijska svojstva od kojih se mora odrediti pH vode, ukupno otopljene soli, vrste i koncentracije aniona i kationa, mikroelemente, toksične ione i teške metale. Od bioloških analiza posebno je odrediti broj koliformnih organizama, patogenih klica i analizu biološke potrebe za kisikom (BPK). U ovom radu ispitivana su dva različita izvora vode za navodnjavanje: voda iz izgrađene lagune i voda iz bunara. Primjenjen je sustav navodnjavanja kap po kap u zaštićenom prostoru u uzgoju paprike.

MATERIJAL I METODE RADA

Ispitivanja su vršena u staklenicima «D. G.–PROMET» u Magadenovcu, istočna Hrvatska u razdoblju od 1998.-2000. godine. Ispitivanje je vršeno na hibridu paprike polubabure Cecil F1 i babure hibrid Bianca F. Poljski pokus je postavljen sa dva tretmana u tri ponavljanja tijekom tri godine na dva hibrida paprike. Sklop je bio 30 000 biljaka/ha.

U svrhu ispitivanja korištena su dva izvora vode za navodnjavanje. Prvi je voda iz lagune, veličine 100m x 64m x 4m, ukupne zapremine 25 600 m³. Cijela površina lagune je obložena specijalnom folijom koja je spriječavala infiltraciju u dublje slojeve tla. U lagunu se skupljala oborinska voda sa krova staklenika ukupne površine 1,5 ha. Temperatura vode u laguni u rano proljetnom razdoblju bila je 8-10°C, u spremniku staklenika je bila 18°C. U ljetom razdoblju temperatura vode bila je 22 do 26 °C i nije ju bilo potrebno prethodno zagrijavati na putu do biljke.

Drugi izvor vode je bunarska voda koja se crpila sa 64 m dubine. Temperature vode je bila 12 °C, a na putu do biljke prolaskom kroz cijevi zagrijava se za 2°C. U ljetnom razdoblju temperatura vode se povećavala za 4°C. Niske temperature vode za navodnjavanje negativno djeluju na razvoj biljaka, na mikrobiološke procese u tlu i na hranidbu biljaka. Minimalna temperatura vode za navodnjavanje iznosi 19°C, a optimalna 29-30°C [3]. Navodnjavanje hladnom vodom (12 do 14°C) može zaustaviti rast, naročito ako je temperatura tla niža od 20°C [1].

Uzorci vode za analizu uzimani su u staklene boce na mjestu usisavanja usisne cijevi. Ukupno je uzeto tri uzorka počevši od trenutka navodnjavanja, svakih 7 dana.

Analize kvalitete oborinske i vode iz bunara obavljena je u laboratoriju u Nalldwijk u Nizozemskoj.

Pokusna površina je bila veličine 3 000 m² od čega je 1 500 m² bilo navodnjavano vodom iz lagune, a 1 500 m² vodom iz bunara.

Navodnjavanje je bilo sustavom kap po kap. Cijevi za navodnjavanje su polietilenske izvedbe s perforacijom 0,8 mm; razmak između perforacije je 0,35 m. Radni pritisak je 0,5 do 1 Pa/m² a istek vode je bio 1,1 do 1,6 l vode/minuti, a jedno navodnjavanje je trajalo 3-4 minute.

Ovisno o potrebi vršeno je i navodnjavanje iz zraka mikro rasprskivačima koji su bili postavljeni na visinu 2,5 m. Po potrebi su se uključivali poluautomatski u trenutku kada je relativna vlaga zraka bila niža od 50% i uvjetima visoke evapotranspiracije. Na taj način su se poboljšavali uvjeti za oplodnju i održavala tenzija lista.

Paprika je uzgajana u grijanim staklenicima u smjesi supstrata bijelog i crnog treseta, smjesi organskih gnojiva i perlita Styromull sljedećeg kemijskog sastava: humus 8,24 %, pH 6,2 (u 1M KCl), AL-P₂O₅ 90 mg/100g, ALK₂O 36mg/100 g u supstratu. Agrotehnika (gnojidba, njega usjeva i ostalo) je prema propisanoj nizozemskoj tehnologiji za papriku Cecil F1 od proizvođača sjemena «Rijk Zwaan» i za papriku Bianca F1 od proizvođača sjemena «Enza Zaden».

Presadnice su se uzgajale u kontejnerima, i bile su izlagana dodatnom osvjetljenju, u trajanju od 14 sati/danu - dva tjedna sa Philipsovim HID lampama jačine 6 000 mW/m² sa (high – pressure sodium lamps). Jedna lampa ima 400W. Nakon presađivanja postavljene su dvije varijante pokusa u tri ponavljanja za oba hibrida.

Tijekom vegetacije posebno se vodilo računa o klimatskom režimu u zaštićenom prostoru. Optimalna relativna vlažnost zraka tijekom dana bila je 75-80% a tijekom noći 80-85%. Održavana je optimalna temperatura zraka koja je za sunčani dan bila 22-24 °C u fazi razvoja kotiledona do prva četiri lista, a kasnije je dozvoljena i nešto niža temperatura (za 2 °C). U vrijeme kad su bili oblačni dani temperatura zraka bila je od 18-20 °C a tijekom noći 16-18 °C. Navodnjavanjem je osigurana vlažnost tla u vrijednosti od 80-85% od maksimalnog vodnog kapaciteta. na dubini tla od 25 cm. Vlažnost tla je svakodnevno mjerena tenziometrima (Netafim Flori Sensor) na dubini 0,3 m.

Fertilizacija i fertigacija vršena je pomoću dozatora koji je prilagođen mreži za navodnjavanje proizvođača «Netafim» iz Israela.

Na ispitivanoj površini u staklenicima izveden je drenažni sustav koji se sastoji od keramičkih drenažnih cijevi promjera 50 mm i kolektora promjera 150 mm. Cijevi za drenažu su postavljene na dubini 0,70-0,90 m ovisno o terenu te na razmaku od 3 m. Za stakleničku proizvodnju sustav odvodnje je od velike važnosti koji je u ovom slučaju omogućio kvalitetan rad sustava za navodnjavanje.

REZULTATI I RASPRAVA

U tablici 1 prikazani su kemijski elementi sadržanih u vodi korištenoj za navodnjavanje iz lagune i bunara.

Tablica 1: Kemijski sastav korištenih voda za navodnjavanje

	Kišnica iz lagune	Voda iz bunara
EC (dS/m)	0,13 – 0,25	2,48
pH	6,0 -6,5	8,32
Natrij (mmol/l)	0,11	4,2
Kalij (mmol/l)	0,03	2,8
Kalcij (mmol/l)	0,19	3,28
Klor (mmol/l)	0,29	2,95
Magnezij (mmol/l)	0,09	1,36
Nitrat (mmol/l)	0,10	0,23
Bikarbonat (mmol/l)	0,02	2,3
Sulfat (mmol/l)	0,3	0,9
Željezo (mg/l)	0,7	4,0
Bor (ppm)	0,37	2,2
Soli (g/l)	0,24	1,97

Pokazalo se da su vrijednosti analize elemenata u vodi iz bunara nekoliko puta veće u odnosu na vrijednosti vode iz lagune. Natrij, klor, bikarbonati, a posebno željezo su prisutni u znatno većim količinama u vodi iz bunara. Povećana količina natrija i pogoršava strukturu supstrata i povećava potrebu za kalcijem, a prisustvo bikarbonata izaziva taloženje u sistemu za navodnjavanje i automatski sprječava i smanjuju količinu vode u dotoku do biljke.

Tablica 2: Standardi za kvalitetu vode (Verschoor, 1993.)

Klase kvalitete	EC (dS/m)	Na (mmol/l)	Cl (mmol/l)
1	< 0,5	< 1,5	< 1,5
2	0,5-1,0	1,5-3,0	1,5-3,0
3	1,0-1,5	3,0-4,5	3,0-4,5

Za procjenu kvalitete vode za navodnjavanje korištena je tablica klasifikacije vode prema Verchoor [4] tablica 2. Navedeni autor vodu za navodnjavanje klasificira u tri klase kvalitete, a najviša kvaliteta voda ima EC koji je manji od 0,5 dS/cm i sadrži manje od 1,5 mmol/l Na i Cl. U takvu, u najvišu klasifikaciju pripada voda iz lagune, dok voda iz bunara prema toj klasifikaciji pripada u treću, odnosno drugu klasu kvalitete vode.

Prema standardu za kvalitetu vode, analiza vode kišnice i vode iz bunara pokazuje da kišnica ima optimalan kemijski sadržaj dok analiza vode iz bunara ukazuje na veći problem slobodno možemo govoriti o lošoj kvaliteti prema navedenoj klasifikaciji.

Na dijelu površina koji je navodnjavan vodom iz bunara primijećeno je da je uslijed sadržaja kalcija i bikarbonata došlo do taloženja u cijevima, a zbog povećanih sulfata došlo je do nakupljanja sluzi i začepljenja perforacija u cijevima za navodnjavanje, osobito za vrijeme toplijih dana. Povećana količina natrija u vodi iz bunara, utjecala je, pri intenzivnom navodnjavanju, na pojavu vršne paleži na listu paprike. Došlo je i do razlika u strukturi supstrata gdje je supstrat koji je bio navodnjavan vodom iz bunara bio zbijeniji i biljke su sporije rasle. Prema (Branson-u 1978.) kod upotrebe voda sa visoki

sadržajem natrija dolazi do disperzije glinenih minerala i začepljenja pora tla, odnosno, do pogoršanja strukture tla. Bez obzira na optimalan sadržaj vode u tlu koji je na dubini od 25 cm bio 75% od maksimalnog vodnog kapaciteta rast, razvoj, i prinos paprike navodnjavane vodom iz bunara imala je dužu vegetaciju od 17 dana za hibrid *Cecil* a za hibrid *Bianca* za 6 dana. Kako se radi o vrlo skupoj stakleničkoj proizvodnji ova dužina vegetacije nije nimalo zanemariv ekonomski trenutak.

Tablica 3. Dani rasta do prve berbe kod paprika navodnjavanih vodom iz lagune i bunara

Hibrid	Dužina vegetacije do prve berbe (dani)		Razlika (dani)
	Voda iz lagune	Voda iz bunara	
Cecil	95	112	17
Bianca	113	119	6

Također je bio smanjen broj plodova po biljci kod paprike navodnjavanje vodom iz bunara i to za tri ploda po biljci za oba hibrida.

Tablica 4: Utjecaj vode za navodnjavanje na broj plodova i prinos paprike

Hibrid	Prosječan broj plodova po biljci		Prosječni ukupni prinos paprike (t/ha)	
	Voda za navodnjavanje iz lagune	Voda za navodnjavanje iz bunara	Voda za navodnjavanje iz lagune	Voda za navodnjavanje iz bunara
Cecil F1	38	35	154	139
Bianca	31	28	175	137

U ukupnom postignutom prinosu u 14 berbi dobili smo čak za 38 t/ha veći prinos kod hibrida Bianca na površinama navodnjavanim vodom iz lagune.

Dobiveni rezultati su i statistički obrađeni i prikazana je analiza kovarijance u tablici 5.

Tablica 5. Rezultati analize kovarijance

Faktor	F Vrijednost	p-razina značajnosti	P vjerojatnost
A	15,9887*	0,000565*	P<0,05
B	398,6075*	0,000000*	P<0,05
C	2,8962	0,0755410	P>0,05
AB	8,2647*	0,0085570*	P<0,05
AC	0,5072	0,608740	P>0,05
BC	1,2174	0,314380	P>0,05
ABC	0,7255	0,494836	P>0,05

Iz tablice 5 vidljivo je da su razlike u primjeni dvaju izvora vode za navodnjavanje (faktor A) statistički značajne kao i razlike u svojstvima i obilježjima promatranja kod oba ispitivana hibrida paprike (faktor B). Također, statistički je značajna i njihova interakcija (AB): združeno djelovanje različitog utjecaja vode za navodnjavanje (dva tretmana) i hibridne različitosti paprike (dva tretmana). To znači da su oba hibrida paprike (*Cecil F1* i *Bianca F1*) različito reagirala na primjenu vode za navodnjavanje iz lagune i bunara.

Zbog statističkih značajnosti za faktore A i B provedeno je ispitivanje razlika srednjih vrijednosti tretmana (LSD test). Razlike i značajnosti prikazane su u tablicama 6. i 7.

Tablica 6. LSD test na razini faktora A.

Voda za navodnjavanje	LAGUNA (a1)	BUNAR (a2)	Razlika	Značajnost
Prosječna težina ploda (g/plod)	155,67	147,95	7,72	P<0,05

Tablica 7. LSD test na razini faktora B.

Hibridi paprike	CECIL (b1)	BIANCA (b2)	Razlika	Značajnost
Prosječna težina ploda (g/plod)	137,64	165,98	28,34	P<0,05

ZAKLJUČAK

Analizirajući utjecaj dva različita izvora vode za navodnjavanje u stakleničkoj proizvodnji paprike, rezultati su pokazali da je paprika navodnjavana vodom iz lagune dala veći ukupan prinos, više biljaka po biljci i imala je kraću vegetaciju do prve berbe, što je od važnosti za skupu stakleničku proizvodnju.

Prilikom praćenja, zapažanja su nas dovela do zaključka da je unatoč dobre opskrbljenosti tla vodom tijekom rasta plodova paprike, navodnjavane bunarskom vodom, došlo do pojave deformiranih plodova i pojave vršne truleži paprike.

Temperatura vode iz bunara je bila niža od minimalno preporučljive vrijednosti. Zbog velikih temperaturnih u razlika u stakleniku i vode za navodnjavanje došlo je do stresa biljke, što se odrazilo i na smanjenje prinosa.

Voda iz lagune se pokazala kvalitetnija u odnosu na vodu iz bunara i utjecala je na veći ukupni prinos u svim tretmanima.

Na osnovi ispitivanja, preporuka je, ako postoji mogućnost, izgraditi lagun u kojoj bi se skupljala oborinska voda, i takvu vodu koristiti za navodnjavanje jer se pokazala kvalitetnijom u odnosu na vodu iz bunara.

LITERATURA

1. Lešić Ružica, Borošić J., Butorac I., Čustić Mirjana, Poljak M., Romić D. (2002) Povrćarstvo. Biblioteka posebnih izdanja, knjiga 94 Zrinski d.d. Čakovec, 311 str.
2. Romić D. Tomić F. (1997): Značajke vode Vranskog jezera u Dalmaciji kao kriteriji procjene pogodnosti za natapanje. Priručnik za hidrotehničke melioracije II. kolo Navodnjavanje
3. Tomić F. (1988): Navodnjavanje, Savez poljoprivrednih inženjera i tehničara Hrvatske i fakultet Poljoprivrednih znanosti sveučilišta u Zagrebu, 78
4. Verchor F. (1993): Irrigation and plastics in water conservation. Plasticulture 98, 1993/2.

Autori:

Doc. dr. sc. Šoštarić Jasna, Tel:031 224 262, e-mail: sjasna@pfos.hr

Doc. dr. sc. Parađiković Nada, Tel: 031 224 282, e-mail: darin.paradjikovic@os.tel.hr

Prof. dr. sc. Madjar Stjepan, Tel:031 224 272, e-mail: smadjar@pfos.hr

Mr. Sc. Dadić Miroslav

Poljoprivredni fakultet Osijek Trg Sv. Trojstva 3

Doc. dr. sc. Marko Josipović, Poljoprivredni institut Osijek



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.29.

Sustavni pristup projektiranju retencija

Željko Štefanek, Mladen Kerovec, Ranko Žugaj, Ljiljana Pavletić, Branko Žrvnar

SAŽETAK: U novije su vrijeme kod ostvarivanja retencija za obranu od velikih voda zahtjevi sve složeniji, a naročitu pozornost treba posvetiti usklađenosti prostornih planova i vodoprivrednih rješenja. Opisuje se pristup projektiranju retencija na malim – pretežito brdskim slivovima. Kod projektiranja uzima se u obzir: koristi od osiguranja nizvodnoga korita od velikih voda, povećane vrijednosti zemljišta, utjecaji retencija na vizualne kvalitete prostora (krajolik), utjecaji na biljni i životinjski svijet te kakvoću vode, utjecaji na kulturna dobra, infrastrukturne građevine i slično. Vrlo je značajno lociranje retencija na gospodarski manje vrijednom zemljištu. Rješavanju imovinsko-pravnih odnosa potrebno je posvetiti pozornost već od prvih istraživanja pa sve do građenja. Kako su retencije najčešće na vodotocima s premalo hidroloških podataka ukazuje se na specifičan pristup definiranju mjerodavnih hidroloških podloga (velike vode i nanos). Optimalnim dimenzioniranjem bitno se mogu smanjiti troškovi izgradnje uz ostvarivanje značajnih učinaka u redukciji vodnih valova te smanjiti nepovoljni utjecaji zahvata na okoliš. Pritom je važno ostvariti visoke kriterije sigurnosti brana. Zbog toga se njihovo planiranje, istraživanje, projektiranje, građenje i održavanje mora maksimalno prilagoditi ispunjenju svih postavljenih kriterija koji se u radu opisuju. Nakon izgradnje je potrebno provoditi odgovarajuća promatranja u svrhu kontrole utjecaja na okoliš i procjene sigurnosti objekata.

KLJUČNE RIJEČI: prostorni planovi, hidrološke podloge, utjecaj na okoliš, flora, fauna, krajobraz, retencija, brana, dimenzioniranje, nanos

Systematic Approach to Retention Design Engineering

SUMMARY: The requirements on retentions used in flood control have recently become more complex, and special attention is paid to achieving harmony between land-use plans and water management concepts. The paper describes a design approach to retentions built in small, mostly mountain catchments. The design must consider benefits from protection of the downstream channel against flood waters, increase in land value, retention impact on the visual quality of space (landscape), impact on flora and fauna, on water quality, cultural resources, public utilities infrastructure and the like. Siting of retentions in economically less valuable land is particularly significant. Resolving of property rights must be addressed from the first investigations to the beginning of construction. Since retentions are most frequently built on streams on which hydrological data are insufficient, the paper highlights a specific approach to defining of relevant hydrological input (floods and deposits). Determining of an optimum capacity could considerably reduce the construction costs and result in reduction of water waves i.e. abate the project environmental impact. However, tough dam safety requirements should not be neglected. Therefore, planning, research, design, construction, and maintenance of dams must meet all the specified criteria described in the paper to a maximum extent. Once a project construction is finished, the environmental impact and structure safety monitoring system must be set up.

KEYWORDS: land-use plans, environmental impact, flora, fauna, landscape, hydrological input, retention, dam, capacity, deposit

UVOD

Retencije treba sagledavati u sklopu cjelovitog gospodarenja vodama, a naročito kao neizostavni dio sustava za obranu od poplava. Porastom broja stanovnika te naseljavanjem nizinskih područja smanjuju se prirodni retencijski prostori, a štete od poplava se povećavaju. Zato je uz ostale mjere zaštite od velikih voda stvaranje umjetnih retencijskih prostora od najveće važnosti. Osim toga retencije doprinose zadržavanju otjecanja vode što im daje veliku prednost u odnosu na građevine koje evakuiraju vodu iz sliva. Da bi korist od njihove izgradnje bila veća od negativnih utjecaja potrebno je provesti sustavno projektiranje, koje podrazumijeva brigu o svim značajkama održiva razvoja.

PROSTORNI PLANOV I VLASNIŠTVO

Zakon o prostornom uređenju [6] propisuje da se svaki zahvat u prostoru provodi sukladno dokumentima prostornog uređenja, posebnim propisima i lokacijskom dozvolom. Obzirom da lokacijska dozvola može biti izdana jedino na temelju važećih dokumenata prostornog uređenja, nužno je da prostorni planovi i vodnogospodarska rješenja budu međusobno usklađeni.

Dokumentima prostornog uređenja određuje se svrhovita organizacija, korištenje i namjena prostora te mjerila i smjernice za uređenje i njegovu zaštitu. U dokumente prostornog uređenja ubrajaju se Strategija i Program prostornog uređenja Države, Prostorni planovi i drugi dokumenti prostornog uređenja. Za realizaciju retencija od posebne su važnosti prostorni planovi nižih razina: Prostorni planovi županija i Prostorni planovi uređenja gradova i općina.

Cjeloviti sustav obrane od poplave prikazuje se na nivou županijskog prostornog plana. Tijekom izrade prostornog plana prostorni planer mora, u suradnji s izrađivačima rješenja, sustav uskladiti s ostalim aspektima organizacije i razvoja prostora. Preporuča se lokacije svih planiranih građevina na razini prostornih planova uređenja gradova i općina što detaljnije odrediti, obzirom da preciznost lokacije olakšava izdavanje lokacijske dozvole. Vlasništvo nad zemljištem i pravovremeno rješavanje imovinsko-pravnih odnosa presudni su za uspješnu izgradnju retencija, pa im pažnju treba posvetiti već u najranijoj fazi projekta. Određivanje granica otkupa i strukture vlasništva u slivu značajni su za utvrđivanje troškova i utjecaja na stanovništvo i lokalnu zajednicu (socijalnu sredinu). Ukoliko bi zbog izgradnje trebalo raseliti određen broj osoba s njihovih stalnih prebivališta potrebno je poduzeti sve mjere da se osigura njihov normalan nastavak življenja te da zbog interesa zajednice ne trpe osobnu štetu, naročito ako im je zemljište izvor prihoda.

HIDROLOŠKE PODLOGE I DIMENZIONIRANJE

U velikoj većini slučajeva za vodotoke na kojima se projektiraju retencije nema hidroloških motrenja i mjerenja ili su ona nedostatna. U takvim se slučajevima za određivanje mjerodavnih maksimalnih protoka i hidrograma velikih vodnih valova te količina nanosa koji se zadržava u retenciji, koristi iskustveni pristup.

Iskustvene su formule izvedene za različita slivna područja, čije se značajke otjecanja velikih voda međusobno značajno razlikuju. To je osnovni razlog postojanja velikih razlika u veličinama maksimalnih protoka definiranih na osnovi različitih iskustvenih formula. Zbog toga se javljaju i stavovi da ih uopće ne treba rabiti [1], a prevladava mišljenje da iskustvene formule treba oprezno koristiti. Prvenstveno je preporučljivo

rabiti formule izvedene za regiju u kojoj se nalazi sliv ili formule izvedene za regije s vrlo sličnim glavnim značajkama otjecanja velikih voda. Maksimalni se protok može izračunati prema nekoliko različitih iskustvenih formula, pa se onda kao mjerodavna usvaja prosječna vrijednost maksimalnoga protoka [8].

Za slivove u Hrvatskoj najčešće se rabe racionalna formula (za maksimalne protoke različitih povratnih razdoblja) i SCS metoda (za maksimalne protoke i hidrograme velikih vodnih valova različitih povratnih razdoblja). Velikoga opravdanja ima i korištenje Srebrenovićevih iskustvenih formula [3] i njegova hidrograma velikih vodnih valova [4] - pogotovo za sliv Save - za koji su te formule izvedene.

Smatra se ispravnim velike vode odrediti kao rijetke pojave različitih povratnih razdoblja. Stupanj sigurnosti kojim se definira velika voda mjerodavna za dimenzioniranje određenih tehničkih zahvata obično se određuje ili propisuje na temelju ocjenjivanja. Pravilnije bi međutim, bilo da se mjerodavna velika voda određuje ekonomskim računom, usporedbom šteta uzrokovanih velikim vodama s troškovima koje zahtjeva zaštita od tih voda. Kako su ti računi ponekad nepouzdana, primjenjuje se ocjena stupnja sigurnosti, koji je različit za različite objekte ili zahvate u slivu pa se prognoze odnose na prirodno (neporemećeno stanje) [8]. Pritom se ne smije zanemariti činjenicu da se vodni režimi polagano tijekom vremena ili naglo uslijed nekoga zahvata mijenjaju, što otežava ili remeti prognoze velikih voda.

Kod dimenzioniranja retencija potrebno je utvrditi visinu brane ovisno o: volumenu retencijskog prostora, vodnom valu i ispuštanju vode kroz evakuacijske organe. Analiza treba pokazati za koliko se transformira određeni vodni val, odnosno koji su učinci takve retencije.

Uobičajeno je osigurati prihvrat 100-godišnjega velikog vodnog vala uz ispuštanje kroz temeljni ispust količina vode kapaciteta koju nizvodno korito može prihvatiti. Za tako dimenzioniranu retenciju provjerava se 10000-godišnji veliki vodni val koji se sa sigurnošću po branu može prelići preko preljeva i ispustiti kroz temeljni ispust. Kriteriji u pogledu sigurnosti velikih brana u cijelome svijetu, prema izvještajima ICOLD-a [2], postaju sve stroži iz razloga novih iskustava s većim vodnim valovima na izvedenim branama zbog učestalih pojavljivanja nepovoljnih velikih voda do kojih dolazi uslijed promjena rasporeda padalina tijekom godine, a i iz drugih razloga.

Pražnjenje ukupnog volumena retencije ispuštanjem kroz temeljni ispust potrebno je osigurati po mogućnosti u što kraćem vremenu – reda veličine nekoliko dana - čime bi se izbjegla potreba zaštite uzvodnog pokosa od djelovanja valova. Osim toga moguće je da se unutar vremena od nekoliko tjedana, ponovi veliki vodni val koji bi u tom slučaju naišao na neispražnjenu retenciju, što bi bilo vrlo nepovoljno.

Različiti su stavovi o tomu treba li na temeljnom ispustu zatvarač ili ne. Prema definiciji "retencija je spremište za vodu iz kojega se voda nekontrolirano ispušta, za razliku od akumulacija iz koje se voda ispušta kontrolirano" [8]. Prema toj definiciji na temeljnom ispustu ne bi trebalo ugrađivati zatvarač pomoću kojega će se regulirati i kontrolirano ispuštati voda, već voda treba nekontrolirano prolaziti kroz ispust odabranih dimenzija. Pritom konstrukcija brane treba zadovoljiti zahtjeve za povremeno kraće zadržavanje vode u retencijskom prostoru. Ukoliko se ipak odabere profil temeljnoga ispusta sa zatvaračem koji, obzirom na stanje nizvodnoga korita, može biti fiksiran za određeni protok, to zahtijeva propisano upravljanje retencijom, ali nikako potpuno zatvaranje temeljnoga ispusta. Formiranje stalnog uspora vode promijenilo bi namjenu retencije u akumulaciju, za što ona nije dimenzionirana. Konstrukcija temeljnoga ispusta većega

presjeka sa zatvaračem, u slučaju ugroženosti brane, omogućuje naglo pražnjenja što je s aspekta sigurnosti brane vrlo prihvatljivo.

Retencijama se predviđa prihvaćanje nanosa iz sliva do odabranoga pregradnog profila. Predviđeni volumen za prihvatanje nanosa je vrlo različit – odabire se za razdoblje od jedne do pedeset godina, što znatno utječe na visinu brane. Čišćenjem mrtvoga prostora barem svakih pet godina u sklopu redovitoga održavanja retencijskoga prostora i temeljnoga ispusta, osigurat će se kontrola i sigurno upravljanje retencijom. Za taj se materijal treba osigurati odgovarajuće deponije. U slučaju odgovarajućega sastava nanosa moglo bi ga se primjerice koristiti za održavanje šumskih cesta, što je potrebno ustanoviti odgovarajućim istraživanjem.

Veće ispuštanje vode i smanjenje mrtvoga prostora može rezultirati znatno nižim visinama brana. Dakle, glavni je cilj postići optimalan odnos između učinka redukcije vodnoga vala, sigurnosti brane i cijene građenja, što se pokazalo mogućim [5].

UTJECAJI NA OKOLIŠ

Utjecaji na biljni i životinjski svijet te kakvoću vode javljaju se tijekom građenja i korištenja retencije, zbog čega je potrebno poduzeti mjere za njihovo ublažavanje.

Tijekom gradnje potrebno je ograničiti kretanje teške mehanizacije na što manje područje, a sav višak materijala redovito odvoziti na za to predviđene deponije. Posebnu je pozornost potrebno obratiti na opasnost da tijekom pretakanja goriva ili servisiranja vozila ne dođe do nekontroliranog istjecanja štetnih tvari u tlo ili vodotok. Te mjere zaštite prvenstveno bi smanjile negativan utjecaj na vegetaciju.

Tijekom korištenja neće doći do bitnih promjena u florističkom sastavu i strukturi biljnih zajednica, pogotovo tipova prilagođenih vlažnijim staništima, obzirom da se retencije samo povremeno i kratkotrajno pune vodom. Ukoliko će poplavljivanje biti češće odnosno redovitije, onda bi moglo doći do stvaranja sloja muljevitog sedimenta. Takav dugotrajniji utjecaj doveo bi neizbježno do naseljavanja i povećanja udjela vrsta koje uspijevaju na hranjivima bogatijim tlima, prvenstveno nekih korovnih i ruderalnih vrsta biljaka.

Retencije se pune vodom izuzetno brzo i bez ikakve pravilnosti i redovitosti, što za vrijeme zimskog razdoblja neće imati značajniji utjecaj na faunu, ali tijekom ostalog dijela godine može doći do određenih problema. Zbog nepravilnosti i neredovitosti u pojavljivanju, životinje se nemaju prilike prilagoditi i izbjeći nadiranje vode. Prema tome, vjerojatno će dolaziti do redovitog stradavanja određenog broja životinja, kao što su ptice, sisavci, gmazovi te mnogobrojni kukci.

Gradnjom retencija moguće su ugrožene vrste: ptice te neke vrste sisavaca, pogotovo tijekom razmnožavanja. Međutim, što je predviđena površina retencije manja u odnosu na područje u kojem obitavaju moguće ugrožene vrste, njezin će utjecaj biti manje značajan. Sadnjom živice oko retencije moglo bi se omogućiti gniježđenje pticama iznad kote uspora.

S obzorom da će retencija u određenoj mjeri imati i ulogu taložnice, tj. u njoj će se zadržavati određena količina nanosa, koji između ostalog sadrži i organske čestice i hranjive soli, zbog čega bi njen utjecaj na kakvoću vode nizvodnog dijela toka uglavnom bi trebao biti pozitivan. No, ako bi došlo do jakog ispiranja nataloženog sedimenta, moglo bi doći do pogoršanja kakvoće vode nizvodnog dijela toka.

S obzirom da će temeljni ispušt biti stalno otvoren, retencija će se isprazniti za najviše nekoliko dana. Treba naglasiti da retencija nema utjecaj na male i srednje vode. Smanjenje

velikih voda neće biti takovo da bi moglo negativno utjecati na dinamiku i količinu podzemnih voda nizinskog dijela toka, što je vrlo važno za očuvanje flore i faune.

Retencijska će brana sa svim pratećim građevinama izazvati promjenu slike prostora u kojem će biti sagrađena. Stupanj ove promjene ovisit će o odabranom tipu brane te uređenju i načinu održavanja pregradnog mjesta i retencijskog prostora.

Nasuta brana uređenog uzvodnog i nizvodnog pokosa sukladno krajobrazu podneblja, tip je brane koji će se u sliku prostora uklopiti relativno jednostavno te se u cjelini može smatrati manje agresivnim zahvatom u odnosu na druge tipove brana. Kako bi se smanjila morfološka promjena prostora, potrebno je odabrati optimalnu visinu brane te razmotriti mogućnost da se umjesto jedne velike planira više manjih. Vidljivi beton najbolje je što više izbjegavati ili oblagati grubo klesanim kamenom, a preporuča se i korištenje gabiona. Boljem uklapanju u postojeći ambijent pridonijet će i projekt krajobraznog uređenja pregradnog mjesta i retencijskog prostora koji bi trebao biti sastavni dio glavnog projekta građevine.

Veliki utjecaj na vizualne kvalitete prostora može imati nanos koji će se sakupljati u zaplavnom prostoru. Ovaj će nanos izmijeniti pedološki sastav tla i vegetacijski pokrov čime će se znatno degradirati prostor u kojem je formirana retencija. Stoga je nužan redoviti odvoz nanosa koji bi se morao obavljati u vremenskim ciklusima ne duljim od pet godina, a u osjetljivom prostoru i znatno češće (nakon svakog plavljenja retencije).

Novosagrađene retencijske brane često prekidaju postojeće infrastrukturne građevine što zahtijeva izgradnju zamjenskih građevina. Insistiranje na kriteriju da cijela trasa zamjenske ceste bude premještena izvan retencijskog prostora često ima za posljedicu zahvat koji je po svom karakteru ponekad agresivniji od same brane. Premještanje cijele trase državne ili županijske ceste izvan retencijskog prostora ima zbog značaja ceste opravdanje, ali je za sve ceste nižeg reda, uzimajući u obzir kratko trajanje prekida prometa, prihvatljivije samo njeno premještanje izvan područja zaposjedanja branom i učestalijeg plavljenja te spuštanja u retencijski prostor [7].

U pravilu retencije treba locirati na gospodarski manje vrijednom zemljištu, što je naročito značajno za one dijelove koji se trajno zaposjedaju ili su češće pod vodom. Zbog toga je nužan detaljan obilazak terena za odabir pregradnog mjesta. S druge pak strane uslijed povećanja stupnja obrane od poplava povećati će se vrijednosti zemljišta nizvodno od brane, a smanjiti štete od poplave u naseljenim područjima.

ISTRAŽIVANJE I MONITORING

Istraživanja za ostvarenje retencija trebalo bi provoditi prema detaljno izrađenom programu istraživanja. Potrebno je na odabranim lokacijama istražiti slijedeće:

- *slivno područje*
 - litostratigrafski sastav
 - tektoniku
 - hidrogeološka svojstva naslaga
 - eroziju, bujice i nanos
 - kakvoću vode
- *područje retencije*
 - stabilnost padina
 - parametre za odabir pregradnoga mjesta

- *pregradno mjesto*
propusnost naslaga i ocjena vododrživosti
parametre za temeljenje građevina
- *nalazišta materijala*
količinu i svojstva raznoga glinovitoga i kamenoga materijala
količinu i svojstva kamena
količinu i svojstva glinovitoga materijala

Predlažu se primijeniti hidrološke, biološko-ekološke, geodetske, hidrogeološke, inženjerskogeološke i geofizičke metode, istraživačko bušenje, iskopi i laboratorijska testiranja te duge metode. Na osnovi istraživanja provedenih u minimalno dvije faze mogu se usvojiti koncepcijska i tehnička rješenja retencija.

Monitoring treba provoditi u svrhu kontrole utjecaja na okoliš i sigurnosti građevina, također, prema unaprijed usvojenom programu promatranja.

ZAKLJUČCI

Izgradnja retencija nije nepoznata u našoj vodnogospodarskoj praksi, pa ipak retencije ne zauzimaju ono mjesto koje im pripada. Češće se zaštita od poplava rješava regulacijama vodotoka. Zato o retencijama treba razbijati predrasude, kao agresivnim i kompliciranim zahvatima u prostoru (fotografija 1) i popularizirati ih kao vrlo korisne građevine.



Fotografija 1: Retencija Štefanovec

One predstavljaju u sustavu obrane od poplava zahvate s najmanjim utjecajima na okoliš i njihovom izgradnjom mogu se značajno smanjiti regulacijski radovi na vodotocima, a time i troškovi izgradnje. Ponekad retencije nemaju alternative (kao što je primjer urbanih zagrebačkih retencija). Retencije nisu samo brane i građevine na pregradnom mjestu, već prostori posebne namjene koje treba sagledati sa svih aspekata. Retencije zadržavaju

vodu u slivu, što ima pozitivan utjecaj na razinu podzemnih voda, posebno u odnosu na današnje stanje izgrađenosti i uređenja zemljišta, u kojem su bitno smanjene prirodne razine podzemnih voda.

Preporuča se ostvarivati retencije što većeg učinka izgradnjom što manjih brana, ali nikako na štetu sigurnosti brana i okoliša. Upravo u takvim rješenjima treba pronaći realne varijante koje se mogu realizirati u praksi. Negativna iskustva vezana uz (ne) rješavanje imovinsko-pravnih odnosa velika su prepreka za istraživanje i izgradnju retencija. Potrebno je izraditi što kvalitetnija vodnogospodarska rješenja koja treba uskladiti s ostalim korisnicima prostora i ugraditi u prostorne planove. To će bitno doprinijeti da se skрати vrlo složena procedura ishoda građevinskih dozvola.

Na graditeljima retencija je velika odgovornost za uspješnost ovakvih zahvata u prostoru.

LITERATURA

1. Bidovec, F. (1971): *Metoda računa vjerojatnosti nije odgovarajuća metoda za određivanje velikih voda rijetkih učestalosti*, Vodoprivreda, Vol. 3, br. 13-14, 715-723.
2. Fridolf, T. (2001): *Design flood for dams – analysis of the Swedish guidelines, (Proceedings of the ICOLD European Symposium, 25 to 27 June 2001, Geiranger, Norway)*, Dams in a European Context, A.A.Balkema Publishers, 2001
3. Srebrenović, D. (1970): *Problemi velikih voda*, Tehnička knjiga, Zagreb.
4. Srebrenović, D. (1986): *Primijenjena hidrologija*, Tehnička knjiga, Zagreb.
5. Štefanek, Ž. i dr. (2001): *Obrana od poplava Stubičkih Toplica, Retencija Burnjak, Idejno rješenje*, Hidroinženjering d.o.o, Zagreb
6. Zakon o prostornom uređenju
7. Žrvnar, B. i dr. (2002): *Retencije na potoku Gradna, Studija utjecaja na okoliš*, Hidroinženjering d.o.o, Zagreb
8. Žugaj, R. (2000): *Hidrologija*, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Autori:

Željko Štefanek, dipl. ing. građ., Hidroinženjering d.o.o, Okučanska 30, 10000 Zagreb, Hrvatska, telefon +385 1 28 58 121, faksimil 29 95 181, e-mail: hidroinzenjering@zg.hinet.hr

prof. dr. sc. Mladen Kerovec, dipl. ing. biol., Zoologijski zavod, Biološki odsjek PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, Trg F. Roosevelta 6/II, 10000 Zagreb, Hrvatska, telefon +385 1 48 77 719, faksimil 48 26 260, e-mail: mkerovec@zg.biol.pmf.hr

prof. dr. sc. Ranko Žugaj, dipl. ing. građ., Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska, telefon + 385 1 46 05 434, faksimil 48 36 064, e-mail: rzugaj@rgn.hr

Ljiljana Pavletić, dipl. ing. građ., Hrvatske vode, VGO za vodno područje primorsko-istarskih slivova, Đure Šporera 3, 51000 Rijeka, Hrvatska, telefon + 385 51 66 64 12, faksimil 33 69 47, e-mail: pavletic@voda.hr

Branko Žrvnar, dipl. ing. arh., Hidroinženjering d.o.o, Okučanska 30, 10000 Zagreb, Hrvatska, telefon +385 1 28 58 121, faksimil 29 95 181, e-mail: b.zrvnar@hidroinzenjering.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.30.

Vodni režim Parka prirode Kopački rit

Zdenko Tadić, Ognjen Bonacci, Ivan Radeljak, Lidija Tadić,

SAŽETAK: Vodni režim Parka prirode Kopački rit do sada je malo izučavan unatoč činjenici da predstavlja izuzetno važan element postanka i opstanka toga područja. U radu se daju osnovni elementi punjenja i pražnjenja područja Parka prirode Kopački rit te analize tokova voda pri raznim vodnim stanjima koji su definirani na temelju raspoloživih podataka. Uočena su dva zasebna područja koja u većem dijelu godine imaju neovisne vodne režime u razdoblju malih i srednjih voda dok jedinstveni vodni režim postoji samo u razdoblju velikih voda. Posebnost ova dva područja izražena je i u promjenama brzina vode pri raznim vodostajima. Jedinstveni prostor Parka prirode Kopački rit zahtjeva i daljnje analize uočenih procesa vodnog režima.

KLJUČNE RIJEČI: vodni režim, punjenje, pražnjenje, tok vode, Kopački rit

Kopački Rit Nature Park Water Regime

SUMMARY: The Kopački Rit Nature Park water regime has not been adequately and sufficiently researched despite the fact that it is an important element determining the origin and survival of the area. The paper presents the essential elements of the Kopački Rit Nature Park discharge and recharge and analyses of the water flows under different water conditions defined on the basis of the available data. Two separate areas have been noticed with different water regimes during low and medium waters, and a unified water regime during high waters (floods). This area is also specific for changes in water flow rates at different water levels. The unique location of the Kopački Rit Nature Park requires further analyses of the noticed water regime trends.

KEYWORDS: water regime, discharge, recharge, water flow, Kopački rit

1. Uvod

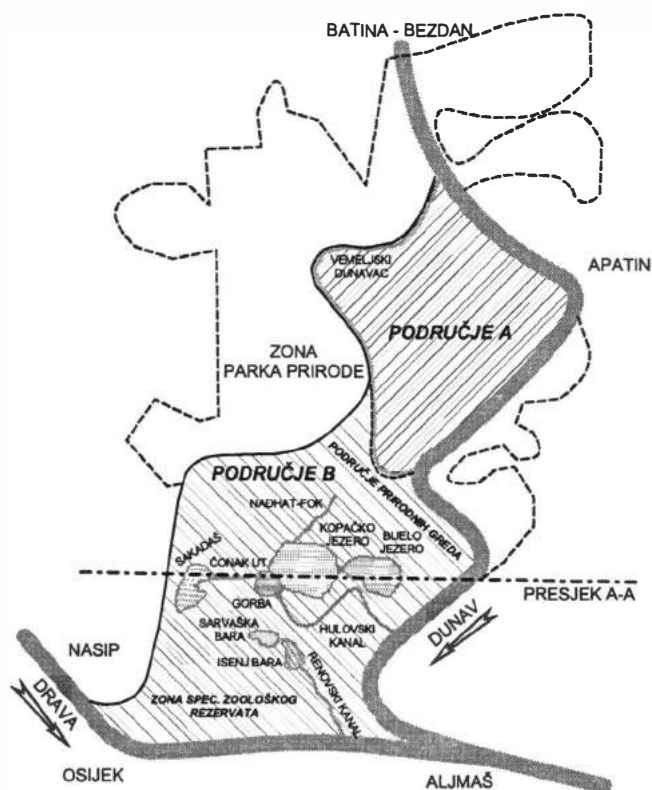
Područje Parka prirode Kopački rit unutar inundacije Dunava površine cca 18 000 ha (područja A i B na Slici 1) obuhvaća područje zoološkog rezervata te uzvodni dio inundacijskog područja koje prati ranije tokove Dunava s naglašenim i vidljivim oblicima meandarskih aktivnosti. U sjevernom dijelu – područje A, postoji stalno tečenje vode tako da su procesi zasipavanja ovog prostora sporiji pa u njemu dolazi do odlaganja krupnijeg pjeskovitog materijala. Tečenje je uvjetovano činjenicom postojanja brojnih prirodnih kanala, dijelova starog korita Dunava ali i ponekim umjetnim kanalom, a odvija se općenito u smjeru sjever – jug prema donjem, južnom dijelu Kopačkog rita.

Južni dio Kopačkog rita označen slovom B na Slici 1 tipično je močvarno područje u kojem prevladava fluvijalno močvarni tip reljefa. Na ovom prostoru voda uglavnom stagnira stvarajući močvare i/ili plitka jezera. Na njemu je dominantna okomita

komponenta vodne bilance. Ulazak i izlazak vode iz ovog dijela prostora zavisi prvenstveno o razini vode Dunava. Ovdje dolazi do odlaganja sitnog, muljevitog nanosa punog organskih materijala i hranjiva. Zbog toga su u tom prostoru stvoreni uvjeti za razvoj brojnih biljnih i životinjskih vrsta i njihovih zajednica. S druge strane zbog obilja hranjiva, minerala, soli i drugih kemijskih spojeva, ovaj je prostor potencijalno ugrožen i od eutrofikacije. Kako su dubine postojećih jezera malene i rijetko prelaze dva metra u njima postoji samo osvijetljeni (eufotički) ili produktivni (trofogeni) sloj.

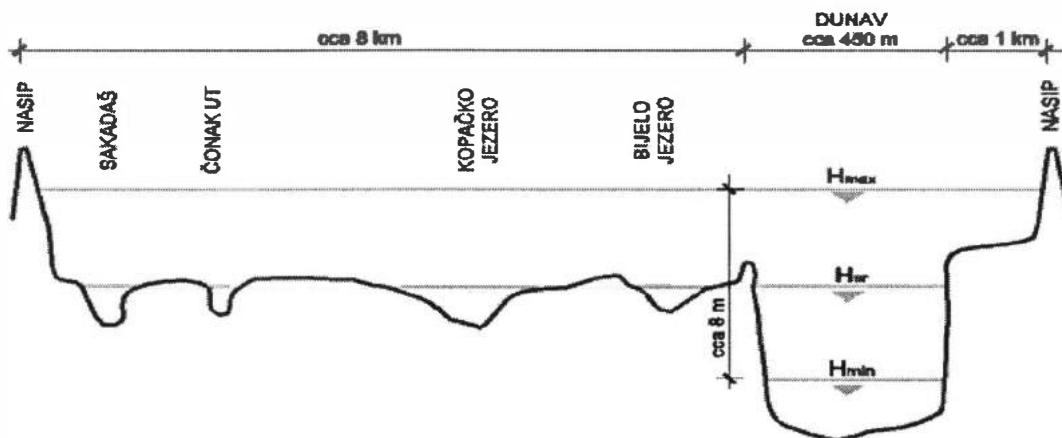
Spoj gornjeg i donjeg područja ostvaren je preko prirodnog praga Nadhat. Kod velikih voda kada Dunav puni cijeli rit, voda se preljeva iz gornjeg u donji dio preko prirodnih pragova Nadhat, Feher, Siladhat i Matičeve grede. Ispod ovog područja nalazi se područje zoološkog rezervata – područje B.

Područje zoološkog rezervata – područje B, obuhvaća površinu od cca 7000 ha. U hidrološkom pogledu ovo područje karakteriziraju Sakadaško, Kopačevsko i Bijelo jezero, niz bara kao Sarvaška, Isenj i druge, te spojni kanali Čonakut, Gorba i Hulovski kanal. Područje je močvarnog karaktera sa višim terenom na istoku prema Dunavu i nižim prema Sakadašu odnosno jugu. Dominantni utjecaj na hidrološki režim ima Dunav te je osnovna komunikacija voda istok-zapad-istok. Povišenjem ili sniženjem voda Dunava, puni se i prazni ovo područje. Spoj s Dravom odvija se Renovskim kanalom, ali Drava nema bitnijeg utjecaja na hidrološke karakteristike ovog područja. Drugačiji hidrološki režim moguć je jedino za vrijeme vrlo visokih voda kada dolazi do prelijevanja voda iz gornjeg područja u područje zoološkog rezervata te dijelom dotokom vode Renovskim kanalom (područje B na Slici 1).



Slika 1. Shematski prikaz podjele područja Parka prirode

Ekološku ravnotežu ili laički rečeno zdravo stanje cjelokupnog sustava Kopačkog rita održava postojeći hidrološki režim prije svega Dunava a potom i Drave. U hidrološkom režimu bitan parametar su vodostaji. Kako su vodostaji vezani s protocima, a pošto ta veza nije jednoznačna, hidrološki režim Kopačkog rita uputnije je analizirati korištenjem vodostaja. U Tablici 1 dane su vrijednosti minimalnih (H_{min}), srednjih ($H_{50\%}$) i maksimalnih (H_{maks}) vodostaja te srednjih protoka (Q) izmjerenih na četiri vodomjerne postaje na Dunavu i dvije vodomjerne postaje na Dravi, koje se nalaze u širem području Kopačkog rita.



Slika 2. Karakteristični poprečni profil A-A (vidi Sliku 1)

Za područje Parka prirode Kopački rit od velike su važnosti poplavna razdoblja kada Dunav potpuno preplavi područje Kopačkog rita. Ovakve situacije zavise o stohastičkim elementima hidrološkog režima Dunava, te se u prosjeku dogode 1-2 puta godišnje.

Voda je tijekom tisućljeća ulazeći i izlazeći iz Kopačkog rita stvorila posebne morfološke oblike koji su postali staništem brojnih biljnih i životinjskih vrsta. Biološka raznolikost koja je na prostoru Kopačkog rita doista ogromna, a stoga i odgovarajuće vrijedna, izravna je posljedica hidrološkog režima. Prije svega, ona je rezultat vlažnog, ravničarskog i močvarnog prostora.

Visoki vodostaji u Kopačkom ritu, a time i poplavljenost njegovog većeg dijela, javljaju se u prirodnom režimu od veljače do svibnja dok niski vodostaji prevladavaju od kolovoza do siječnja. Pod prirodnim hidrološkim režimom misli se na stanje prije nego što je čovjek poduzeo veće zahvate na uzvodnom dijelu slivova i korita Drave i Dunava ali i u prostoru Kopačkog rita. Kako su svi radovi poduzimani tijekom devetnaestog i dvadesetog stoljeća, a raspolaže se samo s mjerenjima hidroloških parametara od sredine do kraja dvadesetog stoljeća, saznanja o stvarnom prirodnom hidrološkom režimu zasnovana su na nedovoljno pouzdanim pretpostavkama. Kako je s druge strane upravo u drugoj polovini dvadesetog stoljeća došlo do snažno izraženih utjecaja promjena i/ili varijacija klime ali i utjecaja čovjeka na hidrološki režim Dunava i Drave ovi podaci moći će poslužiti za procjenu recentnih i za naše analize, najvažnijih procesa.

Veza između hidrologije i ekologije na ovom je području snažna i izravna. Tijekom velikih voda u prostoru plitkih i relativno toplih voda u kojima postoji obilje hranjiva, mriješte se značajne količine i brojne vrste riba. Njihova je brojnost razlogom obilja vrsti i broja ptica (posebno močvarica) koje se hrane ribama. Tijekom poplava stradaju brojni kopneni organizmi koji služe za prehranu riba, a dijelom i ptica.

Kada se krajem ljeta voda povuče u vlažnim prostorima Kopačkog rita postoje idealni uvjeti za naglo bujanje vegetacije koja služi kao hrana ali i zaštita pticama i kopnenim organizmima, a posebno kopnenim sisavcima kao što su jeleni, srne i divlje svinje. Povlačenje vode uzrokom je da brojne vodene životinje (ribe, školjke itd.), ostaju zarobljeni na suhom ili u plitkim barama te na taj način predstavljaju lako dostupnu hranu za suhozemne organizme.

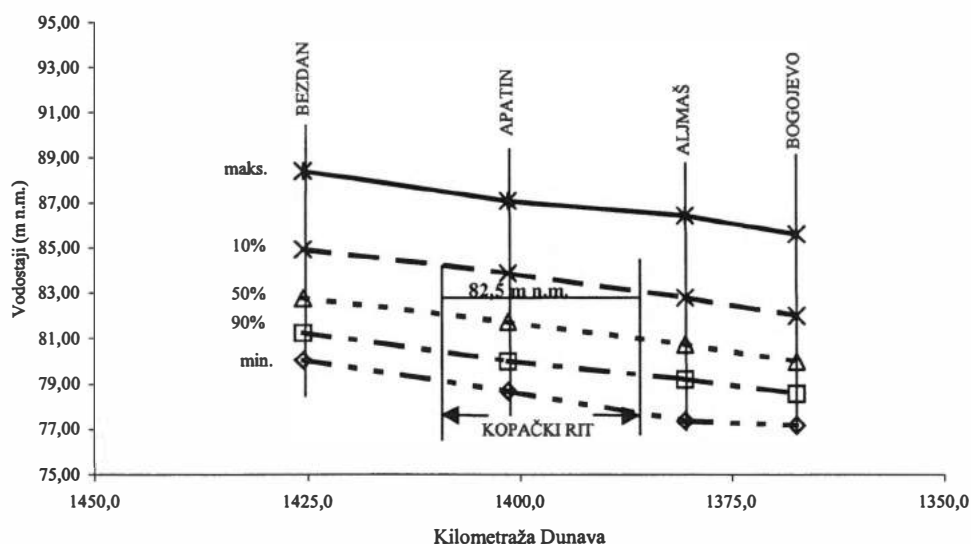
Prostor Kopačkog rita na taj način omogućava bogatu dvostruku bioprodukciju svim vrstama biljaka i životinja kako onih akvatičnih tako i onih suhozemnih. Važno je uočiti da se ta velika i vrijedna biološka raznolikost zasniva na prirodnoj kompeticiji između postojećih vrsti. S hidrološkog gledišta to izravno navodi na zaključak da bilo kakve mjere koje se misli poduzimati na ovom prostoru trebaju podržavati ili čak i poboljšati takovo stanje. Činjenica je da je mnogo lakše izreći ovaj zaključak nego što je moguće shvatiti što i kako stvarno poduzeti te provesti u praksi. Za tako nešto bit će potrebna uska suradnja biologa, ekologa i hidrologa. Kopački rit pravi je poligon za takvu vrstu interdisciplinarnu suradnje koja je i u svijetu rijetka, ali za kojom se osjeća snažna potreba.

Tablica 1. Karakteristični vodostaji i protoci Dunava i Drave

RIJEKA	STANICA	VODOSTAJI (m n.m.)			PROTOCI (m ³ /s)
		H _{min}	H _{50%}	H _{max}	Q
DUNAV	BEZDAN	80,06	82,79	88,40	2085
	APATIN	78,70	81,74	87,08	-
	ALJMAŠ	77,40	80,76	86,44	-
	BOGOJEVO	77,21	80,01	85,61	2571
DRAVA	BELIŠĆE	84,23	86,00	90,26	491
	OSIJEK	79,82	82,27	86,90	-

Na Slici 3 prikazane su razine vode Dunava na potezu od Bezdana do Bogojeva, dakle na dužini od 58,10 km, određene za pet stanja kako slijedi: 1) Najniži vodostaji (min); 2) Niski vodostaji (90% trajanja); 3) Srednji vodostaji (50% trajanja); 4) Veliki vodostaji (10% trajanja); 5) Najveći vodostaji (max). Na Slici 3 je uctan i položaj Kopačkog rita a naznačena je i kota 82,5 m n.m., koja se uzima kao visina kada u Kopački rit započinje masovniji ulaz površinskih voda iz Dunava. Na ovu kotu treba gledati uvjetno i kritički, jer je ulaz ili izlaz voda diktiran razlikom vodostaja u Dunavu i Kopačkom ritu. Osim toga ulazi i izlazi voda, nezanemarljivi po količini, odvijaju se dispergirano i podzemnim putovima.

Kota 82,5 m n.m. [1, 6, 10] koja je ključna za procese preljevanja u Kopačkom ritu odgovara trajanjima nižim od 50% što znači da punjenje Kopačkog rita, a time i njegovo plavljenje, traje kraće od pola godine. Razni autori o ovom bitnom elementu ekologije slatkih voda daju vrlo različite podatke. To je samo po sebi razumljivo stoga što tehnički, tj. kvantitativno nije definiran pojam poplave u Kopačkom ritu. Parametre za određivanje stanja poplavljenosti Kopačkog rita bit će moguće postaviti tek onda kada se ustanovi sustav



Slika 3. Uzdužni prikaz vodostaja Dunava od Bezdana do Bogojeva

monitoringa površinskih i podzemnih voda u ovom prostoru. Pri tome će biti potrebno organizirati motrenje na najmanje tri automatska registratora površinskih i podzemnih voda. Uz to će se prvi zaključci moći donijeti poslije najmanje dvije pune godine motrenja. Pri vršenju hidroloških analiza u ovako ekološki osjetljivim prostorima, ne smije se zaboraviti na činjenicu prirodne varijabilnosti hidroloških parametara u vremenu, tj. od godine do godine [3, 5]. Prvenstvenu i najveću opasnost biološkoj održivosti cjelokupnog ekološkog sustava Kopačkog rita predstavljaju dugotrajne suše. Međutim, i one igraju određenu pozitivnu ulogu u biološkim procesima ovog prostora. Kada se one ne bi ciklički javljale, tj. kada bi poplave trajale predugo došlo bi do promjena u svim elementima ovog ravničarskog, vlažnog prostora koji bi uzrokovali promjene biološkog sastava njegove flore i faune. Kako bi se to stvarno odrazilo na biološku raznolikost Kopačkog rita stvar je koju trebaju izučiti biolozi. Prema tome procese plavljenja i presušivanja treba kao prvo detaljnije izučiti te pokušati povezati s biološkim posljedicama. U ovom trenutku to će biti izrazito teško načiniti prvenstveno stoga jer nedostaju čak i osnovne podloge o stanju vodnosti u prostoru Kopačkog rita. Procjenu stanja vodnosti moguće je tek djelomično izvršiti na osnovi opažanja vodostaja rijeka Dunava i Drave pri čemu najviše korisnih informacija za prostor Kopačkog rita daju podaci sakupljeni na vodomjeru Apatin.

Područje je u pojedinim zimskim razdobljima potpuno pod ledostajom.

2. PROCESI PUNJENJA I PRAŽNJENA RITA

Prema [1, 2] morfološki se gotovo neprimjetni prijelaz iz Kopačkog rita u poloj Drave i Dunava može vezati s nadmorskom visinom od 82,5 m n.m. Sam proces izmjena voda tj. njihovog ulaza i izlaza iz Kopačkog rita bitno je složeniji i u suštini nedovoljno rasvijetljen. Izmjena površinskih voda najvećim se dijelom izravno odvija preko Hulovskog kanala na čijem je kraju izgrađen prag na visini 79,5 m n.m., ali i kroz Vemeljski Dunavac [5, 6, 10]. Preko Hulovskog kanala se odvija vidljivi dio komunikacije

površinskih voda Kopačkog rita i Dunava (Slika 4). Međutim, mnogo obimniji transport ili izmjena vodnih masa između Kopačkog rita te Drave i Dunava odvija se preko brojnih, malih, obraslih i slabo vidljivih tokova, starih rukavaca i depresija a posebno tečenjem podzemnih voda. Ove procese nemoguće je kontrolirati a za sada ne postoji niti pogodna metoda kojom bi ih bilo moguće mjeriti i grubo procijeniti. Sve što je prethodno navedeno ukazuje na to da u današnjem stanju saznanja nije moguće pouzdano odrediti elemente bilance voda ovog prostora.

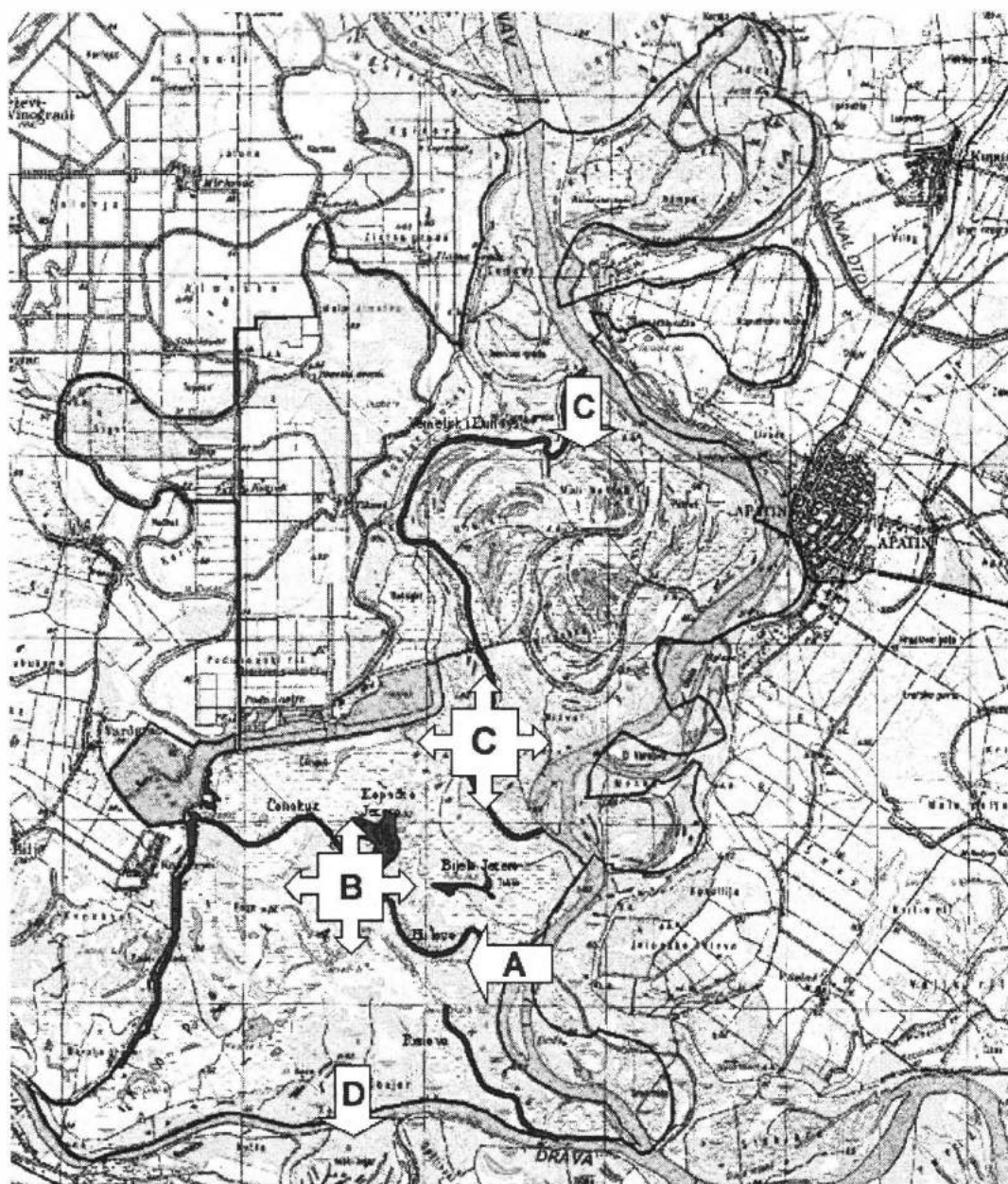
Prema dosadašnjim saznanjima [4, 7] Kopački rit se nalazi u režimu voda Dunava u snažnoj interakciji s režimom voda Drave. Geografi su došli do zaključka da vodostaji i protoci Drave i Dunava u proljeće počinju rasti zbog otapanja snijega i leda u Alpama gdje se nalaze njihova izvorišta. Pošto Drava ima kraći tok do spoja s Dunavom, njene vode do Kopačkog rita brže stignu od voda Dunava. Vodni val Drave dijelom se stoga retencionira i u koritu Dunava u području ušća stvarajući tako barijeru vodnom valu Dunava koji stiže nešto kasnije. Spomenuta činjenica uz postojanje nekih morfoloških zapreka (meandara i prije svega Daljske uzvisine) utječe na to da se tada vode Dunava na ušću s Dravom uspire i podignu, čime se izravno utječe na njihovo masovnije ulaganje u prostor Kopačkog rita uz odlaganje nanosa u njemu. To je razlog da je Dunav ovdje oblikovan kao delta, tj. stvoren je niz rukavaca općeg naziva "Dunavac".

Plavljenje područja Parka prirode Kopački rit ovisi o vodnom režimu Drave i Dunava kojima s proljeća, uslijed otapanja velikih količina snijega i leda u Alpama, raste vodostaj [8,10]. Nailaskom Dunavskog vala velike vode, korito Dunava ne može primiti ukupne količine vode, te se vode Dunava razlijevaju i počinju ulaziti sustavom kanala u Kopački rit uzrokujući plavljenje.

Pri analizi plavljenja područja Kopačkog rita potrebno je naglasiti da postoje dva odvojena sustava unutar plavljenog područja, tj. sjeverni dio Parka koji se plavi direktno izlivanjem Dunava i iz Vemeljskog Dunavca koji teče paralelno s Dunavom, te južni dio Parka (posebni zoološki rezervat) koji se puni preko Hulovskog kanala koji je postavljen okomito na tok Dunava i predstavlja proboj prirodnog nasipa koji je izgradio Dunav. Ostatak Parka prirode branjen je nasipima (Kopačevo-Zmajevac), crpnim stanicama (Podunavlje, Tikveš i Zlatna Greda) i ustavom Kopačevo.

Vode Dunava razlijevaju se u ritu iznad kota 81,50 m n.m. (odnosno vodostaja +300 na vodomjeru Apatin) (A), do te kote vode su uglavnom u koritu vodotoka ili u granicama bara i jezera. Prosječno trajanje ovih vodostaja Dunava je 50%. Pri tim vodostajima Kopački rit se dominantno puni putem Hulovskog kanala. Porastom vodostaja Dunava na 82,00 m n.m. pune se putem unutarnje kanalske mreže i sve ostale bare (B), iznad 82,00 m n.m. Prosječno trajanje vodostaja iznad 82,00 m n.m. iznosi 40%. Kopački rit počinje se puniti i iz Vemeljskog Dunavca (C). Kada vodostaj dosegne 83,00 m n.m. poplavljen je cjelokupni prostor Kopačkog rita. Trajnost ovih vodostaja je 30% (D).

U pražnjenju i punjenju područja Parka prirode Kopački rit važnu ulogu imaju prirodne "grede" – prirodne zemljane barijere koje usmjeravaju tokove voda. U funkcionalnom smislu približno do kote 82,50 m n.m. dva ranije spomenuta sustava voda – područje sjevernog dijela Parka prirode sa dominantnim tokom Vemeljskim Dunavcem i područje južnog dijela parka sa Hulovskim kanalom, Kopačkim jezerom i Čonakutom; funkcioniraju odvojeno. Podizanjem voda iznad te kote dolazi do prelijevanja iz sjevernog u južni dio područja, pri čemu osnovni spoj voda predstavlja spojni kanal Nadhat. Ovdje se radi o probou "grede" Nadhat te vodenoj vezi sa Kopačkim jezerom. Taj kanal vremenom se zapunio nanosom i drvećem te nije trenutno u funkciji.



Slika 4. Osnovni pravci punjenja i pražnjenja Parka prirode Kopački rit kod visokih voda

Pražnjenje Kopačkog rita nastupa s opadanjem vodostaja Dunava. Pri opadanju vodostaja za pražnjenje sjevernog dijela važnu ulogu igra Vemelski Dunavac, a za područje posebnog zoološkog rezervata Huloški i Renovski kanal. Voda započinje istjecati Renovskim kanalom u Dravu, a kod vodostaja iznad 83,00 m n.m. i cijelim područjem kontakta s Dravom. Povlačenjem voda ispod kote 82,50 m n.m. nestaju ili se znatno smanjuju Bijelo i Sarvaško jezero, kao i mnoge bare. Proces otjecanja moguć je dok je moguće prelijevanje preko praga na Hulovskom kanalu čija kota 79,50 m n.m. Prestankom prelijevanja dominantnu ulogu preuzima vertikalna bilanca voda, tj. oborine, evaporacija i evapotranspiracija.

Nakon evakuacije vode iz Kopačkog rita uspostavlja se stagnirajući hidrološki režim. Svi tereni iznad kote 80,00 m n.m. ostaju bez vode, a jezera u kojima je voda zaostala kao Kopačko jezero, Sakadaško jezero, Hulovski kanal, Renovski kanal i Čonakut pokazuju svakodnevni pad vodostaja koji u razdoblju ljetnih dana iznosi oko 1-2 cm/dan čime se brzo smanjuju vodene površine jezera.

3. ANALIZA BRZINA VODE

Brzina toka vode na području Parka prirode Kopački rit iznimno je varijabilna veličina koja ovisi o velikom broju čimbenika (punjenje/praznjenje, antropogeni utjecaji, vegetacija i slično). Usvoje li se antropogeni utjecaji (pragovi u Hulovskom kanalu i Vemeljskom Dunavcu) te postojeći izgled područja kao fiksni parametri možemo promatrati brzine toka vode kroz promjene vodostaja Dunava, odnosno punjenje i praznjenje Parka prirode.

Iako nema podataka o mjerenjima brzina vode neke se generalne smjernice o karakteru tečenja glavnim odvodnim i/ili dovodnim kanalima mogu definirati. Pored toga obzirom na komunikaciju voda na području Parka prirode potrebno je uočiti dvije bitne cjeline i to:

- područje posebnog zoološkog rezervata - južni dio Parka prirode – područje B,
- sjeverni dio Parka prirode omeđen Vemeljskim Dunavcem i Dunavom – područje A.

Područje posebnog zoološkog rezervata ima najdinamičnije promjene vodnog režima te samim tim i najveće oscilacije brzine toka vode. Brzina vode od iznimnog je značaja za potencijalne morfološke promjene područja ali i za funkcioniranje eko-sustava što je posebice izraženo kod Hulovskog kanala koji je "žila kucavica" posebnog zoološkog rezervata Kopački rit te kanalizira najveći dio voda pri punjenju i praznjenju Kopačkog rita. Meandri Hulovskog kanala pokazuju velik stupanj erodiranosti uslijed velikih brzina i toka vode koji ide u dva smjera u ovisnosti puni li se, ili prazni područje Kopačkog rita, tj. posebni zoološki rezervat. Velike promjene režima tečenja, a samim tim i brzina vode u Hulovskom kanalu, nastale su izgradnjom kamenog praga na ušću Hulova u Dunav. Utjecaj na brzine voda područja A ima i umjetni prag izgrađen od vreća pijeska, na izlasku vode iz Kopačkog jezera u Hulovski kanal.

Vežu Kopačkog sa Sakadaškim jezerom predstavlja kanal Čonakut kod kojeg erozijski procesi nisu izraženi kao kod Hulovskog kanala. Tok vode je također dvosmjernan. Veliku ulogu u smanjenju vrijednosti brzina toka vode ima i znatna širina ovog kanala.

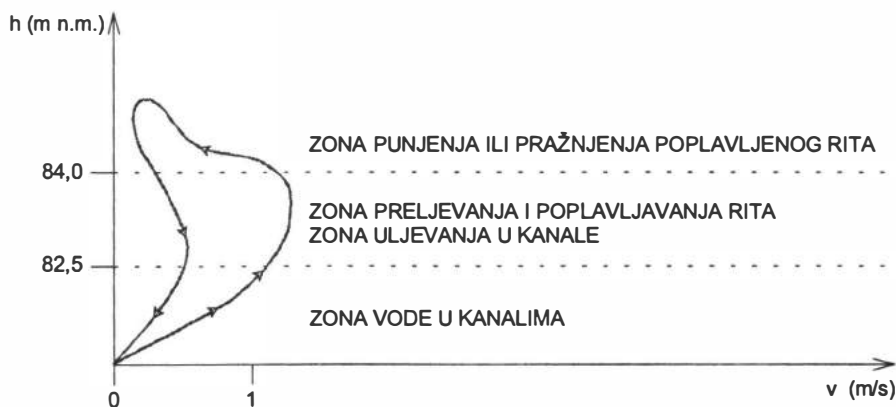
Pri praznjenju dio područja odvodnjava se Renovskim kanalom u Dravu, koji za razliku od Hulovskog kanala i Čonakuta ima dominantno jednosmjerni tok vode. Samo se pri ušću u Dravu pojavljuje dvosmjerni tok.

Za sjeverni dio Parka prirode – područje A, glavni dotok vode dolazi Vemeljskim Dunavcem koji svojim položajem prati tok Dunava. Na Vemeljskom Dunavcu postoje četiri praga okomita na tok vode. Korito i obale vodotoka su stabilni. Pri velikim vodama Dunava Vemeljski Dunavac se preljeva i puni kako sjeverni tako i južni dio Parka prirode. Donji dio Vemeljskog Dunavca pri ušću u Dunav također ima na manjem dijelu dvosmjernan tok, što je vidljivo na erozijskim procesima na tom dijelu kanala.

Tijekom 2002. godine, u dva navrata, izmjerena je brzina vode na kanalima Čonakut i Hulovo te je izvršeno jedno mjerenje na Vemeljskom Dunavcu.

Brzine su se kretale od 0,2 m/s na Čonakutu, a do 0,8 m/s u Hulovskom kanalu. Svakako da su ove brzine bile uvjetovane trenutnim padovima vodnih lica odnosno vodostaja Dunava te su realna polja brzina daleko varijabilnija od navednih veličina.

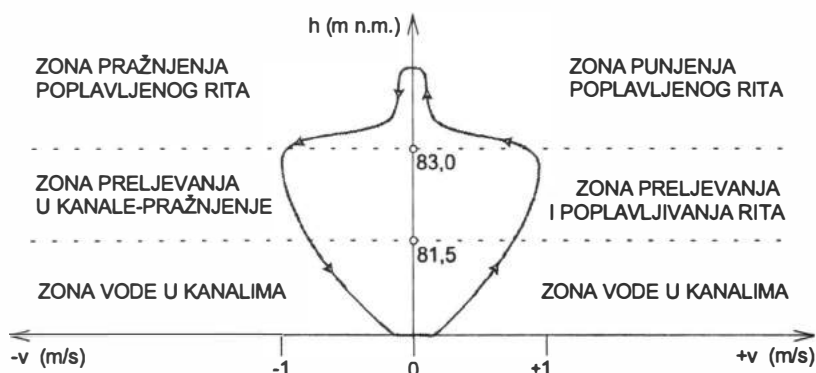
Polja brzina sjevernog područja, gdje je dominantan jednosmjerni tok moguće je definirati i opisati grafičkim prikazom danim na Slici 5.



Slika 5. Shematski prikaz polja brzina sjevernog područja - područje A

Iz grafičkog prikaza vidljivo je nestacionarno tečenje voda te su brzine najizraženije unutar korita vodotoka neposredno prije prelijevanja. Nakon prelijevanja dolazi do naglog smanjenja brzina radi povećanja protočnog profila što je praćeno taloženjem suspendiranog nanosa. U zoni potpunog plavljenja rita, brzine vode su male. Pražnjenjem rita do zone prelijevanja, tj. ulijevanja u korita kanala, uzrokuje male brzine koje se opet povećavaju ulaskom vode u kanale te se brzine ovisno o padu vodnog lica povećavaju. Pražnjenje akumulacije u ritu u direktnoj je ovisnosti o brzini i dinamici pada vodnog lica Dunava kao i vodostaju Dunava te može biti vrlo promjenjivo kod naglog pražnjenja ili izuzetno sporo kod dugotrajnih vodnih valova.

Polje brzina područja B, gdje je dominantan dvosmjerni tok voda daleko je složenije. Moguće ga je približno opisati grafičkim prikazom na Slici 6:



Slika 6. Shematski prikaz polja brzina južnog područja - područje B

Kao i u slučaju prikazanom na Slici 5 tokovi i brzine voda na ulasku u rit rastu sa padom odnosno potiskom Dunava. I ovdje je prelijevanje dinamično te dolazi do naglog snižavanja brzina vode praćeno taloženjem suspendiranog nanosa. Daljnjim povećanjem nivoa vode bitno se ne povećavaju brzine. Pražnjenje rita kod ovih kanala uvjetuje

negativne brzine vode što se ne javlja u sjevernog području. Proces pražnjenja obrnuto je simetričan procesu punjenja i zavisi samo o brzini vodnog vala odnosno padu vodnog lica. Ovaj opći prikaz važi samo za ravnomjerno stanje vodnog vala. Dužina i dinamika vodnog vala diktiraju profile brzina.

4. ZAKLJUČAK

Zaključno se može reći da je režim plavljenja u Parku prirode Kopački rit dominantno pod utjecajem vodnog režima Dunava. Utjecaj Drave je minoran zbog visoke lijeve obale koja odvaja rit od Drave te jedinog ulaza voda kroz Renovski kanal. Nizvodno od Parka za sada nije moguće utvrditi utjecaje područja Parka prirode Kopački rit na režim voda Dunava, ali je za očekivati da inundacijski proces Drave i Dunava utječe na smanjenje vodnih valova. Analize brzina vode u području Parka prirode Kopački rit ukazuju na postojanje dva odvojena prostora i režima punjenja i pražnjenja u razdoblju malih i srednjih voda. U razdoblju velikih voda režim postaje jedinstven. Uočeni prirodni procesi punjenja i pražnjenja voda analizirani su u funkciji prepoznavanja tih procesa te analize polja brzina.

LITERATURA

1. Bogнар, A., 1990.: *Geomorfologija Baranje*, SGD Hrvatske, posebno izdanje, Zagreb
2. Bogнар, A., 2001.: *Najveća riječno-močvarna enklava Europe*, Hrvatski Zemljopis 55,36-37,
3. Bonacci, O., 2000.: *Plavljene površine kao bitni dio ekosustava*, Hrvatska Vodoprivreda IX. (98), 23-26.
4. Đuroković, Z., Brnić-Levada, D., 1999.: *Utjecaj izvedenih hidrotehničkih radova na vodne resurse u Kopačkom ritu*, Zbornik radova II hrvatske konferencije o vodama, str. 661-666
5. Gucunski, D., 1983.: *Hidrološki sustav specijalnog zoološkog rezervata Kopački rit i njegova važnost za opstanak ritских bicenoza*, Zbornik radova 3. Znanstveni sabor Slavonije i Baranje, svezak 2, 1003-1021 str
6. Majstorović, V., Gec, D., Brna, J., Manojlović, R., 1997.: *Kopački rit - upravljani hidro - ekosustav*, Intergraf Osijek, 35 str.
7. Mikuška, J., Mikuška, T., 2001.: *Jedinstveni park prirode Kopački rit*, Hrvatski Zemljopis 55, 25-32
8. Munkačević, V., 1963.: *Poplava u proljeće 1963. godine*, Jelen 12, str.15-16
9. Vuksanović, S., 1970.: *Odronjavanje obala i zasipavanje dunavskih rukavaca*, Jelen 43, str. 33-34.
10. Hidroing d.o.o. Osijek: Plan upravljanja Parkom prirode Kopački rit – Sektorska studija Hidrologija; u izradi.

Autori:

Zdenko Tadić, dipl.ing. – Hidroing d.o.o. Osijek, Trg Jurja Križanića 3, 31 000 Osijek
e-mail: zdenkot@hidroing-os.hr

Prof.dr. Ognjen Bonacci, dipl.inž. – Građevinski fakultet Split – Matice Hrvatske 15,
e-mail: obonacci@gradst.hr

Ivan Radeljak, dipl.inž. – Hidroing d.o.o. Osijek, Trg Jurja Križanića 3, 31 000 Osijek
e-mail: ivanr@hidroing-os.hr

Doc.dr. Lidija Tadić, dipl.inž. – Građevinski fakultet Osijeku, Crkvena 21, 31 000 Osijek,
e-mail: ltadic@most.gfos.hr



Rad 4.31.

Značajke vodnog režima i stanja tala na području donjeg toka budućeg kanala Dunav – Sava

F. Tomić, D. Petošić, I. Stričević, D. Dolanjski, I. Mustać

SAŽETAK: Istraživano područje pruža se uz donji tok budućeg višenamjenskog kanala Dunav-Sava na ukupnoj duljini od 25,5 km (od 36-og do 61,5-og km). Najveći dio područja čini poljoprivredno obradivo zemljište (oranice). Područje istraživanja smješteno je na prijelazu iz srednjeg u donje Posavlje Hrvatske, koje se poklapa s Biđ-bosutskim poljem. U pogledu litoloških uvjeta starije naslage paleozojske i tercijarne starosti, pokrivene su kvartarnim naslagama razne debljine i litološkog sastava. Područje se nalazi u prijelaznom klimatskom pojasu između semiaridne u semihumidnu klimu. Vrijednosti ukupnog godišnjeg viška i/ili manjka vode u tlu tijekom prosječne godine približno su iste i iznose oko 105 mm. Temeljem provedenih hidropedoloških istraživanja potvrđen je jak utjecaj podzemnih voda. Trajno praćenje podzemnih voda (monitoring) vrši se na ukupno 80 hidropedoloških piezometara. Na području istraživanja utvrđeno je ukupno šest pedosistematskih jedinica i to: aluvijalno karbonatno oglejeno vrlo duboko ilovasto tlo, livadsko nekarbonatno pseudooglejeno glinasto ilovasto tlo, močvarno glejno hipoglejno mineralno nekarbonatno tlo, humoglej karbonatni ilovasto glinasti, močvarno glejno amfiglejno mineralno vertično karbonatno tlo i hidromeliorirano drenirano tlo. Utvrđeno je također 2.593 ha detaljno hidromelioriranog zemljišta. Na površini od 5.660 ha nema većih zapreka i ograničenja glede primjene navodnjavanja kao **prioritetne melioracijske mjere**.

KLJUČNE RIJEČI: vodni režim, tlo, Kanal Dunav-Sava, podzemne vode, monitoring

Water Regime and Soil Status in the Region of the Lower Course of the Future Danube – Sava Canal

SUMMARY: The studied region extends along the lower course of the future multifunctional Danube-Sava canal in a total length of 25.5 km (from the 36th - 61.5th km). The largest part of the region is arable land (plough-fields). The region lies in the transition area from the central to the lower Sava valley in Croatia, which concurs with the Biđ-Bosut field. Lithological conditions involve old Paleozoic and Tertiary deposits, covered by Quaternary deposits of various thickness and lithological composition. The region is in the transitional climatic belt from the semiarid to semihumid climate. Values of the total annual water surplus/deficiency in soil in an average year are approximately equal and amount to about 105 mm. Hydropedological investigations confirmed the strong influence of groundwaters. Continuous groundwater monitoring is conducted on 80 hydrogeological observation wells (piezometers). Six systemic soil units were determined in the studied region: alluvial carbonate gley very deep loamy, meadow noncarbonate pseudogley clayey loamy, hydromorphic gley hypogley mineral noncarbonate, humogley carbonate loamy clayey, hydromorphic gley amfigley mineral vertic carbonated and drained. A total of 2,593 ha of thoroughly drained land were recorded. There are no major obstacles or restraints to applying irrigation as the priority reclamation measure on 5,660 ha.

KEYWORDS: water regime, soil, the Danube – Sava Canal, groundwaters, monitoring

1. UVOD I CILJ

Prva zamisao o gradnji višenamjenskog kanala Dunav – Sava (VKDS) nastala je 1737. godine. Još tada, prije 265 godina, kanal je dobio naziv višenamjenski zbog toga što je predstavljao, stratešku građevinu koja bi rješavala pitanja: prometa, vodnog gospodarstva, unapređenja poljoprivrede i razvitak naselja. Međutim, zbog neophodnosti većih investicija, koje su prelazile naše mogućnosti, niti do danas nije ostvaren početak izvedbe kanala. Njegova duljina od Vukovara do Šamca iznosit će 61,5 km. U njegovom okruženju nalazi se ukupno 134.687 ha, od čega 93.714 ha (69,6 %) su poljoprivredne površine. Ovi podaci dokazuju da je poljoprivreda značajna sastavnica gospodarstva na prostoru budućeg kanala. Posebno značajna poljoprivredna proizvodnja je na dijelu donjeg toka kanala (kod 36-og do 61,5 km), koji je najniži dio njegovog prostora. Ovaj prostor iznosi 11.315 ha. Na njima se očekuju i najveće promjene agroekoloških proizvodnih uvjeta, a one će neminovno izazvati i značajne promjene u poljoprivredi. Stoga su istraživanja postojećeg stanja tala i stanja vodnog režima na ovom prostoru, prije iskopa kanala, time značajnija. Cilj provedenih istraživanja je bio utvrditi postojeće pedosistematske jedinice, njihovu zastupljenost i raspored u prostoru, odrediti “nulto stanje” (stanje prije izvedbe kanala) poljoprivrednih tala i vodnog režima.

2. MATERIJAL I METODE

Metodološki je istraživanje podijeljeno u nekoliko faza: terenski rad, laboratorijski rad, prikupljanje podataka i njihovu obradu. Pedološka istraživanja područja obavljena su tijekom mjeseci rujna i listopada 2000. godine. Istraživanja su obavljena na karti mjerila 1:10 000. Ukupna površina koja je obuhvaćena detaljnim pedološkim istraživanjima iznosi 8.722 ha. Na ovoj površini otvoreno je ukupno 41 pedoloških profila i izbušeno 189 sondažnih hidropedoloških bušotina. U prosjeku je po profilu uzeto i analizirano 3,5 uzoraka tla, ili oko 280 uzoraka sa cjelovitog područja istraživanja. Terenska hidrološka istraživanja obavljena su u svibnju 2001. godine. Tijekom ovih istraživanja postavljeno je ukupno 80 hidropedoloških piezometara. Od toga 40 plitkih do 100 cm dubine i 40 dubokih do 400 cm dubine. Piezometri su postavljeni u četiri karakteristična presjeka okomito na uzdužni profil (os) budućeg kanala Dunav-Sava. Na svakom presjeku ugrađeno je ukupno 20 piezometara. Piezometri su postavljeni lijevo i desno od osi kanala na udaljenosti od: 200, 500, 1000, 1500 i 2500 m. Koordinate piezometara vezane su na državnu nivelmansku i trigonometrijsku mrežu. Motrenje razine podzemnih voda se obavlja kontinuirano u razmaku od 10 dana. Postavljena su i dva limnigrafa piezometarskog tipa Orphimedes za automatsko motrenje razine podzemne vode. Određivanje osnovnih fizikalno-kemijskih značajki tala izvršeno je prema standardnim analitičkim metodama. U svrhu prikaza klime istraživanih područja korištene su najbliže meteorološke postaje u Županji, Sl. Brodu, Đakovu i Vinkovcima. Bilanca vode u tlu proračunata je na temelju metode po Thornthwaitu. U prikazu hidroloških značajki područja korišteni su višegodišnji podaci Biđa u Vrpolju i Cerni.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1. Osnovne značajke prostora

Istraživano područje prostire se uz donji tok budućeg višenamjenskog kanala Dunav – Sava. To je naime tok kanala koji se pruža od mjesta Cerne preko Babine Grede i Gundinaca,

do njegovog utoka u rijeku Savu, između naselja Sikirevca i Jaruga (slika 3). Najveći dio područja čine obradive poljoprivredne površine, koje se većinom koriste za proizvodnju temeljnih ratarskih kultura i industrijskog bilja (kukuruz, pšenica, ječam, zob, uljana repica, soja, suncokret, šećerna repa). Unutar područja može se lučiti nekoliko slabije izraženih geomorfoloških cjelina. Inundacijski pojas uz rijeku Savu. Drugu cjelinu čini slabo izražena tzv. savska aluvijalna greda. Od poteza, Babina Greda – Gundinci u pravcu sjeveroistoka prema Cerni proteže se treći pojas kojeg čini široka i gotovo ravna riječna terasa. U topografskom pogledu cijelo istraživano područje prostire se u zoni tipičnog dolinskog reljefa između apsolutnih kota od 81,5 do 86,5 m n. m. Generalni pad terena šireg područja usmjeren je u pravcu sjever-jug, odnosno prema rijeci Savi. U pogledu litoloških uvjeta tipično je, za šire područje Biđ-Bosutskog polja, da su starije naslage paleozojske i terciarne starosti pokrivene kvartarnim naslagama razne debljine i litološkog sastava. Za šire istraživano područje može se reći da se nalazi u prelaznom klimatskom području iz semiaridne u semihumidnu umjereno kontinentalnu klimu. Prosječna godišnja količina oborina se kreće oko 700 mm, a u vegetacijskom razdoblju oko 400 mm ili 57 % prosječnih godišnjih (tablica 1). Srednja godišnja temperatura zraka iznosi 11,0 °C (Dadić, 1990).

3.2. HIDROPEDOLOŠKE ZNAČAJKE

3.2.1. Bilanca vode i načini vlaženja tla

U tablici 1 prikazan je proračun bilance vode u tlu, prema metodi Thornthweita. Temeljem dobivenih vrijednosti valja zaključiti slijedeće:

- ukupni godišnji višak i manjak vode u tlu, tijekom prosječne godine, približno su istih vrijednosti i iznose oko 105 mm.
- manjak vode pojavljuje se tijekom mjeseci srpnja, kolovoza i rujna, najveće vrijednosti manjka su u kolovozu, a kolebaju u rasponu od 43 mm u Županji, pa do 55 mm u Vinkovcima, odnosno Đakovu.
- višak vode u tlu pojavljuje se od siječnja do travnja, a povremeno i u prosincu. Najveće vrijednosti viška su u siječnju, a kolebaju u rasponu od 38 mm u Vinkovcima do 45,0 mm u Đakovu, odnosno 51 mm u Županji.

Na području istraživanja utvrđeni su slijedeći načini odnosno tipovi vlaženja tla: aluvijalni, livadsko-pseudoglejni, hipoglejni, humoglejni, amfiglejni, hidromeliorirani. U tablici 2 dat je prikaz intenziteta dominantnog vlaženja tala. Na temelju prikaza valja zaključiti slijedeće:

- hidromorfni način vlaženja tla prisutan je na 11.315 ha.
- na 2.593 ha, što čini 23 % istraživanog područja, vlaženje tla je regulirano hidrotehničkim mjerama detaljne odvodnje (kanali s cijevnom drenažom).
- na preostalih 77 % područja, što čini 8.722 ha, dominantno vlaženje tla je pod utjecajem površinskih i/ili podzemnih voda (kombinirani način vlaženja).
- intenzitet dominantnog vlaženja tla može se stupnjevati kao slab, srednji i jak.
- slab intenzitet vlaženja tla pod utjecajem površinskih voda potvrđen je na oko 5.443 ha, ili 48 % od ukupno istraživanih površina. Srednji intenzitet vlaženja prisutan je na 2.643 ha ili 23 % površina, a jak na svega 636 ha ili 6 % površina.

Vlaženje tla pod utjecajem podzemnih voda slabog je intenziteta na oko 3.064 ha ili 27 % istraživanih površina i srednjeg intenziteta na 223 ha ili 2 % površina. Dominira jaki intenzitet na 5.435 ha ili 48 % istraživanih površina.

3.2.2. Površinske vode

Geneza više od 1/3 tala (uključujući i hidromeliorirana) odvijala se je u uvjetima suficitnog vlaženja površinskim vodama srednjeg do jakog intenziteta. Porijeklo suvišnih površinskih voda u uskoj je svezi s klimatskim, geomorfološkim i hidrološkim značajkama šireg istraživanog prostora, tzv. Biđ-bosutskog polja. Vodni režim na ovom prostoru ima značajke humidnog tipa, koje se posebno pojavljuje u kraćim ili dužim vremenskim intervalima za vrijeme vlažnih (humidnih) godina. Ukupne godišnje vrijednosti viška oborinske vode u tlu, tijekom vlažnih godina, kreću se prema (**Vidaček i sur., 2000.**), u rasponu od 214 mm (Županja) do 305 mm (Sl. Brod).

Za analizu režima površinskih voda značajna su tri razdoblja (1965.-1977., 1978.-1989., 1990.-1993.). Nakon 1977. godine s povećanjem kapaciteta crpne postaje Bosut (sa prijašnjih 20 na 30 m³/s), pojave velikih voda u glavnim recipientima sliva (Bosut, Biđ, Jošava, Kaluđer, Berava i dr.) osjetno su smanjene. Međutim, one i nadalje nisu bile u potpunosti riješene, što se može vidjeti iz maksimalnih vodostaja na postajama u Vrpolju (rijeka Biđ), i Cerni (blizina ušća Biđa u Bosut) tijekom razdoblja od 1978. do 1989. Tako su u Vrpolju, tijekom navedenog razdoblja, maksimalne vrijednosti vodostaja na Biđu povremeno nadvisivale projektom dozvoljenu razinu 81,50 m n. m., (tablica 3). Slične hidrološke prilike potvrđene su i na Biđu kod Cerne. Ovdje su maksimalne vrijednosti vodostaja povremeno bile veće od dozvoljenih, a kretale su se u rasponu povećanja od 30 u prosincu do 105 cm u ožujku, (tablica 4). Prokopom rasteretnog kanala "Bazjaš" i stavljanjem istog u funkciju 1989. godine, konačno je trebao u potpunosti biti riješen problem velikih voda u slivu Bosuta i Biđa uzvodno od Cerne. Međutim, analizom podataka o izmjeranim vrijednostima mjesečnih maksimalnih vodostaja na Biđu u Vrpolju i Cerni tijekom razdoblja od 1990. do 1993. godine (tablice 3 i 4), čini se da "novo stanje" nije u potpunosti ostvareno. Potvrda "novog stanja" je problematična, i iz razloga, što nakon početka Domovinskog rata (1991. god.) Hrvatska nema uvid u funkcionalnost crpne postaje Bosut i njen utjecaj na režim površinskih voda u širem području Biđ-bosutskog polja.

3.2.3. Dinamika podzemnih voda

Režim podzemnih voda na većem dijelu istraživanog područja razlikuje se od režima koji je utvrđen u zapadnim djelovima Posavine, (**Dolanjski i sur., 1999.**). Ovdje, na kretanje podzemnih voda, pored vertikalnih tendencija koje su ovisne od oborina i evapotranspiracije (**Srebrenović, D., 1987.**), vrlo značajan utjecaj imaju glavni recipienti područja, posebno rijeka Sava. Na ovom području cjelovita istraživanja, koja se odnose na dugoročnije praćenje dinamike i režima podzemnih voda, nedostaju. Istraživanja, koja su provedena sredinom šezdesetih godina prošlog stoljeća, na dijelu ovog prostora (**Pušić i Škorić, 1965.**), ukazuju na prisutnost podzemnih voda, čije godišnje kolebanje pokazuje izraženu pravilnost po sezonama. Naša istraživanja, koja su provedena tijekom 2000. g., a nastavljena s praćenjem u 2001. i 2002. godini, većim dijelom potvrđuju opće konstatacije prethodno navedenih autora. Tako je iz prikaza kvantifikacije intenziteta dominantnog vlaženja tala, na području donjeg toka VKDS-a, vidljivo (tablica 2) da je na skoro 50 % istraživanih površina (oko 5.435 ha) registriran jak utjecaj vrlo plitkih podzemnih voda. Morfološki znakovi hidrogenizacije tla (oksidoredukcijski procesi), nastali utjecajem podzemnih voda (vrlo plitkih, plitkih i srednje dubokih) različitog intenziteta (slabog, srednjeg i jakog), prisutni su praktično na cijelokupnoj istraživanoj površini (11.315 ha). To potvrđuju i kontinuirana limnografska mjerenja razine podzemne

Tablica 1. Bilanca vode u tlu prema metodi Thornthwaite-a, prosjek za Đakovo, Vinkovce i Županju, 1970.-1989. godine

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Suma
Oborine	45	40	46	56	70	91	69	70	45	56	60	691,0
Temp.	-0,1	2,0	6,5	11,1	16,3	19,2	20,8	20,5	16,9	11,2	5,1	10,9
I	0,0	0,2	1,5	3,3	6,0	7,7	8,7	8,5	6,3	3,4	1,0	46,8
Pet	0,0	0,6	2,4	4,6	7,4	9,1	10,0	9,9	7,6	4,7	1,8	58,8
Pet kor.	0,0	4,5	24,5	52,4	95,9	119,2	132,5	120,3	80,9	44,0	14,0	692,0
R	100,0	100,0	100,0	100,0	74,1	45,9	0,0	0,0	0,0	12,0	57,9	687,1
SE	0,0	4,5	24,5	52,4	95,9	119,2	114,9	70,0	45,0	44,0	14,0	588,1
M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	50,3	35,9	0,0	0,0	103,9
V	45,0	35,5	21,5	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	105,6

Tablica 2. Prikaz intenziteta dominantnog vlaženja tala na području donjeg toka kanala Dunav –Sava.

Dominantno vlaženje tla		Površinskim vodama			Podzemnim vodama			Regulirano odvodnjom
stupanj		slab	srednji	jak	slab	srednji	jak	srednji
Površina	ha	5.443	2.643	636	3.064	223	5.435	2.593
	%	48	23	6	27	2	48	23
Tip/podtip		Aluvijalno oglejeni - Hipoglejni	-Livadsko-pseudoglejeni	Amfoglejni Humoglejni	Aluvijalno-oglejeni - Livadsko-pseudoglejeni	Amfoglejni	Hipoglejni-Humoglejni	Hidromeliorirani

Tablica 3. Vrijednosti maksimalnih vodostaja u m n.m. na rijeci Biđu u Vrpolju

Razd.	Mjeseci												God.max.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1965-1977	82,56	83,39	82,38	82,56	82,39	82,56	82,04	82,20	80,86	80,86	81,66	82,38	83,39
1978-1989	81,41	81,54	83,16	81,85	81,87	80,71	80,66	79,84	79,66	80,06	81,16	81,87	83,16
1990-1993	81,12	80,71	81,80	81,26	81,94	81,18	81,31	81,89	79,90	82,24	83,11	81,46	83,11

Tablica 4. Vrijednosti maksimalnih vodostaja u m n.m. na rijeci Biđu u Cerni

Razd.	Mjeseci												God.max.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1965-1977	81,15	81,53	81,15	81,05	80,95	81,07	80,75	80,65	80,20	79,95	80,90	81,39	81,39
1978-1989	80,25	81,00	81,35	80,25	80,60	80,15	79,75	79,65	79,61	79,69	79,83	80,60	81,35
1990-1993	80,00	79,99	80,23	80,17	80,03	79,89	79,89	80,13	79,91	79,95	80,51	80,23	80,51

vode na hipoglejnom tlu tijekom 2002. godine (slike 1 i 2, tablice 5 i 6). Analizom nivograma piezometara P-11 i P-32 zapažamo da se je kolebanje razine podzemne vode tijekom 2002. godine kretalo u rasponu od 1,27 do 2,36 m. Najviša razina podzemne vode potvrđena je u van vegetacijskom razdoblju od siječnja do ožujka. Najniže razine

podzemne vode izmjerene su tijekom razdoblja od početka kolovoza do kraja listopada. Tijekom 2002. godine potvrđena je čvrsta korelacijska veza ($r = 0,98$) između razine vode na piezometrima P-11 i P-32, što dokazuje da se u oba slučaja radi o istom hipoglejnom tipu vlaženja tla.

3.3. Pedološke značajke područja i uporabna vrijednost tala

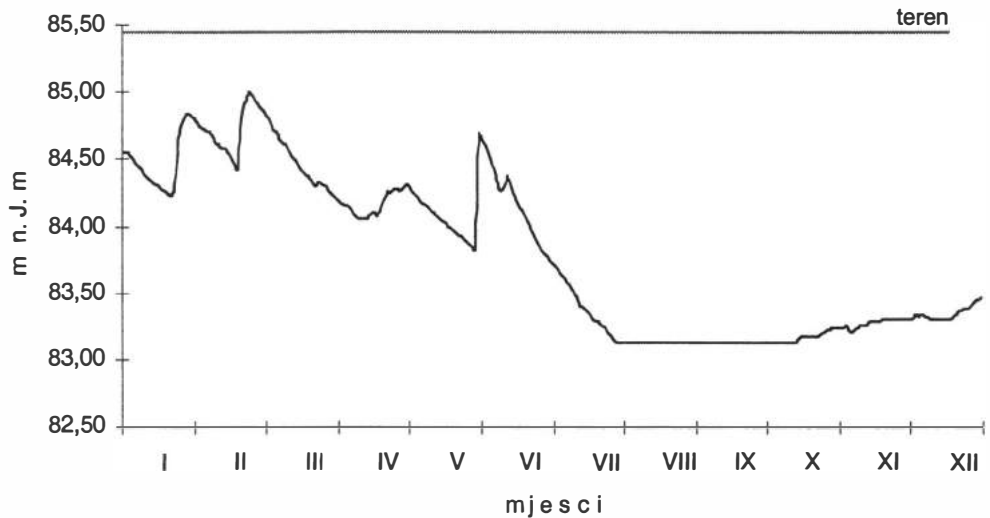
Temeljem provedenih terenskih i laboratorijskih pedoloških istraživanja, izdvojili smo, na području donjeg toka višenamjenskog kanala Dunav – Sava, sljedeće pedosistematske jedinice:

1. Aluvijalno, karbonatno, oglejeno, vrlo duboko ilovasto tlo
2. Livadsko, nekarbonatno, pseudooglejeno, glinasto ilovasto tlo
3. Močvarno, glejno, hipoglejno, mineralno, nekarbonatno tlo
4. Humoglej karbonatni, ilovasto glinasti
5. Močvarno glejno, amfiglejno, mineralno, vertično, karbonatno tlo
6. Hidromeliorirano (drenirano) tlo

Navedene pedosistematske jedinice i njihova površina izdvojene su i prikazane na Pedološkoj karti područja u mjerilu 1 : 100.000 (sl. 3). Višenamjenska procjena sadašnje pogodnosti tala izvršena je prema temeljnim uvjetima i zahtjevima ratarske, povrćarske, voćarske i travnjačke proizvodnje. Kriteriji procjene su prema FAO, (1976). Temeljem vrste ograničenja za obradu ili kultivaciju tla za potrebe navedenih sustava biljne proizvodnje može se zaključiti slijedeće: na istraživanom području, odnosno na ukupnoj površini od 11 315 ha praktično nema nepogodnih tala za potrebe ratarske i travnjačke proizvodnje; u klasi pogodnih tala za potrebe povrćarske proizvodnje može se izdvojiti 3 063 ha, te umjereno pogodnih oko 6 538 ha; u klasi pogodnosti za uzgoj voćarskih kultura, nalazimo oko 421 ha pogodnih tala.

3.4. Melioracijska problematika tala

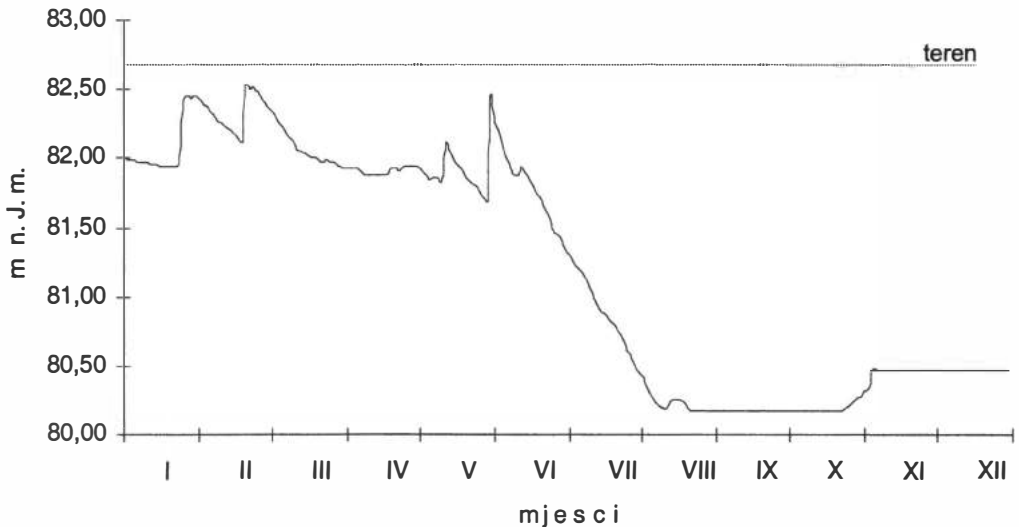
Melioracijska problematika tala, na istraživanom području, razmotrena je s aspekta dviju temeljnih funkcija VKDS-a: odvodnje i navodnjavanja. Temeljni cilj odvodnje cjelovitog sliva VKDS-a je daljnje uređenje površinske odvodnje na oko 173.000 ha i osiguranje uvjeta dogradnje podzemne odvodnje na oko 62.000 ha poljoprivrednih površina, (Marušić, 1986.). Upravo najveći efekti odvodnje očekuju se na području Biđ-Bosutskog polja. S gledišta pedološko-melioracijske problematike, mogu se na području istraživanja izdvojiti tri odnosno četiri melioracijske jedinice. Prva (I) melioracijska jedinica obuhvatila bi prostor aluvijalno oglejenih i livadsko – pseudooglejnih tala. U drugu (II) melioracijsku jedinicu uvrštena su hipoglejna i humoglejna tla. Amfiglejno tlo čini treću (III) melioracijsku jedinicu područja. Četvrta (IV) melioracijska jedinica obuhvaća hidromeliorirana – drenirana tla. Temelje daljnjeg poboljšanja tla i proizvodnih uvjeta na površinama koje pripadaju prvoj (I) melioracijskoj jedinici tla valja tražiti prvenstveno kroz primjenu odgovarajućih agrotehničkih zahvata (gnojdbu, obradu, plodored, prorahljivanje podoranice). Najveću gospodarsku korist, na površinama druge (II) melioracijske jedinice, polučila bi ugradnja klasičnog sustava cijevne drenaže (Tomić i Petošić, 1989.). Primjenu rigoroznijih hidrotehničkih zahvata na području treće (III) melioracijske jedinice (amfiglejna tla) valja, prije svega, razmotriti s ekonomskog aspekta, odnosno njene realne opravdanosti. Hidromeliorirano zemljište, koje čini 23 % sveukupnih istraživanih površina područja, izdvojili smo u zasebnu melioracijsku cjelinu



Slika 1. Nivogram podzemne vode na piezometru P-11, tijekom 2002. godine

Tablica 5. Statistički parametri za razinu podzemne vode na piezometru P-11

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Sred.	84,48	84,72	84,47	84,17	84,09	84,16	83,37	83,13	83,13	83,17	83,27	83,35
Br. op.	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
STD	0,20	0,18	0,19	0,09	0,21	0,28	0,19	0	0	0,04	0,03	0,05
Cv	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,003	0,002	0	0	0,001	0	0,001
Max	84,85	85,00	84,83	84,31	84,69	84,65	83,71	83,13	83,13	83,23	83,31	83,48
Min	84,24	84,43	84,20	84,05	83,82	83,72	83,13	83,13	83,13	83,13	83,20	83,30

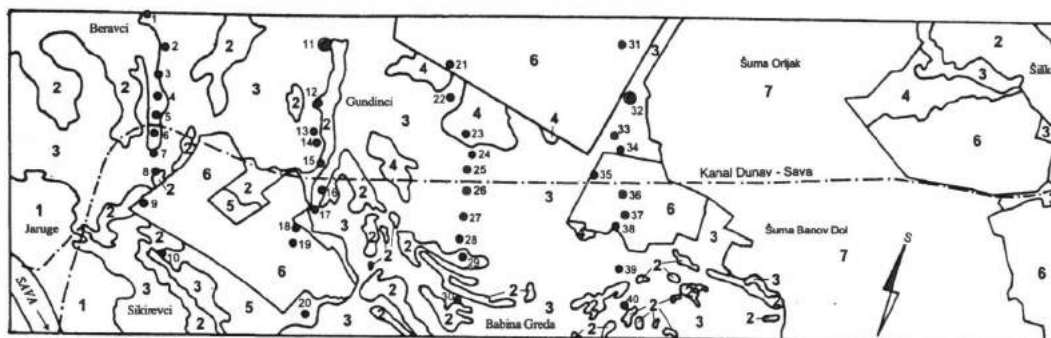


Slika 2. Nivogram podzemne vode na piezometru P-32, tijekom 2002. godine

(IV). Perspektiva hidromelioriranog zemljišta i izgrađenih sustava detaljne odvodnje na ovom prostoru kao i šire u Hrvatskoj, prvenstveno će ovisiti od daljnje strategije dugoročnog razvitka poljoprivrede, racionalnog korištenja sustava i zemljišta, te mogućnosti revitalizacije postojećih sustava odvodnje.

Tablica 6. Statistički parametri za razinu podzemne vode na piezometru P-32

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Sred.	82,07	82,33	82,07	81,91	81,92	81,78	80,87	80,22	80,17	80,19	80,46	80,47
Br. op.	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
STD	0,21	0,13	0,13	0,03	0,19	0,26	0,27	0,06	0	0,04	0,04	0,01
Cv	0,003	0,002	0,002	0	0,002	0,003	0,003	0,001	0	0,001	0,001	0
Max	82,46	82,53	82,34	81,94	82,47	82,27	81,30	80,39	80,17	80,31	80,48	80,47
Min	81,94	82,11	81,93	81,87	81,68	81,32	80,41	80,17	80,17	80,17	80,32	80,46



TUMAČ

Oznaka	Naziv pedosistematske jedinice	Površina	
		ha	%
1	Aluvijalno, karbonatno, oglejeno, vrlo duboko, ilovasto	421	4
2	Livadsko, nekarbonatno, pseudooglejeno, glinasto ilovasto	2 642	23
3	Močvamo glejno, hipoglejno, mineralno, karbonatno	5 022	44
4	Humoglej, karbonatni ilovasto - glinasti	413	4
5	Močvamo glejno, amfiglejno, mineralno, vertično, karbonatno	223	2
6	Hidromeliorirano drenažom	2 593	23
7	Šuma	-	-
● Piezometar	● Limnigraf	Ukupno	11 314 100

Slika 3. Pedološka karta područja M = 1:100 000

Jedna od temeljnih funkcija VKDS-a je i navodnjavanje poljoprivrednih površina. Valja naglasiti da navodnjavanje na ovom području treba predstavljati oblik dopunskog dodavanja vode u razdoblju vegetacije, kada se za to ukaže realna potreba. Navodnjavanje iz VKDS-a nužno je realizirati u tri faze što je uvjetovano s pogodnošću zemljišta za navodnjavanje i potrebnim investicijskim sredstvima. Naša su istraživanja potvrdila da na 5.660 ha, što čini 50 % ukupne površine istraživanog područja donjeg toka VKDS-a (zona aluvijalnih, semiglejnih i detaljno hidromelioriranih tala), nema većih zapreka i ograničenja glede primjene navodnjavanja kao prioritetne melioracijske mjere. Na preostalih 50 % površina, u zoni hipoglejnih, humoglejnih i amfiglejnih tala, primjena navodnjavanja je ograničena u prvom redu nepovoljnim vodnim režimom tla.

7. ZAKLJUČAK

Područje donjeg toka budućeg Kanala Dunav-Sava koje je obrađeno u ovom radu zauzima 11 350 ha obradivih poljoprivrednih površina. Na području je utvrđeno ukupno šest pedosistematskih jedinica, varijabilne pogodnosti prema zahtjevima ratarske, povrćarske, voćarske i travnjačke proizvodnje. Uporabna vrijednost tala za potrebe navedenih sustava biljne proizvodnje u izravnoj je svezi s njihovim vodnim režimom. Utvrđena su četiri temeljna načina (tipa) vlaženja tla, pri čemu je izražen utjecaj plitkih i vrlo plitkih podzemnih voda potvrđen na oko 5 435 ha, što čini oko 50% istraživanog područja. Utvrđeno stanje tala i njihovog vodnog režima može se koristiti za njihovo pravilno korištenje i eventualno za njihovo uređivanje u svrhu najpovoljnijeg načina gospodarenja, na njima, prije izvedbe kanala. Međutim, u fazi izvođenja i nakon izvedenog kanala, ova istraživanja će se koristiti u svrhu izbora sustava poljoprivrede i izbora postupaka koji će osigurati ostvarivanje potrebnih gospodarskih i ekoloških ciljeva.

8. LITERATURA

1. Dadić, M. (1990.): Meliorativno uređenje poljoprivrednog zemljišta u slivu rijeka Bosuta. Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
2. Dolanjski, D., Petošić, D., Stričević, I. (1999.): Dinamika podzemnih voda na dijelu Srednje Posavine. Poljoprivredna znanstvena smotra 64 (1), 19-25.
3. Marušić, J. (1986.): Višenamjenski kanal Dunav-Sava, Drugi kongres o vodama Jugoslavije, Knjiga 2, Ljubljana, 755-764.
4. Srebrenović, D. (1977.): Hidrologija Slavonije i Baranje i njen vodoprivredni aspekt, Zagreb.
5. Petošić, D. i sur. (2002.): Vodni režim i stanje tala na području donjeg toka Kanala Dunav-Sava – s monitoringom. Agronomski fakultet, Zagreb.
6. Pušić, B., Škorić, A. (1965.): Prilog poznavanju hidrogenizacije, klasifikacije i odvodnje tala doline Save. Zemljište i biljka, vol. 14. No. 3.: 271-288.
7. Tomić, F., Petošić, D. (1989.): Dosadašnja iskustva i potrebe daljnjeg uređenja zemljišta u Posavini. Zbornik radova, JAZU, 121-132, Zagreb.
8. Vidaček, Ž., Husnjak, S., Bensa, A. (2000.): Hidropedološke specifičnosti sliva rijeke Save.
9. FAO (1976.): A Framework for Land Evaluation, Soil Bull. No. 32, FAO, Rome.

Autori:

Prof. dr. sc. Frane Tomić

Prof. dr. sc. Dragutin Petošić

mr. sc. Ivo Stričević

mr. sc. Dragutin Dolanjski

Ivan Mustać, dipl. ing.



Rad 4.32.

Predtretman zauljenih otpadnih voda metaloprerađivačke industrije

N.S.Ukmar, E.Žuvić, Ž.Nesek

SAŽETAK: Zauljene otpadne vode nastale u različitim tehnološkim postupcima u metaloprerađivačkoj industriji zbog svojih fizikalno-kemijskih karakteristika mogu izazvati ozbiljne zastoje u radu komunalnih uređaja za obradu otpadnih voda. Zbog toga moraju proći predtretman pročišćavanja na mjestu nastanka. Ulje se s vodom ne miješa, već nastaju emulzije vode u ulju i ulja u vodi, koje se teško razdvajaju na sastavne komponente. Opisane su metode i objašnjeni mehanizmi njihovog razdvajanja fizikalnim, kemijskim i elektrokemijskim postupcima, koji su danas u upotrebi.

KLJUČNE RIJEČI: Zauljene otpadne vode, emulzije ulje u vodi, mehanizmi razdvajanja, fizikalni, kemijski i elektrokemijski postupci.

Pretreatment of Greasy Wastewater from Fabricated Metal Products Industry

SUMMARY: Greasy wastewater is a byproduct of a various technological processes in fabricated metal products industry. Because of its physical and chemical properties it may cause serious problems to the public wastewater treatment plants. So, such water must be pretreated at source. Oil does not mix with water; it forms emulsions (oil –in-water and water-in-oil), which are very difficult to separate. Methods, as well as separation mechanism of physical, chemical, and electrochemical treatments are described.

KEYWORDS: Greasy waste water, emulsion oil/water, separation mechanisms, fisical, chemical and electrochemical methods of separations.

1. UVOD

Zauljena otpadna voda nastala u različitim tehnološkim postupcima u metaloprerađivačkoj industriji zbog svojih fizikalno – kemijskih karakteristika može izazvati ozbiljne zastoje u radu komunalnih uređaja za obradu otpadnih voda. Zauljeni sloj koji pliva na površini otpadne vode smanjuje u većoj ili manjoj mjeri otapanje plinova iz atmosfere. Manjak otopljenog kisika direktno utječe na inhibiciju rasta mikroorganizama u biološkom dijelu uređaja. Veće količine zauljene vode mogu izazvati poremećaje u radu mehaničkih dijelova uređaja (proklizavanje i sl.).

Da bi komunalni uređaji za obradu otpadnih voda radili bez zastoja, potrebno je zauljene otpadne vode metaloprerađivačke industrije pročistiti na zadovoljavajuću kvalitetu na mjestu nastanka.

2. KARAKTERIZACIJA EFLUENTA

Kvaliteta otpadnih voda koje se upuštaju u sustav javne odvodnje (kanalizacije) definirana je temeljem zakona i podzakonskih akata, te vodopravnom dozvolom (ukoliko je pravni subjekt posjeduje), koju izdaje nadležno tijelo državne uprave. Pravilnikom o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama (NN 40/99) propisane su granične vrijednosti pojedinih tvari koje se smiju upuštati u recipijente. [1] U tablici 1. navedeni su neki karakteristični pokazatelji zauljenih otpadnih voda:

Tablica 1.

Tvar	c [mg/L]
Ukupne masti i ulja	100
Mineralna ulja	30
pH vrijednost	5,0 – 9,5
Detergenti anionski	10
Detergenti neionski	10
Detergenti kationski	2
Ukupni halogenirani ugljikovodici	0,1
Fe	10
Taloživne tvari	20 [ml/h]

Vrijednosti iz vodopravnih dozvola moraju slijediti propisane vrijednosti iz Pravilnika, uz manje korekcije za pojedini specifični parametar, ovisan o različitosti tehnološkog procesa.

3. NASTANAK ZAULJENIH OTPADNIH VODA

Zauljene otpadne vode mogu nastati na više načina i to:

1. Nekontroliranim unošenjem ulja i masti (prolijevanjem) u vode i kanalizaciju.
2. Pranjem zamašćenih dijelova s vodom.
3. Pranjem zamašćenih dijelova s vodom i neutralnim detergentima.
4. Pranjem zamašćenih dijelova s vodom i jako baznim detergentima.
5. Pranjem zamašćenih dijelova s organskim otapalima.

Pranje s vodom i neutralnim detergentima upotrebljava se kod manje zaprljanih dijelova, a jako zaprljani dijelovi se peru s otopinama koncentriranih jako baznih detergenata.

Pranje zamašćenih dijelova s organskim halogeniranim otapalima dozvoljeno je samo u zatvorenim sustavima za pranje, budući da su u otpadnoj vodi dozvoljeni samo tragovi kloriranih ugljikovodika ($c_{\max} = 0,1$ [mg/L]).[1]

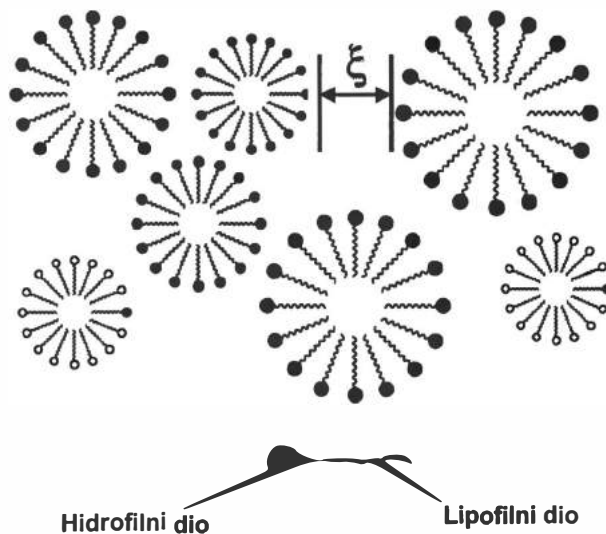
4. FIZIKALNO KEMIJSKE KARAKTERISTIKE ZAULJENIH OTPADNIH VODA

Masti i ulja su po svom kemijskom sastavu esteri glicerola i viših masnih kiselina i nisu topivi u prirodnim vodama. Njihovim miješanjem nastaju emulzije, smjese vode i kapljica ulja. Što je miješanje intenzivnije promjer kapljica ulja je manji i obrnuto. Nastale emulzije

su stabilne i teško ih je razbiti na dvije odvojene faze ulje i vodu. Ulja imaju gustoću manju od gustoće vode i zato plivaju na površini. Esteri su dosta nestabilni organski spojevi, koji lako reagiraju s alkalnim otopinama KOH i NaOH kod visokih pH vrijednosti dajući sapune (reakcije osapunjenja). Novo nastali sapuni su topivi u vodi.

Postoje dva tipa emulzija, ovisno o količinama ulja i vode. Ukoliko ima malo ulja i puno vode nastaju emulzije tipa ulje u vodi (oil/water), a malo vode i puno ulja naziva se emulzija voda u ulju (water/oil). Zauljene otpadne vode spadaju u prvi tip emulzije ulje u vodi (O/W). [2]

Uvećani izgled emulzije ulje u vodi prikazan je na slici 4.1.



Slika 4.1. Izgled emulzije ulje u vodi

Sitne kapljice ulja ne mogu se približiti jedna drugoj jer im smetaju molekule vode koje su između njih. Molekule vode su polarne (imaju parcijalni naboj + i -), a isto tako i molekule ulja su polarne. Nastaje električni dvosloj, koji priječi sakupljanje manjih kapi ulja u veće. Fizikalna mjera za potencijal električnog dvosloja je tzv. ξ (zeta) potencijal. Razbijanje emulzije znači poništenje ξ potencijala, kada on nestane, sitne kapljice ulja se sakupe u veće kapi i zbog lakše gustoće od vode isplivaju na površinu. Nastanu dva oštro odijeljena sloja –teži– voda i lakši ulje, te se ulje može ukloniti s površine vode.

5. METODE RAZBIJANJA EMULZIJE

Suština razbijanja emulzija sastoji se od poništavanja ξ (zeta) potencijala različitim metodama i to:

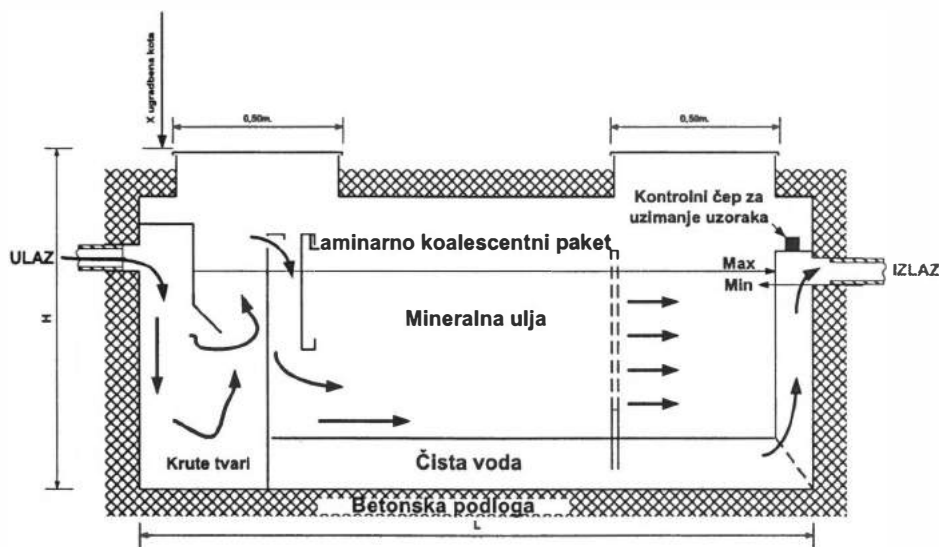
1. FIZIKALNIM METODAMA
Lamelski separatori i koalescentni filteri
2. KEMIJSKIM METODAMA
Dodatak flokulanata
3. ELEKTROKEMIJSKIM METODAMA
Elektroflokulacija (AC/DC izvedbe)

Nakon nestanka x potencijala, nastaje okrupnjavanje sitnih kapljica ulja u veće, do veličine koja je dovoljna da se uljna faza oštro odvoji i ispliva na površinu vode.

5.1. Fizikalne metode razdvajanja

Prolazom zauljene otpadne vode između dvije paralelne ploče (lamela), koje su postavljene dovoljno blizu jedna drugoj, dolazi do poništavanja x (zeta) potencijala i okrupnjavanja kapljica ulja, koje uslijed uzgona isplivaju na površinu. Same ploče su postavljene u separator pod određenim kutem, čime se povećava efikasnost uređaja. Međutim, koncentracija ostatnog ulja nakon prolaza još je uvijek veća od zakonski propisanih vrijednosti, pa se otpadna voda mora propustiti još kroz koalescentni filter (ispunu). Protokom kroz jako sitne pore ispune mikronskih dimenzija, dolazi do poništavanja x (zeta) potencijala i formiranja većih kapljica ulja. Taj se prirodni fenomen naziva koalescencija. Protok kroz filtarski materijal može bit pod hidrostatskim ili povišenim tlakom. [3]

Na slici 5.1.1. prikazana je izvedba protočnog linijskog uljnog separatora.



Slika 5.1.1. Protočni linijski separator zauljenih otpadnih voda

5.2. Kemijske metode razbijanja emulzija

Dodatkom određenih anorganskih ili organskih kemikalija u emulziju dolazi do poništenja x (zeta) potencijala, te okrupnjavanja kapljica ulja, koje zbog manje gustoće od vode isplivaju na površinu. [4]

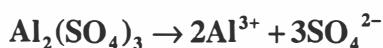
Najjednostavnije razbijanje emulzije može se izvesti dodatkom koncentrirane sumporne kiseline (H_2SO_4). Ta je metoda efikasna, ali ima veliku manu, budući da je poslije izdvajanja uljne faze vodena faza je jako kisela, pa se mora neutralizirati prije puštanja u kanalizacijski sustav.

Kationi metala svojim nabojem također poništavaju x (zeta) potencijal emulzije. Što je veći naboj, to je efikasniji postupak razdvajanja.

Različiti organski polielektroliti zbog svojih izrazitih dipolnih svojstava, mogu se upotrijebiti za razbijanje emulzija ulje-voda.

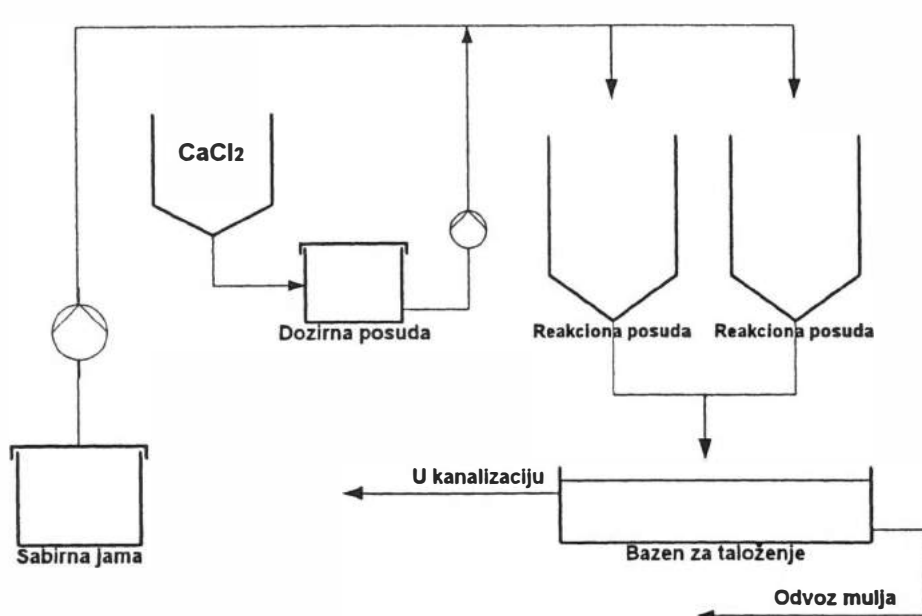
Vrsta i koncentracija dodanih kemikalija (flokulanata), mora se odrediti za svaki slučaj posebno metodom tzv. »jar testova«

Mehanizmi djelovanja anorganskih flokulanata mogu se opisati slijedećim kemijskim jednadžbama:



Svaka od navedenih soli u vodi hirolizira, pa tako kisela otopina djelomično smanjuje pH vrijednost otpadne vode. Ispod pH vrijednosti 8,5 otopljeni sapuni koji su nastali reakcijom saponifikacije u toku pranja, prelaze iz vodene faze u uljnu, tj. isplivaju na površinu.

Shema jednog od klasičnih postrojenja u kojem se upotrebljavaju anorganski flokulanti prikazana je na slici 5.2.1.



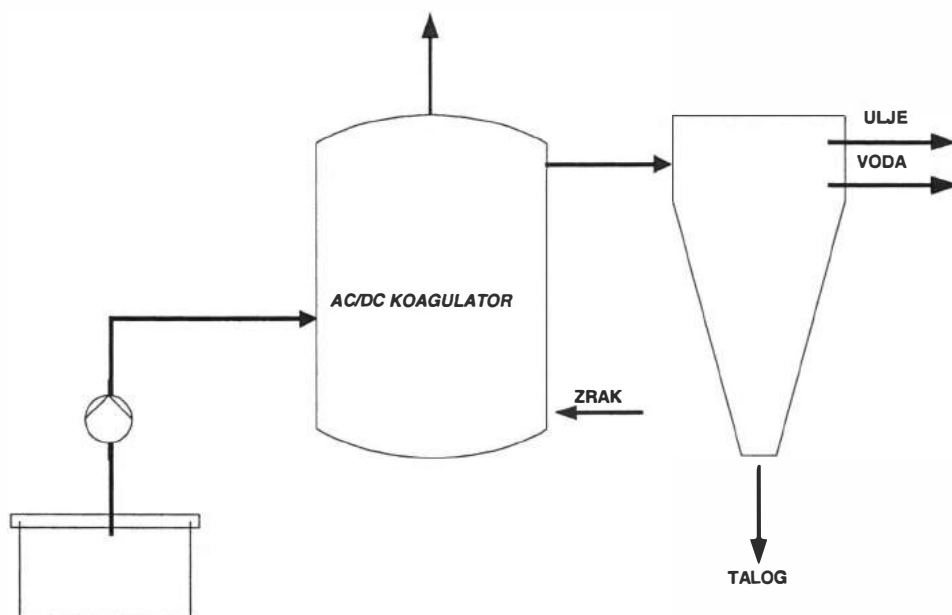
Slika 5.2.1. Shema postrojenja

Zauljena otpadna voda iz sabirne jame se cjevovodom pomoću pumpe prebacuje u reakcijske posude. Istovremeno, otopljeni anorganski flokulant CaCl_2 (ili $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ili FeCl_3) iz dozirne posude se dodaje u cjevovod, pri tome se hidraulički dobro promješa i na kraju dospijeva u reakcione posude. U posudama dolazi do razdvajanja, uljne od vodene faze, kationi metala vežu na sebe prisutne nečistoće (pijesak, zemlja) i izdvojene kapi ulja, te se sve zajedno taloži na dno reakcione posude. Nakon stajanja, kruta i tekuća faza se oprezno ispušta u sekundarni bazen za taloženje (tzv. bistrenje). Vodena faza se ispušta u kanalizaciju, a kruta faza (mulj) se odvozi (nakon sušenja) na deponiju.

5.3. Elektrokemijske metode razbijanja emulzije

Ako se kroz elektrode, koje su uronjene u posudu sa zauljenom otpadnom vodom pusti istosmjerna ili izmjenična struja malog napona, dolazi do poništavanja ζ (zeta) potencijala između kapljica ulja, razdvajaju se vodena i uljna faza, a kruta faza se taloži. Ta se pojava naziva elektrokoagulacija. Brzina razdvajanja faza se povećava ukoliko je katoda od aluminijske. Pri tome se aluminij polako otapa, a nastali Al^{+3} ion djeluje kao dodatni koagulant. Da bi se povećala električna vodljivost elektrolita, u zauljenu otpadnu vodu dodaje se malo NaCl .

Danas postoje različite izvedbe uređaja za obradu zauljenih otpadnih voda, ovisno o izvoru struje (izmjenična – AC ili istosmjerna DC). [5]. Principijelna shema uređaja prikazana je na slici 5.3.1.



Slika 5.3.1. Principijelna shema elektrokoagulacijskog uređaja za obradu otpadnih voda

Ovaj način obrade zauljenih otpadnih voda je univerzalan, može se upotrijebiti i kod pročišćavanja najopterećenijih otpadnih voda, kao što su otpadne emulzije za hlađenje, kod strojne obrade metala odnošenjem čestica (tokarilice, glodalice, brusilice, bušilice, blanjalice).

6. ZAKLJUČAK

1. Za obradu zauljenih otpadnih voda nastalih onečišćenjem prirodnih voda dostatan je uljni separator s koalescentnim filterom.
2. Za obradu voda nastalih pranjem zamašćenih dijelova u vodi i neutralnim detergentima, također se mogu koristiti lamerni i koalescentni filteri
3. Za obradu otpadnih voda nastalih pranjem dijelova s jako lužnatim detergentima, moraju se koristiti metode dodataka flokulanata i odjeljivanje krute od tekuće (zauljene) faze.
4. Metoda elektrokoagulacije je univerzalna metoda, koja se može upotrijebiti u svim slučajevima obrade zauljenih otpadnih voda.

7. LITERATURA

- [1] Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama (NN 40/99)
- [2] I.Filipović, S.Lipanić (1995): Opća i anorganska kemija I dio, Ed. Školska knjiga Zagreb
- [3] Katalog proizvoda 2002.g. firme TEHNIX d.o.o., D.Kraljevec, Međimurje, Hrvatska
- [4] I.Mijatović (1989): Koagulacija i flokulacija vode. Voda i sanitarna tehnika, (1)(19)
- [5] www.kaselco.com.

Autori:

N.S.Ukmar, E.Žuvić, TŽV-Gredelj, d.o.o. Zagreb, Trnjanska c.1,

Ž.Nesek, VEKO, d.o.o. Zagreb, Kustošijanska 215,



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 4.33.

Rješenje obrane od poplava desnog zaobalja grada Metkovića

Damir Vidoš, Mirjana Švonja, Mijo Vranješ, Ranko Žugaj,

SAŽETAK: Ubrzanom izgradnjom grad Metković se proširio na dio područja Vid-Norin u desnom zaobalju rijeke Neretve s vrlo niskim kotama, koji je izložen poplavljanju, te ga je nužno zaštititi. Usvojeni sustav obrane od poplava se sastoji od dva podsustava: prvi obuhvaća Jerkovac i Glibušu na području grada Metkovića u Republici Hrvatskoj, a drugi Gabela Polje u Republici Bosni i Hercegovini. Podsustavi nisu razdvojeni iako ih djelomično dijeli povišena prometnica koja je ujedno i državna granica. Objekti sustava su: obrambeni nasip, crpne stanice, ustave i sigurnosni preljevi. Izuzetno loše geomehaničke karakteristike temeljnog tla ispod objekata uvjetuju specifičan način izgradnje i aktivnu kontrolu stabilnosti nasipa. Najveća razlika između vodostaja s vanjske i unutrašnje strane nasipa ne smije biti veća od 1.5 metra. Kroz ušće rječice Norino, područje Vid-Norin je pod izravnim utjecajem rijeke Neretve, a to znači pod utjecajem plime i oseke, te rada uzvodnih hidroelektrana u susjednoj državi. Određivanje dotoka u područje Vid-Norin s vlastitog sliva je vrlo složeno jer se orografski i hidrografski sliv u izrazitom kršu dosta razlikuju. U okviru redovitog sustava hidrološkog motrenja i mjerenja prikupljen je duži niz izmjerenih vodostaja i nešto kraći niz izmjerenih protoka. Zbog velikih promjena na slivu, ali i složenih hidrološko-hidrauličkim uvjeta tečenja, raspoloživi hidrološki podaci su uglavnom nekonzistentni i nedovoljno pouzdani za uspostavu odgovarajućih vremenskih serija. Koristeći sve postojeće hidrološke podatke, usvojeno rješenje obrane od poplava je provjereno i odgovarajućim numeričkim modelom za nestacionarno tečenje.

KLJUČNE RIJEČI: sustav za obranu od poplava, plima i oseka, sustav motrenja, hidrološka mjerenje, sliv, numerički model, nestacionarno tečenje

Flood Control Concept for the Right River Bank in the City of Metković

SUMMARY: As a result of its intensified development, the City of Metković extended to the right bank of the Neretva River. Due to low ground elevation, the area is subjected to flooding and shall be protected. The flood control system consists of two subsystems: Jerkovac and Glibuša in the area of the City of Metković in the Republic of Croatia, and Gabela Polje in Bosnia and Herzegovina. The subsystems are not separated although they are partially divided by an elevated road that is also a state border between the two countries. Flood control system comprises a dike, pumping stations, barrages and safety weirs. Characteristics of foundation soil, especially under the dike, are extremely unfavorable, which affects active control of the dike stability. The maximum difference in water stage between the external and internal side of the dike shall not exceed 1.5 m. Part of the Lower Neretva valley, i.e. the area of Vid-Norin, where flood control of Metković is set up, is characterized by very complex hydrologic-hydraulic conditions. The mouth of the Norino

rivulet is under direct impact of the Neretva River i.e. the tides and the operation of hydroelectric power plants in the upstream part of the catchment. There are numerous uncertainties connected with determination of the inflow from the Vid-Norin catchment area. Since it is situated in a karstic area, there is a great difference between the orographic and hydrographic catchment. During several years, numerous measurements have been conducted within the regular monitoring system and hydrologic measurements. Because of great changes within the catchment, the measurement system has also changed. Numerous data series on water stage and discharge (somewhat less) have been collected. The data are mainly inconsistent and unsuitable for comparison. Thus, it was not possible to form the time series. Due to complex flood generation and flood flows, solution of flood control has been tested using available hydrologic data and numerical model for unsteady flow in such conditions.

KEYWORDS: flood control system, tides, monitoring system, hydrologic measurements, catchment, numerical model, unsteady flow

1. UVOD

Rješavanje obrane od poplava na dijelu područja Vid-Norin (Jerkovac, Glibuša i Gabela polje) predstavlja izuzetno složenu zadaću, jer je nastanak i razvoj velikih vodnih valova posljedica niza utjecaja. Budući da se radi o niskom dijelu doline pri ušću rijeke Neretve, na režim tečenja s jedne strane snažno djeluje more, a s druge strane rijeka Neretva i razni utjecaji sa sliva.

Regulacija rijeke Neretve je završena krajem devetnaestog stoljeća. Vremenom su regulacijski nasipi najvećim dijelom pretvoreni u saobraćajnice (cesta i željeznička pruga) koje uz manje adaptacije i rekonstrukcije služe za obranu od poplava. Melioracija Donje Neretve je još uvijek u izgradnji od Ušća prema Metkoviću. Do sada su meliorirane kazete Opuzen Ušće, te kazete Luke i Koševo-Vrbovci. Melioracijski radovi su izvedeni djelomično i na kazeti Kuti, dok se od planirane melioracije kazete Vid-Norin potpuno odustalo.

Područje Vid-Norin je s južne strane zaštićeno od velikih voda rijeke Neretve izgrađenim objektima željezničke pruge Ploče - Mostar, te cestom Krvavac - Metković - Gabela. Osim velikih voda Neretve koje ulaze kroz otvor mosta na ušću rječice Norino, područje Vid-Norin je izloženo i utjecaju oborinskih i izvorskih voda s vlastitog sliva. Dotok iz rijeke Neretve ili istjecanje prema koritu Neretve ovisi o zapunjenosti vodom područja Vid-Norin.

Nedostatak ukupne planerske osnove razvoja područja Donje Neretve je pridonio ekstenzivnoj izgradnji stambenih objekata zauzimanjem močvarnih i poljoprivrednih površina uzduž kanala, nasipa i prometnica. Ubrzanom urbanizacijom dijela močvarnog područja Vid-Norin, izgrađeno je naselje Jerkovac u desnom zaobalju grada Metkovića koje treba zaštititi od velikih voda iz pravca močvare izložene snažnom utjecaju rijeke Neretve.

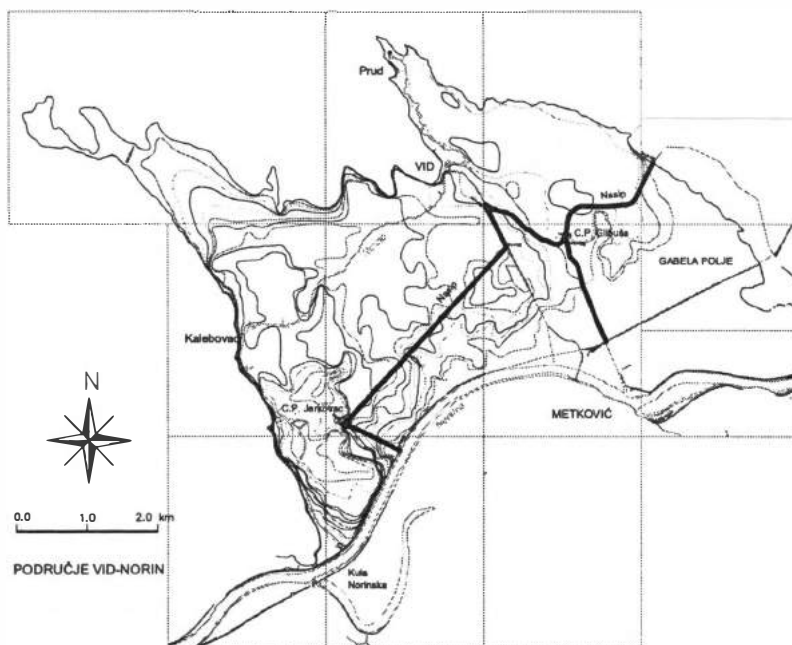
Izuzev kompleksnog projektnog rješenja izgradnje melioracijskog sustava na području Vid-Norin, ni jedno drugo projektno rješenje ne nudi potpunu zaštitu od poplava naselja Jerkovac, a da pri tome ne sputava širenje i razvoj grada Metkovića. Stoga se pristupilo iznalaženju mogućeg rješenja u obliku separatnog sustava obrane od poplava i odvodnje prvenstveno urbaniziranih površina.

Kriterije upravljanja postojećim sustavom obrane od poplava na području Donje Neretve je teško definirati jer raspoloživi podaci, podloge i dosadašnja saznanja ne omogućavaju

potpuno sagledavanje svih karakteristika vodnog režima. Vodostaji donjeg toka Neretve su ovisni o dva rubna uvjeta: uzvodnom dotoku i nizvodnom kolebanju nivoa mora. Koincidencija velikih voda koje dolaze rijekom Neretvom i velikih voda zaobalja još nije do kraja proučena, kao ni način raspodjele voda unutar područja. Također nije utvrđena ni koincidencija vrha vodnog vala rijeke Neretve i maksimalne razine mora. Na složenost stanja otjecanja u Donjoj Neretvi dodatan utjecaj ima i rad hidroelektrana i akumulacija izgrađenih na uzvodnom dijelu sliva u Republici Bosni i Hercegovini.

Uvažavajući zahtjeve lokalne samouprave za rješavanjem problema obrane od velikih voda, početkom 2002.god. je završen glavni projekt koji se odnosi na zaštitu od poplava šire urbane zone naselja Jerkovac s dijelom poljoprivrednog zemljišta. S obzirom na stanje izgrađenosti zaštitnih objekata uz korito rijeke Neretve, neophodnost izmjene važećih pravilnika za obranu od poplava na području Donje Neretve, te potrebu hitnog utvrđivanja prava i obveza svih korisnika voda s uzvodnog dijela sliva u susjednoj državi, usvojena kota od +3,70 m n.m. osigurava zaštitu od poplavnih voda 20 do 33 godišnjeg povratnog perioda.

2. TEHNIČKO RJEŠENJE OBRANE OD POPLAVA



Slika 1. Situacija desnog zaobalja Metkovića

Koncepcija projektnog rješenja se zasniva na izgradnji slijedećih objekata: obrambenog nasipa dužine oko 8.7 km, dvije crpne stanice, dvije regulacijske ustave, te dvije preljevne građevine uređene za kontrolirano upuštanje katastrofalnih voda u branjeno područje. Trasa obrambenog nasipa na dužini od 0,9 km ide uz kanal Duvrat od njegovog spoja s rijekom Neretvom (km 0+000) do lokacije crpne stanice, a potom nastavlja prema cesti Metković – Vid (km 4+300). Na dužini od 0,7 km trasa prolazi uz cestu Metković-Vid

prema vodotoku Glibuša i sve do državne granice (od km 4+950 do km 6+280) prati vodotok Glibuša. Zadnja dionica trase nasipa dužine oko 2,4 km prolazi kroz Gabela Polje na prostoru susjedne države.

Uz trasu nasipa unutar branjenog područja je predviđena izvedba glavnog kanala za gravitacijsku odvodnju područja Jerkovac, Glibuša i Gabela polje, odnosno dovod vode do crpnih stanica kod viših vodostaja. Za vrijeme niskih vodostaja unutarnja odvodnja ostvarit će se na prirodan način, tj. gravitacijom otvaranjem ustava i uspostavljanjem dosadašnjeg stanja. Za vrijeme viših i visokih vodostaja, ustave se zatvaraju, a evakuacija vode provodi preko crpnih stanica. Uz kanal na području Jerkovac predviđen je i prostor za cestovnu komunikaciju do poljoprivrednih površina.

Uz obrambeni nasip je predviđena izgradnja ukupno dvije crpne stanice: jedne na lokaciji u blizini spoja prokopa Duvrat na teritoriju Republike Hrvatske, a jedne uz vodotok Glibuša na teritoriju Republike Bosne i Hercegovine u blizini same granice. Crpne stanice bi radile samo povremeno i to za vrijeme dok su vanjski vodostaji viši od unutarnjih ili kad je potrebno održavati dopušteni nivo podzemnih voda.

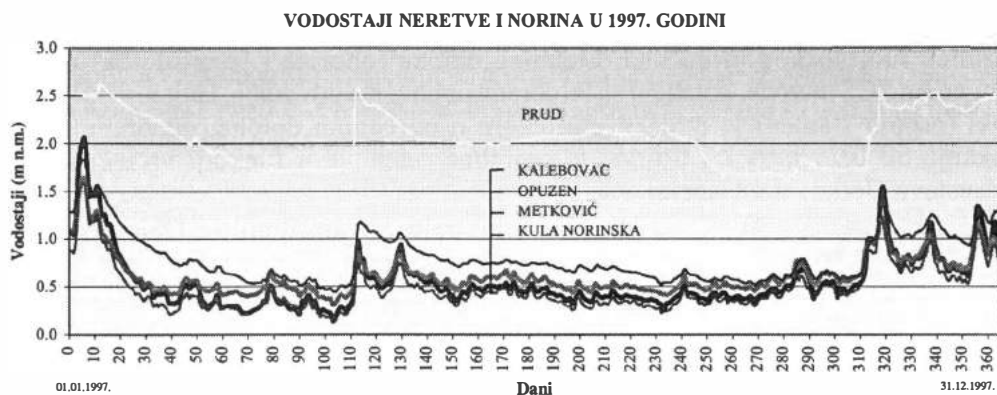
U izvanrednim okolnostima koje nastupaju pojavom velikih voda koje su veće od 20-godišnjih, potrebno je spriječiti mogućnost nekontroliranog probijanja nasipa. U tu je svrhu predviđena izgradnja preljeva uređenjem krune nasipa na dvije lokacije radi upuštanja viška vode u branjeno područje. Jedan preljev je lociran na području Jerkovca uz cestu Metković – Vid, a drugi na području Gabele uz crpnu stanicu Glibuša. Nakon prestanka izvanrednih okolnosti, započinje rad crpnih stanica za odvodnju unutarnjih voda, odnosno gravitacijskih ispusta (ustava).

Odabrano projektno rješenje omogućava faznu izgradnju, ali se cjelovita obrana od poplava može provoditi tek po završetku svih predviđenih objekata. Potrebno je naglasiti da se ovakvim rješenjem obrane od poplava grada Metkovića ne pruža mogućnost njegove daljnje urbanizacije i širenja zaposjedanjem preostalog močvarog područja Vid-Norin.

Geotehnički radovi i analize provedeni su za cijelu trasu i obje lokacije crpnih stanica. Rezultati su ukazali na vrlo nepovoljne karakteristike temeljnog tla, pa se koncept osiguranja stabilnosti objekata može ostvariti u funkciji vodostaja unutar i izvan sustava. Zadovoljavajući faktor sigurnosti nasipa moguće je postići održavanjem razlike između vanjskih i unutarnjih vodostaja od 1,5 m, pa je u tu svrhu potrebno vršiti balansiranje volumena vode aktivnim preplavlivanjem dijela nižih površina. Dakle, kada vodostaji vanjskih voda dosegnu maksimalnih +3,70 m n.m. tada unutrašnji vodostaj od +2,20 m n.m. neće ugroziti postojeću najnižu kotu stambenih objekata. Povišenjem kote vanjskih voda iznad kote +3,70 m n.m. preljevi se moraju aktivirati, a voda pustiti u područje, jer bi nasip po svim proračunima ionako popustio.

3. HIDROLOŠKA MJERENJA I PRORAČUN

Slivno područje predstavlja tipičan krški teren pretežito brdskog obilježja s ujezerenim nizinskim dijelom. Hidrografsku mrežu čine vodotoci: Glibuša, Vrioštica i Norino s močvarnim terenom (Orepak) i brojnim izvorima duž sjevernog ruba doline. Najveći izvor je vrelo Prud od kojeg nastaje rječica Norino čiji tok završava uljevom u rijeku Neretvu kod Kule Norinske. Površina orografskog sliva iznosi 87 km², dok je površina pripadnog hidrografskog sliva znatno veća (pretpostavlja se oko 250 km²).

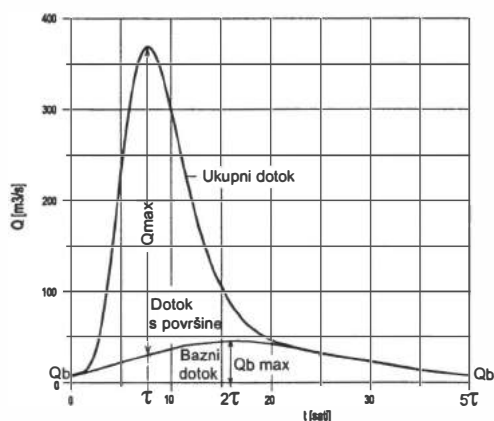


Slika 2. Utjecaj Neretve na vodostaje Norina

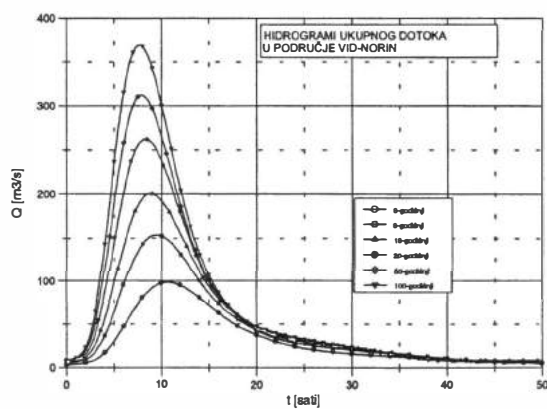
Na rječici Norino su aktivne tri hidrološke stanice: Prud (na istoimenom izvorištu), Kalebovac (u srednjem toku) i Kula Norinska (na ušću u Neretvu) za koje nije moguće definirati jednoznačne protočne krivulje jer su pod izravnim utjecajem uspora od velikih voda Neretve. Osim toga na stanici Prud se pojavljuje i veliko rasipanje izmjerenih protoka uslijed zaraštenosti korita trstikom i travom.

Hidrološkom obradom je obuhvaćena analiza vanjskih dotoka s vlastitog sliva, analiza dotoka unutar branjenog područja, i analiza utjecaja vodostaja Neretve na vodostaje u području Vid- Norin. S obzirom da se mjerodavni maksimalni dotoci Norina s vlastitig sliva ne mogu odrediti preko hidroloških mjerenja, oni su dobiveni posrednim putem, primjenom iskustvenih metoda. Pri tome je pretpostavljeno da se visoki vodostaji Neretve, kada počinju djelovati na stanje u Norinu, pojavljuju nakon velikih vodnih valova Norina (izolirani vodni valovi Norina traju oko 15 sati).

Hidrogrami izoliranih velikih vodnih valova sadržavaju i bazne dotoke iz izvora po rubu područja koji se prihranjuju sa šireg, hidrografskog sliva, ovisno o stanju podzemne vode u pukotinskom sustavu krša. Oblik i intenzitet baznog dotoka odabran je na osnovi mjerenja protoka na izvorištu Prud.



a)



b) ukupni dotok raznog povratnog perioda

Slika 3. Dotok sa sliva i bazni dotok

Unutrašnja odvodnja

Rezultati hidrološkog proračuna direktnog dotoka (oborine i bazni dotok) dobiveni primjenom SCS metode, korišteni su za obradu unutrašnje odvodnje. Hidraulički proračun crpki (crpnih stanica) je izrađen grafičkom usporedbom dotoka, odabrane količine crpkanja od $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$ i $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$, te potrebne retencije u funkciji vremena za oba podsustava (Jerkovac i Gabela).

Crpne stanice će raditi relativno kratko, samo dok traju izvanredne prilike. Obje crpne stanice su opremljene s po tri jednaka agregata na način da se treći uključuje za maksimalni dotok i/ili za naizmjenični rad u nižem stupnju pogona. Ukupni kapacitet crpki je dovoljan da se za tri do pet dana produženog rada iscrpi cjelokupni volumen dotoka. Odabrane su propelerne crpke potrebnog kapaciteta koje imaju sposobnost sjećanja trske i svilastog korjenja.

Crpne stanice neće biti izvedene kao klasične zidane ili betonske zgrade, već kao polumontažne armiranobetonske konstrukcije položene u razini terena, s uronjenim crpkama i uronjenim motorima.

Proračun dotoka od višednevnih oborina kada padnu na potpuno zasićeno tlo pokazuje da je evakuacija volumena uz stvarnu retenciju prostora moguća već u vremenu trajanja oborina za dugotrajne oborine (više od 5-dnevne). Za oborine kraćeg trajanja vrijede slični parametri kao za hidrogram direktnog dotoka.

Bazni dotok se formira od protjecanja kroz nasipe i tlo koje nastaje uslijed razlike vodostaja unutrašnjih i vanjskih voda. Najveća razlika koja se može dozvoliti, a da ne ugrozi stabilnost objekata je $1,5 \text{ m}$.

Retencija predstavlja zapreminu slobodnog prostora od zatečenog vodostaja do maksimalnog dozvoljenog vodostaja u području. Zapremina kanala se može isključiti, jer se ista gubi upravljanjem vodostajima u sustavu. Volumen dozvoljenog preplavlivanja je određen na kratkim visinskim razlikama temeljem izrađene karte područja s ucrtanim slojnicama s visinskim razlikama od 10 cm .

4. MODEL NESTACIONARNOG TEČENJA U PODRUČJU

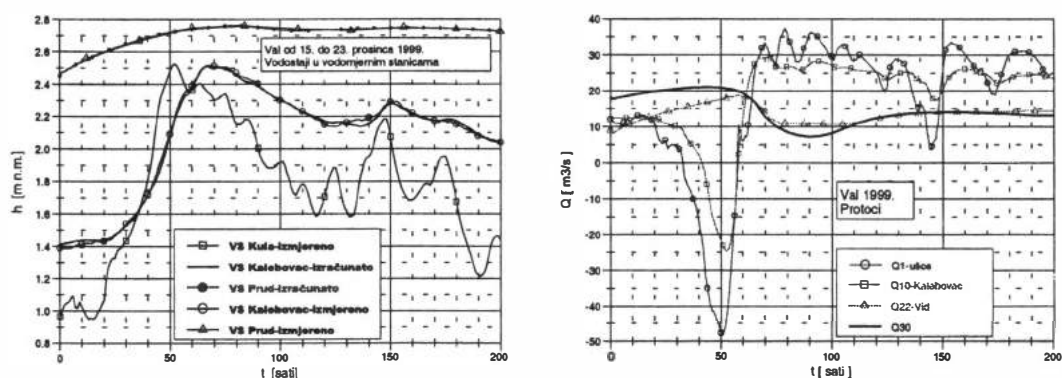
U proračun nestacionarnog tečenja na promatranom području pravilno su uključene sve uočene pojave i procesi. Područje se puni u svom sjevernom dijelu uglavnom iz izvora po rubu, dok se s južne strane puni iz Neretve kroz ušće Norina. Dotok vode u područje uslijed palih oborina na lokalnom slivu definiran je hidrogramima velikih vodnih valova na ušću Norina u rijeku Neretvu različitih povratnih razdoblja. Za očekivati je da se velike vode u rijeci Neretvi i na lokalnom slivu mogu istovremeno dogoditi. Može se dogoditi i situacija pojave velikih voda, te jačeg plavljenja područja Vid-Norin za vrijeme manjih kiša, ako se uzvodne akumulacije na slivu Neretve u Republici Bosni i Hercegovini počnu naglo prazniti.

U proračunu je korišten matematički model za složene vodoprivredne sustave zasnovan na potpunim hidrodinamičkim jednadžbama i numeričkom postupku po metodi konačnih elemenata (KORSIM). Područje je podijeljeno sukladno mreži vodotoka Norino-Glibuša-Matica, visinskim kotama, te hidrološkim procesima tečenja površinskih voda. Tako je postavljena računska mreža ili shema proračuna tečenja, tzv. topološka shema. Glavni tok je Norino kojemu je geometrija određena s 30 poprečnih profila. Profil 1 je na ušću Norina u Neretvu, a profil 30 na izvoru Prud. Uz Norino (u sklopu poprečnih profila) pretpostavljen je koridor jačeg tečenja kada se voda široko razlije po području. Ostali dio područja je retencijski prostor podijeljen na 7 dijelova.

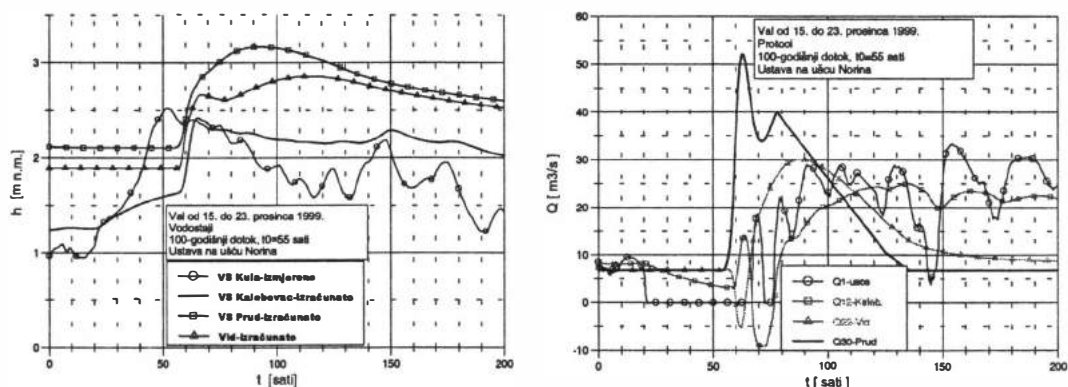
Zadnji veliki vodni val koji je uzrokovao poplave, kako uzvodno tako i u području donje Neretve, pa i u području Vid-Norin, bio je u prosincu 1999. godine. U proračunu je za

početni trenutak uzet 15. prosinca u 0 sati, a krajnji 23. prosinca u 24 sata. Nakon palih kiša vrlo brzo i naglo porasli su vodostaji (slika 4a). Varijacijom ulaznih hidrograma, odnosno ukupnog dotoka s lokalnog sliva u područje, promatralo se slaganje izračunatih i izmjerenih vodostaja u mjernim profilima Kalebovac i Prud. Hidrogrami za koje su dobivena najbolja slaganja su odabrani kao realni dotok u tom poplavnom razdoblju. Izračunati protoci nacrtani su na slici 4b.

Na osnovi dobivenih rezultata i analize velikog niza među-proračuna u fazi određivanja dotoka (hidrograma) za to poplavno razdoblje, proizlazi da se plavljenje područja Vid-Norin događa na vrlo složen način. To se posebno uočava iz nacrtanih protoka (hidrograma). Uzvodni dio prema Prudu uglavnom je pod utjecajem dotoka iz izvora i sa sliva, dok je nizvodni dio područja prema ušću Norina dominantno pod utjecajem režima vodostaja u rijeci Neretvi. Ovo se uočava i na izmjerenim vodostajima. Na Prudu se vodostaji relativno sporo mijenjaju, dok su u Kalebovcu te promjene korespondentne s promjenom vodostaja u rijeci Neretvi. U fazi brzog porasta vodostaja u Neretvi kroz ušće Norina ulaze velike količine vode i pune donji dio područja Vid-Norin (nizvodno od Kalebovca), da bi se u fazi opadanja vodostaja u rijeci Neretvi to područje praznilo preko Norina. Budući da se radi o vrlo prostranom području sa širokim izljevanjem i ujezerenjem vode postoje dva različita oblika gibanja vodene mase. Jedan je relativno brzo tečenje u Norinu i u koridoru uz njega, kada se voda izlije iz korita, a drugi je vrlo sporo tečenje s velikim otporima u širokim prostorima obraslim trskom i drugim močvarnim biljkama.



Slika 4. Poplavni val, prosinac 1999.; a) vodostaji, b) protoci



Slika 5. Rezultati za 100-godišnji dotok i buduću ustavu na ušću Norina

Da bi se spriječio prodor vode iz Neretve u područje na ušću Norina planirana je izgradnja regulacijske ustave. Na slici 5 nacrtani su vodostaji i protoci za 100-godišnji dotok sa sliva i regulaciju protoka ustavom.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovi proračuna svih mogućih situacija i kombinacija vodostaja na ušću Norina i dotoka sa sliva može se zaključiti kako je obrana od poplava Jerkovca i Gabela polja moguća za uobičajena stanja vodnog režima, pa čak i kada se radi o izvanrednoj situaciji obrane od poplava u rijeci Neretvi. Međutim, kod ekstremno velikih voda obrana od poplava Jerkovca nije moguća. U tom slučaju štete uzrokovane takvim stanjem su neizbježne. To moraju znati svi koji su spremni graditi i urbanizirati močvarno područje, kao što je to slučaj u Jerkovcu. Kada se govori o gradnji u močvarnom području moglo bi se postaviti niz pitanja i tražiti odgovor o opravdanosti takve izgradnje. Očito je da obrana od poplava Jerkovca nije samo vodoprivredna zadaća, već se ona mora staviti u puno širi kontekst, vodeći računa prvenstveno o optimalnom korištenju prostora i zaštiti preostalih močvarnih staništa na području Donje Neretve. Nakon što se izgrade objekti obrane od poplava slijedi još teža zadaća, a to je izgradnja infrastrukture, prvenstveno rješavanje otpadnih voda i zaštite okoliša. U močvarnim uvjetima ta se zadaća čini gotovo nerješivom na kvalitetan način. Ako se tomu dodaju i uvjeti zdravog stanovanja onda je potpuno u pitanju smisao nasilnog naseljavanja močvarnog područja koje po ničemu nema attribute budućeg kvalitetnog urbanog prostora. S ekonomskog, ali i ekološkog aspekta takvi su zahvati potpuno neracionalni i neprihvatljivi. Zbog svega ovoga bilo bi uputno dobro promisliti o zamišljenom projektu urbanizacije Jerkovca. Međutim, ne može se zanemariti postojeće stanje koje je nastalo u potpuno nekontroliranom procesu. Sustav obrane od poplava Jerkovca i Gabela polja morao bi značiti zaštitu postojećeg izgrađenog (urbanog) prostora, a nikako poziv na širenje i dalju gradnju.

Literatura:

1. Gajić-Čapka, M. (2000.) "Metode klimatološke analize kratkotrajnih oborina velikog intenziteta", disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet.
2. Srebrenović, D. (1970.) "Problemi velikih voda", Tehnička knjiga, Zagreb.
3. Srebrenović, D. (1986.) "Primjenjena hidrologija", Tehnička knjiga, Zagreb.
4. Žugaj, R. (2000.) "Hidrologija", Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
5. KORSIM (2001.), priručnik za matematički model, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu

Ostli izvori:

6. "Elaborat za hidrogeološka istraživanja za prijedlog zona sanitarne zaštite izvora Prud (Norinska rijeka)", Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 1996. (dr.sc. J. Slišković).
7. "Vodnogospodarsko rješenje i uređenje sliva Donje Neretve", knjiga 3: Meteorologija i hidrologija: Analiza meteoroloških i klimatskih obilježja područja, Hrvatske vode, Split (mr. sc. M. Švonja) i Hidrološka obrada sliva Donje Neretve, Građevinski fakultet, Split, 1996. (prof. dr. sc. O. Bonacci).

8. "Vodnogospodarsko rješenje i uređenje sliva Donje Neretve", knjiga 4: Izvori, Građevinski fakultet, Split, 1996. (mr. sc. D. Bojanić).
9. "Vodnogospodarsko rješenje i uređenje sliva Donje Neretve", knjiga 5: Površinske vode, Građevinski fakultet, Split 1996. (doc. dr. sc. M. Vranješ).

Autori:

Damir Vidoš, dipl.ing.građ., Hrvatske vode, Vukovarska 35, Split

Mr. sc. Mirjana Švonja, dipl. ing. građ., Hrvatske vode, Vukovarska 35, Split

Prof. dr. sc. Mijo Vranješ, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet, Matice hrvatske 15, Split

Prof. dr. sc. Ranko Žugaj, dipl. ing. građ., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, Zagreb



Rad 4.34.

Vacuum Sewerage - A Modern System Aiding to Reduce the Costs of Communal Wastewater Collection -

Lars Späth, V. Zang

SUMMARY: The disposal of sewage to a central treatment plant in 1-floor housing and flat areas often fails due to high specific costs. In recent years alternative wastewater collection systems have been set on the market with great success. Vacuum sewerage systems are nowadays a sophisticated and reliable alternative when well designed. Particularly in regards to first investment, vacuum sewerage systems often offer more feasible solutions, also in the long run. Due to a lack of information and prejudices concerning operation of alternative sewerage systems, planners and decision makers often hesitate to take these technologies into consideration. However, vacuum technology, for example, offered by ROEVAC® has grown enormously in the last years, mainly due to enormously reduced installation costs and due to its protection against contamination of ground water aquifers.

KEYWORDS: sewage, wastewater collection, vacuum sewerage, reduced installation costs

Vakuumski kanalizacijski sustav - suvremeni sustav koji omogućava smanjivanje troškova urbane odvodnje

SAŽETAK: Odvodnja fekalija u središnji uređaj za obradu otpadnih voda iz jednokatnica ili s ravnih površina često se ne provodi zbog visokih specifičnih troškova. U novije su se vrijeme na tržištu pojavili vrlo uspješni alternativni sustavi za pročišćavanje. Danas vakuumski kanalizacijski sustavi, kada su dobro izvedeni, predstavljaju sofisticiranu i pouzdanu alternativu. Ovi sustavi često predstavljaju, posebice u pogledu početnog ulaganja, izvodljivo rješenje čak i gledano dugoročno. Zbog nedostatnih informacija i predrasuda o radu alternativnih kanalizacijskih sustava, planeri i donositelji odluka često nerado razmatraju primjenu takvih tehnologija. Međutim, primjena vakuumske tehnologije, primjerice sustava kojega nudi ROEVAC®, zadnjih je godina znatno porasla, uglavnom zbog bitnog smanjenja troškova izgradnje i zaštite vodonosnika podzemnih voda od onečišćenja.

KLJUČNE RIJEČI: kanalizacija, prikupljanje otpadne vode, vakuumski kanalizacijski sustav, smanjenje troškova

1. INTRODUCTION

The conventional way of collecting effluent takes usually place by means of gravity sewers, and simply using potential energy of the topography. This was the traditional way, already having been used in Babylon. In areas of low population, unfavourable subsoil, high groundwater table and slight decline of the ground, sewerage systems based on gravity transport would lead to high investment costs. In order to avoid the necessity of frequent flushing, deep trenches and several lift stations often have to be installed.

To overcome these problems, vacuum sewerage systems have been introduced. Further, the increasing necessity to connect rural, ribbon areas to central sewage plants favour new conceptions.

The first who had applied the negative pressure drainage (so called vacuum sewerage) was the Dutch engineer *Liernur* in the second half of the 19th century. It was only used on ships, trains and airplanes for a long time. Technical implementations of vacuum sewerage systems were started after 1959 in Sweden by *J.Lilijendahl* and afterwards brought on the market by *Electrolux*. First tests of municipal sewerage systems had shown operational difficulties. These problems belong to the past – in Germany, for example, more than 300 (well-working) systems are in steady operation, some of them since the 1970's.

Due to the reduction of investment costs, when using vacuum technology, many countries in the world have set up guidelines to encourage municipal planners to analyse economically each project for the alternative use of air flushing vacuum technology against conventional gravity water flushing systems.

For instant the German public working group of counties (LAWA) has declared to its communities as follows : *“Each public sewer project needs to be checked on the alternative to go for vacuum, always when the specific investment costs do exceed a value of 2000 EURO per inhabitant”.*

Depending on local construction cost standards, this value could even be less in developing countries of the Southern hemisphere, besides from the advantages concerning ground water protection.

2. THE CHARACTERISTICS OF VACUUM SEWERAGE SYSTEMS

Vacuum sewerage systems are composed of three elements:

1. Collection chambers at each house
2. Vacuum sewer lines
3. Central vacuum station

Vacuum technology is based on differential air pressure. Rotary vane vacuum pumps generate an operation pressure of -0.4 to -0.6 bar at the vacuum station, which is also the only element of the vacuum sewerage system that must be supplied with electricity. Interface valves that are installed inside the collection chamber work pneumatically. Sewage flows by gravity into each house's collection sump (see figure N°2). After a certain level is reached, the interface valve that is controlled by a controller will be opened. The resulting differential pressure between atmosphere and vacuum becomes the driving force, and transports the wastewater towards the vacuum station.

Therefore, no inspection manholes are required in vacuum systems!

In order to ensure reliable transport, the vacuum sewer line is laid in a saw-tooth (length) profile, which will be referred to more precisely afterwards. The whole vacuum sewers are filled with air at a pressure of -0.4 to -0.6 bar. The most important aspect for a reliable operation is the air-to-liquid ratio. When a system is well designed, the sewers contain only very small amounts of sewage – they should never be totally filled with sewage since the hydraulic friction loss would be too high! This is guaranteed when using suitable interface valves. For an investor, it must be paid attention to the fact that the choice of equipment ensures the automatic optimisation of the air-to-liquid ratio. The ROEVAC® vacuum sewerage systems (market leader in Europe) have patented controllers, which give highest operational security, optimisation of hydraulic transporting conditions, and thus reduce the total energy consumption of a plant.

Considering that the vacuum idea relies on external energy for the transport of fluids, sewers can be laid in flat terrain and up to certain limits may also be counter-sloped. The saw-tooth profile keeps sewer lines shallow, lifts minimise trench depth (approx. 1 – 1.2 m).

In this way deep, expensive trenching, as it is the case for gravity sewers with the necessity to install continuously falling slopes of at least 0.5%, is avoided.

Once arrived in the vacuum storage tank (underground) at the vacuum station, sewage is pumped to the discharge point, which could be a gravity sewer or the treatment station directly.

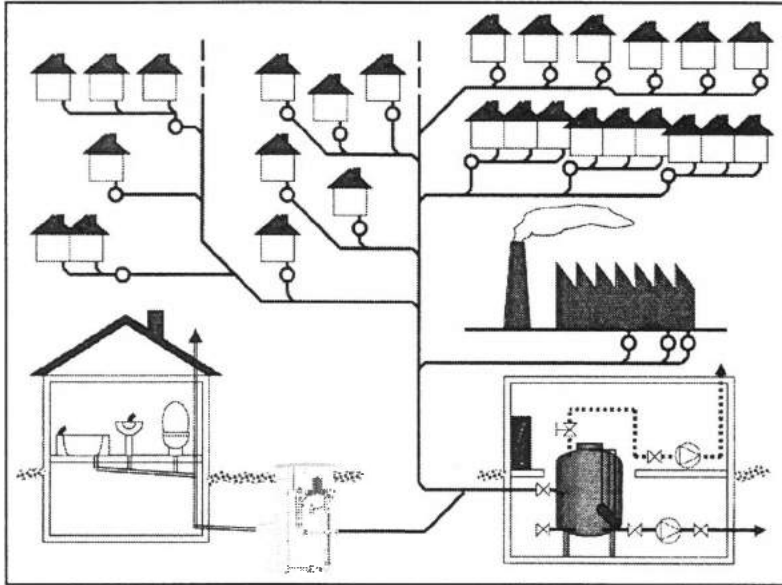


FIG. 1: Systematic of Vacuum Sewerage Technology [1]

2.1 Advantages

Vacuum sewerage systems account for the following advantages:

- the sewer lines form a truncated network, with a central vacuum station. In this way energy is only needed at this one point of the system
- no sedimentation due to self-cleansing velocities & spooling, maintenance of the sewer lines do not become necessary
- manholes are not required
- no pumping stations required
- low investment costs can be reduced up to 50 % due to simple trenching at shallow depths, close to surface
- flexibility of piping, obstacles (as for example open channels) can be over- or under passed
- reduced installation time
- not much disturbance of inhabitants
- small diameter sewer pipes of PE_{HD}, PVC materials & savings of material costs
- aeration of sewage & less development of H₂S, with its dangers for workers, inhabitants, as well as corrosion of the pipes may be avoided; sewage is kept fresh
- no odours along the closed vacuum sewers
- leaks in the system would be shown immediately by the pump working cycle

- no infiltration (í less hydraulic load at treatment station and discharge sewers)
- absolutely no leakages (vacuum avoids exfiltration)
- sewers may be laid in the same trench with other mains, also with potable water or storm-water, as well as in water protection areas

2.2 Limitations

- vacuum systems are not capable of transporting sewage over long distances
- vacuum sewerage systems are only reasonable for the collection of wastewater within a separated system and not for the collection of storm-water
- the lines can reach up to 3 - 4 km laid in flat area
- restrictions of the system as to static lifts (3-4 m)
- systems should be designed (free-of-charge, for example with ROEVAC) with help of an experienced manufacturer
- 5-days- training of the technician, manpower necessary to survey the system
- external energy is required for collecting sewage
- odour problems close to the vacuum station can occur, because of exhaust air í biofiltre eventually

2.3 Application Fields

Vacuum sewerage becomes more and more the preferred system in the case of particular circumstances:

- Especially difficult situations as ribbon, peripheral settlements on flat terrain with high specific canal lengths of longer than 4 metres per inhabitant are predestined for the application of vacuum sewerage systems. In the case of sparse population density the influence of the costs for the collection chambers and vacuum stations are less important in comparison to the high specific costs of long and deep sewers on gravity.
- Missing incline of the ground, unfavourable soil (rocky or swampy grounds) and high groundwater table (with the necessity of dewatering trenches) lead to enormous investment costs in regards to gravity sewerage systems. On the contrary vacuum sewers that are small in diameter can be laid close to the surface in small trenches.
- Vacuum sewers can pass through water protection areas and areas with sensitive high ground water tables, because there is no danger of spoiling groundwater resources (vacuum sewers have a high leak tightness due to their material; moreover the vacuum itself does not allow exfiltration). The vacuum system used by ROEVAC® has also been applied in the case of collecting toxic wastewater.
- In seasonal settlements (recreation areas, camping sites etc.) with conventional gravity sewerage sedimentation problems can easily occur, because in certain periods of the year automatic spooling by the flow-rate does not take place. On the contrary high flow velocities within vacuum sewers prevent better from clogging.
- Even in old narrow and historical villages, the use of vacuum systems becomes more and more important due to a fast (í traffic, tourism), cost-effective and flexible installation.
- For the conception of a sewerage system at a larger settlement, it can become necessary to divide the area with several different vacuum stations. Sometimes this also becomes necessary due to topography. Very often it seems to be reasonable and most feasible to combine both vacuum and pressure sewerage systems together.

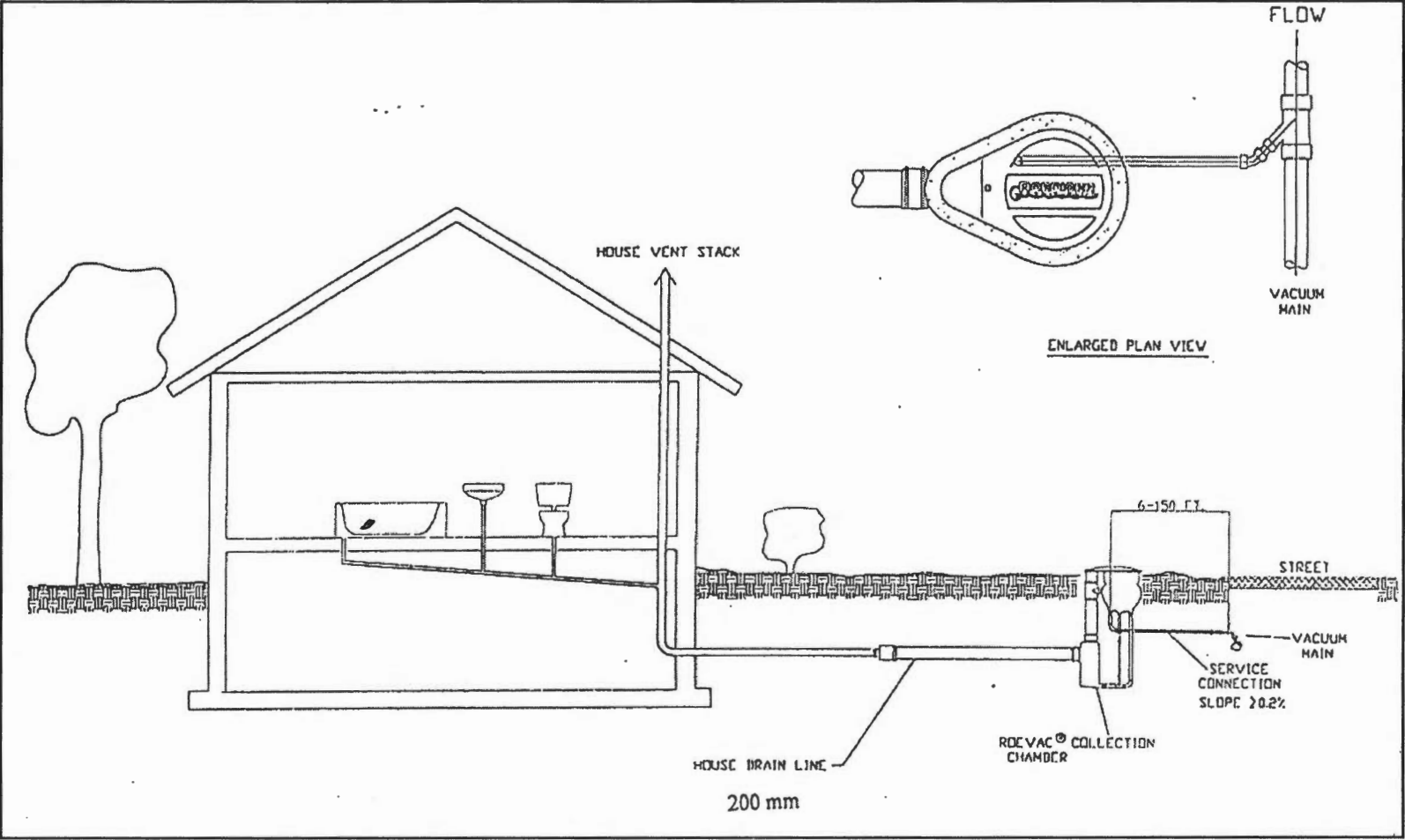


FIG. 2: Discharge of Effluent in a Vacuum System takes place via a Collection sump with an Interface Valve [1]

3. THE COMPONENTS

As the European Standard DIN EN 1091 [4] concerning vacuum sewerage systems has been developed, general requirements about technical equipment, material, retention volume of the collectors, alarm systems, pressure tests etc. have been already stated. A German Standard for vacuum systems ATV A 116 [1] was introduced in September 1992. It is not contradictory to the European Guideline, moreover sometimes even constricts it.

Detailed regulations about the particular units and equipment of vacuum systems are well described in the Standards. These technical details will not be referred to in a more detailed way, within this report. It makes more sense to supply a more general description of technical relations and main design parameters which are essential for the layout a vacuum system.

3.1 Collection Chambers / Interface Units

Raw sewage flows by gravity from one or more lots into a sealed collection sump (see figure N°3). Located in a separate and hygienic valve chamber, a vacuum interface valve unit is installed which is controlled and operated pneumatically without electricity. When a certain amount of sewage has accumulated the controller opens the valve.

When the valve opens, between 20 and 40 l portions of effluent (depending on the adjustment of the valve) are evacuated into the vacuum sewer line. Additional air entering via the covering lid will be sucked into the sewer line due to the pressure difference to push the sewage bulb. The interface valve will close again after a few seconds. The exact time should have an option to be adjusted and must be long enough to make sure that enough air can enter in order to push the sewage bulb efficiently (Fig. 4). This depends on the negative pressure conditions: Generally, the volume of air-stream should be lessened as far as possible, so that the pumps do not have to work unnecessarily. On the other hand minimum ratios of air-to-liquid should be guaranteed to have reliable transporting conditions. Usually the systems work with air-liquid ratios of about 4:1 to 15:1 [3, P. 389] ^{2: concerning atmospheric pressure}.

Vacuum Technology is very reliable and tested technology when the right equipment is used. This is the most significant aspect considering, for example, that in France some systems did not work properly, because of non-optimising controllers. For this reason vacuum interface valves are recommended to be membrane-type (best protection against sand-clogging) and have optimising controllers!

The restricting minimum diameter of the system should prevent the interface valves and the vacuum sewers from clogging. So, the connection from the sump to the interface valve should have a diameter of 50 - 60 mm (Fig. 3). Usually, larger particles do not arrive in the sump, even though it still can occur. For example, when using the ROEVAC® system, the free passage between the collection sump and suction pipe is smaller than the one of the interface valve, which prevents clogging inside the interface valve. Large particles can be easily removed from the ROEVAC® sump by using a clean out lance.

For reasons of security, the European norm dictates that each collection sump should contain a minimum volume. It should be large enough to keep back at least 25% of the daily sewage flow per house in order to have flexibility against power outages at the vacuum station. In this volume included is the gravity drain line of the house (Fig. 2).

Most communities and operators all over the world appreciate the option to have one

collection chamber per house (responsibility principle). The collection chamber should be made of plastic material. In this way infiltration is avoided and installation is eased. The separation between valve and collection sump has become a main feature for the right choice of the equipment (Figure 2). Only in this way dry and hygienic conditions ease handling - no smell and nuisances can appear!

3.2 Vacuum Lines / Description of Hydropneumatic Transport

Flow situations in vacuum sewers cannot be simply described with hydraulic laws. Instead of it a two-phases-flow transport has to be considered (e.g. hydropneumatical). Conveyance takes place by means of a two-phase regime, air (compressible) and effluent. Because of this the continuity equation becomes very complicated. Furthermore, the transport situations in vacuum sewers rely on unstationary aspects, and in parts also depend on hazardous factors.

As it was still mentioned before, the main characteristic of vacuum sewerage is the necessity to lay the sewers in the form of a distinct saw-tooth profile. An effective transport of sewage portions can only be guaranteed, if the low points and high points along the network are arranged according experimented companies such as ROEVA C®.

Doses of sewage enter the vacuum line from the collection chambers. As sewage doses arrive at a low point of the sewer line, sewage is collected there, reducing, sometimes totally blocking the pipe diameter (Figure 3) - until valves upstream open and arriving air will increase the pressure gradient again. Air moving at high velocity into direction of the vacuum station will exert a strong impulse on the developing sewage bulbs.

In this way sewage portions in the form of bulbs will be shifted with almost the same velocity over the next peak down the line. The transport of sewage will continue along the sewer line as far as the pressure gradient remains large enough to move the bulb. Since air permeates the bulbs more and more, during movements liquid bulbs are not permanent and will have to be re-formed in another low point. So, usually sewage is moved only gradually, "tooth by tooth", to the vacuum station (Figure 4).

In a horizontally laid pipe air would stream over water without moving it further.

There are always many sewage bulbs along a sewer line (Figure 4). The movement of each bulb changes the pressure situation for the next bulb up- and downstream creating new pressure gradients. Caused by these pneumatic effects sequential movements of the bulbs takes place, as like a pipe-post towards the vacuum station.

High flow velocities in the low points of up to 5 m/s [3, P.480 and 8] avoid any kind of sedimentation, since during the starting movement of a bulb this kind of flushing effect would take away all hypothetical deposits. Sedimentation problems have never been reported for vacuum sewerage systems.

Prevailing diameters in vacuum sewers are in range of DN 80 and DN 250 (inner diameter).

Usually PE_{HD} or PVC pipes are applied in vacuum systems due to their low costs of installation and flexibility. Vacuum sewers have to be absolutely tight. Leakages along the pipes would cause a break down in the system. Therefore, DIN EN 1091 requires a thickness of at least according to class PN 10 (PVC) or SDR 11 (PE 100). Leakages have hardly appeared in vacuum systems due to an absolute tightness of installations (each construction company is easily able to install vacuum pipes).

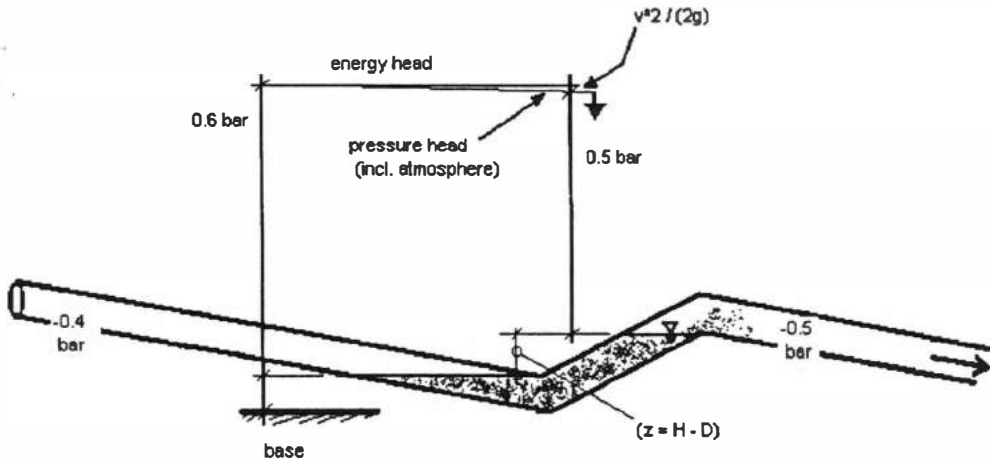


FIG. 3: The Starting Movement of a Sewage Bulb. When the subpressure created by the vacuum station is strong enough, with air arriving from above the line, sewage portions will be shifted over the next peak in the form of a bulb until they will have to be reformed at the next saw-tooth.

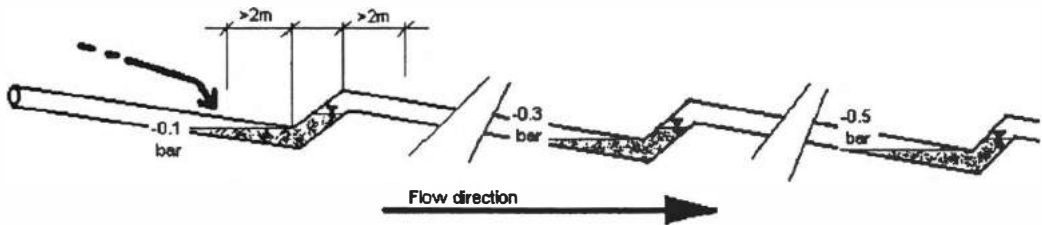


FIG. 4: The Saw-tooth-Profile of a Vacuum Sewer Line. Sewage is shifted sequentially in the form of bulbs

As a perfect optional choice, the German company Roediger Vakuum- und Haustechnik GmbH (ROEVAC®-system) offers to install inspection pipes every 100 m along the vacuum line. In this way a total supervision of a sewerage system becomes possible (something totally new in the modern world, so leaks could be found much faster). With a system of test balls, the vacuum system gets infinite optional and flexible “division valves”- The vacuum pressure situations can be analysed exactly up to 1m, for example, to check the installations before putting into service of the plant or to locate leaks.

3.3 Vacuum Station

The vacuum collection station is the only place of the complete system, where energy is required! It should be located at a low topographic altitude. The vacuum station consists of rotary vane vacuum pumps (generate vacuum in the sewer lines), enclosed underground collection tanks, and duplicated sewage pumps (duty/standby) that discharge sewage away from the collection tanks to a wastewater treatment facility.

The vacuum pumps maintain a negative pressure inside the collection tank in a range of -0.4 to -0.6 bar (adjustable). When the negative pressure inside the system falls under a

certain limit the vacuum pumps will start working. Vacuum pumps run only for a few hours a day and do not need to run continuously since the vacuum interface valves at collection pits are normally closed.

Collection tanks are mostly made of steel and not of stainless steel (risk of local chemical element corrosion). In choosing tank materials, water tightness has a high priority, subsequently all joints should be sealed. Vacuum tanks are sized according to flow rates and vacuum suction capacity with typical volumes ranging from 5 to 12 m³. About 75 % of the tank's volume will be required as a vacuum retention volume. With this vacuum reserve the vacuum pumps shall be prevented from too high a starting rate, which is normally limited to 10-15 starts per hour (worst case).

A second vacuum tank might be desirable in order not to disturb conveyance during maintenance of one tank (redundancy).

4. DESIGN / COSTS

Planning a vacuum sewerage system seems to be initially a question of design. There is never only one solution at sewer networks in general, but vacuum systems can be designed in many different ways (e.g. connected area, location of the vacuum station, choice of the length profile etc.). A good design needs a perfect overall picture on all the system's parameters ! Some suppliers of vacuum system components help seriously during the design with their assistance. The use of such experienced help is recommendable and preferable.

It should be noted that the final design couldn't be simply made according to a design manual. As an example, ROEDIGER Vakuum- und Haustechnik GmbH offers free assistance to engineering and design departments based on their long experience of more than 250 ROEVAC vacuum sewerage systems worldwide. They make, for example, feasibility studies for potential projects upon request.

The most significant step in designing a vacuum sewerage system is the choice of a good pipe-routing. System boundaries such as maximum trunc length and additional elevations of the pipe length-profile do not have to be surpassed.

As this kind of work requires iterations, design-diagrams have been developed. Table N°1 shows maximum lengths of sewer sections, depending on chosen pipe-diameters. The maximum trunc length is restricted to 4000 m in absolutely flat terrain (experimentally tested by ROEVAC®).

Table N°1: Guidelines for dimensioning vacuum sewers depending on the (constant) density of inhabitants (for waveprofiled systems / flat terrain / no ditches to surpass) (due to [1])

Inhabitants per m of Trunc length [I/m]	Maximum length of each trunc part		
	DN 80	DN 100	DN 125
0.04 - 0.06	1000 m	1000 m	-
0.06 - 0.12	800 m	900 m	300 m
0.12 - 0.20	400 m	800 m	800 m

Due to the fact that each project is individual and the variables are vast, it is not possible to mention a specific “cost of vacuum pipe per m”. Numerous factors such as the consistence of the soil material, the trenching standards, local costs for piping etc. can influence the estimation.

Anyway it can be stated that vacuum technology *can* save investment costs up to 50 %, compared with a traditional concept !

5. OPERATION / MAINTENANCE

Unjustified prejudices against “new” technologies still prevail. Highly assumed maintenance/operational costs are the main obstacle against further expansion of vacuum sewerage systems on the market. Problems, especially at valve pit packages, and frequent system break-downs (drowning) were the birth labour of first vacuum sewerage systems. Nowadays, vacuum systems are reliable when their design is based on special knowledge of professional companies.

Most parts of a system may be nearly trouble free. Service connections, vacuum lines and valve pits do not need any continuous maintenance.

Small problems at collection chambers can sometimes occur, especially if the interface valves are not separated from the wastewater sump. The European norm DIN EN 1091 and the German working group ATV AG 1.1.2 [2] have recommended to respect at least the following rhythms for control and maintenance:

Each or all 2 years, a short visual inspection of chamber and interface parts has to be undertaken, if necessary also washing the sump. Wearing parts (rubber membranes) at interface valves should be replaced in periods of about 4-5 years. This can be done within only few minutes at low price levels and does not disturb the operation of the system.

Officially, vacuum stations should be visited at least once a week to carry out a visual inspection. Experiences have shown that a well-designed vacuum station will not need more than one visible control and short check once a week (similar to a pumping system). Operating hours and power consumption of the pumps should be checked regularly. Mechanical and electrical maintenance, cleaning of the vacuum tank, briefly a total check of the vacuum station, should at least be done once a year (oil-change and filtre change of the vacuum pumps).

The use of submersible discharge pumps in practice seems to be preferable from dry-mounted pumps due to lowest need of maintenance!

6. CONCLUSION

In this paper a short description on the principles of vacuum sewerage systems has been developed. This new methodology contains a high potential for further use, especially when conventional wastewater collection systems account for very high specific costs. In fact, vacuum sewerage systems become more and more spread all over the world. New suppliers and experienced manufacturers have established in a booming market. More and more vacuum technology becomes the clean solution for the future not only in special projects. In Poland the largest vacuum system has now been installed for more than 30000 inhabitants with 4 ROEVAC® vacuum stations.

Highly estimated operation costs and fear of malfunction have been the main prejudices and obstacles in the past against an expanded use of vacuum sewers. For an unprejudiced choice of a sewerage concept, it is necessary not to overestimate operational costs of alternative wastewater collection systems. Further, more difficult conditions during construction have to be considered for conventional gravity sewerage! When a vacuum sewerage system is well designed, operational reliability will be guaranteed.

Of course, vacuum sewerage systems will never replace gravity systems in general. However, vacuum sewerage seems to become more and more important as investment costs could be reduced remarkably. Good references from communities seem to show satisfaction. Especially in cases of sparse population density, flat terrain, and high specific costs of pipe-laying, alternative sewerage systems could become much more economic, also in the long run.

It is significant not to over-estimate the operation costs of alternative wastewater collection systems, in comparison with the costs of a conventional gravity system (which constitutes work under more difficult conditions). When a vacuum sewerage system is duly designed and built, its operational reliability is guaranteed.

For a study-project in central Italy a complex and independent dynamic investment cost analysis has been prepared at the University of Rome "La Sapienza". For this 1500 inhabitant-project investment costs, operation costs as well as reinvestment have been taken into consideration and compared for time "0". The result was quite impressive: 600.000 Euro for the vacuum way versus 1.100.000 Euro for the gravity way!

As engineers and municipal officials become acquainted with the advantages of vacuum sewers, the use of this technology will probably expand more and more worldwide.

It is hoped that the use of alternative sewerage concepts will allow designers and regulators to find ways of keeping project costs at a minimum.

Frequently, a combination of different alternative systems together as well as conventional sections will become the most feasible and the most reliable solution for the collection of wastewater.

References

- [1] ATV Arbeitsblatt A 116 : "Besondere Entwässerungsverfahren, Unterdruckentwässerung – Druckentwässerung", Hennef (1992)
- [2] ATV Arbeitsgruppe 1.1.2 : "Fragen des Betriebs und der Nutzungsdauer von Druck- und Unterdrucksystemen", Korrespondenz Abwasser (1997), P. 921-922
- [3] ATV-Handbuch : "Bau und Betrieb der Kanalisation", (1995)
- [4] CEN : European Standard DIN EN 1091 "Vacuum Sewerage outside buildings", (1992)
- [5] Ciaponi, C.: "Fognature Nere in depressione", Sistemi di Fognatura, (Centro Studi Deflussi Urbani), Milano (1997)
- [6] Ciaponi, C.: "Un'Esperienza di applicazione del sistema di Fognatura Nera con funzionamento in depressione, Università di Pavia (1986)
- [7] Garnier, C., Brémond, B. : "Assainissement sous-vide, étude technique-économique", CEMAGREF, Groupement de Bordeaux, Division Hydraulique Agricole (1986)
- [8] Ghetti, A.: "Prove Idrauliche e tecnologiche relative alla fognatura di Venezia", Padova (1970)

Autori:

Dipl.-Ing. Lars Späth, ROEDIGER Vakuum- und Haustechnik GmbH, Hanau (Germany)

Dipl.-Ing. Dr. V. Zang, ROEDIGER Vakuum- und Haustechnik GmbH, Hanau (Germany)

Tema 5.

GOSPODARENJE VODAMA I DRUŠTVENO-EKONOMSKI RAZVOJ

Voditelji i recenzenti tema:

prof. dr. sc. Nevenka Ožanić i prof. dr. sc. Ranko Žugaj



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.01.

Rijeka Drava i održivi razvitak

Andrija Bognar, Zlatko Pletikapić, Zdenko Tadić

SAŽETAK: Postojeće stanje uređenja i korištenja voda i zemljišta u porječju rijeke Drave u Hrvatskoj nije zadovoljavajuće. Izgrađeni sustav hidroelektrana na Dravi u Hrvatskoj nije dovršen u zamišljenom obliku za višenamjensko korištenje, a posljednja izgrađena HE Dubrava nije bila predviđena za pogon kao zadnja elektrana u lancu. Neovisno o izvedenim dravskim elektranama na hrvatskoj strani, u nizvodnom se području rijeke već duže vrijeme uočavaju negativne promjene njenih morfoloških, hidroloških i bio-ekoloških parametara, izazvanih višestoljetnim djelovanjem čovjeka. Istovremeno, zastala je daljnja provedba postojeće koncepcije vodnog gospodarenja rijekom Dravom, kako zbog novog odnosa Mađarske prema ovom pograničnom vodotoku, tako i zbog novih prijedloga i drugačijih vizija buduće uloge ove rijeke u razvitku Hrvatske.

Polazeći od postavke da jedino znanost i struka objedinjeni u multidisciplinarnom timu mogu ponuditi nova, sveobuhvatna i cjelovita rješenja prihvatljiva i lokalnom stanovništvu i Hrvatskoj u cijelosti, predlaže se mogući novi pristup i načela zaštite, uređenja i korištenja rijeke Drave u Hrvatskoj, utemeljeni na koncepciji održivog razvitka.

KLJUČNE RIJEČI: Rijeka Drava, održivi razvitak, višenamjensko korištenje

Drava River and Sustainable Development

SUMMARY: Current status of the water and land resources development in the Drava River catchment in Croatia is not satisfactory. The hydropower system built on the Croatian reach of the Drava has never been finished to the initially conceived concept – as a multipurpose system. The last built Dubrava Hydroelectric Power Plant has never been planned to be the last in the chain. The adverse changes have been noticed in the Drava hydrological and bioecological parameters for some time. These changes are a consequence of centuries of human activities in the area rather than related with the built hydroelectric power plants on the Croatian side. At the same time, further implementation of the existing concept of the water resources management for the Drava River was suspended both because of the changed Hungarian attitude towards this border catchment and new proposals and changed vision of the future role this river should play in the Croatian development. Taking that only science and profession bonded in a multidisciplinary team can offer new, comprehensive, integrated and documented solutions acceptable for the local population and Croatia as a whole, a possible new approach is proposed containing the principles of the Drava River development in Croatia in line with the sustainable development.

KEYWORDS: Drava River, sustainable development, multipurpose system

1. Uvodno

Uređenje rijeke Drave, započeto regulacijskim radovima još u 18. stoljeću (lit. (1)), nastavljeno je u 20. stoljeću izgradnjom prvih hidroelektrana. Do pred kraj 20. stoljeća

Drava je od svog ušća pa sve do ušća Mure u potpunosti energetski iskorištena. I preostali dio Drave do njenog ušća u Dunav također je u planovima predviđen za izgradnju tzv. višenamjenskih vodnih stepenica (u nastavku: VS), koje osim korištenja vodnih snaga predviđaju korištenje njenih voda i za druge namjene (vodoopskrbu, poljoprivredu, ribarstvo i ribnjačarstvo, očuvanje i poboljšanje stanja režima podzemnih voda i preostalih prirodnih vrijednosti u zaobalju, šport i rekreaciju, promet), a ujedno preuzimaju i ulogu zaštite zaobalja od poplava, stabilizaciju korita i odvodnju zaobalnih voda.

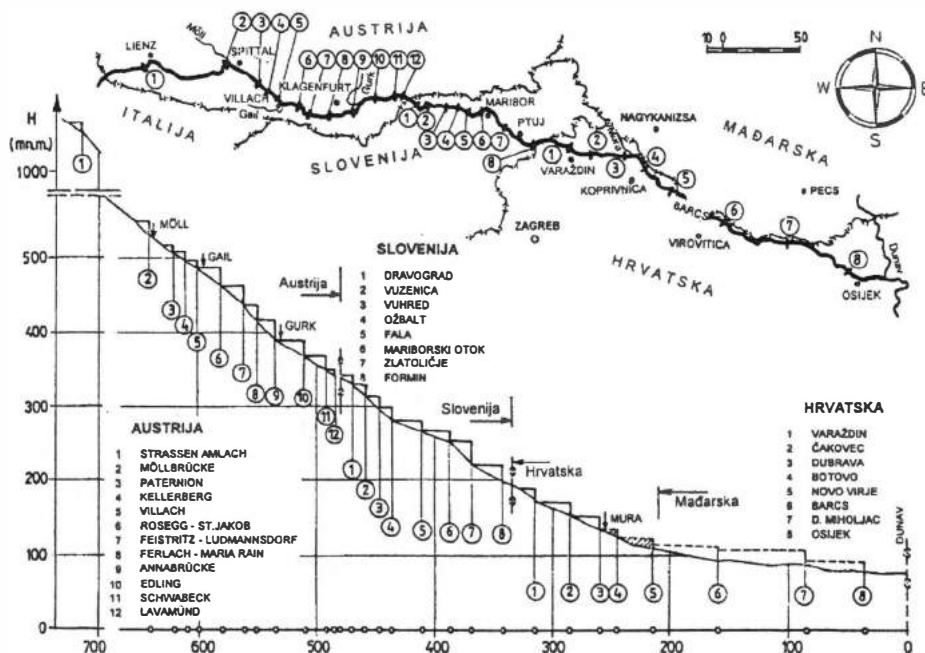
Zbog niza razloga zadnjih desetak godina ovaj je koncept zaustavljen, a trenutno su prisutne dvije naizgled potpuno suprotstavljene opcije daljnjeg korištenja rijeke: s izgradnjom višenamjenskih vodnih stepenica na hrvatskoj strani Drave i s pretvaranjem preostalog neiskorištenog dijela Drave u zaštićeni rezervat prirode europskog značaja.

U međuvremenu, a zbog već izvedenih uzvodnih zahvata kako na Dravi, tako i na Muri, ali i zbog necjelovitih rješenja korištenja Drave na preostalom neizgrađenom potezu (regulacijski radovi, šljunčarenje, različiti zahvati vode) uočljive su daljnje nepovoljne promjene u prirodnom okolišu uz rijeku (erozija i usjecanje Drave u korito, smanjanje malih voda i povećanje velikih vodnih valova, snižavanje razine podzemnih voda, sušenje šuma, eutrofizacija stajaćih voda, pogoršanje kakvoće stajaćih voda).

Ovo upućuje na odgovornost sadašnjih korisnika prostora uz Dravu prema ovom prirodnom bogatstvu i na potrebu djelovanja kroz izradu novog cjelovitog koncepta uređenja i korištenja voda i zemljišta dravske doline prihvatljivog ne samo sadašnjim naizgled suprotstavljenim stranama, već i budućim generacijama.

2. Povijesni pregled i sadašnji odnosi

U Austriji je na Dravi do 1988. godine izvedeno 12 vodnih stepenica, u Sloveniji do 1978. godine 8 vodnih stepenica, a u Hrvatskoj do 1990. godine 3 vodne stepenice.



Slika 1: Prikaz izgrađenih vodnih stepenica na Dravi od njenog izvora do ušća Mure (preuzeto iz lit. (6))

Nizvodno od ušća Mure Drava postaje pretežito međudržavni vodotok, pa je radi njenog iskorištenja do početka '90-tih godina prošlog stoljeća bio na snazi međudržavni sporazum s R. Mađarskom o zajedničkom poduhvatu njenog višenamjenskog korištenja, u okviru kojeg su se regulirala načela izgradnje preostale 4 višenamjenske vodne stepenice: VS Đurđevac, VS Barč, VS Donji Miholjac i VS Osijek.

Ovaj je koncept razrađen i u Vodoprivrednoj osnovi rijeke Drave («Jaroslav Černi», 1986.), u okviru koje je usklađeno rješenje ovih VS s cjelovitim uređenjem i korištenjem dravskog aluvija na preostalom potezu korištenja. Napominje se međutim da ta Vodoprivredna osnova nikada nije usvojena i nikada nije postala službeni vodnogospodarski i planerski dokument RH.

Već najavljena izgradnja VS Đurđevac 1990. godine zaustavljena je zbog nekoliko osnovnih razloga:

- odustajanja mađarske strane od učešća u poduhvatu,
- mogućeg nepovoljnog utjecaja derivacijskog kanala VS na šumu Repaš,
- sve izraženijeg otpora lokalnog stanovništva izgradnji takvog zahvata.

Iza toga izrađeno je kompromisno rješenje korištenja Drave na istom potezu s dvije višenamjenske vodne stepenice VS Botovo (na potezu pograničnog vodotoka) i VS Novo Virje, koja bi u cijelom potezu bila na hrvatskoj strani. Ostale planirane VS, prema planovima hrvatske strane, ostaju i dalje u nepromijenjenom obliku. Ovo je rješenje ušlo u Strategiju prostornog uređenja i Program postornog uređenja RH (lit. (2) i (3)), te u najnovije županijske prostorne planove.

S druge strane R. Mađarska, sukladno vlastitoj strategiji razvitka (posebno u domeni energetike i zaštite okoliša) u potpunosti je odustala od izgradnje VS na Dravi, te je početkom 90-tih godina prvo istupila iz međudržavnih sporazuma kako sa Slovačkom (zajedničko iskorištavanje voda Dunava) tako i sa Hrvatskom, a 1996. godine osnovala je na svom dijelu poteza rijeke Drave Nacionalni park Drava- Dunav, kao vlastito rješenje zaštite prirodnih vrijednosti ovog prostora.

Hrvatska strana za sada nastoji pokrenuti izgradnju VS Novo Virje te je u tijeku postupak prihvaćanja studije njenog utjecaja na okoliš (dio koji se odnosi na prekogranične utjecaje prema ESPO konvenciji), kao i priprema postupka ishoda lokacijske dozvole. Trenutačno niti mađarska niti hrvatska strana ne pokazuju interes za usklađivanjem svojih strategija i za stvaranjem zajedničke buduće vizije uređenja, zaštite i korištenja Drave na potezu od ušća Mure do njenog utoka u Dunav.

3. Uočene promjene

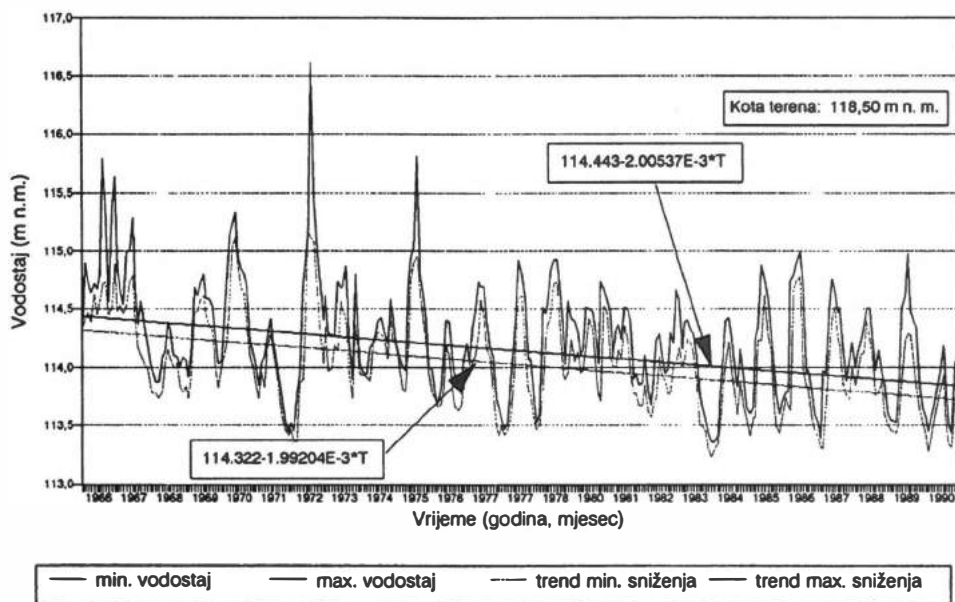
Uzvodni izvedeni zahvati, ali i regulacijski zahvati na preostalom neiskorištenom potezu Drave neosporno su izazvali i izazivaju cijeli niz poremećaja kojima je ugrožena prirodna ravnoteža u promatranom prostoru. Najizrazitiji su morfološki i hidrološki poremećaji, te poremećaji u prirodnom okolišu.

1) Promjene u morfologiji rijeke Drave

Intenzivne promjene u morfologiji rijeke Drave odvijaju se u posljednjih 200 godina u nekoliko karakterističnih razdoblja (lit. (3) i (4)). U prvom razdoblju od početka 19. stoljeća do 1915. godine na donjem toku Drave prokopan je veliki broj meandara, čime je dužina riječnog toka od ušća Mure do utoka u Dunav svedena na 67% prijašnje dužine. Tako je povećana erozijska snaga rijeke i intenzivirano je njeno usijecanje u korito. Do

početka 60-tih godina 20. stoljeća rijeka Drava unatoč daljnjim minimalnim ljudskim intervencijama nije stabilizirala proces usijecanja, a od početka 60-tih do početka 90-tih taj je proces ponovo pojačan zbog gradnje novih hidroelektrana na uzvodnom toku Drave i njenim pritokama i daljnjeg smanjenja pronosa nanosa (slika 2). U ovom zadnjem razdoblju erozijski procesi se i dalje nastavljaju, kako zbog zaustavljanja programa uređenja i korištenja Drave na preostalom potezu (npr. HE Dubrava nije bila zamišljena kao zadnja hidroelektrana u sustavu, pa u tom smislu i njen utjecaj na nizvodno područje nije bio predviđan u sadašnjem obliku), tako i zbog nesagledanih posljedica intenzivne eksploatacije šljunka i pijeska iz njenog nizvodnog korita.

PIEZOMETAR B-125 (3085) 1966/1990.
TREND MJESEČNIH VODOSTAJA



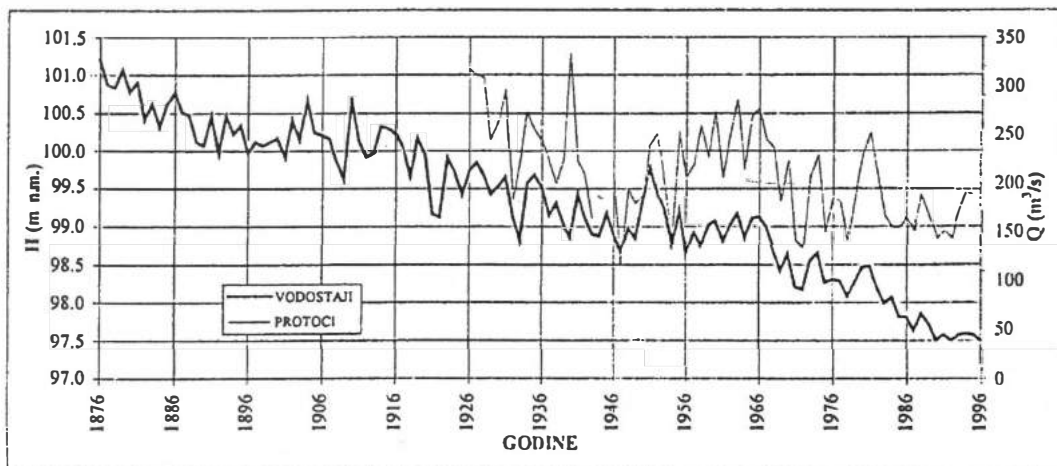
Slika 2: Vremenski niz ukupnih godišnjih pronosa lebdećeg nanosa na postajama Botovo i Donji Miholjac (preuzeto iz lit. (4))

Kao posljedica postojećih trendova morfoloških promjena Drave (bočno širenje meandara), te zbog potreba osiguravanja plovidbenih uvjeta, a u slučaju izostanka daljnje izgradnje planiranog sustava višenamjenskih vodnih stepenica, neizostavno je rješenje s izvedbom novih velikih presjeka vratova dravskih meandara Marof, Šašnato Polje i Mekiš između Novog Virja i Terezinog Polja, meandra Noskovci- Predirjevo između Terezinog Polja i Donjeg Miholjca, te meandara Budvaj- Nehaj i Gat između Donjeg Miholjca i Osijeka (lit. (4)). Ovi zahvati neosporno će izazvati novo povećanje erozivne snage rijeke i njeno daljnje usijecanje u korito.

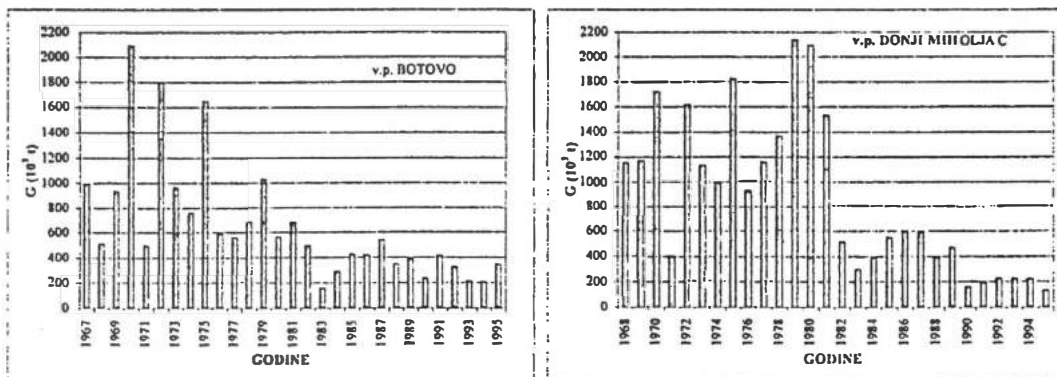
2) Promjene u hidrologiji

Promjene u morfologiji Drave utjecale su značajno na hidrologiju voda rijeke Drave i na hidrologiju podzemnih voda, a posebno je značajan utjecaj na male vode Drave (lit. (4)), odnosno niske vodostaje podzemnih voda (lit. (6)).

Tako dugogodišnja mjerenja na vodomjernim stanicama na Dravi ukazuju na kontinuirano snižavanje vodostaja rijeke kod malih voda, ali i protoka kod malih voda (slika 3). Kako je Drava glavni izvor iz kojeg se prihranjuju podzemne vode u njenom aluviju, čak i na nekim priterasnim dijelovima poloja duboko u zaobalju Drave opaža se kontinuirano opadanje vodostaja podzemnih voda (slika 4).



Slika 3: Vremenski nizovi minimalnih godišnjih vodostaja i protoka na postaji Terezino Polje (preuzeto iz lit. (4))



Slika 4: Minimalni i maksimalni mjesečni vodostaji i pripadajući trend sniženja u jugozapadnom dijelu šume Repaš (preuzeto iz lit. (6))

3) Promjene u prirodnom okolišu

Utjecaj prethodno navedenih promjena na biološku raznolikost na razmatranom području uz Dravu nije sustavno praćen, ali niz indicija ukazuje da je taj utjecaj značajan i da je već izravno ugrozio biljne zajednice koje su nekada bile značajka cijelog dravskog porječja. Na primjeru šume Repaš, kao jedne od posljednjih velikih prirodnih šumskih zajednica u dravskoj dolini evidentan je proces sukcesije drvnih vrsta od higrofitna ka mezofitima (lit. (6)). Posebno je evidentno pojačano sušenje starijih stabala hrasta lužnjaka koja nisu u stanju prilagođavati se sve nižim razinama podzemnih voda.

Osim navedenih promjena sigurno se kao njihova posljedica javljaju i promjene u kakvoći stajaćih voda u zaobalju (koja se očituje kroz promjenu fizikalnih parametara, ali i biološko- kemijskih pokazatelja), promjene u uvjetima korištenja voda i zemljišta u zaobalju, te promjene u biološkoj raznolikosti biljnog i životinjskog svijeta na promatranom prostoru.

Trendovi navedenih promjena su prema sadašnjim saznanjima negativni, nepovratni i prirodno nezaustavljivi, što navodi na slijedeće zaključke:

- stvarni prirodni uvjeti u Dravi i njenom zaobalju nepovratno su izgubljeni,
- priroda će bez daljnjih zahvata sigurno oblikovati neko novo ravnotežno stanje, ali je pitanje koliko će ono biti u ekološkom i gospodarskom smislu poželjno,
- čovjek ne može izbjeći odgovornost za procese u prirodi koje je izazvao.

Ovo navodi na potrebu novog pristupa uređenju i korištenju rijeke Drave na preostalom potezu, koji zahtijeva znatno višu razinu dogovaranja, istraživanja, planiranja i djelovanja zainteresiranih strana, te postojećih i potencijalnih korisnika ovog prostora.

4. Prijedlog djelovanja

Struka i znanost prve su pozvane ponuditi novi pristup kroz koji bi se objedinile suprotstavljene koncepcije traženja najboljeg dugoročnog rješenja zaštite, uređenja i korištenja voda i zemljišta na preostalom neizgrađenom potezu Drave. Pri tome polazište i preduvjet novog pristupa moraju biti slijedeće postavke:

- prva je postavka da sadašnje stanje zaštite prirodnog okoliša, te uređenja i korištenja rijeke i zemljišta uz Dravu nije zadovoljavajuće,
- druga je postavka da postojeće koncepcije nisu i jedina moguća rješenja, već da između njih postoji niz novih mogućnosti, koje u sebi sadržavaju elemente i jedne i druge koncepcije. S tim u svezi navode se slijedeći primjeri:

1. primjer: Nacionalni park Dunav- Drava u Mađarskoj formiran je po načelu spajanja staništa i postojećih prirodnih rezervata a bez da se naruši postojeća urbana infrastruktura i korištenje prostora (slika 5),

2. primjer: VS Grafenstein na Dunavu u Austriji izgrađen je kao višenamjenski sustav s posebnom namjenom zaštite i očuvanja prirodnog okoliša, zbog čega izgradnja je bila skuplja, ali je otvorila i nove mogućnosti razvoja športskih i rekreativnih sadržaja i razvoj turizma;

- treća je postavka da za bilo kakvo odgovorno djelovanje prema prirodi i za buduće generacije treba iznaći takvo rješenje koje će biti dugoročno održivo, a to znači koje će očuvati i zaštititi prirodu na potrebnoj razini i istodobno omogućiti stanovništvu (lokalnoj i široj zajednici) prihvatljivu razinu standarda i sigurnosti,
- četvrta je postavka da se sve varijante daju svesti na ista mjerila, valorizirati i među sobom uspoređivati, na način da se osim direktnih vrijednosti (prihoda) od mogućih rješenja u kalkulacije ukupnih koristi i troškova uzimaju u obzir i indirektni i moguće vrijednosti tih rješenja (značajne okolnim korisnicima prostora i budućim generacijama), te njihove neuporabne vrijednosti (lit. (7), (8)), posebno one koje se odnose na zaštitu biološke i krajobrazne raznolikosti,
- peta je pretpostavka da tako objektivno valorizirane varijante od strane znanosti i

struke u konačnici ocjenjuju i izabiru najbolje rješenje oni koji su za to najzainteresiraniji, a to je stanovništvo, preko referenduma.

Kako bi se ponovo uspostavio nužan dijalog naizgled suprotstavljenih strana, također je potrebno da svaka strana kritički sagleda svoje prijedloge uređenja i ponudi moguće kompromise.

5. Zaključno

Prilikom razmatranja varijante uređenja i korištenja preostalog neuređenog toka Drave kao nacionalnog parka ili parka prirode treba uzeti u obzir da Drava danas nije više u stanju nekadašnjeg prirodnog ekvilibrija, a njene morfološke i hidrološke promjene izazivaju i dalje promjene u prirodnom okolišu. Neke su promjene nezaustavljive (npr. snižavanje vodostaja i promjene kakvoće voda u dravskoj naplavnoj ravni, izazvani utjecajem promjena na Dravi, ali i prekomjernim korištenjem voda i zemljišta u zaobalju), a jedini način kompenziranja postojećih utjecaja su hidrotehnički zahvati (npr. regulacije korita, izgradnja nasipa, sustava natapanja i odvodnje, crpnih sustava, sustava infiltracije voda i sl.) i sustavi za upravljanje vodama (monitoring, upravljanje rizicima, sanacije i zaštita vodonosnika), koji imaju svoju cijenu i troškove pogona. Ove je troškove teško nadoknaditi iz malih dobiti od sadašnjeg načina korištenja zemljišta, te iz nesigurnih prihoda od razvoja turizma i iz različitih proračunskih i vanproračunskih fondova.

Za varijantu višenamjenskog korištenja Drave često se kao negativan primjer radi njenog osporavanja uzimaju uzvodne HE na Dravi. Činjenica je da ti objekti na hrvatskoj strani niti danas nisu dovršeni, odnosno nisu u zamišljenoj višenamjenskoj funkciji, naprosto zato što su financirani kao jednonamjenski ili dvonamjenski objekti (za proizvodnju el. energije i dijelom za regulaciju Drave, odvodnju zaobalja i zaštitu od poplava). Odnosno, objekti za sada nisu u funkciji vodoopskrbe i poljoprivrede, nasipi akumulacija nisu oblikovani i s namjerom razvoja športa i rekreacije, a na vizualno i estetsko uklapanje njihovih bazena i kanala u okoliš uložena su minimalna sredstva. Nasuprot ovim primjerima postoje znatno pozitivniji slučajevi (HE na Dunavu kod Beča izvedene u 80-tim i 90-tim godinama 20. stoljeća), koji su dobro uklopljeni u okoliš i potrebe lokalnog stanovništva, i koji mogu biti primjer kako uskladiti lokalne potrebe, zaštitu okoliša i zahtjeve energetskog razvitka

Moguće kompromisno rješenje je uskladiti postojeće i željene granice zaštićenih područja s potezima mogućih višenamjenskih korištenja voda Drave, kako bi se postiglo optimalno rješenje zaštite preostalih prirodnih vrijednosti, preokrenuo trend negativnih antropogenih utjecaja i osigurali trajni prihodi za održanje sustava i lokalni razvoj. Za takve sustave potrebno je definirati kriterije i ograničenja, kako bi se postigli optimalni uvjeti za očuvanje prirodnih vrijednosti i zaštitu biološke raznolikosti, za očuvanje tradicionalnih djelatnosti lokalnog stanovništva (poljoprivredu, šumarstvo, ribarstvo) i za uvođenje novih mogućnosti razvoja (prije svega proizvodnje zdrave hrane i turizma). Posebno je potrebno naglasiti da se zbog njihovog višenamjenskog značaja financiranje i vođenje izgradnje takvih zahvata više ne može prepustiti samo jednom ili dva investitora, te da organizator pripreme takvih zahvata moraju u početnoj fazi biti državne institucije (lit. (9)).



LEGENDA:

— Granica nacionalnog parka Drava - Dunav
na dijelici Drave kod Barče

Slika 5: Prikaz pružanja dijela Nacionalnog parka Drava- Dunav na potezu kod Barča

6. Literatura

- (1) A. Bognar: Geomorfologija Baranje, Znanstvena monografija, Ognjen Prica, Zagreb, 1990.
- (2) Strategija prostornog uređenja Republike Hrvatske, Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i stanovanja RH, Zavod za prostorno planiranje, 1997.
- (3) Program prostornog uređenja Republike Hrvatske, Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i stanovanja RH, Zavod za prostorno planiranje, 1999.
- (4) D. Biondić: Povijesni slijed i uzroci dosadašnjih morfoloških promjena na donjem toku Drave, Međunarodna konferencija «Održivo gospodarsko korištenje nizinskih rijeka i zaštita prirode i okoliša», Zagreb, 1998.
- (5) A. Bognar: Regulacije i njihov utjecaj na geomorfološko oblikovanje korita Drave i Dunava u Hrvatskoj, Prva hrvatska konferencija o vodama, Dubrovnik 1995.
- (6) V. Sečen: Podzemne vode i nizinske šume, Međunarodna konferencija «Održivo gospodarsko korištenje nizinskih rijeka i zaštita prirode i okoliša», Zagreb, 1998.
- (7) E.B. Barbier, M. Acreman, D. Knowler: Economic Valuation of Wetlands, A Guide for Policy Makers and Planners, Ramsar Convention Bureau, Gland, 1997.
- (8) Danube Pollution Reduction Programme: Evaluation of Wetlands and Floodplain Areas in the Danube River Basin, Final Report, WWF Danube- Carpathian Programme, May 1999.
- (9) C. Head: Financing of Private Hydropower Projects, World Bank Discussion paper No. 420, July 2000.

Autori:

Prof. dr.sc. Andrija Bognar, Prirodoslovno- matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Geografski odsjek, Marulićev trg 19/II, Zagreb,
tel. 01/4895407, faks 01/4895440, E-mail: geografski-odsjek-pmf@zg.tel.hr

Zlatko Pletikapić, dipl.ing., Elektroprojekt d.d., Ul. Alexandera von Humboldta 4, Zagreb,
tel. 01/6307743, faks 01/6152685, E-mail: zlatko.pletikapic@elektroprojekt.hr

Zdenko Tadić, dipl.ing., Hidroing d.o.o., Trg J. Križanića 3, Osijek,
tel. 031/208655, faks 031/208650, E-mail: zdenkot@hidroing-os.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.02.

Hidrografska obilježja Dugog otoka - ograničavajući faktor razvoja

Anica Čuka

SAŽETAK: Govoreći o održivom razvoju hrvatskih otoka, problem vodoopskrbe često se ističe kao jedan od najvećih, ograničavajućih faktora razvoja. Dugi otok je specifičan stoga što čini vanjski niz otoka zadarskog arhipelaga pa zbog udaljenosti od kopna još uvijek nije spojen na županijsku vodopskrbnu mrežu. Glavne gospodarske aktivnosti na otoku su industrija i turizam, no bez adekvatnog rješenja problema vodoopskrbe, posebno u sušnom dijelu godine, njihov daljnji razvoj je upitan. Lokalno stanovništvo, po pitanju vodoopskrbe, danas se oslanja prvenstveno na cisterne koje posjeduje svako kućanstvo, a u ljetnim mjesecima voda se doprema na otok vodonoscima. Četiri naselja južnog dijela otoka spojena su na jedini, nešto izdašniji izvor vode u Malom jezeru, koji ipak ne može zadovoljiti potrebe čitavog otoka. U novije vrijeme zaboravljeni se neki alternativni izvori vode koji su se u prošlosti intenzivno koristili, prvenstveno lokve (za zalijevanje poljodjelskih kultura), seoske cisterne i sl. Stoga je cilj ovog rada opisati hidrografska obilježja otoka i ukazati na mogućnost korištenja ovih, gotovo zaboravljenih, izvora vode.

KLJUČNE RIJEČI: Dugi otok, održivi razvoj, problem vodoopskrbe, hidrografska obilježja

Hydrographic Characteristics of Dugi Otok Island – A Development Limiting Factor

SUMMARY: In view of sustainable development of the Croatian islands, the insufficient quantity of water is often pointed out as one of the most significant problems and the basic limiting factor of their further development. Dugi Otok island is specific since it makes an outer chain of the Zadar islands. Because of the distance from the mainland it is still not connected to the regional water supply system. The main industrial sectors on the island, industry and the tourism, have no future without adequate water supply, especially during dry summer season. At the moment, the main source of water on the island are water tanks owned by each household, but in the summer season inhabitants are relying on the water brought on the island by a water carrier. Four settlements in the southern part of island are connected to the only water spring placed in karst field called Malo Jezero, but its yield is not sufficient. The problem is that some alternative sources of water are not in use anymore, so the main purpose of this paper is to describe hydrographic characteristics of the island and to point out the importance of using some forgotten water sources.

KEYWORDS: Dugi Otok, sustainable development, insufficient water quantity, hydrographic characteristics

1. Uvod

U drugoj polovici 20. stoljeća na većini hrvatskih otoka prisutan je snažan proces deruralizacije čime je opstanak preostalog otočkog stanovništva ozbiljno ugrožen. Mnogi su problemi s kojima se otočani svakodnevno suočavaju, no najznačajniji limitirajući faktori razvoja su loša prometna povezanost, neopskrbljenost osnovnim centralnim funkcijama, loše organizirana zdravstvena zaštita i nedostatak vode.

Posebno u drugoj polovici 20. stoljeća kada dolazi do jačeg razvoja uslužnih djelatnosti pokušava se ukazati na problem vodoopskrbe, no njegovo rješenje zahtjeva značajna financijska ulaganja. Često se govori o tome kako se dovoljna količina vode koja bi zadovoljila potrebe otočkog stanovništva može dovesti samo s kopna i to ili brodovima vodonoscima ili izgradnjom podmorskih vodovoda, no neki alternativni izvori koji su se u prošlosti koristili na otocima, danas se uopće ne spominju.

Dugi otok specifičan je stoga što je na njemu locirana industrija za preradu ribe, čime je problem nedostatka vode još izraženiji. Osim toga na otoku postoje tri hotelska kompleksa u tri naselja, a posljednjih godina porastao je interes otočana za bavljenje turizmom.

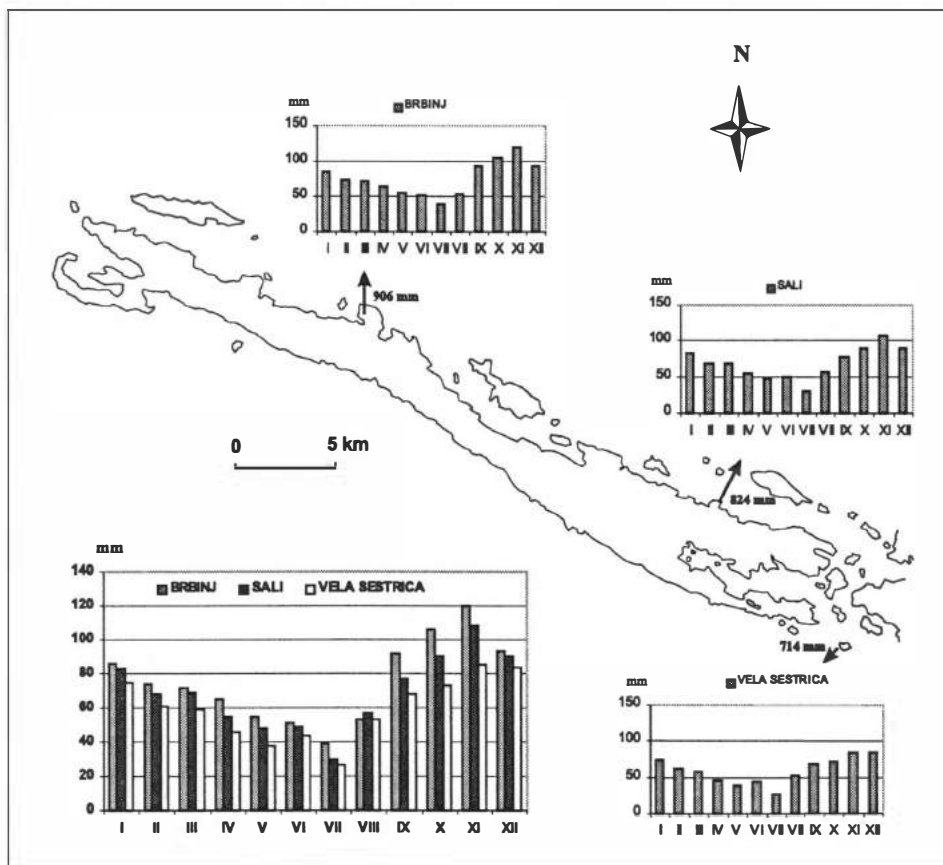
Strategija razvoja hrvatskih otoka danas se oslanja prvenstveno na razvoj turizma koji je bez adekvatne vodoopskrbe nemoguće organizirati. Stoga je potrebno ukazati na ove probleme, ali i ponuditi moguća rješenja u svrhu poboljšanja životnih uvjeta otočana te pružanja mogućnosti za daljnji gospodarski razvoj otoka.

2. Srednja količina oborina na Dugom otoku

S obzirom na geografski položaj, Dugi otok, kao i ostali otoci Sjeverne Dalmacije, ima obilježja Csa ili umjereno tople kišne klime sa vrućim ljetom (Penzar, B., Penzar, I., Orlić, M., 2001). Budući da se rad bavi prvenstveno hidrografskim obilježjima otoka, a vodoopskrba otočana ovisi u prvom redu o kišnici prikupljenoj u kućnim cisternama, potrebno je prikazati srednji mjesečni i godišnji hod oborina na ovom području.

Dugi otok čini vanjski niz otoka zadarskog arhipelaga pa mu je godišnja količina oborina manja u odnosu na otoke smještene bliže kopnu. Na otoku postoje dvije mjerne postaje. Jedna je smještena na jugoistočnom dijelu otoka u naselju Sali, a druga na sjeverozapadnom dijelu u naselju Brbinj. Promatrajući podatke o prosječnoj godišnjoj količini oborina (Milković, J., 1998) u mjernim postajama Brbinj (906 mm/god) i Sali (824 mm/god) može se zaključiti da ona opada od SZ prema JI. Ovo potvrđuje i podatak o prosječnoj godišnjoj količini oborina izmjeren na mjernoj postaji Vela Sestrica koja se nalazi na istoimenom otočiću smještenom između Dugog otoka i Kornata (714 mm/god). Prema tome razlika u prosječnoj godišnjoj količini oborina između SZ i JI dijela otoka je oko 200 mm godišnje (slika 1). Razlike u količini padalina na pojedinim dijelovima otoka uvjetovane su većom ili manjom izloženosti vjetrovima i suncu na raznim lokacijama.

Najveći problem lokalnom stanovništvu predstavlja ljetna bezvodica. Promatrajući godišnji prosjek oborina moglo bi se zaključiti da je količina oborina zadovoljavajuća, no nije pravilno raspoređena tijekom godine. Izrazito kišni jesen i proljeće, ali i vrlo sušno ljeto osnovna su značajka godišnjeg rasporeda oborina. Ponekad se dogodi da od svibnja do sredine kolovoza uopće ne padne kiša što uzrokuje stradavanje povrtlarskih kultura, ali i sušenje i otpadanje plodova maslina o kojima je ranije ovisio život na otoku, a i danas se intenzivno obrađuju.



Slika 1. Prosječna mjesečna količina oborina izmjerena na mjernim postajama Brbinj, Sali i Vela Sestrica, za razdoblje od 1961.-1990.

3. Hidrografska obilježja otoka

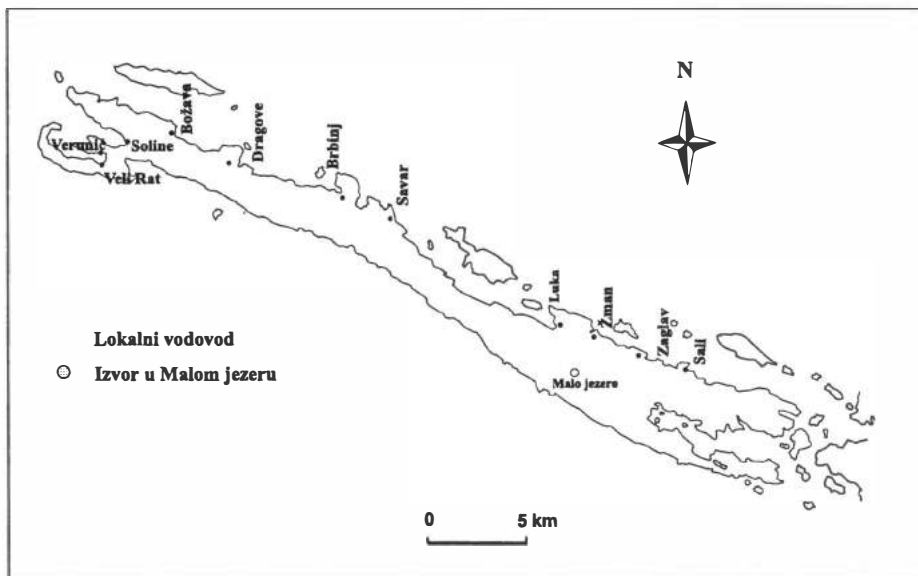
Zbog propusne krške osnove oborinske vode na Dugom otoku gube se kroz vapnenac duboko u podzemlje pa nema nijednog stalnog površinskog toka, niti jačeg izvora. Jedino na dolomitnoj podlozi i u poljima ispunjenima crvenicom nalaze se povremeni izvori, umjetno izbušeni bunari te ponori i lokve¹.

Jedini, nešto izdašniji izvor pitke vode nalazi se u polju Malo jezero. Radi se o polju u kršu u čijim se najnižim dijelovima zadržava prilično duboka, oslatka voda, koja se ljeti nalazi na oko 1 m ispod površine. Voda se ovdje zadržava zato što je baza jezera izgrađena od dolomita, a kako na istoku i sjeverozapadu imaju dosta veliko sabirno područje, u vrijeme najjačih kiša u proljeće i jesen u njima se nakupi toliko vode da se izljeva preko ruba ponora u polje koje tada poplavi (Magaš, D. 1997).

U drugoj polovici 20. st. proveden je niz istraživanja kojima se nastojalo ustanoviti da li je kvaliteta vode u ovom izvoru zadovoljavajuća za eventualno korištenje u kućanstvima

¹ Pri popisu svih lokvi, ponora i bunara, osim obilaska terena, korištena je sljedeća literatura: Skračić V., Toponimija vanjskog i srednjeg niza zadarskih otoka, Split 1996.; Filipi A. R., Hidronimija zadarskih otoka, Onomastica Jugoslavica II, Zagreb 1984. str. 111-118.

te da li su rezerve vode dovoljne da bi se ekonomski isplatila izgradnja lokalnog vodovoda kojim bi se poboljšalo stanje u vodoopskrbi četiriju naselja južnog dijela otoka. Konačno, nakon izrade finalnog projekta, devedesetih godina 20. st. izgrađen je lokalni vodovod kojim su naselja Sali, Zaglav, Žman i Luka dobila vodu iz Malog jezera (slika 2). Vodocrpnim zahvatom voda iz ovog izvora prebacuje se lokalnim vodovodom u seoske cisterne, odakle se po potrebi distribuira potrošačima. Na taj način olakšana je vodoopskrba stanovnika južnog dijela otoka u ljetnim mjesecima, no s obzirom na slabu izdašnost ovog izvora od oko 8,2 l/s (Prostorni plan Dugog otoka, 1996) ukoliko dođe do intenzivnijeg razvoja turizma, na njega se ne može u potpunosti osloniti.



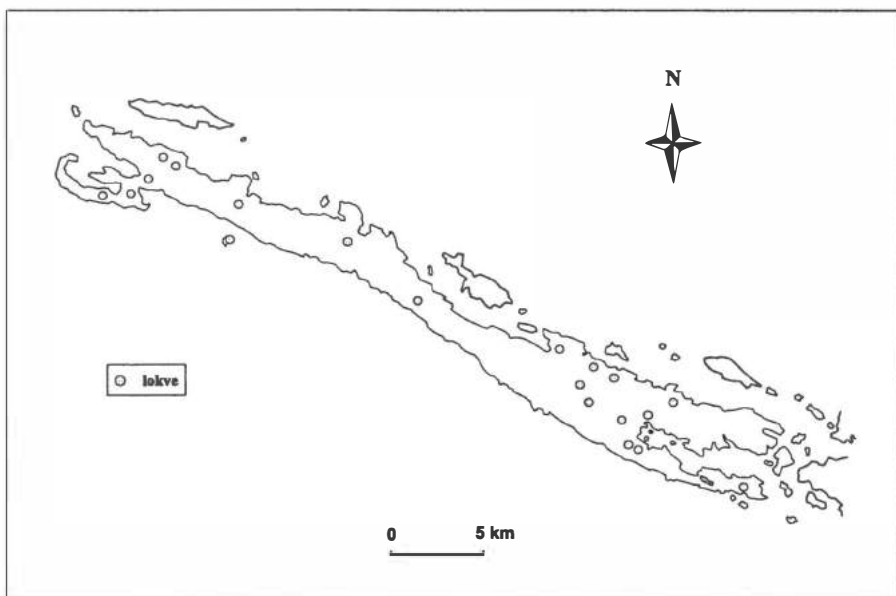
Slika 2. Lokalni vodovod na Dugom otoku

Nedostatak pitke vode u prošlosti se rješavao izgradnjom cisterni, koje i danas ima svako domaćinstvo na otoku. Još je značajnije spomenuti velike seoske cisterne koje se više redovito ne održavaju (osim u naseljima južnog dijela otoka) pa je kvaliteta vode u njima nezadovoljavajuća za korištenje u kućanstvu. Stanovnici naselja sjevernog dijela otoka prvenstveno koriste vodu iz seoskih cisterni za zalijevanje poljoprivrednih kultura. Kao tipični krški hidrografski fenomen prisutan duž cijelog Dugog otoka ističu se lokve. Postojanje lokvi u prošlosti je bilo od životne važnosti za otočane. Voda iz njih služila je za zalijevanje poljodjelskih kultura i napajanje stoke. S obzirom da su lokve najvećim dijelom smještene u plodnim poljima koja su bila agrarno valorizirana, redovito su se održavale jer je o njima praktički ovisio opstanak Dugootočana. O tome najbolje govori podatak iz 1855. godine kad je zbog velike ljetne suše i presušivanja svih lokava na otoku došlo do masovnog ugiibanja stoke. (Peričić, Š. 1997).

Na SZ dijelu otoka broj lokvi je nešto manji s obzirom na manji broj krških polja. Na području Velog Rata postoje tri lokve: jedna SZ od naselja u Slatinama, jedna u polju prema rtu Lopata koji zatvara uvalu Saharun i jedna južno od sela. Uz naselje Soline nalaze se dvije lokve: jedna u samom selu i jedna oko 2 km SZ od sela. U Božavskom polju nalaze se dvije od kojih je ona sjevernija bolje uređena i iskopana. U Dragovima su također dvije: jedna u polju JZ od sela i druga na prostoru između uvale Duboka i

uvale Bukašinj. Na otočiću Mežnju nalaze se Veli i Mali Lokvanj, dvije lokve ispunjene kišnicom. U Brbinjskom i Savarskom polju nalazi se po jedna lokva.

JZ dio otoka znatno je bogatiji lokvama. U naselju Luka nalazi se jedna izvan sela kod Ilovačine, jedna u Suvčenom i jedna usred Krajnjeg polja. Kod Žmana su čak tri: jedna obzidana zapadno od sela, jedna u selu južno od crkve na udaljenosti od oko 300 m i lokva u Slotinu polju. U Zaglavu je samo jedna obzidana lokva (Kočal), a nalazi se izvan sela na putu prema Žmanu. U Njarici, sjeverozapadnom produžetku Dugog polja nalazi se jedna uređena lokva. Na području Sali je čak pet lokvi: ona u Saljskom polju (ranije su je zvali Ranj lokva), dvije lokve u Krševu polju, lokva u Arnjevom polju i lokva u Stivanju polju (slika 3).



Slika 3. Položaj lokvi na Dugom otoku

Na otoku se nalazi i veći broj ponora, uglavnom smještenih u blizini obale pa im je dno redovito ispunjeno bočatom vodom. Voda iz ovih ponora, posebno onih udaljenijih od obale, u prošlosti je služila za zalijevanje poljodjelskih kultura i za napajanje stoke.

Osim prirodnih na otoku se nalazi i niz umjetno izbušenih zdenaca. Najviše ih je u Velom i Malom jezeru gdje je potrebno kopati svega metar duboko da bi se došlo do vode. Ovdášnji stanovnici takve iskopane i ograđene zdence nazivaju ždrnići.

4. Problem vodoopskrbe i moguća rješenja

Većina otočana smatra da je jedino prihvatljivo rješenje vodoopskrbe, spajanje na županijski vodovod podmorskim cijevima. Bez vode je danas nemoguće kvalitetno organizirati daljnji razvoj turizma, industrije i poljoprivrede što su trenutno najvažnije otočke djelatnosti. Tvornica za preradu ribe koja je otvorena u mjestu Sali još 1904. godine opskrbljuje se vodom koju donose vodonosci sa kopna. Hotelski kompleksi također ovise o vodonoscima i o vlastitim cisternama koje ne mogu zadovoljavati potrebe za pitkom vodom u ljetnim mjesecima. Broj vodonosaca koji pokriva zadarsko otočje nije dostatan u sušnim ljetnim mjesecima, zbog čega je potrebno pronaći neke alternativne izvore.

Jedno od mogućih rješenja je obnova postojećih seoskih cisterni i izgradnja novih, sa većom nakapnom površinom. Također bi trebalo obaviti eksperimentalna bušenja kojima bi se ustanovilo kolika je količina vode u podzemlju i mogućnost njezina korištenja u vodoopskrbi stanovništva. Potrebno je napraviti i detaljnije studije o ekonomskoj isplativosti uvođenja desalinizatora te konačno spajanju na županijski vodovod što se planira već dulje vrijeme.

Kad se govori o problemu nedostatka vode u poljoprivredi, potrebno je voditi više računa o lokvama. Preostali stanovnici koji se još uvijek bave poljoprivrednom, zbog zapuštanja većeg broja lokvi, u ljetnim mjesecima nisu u mogućnosti navodnjavati plodne površine već ovisе o količini oborina koja u ljetnim mjesecima nije dostatna. Poljodjelska proizvodnja stoga je još uvijek relativno dobro zastupljena samo u Malom jezeru kod naselja Žman zahvaljujući stalnom izvoru. Premda je na otoku već duže vremena snažno prisutan proces deagrarizacije, revitalizacija poljodjelstva od velike je važnosti jer se može izvršno kombinirati s razvojem turizma, posebno u manjim seoskim domaćinstvima.

5. Zaključak

Rješenje problema nestašice vode na Dugom otoku je od strateške važnosti. Niz je problema s kojima su otočani svakodnevno suočeni i zbog kojih je na većini hrvatskih otoka snažno prisutan proces deruralizacije. No povratak otočkog stanovništva na otoke i zadržavanje onih preostalih ovisi u prvom redu o poboljšanju gospodarstva i prometne povezanosti s kopnom. Budući da se gospodarstvo bazira uglavnom na razvoju turizma, što je slučaj i na Dugom otoku, najprije se mora riješiti problem vodoopskrbe. Već dulji niz godina postoji ideja o spajanju otoka na županijski vodovodni sustav preko otoka Ugljana, Iža i Rave. Ovakvo rješenje zahtjeva značajna financijska ulaganja i do njegove konačne provedbe potrebno je razmisliti o boljem iskorištavanju postojećih vodnih resursa. Seoske cisterne se ne bi smjele zapustiti, već bi trebalo uložiti financijska sredstva u njihovu obnovu i eventualnu izgradnju novih. Broj vodonosaca trebalo bi povećati jer o njima praktički ovisi turistička sezona, ali i opstanak samih otočana u ljetnim mjesecima dok za potrebe poljodjelstva treba voditi više brige o lokvama i ponorima o kojima je stoljećima ovisila agrarna valorizacija otoka.

LITERATURA:

- Filipi, A. R. (1984): *Hidronimija zadarskih otoka*, Onomastica Jugoslavica II, Zagreb, 111-118.
- Magaš, D. (1997): *Zemljopisno-povijesna obilježja Dugog otoka*, Dugi otok – Zbornik radova sa znanstvenog skupa "Dugi otok – prošlost i kulturna baština", Zadar
- Milković, J. (1998): *Oborina na otocima i obali*, Voda na hrvatskim otocima, Zbornik radova, Hvar, 83-98
- Penzar, B., Penzar, I., Orlić, M. (2001): *Vrijeme i klima hrvatskog Jadrana*, Zagreb
- Peričić, Š. (1997): *O gospodarstvu Dugog otoka u prošlom stoljeću*, Dugi otok – Zbornik radova sa znanstvenog skupa "Dugi otok – prošlost i kulturna baština", Zadar
- Prostorni plan općine Sali*, Zavod za urbanizam Zadar, Zadar, 1996. str. 20.
- Skračić, V. (1996): *Toponimija vanjskog i srednjeg niza zadarskih otoka*, Split

Autor:

Anica Čuka, prof., SVEUČILIŠTE U ZADRU, ODJEL ZA GEOGRAFIJU, ulica F. Tuđmana bb
23000 Zadar, tel. 023/300-948, e-mail: acuka@ffzd.hr



Rad 5.03.

Odvodnja prometnice kao preduvjet trajnosti

Aleksandra Deluka-Tibljaš, Barbara Karleuša, Nevenka Ožanić

SAŽETAK: Odvodnja prometnica važan je čimbenik u trajnosti kolnika. Pogreške pri određivanju mjerodavnih količina za dimenzioniranje sustava odvodnje i zanemarivanje promjena uvjeta odvodnje (kao posljedice vodopropusnosti površinskog sloja kolnika do kojeg tijekom eksploatacije dolazi) mogu pospješiti nastanak oštećenja na kolniku. Strukturna oštećenja kolnika, koja nastaju u kombinaciji djelovanja prometnog opterećenja i manjkave odvodnje, zahtijevaju pojačano održavanje cesta istovremeno smanjujući projektno razdoblje kolnika.

U radu su dane sugestije za poboljšanje određivanja mjerodavnih količina za kvalitetno dimenzioniranje elemenata odvodnje i za određivanje primjerenih svojstava drenažnog sloja u smislu individualnog pristupa problemu umjesto uobičajene prakse primjene tipiziranih rješenja.

KLJUČNE RIJEČI: odvodnja prometnica, trajnost prometnica, oštećenja kolničke konstrukcije

Drainage of Roads as Precondition of Road Durability

SUMMARY: Drainage of roads is an important factor for the road durability for their entire design lifetime. Mistakes made in determining relevant quantities for drainage design and as a result of neglecting the changes in subsurface drainage conditions (caused by an increased permeability of road surface during its exploitation period) could cause development of pavement distresses. The distress that affect the structural capacities of the pavement can occur as the result of combination of traffic loading and poorly designed drainage system. They require pavement rehabilitation and the shortening of predicted pavement lifetime.

In this paper, some suggestions for the possible improvement in calculations of relevant quantities used for determination of the road drainage capacity and necessary criteria for designing drains for pavements are made in an effort to make drainage calculations more individualized and less typical.

KEYWORDS: drainage of roads, road durability, pavement distresses

1. UVOD

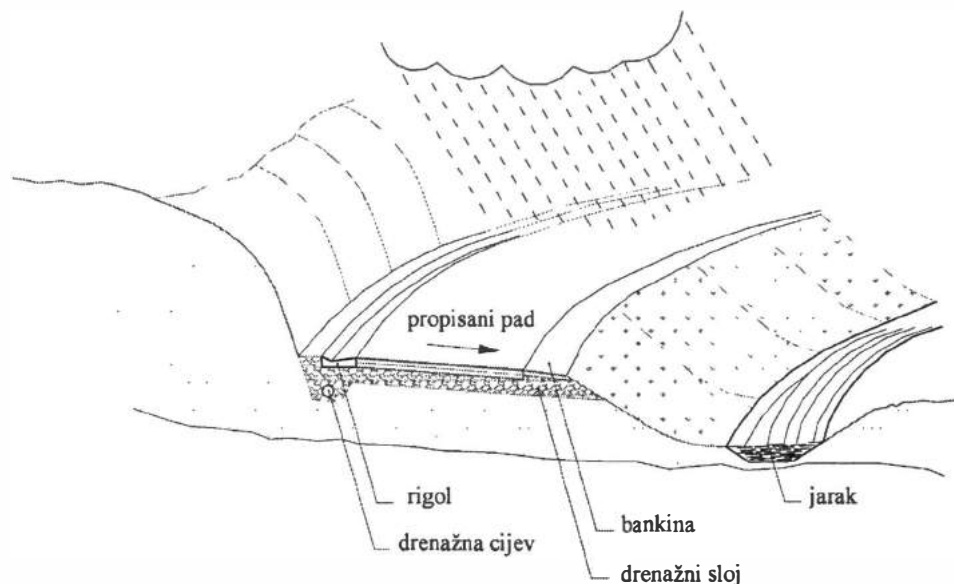
Prometnice su tijekom svog vijeka-predviđenog projektnog razdoblja neprestano i neposredno izložene djelovanju atmosferilija (kiša, mraz, ...). Djelovanje vode uz istovremeno djelovanje prometnog opterećenja dovodi do pojave prijevremenog oštećenja na prometnicama i potrebe za njihovom rehabilitacijom. Odvodnja, s površina prometnica i okolnog područja, ispravno projektirana, izvedena i održavana, bitan je čimbenik u osiguravanju trajnosti kolnika i time same ceste.

U razvijenim zemljama se izuzetno velika novčana sredstva izdvajaju za održavanje prometnica te se iz istog razloga uvijek iznova istražuju mogućnosti uštede uvođenjem promjena ili poboljšanja u određene segmente projektiranja cesta pa tako i u projektiranje odvodnje prometnica [6]. Ovaj je članak pokušaj da se na odvodnju prometnica kao preduvjetu njihove trajnosti ukratko osvrnemo u trenutku kada se u Hrvatskoj grade kilometri novih cesta, ali istovremeno razmatra i potreba održavanja/rehabilitacije stotina kilometara dotrajalih cesta i kada ušteda u svakom dijelu projekta i izvedbe ima veliko značenje.

2. ELEMENTI ODVODNJE SA PROMETNICA

Odvodnja vode s površine kolnika provodi se osiguravanjem odgovarajućih poprečnih i uzdužnih nagiba kolnika prema važećim propisima [4]. Vodu sa kolnika usmjerava se u odgovarajuće objekte odvodnje ovisno o konfiguraciji terena u kojem se cesta nalazi (rigoli, bankine, jarci ...) i uvjetima dispozicije oborinske vode (stupanj zaštitne zone). Važno je dobro izvesti odvodnju vanjskih voda i spriječiti njezin dotok na kolnik i u kolničku konstrukciju (jarcima, propustima,...), kako ne bi izazvala nestabilnost zemljanog trupa (donjeg ustroja) ceste.

Odvodnja vode s kolnika i odvodnja vanjske vode prikazana je slikom 1.



Slika 1: Elementi odvodnje prometnica

3. ODVODNJA PROMETNICA U FUNKCIJI TRAJNOSTI KOLNIKA

Za ispravnu odvodnju vode s prometnih površina neophodno je kvalitetno odrediti:

- Mjerodavne količine za dimenzioniranje sustava odvodnje (vode s površine kolnika i vanjske vode)
- Vodopropusnost površine kolnika
- Svojstva propusnosti svih slojeva kolničke konstrukcije
- Razinu vode u tlu i procjedne vode sa okolnog terena

- Infiltraciju vode iz drugih mogućih izvora
- Cikluse zaleđivanja/odleđivanja kojima je kolnik tijekom godine podvrgnut.

U ovom radu težište je dano na poboljšanje određivanja mjerodavnih količina oborinske vode što utječe na kvalitetnije dimenzioniranje sustava odvodnje i problem vodopropusnosti kolnika i slojeva kolničke konstrukcije (drenažnog sloja).

3.1. Mjerodavne količine za dimenzioniranje sustava odvodnje

Određivanje mjerodavnog protoka za dimenzioniranje elemenata odvodnje može se provesti korištenjem niz metoda među kojima se nalazi i simplificirana tzv. racionalna Lloyd-Davies metoda prema kojoj se proračun maksimalnog protoka provodi po slijedećoj formuli:

$$Q = 0,278 C i A \quad \dots (1)$$

gdje je:

Q - vršni, maksimalni protok određenog povratnog razdoblja (m^3/s)

C - racionalni koeficijent

i - intenzitet oborina (mm/h) zadanog trajanja i određenog povratnog razdoblja

A - površina sliva (km^2)

0,278 - konstanta za proračunavanje mjernih jedinica

Pri određivanju parametara u formuli (1), neophodno je usvojiti vjerojatnost pojave maksimalnog protoka, tj. povratni period na koji se želi dimenzionirati odvodnja prometnice, a što se određuje preko intenziteta oborina pripadajućeg povratnog perioda. Za odabir mjerodavnog intenziteta oborina, osim njegova povratnog perioda nužno je za svaku analiziranu dionicu prometnice prethodno izračunati vrijeme koncentracije (T_c), koje se u racionalnoj metodi proračunava po formuli:

$$T_c = T_k + T_s + T_g \quad (s) \quad \dots (2)$$

gdje je:

T_k - vrijeme površinske koncentracije (s)

T_s - vrijeme protjecanja kroz sekundarne kanale (s)

T_g - vrijeme protjecanja kroz glavne kanale (s)

Nažalost uporaba navedene metode provodi se najčešće nekritički i pogrešno definirajući značajne parametre koji direktno utječu na kvalitetu izlaznog podatka, maksimalnog protoka, što rezultira neodgovarajuće dimenzioniranim objektima odvodnje (poddimenzionirani ili predimenzionirani objekti) [3].

- **Pogreške pri određivanju vremena koncentracije** – ponekad se vrijeme koncentracije niti ne proračunava, već se usvajaju konstantne vrijednosti trajanja oborina (npr. 20-minuta) što hidrološki proračun odvodnje svodi na umnožak unaprijed usvojenog intenziteta oborina, te slivnih površina i odgovarajućih koeficijenata otjecanja, zanemarujući fiziku procesa otjecanja i dovodi do poddimenzioniranja/predimenzioniranja objekata odvodnje.

- **Pogreške pri određivanju intenziteta oborina** – kao posljedica nepoznavanja ili neuvažavanja svojstava oborinskog režima kratkotrajnih jakih oborina, koje su opisane HTP ili ITP krivuljama (čija kvaliteta ovisi o količini raspoloživih izmjerenih podataka na osnovi kojih su formirane krivulje), proračuni mjerodavnih količina često se provode po pojednostavljenim i neosnovanim izrazima (npr. određivanje maksimalnih protoka u funkciji godišnjih količina oborina).
- **Pogreške pri određivanju koeficijenta otjecanja** - nastaju zbog učestalog usvajanja konstantnih prosječnih koeficijenata otjecanja čime se maksimalni protoci dovode u običnu funkcionalnu vezu s proračunatim maksimalnim količinama oborine za pojedine povratne periode ne uzimajući u obzir svojstva infiltracije palih oborina pri hidrološkim proračunima maksimalnih protoka i ne uvažavajući nelinearnost funkcije efektivnih oborina.
- **Pogreške pri određivanju veličine sliva (odvodnja vanjskih voda)** - neposredno su povezane s prethodno spomenutim pogreškama određivanja koeficijenta otjecanja, odnosno zbog zanemarivanja nelinearnosti odnosa između palih oborina i otjecanja što rezultira smanjenjem (ponekad višestrukim) stvarne površine sliva, tako da ekstremne oborine izazivaju daleko značajnije pojave velikih voda od prognoziranih.

3.2. Vodopropusnost površine kolnika/ Propusnost slojeva kolničke konstrukcije

Novoizgrađeni kolnik je u pravilu vodonepropustan te se odvodnja kolnika projektira s tom pretpostavkom. Tijekom eksploatacije, međutim, nezaobilazno dolazi do pojave oštećenja na kolničkoj površini što uvjetuje značajniju vodopropusnost, odnosno, prodor veće količine vode u kolnik.

Problem odvodnje vode koja procijedi kroz površinu u nosivu kolničku konstrukciju može se riješiti izgradnjom odgovarajuće drenaže u samoj kolničkoj konstrukciji [1]:

- vertikalnom drenažom (ukoliko su drenažni uvjeti terena ispod kolničke konstrukcije odgovarajući tada se voda iz konstrukcije u teren može procjeđivati znatim slojem odgovarajuće vodopropusnosti),
- bočnom drenažom (neovisno o uvjetima ispod kolničke konstrukcije, voda koja uđe u konstrukciju može se tečenjem kroz odgovarajuće vodopropusan zrnati sloj po posteljici, uz odgovarajući nagib, odvesti odgovarajućim odvodnim organima),
- kombinacijom vertikalne i bočne drenaže.

Pri proračunu drenaže kolnika sugerira se detaljna analiza slijedećih elemenata [2]:

- odrediti potrebu za dreniranjem,
- odrediti količinu vode koja se može procijediti kroz drenažni sloj,
- vrijeme procjeđivanja kroz kolnik,
- vrijeme trajanja saturacije vode u drenažnom sloju (nakon prestanka oborina),
- filtarska zaštita drenažnog sloja (od prodora sitnih čestica),
- zaštita posteljice koja se sastoji od materijala osjetljivog na vodu (gline i sl.),
- geometrijske karakteristike ceste.

4. POSLJEDICE LOŠE ODVODNJE PROMETNICA - OŠTEĆENJA

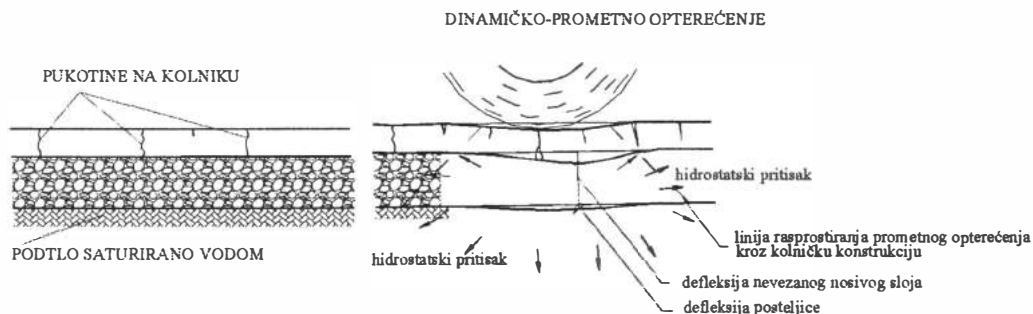
Do pojave oštećenja kolnika može doći iz više razloga: propusta u projektiranju, propusta u izvođenju kolnika te nedostatnom tekućem održavanju kolnika. Na pojavu prijevremenog oštećenja kolničkih konstrukcija tijekom eksploatacije kolnika djeluje više čimbenika: klimatski uvjeti, prometno opterećenje, svojstva tla posteljice, materijali

koji se u kolničku konstrukciju ugrađuju i drugo. Najveći dio oštećenja nastaje kao posljedica kombinacije nabrojanih čimbenika.

Prema podacima AASHTO (American Association of State and Highway Transportation Officials) 60% oštećenja kolnika nastaje kao posljedica manjkavosti odvodnje [7]. Loše projektirani/izvedeni/održavani sustav odvodnje na prometnicama uvjetuje pojavu oštećenja kako asfaltnih tako i betonskih kolničkih konstrukcija. Terminom “loša odvodnja” se podrazumijeva da sustav odvodnje ne garantira da u strukturu kolnika neće prodrijeti i u njemu se zadržati “slobodna voda”. To je u pravilu posljedica poddimenzioniranih elemenata odvodnje i/ili njihovog neodgovarajućeg održavanja (začepljenja rešetki, cijevi i sl.).

Voda se kroz oštećenja pokrovnog sloja infiltrira u kolničku konstrukciju i kroz nevezani sloj drenira do posteljice. U konstrukciju voda prvenstveno prodire kroz površinska oštećenja-pukotine koje mogu nastati iz različitih razloga koji nisu nužno povezani sa manjkavom odvodnjom: zamor materijala, nekvalitetni asfaltni slojevi, neodgovarajući uvjeti ugradnje asfalta i drugi. Kvaliteta posteljice, odnosno podtla značajno utječe na posljedice koje će prisustvo vode u tlu imati na strukturalna svojstva kolnika. Prisustvo vode u posteljici u pravilu smanjuje nosivu sposobnost posteljice što se za savitljive kolnike obično izražava smanjenjem kalifornijskog indeksa nosivosti (CBR) posteljice-podtla. S obzirom da se kroz uslojeni sustav savitljive kolničke konstrukcije opterećenje prenosi izravno na podtlo to uslijed smanjene nosivosti podtla i vanjskog opterećenja dolazi do pojave prekoračenja dozvoljenih vertikalnih naprezanja na posteljicu. Prekoračenje dozvoljenih vrijednosti naprezanja na posteljicu rezultiraju pojavom trajnih deformacija-ulegnuća posteljice, a onda i deformiranjem svih ostalih slojeva kolničke konstrukcije (slika 2) [2].

Prodiranje vode kroz neosiguranu bankinu/rubni trak uvjetuje pojavu oštećenja ruba kolnika, obično na širini od oko 60 cm.



Slika 2: Nastanak oštećenja savitljive kolničke konstrukcije uslijed prisustva vode u kolniku

Osnovni tipovi oštećenja (slike 3-5) koja uslijed manjkave odvodnje mogu nastati su [5]:

- uzdužne/poprečne pukotine,
- “divlje” pukotine,
- raspucanost/komadanje ruba kolnika,
- kolotragovi,
- udarne jame.



Slika 3: Jedan od problema odvodnje prometnica u gradu



Slika 4: Posljedica manjkave odvodnje – zadržavanje vode uz rub kolnika



Slika 5: Posljedica manjkave odvodnje – oštećenja oblika udarne jame

5. ZAKLJUČAK

Eksperimenti provedeni u SAD-u [6] su pokazali da nakon izvjesnog vremena kolnik izložen djelovanju prometnog opterećenja i klimatskim uvjetima trpi znatna oštećenja i to, između ostalog, zbog nedostataka u projektiranju/izvođenju/održavanju odvodnje. U radu je dan osvrt na način nastanka oštećenja koja su posljedica manjkavosti u segmentu dimenzioniranja elementa odvodnje i pretpostavke da je kolnik tijekom cijelog projektnog razdoblja vodonepropustan, što nije izvjesno.

Novija istraživanja sugeriraju pomniji pristup projektiranju debljine i svojstava drenažnih slojeva kako bi zadovoljili potrebu procjeđivanja slobodne vode iz kolničke konstrukcije i u uvjetima kada zbog nastanka oštećenja tipa pukotina i sl. takve vode ima u većoj količini nego u idealnom, prvotno projektiranom kolniku.

U Hrvatskoj je cestograđevna praksa u segmentu projektiranja odvodnje suradnjom stručnjaka različitih profila napredovala. Međutim, zanemaruje se projektiranje odvodnje za prometnice manjeg značaja te projektantska praksa u pravilu ne uzima u obzir promjene u uvjetima odvodnje koje tijekom eksploatacije kolnika nastaju. Navedeno, uz kronično nedostatan održavanje prometnica (opet posebno nižeg ranga) rezultira oštećenjima kolnika i njihovom prijevremenom propadanju. Materijalni razmjeri navedenog problema su u Hrvatskoj podcijenjeni. Zanemaruje se činjenica da ispravno projektirana/izvedena odvodnja rezultira značajnom uštedom u održavanju i saniranju kolnika (ceste) tijekom planiranog projektnog razdoblja.

Ovaj je članak pokušaj da se ukaže na razmjer problema oštećenja i održavanja kolnika koje uvjetuje tipski projektirana odvodnja prometnica te sugerira u rješavanju problema daljnju suradnju zainteresiranih stručnjaka.

6. LITERATURA

- [1] Babić, B. (1996): *Norme za mehanički zbijene slojeve kolničkih konstrukcija*. Građevinar br. 8, Zagreb, str. 307-316.
- [2] Cedergren, H. R. (1987): *Drainage of Highway and Airfield Pavements*. Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.
- [3] Rubinić, J., Ožanić, N. i Breulj, D., (1995): *Analiza upotrebe hidroloških proračuna u praksi projektiranja prometnica*. Zbornik radova 1. Hrvatskog kongresa o cestama, Opatija, 23.-25.10.1995., str. 189-193.
- [4] *Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa*. (prosinac 2001), N.N. br. 110.
- [5] *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project*. Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, DC, 1993.
- [6] <http://www.eresnet.com/eoe/spring99.pdf>, pristup: 15. listopad 2002.
- [7] <http://www.asphalt.com./maintenance/drainmain.html>, pristup: 23. prosinac 2002.

Autori:

Dr.sc. Aleksandra Deluka-Tibljaš, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci,
V.C.Emina 5, 51000 Rijeka, tel: 352-154, fax: 332-816, e-mail: deluka@gradri.hr

Mr.sc. Barbara Karleuša, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci,
V.C.Emina 5, 51000 Rijeka, tel: 352-145, fax: 332-816,
e-mail: barbara.karleusa@ri.hinet.hr

Prof.dr.sc. Nevenka Ožanić, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci,
V.C.Emina 5, 51000 Rijeka, tel: 352-146, fax: 332-816,
e-mail: nozanic@gradri.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.04.

Obnova vodnogospodarskih objekata na području Hrvatskog Podunavlja

Zoran Đuroković

SAŽETAK: Tijekom okupacije Hrvatskog Podunavlja došlo je do devastacije i zapuštanja vodnogospodarskih objekata, što je onemogućilo funkcioniranje sustava odvodnje, a time i same poljoprivredne proizvodnje, te povećanog rizika od poplava. Osim toga veći broj vodnogospodarskih objekata bio je izložen direktnim ratnim razaranjima, dok je na prostoru oko njih postavljen velik broj minsko-eksplozivnih sredstava. U cilju omogućavanja poljoprivredne proizvodnje te obrane od poplava, na većem dijelu područja bilo je nužno izvršiti obnovu i rekonstrukciju vodnogospodarskih objekata što je omogućeno provedbom Projekta obnove iz zajma Svjetske banke IBRD 4351/HR. Projekt je obuhvatio radove za potrebe obrane od poplava i odvodnje, odnosno radove razminiranja i građevinske radove na saniranju i rekonstrukciji objekata crpnih stanica, centara za obranu od poplava, čuvarnica, te primarne i sekundarne mreže kanala za odvodnju i nasipe za obranu od poplava u Bašani i Istočnoj Slavoniji.

KLJUČNE RIJEČI: projekt obnove, vodnogospodarski objekti, razminiranje, sustav odvodnje, obrana od poplava

Reconstruction of Water Management Facilities in Hrvatsko Podunavlje Region

SUMMARY: During the occupation of Hrvatsko Podunavlje (the Danube Basin region), water management facilities were devastated and neglected, which resulted in increased flood risks and malfunctioning of drainage systems thus making the agricultural production impossible. The largest number of water management facilities was directly exposed to war demolition and areas around them were contaminated with mines. In order to reestablish the agricultural production and flood control system, it was necessary to reconstruct the water management structures by implementing the reconstruction project financed from the World Bank loan 4351/HR. The project included works on drainage and flood control systems, mine clearance and civil engineering works on the pumping stations, flood control centers primary and secondary network of drainage canals and dykes in Baranja and Eastern Slavonia.

KEYWORDS: reconstruction project, water management facilities, mine clearance, drainage system, flood control

1. UVOD

Tijekom Domovinskog rata promatrano područje je bilo većim dijelom okupirano, te izloženo ratnim djelovanjima i razaranjima. Iz tog razloga, za potrebe obnove područja

i vodnogospodarskih objekata 8. rujna 1998. godine u Washingtonu potpisan je Ugovor o Zajmu između Svjetske banke i Republike Hrvatske u vrijednosti od 74 milijuna DEM. Cilj projekta je obnova i rekonstrukcija vodnogospodarskih objekata kao uvjet za ponovno pokretanje gospodarstva i normalizaciju života u Baranji, Istočnoj Slavoniji i Zapadnom Srijemu, odnosno dovesti u funkciju sustav odvodnje i omogućiti poljoprivrednu proizvodnju, smanjiti rizik od poplava i poplavom uzrokovanih šteta, te revitalizirati područje Parka prirode "Kopački rit" koje je devastirano tijekom Domovinskog rata. Projekt obnove Istočne Slavonije, Baranje i Zapadnog Srijema IBRD 4351/HR je podijeljen u četiri dijela (komponente), ukupne vrijednost od gotovo 110 milijuna DEM, prema planu razdjela sredstava kao što je prikazano u Tablici 1.

Tablica 1.

Komponenta	Zajam Svjetske banke	Ukupna vrijednost projekta
dio A. Obrana od poplava i odvodnja	44,6	66,2
dio B. Zaštita voda	21,0	28,8
dio C. Razminiranje	6,3	10,4
dio D. Zaštita okoliša – Park prirode «Kopački rit»	2,1	4,0
Ukupno :	74,0	109,4

U realizaciju Projekta obnove IBRD 4351/HR uključeni su Ministarstvo financija, Ministarstvo unutarnjih poslova, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja, Javna ustanova Park Prirode «Kopački rit», Hrvatski centar za razminiranje, te Hrvatske vode kao izvršna agencija za provedbu projekta, koja je ujedno i odgovorna za koordinaciju ukupne realizacije projekta. Hrvatski centar za razminiranje bio je odgovoran za pripremu natječajne dokumentacije za razminiranje, izradu tehničkih specifikacija kao i kontrolu kvalitete izvršenih radova razminiranja.

2. OPIS PROJEKTA OBNOVE - OBRANA OD POPLAVA I ODVODNJA - RAZMINIRANJE

Projektom obnove za potrebe obrane od poplava i odvodnje, bilo je nužno izvesti radove na obnovi i rekonstrukciji objekata crpnih stanica i centara za obranu od poplava, te primarne i sekundarne mreže kanala za odvodnju i nasipa za obranu od poplava u Baranji i Istočnoj Slavoniji.

Promatrano područje projekta obuhvaća površinu od cca 155.000 ha. Uglavnom uključuje slivno područje Baranje i slivno područje rijeke Vuke, na kojima se nalaze velike poljoprivredne površine i prirodna poplavna područja (Kopački rit). Iz tog razloga primarna vodnogospodarska aktivnost od davnih vremena usmjerena je na zaštitu područja od štetnog djelovanja voda, odnosno izgradnju nasipa u cilju obrane od vanjskih voda rijeke Drave i Dunava, te odvodnje unutarnjih voda uz pomoć kanalske mreže I i II reda (Bobotski kanal, kanal Barbara, Halasica, ...) i crpnih stanica.

Slivno područje Baranje se prostire na 112.780 ha i predstavlja posebnu hidrografsku cjelinu omeđenu rijekama Dunavom i Dravom, te na sjeveru državnom granicom s Republikom Mađarskom. Za potrebe zaštite od štetnog djelovanja voda iz razloga specifične

konfiguracije terena i niskog dijela središnje Baranje bilo je nužno izgraditi kanalsku mrežu s približno 300 km kanala I i II reda, kao i 640 km kanala III i IV reda, te devet crpnih stanica koje višak unutarnjih voda prebacuju u rijeke Dravu i Dunav (također i sa dijela područja susjedne Republike Mađarske) čime se obavlja melioracijska odvodnja sa 76.730 ha. Za potrebe obrane od poplava, izgrađeno je 165 km nasipa koji brane više od 40.000 ha obradivih površina i brojna naselja od poplavnih voda rijeka Drave i Dunava. Okupacijom gotovo cijelog područja vodnogospodarski sustav je bio nedostupan.

Slivno područje Vuke prostire se na 179.300 ha, a odvodnja melioracijskog područja se obavlja na 141.410 ha. Granica područja na sjeveru je određena rijekom Dravom, na istoku Dunavom, a na jugu se nalazi vododjelnica koja se pruža po obroncima Fruške gore i Krndije. Slivno područje pripada u najrazvijenije izgrađene melioracijske sustave s vrlo gustom kanalskom mrežom. Na području je izgrađeno 720 km kanala I i II reda, te više od 3350 km kanala III i IV reda. Orijentacija toka svih voda je od zapada ka istoku, odnosno prema rijeci Dunav. Rijeka Vuka i Bobotski kanal, te crpna stanica «Dvor» s kanalskom mrežom čine okosnicu sustava. Crta razdvajanja je ostavila izvan kontrole oko 60 % ukupnog slivnog područja.

Za oba slivna područja je zajedničko da su hidrotehnički objekti korišteni u vojne svrhe s tom razlikom da su u Baranji uglavnom nasipi korišteni kao prva linija fronta, dok je na slivnom području rijeke Vuke za tu namjenu korištena kanalska mreža. Za vrijeme trajanja okupacije vodnogospodarski sustav nije održavan, nego je u većoj mjeri oštećen i devastiran.

Na ukupnom promatranom području oštećeno je ili bilo zapušteno gotovo 100 km nasipa, s tim da su najveća oštećenja nastala na Glavnom dravskom nasipu (31,67 km), te nasipu Drava – Dunav (18,65 km), dok su na pojedinim dionicama oštećeni nasip Zmajevac – Kopačevo (Glavni dunavski nasip dužine cca 12 km) i nasip Draž – državna granica (cca 5 km). Iz tog razloga bilo je nužno izvoditi građevinske radove za potrebe sanacije i obnove na 67 km nasipa.

Uslijed neodržavanja i ratnih djelovanja devastiran je veći dio kanalske mreže I i II reda s pripadajućim hidrotehničkim objektima. Također na području je zapušteno i devastirano 15 crpnih stanica, od čega devet na području Baranje: «Bakanka», «Velika», «Podunavlje», «Tikveš», «Zlatna greda», «Budžak», «Draž», «Gomboš», «Puškaš», te šest na slivnom području Vuke – «Dvor», «Seleš», «Vrbik», «Ernestinovo», «Oraščić» i «Rudine». Neodržavanjem i otuđivanjem opreme crpnih stanica, te potpunim zapuštanjem kanalske mreže onemogućeno je funkcioniranje sustava odvodnje, što je rezultiralo nemogućnošću obrade poljoprivrednih površina (trajno i povremeno plavljenje površina, povećana vlažnost tla, zamočvarivanje površina, ...) i prestankom obrade pojedinih dijelova inače kvalitetnog poljoprivrednog zemljišta.

I prvi terenski obilasci nakon mirne reintegracije potvrdili su očekivanja i saznanja o zapuštenosti sustava i ratnim razaranja. Primjerice, totalnim uništenjem CS «Dvor» na slivnom području rijeke Vuke i prestankom rada crpnih stanica u Baranji uočena je pojava formiranja novih vodenih površina i barske vegetacije, odnosno vraćanje u prvobitno stanje nekadašnjeg močvarnog područja dijela Baranje i slivnog područja rijeke Vuke.

Tek provedbom mirne reintegracije područja i realizacijom Projekta obnove IBRD 4351/HR ponovo su omogućeni uvjeti za poljoprivrednu proizvodnju na većem dijelu poljoprivrednih površina, tako da je ubrzo nakon izvođenja radova na rekonstrukciji i obnovi pojedinih kanala poljoprivredna mehanizacija ulazila i ponovo privodila proizvodnji obradive površine koje su u međuvremenu bile napuštene.

Obnova i rekonstrukcija sustava započinje u Baranji izvođenjem radova na dijelu Glavnog dravskog nasipa i kanalskoj mreži, odnosno glavnim dovodnim kanalima od crpnih stanica u Baranji, što je bilo najbrže moguće učiniti jer je pronađena ranije izrađena projektna dokumentacija prema kojoj je trebalo kanalsku mrežu vratiti u prvobitno (nulto) stanje. Time je omogućen brz početak realizacije projekta na terenu, a istovremeno se izrađivala projektna dokumentacija za potrebe obnove crpnih stanica, stanova strojara, centara obrane od poplava i čuvarnica.

Osim ratnih razaranja i oštećenja, devastacije objekata i zapuštanja kanalske mreže, brojni srušeni mostovi i privremeni prijelazi za vojne potrebe gotovo su u potpunosti onemogućili odvodnju. Ukopavanjem vojne opreme i naoružanja u nasipe, izvedbom rovova i bunkera, te transportom mehanizacije i naoružanja devastiran je i oslabljen sustav obrane od poplava, čime je povećan rizik od poplava na području većem od 30.000 ha. Na žalost, uslijed korištenja vodnogospodarskih objekata za potrebe linije fronte na velikim površinama u neposrednoj blizini ili na samim hidrotehničkim objektima postavljena su minska polja, što je dodatno otežalo realizaciju projekta.

Prvobitne procjene za minski sumnjive površine iznosile su oko 3.000.000 m², dok je u konačnici za realizaciju Projekta obnove bilo nužno razminirati dvostruko veće površine, odnosno cca 6.000.000 m². Rezultat je to pronalaska novih minskih polja, nužnog proširenja obuhvata razminiranja za potrebe omogućavanja radova kao i sigurnosti tijekom izvođenja radova. Na više lokacija u kojima je trebalo izvoditi građevinske radove za potrebe obnove vodnogospodarskih objekata, prethodno je zabilježeno više stradanja od mina sa smrtnim posljedicama.

Također potrebno je navesti da su tijekom izvođenja radova u mnogim kanalima pronađene velike količine odbačenih minsko-eksplozivnih sredstava (mine, naoružanje, streljivo, ...), što je dodatno povećalo rizik i otežalo realizaciju projekta s obzirom na česte zastoje za potrebe dodatnih pirotehničkih pregleda i uklanjanje minsko-eksplozivnih sredstava od strane policije.

Radovi razminiranja su se izvodili prema projektima Hrvatskog centra za razminiranje. Nadzor na izvođenju radova razminiranja također je provodio Hrvatski centar za razminiranje. Unatoč povećanju obima radova razminiranja, složene konfiguracije i obraslosti terena, te izloženosti plavljenju i oscilacijama vodostaja u kanalima, radovi su uglavnom slijedili ugovorenu dinamiku. Tijekom izvođenja radova razminiranja na žalost zabilježeno je i stradanje pirotehničara izvoditelja radova u do tada nepoznatom minskom polju. Za dio radova razminiranja, temeljem novih saznanja izvršena je i redukcija minski sumnjivih površina.

S obzirom na spoznaje o blizini sumnjivih minskih površina i poznatim minskim poljima u neposrednoj blizini, građevinski radovi su se morali izvoditi uz posebne mjere organizacije i opreza tijekom izvođenja radova kao i povećanom odgovornošću svih sudionika u realizaciji projekta. Iz tog razloga posebno treba naglasiti da nakon pet godina provedbe i realizacije projekta nije zabilježeno niti jedno stradanje ljudi ili opreme tijekom izvođenja radova, što daje poseban značaj uspješnoj realizaciji projekta.

3. ZAKLJUČAK

Za realizaciju Projekta obnove IBRD 4351/HR za potrebe obrane od poplava i razminiranja, bilo je nužno za potrebe projektiranja izdvojiti više od 5.000.000,00 kn. Troškovi prethodnog razminiranja za omogućavanje izvođenja građevinskih radova iznosit će približno 105.000.000,00 kn, dok je za potrebe izvođenja građevinskih, elektro

i strojarskih radova (nasipi, kanalska mreža, crpne stanice i pomoćni objekti, obaloutvrde) izdvojeno 155.000.000,00 kn. U okviru projekta izvršena je i nabavka opreme za održavanje vodnogospodarskih objekata za više od 10.000.000,00 kn. Iz navedenog proizlaze i ukupni troškovi realizacije Projekta obnove za potrebe obrane od poplava i odvodnje koji zajedno sa troškovima razminiranja iznose oko 275.000.000,00 kn.

Dovršetak Projekta obnove za potrebe obrane od poplava i odvodnje omogućio je normalnu poljoprivrednu proizvodnju i time stvorio kvalitetnije uvjete za povratak i život ljudi na promatranom području. Provedene aktivnosti na sanaciji i obnovi nasipa smanjile su rizik od plavljenja poljoprivrednih površina i većeg broja naselja, za što je najbolji primjer uspješno provedena obrana od poplava za područje Baranje tijekom kolovoza 2002. godine, unatoč nailasku trećeg po veličini zabilježenog vodnog vala rijeke Dunav.

Stanje kanalske mreže I i II reda uglavnom je dovedeno u projektirano (nulto) stanje. Najvažnije crpne stanice su u funkciji i ostvarena je funkcionalnost ukupnog sustava odvodnje uz napomenu da još uvijek nije ostvarena obnova detaljne kanalske mreže, što onemogućava potpunu učinkovitost sustava odvodnje.

Ukupno za potrebe Projekta obnove bilo je nužno obnoviti 67 km nasipa na području Baranje, urediti 610 km primarne i sekundarne kanalske mreže (od toga 210 km u Baranji i 400 km u Istočnoj Slavoniji na području sliva rijeke Vuke), obnoviti 15 crpnih stanica sa pomoćnim objektima (devet u Baranji i šest na slivu rijeke Vuke) ukupnog kapaciteta 45,00 m³/s, te obnoviti centre za obranu od poplava i čuvarnice, kao i izvršiti nabavku opreme za održavanje vodnogospodarskih objekata.

Popis literature:

1. Arhiv Hrvatskih voda Zagreb – Projekt obnove IBRD 4351/HR (1998.-2003.)

Autor:

Zoran Đuroković, dipl. ing. građ., Hrvatske vode Zagreb, Vodnogospodarski odjel za vodno područje sliva Drave i Dunava Osijek, 31 000 Osijek, Splavarska 2a, Hrvatska, tel:+385 31 375677, fax: +385 31 375699



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.05.

Održivo korištenje vode u Hrvatskoj

Dragutin Gereš

SAŽETAK: U radu se analizira korištenje vode u Hrvatskoj i u Europi. Na vodne resurse djeluju čimbenici, koji vodno bogatstvo opterećuju u različitim oblicima. Faktori koji djeluju na vodne resurse dolaze iz urbanih područja, industrije, poljoprivrede itd. Te djelatnosti koriste vodu i povezane su s društvenom i gospodarskom politikom. Ostala djelovanja na vodne resurse imaju porijeklo u promijenjivosti klime i oborina. Primjenjen je interdisciplinarni postupak identifikacije, analize i procjene prirodnih i ljudskih procesa, koji određuju sadašnje i buduće stanje vodnih resursa. Potrebno je razborito i učinkovito korištenje vode. Odgovarajuće gospodarenje vodama omogućuje održivo korištenje vode u dugoročnom razdoblju.

KLJUČNE RIJEČI: vodni resursi, opterećenja, stanje, gospodarenje vodom, održivo korištenje vode, Hrvatska, Europa.

Sustainable Water Use in Croatia

SUMMARY: The paper analyzes water use in Croatia and Europe. The water resources are affected by factors that impose different loadings on them. The factors affecting water resources come from the urban areas, industry, and agriculture. These activities use water and they are directly linked to the social and economic policies. Other water resources impacts are related to variability of climate and rainfall. An interdisciplinary approach is taken, and analyses and assessment of natural and human processes made that determine the present and future status of the water resources. Reasonable and efficient water use is imperative. Adequate water management practices enable sustainable water use on a long-term basis.

KEYWORDS: water resources, loading, status, water management, sustainable water use, Croatia, Europe

1. UVOD

U radu se analizira korištenje voda u Hrvatskoj. Na vodne resurse djeluju mnogi čimbenici, koji dolaze iz poljoprivredne i industrijske djelatnosti, iz urbanih područja, domaćinstava i turističke djelatnosti. Ostale pokretačke snage, koje djeluju na vodne resurse, vezane su na prirodnu promjenljivost oborina i promjenu klime. Ekstremni hidrološki događaji, kao poplave i suše stvaraju dodatne stresove u sektoru opskrbe vodom koji su važni sa zdravstvenog aspekta i u pitanjima stanja ekosustava. Problem prekomjernog korištenja vodnih resursa je izuzetno kompleksan, ne samo s hidrološkog stanovišta nego i u pogledu socio-ekonomskih i političkih uvjeta. Riješenja moraju zadovoljiti okoliš i biti socijalno i politički izvodljiva. Cilj je rada analiza uvjeta za

unaprijeđenje korištenja voda, podrška održivom korištenju voda i zaštita resursa. Zbog toga se predlaže da se istraživanja i prikupljanje podataka koncentriraju na poboljšanje postojećeg stanja informacija..

2. ELEMENTI PROCJENE OKOLIŠA I DEFINIRANJE POJMOVA

Studija se temelji na interdisciplinarnom procesu identifikacija, analiza i procjena relevantnih prirodnih i ljudskih procesa i njihovih interakcija koji određuju sadašnje i buduće stanje kakvoće okoliša i resursa u odgovarajućem prostornom i vremenskom mjerilu. Poljoprivreda, stanovništvo i njegov rast, urbanizacija i industrija su osnovne *pokretačke snage*, koje djeluju na hidrološki ciklus. One rezultiraju u *opterećenjima* na vodne resurse, kao što su ona vezana za zahvaćanje vode za različite korisnike: komunalno korištenje, industrija, poljoprivreda itd. Razmatraju se i klimatske promjene. *Stanje* vodnih resursa se ocjenjuje količinom i kakvoćom. *Utjecaji* se opisuju putem općih informacija i regionalnih primjera. Procjena tih utjecaja daje informacije za postavljanje ciljeva za buduća istraživanja i politiku. Potencijalni društveni *odgovori* su opisani regulatornim instrumentima te kontrolom opskrbe i potreba u vodi, financijskim instrumentima i infrastrukturom. Ovi principi su pokazani u tablici 1.

Tablica 1: PRIKAZ ELEMENATA PROCJENE OKOLIŠA

POKRETAČKE SNAGE →	OPTEREĆENJA →	STANJE →	UTJECAJI →
Poljoprivreda Stanovništvo Industrija Klima Oborine Temperatura	Zahvaćanje vode Površinske vode Podzemne vode Promjena klime	Otjecanje Obnovljivi resursi Kakvoća	Vodni stres Suša Pogoršanja · količine · kakvoće Ekološki status
↑	↑		↓
POLITIKA	ODGOVORI ←	POSTAVLJANJE CILJEVA	
Zakoni Smjernice itd	Infrastruktura Kontrola opskrbe i potreba (potražnja /ponuda) Troškovi	1. 2. . . n.	

3. ČIMBENICI KOJI DJELUJU NA VODNE RESURSE

3.1. STANOVNIŠTVO I URBANIZACIJA

Promjene u broju, raspodjeli i gustoći stanovništva ključni su čimbenici koji utječu na utvrđivanje potreba za vodom.

Kretanje broja stanovnika u Hrvatskoj daje se prema popisima po godinama:

1. 1951.g.	3 876 300	4. 1981.g.	4 601 459
2. 1961.g.	4 159 800	5. 1991.g.	4 784 265
3. 1971.g.	4 426 200	6. 2001.g.	4 437 460

U Republici Hrvatskoj živi 54% stanovništva u urbanim cjelinama. U gradovima s više od 500 tisuća stanovnika živi 16% stanovništva, u gradovima s 100-500 tisuća živi 12%, regionalnim središtima s 30-100 tisuća živi 13%, u manjim gradovima s 7-30 tisuća živi 13%, u lokalnim središtima s 2-7 tisuća živi 27% i u naseljima s manje od 2 tisuće stanovnika živi 19% stanovništva (popis 1991.).

U tablici 2. prikazani su podaci o Hrvatskoj, zemljama članicama Europske unije, te za kontinent Europu.

Tablica 2: PODACI O HRVATSKOJ, ČLANICAMA EUROPSKE UNIJE I OSTALIM ZEMLJAMA

ZEMLJA	POVRŠINA (000 km ²)	STANOVNIŠTVO, 1996. (000 stan.)	GUSTOĆA NASELJENOSTI (st/km ²)
1. Hrvatska (1991.)	56,5	4 784	84,6
2. Članice Europske unije (15)	3 240,3	372 348	prosjeak 115
3. Europa, kontinent	10 200	680 000	67

U korištenju vode u domaćinstvima i malom gospodarstvu postoje velike razlike između zemalja. Potrošnja mjerena kao volumen i postotak ukupnog korištenja vode također raste u većini zemalja za razdoblje između 1980. i 1995. godine. Pretpostavlja se da će se stanovništvo povećavati, uz promjene načina života, da će rasti cijena vode i da će se povećavati briga društva o vodi. To bi trebalo rezultirati ekonomičnijim korištenjem voda.

3.2. INDUSTRIJA

Industrijske aktivnosti stvaraju opterećenja na okoliš. To mogu biti direktna opterećenja, kao: emisija zagađivača, stvaranje opasnog otpada i potrošnja prirodnih resursa. Indirektna opterećenja čine kasnija potrošnja i korištenja industrijskih proizvoda.

U Hrvatskoj, dodana vrijednost industrije u bruto domaćem proizvodu - BDP iznosi oko 20%. U zemljama članicama Europske unije iznosi oko 30%, te u Europi iznosi 29°.

Uspoređivanja podataka o korištenju vode u industriji su vrlo teška jer postoje nedosljednosti u podacima. Korištenje vode u industriji, uz isključenu vodu za hlađenje, iznosi oko 10%, voda za hlađenje i proizvodnju električne energije iznosi 32% ukupno zahvaćene vode. U mnogim europskim zemljama potrebe vode u industriji se smanjuju. U prvom redu je to posljedica ekonomske recesije, ali i uvođenja tehnoloških poboljšanja. Rast industrijske proizvodnje stagnira i smanjuje se u odnosu na ostale sektore gospodarstva.

3.3. POLJOPRIVREDA

Poljoprivredni sektor stvara opterećenja na vodne resurse putem zahvaćanja vode za korištenje u sektoru i potencijalnim onečišćenjem resursa od gnojiva i pesticida. Poljoprivreda je stoga značajna pokretačka snaga u održivom gospodarenju vodama. U Hrvatskoj poljoprivreda sudjeluje s 7% u bruto domaćem proizvodu-BDP (podaci za 1998.). U zemljama članicama EU sudjelovanje poljoprivrede u prosjeku je 2,3% te u Europi iznosi 6%.

Ukupno poljoprivredno stanovništvo u Hrvatskoj smanjivalo se po stopi od 4,9% od 1961. godine.

Podaci o navodnjavanjem površinama su prikazani u tablici 3. Uočava se različita uloga navodnjavanja u poljoprivredi Europe, koja u prvom redu ovisi o klimatskim prilikama.

Tablica 3: POLJOPRIVREDNE I NAVODNjavane POVRŠINE

ZEMLJA	UKUPNA POVRŠINA	UKUPNA POLJ.POVRŠINA	ODNOS POLJ. I UKUPNE POVRŠINE	NAVODNjavane POVRŠINE	NAVOD. POVRŠINE U ODNOSU NA POLJ.P.
	(000 km ²)	(000 ha)	(%)	(000 ha)	(%)
1. Hrvatska	56,54	3 208	56,7	3,1	0,1
2. Članice EU	3 240,3	87 903	27	11 354	12,9
3. Ukupno Europa	10 200	135 945	13	16 717	12,3

Korištenje vode u poljoprivredi Europe iznosi oko 30% ukupno zahvaćene vode i oko 55% potrošnje vode (consumptive use).

3.4. TURIZAM

Turističko gospodarstvo, s 40 godišnjim razvojem, postalo je vrlo važno u nacionalnim ekonomijama, s učešćem oko 1,2% (prosjeak) bruto društvenog proizvoda u zemljama OECD. U Hrvatskoj je udio turizma u bruto domaćem proizvodu u 1996. godini bio 2,53%, a u 1998. godini 2,47%. U turizmu dolazi do sezonskog povećanja stanovništva, često u razdobljima minimalne ili niske obnove vodnih resursa. Na taj način dolazi do opterećenja na vodne resurse, preko povećane potrošnje vode. Naredna karakteristika turizma je značajna sezonska varijacija, s maksimumima u razdobljima praznika i s minimumom u preostalom razdoblju godine. Potrošnja vode u turizmu je približno dvostruko veća od potrošnje lokalnog stanovništva.

Hrvatska je imala maksimalan broj turista 1987. i 1988. godine (10,4 milijuna dolazaka godišnje). Godine 1990. bilo je 8,5 milijuna; 1995. godine 2,4 milijuna; 1998. godine 5,5 milijuna; 1999. godine 4,8 milijuna dolazaka turista.

Najveći broj turista u EU ima Francuska (61 milijun dolazaka godišnje), zatim Italija (52 milijuna) i Španjolska (43 milijuna dolazaka).

Uz pitanja korištenja vodnih resursa dolaze i problemi s otpadnom vodom. Najveći dio vode nije utrošen već se nakon korištenja voda vraća, kao otpadna voda, pročišćena i nepročišćena, u more ili rijeke. Ako se voda ne pročišćava nastaju problemi s zagađivanjem okoliša.

4. OPTEREĆENJA NA VODNE RESURSE

4.1. ZAHVAĆANJE VODE

Kada se analiziraju i uspoređuju podaci o zahvaćanju voda i korištenju voda uočava se da podaci iz različitih izvora često nisu podudarni. Ova konstatacija vrijedi za Hrvatsku i ostale europske zemlje. Razlike dolaze, u većini slučajeva, zbog različitih definicija analiziranog slučaja. Na primjer, definicija potreba vode za industriju može se kretati od količine vode u sektoru industrije do uključivanja, uz industrijske potrebe i korištenje vode za hlađenje energetskih postojenja te voda za proizvodnju električne energije. U tablici 4. prikazani su podaci o ukupno zahvaćenim količinama vode.

Temeljni izvor za zahvaćanje vode je površinska voda (oko 75% od ukupnih količina zahvaćenih voda za sve vrste korištenja voda), podzemna voda se koristi oko 25%, te samo minorne količine vode dobivene desalinizacijom morske/boćate vode i ponovnim korištenjem pročišćene otpadne vode.

Tablica 4: UKUPNO ZAHVAĆENE KOLIČINE VODE

ZEMLJA	BROJ STAN. (000)	UKUPNO ZAHVAĆENE VODE (10 ⁶ m ³ /god)			ZAHVAĆENE VODE PO 1 STANOVNIKU (m ³ /st/god) IZ PODATAKA ETC-IW
		DOBRIŠ 1986/93	OECD 1995	ETC-IW 1995	
1. <u>Hrvatska</u> (izvor: SLJH-2000)	4 784	1 403 (za 1998.)	-	-	293
2. <u>15 zemalja EU</u>	372 752	251 938	226 772	245 761	659
3. <u>Europa, kontinent</u>	680 000	480 000	-	-	700 (Dobriš)

U zemljama s dovoljnim brojem vodonosnika preko 75% vode za javnu vodoopskrbu se zahvaća iz podzemne vode. Podzemna je voda, općenito, bolje kakvoće od površinskih voda, pa se rezerve podzemnih voda eksploatiraju u većoj mjeri u odnosu na površinske vode. Takva praksa dovodi do prekomjernog zahvaćanja rezervi podzemnih voda i do snižavanja razine podzemne vode. To opet dovodi do degradacije izvora površinskih vodotoka, do razaranja močvarnih područja a u slučaju priobalnih voda (coastal water) dolazi do prodora slane vode u vodonosnike.

Tablica 5: UDJEL PODZEMNE VODE U UKUPNO ZAHVAĆENOJ VODI I U JAVNOJ VODOOPSKRBI

ZEMLJA	ZAHVAĆENE PODZEMNE VODE (%)	JAVNA VODOOPSKRBA PODZEMNA VODA (%)	POVRŠINSKA VODA (%)
1. <u>Hrvatska</u>	42	86	14
2. <u>15 zemalja EU</u>	25	62	38

Tablica 6: KORIŠTENJE VODE PO SEKTORIMA

ZEMLJA	UKUPNO ZAHVAĆENE VODE (10 ⁶ m ³ /god)	URBANA POTROŠNJA (%)	INDUSTRIJA (%)	POLJOPRIVREDA (%)	ENERGIJA (%)
1. Hrvatska (SLJH 2000)	1 403	38	60	2	-
2. 15 zemalja EU	251 938	14	18	30	38
3. Europa, kontinent	480 000	19	53	28	-

Zahvaćene količine vode u zemljama EU koriste se za komunalne potrebe u 14% slučajeva, u poljoprivredi (30%), industriji (18%, isključene vode za hlađenje), kao voda za hlađenje i proizvodnju električne energije (38%). Silazni trend se može pripisati promjeni strategije upravljanja, koja se kreće prema upravljanju potrebama u vodi, smanjivanju gubitaka, učinkovitijem korištenju voda i upotrebom reciklažne vode.

Udjel komunalnih potreba za vodom u odnosu na ukupno zahvaćenim količinama u Hrvatskoj je 38%, prosjek za 15 zemalja EU je 14,1%. U većem broju zemalja komunalne potrebe vode uključuju uz potrebe kućanstava i potrebe za industriju, poljoprivredu, malu industriju, javne servise i potrebe za rekreaciju. Često je nemoguće pribaviti odvojene statističke podatke. Udio potreba za kućanstva u ukupnim potrebama kreće se od 30-60%. U Hrvatskoj, u 1998. godini, kućanstva imaju udjel od 58% a djelatnosti i ostalo 42% komunalnih potreba za vodom.

Korištenje vode u kućanstvima i maloj privredi u mjeri litre po glavi dnevno pokazuje velike razlike. Iznosi se kreću od 132 do 250 l/st/dan u EU, u istočnoj Europi od 150 do 300 l/st/dan. Za Hrvatsku, u 1998. godini potrošnja je iznosila 240 l/st/dan.

Za industrijsko korištenje vode, ako se isključe količine vode za hlađenje, troši se u 15 zemalja EU oko 10,4% od ukupno zahvaćenih voda. Prema podacima iz SLJH-2000 za Hrvatsku se dobije iznos od 60%. Ovaj podatak je diskutabilan. Vjerojatno je u navedenoj količini vode uključena i voda za hlađenje. Ako promotrimo samo količinu vode dobavljene iz javnih vodovoda, dobije se iznos od 13,1% od ukupno zahvaćenih voda.

4.2. KLIMATSKE PROMJENE

Procjene klimatskih promjena ukazuju da će temperature zraka porasti za 1°C do 3,5°C u 2010. godini, što s povećanjem oborina u sjevernoj Europi i njihovim smanjivanjem u južnoj Europi, može dovesti do smanjenja obnovljivih vodnih resursa u južnoj Europi. Povišenje temperature može dovesti do ranijeg topljenja snijega, uzrokujući zimsko otjecanje i smanjivanje otjecanja u proljeće i ljeto. Varijacija rizika i intenziteta suša je najozbiljniji negativan utjecaj promjene klime na vodne resurse. Klimatske promjene mogle bi imati značajan utjecaj na režim poplava.

5. STANJE VODNIH RESURSA

5.1. VODNI RESURSI

Resursi slatkih voda se kontinuirano nadopunjavaju prirodnim procesima u hidrološkom ciklusu. Oborine, pale na površinu kopna na Zemlji osiguravaju više od 110 000 km³ vode godišnje. Približno 65% palih oborina vraća se u atmosferu putem evapotranspiracije. Preostali dio čini otjecanje. Iz tog se dijela pune vodonosnici, opskrbljuju vodom vodotoci i jezera. U Europi je utvrđeno srednje otjecanje oko 3 100 km³ godišnje ili kao ekvivalent od 4 560 m³ po stanovniku godišnje. Količine raspoloživih voda u Europi mjenjaju se u ovisnosti godišnjeg otjecanja i iznose preko 3 000 mm u dijelu Norveške, te ispod 25 mm u jugoistočnoj Španjolskoj. Prekogrančno otjecanje čini značajan dio resursa mnogih zemalja. U Mađarskoj, upr., to je 95% ukupnih resursa. Količina obnovljivih vodnih resursa prikazana je u tablici 7. Ukupno obnovljivi resursi, raspoloživi zemlji, mogu se računati kao resursi s vlastitog područja (endgeni resursi) uvećani za vodu koja dolazi iz uzvodnih zemalja (egzogeni resursi).

Tablica 7: KOLIČINA OBNOVLJIVIH ENDOGENIH I EGZOGENIH VODNIH RESURSA

ZEMLJA	OBNOVLJIVI RESURSI	OBNOVLJIVI RESURSI PO GLAVI STANOVNIKA
	(10 ⁶ m ³ /god)	(m ³ /st/god)
1. <u>Hrvatska</u>	169 000	35 300
2. <u>Članice EU (15)</u>	1 452 000	3 900
4. <u>Europa, kontinent</u>	3 100 000	4 560

Najveće potrebe za vodom postoje u područjima s velikom koncentracijom stanovništva. Potrebe za vodom u Europi su narasle od 100 km³/god. u 1950. godini, 551 km³/god. u 1990. godini pa do 660 km³/god. u 2000. godini.

5.2. KAKVOĆA VODNIH RESURSA ZA KORIŠTENJE

Analize volumena zahvaćene vode i volumena resursa često zanemaruju činjenicu da voda može zadovoljiti ljudske potrebe, kao i potrebe za okoliš, samo ako je njezina kakvoća odgovarajuća za namjeravano korištenje. Kako se tradicionalno u više zemalja pažnja posvećuje uglavnom pitanjima količine vode to će pitanja kakvoće vode postati sve važnija za planiranje i gospodarenje vodnim resursima i infrastrukturom.

Glavne vrste korištenja i funkcija vodnih resursa uključuje: opskrbu pitkom vodom, vodu za kupanje i rekreaciju, vodu za industriju, ribnjačarstvo, navodnjavanje, stočarstvo, ekološke funkcije vode. Potrebna kakvoća voda varira od jednog do drugog načina korištenja ili funkcije. U tablici 8. prikazani su neki pokazatelji kakvoće vode u ovisnosti o korištenju i funkciji vode.

Tablica 8: ODNOSI IZMEĐU POKAZATELJA KAKVOĆE VODE I NAČINA KORIŠTENJA I FUNKCIJE VODE

POKAZATELJI	EKOLOŠKA FUNKCIJA	NAČIN KORIŠTENJA				
		PITKA VODA	KUPANJE I REKREACIJA	NAVODNJAVANJE	STOČARSTVO	RIBNJACI
Organske materije	+	+				+
Nitrati	+	+			+	+
Fosfor	+					+
Suspenzije	+	+	+			+
Boja		+				
Temperatura	+					
Mineralizacija		+		+	+	+
Mikroorganizmi		+	+	+	+	
Fitoplankton	+	+				+
Neorganski mikropolutanti	+	+		+	+	+
Pesticidi	+	+		+	+	+
Organski mikropolutanti	+	+				

Oznake: +: funkcija i korištenje vode ovisi o pokazatelju
prazno: funkcija i korištenje vode ne ovisi o pokazatelju

6. UTJECAJI NA VODNE RESURSE

6.1. OPTEREĆENJA KOJA UZROKUJU VODNI STRES

O vodnom stresu govorimo u slučaju kada su zahvaćene količine vode u neskladu s raspoloživim količinama vode na nekom području. Pokazatelj raspoloživosti vode i opterećenja na vodne resurse je odnos između ukupne količine zahvaćene vode i ukupnih obnovljivih resursa.

Iz podataka datih u 4. i 5. poglavlju izračunati su slijedeći odnosi:

- za Hrvatsku: zahvaćene količine vode u odnosu na ukupne resurse iznose 0,9%; u odnosu na vlastite vode 3,3%; kada se uključe količine vode za proizvodnju električne energije i za hlađenje dobije se 19,8% ukupnih resursa.
- za Europu (prosjeck): ukupno zahvaćene vode čine 15% obnovljivih resursa.

Potencijalno sve zemlje imaju dovoljno resursa za pokriće nacionalnih potreba za vodom. Najveća potreba za vodom je koncentrirana na područjima velike naseljenosti. Događa se često da urbane potrebe za vodom premašuju lokalne raspoložive količine vode-resurse.

Sezonske ili višegodišnje varijacije raspoloživih vodnih resursa mogu ponekad dovesti do vodnog stresa u područjima gdje dugoročno postoji dovoljno vodnih resursa. Planeri vodnih resursa često temelje odluke o korištenju vode na resursima, koji se mogu očekivati u razdobljima sušnog vremena ili malih protoka u rijekama. Preporučiv indikator za te odluke je 90% protoka (Q90), tj. količina vode koja se može koristiti 328 dana godišnje (90% vremena).

6.2. SUŠA

Potreba za vodom u Europi porasla je s 550 km³ u 1990. godini na 660 km³ u 1999. godini. Pojave suša pokazuju ranjivost sustava vodnih resursa u odnosu na varijacije u meteorološkom i hidrološkom ciklusu. Očekivani porast potreba za vodom imati će kao posljedicu sukobe između ljudskih potreba (komercijalnih, socijalnih i političkih) te ekoloških potreba.

Procjene suša su kompleksni problem. Ne postoji suglasnost o definiciji suše, osim u načelnim terminima. Najčešća definicija glasi: *Osnovna osobina suše je smanjivanje raspoložive vode u određenom vremenu i na određenom području.* Suša se može opisati nizom indikatora, koji se mogu klasificirati u dvije grupe:

1. pokazatelji okoliša: hidro-meteorološki i hidrološki indikatori, koji direktno utječu na hidrološki ciklus;
2. pokazatelji vodnih resursa: pomoću kojih mjerimo utjecaj suše na korištenje vodnih resursa, npr. utjecaj na opskrbu vodom komunalnih potreba ili poljoprivrede, utjecaj na punjenje vodonosnika, zahvaćanje vode i utjecaj na razine vode (površinske i podzemne), utjecaj na ribnjačarstvo, rekreativne potrebe i sl.

Razdoblje suše u Europi bilo je od 1988. do 1992. godine, kada su u većini zemalja registrirane oborine i otjecanje niže od višegodišnjih prosjeka. Utjecaj suše ovisi o kombinaciji hidroloških uvjeta i opterećenja na vodne resurse. Najveća suša u ranim devedesetim u Europi bila je u područjima s najvećim pritiscima na resurse. To nisu nužno područja s najvećom hidrološkom sušom.

6.3. UTJECAJ PREKOMJERNOG ZAHVAĆANJA PODZEMNE I POVRŠINSKE VODE

Prekomjerno zahvaćanje podzemne vode se definira kao ono zahvaćanje koje premašuje količinu punjenja-obnavljanja, te dovodi do snižavanja razine podzemne vode. Posljedica prekomjernog zahvaćanja podzemne vode su manje protoke u vodotocima, ugrožena močvarna područja te prodor slane vode u vodonosnike. Prekomjerno zahvaćanje površinskih i/ili podzemnih voda može imati ozbiljne posljedice na pridružene kopnene i vodene ekosustave.

Zahvaćanje vode modificira prirodni hidrološki režim i protoke u površinskim vodama (rijeke, jezera, močvare). Na taj se način izaziva direktan utjecaj na ekološki status vodenog ekosustava.. Male protoke u vodotocima mogu uzrokovati dalje probleme u pitanjima onečišćenja, kao npr. smanjivanje kapaciteta razrjeđivanja, smanjivanje sadržaja kisika, te povećanje koncentracija nitrata i fosfata, koji mogu uzrokovati probleme eutrofikacije.

7. DRUŠTVENI ODGOVORI I GOSPODARENJE POTREBAMA ZA VODOM

Potencijalni društveni odgovori u svezi vodnih resursa opisani su regulatornim instrumentima, nacionalnim, Europske unije i međunarodnim, te preko dva glavna aspekta održivog korištenja voda: gospodarenjem potrebama za vodom i infrastrukturnim objektima za opskrbu vodom. U radu se ne obrađuju regulatorni - zakonodavni elementi.

7.1. GOSPODARENJE POTREBAMA ZA VODOM

Cilj je održivog gospodarenja vodama ravnoteža između zahvaćanja količina vode za javnu vodoopskrbu, industrijsku i poljoprivrednu upotrebu, zatim količina za rekreativne potrebe i potrebe okoliša, količina otpadnih voda i utjecaja na difuzna izvorišta vode. Koristi se princip kontrole, temeljen na dozvolama/koncesijama, da bi se ostvarila ravnoteža između različitih potreba za vodom. Sve se više uvode i ekonomski instrumenti, kao što su naknade za zahvaćenu vodu i mehanizam cijena vode za korisnike. Kada se ekonomski instrumenti primjene u javnoj vodoopskrbi najteže su pogođeni najsiromašniji dijelovi društva. U cilju osiguravanja prihoda, komunalna poduzeća moraju povećati cijenu vode u slučaju da potrošnja vode opada. Opća korist potrošača vode da uštedi novac štedeći vodu je zbog toga mala. Međutim u tom se slučaju mogu uštedjeti troškovi za infrastrukturne objekte.

U Hrvatskoj je potrošnja vode po kućanstvu 166,5 m³/god. i za tu se potrošnju plaća 716 kn/god., uz ukupnu cijenu vode iz javnog vodovoda od 4,3 kn/m³. U EUR-ima to iznosi 99 EUR/god. po kućanstvu.

Cijena pitke vode je različita u zemljama Europe. Ona ovisi o području zemlje, vrsti usluge itd. U zapadnoj Europi cijena se kreće od 52 EUR/god. po kućanstvu u Rimu do 287 EUR/god. po kućanstvu u Brüsselsu. U zemljama centralne Europe cijena je voda niža i kreće se od 20 EUR/god. po kućanstvu u Bukureštu do 59 EUR/god. po kućanstvu u Pragu.

Ako se promotri godišnja cijena vode po kućanstvu u odnosu na bruto društveni proizvod (po glavi stanovnika) tada je cijena u Bukureštu 3,5%; Pragu 2,3%; Portugalu 2,2% itd. U Hrvatskoj je cijena vode 1,8% BDP/po stanovniku.

7.2. INFRASTRUKTURNI OBJEKTI

Tehničko stanje glavnih dovoda i distribucijske mreže u vodoopskrbi ima direktan utjecaj na ukupno zahvaćene količine vode.

Učinkovitost (efikasnost) mreže, definirana kao odnos dostavljene količine vode korisniku i zahvaćene vode iznosi: u Hrvatskoj 67%, u Francuskoj oko 75%, Španjolskoj oko 80%, Italiji oko 74%, u Austriji oko 88%, u Češkoj Republici oko 70%, itd.

Procjenjene količine procjedne vode iz vodoopskrbne mreže (bez kućnih priključaka) iznose: u Velikoj Britaniji 8,4 m³/km po danu; u Njemačkoj 3,7 m³/km po danu; u Hrvatskoj 14,7 m³/km po danu, itd.

Za smanjenje gubitaka iz vodovodne mreže mogu se koristiti različiti načini, kao: popravak vidljivih mjesta procjeđivanja, ustanovljenjem kontrolnih zona procjeđivanja, detekcija i popravak mjesta gubitaka nevidljivih s površine terena, telemetrija tečenja u cijevima, smanjivanje tlakova, zamjena starih cjevovoda, detekcija i popravak kućnih priključaka, smanjivanje prelijevanja u vodospremama, itd.

Općenito, može se utvrditi da se porast potrošnje vode događa u slučajevima kada vode ima dovoljno i uz nisku cijenu. Ova dva koncepta polako nestaju, posebno u slučajevima porasta onečišćenja resursa, suša i porasta cijene vode.

Cilj je akumulacija i retencija vode da se premoste nejednolike distribucije prirodnih vodnih resursa u vremenu. Mogu se vršiti sezonske ili višegodišnje regulacije. U Hrvatskoj postoji 58 akumulacija, ukupnog bruto volumena 310 milijuna m³ (bez retencija i višenamjenskih akumulacija).

U Europskoj Uniji postoji oko 3500 većih akumulacija s ukupnim bruto volumenom oko 150 000 milijuna m³. Zemlje s najviše akumulacija su Španjolska, Norveška, Švedska itd. Španjolska ima 849 akumulacija, Francuska 521 i Velika Britanija 517 akumulacija.

Ponovna upotreba otpadnih voda raste u zemljama EU. Desalinizacija morske ili bočate vode je u početnoj fazi. Primjena postupka dolazi u obzir u područjima bez slatke vode. Ukupna količina desalinizirane vode u Hrvatskoj i u Europi je vrlo mala.

8. ZAKLJUČCI

1. Korištenje zahvaćene vode u Europi je za urbane potrebe 14%, industriju 10%, poljoprivredu 30%, voda za hlađenje i proizvodnju električne energije 32%, te ostala korištenja 14%. U Hrvatskoj se voda troši za urbane potrebe 38%, u industriji 60%, poljoprivredi 2%, proizvodnja električne energije nije uključena.
2. Smanjuje se potrošnja vode u industriji u 80-tim i 90-tim godinama, kao posljedica ekonomske recesije. Smanjenju potrošnje vode doprinose i tehnološka unapređenja opreme.
3. Poljoprivreda je jedna od najvećih pokretačkih snaga i opterećenja koji djeluju na vodne resurse. U poljoprivredi se koristi oko 30% zahvaćenih količina vode u Europi, u Hrvatskoj svega 2%, jer nije razvijeno navodnjavanje.
4. Potrošnja vode u turizmu je izrazito sezonska, te se poklapa s ograničenim vodnim resursima. Potrošnja vode turista je približno dvostruko veća od normalnih korisnika.
5. Prognoze klimatskih promjena ukazuju na porast temperatura 1°C do 3,5°C, smanjivanje oborina za oko 10%. Ti elementi bi mogli dovesti do smanjenja obnovljivih vodnih resursa od 40% do 70%..

6. Vodni stres je općenito povezan s prekomjernim zahvaćanjem vode u odnosu na raspoložive resurse. Prekomjerno korištenje površinske i podzemne vode ima ozbiljne posljedice na pridružene kopnene i vodene ekosustave.
7. Ekonomski instrumenti su nužni za dostizanje održivog gospodarenja vodama. Prodajna cijena vode općenito nije stvarni trošak vode i cijena nije jednaka za sve korisnike. Cijena vode u Hrvatskoj, za jedno kućanstvo, iznosi 99 EUR godišnje, ili 1,8% bruto društvenog proizvoda po glavi stanovnika. U Europi, cijene se kreću od 52 EUR do 287 EUR godišnje po kućanstvu.
8. Učinkovitost vodoopskrbne mreže ima direktne posljedice na ukupno zahvaćene količine vode. Procjeđivanje vode iz mreže je vrlo veliko u mnogim zemljama. U Hrvatskoj procjeđivanje iznosi 14,7 m³/km po danu, u Velikoj Britaniji 8,4 m³/km i u Njemačkoj 3,7 m³/km po danu.

9. IZVORI

2. European Topic Center on Inland Waters - ETC/IW, (1997.): Review of Water Use Efficiency in Europe.
3. European Commission - EC, (1992.): Towards Sustainability, COM (92) 23, Final Vol., EC Brussels.
4. European Environment Agency - EEA, (1995.): Europe's Environment - The Dobris Assessment and Statistical Compendium. Ed. Stanners, D.; Bourdeau, P. Copenhagen.
5. Eurostat, (1997.) : Estimation of Renewable Water Resources in the European Union. Luxembourg.
6. Food and Agricultural Organisation UN - FAO, (1996.): FAOSTAT, Statistics Database. Rome.
7. Gereš, D. (1995.): Stanje i održivi razvitak vodoopskrbe u Hrvatskoj. *Građevinar*, 47 (1995) 12, 749-759.
8. Gereš, D. (1998.): Gospodarska bilanca voda u Republici Hrvatskoj. Građevni godišnjak '98, HSGI Zagreb, uz. Simović, V., str. 221-269.
10. IWSA Congress, (1997.): International Statistics for Water Supply. Madrid.
11. Kondzewicz, Z. W., (1997.): Water Resources for Sustainable Development. *Hydrological Sciences*, 42 (4), 467-497.
12. Organisation for Economic Co-operation and Development - OECD, (1996.): Environmental Indicators. OECD/GD (96), Paris.
14. World Resources Institute - WRI, (1992.): World Resources 1992/93: A Guide to Global Environment.
16. xxxx Dokumentacija i podaci Hrvatskih voda (više godina), Zagreb.
17. xxxx Statistički ljetopis 2000 Republike Hrvatske (2000.), Državni zavod za statistiku, Zagreb (SLJH-2000).

Autori:

Prof. dr. sc. Dragutin Gereš,

Hrvatske vode, Zagreb, Ulica grada Vukovara 220, dgeres@voda.hr

i Građevinski fakultet Sveučilišta u Osijeku



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.06.

Održivi razvoj vodnog sustava i pitanje zdravlja

Dragutin Gereš

SAŽETAK: U radu se analizira odnos urbanih voda, zdravlja i održivosti u prošlosti i danas, te se daju viđenja za budućnost. Održivi sustav voda urbanog područja u suglasju je s ekološkim sustavom i prirodnim resursima. Odgovarajući vodni sustav zadovoljava temeljne potrebe za vodom stanovništva i sprječava širenje bolesti vezanih uz vodu. U idealnom slučaju, zajedno s učinkovitošću, to su bitna pitanja u svakoj strategiji razvoja voda urbanog područja. Prisutna je rasprava da li urbani vodni sustav može biti zdrav i u isto vrijeme održiv. Kada se usko gleda na problem, ciljevi zdravlja i održivog razvoja mogu biti u sukobu. Jednostavno je vjerovati da su osnovni sanitarni problemi riješeni dostignućima mikrobiologije, tehnologije i razvojem suvremenih komunalnih usluga. Kompleksnost lokalnih, okolišnih i zdravstvenih, pitanja i dalje su veliki izazov za znanost, upravu i stanovništvo. Ostaje izazov kako osigurati održivost javnog zdravlja te siguran i održiv vodni okoliš za povećani broj stanovnika u urbanim područjima.

KLJUČNE RIJEČI: vodoopskrba, zdravlje, održivi razvoj, okoliš, urbano područje

Sustainable Development of the Water System and Public Health

SUMMARY: The paper analyses the past and present relationship of urban water, public health, and sustainability, and offers future perspectives. A sustainable urban water system must be in harmony with the ecosystem and natural resources. An adequate water system fulfils the population's basic demands for water and prevents a spread of water-related diseases. Ideally, along with efficiency, these are vital issues in each strategy of water development in urban areas. There is an ongoing discussion whether urban water systems can be healthy and yet sustainable. When narrowly defined, the aims of health and sustainable development may be conflicting. It is easy to believe that the basic sanitary problems have been solved by the achievements in microbiology, technology, and the development of contemporary municipal services. The complexity of local environmental and health issues continue to pose a great challenge to science, administration and population, together with the remaining challenge to ensure sustainability of public health and a safe, sustainable water environment for increased population in urban areas.

KEYWORDS: water supply, public health, sustainable development, environment, urban area

1. UVOD

Voda regulira život i kao takva od temeljnog je značenja za ljude, životinje i biljke. Postoji međusobna veza između atmosfere, litosfere, hidrosfere i biosfere te stalnog kruženja vode u prirodi - hidrološkog ciklusa.

Utjecaj kakvoće vode na javno zdravlje je različit u pojedinim dijelovima svijeta. U nerazvijenim zemljama, u onima s ratnim stradanjima, sa sušama ili drugim prirodnim nepogodama, voda može postati velika prijetnja javnom zdravlju. U razvijenim je zemljama zdravstvena ispravnost vode na visokoj razini, tako da se može reći da je javna vodoopskrba jedna od činjenica, koje štite javno zdravlje. Međutim, i u najrazvijenijim zemljama, mora se stalno biti na oprezu za bilo koji slučaj propusta u višestrukim sigurnosnim mjerama na putu vode iz okoliša (sirova voda) do korisnika (pitka voda). Održivi razvoj grada uključuje sve što urbano središte mora imati. Tri su komponente urbane održivosti:

1. integritet okoliša
2. društveno blagostanje
3. dobro ekonomsko stanje.

Zdravlje je uključeno u društveno blagostanje. Ono ovisi o održivosti prirodnih resursa, kao i o kakvoći prirodnog i izgrađenog okoliša (iz Milanske deklaracije o zdravim gradovima, WHO, 1990.). Zdravi vodni sustavi minimiziraju bolesti koje se prenose vodom, te zadovoljavaju temeljne potrebe za vodom grada.

U posljednja dva stoljeća rast gradova i industrijalizacija uvelike su pridonijeli porastu onečišćenja, koje ugrožava ekološku održivost i zdravlje gradova. Priobalna područja, rijeke i nizvodna područja ozbiljno su ugrožena otpadom iz gradova, koji koriste vodu za različite potrebe.

2. JAVNO ZDRAVLJE I ODRŽIVI RAZVOJ

Ljudi moraju biti dovoljno zdravi da bi mogli imati koristi od održivog razvoja. Razvoj bez zdravlja je besmislen. Međutim, procesi u svijetu, kao npr. globalizacija, klimatske promjene, urbanizacija, porast stanovništva i ostale promjene, djeluju na ljudsko zdravlje na kompleksan način. Neki od njih djelovat će povoljno na nas, drugi će stvarati nove ili povećane prijetnje preživljavanju i zdravlju, dok će ostali imati složeno djelovanje.

Okoliš je najveći faktor koji djeluje na otprilike jednu četvrtinu bolesti ljudi i njihovu smrtnost. Promjene u okolišu utječu na zdravlje i veliki dio čovječanstva nastoji preživjeti u takvim uvjetima okoliša. Stanje s javnim zdravljem i pitanjem globalne održivosti je karakteristično po tome što je znatno lakše popisati preventivne mjere, koje bi unaprijedile zdravlje i okoliš, nego pokazati važnost pojedinačnih rizičnih situacija i odrediti prioritet mjera koje treba poduzeti. Voda je kritična za prijenos većeg broja bolesti. Važna je njezina uloga u uklanjanju patogenih uzročnika iz blizine čovjeka. Kako su vodni resursi dio ekosustava, to su tekuće i stajace površinske vode kritične za širenje bolesti koje prenosi voda.

Statistički podaci što ih objavljuje Svjetska zdravstvena organizacija (1996.), pokazuju da je 80 % ljudi oboljelo od bolesti koje prenosi voda. U toj pojednostavljenoj tvrdnji krije se obmana. U načelu, voda je samo jedan od prijenosnika patogenih mikroorganizama, uzročnika dijareje.

Klasifikacija puteva prijenosa i tipova bolesti, kao i njihov odnos, nije do kraja razriješena, pa pokatkad može dovesti do zabune. Ipak nepobitna je činjenica da se infekcije mogu smanjiti ako se osigura zdravstveno ispravna voda.

Tablica 1: Infekcije koje su vezane uz vodu i strategija prevencije

ULOGA VODE U NASTANKU BOLESTI	STRATEGIJA PREVENCIJE
1. Voda je put prijenosa	Poboljšati zdravstvenu ispravnost pitke vode Izbjeći slučajnu uporabu nezaštićenih izvorišta vode
2. Nedostatak količina vode	Povećati količinu vode za uporabu Poboljšati kućne priključke na javnu mrežu Poboljšati higijenu
3. Voda pogoduje razmnožavanju insekata, vektora infektivnih bolesti	Unaprijediti gospodarenje površinskim vodama Uništiti legla insekata Smanjiti posjećivanje legla Koristiti zaštitu od insekata
4. Voda neophodna za nastanak infekcije - ostalo	Reducirati potrebu za kontakt s onečišćenom vodom Reducirati onečišćenje površinskih voda

Tablica 2: Infekcije prema ulozi vode u nastanku infekcije

ULOGA VODE U NASTANKU BOLESTI	INFEKCIJE / BOLEST
1. Voda je put prijenosa (ingestijom)	Većina dijareja, bacilarna dizenterija, trbušni tifus, kriptosporidijaza,
2. Nedostatna količina vode	Bolesti kože, hepatitis A,
3. Voda pogoduje razmnožavanju insekata, vektora infektivnih bolesti	Malarija, groznica zapadnog Nila, itd.
4. Voda neophodna za nastanak infekcije - ostalo	Shistosomoza, leptospiroza, legionarska bolest, itd.

Dva su ključna pitanja zdravlja u okviru održivog razvoja.

1. Pobrinuti se za osnovne elemente temeljnih intervencija za oko 20% svjetskog stanovništva, kojima nedostaju osnovne sanitarne potrebe.
2. Da se uklone povijesne razlike između “okolišnog zdravlja” i posljedica društveno-ekonomskog razvoja na zdravlje. Okolišno zdravlje se odnosi na aktivnosti poduzete za zdravlje stanovništva, kao npr. osiguranje adekvatne vodoopskrbe, smanjivanje onečišćenja, i dr.

Posljedice razvoja koje djeluju na zdravlje uključuju efekte nestajanja šuma, urbanizacije, navodnjavanja i ostalog razvoja. Oni su “bočni efekti” promjena poduzetih iz drugih razloga. Ta dva aspekta okoliša, koja doprinose zdravlju, moraju se promijeniti u 21 stoljeću. Stav da se promjene u okolišu mogu promatrati izolirano danas se napušta. Razvoj nove vodoopskrbe bez šireg konteksta nije više moguć u prenapućenom svijetu s ograničenim resursima i u kojem se događaju aktivnosti koje često onečišćuju okoliš. Osnovne okolišne potrebe za tolerantnu egzistenciju nisu ispunjene za veći dio svjetske populacije. To su potrebe za adekvatnu opskrbu vodom (1,1 milijarda ljudi to nema), adekvatnu dispoziciju ljudskog otpada – sanitaciju (2,4 milijarde ljudi nema to osigurano), onečišćenje zraka u nastambama kao posljedica kuhanja (koristeći neadekvatno gorivo) itd. Zadovoljenje minimalne razine tih potreba mora biti preliminarno za održivi razvoj.

Kako broj ljudi na planetu raste, raste i broj ljudi koje naseljavaju megagrađove, to je osiguranje osnovnih okolišnih potreba sve teže i negativni utjecaji na zdravlje se povećavaju. Učinjene su ogromne promjene u ljudskom okolišu kao posljedica društveno-ekonomskog razvoja: urbanizacija utječe na veliki broj ljudi, dok razvoj zemljišta i vode (uništenje šuma, navodnjavanje, industrijalizacija) utječe na velike površine.

Svjesni smo da tehnološki napredak ugrožava ekološku ravnotežu na Zemlji. Znamo da tehnološki razvoj ne možemo i ne smijemo zaustaviti, već da trebamo pronaći nove i kvalitetnije putove boljitka za čovječanstvo te unaprijediti mjere zaštite. Poboljšanjem socijalno gospodarskih uvjeta života pokušalo se popraviti zdravstveno stanje stanovnika. Ali te "sekundarne mjere" nisu razrješile sve javno - zdravstvene probleme. Širenjem i snaženjem industrijsko-tehnološkog i poljoprivrednog gospodarskog prosperiteta povećala se gustoća naseljavanja, zagađivanje zraka, vode i poljoprivrednih proizvoda.

3. PRIJETNJE JAVNOM ZDRAVLJU

Svi koji su uključeni u opskrbu pitkom vodom moraju voditi računa o prijetnjama javnom zdravlju koje mogu nastati iz vode. To su komunalna poduzeća za vodoopskrbu i odvodnju, regulatorne agencije, zdravstveno osoblje i potrošači. Korištenjem tradicionalnih ispitivanja zdravstvene ispravnosti vode moguće je postupati u slučajevima potencijalnih pojava bolesti. U takvim slučajevima obavješćuje se javnost da opskrba vodom nije sigurna, zahtjeva se prokuhavanje vode i sl.

U novije vrijeme ustanovljeno je da neki organizmi, kao npr. *Giardia* i *Cryptosporidium* mogu biti nazočni i u slučajevima kad u vodi nema uobičajenih organizama – indikatora (ukupni koliformi i fekalni koliformi). Detekcijom *kriptosporidija* u Milwaukee, u SAD-u u 1993. godini i otkrićem tih organizama u sirovoj i obrađenoj vodi u Sydneyu u Australiji, pokazuje da su potrebni jasni pokazatelji sigurnosti vodoopskrbe. Odsustvo koliformnih organizama, čini se, ne može više biti adekvatna mjera sigurnosti. *Voda nije jedini prijenosnik kriptosporidija.. Ona se može prenositi hranom, mlijekom, u bazenima za kupanje, u kontaktu s životinjama, domaćim i na farmi, te s čovjeka na čovjeka.*

Pred nama se nalaze istraživanja kriptosporidija u više polja; uključujući monitoring, analize, tretman voda i učinkovitu dezinfekciju, prijenos i sudbinu oocista u sustavima podzemne vode te terapiju bolesti

Temeljem prvih iskustava u SAD, Velikoj Britaniji i Australiji s pojavom Cryptosporidium vidljivo je da upravne institucije i vodoopskrbna poduzeća moraju pronaći odgovore na više pitanja. Većina istraživanja još nije dala jednostavne odgovore. Ne postoji razina sigurnosti za tretiranu vodu. Također još ne postoje zdravstveni standardi za kakvoću vode, vezani uz Cryptosporidium..

Zdravstvena ispravnost vode utječe na javno zdravlje, ali je voda samo jedan činilac koji stvara razinu javnog zdravlja u društvima. Bolesti koje prenosi voda su ozbiljne, posebno u slučajevima kada su u pitanju veliki brojevi oboljelih. Međutim, treba imati u vidu da su bolesti izazvane hranom ili osobnim kontaktom daleko šire.

Činjenica je da su u mnogim razvijenim zemljama bolesti koje prenosi voda postale neznčajne u odnosu na ostale prenosnike. To ne znači da se mora smanjiti pažnja u odnosu na prijenosnike bolesti kao i na važnost stalne budnosti u odnosu na te bolesti. Podaci iz tablice 3 ukazuju na važnost kontrole bolesti kolere, a gdje je voda jedan od bitnih čimbenika prijenosa.

Tablica 3: Globalni pokazatelji kolere (1998. godina)

KONTINENTI	BROJ	
	SLUČAJEVA	UMRLIH
1. Afrika	175.690	7.540
2. Sjeverna i Južna Amerika	39.380	360
3. Azija	15.206	93
4. Europa	32	0
5. Oceanija	1	0
SVEUKUPNO:	230.309	7.993

Izvor: IWSA World Water Congress, 1999.

Svaka zemlja ima liste bolesti koje treba javno obznaniti. Zarazne bolesti (u čijem prijenosu direktno ili indirektno sudjeluje voda), a čije je sprečavanje i suzbijanje od interesa za Republiku Hrvatsku, smatraju se:

- dizenterija (*Dysenteria*)
- enterokolitis (*Enterocolitis*)
- enteroviroze (*Enteroviroses*)
- helmintoze (*Helmintoses*)
- kolera (*Cholera*)
- legionarska bolest (*Legionellosis*)
- leptospiroze (*Leptospiroses*)
- malarija (*Malaria*)
- pjegavac (*Typhus exanthematicus*)
- trbušni tifus (*Typhus abdominalis*)
- virusna žutica (*Hepatitis virosa*)

Također je neupitno postojanje stalne opasnosti od virusnih epidemija. Tebarazbiti iluziju, začetu na kraju 19. stoljeća, da smo savladali zarazne bolesti, jer i danas bijesni rat protiv mnogih uzročnika zaraznih bolesti. Pri tome od velikog značenja su mutacije uzročnika, a i njihove prilagodbe na nove načine života i ponašanja ljudi.

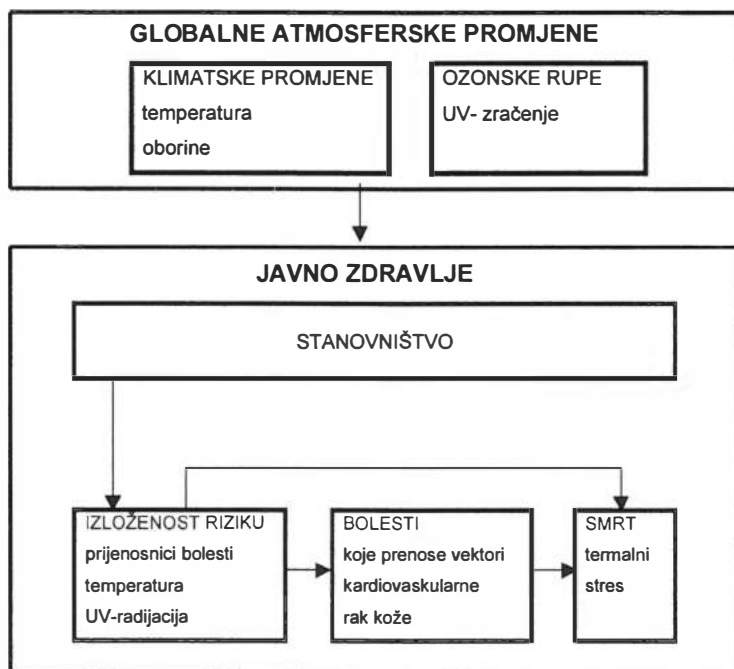
Upravljanje rizikom zdravlja, zbog pitke vode ili drugog uzroka, nije jednostavna zadaća. Uključuje znanstveno istraživanje rizika, određivanje izloženosti, račun troškova i dobiti, itd.

4. KLIMATSKE PROMJENE I JAVNO ZDRAVLJE

Počinju se sagledavati učinci globalnih klimatskih promjena na zdravlje, uprkos činjenici da je teško *razlikovati alternativne potencijalne slučajeve* zbog kolebanja klime. Bolesti koje se prenose vodom i crijevni paraziti, koji ovise o stupnju razvoja životnog ciklusa na temperaturi okoliša, redovno pokazuju odnos s temperaturom ambijenta u njihovoj zemljopisnoj distribuciji. Izgleda da su se proširili opseg i intenzitet prijenosa, posebno u gusto naseljenim visoravnima u tropskom području. Najvažnija od tih bolesti je malarija, koja uzrokuje oko milijun umrlih i 300 milijuna ozbiljno oboljelih ljudi godišnje. Virus, koje prenose insekti, imaju veliki epidemiološki potencijal. Klimatske promjene imaju također kompleksan utjecaj na raspodjelu oborina te na raspodjelu površinskih voda i na vlažnost. Sve to određuje staništa tih vektora – prijenosnika, kao što su komarci.

Kako porast temperature pomaže rastu organizama koji onečišćuju hranu, to će povećana učestalost ekstremnih klimatskih događaja kao što su toplotni udari, hladna razdoblja, poplave i oluje dovesti do smrtnih slučajeva, ozljeda i bolesti u mjerilu koje će ovisiti o razvoju.

Postaje sve izvjesnije da se globalno zatopljenje od nekoliko stupnjeva već događa. Zato je potrebna adaptacija na te promjene, kao što je npr. izvođenje zgrada s hlađenjem u ljetnoj sezoni, ozelenjavanje gradova te pojačanje obalne zaštite. Monitoring indikatora zdravlja i nadziranje bolesti moraju se integrirati s tri globalna sustava opažanja: za svjetsku klimu, za oceane i za kopno. Treba poduprijeti multidisciplinarno istraživanje identifikacije, razumijevanja i modeliranja utjecaja na zdravlje. Potrebno je razvijati sustav ranog zdravstvenog informiranja, koji će osigurati pravovremene intervencije (slikal).



SLIKA 1: KONCEPTUALNI PRIKAZ UČINAKA KLIMATSKIH PROMJENA NA ZDRAVLJE

5. ZAKLJUČAK

Zdravlje i održivost gradova dva su temeljna pitanja dobrih zdravstvenih uvjeta života ljudi.

Pouzdana opskrba pitkom vodom i odgovarajuća odvodnja otpadnih voda u osnovi su nositelji sprječavanja širenja mnogih bolesti koje nastaju iz onečišćene vode. Za javno zdravlje važni su kakvoća i količina opskrbe pitkom vodom jer je olakšan neposredan prijenos bolesti s čovjeka na čovjeka ili putem onečišćene hrane u slučaju slabih higijenskih uvjeta, koji su posljedica nedovoljne količine vode.

U većini europskih zemalja vodoopskrba je visoke kakvoće. Međutim, postupak pročišćavanja i dezinfekcije pitke vode u dosta zemalja može se unaprijediti. Mikrobiološko onečišćenje pitkih voda potencijalno uzrokuje oboljenja velikog broja ljudi u kratkom vremenu i zato se tom pitanju mora posvetiti pozornost i riješavati ga. Isto tako, opskrba vodom, koja sadrži visoku razinu kemijskog onečišćenja, može ugroziti zdravlje zajednice, bilo u kratkom vremenskom razdoblju - akutno trovanje ili u duljem kronično trovanje. Kemijska zdravstvena ispravnost pitke vode ovisi o više faktora,

uključujući kakvoću vode u prirodi, vrstu tretiranja vode, materijale i izgrađenosti vodoopskrbnog sustava.

Unapređenje vodoopskrbnih i odvodnih sustava rezultira koristima onima koji bi inače trpjeli od bolesti koje prenosi voda, njihove obitelji, sustav javnog zdravstva i društvo u cjelini.

Pojave bolesti, koje se prenose vodom, ponajprije se događaju u područjima s neodgovarajućom opskrbom vodom i slabom infrastrukturuom. Zato su potrebni stalni naponi da se stanovništvo opskrbi zdravstveno ispravnom pitkom vodom. Može se smatrati da su sanitarni problemi urbanog područja riješeni dostignućima mikrobiologije, tehnologije i razvojem suvremenih komunalnih usluga. Međutim, kompleksnost lokalnih zdravstvenih pitanja i pitanja okoliša predstavljaju stalni izazov za upravu, znanstvenike i građane. Znanost treba pridonijeti otkrivanju svih prijetnji javnom zdravlju i održivosti, koje dolaze s vodom, dijelom ekosustava. Čovječanstvo se tisućama godina nosilo s pitanjima zdravstvenih uvjeta života.

6. IZVORI

13. Stanners, D. and Bourdeau, P. (eds.) (1995.): Europe's Environment: The Dobris Assessment. EEA, Copenhagen.
14. UNCED (1992.): Agenda 21 – Chapter 18. UN Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro 1992.
15. UN Centre for Human Settlements – HABITAT (1996.): An Urbanizing World: Global Report on Human Settlements. Oxford Univ. Press and HABITAT, Oxford.
16. Van der Slice, J. and Briscoe, J. (1993.): All Coliforms are not Created Equal: A Comparison of the Effects of Water Source and in-house Water Contamination of Infantile diarrheal Disease. *Water Resources Research* 29(7): 1983-1995.
17. White, R.R. (1994.): Urban Environmental Management: Environmental Change and Urban Design. John Wiley and Sons., Chichester.
18. World Commission on Environment and Development (1989.): Our Common Future.
1. Covich, A.P. (1993.): Water and Ecosystems. In: Gleick, P.H., (ed) Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources. Oxford Univ. Press, New York.
2. Cryptosporidium Web Pages: <http://www.cieh.org/research/crypto/index.htm>.
3. Cryptosporidiosis Web Pages: <http://www.chendrick.org/healthy/00044480.html>.
4. European Environment Agency – EEA (1999.): Water and Health in Europe. Copenhagen.
5. Gereš, D. (2001.): Svjetski skup 2002. o održivom razvoju. *Hrvatska vodoprivreda*, god. X (2001), br. 111, 30-34.
6. Gereš, D., Lukšić, M. (2002): Voda je osnova održivog razvoja. *Hrvatska vodoprivreda*, god. XI (2002), br. 113, 21-27.
7. Hamlin, C. (1990.): A Science of Impurity; Water Analysis in Nineteenth Century in Britain. A. Hilger, Bristol.
8. International Conference on Water and the Environment:: Development Issues for the 21st Century. The Dublin Statement and Report (1992.); Dublin, 1992. World Meteorological Organization – WMO, Geneva.
9. International Water Supply Association – IWSA (1999.): World Water Congress 1999, Buenos Aires.

10. Munasinghe, M. and Shearer, W., (eds) (1995.): Defining and Measuring Sustainability: The Biogeophysical Foundations. World Bank, Washington D.C.
11. Odegaard, H., Finnson, A., Hultman, B. and Loevgren, K. (1996.): Sustainable Urban Water Systems: Platform for Research. MISTRA, Stockholm.
12. Serageldin, J. (1994.): Water Supply, Sanitation and Environmental sustainability: The Financing Challenge. World Bank, Washington D.C. Oxford Univ. Press, Oxford.
19. World Health Organization – WHO (1981.): Drinking Water and Sanitation 1981-1990: A way to Health. WHO, Geneva.
20. WHO (1990.): The Milan Declaration on Healthy Cities, 1990. WHO, Regional Office for Europe, Copenhagen.
21. WHO (1996.): The World Health Report 1996: Fighting Disease, Fostering Development. WHO, Geneva.
22. Zakon o zaštiti pučanstva od zaraznih bolesti. NN 60/1992.

Autor:

Prof. dr. sc. Dragutin Gereš,

Hrvatske vode, Zagreb, Ulica grada Vukovara 220, dgeres@voda.hr

i Građevinski fakultet Sveučilišta u Osijeku



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.07.

Upravljanje potražnjom vode u okviru integralnog upravljanja resursima

Dragutin Gereš, Marija Šperac

SAŽETAK: Rad naglašava osnovni koncept dugoročne zaštite vodnih resursa u okviru integralnog upravljanja vodama. Analizira se upravljanje potražnjom vode. Identificiraju se i opisuju čimbenici koji definiraju upravljanje potražnjom vode u kućanstvima, u industriji i u poljoprivredi. U okviru integralnog upravljanja vodnim resursima obrađuje se tehnološki pristup, cjenovni pristup i ponovna upotreba vode. Smanjenjem potrošnje vode putem povećanja učinkovitosti korištenja vode i smanjivanjem količina otpadnih voda postiže se i zaštita vodnih resursa. Smanjenje potražnje vode u dugoročnom programu iznosi između 10 i 20 posto u razdoblju između 10 i 20 godina. Primjenjuje se ograničavajuća vodna tarifa, provodi se javna akcija za štednju vode itd. Za održivost vodnog sustava nužna je ravnoteža između potražnje vode i njezine raspoloživosti. Integralno upravljanje vodama osigurava održivo upravljanje potražnjom vode i razvoj vodnih resursa.

KLJUČNE RIJEČI: zaštita voda, upravljanje potražnjom vode, tehnološki pristup, ekonomski pristup, integralno upravljanje vodama

Water Demand Management Within Integrated Water Resources Management

SUMMARY: The paper highlights the basic principle of a long-term protection of water resources - an integrated water resources management. The water demand management is analyzed. The factors that define the household, industrial and agricultural water demand management are identified and described. The technology, pricing and reuse of water are elaborated within a framework of the integrated water resources management. Reduction of water consumption by increase in use efficiency and reduction in quantity of wastewater leads to the protection of the water resources. A long-term water demand decrease plan is based on reduction ranging between 10 and 20 percent during the period of 10 to 20 years. A restrictive water charges are used, public awareness arising campaign for water conservation is initiated, etc. Sustainability of a water system demands balance between the water demand and its availability. The integrated water resources management ensures sustainable management of the water demand and development of water resources.

KEYWORDS: water protection, water demand management, technology, economic approach, integrated water resources management

UVOD

Voda je temeljna potreba za život i za razvoj ljudskog društva. Održivo upravljanje, zaštita i iskorištavanje vodnih resursa je nužnost u uvjetima porasta stanovništva i

povećanih pritisaka na vodne i zemljišne resurse, koje uzrokuju ljudske aktivnosti kojima se zadovoljavaju životne potrebe. Upravljanje potražnjom vode osigurava ravnotežu između potreba za vodom i opskrbe vodom, tj. uravnotežuje potražnju i ponudu vode. Smanjivanjem raspoloživih količina vode i povećanjem potreba za vodom ili potražnje vode raznih gospodarskih sektora raste važnost ekonomskih analiza u upravljanju vodama. U ekonomskoj teoriji ponuda i potražnja robe i usluga obuhvaća ukupne odnose svih sudionika u tržišnom prometu ili razmjenu.

Potražnja je količina robe ili usluga koju su po određenim cijenama kupci spremni kupiti u nekom razdoblju.

Opći zakon potražnje pokazuje potražnju roba i usluga kao funkciju cijene i ostalih varijabli o kojima ovisi prodaja. Slutsky-Hicks-Allenov zakon to opisuje na slijedeći način:

$$D = F(c_1, c_2, \dots, c_n, \text{doh}) \quad (1)$$

gdje je: c_1 = cijena robe

$c_2 \dots c_n$ = cijene druge robe

doh = dohodak

Ponuda je količina robe ili usluga koje po određenim cijenama nude prodavatelji u određenom razdoblju i na određenom tržištu.

Tablica 1: Upravljanje vodnim resursima u kontekstu upravljanja potražnjom vode

Proces	Opcija	Primjer mjera
Upravljanje resursima	Alternativna izvorišta slatke vode	Upotreba morske vode za hlađenje
Upravljanje proizvodnjom	Tehnologije u proizvodnji	Tehnologija za unapređivanje pročišćavanja vode
	Recikliranje pročišćene otpadne vode	Recikliranje za različite uporabe Smanjivanje zahtjeva za vodom
Upravljanje distribucijom	Učinkovitost glavne razvodne mreže	Lokalizacija i otklanjanje mjesta procjeđivanja Smanjivanje tlaka
Upravljanje na strani korisnika	Oprema za štednju vode	Uređaji za uštedu (razvojni i sl.) Promocija upotrebe uređaja za uštedu Učinkoviti materijal za navodnjavanje Alternativni industrijski procesi
	Ugradnja vodomjera	Ocjena upotrebljene količine
	Smanjivanje procjeđivanja	Za pojedinačne i kolektivne korisnike
	Cijene vode	Prilagodba cijena potrošnji Koncesije za navodnjavanje Kazne za prekoračene količine vode u navodnjavanju
	Ponovna uporaba vode	Uporaba kišnice za zalijevanje vrtova Uporaba reciklirane vode
	Obrazovanje i širenje informacija	Opći savjeti za zaštitu voda Taktički savjeti za navodnjavanje Savjeti za smanjenje gubitaka

Napomena: mjere koje nisu dio upravljanja potrošnjom – potražnjom vode nisu navedene u tablici.

Ravnoteža ponude i potražnje, na tržištu potpune konkurencije, postiže se pri cijeni dobra, kod koje su sile ponude i potražnje u ravnoteži. Cijena i količina, teže ostati u ravnoteži sve dok su ostali uvjeti jednaki.

Upravljanje potražnjom vode se definira kao primjena mjera i politike, koje imaju za cilj kontrolu količine potrošene vode. Koncept se odnosi na inicijative, kojima je cilj zadovoljenje postojećih potreba za vodom s manjim količinama raspoloživih resursa. Postoji više mjera i aktivnosti kojima se postiže upravljanje potražnjom vode. U tablici 1 prikazani su primjeri mjera za ovo upravljanje. Izostavljene su ostale mjere, sastavni dio upravljanja vodama.

Koncept upravljanja potražnjom – potrošnjom vode prvi je put obrađen krajem 1970-tih i u 80-tim godinama, kada su postala očita ograničenja u infrastrukturnim rješenjima. U mjerilu distribucijske mreže, ekonomska održivost smanjivanja gubitaka procjeđivanjem iz mreže praktično ne postoji, jer istraživanja nisu sadržavala ekonomsku procjenu. U mjerilu uporabe vode u kućanstvima ili industriji lako se može dokazati ekonomska održivost uštedom značajnih količina vode, čak i u slučaju kada nije primijenjena politika cijena.

TEHNOLOŠKI PRISTUP

Oprema i uređaji za štednju vode

Veći standard života ljudi mijenja potrošnju vode. To se očituje u povećanju potrošnje vode u kućanstvima.

Istraživanja i razvoj vodno štedljivih uređaja su omogućili primjenu istih u kućanstvima (tablica 2).

Tablica 2: Tipični vodno-štedljivi uređaji u kućanstvima

Oprema	Opis	Ušteda vode
Slavine - sa zračnim dodatkom	Uvođenjem zračnih mjehurića u vodu, smanjuje se protok, a učinak je jednak.	Ušteda oko 50%
- s termostatom	Održava određenu temperaturu vode	Ušteda oko 50% vode i energije
- s infracrvenim senzorom	Voda je na raspolaganju kad je objekt u funkciji	Redukcija od 70% do 80%
- elektronska slavina	Voda može teći određeno vrijeme	
Zahod dvostruka regulacija	za 6 l/ispiranje za 3 l/ispiranje	

Primjena novih tehnologija u proizvodnji kućanskih aparata ima pozitivan učinak u potrošnji vode tih aparata, tako da su postignute značajne uštede vode u posljednjih 20-tak godina. Strojevi za pranje rublja su trošili vode u litrima po ciklusu: u 1970. godini – 175 l, u 1980. – 142 l, u 1990. – 85 l, u 1998. – 50 l. Strojevi za pranje posuđa su trošili vodu u litrima po ciklusu: u 1970. – 59 l, u 1980. – 45 l, u 1990. – 24 l, u 1998. – 13 l. Utjecaj uporabe štedljivih uređaja u potrošnji vode je različit i ovisi o udjelu potrošnje vode u kućanstvima u odnosu na ukupnu komunalnu potrošnju. Neke studije pokazuju da npr. u Nizozemskoj, uštede vode u kućanstvima u iznosu od 10-70% čine između 6 i 40% ukupne komunalne potrošnje (57% komunalne potrošnje otpada na kućanstva).

Mjerenje potrošnje vode

Utjecaj vodomjera ili registrirane potrošnje na veličinu potrošnje je teško odijeliti od ostalih čimbenika, posebno cijene vode. Temeljno je pitanje pri mjerenju da se izradi stvarna bilanca između utrošene vode i neobračunatih količina vode (gubitaka). Gubici se mogu realno ocijeniti ako su vodomjeri instalirani u uređajima za osiguranje vode kao i kod potrošača. Uštede koje se postižu ugradnjom vodomjera procjenjuju se na oko 10-25% potrošene količine vode.

Tablica 3: Procjene gubitaka iz vodoopskrbne mreže

Zemlja	Gubici (% od opskrbe)	Izvor
1. Bugarska	više od 60	(11)
2. Hrvatska	30 – 60	(5, 11)
3. Češka Republika	20 – 30	(11)
4. Danska	do 16	(8)
5. Francuska	prosjeck 30	(10)
6. Njemačka	prosjeck 8,8	(8)
7. Mađarska	30 – 40	(11)
8. Italija	prosjeck 15	(10)
9. Slovačka	27	(11)
10. Slovenija	40	(7)

Tablica 4: Opis gubitaka vode procjeđivanjem za dva vodoopskrbna sustava

Opis	Essex i Suffolk Velika Britanija	Dijon Francuska
BROJ		
Stanovnika	1.662.200	151.000
Priključaka	586.850	20.580
Stambenih i drugih jedinica	733.560	20.580
Glavni cjevovodi (km)	8.250	550
Tlak u mreži – noćni (m)	45	40
Tlak u mreži – dnevni (m)	35	40
Količina vode u sustavu (10^6 l/dan)	498	32,5
Ukupni gubici (10^6 l/dan)	85	3,6
Kućanstva	686.200	20.324
Potrošnja u kućanstvima (10^6 l/dan)	269,3	23,3
Maksimalna izdašnost izvorišta (10^6 l/dan)	540	100
VELIČINE GUBITAKA VODE PROCJEĐIVANJEM		
l / priključka / dan	145	175
l / broj jedinica / dan	116	175
l / stanovnika / dan	51	24
% od količine vode u sustavu	17	11
m^3 / km / dan	10	7
glavni cjevovodi / priključci	14	27
glavni cjevovodi / stamb. jedinica	11	27
cijena vode (pence / m^3) ^{1/1}	110-200	120
marginalni troškovi (pence / m^3) ^{1/1}	10	8
potrošnja po glavi (l / st / dan)	162	154

/1/: Britanska funta, 1 GBP = 100 pence $\approx$ 11,70 kn

Izvor : (11)

Smanjivanje gubitaka u distribucijskoj mreži

Uz veličinu gubitaka vode iz mreže, što je pitanje učinkovitosti mreže, povezano je pitanje kakvoće vode, jer može doći do onečišćenja pitke vode ako je radni tlak u sustavu nizak.

U tablici 3. prikazane su procjene gubitaka za pojedine zemlje. Iznosi gubitaka pokazuju velike razlike, koje dijelom nastaju zbog stanja mreže, kao i primjene različitih koncepata određivanja gubitaka.

Ukoliko se žele dobiti podaci o gubicima koji se mogu interpretirati i uspoređivati, potrebno je analizirati veći broj faktora koji karakteriziraju mrežu. Sveobuhvatna procjena mreže je prikazana u tablici 4.

Nove tehnologije u industriji

U ovom sektoru je dosta učinjeno na smanjivanju utroška energije kako bi se smanjili troškovi. U 1990.-tim godinama se uradilo dosta i na poboljšanju učinkovitog korištenja vode u cilju smanjenja troškova. Primjenom mjera za uštedu vode postižu se uštede utrošene vode između 25 i 50 posto. Štedne tehnologije daju najbolje rezultate u procesima hlađenja, čišćenja i pranja. Primjenom zatvorenog kruga vode postižu se uštede i do 90 %.

CIJENE UTROŠENE VODE

Kompleksnost strukture cijene vode uvjetuje poteškoće prilikom procjena utjecaja cijene vode na smanjenje potrošnje – potražnje. Isto tako je teško uspoređivati cijene vode u različitim zemljama. Računi za vodu uobičajeno sadrže dio koji se odnosi na troškove vodoopskrbe, te dio koji se odnosi na ostale troškove – naknade, porezi i sl. (9, 14, 15, 16).

U Republici Hrvatskoj cijena vodoopskrbe i odvodnje sastoji se od nekoliko elemenata:

1. *Osnovna cijena* ili cijena komunalnih usluga je izvor prihoda komunalnog društva. Cijena uključuje sve troškove “proizvodnje” i usluga, otplatu kredita za izgradnju infrastrukture, i dr.(20).
2. *Naknada za korištenje voda* je izvor prihoda na državnoj razini i namijenjena je za financiranje dijela poslova javnih službi u vodnom gospodarstvu, kojima se osiguravaju zalihe namjenski uporabivih voda (16, 19).
3. *Naknada za zaštitu voda* je izvor prihoda na državnoj razini, a namijenjena je za financiranje dijela poslova javnih službi u vodnom gospodarstvu što se odnosi na zaštitu voda, te za udio u financiranju ulaganja u građenje novih uređaja za zaštitu voda (17).
4. *Koncesija na vodama i javnom vodnom dobru*: koncesijom se stječe pravo korištenja voda i javnog vodnog dobra te obavljanja gospodarskih i drugih djelatnosti na vodama i vodnom dobru (18). Koncesija je izvor prihoda na državnoj razini, uplaćuje se u proračun.

U tablici 5 daje se pregled osnovnih cijena vode i naknada za korištenje, zaštitu i za koncesiju u Hrvatskoj.

Tablica 5: Pregled cijena vode, naknada za korištenje i za zaštitu voda, te koncesijskih naknada u Hrvatskoj (svibanj 2002.)

OPIS	CIJENA			
	minimalna	aritmetička sredina	maksimalna	srednja
	kn/m ³	kn/m ³	kn/m ³	EUR/m ³
A. CIJENE VODE KOMUNALNIH DRUŠTAVA				
1. Kućanstva				
- osnovna cijena	0,70	3,02	9,80	0,403
- ukupna cijena	3,06	6,10	13,66	0,813
2. Industrija				
- osnovna cijena	1,80	5,42	14,92	0,723
- ukupna cijena	3,70	9,31	20,08	1,241
B. POLJOPRIVREDA				
- navodnjavanje	Odlukom nadležnih upravnih tijela ne plaća se utrošena voda niti naknade.			
- ribnjaci	Odlukom nadležnih upravnih tijela plaća se 20% naknade za korištenje voda do 2005. godine			
C. NAKNADE				
1. Porez na dodanu vrijednost	-	0,22%	-	-
2. Naknada za korištenje voda				
- I kategorija (javna vodoopskrba)	-	0,80	-	0,106
- II kategorija (ostala korištenja)	-	0,72	-	0,096
- III kategorija (ostala korištenja)	-	0,56	-	0,075
- IV i V kategorija (ostala korištenja)	-	0,32	-	0,043
- korištenje vodnih snaga za proizvodnju električne energije	7,5% od cijene 1 kWh ostvarene prosječne cijene električne energije na pragu elektrane			
3. Naknada za zaštitu voda	-	0,90	-	0,120
D. GODIŠNJE NAKNADE ZA KONCESIJE				
1. Za korištenje voda	10% od naknade za korištenje voda ili 0,08 kn/m ³			
2. Voda za tržište	2,5% od prihoda ostvarenog prodajom vode			
3. Za proizvodnju električne energije	1% od ostvarene prosječne cijene proizvedene električne energije na pragu elektrane.			

1 EUR = 7,5 kn

Napomena: Težinske sredine cijena vode za kućanstva iznose 2,56 i 5,82 kn/m³ a za industriju 4,76 i 9,15 kn/m³.

Analizirajući sustave naplate utrošene vode, cijene i naknade za vodu u Hrvatskoj i u više europskih zemalja (3, 6, 7) može se zaključiti:

- a) tarifna struktura ima veliki utjecaj na konačnu cijenu vode, stvara sektorske i geografske razlike u cijeni vode;
- b) vodna politika ima važan utjecaj na cijenu vode. Uključivanje različitih komponenti troškova u račune za utrošenu vodu je način naplate većeg broja naknada.
- c) glavne vrste tarifne strukture jesu:
- cijena po veličini stambene jedinice
 - tarifa po utrošenoj količini vode
 - dvostruka tarifa, kao suma cijena po veličini stana i po volumenu
 - “blok” tarifa, koja obično uključuje cijenu po veličini stana te padajuću ili (i) rastuću “blok” tarifu;
- d) industrijski sektor ima dvije vrste cijena vode, ovisno o izvoru iste: direktno zahvaćanje vode (vlastiti zahvat vode) ili iz javne vodoopskrbe;
- e) cijena vode u poljoprivrednom sektoru ovisi o općoj politici razvoja ruralnog sektora, o stanju okoliša, o eroziji i dr. Postoji velika razlika u cijenama ove vode u Europi;

PONOVNA UPOTREBA VODE

Pročišćena otpadna voda može se posredno ponovno koristiti kada se ona ispušta u vodotok, gdje se ona razrijeđuje i ponovno koristi u nizvodnom toku. Neposredna upotreba ove vrste vode bi značila opskrbu industrije, poljoprivrede, za rekreaciju i sl., s pročišćenim efluentom iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Takva voda se može upotrijebiti za prihranjivanje vodonosnika (1).

Općenito, ponovna upotreba pročišćene otpadne vode u zemljama Europe nije raširena. U nekim mediteranskim zemljama takva voda se koristi za **navodnjavanje**. U ostalim zemljama vrše se istraživanja o mogućnosti primjene. U tablici 6 prikazane su mogućnosti primjene ove vrste vode.

Tablica 6: Primjena reciklirane vode

Područje ponovne upotrebe vode	Primjena
Okoliš	regulacija protoka u vodotoku močvare i vlažna područja rekreacijske zone (jezera, parkovi) ribarstvo i akvakultura
Navodnjavanje	krmno bilje jestivo bilje livade i šume rasadnici zaštita od smrzavanja
Prihranjivanje podzemne vode	prihranjivanje vodonosnika kontrola miješanja slane i slatke vode
Urbano područje	protupožarna zaštita ispiranje zahoda pranje ulica
Industrija	hlađenje izgradnja grijači vode procesna voda
Pitka voda	posredna upotreba

Kakvoća otpadne vode i potrebna kakvoća efluenta za pojedine upotrebe određuju stupanj potrebnog pročišćavanja otpadne vode.

ZAKLJUČAK

Upravljanje potražnjom vode je opći koncept koji omogućuje racionalnije iskorištavanje vodnih resursa i koji sadrži inicijative za zaštitu akvatičnog okoliša. Ekonomska pitanja u upravljanju vodama postaju sve važnija i nazočnija posljednjih godina.

Upravljanje potražnjom vode postiže se cjenovnom politikom za iskorištenu vodu, tehnološkim unapređenjima, mjerenjem isporučene vode, odgojem i izobrazbom korisnika te povećanjem brige korisnika o zaštiti voda. Ostale mjere za povećanje raspoloživosti vode uključuju ponovnu upotrebu pročišćenih otpadnih voda za svrhe koje ne zahtijevaju najvišu kakvoću vode, te korištenje alternativnih izvorišta vode. Smanjivanje gubitaka vode iz vodoopskrbnog sustava povećava raspoložive količine vode za korištenje bez povećavanja zahvaćanja vode u prirodi.

Upravljanje potražnjom - potrebama za vodom može se smatrati dijelom zaštite vodnih resursa, kao generalnog koncepta. Upravljanje potražnjom vode ima za cilj smanjenje količine voda koje se troše, pomoću uređenja ekonomskih instrumenata i mjerenjem potrošene vode, praćene s obavješćivanjem javnosti o racionalnoj uporabi vode.

Upravljanje potražnjom vode je značajan način i put za postizanje održivog upravljanja vodama.

IZVORI

1. Asano, T. (1994.): Reusing Urban Wastewater: an Alternative and Reliable Water Resources. *Water International* (19), pp. 36-42.
2. Crook, J. (1991.): Quality Criteria for Reclaimed Water. *Water Science Technology*, 24, pp. 109-121.
3. Gereš, D. (2002.): Održivo iskorištavanje voda. *Građevinar* 54 (2002)6, 345-353.
4. IWSA Congres, Buenos Aires (1999.): International Statistics for Water Supply. Buenos Aires, Argentina.
5. Levine, B., Lazarova, V. and Manem, J. (1997.): Wastewater Reuse Standards: Goals Statut and Guidelines. Int. Conf. on Beneficial Reuse of Water and Biosolids, WEF, Malaga, Spain.
6. Margat, J. and Vallee, D. (1998.): Water Resources and Uses in the Mediterranean Countries. Plan Bleu, Sophia, Bulgaria
7. OECD (1998.): OECD Environmental Performance Reviews, Paris, France.
8. Ostojić, Z. and Lukšić, M. (2001.): Water Pricing in Croatia, Current Policies and Trends. Republic of Croatia, State Water Directorate, Zagreb.
9. Samuelson, P.A. and Nordhaus, W. (1992.): Ekonomija (Economics, 14.ed), prijevod. McGraw-Hill i Mate, Zagreb
10. UNEP ICPI (1996.): UN Environment Programme. ICPI Cleaner Technology Database.
11. UK Environment Agency – UKEA (1998.): Resource Demand Management Techniques for Sustainable Development. Bristol, UK.
12. xxxx: Dokumentacija i podaci Hrvatskih voda, Zagreb.
13. xxx: Zakon o vodama (N.N., br. 107/95)

14. xxx: Zakon o financiranju vodnog gospodarstva (*N.N.*, br. 107/95).
15. xxx: Zakon o koncesijama (*N.N.*, br. 89/92).
16. xxx: Odluka o visini naknade za korištenje voda (*N.N.*, br. 62/00).
17. xxx: Odluka o visini naknade za zaštitu voda (*N.N.*, br. 58/00).
18. xxx: Uredba o uvjetima i postupku za dodjelu koncesija na vodama i javnom vodnom dobru (*N.N.*, br. 99/96; 11/98).
19. xxx: Uredba o klasifikaciji voda (*N.N.*, br. 77/98).
20. xxx: Zakon o komunalnom gospodarstvu (*N.N.*, br. 36/95 – 59/01).

Autori:

Prof. dr. sc. Dragutin Gereš

Hrvatske vode, Zagreb, Ulica grada Vukovara 220, dgeres@voda.hr

i Građevinski fakultet Sveučilišta u Osijeku

Mr. sc. Marija Šperac

Građevinski fakultet Sveučilišta u Osijeku, Osijek, Crkvena ulica 21, msperac@gfos.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.08.

Integralno upravljanje vodnim resursima u funkciji održivog razvoja

Božo Knežević, Aida Salahović

SAŽETAK: Proces prilagođavanja sektora voda savremenim zahtjevima integralnog upravljanja vodnim resursima je prisutan u, gotovo, svim zemljama svijeta. Njegovi principi su, generalno, poznati (inspiraciju crpe iz Dublin principa) i njihove detaljnija razrada je još uvijek u toku. Stoga se ponekad i sam pojam, pa i suština, integralnog upravljanja vodnim resursima tumači na različite načine i to ne samo među različitim stručnim grupama već i unutar istih stručnih grupa. U članku je učinjen pokušaj da se ta tumačenja što više približe kroz razmatranje ključnih poluga integralnog upravljanja vodnih resursa: procesa koordiniranog upravljanja i razvoja vodnih, zemljišnih i drugih za vodu vezanih resursa; postizanje maksimalne rezultante ekonomskih i društvenih koristi; neugrožavanje održivosti vitalnih ekosistema i modelski pristup izradi integralnog plana riječnog sliva.

KLJUČNE RIJEČI: integralno upravljanje vodnim resursima, koordinirani razvoj i upravljanje, maksimalna rezultanta ekonomskih i društvenih koristi.

Integrated Water Resources Management Towards Sustainable Development

SUMMARY: Adjustment of the water sector to the current requirements for integrated water resources management is dominant in almost all countries worldwide. Generally, the integrated water resources management principles are well known. They ensue from the Dublin principles, and their elaboration is still underway. Therefore, the very idea and sometimes the essence of the integrated water resources management are still interpreted differently by different and within the same professional groups. The paper attempts to bring these interpretations closer by considering the key aspects of the integrated water resources management: coordinated management and development of water, land and other water-related resources; increase in maximum economic and social benefits; shielding of sustainability of the vital ecosystems and model approach to development of the integrated management of river basins.

KEYWORDS: integrated water resources management, coordinated development and management, maximum economic and social benefits

1. UVOD

Poznata događanja u BiH u zadnji 10 godina su doprinjela tome da su vitalne funkcije njenog sektora voda značajno razorene. Negativne posljedice su dalekosežne i, mada može zvučati i nelogično, pored ogromnih šteta na vodoprivrednoj infrastrukturi, posebno kada je u pitanju sistem odbrane od poplava, najviše će se osjećati u segmentu ponovne uspostave visokostručne kadrovske baze sektora voda. Naime, njenim raspadanjem stvoren je veliki stručni i iskustveni jaz koji, uz uništenu bazu podataka te informacionog i monitoring sistema, doprinosi da se sa značajnim teškoćama uspostavlja novi upravljački sistem u sektoru voda BiH.

Te teškoće se još više generišu na način što se u “prazan prostor” ubacuju strane i domaće “ekspertne” grupe koje, pod nadzorom i velikom finansijskom potporom međunarodne zajednice (EU – EC), proizvode i takva rješenja po kojima su ili trebaju da budu vode u vlasništvu javnih preduzeća za vodna područja (a nisu niti mogu biti), po kojima zaštita voda nije u domenu integralnog upravljanja vodama i sl.

Dakle, umjesto da se sve snage usmjere na direktnu i konkretnu pomoć postojećem sektoru voda da “stane na noge” i, rješavajući postojeće probleme da se postepeno transformiše u savremeni sektor voda, one se rasipaju na “iznalaženje” i uspostavu gore navedenih rješenja i daljnju destrukciju, kako kažu, «centralizovane» vodoprivrede.

Koliko opasnost to nosi u sebi pokazuje i primjer ogromnog poplavnog vala koji se desio u decembru 1999 godine na međudržavnoj rijeci Neretvi, izazvan nekontrolisanim puštanjem vode iz vještačke akumulacije zbog izostanka blagovremenih upravljačkih aktivnosti. Prava je sreća da pored velikih materijalnih šteta nisu nastale i ljudske žrtve na nizvodnom području. Isto tako, srećna je okolnost da se u ovom periodu nisu desile poplavne vode na rijeci Savi.

Činjenica da se veliki dio područja međunarodnog podsliva rijeke Save (u daljem tekstu: sliva rijeke Save) i područje međudržavnih slivova rijeka Neretve, Cetine i Trebišnice (u daljem tekstu: sliva Jadranskog mora) nalazi u BiH koji, zajedno sa dijelovima područja istih slivova koji se nalaze u susjednim državama, čine jedinstvenu cjelinu za integralno upravljanje vodnim resursima, nedozvoljava potpuno “slobodne” aktivnosti u sektoru voda bilo koje države sa područja tih slivova pa ni BiH. Posljedica toga je i nedavno potpisivanje ugovora o međunarodnom slivu rijeke Save. U tom Ugovoru je definisano da su «stranke saglasne odrediti organizacije (vlasti ili tijela) nadležne za sprovedbu ovog Ugovora na dijelu sliva rijeke Save koji se nalazi na njihovoj teritoriji» (čl. 6. Ugovora).

Već samo i ovaj segment Ugovora, koji je potpuno u **saglasnosti** sa Evropskom Direktivom o vodama, jasno ukazuju da integralno upravljanje vodama na području međudržavnog sliva zahtjeva uspostavu odgovarajućih **međudržavnih** tijela na nivou sliva kao cjeline (npr. ICPDR, Komisija sliva rijeke Save,...) kao i odgovarajućih **«domaćih»** tijela za integralno upravljanje vodama na dijelu područja tog međunarodnog sliva koji se nalazi u određenoj državi. I, naravno, u okviru tog integralnog upravljanja vodama mora se nalaziti i segment upravljanja zaštitom voda.

Ne smatrajući to nikakvom «centralizacijom» već nužnošću uslovljenom osnovnim principima upravljanja vodoprivrednim (i ne samo vodoprivrednim) sistemima, ovaj rad pokušava da doprinese uspostavi zajedničkih pristupa tom vrlo zahtjevnom **procesu** koji ne trpi nikakve, pogotovo ne sektorske, improvizacije.

2. OSNOVNI PRINCIPI INTEGRALNOG UPRAVLJANJA VODNIM RESURSIMA

«Integralno upravljanje vodnim resursima je proces koji unapređuje koordinirani razvoj i upravljanje vodnim, zemljišnim i drugim za vodu vezanim resursima na način da se postigne maksimalna rezultanta ekonomskih i društvenih koristi na pravedan način i bez ugrožavanja održivosti vitalnih ekosistema.» (Global Water P.)

U stručnim krugovima BIH (i ne samo BIH) koji se, na bilo koji način, bave problemom integralnog upravljanja vodnim resursima se taj pojam ne tretira uvijek na isti način. Obično se uzimaju razne definicije i tumače na «svoj» način. Iz tog tumačenja, posebno kada je u pitanju zaštita okoliša, često puta proizilazi nerazumijevanje bitnog principa da je efikasno i racionalno korištenje vode, kao razvojnog i obnovljivog resursa, jedan od osnovnih preduslova za zaštitu okoliša. Osnova za takva tumačenja se traži u prošlosti kada je razvoj, iz raznih razloga, svojim neadekvatnim ponašanjima doprinjeo značajnoj degradaciji okoliša. Međutim, zaboravlja se da se te nepoželjne posljedice ne mogu sanirati, ili nove spriječiti, ako nema razvoja. Naravno, izmjenjenog koncepta razvoja - **održivog razvoja** koji, posmatran sa stanovišta korištenja i zaštite vodnih resursa, znači primjenu strategije po kojoj vodu kao obnovljivi resurs treba, tamo gdje je to moguće, koristiti još više ali u okviru hidrološkog ciklusa i bez aktivnosti (prekomjerna eksploatacija i degradacija izvorišta, zagađivanje, destrukcija slivova, itd.) koje bi pogoršavale buduće stanje voda kao resursa, po količini i kvalitetu.

Dakle, ovakav pristup rješavanja problema integralnog upravljanja vodnim resursima treba da ima širok vidik, da ispituje više mogućih solucija i da posmatra kako različite akcije utiču jedna na drugu odnosno mogu pojačati jedna drugu. Samim tim integralno upravljanje vodnim resursima zahtjeva da se sektor voda, daleko snažnije nego je to bilo do sada, uključi u proces koordiniranog razvoja i upravljanja vodnim i za vodu vezanim resursima i proces zaštite vitalnih ekosistema. I to upravo na način kako je to rečeno u gornjem citatu koji je, po mišljenju autora ovog članka, dao jednu od najsazetijih, i istovremeno, obuhvatnih definicija integralnog upravljanja vodnim resursima i u koju su, saglasno i predloženoj temi ove konferencije, adekvatno uklopljeni i društveno-ekonomski odnosi.

Stoga je ona poslužila kao model čije se komponente detaljnije razrađuju u ovom članku.

2.1. Zašto upravljanje vodnim resursima a ne vodama?

Upotreba pojma upravljanja **vodnim resursima** umjesto **vodama** ima svoje ne samo terminološko već i suštinsko značenje. Ono proizlazi iz sve veće potrebe da se voda kao geofizička kategorija koja, uz to, ima sve naglašeniju i raznovrsniju upotrebnu vrijednost mora dovoditi u kontekst sa cjelinom društveno-ekonomskih i ekosistemskih odnosa u nekom, razmatranom, prostoru. Posmatrati vodu u ovom kontekstu je moguće samo ukoliko joj se dodaju elementi (uslovi) koji je iz geofizičke kategorije prevode u kategoriju vodnog resursa sa kojim je, tek tada, moguće integralno upravljati.

Zašto?

Pa voda, kao geofizički pojam, je definisana poznatom «trojkom» Q, K, L, tj.

$$V = (Q, K, L) \text{ , gdje je:}$$

V – oznaka za vodu, Q – oznaka za količinu vode, K – oznaka za kvalitet vode i
L – oznaka za lokaciju vode.

Međutim, kako je već naglašeno, voda ima različite namjene i upotrebnu vrijednost i, kao takva, svoju društveno-ekonomsku i ekološku kategoriju. Definirati je u tom značenju možemo samo ako joj dodamo i četvrti parametar koji definiše uslove i ograničenja za njeno zahvatanje, korištenje i zaštitu (US). Definisana na ovakav način sa «četvorkom» Q, K, L, US voda poprima kategoriju **vodnog resursa** tj.

$$VR = (Q, K, L, US), \text{ odnosno } VR = (V, US)$$

gdje je, uz već navedene oznake: VR – oznaka za vodni resurs, US – oznaka za uslove. Uslovi koji omogućuju da voda poprimi kategoriju vodnog resursa su raznovrsni i mogu se (4) klasificirati kao: geotehnički uslovi (GU), hidrograđevinski uslovi (HU), ekonomski uslovi (EU), uslovi interakcije sa socijalnim i urbanim okruženjem (SU), sa okruženjem kulturno-istorijskih nepokretnih dobara (KU), uslovi ekološke zaštite (ZU) i uslovi koji proističu iz međudržavnih obaveza (MU).

Prema tome član US iz gornje «dvojke» se može definisati kao:

$$US = (GU, HU, EU, SU, KU, ZU, MU)$$

Ne uvažavanje gornjih uslova koji se mogu definisati odgovarajućim kvantitativnim (npr. čvrstoća stijene na mjestu izgradnje objekta, stepen vodopropusnosti, cijena zemljišta za eksproprijaciju i dr.) i kvalitativnim (ugroženost istorijskog nasljeđa, ekosistema i dr.) pokazateljima i njihovo izostavljanje iz upravljačkog modela učinili bi koncept upravljanja nerealnim. Naime, ponekad je dovoljno da je samo neki od parametara koji definišu US neostvarljiv pa da realizacija zamišljenog koncepta (vodoprivrednog sistema) također bude neostvarljiva. Drugim riječima mi, na određenom mjestu, možemo imati dovoljnu količinu vode potrebnog kvaliteta ali da zahtjev za vodom (Vz) ne možemo realizirati izgradnjom odgovarajućeg vodoprivrednog sistema (VS) zbog neispunjavanja nekog od parametara iz US. To se može jednostavno izraziti i logističkom strukturom na sljedeći način:

$$US \quad VS, U$$

$$V \rightarrow VR \rightarrow VZ$$

$$Z = (Qz, Kz, Lz)$$

$$V \geq VR \geq VZ$$

Dakle, iz raspoložive količine vode (V) sa kojom raspolaže određeni sliv (misli se na prosječnu višegodišnju zapreminu) moguće je, zavisno od uslova (US), samo teoretski obezbjediti istu količinu vode kao vodnog resursa (VR). Najčešće su to značajno manje količine vode. U pojedinim slučajevima kada se odgovarajući ograničavajući uslovi, posebno oni vezani za interakciju sa socijalnim i urbanim okruženjem (SU), postave suviše kruto, voda kao resurs u određenim vremenskim periodima se približava vrijednosti minimalnog protoka na razmatranom mjestu u slivu tj.

$$VR = V_{\min}$$

a što, po pravilu, dovodi (posebno kada se imaju u vidu vremenska i ekološka komponenta) do nemogućnosti ispunjavanja upravo njihovog zahtjeva jer je

$$V_{\min} < V_z$$

Ova činjenica, koja se najčešće zaboravlja kada se ističe bogatstvo neke zemlje sa vodama mora se stalno naglašavati. I ne samo naglašavati. Postojećem konceptu upravljanja vodama se, zapravo, mora dodati i komponenta upravljanja sa uslovima (US). Praktično to znači da je koncept upravljanja vodama potrebno zamjeniti sa konceptom upravljanja vodnim resursima.

Ujedno, sam termin vodni resursi upućuje da se radi o prirodnom dobru koje nekom treba (uključujući, naravno, i ekosisteme) te da se sa njima ne može upravljati neovisno od tih zahtjeva niti ti zahtjevi mogu biti ostvareni na zadovoljavajući način ukoliko se ne «pomogne» upravljačima vodnih resursa (posebno kada je u pitanju upravljanje uslovima) da ih efikasno i dugoročno realizuju. Na ovaj način se već ulazi u razjašnjavanje drugog pojma iz navedenog citata (definicije) – pojma integralnog upravljanja vodnim resursima.

2.2. Zašto integralno upravljanje vodnim resursima?

Razni ljudi i institucije u raznim situacijama i različitim vremenima ne tumače na isti način pojam integralnog upravljanja vodnim resursima pa ni pojedinačno značenje, pojmovno i terminološki, riječi **integralno** i **upravljanje** čak i u okviru iste stručne i jezičke cjeline. Naime, često puta se riječ **gazdovanje** zamjenjuje sa **upravljanje** (i obrnuto), odnosno riječ integralno sa integrirano (i obratno). Tu, naravno, nema nikakvih problema ukoliko se dogovorimo na šta se odnose ti pojmovi (bitan je stručni aspekt). Stoga je, čini se, potrebno poći od okvirnog prikaza šta to obuhvata integralno (integrirano) upravljanje (gazdovanje) vodnim resursima. Zaključci će proizaći sami po sebi.

Integralno upravljanje vodnim resursima:

A. Započinje utvrđivanjem ambijenta (okvira) za upravljanje vodnim resursima koji obuhvata:

- politiku (uspostavu ciljeva za korištenje voda, zaštitu voda i smanjenje rizika od poplava i suša)
- uspostavu zakonskog okvira (pravila za ostvarivanje tih ciljeva)
- finansiranje i podsticajne mjere (alokacija finansijskih resursa neophodnih za ostvarivanje tih ciljeva)

B. Uspostavlja se utvrđivanjem i uspostavom institucionalnog okvira kroz:

- definisanje organizacionog okvira za realizaciju politike i cijeva iz A (forme i funkcije)
- izgradnju institucionalnih kapaciteta (razvoj ljudskih resursa)

C. Provodi se na bazi utvrđivanja instrumenata upravljanja kao što su:

- procjena vodnih resursa (raspoloživost, potrebe)
- izrada plana integralnog upravljanja vodnim resursima (kombinovanje razvojnih opcija, korištenja resursa i interakcija ljudskih aktivnosti.
- upravljanje zahtjevima (efikasnije korištenje vode)
- izmjena društvenih instrumenata (jačanje uticaja društva u odnosu na vode)
- jačanje regulatornih instrumenata (alokacija i limiti koji se odnose na korištenje voda)
- ekonomske instrumente (vrjednovanje vode i određivanje cijena za njeno efikasnije korištenje uključujući i njenu pravednu raspodjelu)
- razmjena i upravljanje sa informacijama (unapređenje znanja neophodnog za bolje upravljanje vodama.

2.2.1. *Pojmovi upravljanja, administriranje, gospodarenje*

Pojam **upravljanje** (management) vodnim resursima u osnovi sadrži dvije usko povezane cjeline:

- **administrativni dio upravljanja** (administering, Verwaltung) – tačka A i dio tačke B
- **dio upravljanja po osnovu «raspolaganja»** - gospodarenje (management, supervision, Bewirtschaftung) – dio tačke B i tačka C.

Dakle, upravljati cjelovito sa vodnim resursima se može samo ako se posmatraju sve djelatnosti vezane za administriranje (administering) i svi postupci vezani za «raspolaganje» sa vodom. Drugim riječima, administriranje (aktivnosti koje podliježu i Zakonu o upravnom postupku, ...) i «raspolaganje» - npr. ovlaštenja za raspolaganje sa vodom (sa sirovinom i njenim potencijalima), nekretninama (vodnim i priobalnim vodnim parcelama i infrastrukturom) i «plodovima» (nanos, drveće,...) - koje zahtjeva određene aktivnosti gazdovanja sa vodnim resursima čine zajedno pojam **upravljanja vodnim resursima**. Jednostavna zamjena riječi **upravljanje** terminom **gospodarenje** (i obratno) može dovesti do zabune. Možda bi termin gospodarenje i više odgovarao jezičkom kontestu engleske riječi «management» ali, u našim uslovima, gazdovanje se više odnosi na izvršavanja zadataka u vezi sa «raspolaganjem». U svakom slučaju u ovom radu se pod pojmom upravljanja podrazumjevaju kako akcije administriranja tako i akcije vezane za «raspolaganje» sa vodom i vodoprivrednim sistemima.

2.2.2. *Pojam integralno upravljanje*

Pojam **integralnog** upravljanja vodnim resursima je daleko složeniji pojam, u direktnoj je zavisnosti sa održivim razvojem (dakle sa razvojem i zaštitom okoliša) i, kao takav, izvodi sektor voda iz užih okvira djelovanja u okvire koji generišu proces promjena od **neodrživog** ka **održivom** upravljanju vodnim resursima. On, dakle, postaje čvrsta **spona** između razvoja i okoliša.

Njegove osnovne komponente integralnosti su:

- **nerazdvojjost** upravljanja kvantitetom i kvalitetom vode odnosno korišćenjem i zaštitom vodnih resursa kao i upravljanja rizikom od poplava i suša,
- **uspostava nivoa** upravljanja vodnim resursima u hijerarškim jedinicama riječnih slivova, podslivova, ...
- **koordiniranje razvoja i upravljanja** vodnim, zemljišnim i drugim za vodu vezanih resursa. Konkretnije u nastavku.

2.2.2.1. *Nerazdvojjost*

Iz same definicije vode, navedenom «trojkom» $V=(Q, K, L)$, proizlazi da se sa njom ne može upravljati ukoliko se sva tri elementa ne posmatraju istovremeno tj. integralno. Izostavljanjem bilo kojeg od elemenata iz navedene «trojke» mi bi prostorni problem zamijenili sa ravanskim problemom, što je neprihvatljivo. To je posebno neprihvatljivo ukoliko se voda (a što je neminovno) posmatra kao vodni resurs. Stoga su neprihvatljivi pristupi koji se u zadnje vrijeme nameću, posebno na relaciji voda – okoliš koji, npr., insistiraju na izdvajanju komponente kvaliteta voda iz cjeline voda (vodnih resursa). Ovakav pristup se kosi ne samo sa naznačenom logičkom strukturom već i sa činjenicom da su vodni resursi koliko okolišni toliko i razvojni problem. Insistiranje na razdvajanju sektora voda (misli se na segment koji se odnosi na integralno upravljanje vodnim resursima) na dvije komponente (razvoj i okoliš) i njihovom pripajanju različitim

sektorima, na čemu se insistira u BiH, je zapravo insistiranje na **razbijanju** integralnosti upravljanja vodnim resursima i **podrivanju** koncepta održivog razvoja. Nije li to iskazano i kroz nastojanje čitavog svijeta da se obezbjedi održivi razvoj uspostavljanjem **čvršće interakcije** između razvoja i zaštite okoliša? Nije slučajno da je u Okvirnoj Direktivi o vodama usvojen emisijско-imisijски pristup zaštite voda ostavljajući onom tko se generalno brine za okoliš da utvrđuje emisijske standarde a sektoru voda drugi, imisijски, zadatak (prijemna moć vodnih tijela, upravljanje sa vještačkim vodnim tijelima i dr.) . S druge strane raznolikost interesa u odnosu na vodne resurse i način njihovog rješavanja ne trpi nikakav jednonamjenski pristup pa makar da se vodni resursi posmatraju (što je, naravno, nemoguće) izolovano od drugih resursa. Tako npr. rješavanje problema odbrane od poplava zahtjeva realizaciju takvih sistema (npr. izgradnja akumulacija i retenzija) koji svojom veličinom, konfiguracijom i načinom upravljanja rješavaju, ili mogu da rješavaju, i niz drugih problema (izravnanje režima voda, vodosnabdijevanje, zaštita kvaliteta voda i dr.). Izostavljanje bilo kojeg od ovih segmenata iz koncepta integralnosti onemogućava racionalno, efikasno i održivo rješenje.

2.2.2.2. *Uspostava nivoa*

Prostor na kome se ostvaruje upravljanje sa vodnim resursima također mora biti integralan i nivovski ustrojen i to isključivo u okviru jedinica planiranja zasnovanih na slivovskom (najveća jedinica planiranja) i podslivovskom (niže jedinice planiranja) principu. Dakle, hijerarhija planiranja pa, prema tome, i organizacioni koncepti integralnog upravljanja vodama se mora provoditi (saglasno i Evropskoj Direktivi o vodama) na način da se područje, npr. međunarodnog sliva rijeke Dunava posmatra kao najveća planska i upravljačka jedinica; područja međunarodnih podslivova rijeka Save, Drave, Tise,...kao prve niže jedinice planiranja i upravljanja; područja međunarodnih pod-podslivova rijeka Une, Drine, ...kao sljedeći niži nivoi planiranja itd. Naravno da prostorna integralnost, pogotovo tamo gdje se radi o međunarodnim područjima, mora da uvaži i međudržavnu integralnost na način da se konačne odluke, zapravo integralne odluke država, donose za razmatrano područje međunarodnog sliva. Tipičan primjer za to je nedavno usvojeni Ugovor o međunarodnom području podsliva (u daljem tekstu: sliva) rijeke Save kao dijela više jedinice planiranja (međunarodno područje sliva rijeke Dunav) potpisan od strane država na čijem području se nalazi taj sliv (R Slovenija, R Hrvatska, BiH i FR Jugoslavija). Posebno značajno sa stanovišta organizacije provođenja koncepta o upravljanju vodnim resursima na međunarodnom području sliva rijeke Save je, ponovimo još jednom, da je usvojen koncept po kome će se formirati Međunarodna Komisija za sliv rijeke Save (Savska komisija) sa značajnim ovlaštenjima (član. 15 Ugovora) kao i da je postignuta saglasnost po kojoj će svaka od navedenih učesnica sporazuma odrediti organizacije nadležne za provedbu ovog Ugovora na dijelu sliva rijeke Save koji se nalazi na njihovom području.

Naravno da svaka od navedenih država ima daljnju mogućnost da prema svojim potrebama (broj pod-podslivova, specifičnost vodoprivrednih problema u njima, karaktera podslivova tj. da li su oni međunarodnog ili «sopstvenog» značaja i dr.) i mogućnostima (kadrovski resursi, materijalne mogućnosti i dr.) osniva niže planske i upravljačke jedinice. Međutim, suština je da njihova prostorna i nivovska integralnost ne može biti poremećena.

Interakcija sistema vodoprivrede sa drugim razvojnim, društveno-ekonomskim i uopšte okolišnim sistemima je sljedeća bitna komponenta **integralnosti** upravljanja vodnim

resursima. Ovo je i osnovni razlog da se u definiciji integralnog upravljanja vodnim resursima upotrebi baš termin «**koordinirani** razvoj i upravljanje vodnim, zemljišnim i drugim za vodu vezanim resursima».

2.2.2.3. *Koordiniranje razvoja i upravljanja*

Koordinirani razvoj i upravljanje vodnim, zemljišnim i drugim za vodu vezanim resursima koji zauzima centralno mjesto u definiciji, definitivno zauzima i centralno mjesto u provođenju koncepta integralnog upravljanja vodnim resursima. Ta koordinacija jedino može da harmonizira odnose već navedenih interakcijskih veza između vodnih i drugih resursa. Ovo tim prije što je ta veza dvosmjerna i više uslovljena nego što je to veza između drugih resursa. Naime, razvoj vodoprivrednih sistema najčešće predstavlja uslov za razvoj ostalih sistema (razvoj poljoprivrede, industrije, plovidbe,...) ili, posebno kada je u pitanju upravljanje poplavnim rizikom, razvoj društva uopšte. S druge strane uticaj razvoja i upravljanja drugim resursima na sektor voda ima povratnu spregu koja ne samo da postavlja uslove kako da se upravlja sa vodnim resursom već i direktno utiče na način ostvarivanja efikasnog (u smislu dugoročnog koncepta) upravljanja sa tim resursima. Dakle, razvoj sektora van sektora voda – napr. politike nacionalne energije i hrane – treba da sadrži ne samo zahtjeve za vodne resurse već i ocjene mogućih uticaja na vodne resurse.

Već samo to je dovoljan razlog da politika razvoja i upravljanja vodnim resursima mora biti «umrežena» sa generalnom nacionalnom ekonomskom politikom i vezanim nacionalnim sektorskim politikama. Vrijedi i obrnuto.

Jedna i površnija analiza bi pokazala da je, upravo, izostanak koordiniranog razvoja i upravljanja vodnim i drugim za vodu vezanim resursima bio jedan od osnovnih razloga da je vodoprivreda, najčešće, prepuštena sama sebi. Najozbiljnije je shvatana poslije nastanka ogromnih šteta izazvanih ekstremnim događajima kao što su poplave i suše (ne prepoznaje li se ta pojava i u činjenici da se poslije nedavnih događanja velikih poplava u Evropi i ICPDR počeo naglo zanimati i za poplave što je i normalno obzirom na već navedeni princip «nerazdvoljivosti»). Pripisivane su joj (i još se pripisuju) sve nedaće nastale kao posljedica zagađivanja voda zaboravljajući da ona nije mogla da, npr., zaustavi rad neke tvornice koja je bila veliki zagađivač, da nije mogla da utiče na društveno-ekonomske ciljeve razvoja (iako je to pokušavala), da....

No, u svakom slučaju, ohrabruje pristup koji, kako je to navedeno u pomenutoj definiciji, integralno upravljanje vodnim resursima posmatra kao **proces** koji podržava koordinirani razvoj i upravljanje. Proces u upravljanju vodnim resursima, sam po sebi, podrazumjeva kontinuitet provođenja aktivnosti koje se prilagođavaju ciljevima upravljanja i ograničenjima koja utiču na njihovo ostvarivanje i koji se mijenjaju tokom vremena. Najveća je mudrost blagovremeno ih sagledati (ciljeve i ograničenja) na «duži rok» i obezbijediti kontinuitet njihovog usaglašavanja sa nastalim promjenama, odnosno obezbijediti provođenje aktivnosti prilagođenih tim promjenama.

Uočene greške urađene u prošlosti trebaju se pažljivo analizirati kako bi se otklonili uzroci njihovog nastajanja u budućnosti ali i zablude da će nove ideje, «očišćene od prošlosti», same po sebi, riješiti sve probleme. Ne može biti sporno da su, napr. kod realizacije sistema višenamjenskih objekata na rijeci Trebišnjici, Neretvi, ... pravljene i određene, prije svega, okolišni propusti. Međutim, isto tako je neosporno da ti sistemi danas čine osnovu, slučajno ili ne, održivog razvoja tih prostora.

Eventualne nesporazume u vezi sa realizacijom ovakvih i sličnih sistema je potrebno pažljivo razmotriti i «konsensusno» utvrđene greške otkloniti pa, čak, ukoliko se to pokaže neophodno, situaciju vratiti i na prijašnje stanje (napr. eliminisanje akumulacija). Naravno za to je potrebna već navedena koordinacija. Kakva?

Odgovor na ovo pitanje je vrlo kompleksan i zahtjeva daleko širu elaboraciju nego što to dozvoljava okvir ovog razmatranja. Započinje tamo gdje, kako je to već navedeno započinje i razvoj procesa integralnog upravljanja vodnim resursima (tačka A) tj. uspostavom politike u oblasti sektora voda i utvrđivanjem načina finansiranja (a lokacija finansijskih resursa) i drugih podsticajnih mjera neophodnih za realizaciju ciljeva utvrđenih tom politikom. Vodilja za definisanje i realizaciju tih ciljeva je neosporno, činjenica da su vode u vlasništvu države te da njene institucije, a prije svega vlade, provođenje koncepta integralnog upravljanja vodnim resursima moraju podrediti toj činjenici..

Pri tome realnost da se i na ovim prostorima javlja sve više korisnika vodnih resursa u razne svrhe koje ozbiljno povećavaju pritisak na vode (porast zagađenja, iscrpljivanje vodnih resursa, ...) ne treba iskoristiti na način da se ona **nekritički** podredi, inače vrlo poželjnom, principu, uključivanja različitih steikholdersa i vlasti u proces integralnog upravljanja vodnim resursima. Tako, napr. u BiH se već nekoliko godina uporno pokušava, pod «motom što većeg približavanja problema vodnih resursa njihovim korisnicima», organizacije upravljanja vodama razbiti po nižim jedinicama planiranja (pod podslivovi rijeka Une, Vrbasa, Bosne, ...) i još niže (pritoka Bosne – Spreča,...) minimizirajući koordinirajuću ulogu države pa čak i njene međudržavne, međuresorske i druge obaveze koje proističu, prije svega, iz vlasničkih odnosa.

Ovakav pristup, posebno u oskudici materijalnih i stručnih resursa, dovodi u pitanje i efikasnost primjene institucionalnog aspekta (tačka B) integralnog upravljanja vodnim resursima koje, upravo zbog ostvarivanja koordiniranog razvoja i upravljanja, treba da ima jaku, multidisciplinarnu i autoritativnu organizaciju integralnog upravljanja vodnim resursima na nacionalnom, odnosno najvišem slivovskom nivou, cjelovitiji odgovor na pitanje kakvu koordinaciju treba još ostvariti pa da se postigne «maksimalnu rezultantu ekonomskih i društvenih koristi na pravedan način i bez ugrožavanja održivosti vitalnih ekosistema» bi zahtjevao temeljnu analizu načina uspostave i provođenja svih instrumenata upravljanja navedenih u tački C. Ovog članka ne nadređujući ili podređujući značaj bilo kojeg od njih čini se da bi se najbolje bilo zadržati na tački C.2. – Plan integralnog upravljanja vodnim resursima.

2.3. Integralni koncept planiranja – osnova za donošenje odluka

Osnovna Karakteristika razvoja i upravljanja vodnim resursima je, kao što je to već više puta istaknuto, potreba zadovoljenja više korisnika za vodom koji je upotrebljavaju za iste ili različite svrhe (vodosnabdijevanje, navodnjavanje, hidroenergija, rekreacija, ...) i koji, prema tome, imaju različite ciljeve (ostvarenje maksimalne dobiti, zapošljavanje, maksimalno korištenje vode kao obnovljivog resursa i dr.).

Planiranje za ostvarenje ukupne maksimalne neto dobiti od jednog plana, bez obzira kome ta dobit pripada, nije dovoljno. Važno je ko plaća i ko ima koristi. Uz to pitanja pravičnosti, rizika, preraspodjele nacionalnog bogatstva, kvaliteta okoline i društvene dobrobiti, koja se sve češće izdižu na istu razinu kao i ekonomska efikasnost, stavljaju pred vodoprivredne planere vrlo složen, multidisciplinarnan, kontinuiran i odgovoran

zadatak. Sve veća potreba za uključivanjem javnosti u planiranje vodnih resursa traži od vodoprivrednih planera razvoj i primjenu metoda koje će pomoći donosiocu odluke da kod planova koji traže kompromise među raznim javnim interesima i poslovima izabere onaj kod koga će najmanje pogriješiti.

Zaključak

Integralno upravljanje vodnim resursima postaje sve složeniji proces i to u svim fazama njegovog razvoja počev od planiranja, preko realizacije do pogona i održavanja. Ta činjenica zahtijeva napuštanje tradicionalnih metoda planiranja i primjenu sve savremenijih modela višeciljnog programiranja. To, istovremeno, znači i izradu takvog koncepta institucionalnog organizovanja sektora voda u kome neće biti "diskontinuiteta" u upravljačkom lancu čije karike treba da čine sposobni stručnjaci, autoritativni i kompetentni organi i organizacije i transparentni principi rada koji se neće zasnivati samo na deklarativnom podržavanju evropskih principa.

Literatura

- [1] Buras, N., Scientific Allocation of Water Resources, Am. Elsevier Publ. Co., New Yourk
- [2] Douglas, J.L., Lee, R.R., Economics of Water Resources Planning, Me Graii-Hill, New York, 1971.
- [3] Đorđević, B. (1986) Upravljanje vodama i uređenje voda. Uvodni referat na II Kongresu o vodama Jugoslavije, Ljubljana, knjiga 1, JDON, Beograd
- [4] Đorđević, B., Organizovanost sektora voda u svetlu razvoja integralnih vodoprivrednih sistema, Integralno upravljanje vodama, Cazin 2001. godine
- [5] Global Water Partnership – Policy Guidance and Operational tools, March 2002.
- [6] Hall, W., Dracup, J., Water Resources Systems Engineering, Megraw-Hill, USA, 1970.
- [7] Knežević, B., Zaštita voda i održivi razvoj, 6. Savjetovanje o vodi, Neum, 1999.
- [7] Institucionalno jačanje sektora voda FBiH, Završni izvještaj, 1999., Plancentar Ltd - BCEOM – Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu
- [8] Knežević, B., Definicija modela i ekonomsko-tehničkih kriterija za izbor optimalnog rješenja zaštite od poplava, Zaštita od voda i održivi razvoj, Neum, 2000.
- [9] Knežević, B, Integralni koncept planiranja sistema vodnih resursa i njegov uticaj na institucioanlni aspekt organizovanja sektora voda, Integralno upravljanje vodama, Cazin 2001. godine
- [10] Louers, D., Stedinger, J., Haith, D., Water Resources Systems Planning, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., USA 1981.
- [11] Šteinman F, Finansijski aspekti – takse i koncesije, Integralno upravljanje vodama, Cazin 2001. godine

Autori:

Božo Knežević, dipl.inž.građ.

Aida Salahović, dipl.ecc.



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.09.

Održivi razvoj vodnog gospodarstva u Hrvatskoj u XXI. stoljeću - na primjeru razvoja natapanja u Istri

Zorko Kos, Nevenka Ožanić

SAŽETAK: U radu je dan prikaz problematike razvoja ljudskoga društva od najranijih začetaka do danas, s posebnim osvrtom na ulogu vode u tim procesima. Ako se trend razvoja društva, na globalnoj razini ubrzo ne promjeni, čovječanstvo će se suočiti s ozbiljnim problemima, prvenstveno generirani s opskrbnom vodom i zaštitom okoliša.

Hrvatska ima izuzetnu prednost, pogotovo u odnosu na europsko okruženje, jer raspolaže s dovoljnim i visoko kvalitetnim vodnim potencijalom što joj osigurava nesmetani razvoj u dalekoj budućnosti.

Na primjeru Istarske županije, koja je poslužila kao uzorak, prikazan je razvojni put, sadašnje stanje i perspektivne mogućnosti tog dijela naše zemlje, koja ima izuzetno povoljne preduvjete za blistavu budućnost.

Pridržavajući se principa održivog razvoja cijela Hrvatska može u relativno kratkom roku, postići zavidne rezultate u razvoju. Preduvjet je uspostava adekvatne upravne infrastrukture.

KLJUČNE RIJEČI: održivi razvoj, hidrologija, bogatstvo vodom, ekologija, navodnjavanje

Sustainable Development of Water Sector in Croatia – An Example of Melioration Development in Istrian County

SUMMARY: The paper elaborates problems of the development of human society from its early history, with special emphasis on the role of water in these processes. If the trend of the society development on the global level were not changed, the humanity would be confronted with serious problems, especially those related to water supply and environmental protection.

Croatia has an advantage compared with the neighboring European regions because it disposes of sufficient water of top quality that enables undisturbed development for a long period.

Taking an example of the Istrian County, the paper presents development history, present situation, and perspectives of that region of Croatia that possesses extremely convenient prerequisite conditions for the future.

By respecting the principle of sustainable development Croatia could achieve notable development results in a relatively short period of time. The prerequisite condition is establishment of an adequate administrative infrastructure.

KEYWORDS: sustainable development, hydrology, watery abundance, ecology, irrigation

1. UVOD

U povijesti ljudskog roda, u proteklih nekoliko tisućljeća bilo je više velikih kriza-padova i uspona, teritorijalno neravnomjerno raspoređenih. Te su se krize u prvom redu odnosile

na mogućnost prehrane stalnorastućeg broja stanovnika, svladavanja širenja zaraznih bolesti koje su desetkovale pučanstvo, ratna razaranja, osiguranje dovoljno energije za stalno rastuće proizvodne kapacitete i životni standard, itd. Ovi su problemi u najvećoj mjeri već riješeni, ili se rješenje nazire u bliskoj budućnosti, ali se nažalost takve krizne situacije ciklički ponavljaju sa sve većim brojem uključenog stanovništva.

Iz podataka koji će se u nastavku prikazati proizlazi da će se u ne tako dalekoj budućnosti pojaviti problem osiguranja dovoljnih količina vode kao ključno pitanje opstanka čovjeka i glavnine biocenoza. Ključ za rješenje tog problema leži u iznalaženju postupka za osiguranje dovoljnih količina čiste i jeftine energije kojom bi se raspoloživa voda uključila u ciklus zadovoljenja potreba za vodom. Velika je vjerojatnost da će se to ostvariti u slijedećih 50-100 godina.

Kao što je poznato na zemaljskoj kugli nalaze se ogromna nalazišta vode, ali su čovjeku (i ostalim živim bićima) pristupačne veoma male količine. Slatka voda predstavlja svega 2,5% od ukupne količine, ali i od te količine obnovljivo je svega oko 0,3%, što ne znači da je to i raspoloživo (??literatura). Dapače, danas je raspoloživ manji dio te količine. Rješenjem problema osiguranja jeftine i čiste energije mogla bi se praktički koristiti voda bilo kojeg sastava i kvalitete. Uostalom količina vode na Zemlji je konstantna-nepromjenjiva veličina, a korištenjem se samo mijenja sastav i mjesto nalaza.

2. OSNOVNI PRINCIPI ODRŽIVA RAZVOJA

Zadnjih 20-ak godina veoma se široko rasprostranio običaj korištenja sintagme «održivi razvoj» i to za različite prilike i uvjete. Na početku se to uglavnom odnosilo na primjereno korištenje vode uslijed sve rastuće pojave pomanjkanja ove tekućine u mnogim državama i na mnogim mjestima. To je, najčešće, postao ozbiljan ograničavajući faktor razvoja i rasta. Danas je ova sintagma dobila mnogo šire značenje i proširila se na veći broj grana ljudskih djelatnosti, pa se koristi za različite ciljeve, upotrebljava se i zloupotrebljava, kada je potrebno dokazati, opravdati ili «progurati» različite projekte, mjere, odluke i sl., ne rijetko i za političke ciljeve.

U novije je vrijeme veći broj vodećih eksperata u vodoprivredi, diljem svijeta, predložio svoje viđenje tog pojma prijedlogom svoje definicije. Tako je u referatima većeg broja skupova, člancima stručnih časopisa i odgovarajućim knjigama predloženo više definicija toga pojma, od kojih neke u nastavku i spominjemo.

Takenchi i dr. (1998.) dali su definiciju da održivi razvoj obuhvaća široki raspon ciljeva koji su društveno prihvatljivi a ekonomski izvodljivi zdravi.

U novijoj literaturi pojavljuje se još čitav niz definicija ovog pojma od kojih u nastavku navodimo najznačajnije:

- ispunjenje razvojnih potreba sadašnje generacije bez ograničavanja budućih generacija da podmire svoje potrebe (WCED, 1987.-World Commission on Environment and Development);
- poboljšanje životnog standarda ljudskog roda uz očuvanje ekosustava (IUCN, 1991.- International Union for Conservation of Nature);
- živjeti od «kamata» zemaljskog «kapitala» bez smanjenja osnovice naslijeđene od ranijih generacija (Kundzewicz etal., 1987.);
- očuvanje dinamičke ravnoteže zemaljskog ekosustava u dugoročnom (beskonačnom) trajanju;

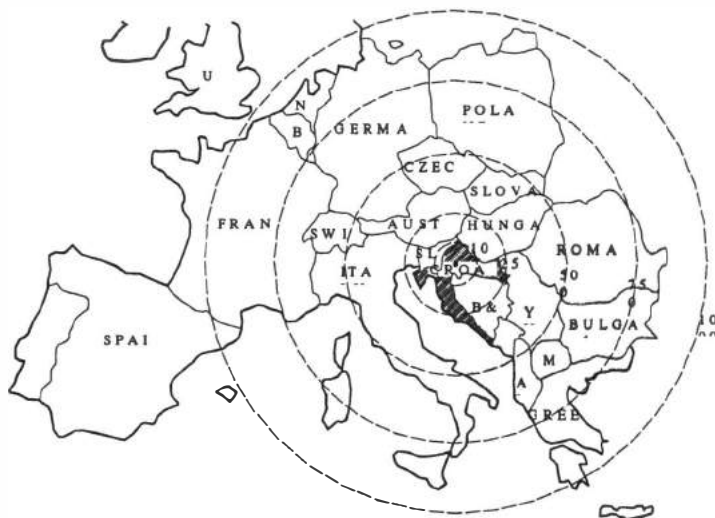
- osiguranje mjera da osnovni elementi sustava ostaju nepromijenjeni, odnosno na zadovoljavajućoj razini kroz buduće dugoročno razdoblje;
- osigurati razvoj koji minimizira vjerojatnost budućih neprilika za odluke donesene danas.

Da bi se realizirao održivi razvoj predloženi su brojni kriteriji i indikatori, ali do danas, nažalost, nijedan nije prihvaćen na globalnoj razini.

Najčešća interpretacija održiva razvoja je da civilizacija bogatstva (ljudsko i prirodno) i okoliš moraju biti ostavljeni budućim generacijama u «neoštećenim» uvjetima.

3. ODRŽIVI RAZVOJ VODNOG GOSPODARSTVA U HRVATSKOJ

Održivi razvoj Hrvatske neposredno je vezan na njezin položaj i prirodne značajke. Naime, i globalni i regionalni smještaj Hrvatske, površine 56.538 km² kopnenog teritorija i oko 4,422 milijuna stanovnika, izuzetno je povoljan s obzirom da se nalazi u srcu i Europe, odnosno jednako je udaljena kako od ekvatora tako i od sjevernog pola (Slika 1).



Slika 1: Hrvatska u srcu Europe

Klimatske značajke Hrvatske osobito su osebujne. Iako pokriva površinu od svega 0,5% europskog kopna, raspolaže s tri osnovne klimatske zone kontinenta: mediteransku, kontinentalnu i planinsku. S tim u vezi ima uvjete za uzgoj praktički svih skupina poljoprivrednih kultura, od agruma, vinograda i maslinika, pa do osobito, svih vrsta ratarskih usjeva. Relativna nerazvijenost ovog sektora ima velike prednosti za budući razvoj jer su uglavnom sačuvani nezagađeni i neiskorišteni lokaliteti prirodne sredine.

Što se tiče vodnog bogatstva, Hrvatska ne samo da raspolaže sa možda najvećom količinom vode, mjerenom po glavi stanovnika u Europi, već je glavnina tih voda dobrih kemijskih i organoleptičkih svojstava. Posebno je važno napomenuti da se najveća nalazišta vode nalaze u krškim predjelima obalnog i zaobalnog pojasa gdje su i oborine najveće. Kako su u tim predjelima raspoložive količine vode bitno veće od

domaćih potreba, u vrlo bliskoj budućnosti može se razviti industrija izvoza pitke vode. Prosječne godišnje oborine bitno variraju od područja do područja i to od min. oko 600 mm. na najistočnijim predjelima do preko 3.500 mm u zapadnim planinskim krajevima, s jednim općim prosjekom od oko 1.100 mm. Raspoložive količine vode, u usporedbi s nekim drugim europskim zemljama prikazane su u priloženoj tablici 1.

Tablica 1: Raspoloživa količina vode Hrvatske i nekih europskih zemalja

Država	Višegodišnji prosjek oteklih voda					
	S vlastitog teritorija			Ukupno otjecanje		
	mil.m ³	m ³ /st.	m ³ /ha	mil.m ³	m ³ /st.	m ³ /ha
Hrvatska	44.590	9.320	7.890	171.870	35.720	30.400
Austrija	56.300	7.497	34.710	90.200	12.010	55.610
Mađarska	6.000	560	1.125	113.700	10.616	21.240
Italija	185.000	3.242	14.864	187.000	3.277	15.025
Danska	11.000	2.110	4.150	11.000	2.110	4.150
Švedska	176.000	21.180	58.780	180.000	21.660	60.120
Francuska	168.000	3.130	8.865	207.000	3.850	10.920
Njemačka	94.000	4.880	17.535	196.000	10.240	36.660
Španjolska	76.000	2.030	3.700	76.000	2.030	3.700

Izvor: Gereš, D. Priručnik za hidrotehničke melioracije, II/6, str. 122

Jedan od ključnih problema koji danas pritišće svijet jeste zaštita kvalitete okoliša. U tom će pogledu Hrvatska imati veliku prednost prema visokorazvijenim industrijskim zemljama i lakše se uklopiti u buduće stanje. Naše su livade i oranice osjetno manje zagađene od većine zemalja u svijetu jer se ne samo ne iskorištavaju intenzivno, već se dobar dio uopće ne obrađuje što omogućuje regeneraciju od eventualne ranije intenzivne eksploatacije. U poljoprivredi navodnjavanja praktički i nema, pa nema ni viška natapnih voda koje su, po pravilu, zasićene raznim kemikalijama i otrovima koji se danas u velikim količinama troše kod intenzivne proizvodnje.

Obradive površine u Hrvatskoj iznosile su 1990. god. 2.041.000 hektara, i to:

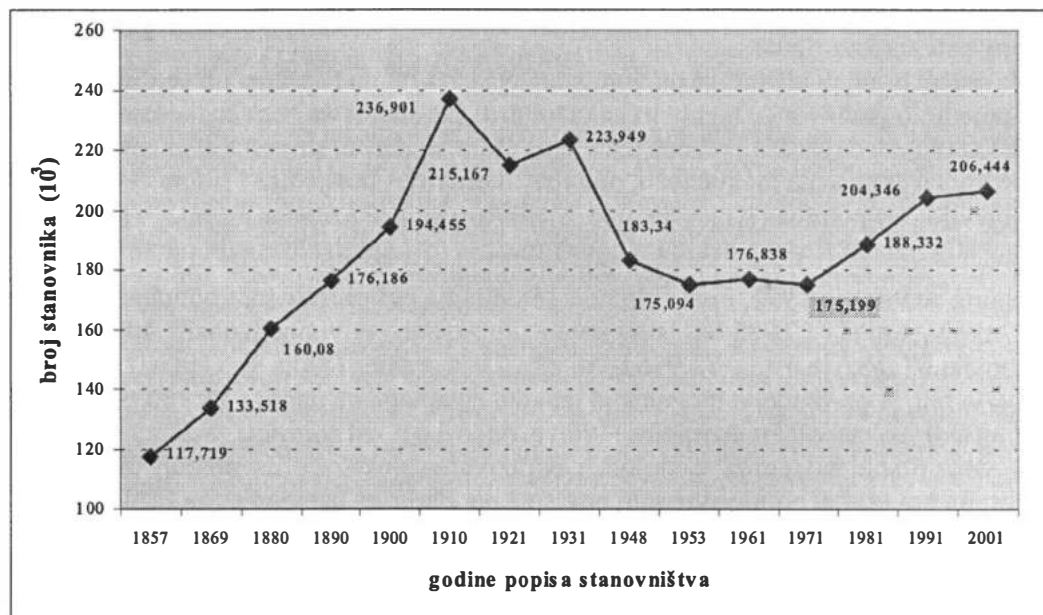
- oranice i vrtovi	1.486.600	ha
- voćnjaci	72.500	ha
- vinogradi	73.400	ha
- livade	408.500	ha
Ukupno	2.041.000	ha

Kada bi takav fond kvalitetnih poljoprivrednih površina uz dobru prirodnu opskrbu vodom kakvu ima Hrvatska, bio korišten na način i u mjeri kako to čini većina visokorazvijenih zemalja, naša bi zemlja mogla proizvoditi hrane za 20-25 milijuna stanovnika.

Što se turizma tiče, tu Hrvatska ima, u svakom slučaju, najsvjetliju perspektivu. Zemlja s blagom, toplom i raznolikom klimom i krajolicima, s oko 1.150 otoka, 5.790 kilometara obale, čistim i zdravim okolišem ima sve preduvjete da učini "veliki skok" u intenzivan razvoj turizma. U tom kontekstu značajke voda i obalnog mora bitno utječu na gospodarski razvoj zemlje. Kao primjer, može se dati područje Istarske županije.

4. ODRŽIVI RAZVOJ VODNOG GOSPODARSTVA U ISTARSKOJ ŽUPANIJI

Županija istarska jedna je od najvitalnijih županija u Hrvatskoj. Zauzima površinu od 2.880 km² i ima 206.444 stanovnika. Demografski razvoj Županije dan je na slici 2, iz koje je vidljivo povećanje broja stanovnika što je raskorak u odnosu na trend u Hrvatskoj u zadnjih 10 godina.



Slika 2: Kretanje broja stanovništva u Istarskoj županiji

Razvoj i promjene demografskih procesa u Istri jedan su od bitnih čimbenika za razumijevanje svekolikog razvoja poluotoka. Prvi službeni popis pučanstva proveden je 1857., od tada se više-manje redovno, svakih 10 godina, obavlja, pa se mogu relativno dobro pratiti promjene. Od tada pa sve do Prvog svjetskog rata, bilježi se najintenzivniji rast stanovništva tako, da je za otprilike 50 godina, broj udvostručen i, prema popisu, dostigao najveću vrijednost 1910.g.

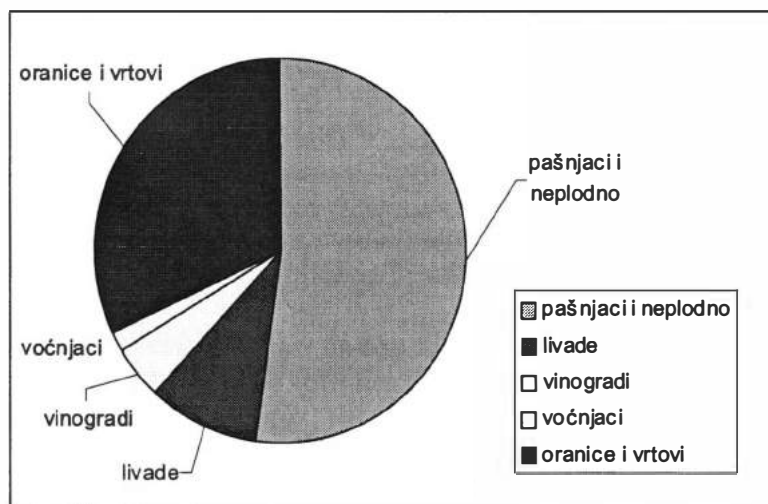
Nakon drastičnog pada broja stanovnika odmah iza 1945. stanje se prividno ustalilo tako da 1971. imamo još uvijek nešto manji broj nego li 1948., a blago povećanje primjećuje se tek po popisu iz 1981., kada ih je oko 5.000 više. Treba naglasiti da se u razdoblju 1948.-91. broj stanovnika Istarske županije povećao samo za 11,5 %, dok se u istom razdoblju broj stanovnika Hrvatske povećao za 26,6 %.

Dosadašnjim planskim aktivnostima za korištenje vodnog bogatstva na istarskom poluotoku nije se narušavala prirodna ravnoteža, pa možemo ustvrditi da je postupano u skladu s navedenim postavkama o održivom razvoju. Sve količine vode koje se sada koriste ili se planiraju koristiti u budućnosti čine ili preljevi kišnih vrela ili otjecanje sa slivnih površina koje bi u svakom slučaju završile u moru i odatle nastavile svoj uobičajeni prirodni ciklus kruženja isparavanja u atmosferu. Upotrebom te vode za natapanje se, u biti, ništa ne mjenja, odnosno mjenja se samo mjesto odakle voda pretvorena u paru, prelazi u atmosferu.

Na primjeru Županije istarske, ali i inače, održivi i vodnogospodarski razvoj može se sažeti na:

- a) Planiranje razvoja korištenja vode za bilo koju granu i djelatnost mora se temeljiti na principima višenamjenskog i kompleksnog pristupa. S time u vezi nije dovoljno optimalnost rješenja odrediti samo na osnovama gospodarske učinkovitosti, već treba primjenjivati i principe višekriterijske analize.
- b) U skladu s navedenim pod a), a posebno u odnosu na načela zaštite okoliša, u kasnijim fazama projektiranja, pri određivanju specifičnih rješenja i graničnih uvjeta, treba provesti analizu rizika.
- c) Navedeni principi planiranja održivog razvoja i definiranje optimalnih veličina sustava i pojedinih građevina u njemu treba razmotriti i sa stanovišta vremenske komponente. Iz toga slijedi da sadašnji pristup planiranja mora sadržavati strateške elemente budućeg razvoja u odnosu na mogućnosti, potrebe, alternative, posljedice i slično. S tim u vezi pojavljuje se potreba i izrade analize osjetljivosti koja ukazuje na promjene koje mogu nastati u izlazu sustava uslijed izmjene ulaznog naloga ili sustavnih parametara.

Županija istarska je 1992. imala ukupno 168.403 ha poljoprivrednih površina, od čega na obradive otpada 80.982 ha. Istovremeno su zasijane površine iznosile 40.491 ha, a neobrađeno (ugar) je ostalo 13.996 ha ili oko 25 % oranica (Slika 3). U planu natapanja iz 1979. bila je predviđena mogućnost razvoja natapanja na najviše 18.960 ha, što čini trećinu ukupno raspoloživih oranica i vrtova, odnosno blizu polovine zasijanih površina. U novom planu natapanja, pedološka istraživanja pokazuju da postoji mogućnost izvjesnog povećanja poljoprivrednih površina podobnih za natapanje (na 21.947 ha), ali globalni odnosi ostaju više-manje isti.



Slika 3: Struktura poljoprivrednih površina (1992.)

Uvođenje natapanja u poljoprivredu osigurava:

- opće povećanje bogatstva područja, a time i standarda poljodjelskog stanovništva;
- bitno povećanje broja zaposlenih u primarnoj poljodjelskoj proizvodnji, a još više u pratećim djelatnostima, čime se uravnotežuje populacija po jedinici površine i sprječava povećanje naseljenosti u većim gradovima i naseljima;

- stabilizaciju poljoprivredne proizvodnje i postizanje određene kakvoće uroda čime se osigurava stalna zaposlenost u ostalim granama koje su neposredno vezane za poljoprivrednu djelatnost;
- veću potrošnju vode na evapotranspiraciju na poljoprivrednim površinama uz predhodno prikupljanje u akumulacijama čime se olakšava održavanje hidromelioracijskih sustava i sprječava štetno djelovanje vode na poljoprivrednim i šumarskim površinama i u vodotocima; i
- povećanje fonda intenzivnih zelenih površina, čime se obogaćuje krajolik, štiti tlo od pluvijalne erozije i obogaćuje atmosfera kisikom.

Razvoj natapanja na relativno velikim površinama stvoriti će i velike viškove poljoprivrednih proizvoda, posebno voćarstva i povrtlarstva. Dakako, jedan dio će apsorbirati povećani broj stanovnika, a pogotovo razvijeno turističko gospodarstvo, ali će i unatoč tome preostati osjetni viškovi za izvoz u druge krajeve ili inozemstvo, odnosno za preradu. Zato će se jedan od komplementarnih programa razvoja morati pozabaviti skladištenjem, preradom i marketingom.

Jedan od bitnih čimbenika razvoja unutrašnjosti poluotoka, a posebno komplementaran razvoj sela i poljoprivrede, jest i razvoj seoskog turizma. S obzirom na relativnu blizinu mora (od svake točke područja ne više od 50-tak kilometara) i na mogućnost aktiviranja i drugih sadržaja pobodnih za rekreaciju i odmor, posebno akumulacija, toplica, lovstva i slično čitava Isra bi trebala postati jedinstveno turističko područje.

Iz izloženog je očigledan značajan utjecaj razvoja poljoprivrede i sela, u čemu složenu ulogu igra natapanje i to na demografsku obnovu cijele županije, a posebno unutrašnjosti. S obzirom da je u proteklom razdoblju iza drugog svjetskog rata bilo više pokušaja da se u tom pogledu učini bitan korak naprijed, ali bez uspjeha, bilo bi neophodno sada izmijeniti strategiju dugoročnog razvoja natapanja. Umjesto planskog uvođenja natapanja u pojedine rudine i pojedina područja na temelju formuliranih dugoročnih ciljeva i pogonskih značajki sustava, primijeniti princip «bottom up» tj. odozdo prema gore, odnosno razvijati one rudine i ona područja čiji su sustavi odnosno građevine za osiguranje vode u velikoj mjeri već dovršeni. Iluzija je i pomisliti da se to može ostvariti samo zalaganjem lokalnih vlasti ili vodoprivrednih organizacija. Za tako nešto neophodno je neposredno angažiranje središnjih državnih (vodoprivrednih) organa kako sa sredstvima, tako u organizaciji, planiranju i rukovođenju.

5. ZAKLJUČNE NAPOMENE

Još prije samo par stotina godina, bogatstvo neke zemlje prvenstveno se mjerilo bogatstvom šuma, poljoprivrednih površina, ruda i klimatskim uvjetima. Prije nekih 30-40 godina situacija se počela radikalno mijenjati. U vrh gospodarske učinkovitosti životnog standarda i bogatstva (po glavi stanovnika) izbilo je više zemalja koje se nalaze na samom dnu po prirodnom bogatstvu. Napredak i razvoj postigli su isključivo adekvatnom organizacijom (politikom) odnosno kvalitetnom upravnom infrastrukturom.

Zamislimo si sada Hrvatsku, koja bez premca, spada u sam vrh po položaju, klimi, poljoprivrednim površinama, prirodnim ljepotama, itd., kako bi trebala uskoro izgledati kada bi još imala i odgovarajuću upravnu infrastrukturu!

6. LITERATURA

1. Bergman, B. (1983): Značaj hidrotehničkih melioracija u SR Hrvatskoj. Priručnik za hidrotehničke melioracije, I. kolo, Odvodnjavanje, knjiga 1, Opći dio, str. 9-17. Društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje Hrvatske, Zagreb.
2. Chenoweth, L.J., Feitelson, E. (2001): Analysis of Factors Influencing Data and Information Exchange in International River Basins. Water International Vol. 26, No. 4, 2001., str. 499-512.
3. Gereš, D. (1997): Raspoloživost vode u Republici Hrvatskoj, Priručnik za hidrotehničke melioracije, II kolo, Navodnjavanje, knjiga 6. Kvaliteta i raspoloživost vode za natapanje, str. 93-123. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka.
4. Gereš, D., Rubinić, J., Ožanić, N. 2000. *Ecological incidents in Northern Adriatic Karst (Croatia)*. Water Science and Technology 42/1-2, IWA Publishing 2000, 281.-285.
5. Haddadin, J. M. (2001): Water Scarsity Impacts and Potential Conflicts in the MENA Region. Water International, Vol. 26, No. 4, 2001, str. 460-470.
6. Kos, Z. (1992): Povijesni pregled razvoja navodnjavanja. Priručnik za hidrotehničke melioracije, II kolo, Navodnjavanje, knjiga 1, Opći dio. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, str. 1-60.
7. Kos, Z. (1997): Sustainable Water Resources Development in Croatia in the 21. Century. IX World Water Congress Montreal, str. 819-821.
8. Kos, Z. (1999): Natapanje i održivi razvoj Županije istarske. 2. Hrvatska konferencija o vodama, Dubrovnik, str. 777-785.
9. Kos, Z. (1993): Razvoj i stanje hidromelioracija u Jugoslaviji i u nekim europskim zemljama. Priručnik za hidrotehničke melioracije, I kolo, Odvodnjavanje, knjiga 1, Opći dio, str. 19-51. Društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje Hrvatske, Zagreb.
10. Kos, Z. i suradnici: (1998), Plan navodnjavanja za područje istarskih slivova, Građevinski fakultet u Rijeci, Rijeka.
11. Kundzewicz, W. Z. (2001): Nonstructural Flood Protection and Sustainability. Water International, Vol. 27, No 1., 2001, str. 3-13.
12. Lonergan, S., Wolf T. A. (2001): Moving Water to Move People: The Toshka Project in Egypt. Water International, Vol. 26, No. 4, 2001, str. 589-596.
13. Mujumdar, P. P. (2002): Mathematical Tools for Irrigation Water Management. Water International, Vol. 27, No.1 2002, Str. 47-56.
14. Savenije, H., Van der Zaag, P. (2002): Water as an Economic Good and Demand Management. Water International, Vol. 27, No 1, 2002, str. 98-104.
15. Simonović, P. S. (2002): Two New Non-structural Measures for Sustainable Mngement of Floods, Water International, Vol. 27, No. 1, 2002, str. 98-104.

Autor:

Professor emeritus Zorko Kos, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet Rijeka, V.Cara Emina 5, 51000 Rijeka, tel: 051/352130

prof.dr.sc.Nevenka Ožanić, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet Rijeka, V.Cara Emina 5, 51000 Rijeka, nozanic@gradri.hr, tel: 051/352146



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.10.

Privatizacija trgovačkih društava u funkciji jačanja vodnogospodarske djelatnosti

Tomislav Madžar

SAŽETAK: Programskom koncepcijom privatizacije trgovačkih društava vodnog gospodarstva, pored bržeg gospodarskog razvoja, poticanja tržišnog gospodarstva i poduzetništva, željelo se utjecati i na poboljšanje cjelokupnog sustava upravljanja vodama.

Zakonom o vodama uređena je obveza privatizacije najmanje 51 % temeljnog kapitala trgovačkih društava u vodnom gospodarstvu uz izdavanje prethodnog mišljenja Državne uprave za vode, te provedbu privatizacije po odredbama Zakona o privatizaciji.

Provedbom privatizacije po modelu u kojem su zaposleni i ranije zaposleni u društvu i vodnom gospodarstvu ostvarili pravo na kupnju dionica uz popust i odgođeno plaćanje u protuvrijednosti do 20.000 DEM-a, a Hrvatske vode sa županijom zadržale kontrolni paket (25 % + jedna dionica), ostvaren je socijalno korektan, oprezan i na zakonskim osnovama utemeljen proces privatizacije. Najznačajnije od svega da tako proveden proces privatizacije nije djelovao negativno već pozitivno na taj značajan dio sustava vodnog gospodarstva. Proces privatizacije nije u potpunosti završen te je potrebno kontinuirano pratiti stanje u društvima kapitala vodnog gospodarstva i potpuno privatizirati vlasničke udjele županija i Hrvatskih voda.

KLJUČNE RIJEČI: Privatizacija najmanje 51 % temeljnog kapitala, Poticanje tržišnog gospodarstva, Poboljšanje sustava upravljanja vodama, Socijalno korektna, oprezna i zakonita privatizacija

Privatization of Companies as Support to Strengthening of the Water Resources Management Sector

SUMMARY: Privatization concept applied to the water resources management companies was intended to accelerate economic development and stimulate market economy and entrepreneurship in order to improve the entire water resources management system.

The Waters Act stipulates privatization of minimum 51% of the equity of companies in the water resources management sector. Such privatization must have prior approval of the National Water Directorate, and be enforced according to the provisions of the Privatization Act.

Privatization according to a model under which the employees and former employees of the company or in the water resources sector were entitled to purchase DEM 20,000 worth shares with discount, left Hrvatske Vode (*Croatian Waters*) and counties with control packages (25 % + one share). This was a socially correct, cautious, and legally grounded process of privatization. The most important fact is that the process had positive rather than adverse effect on the privatized part of the water sector. The privatization process has not been finished, so the situation in the corporations should be closely followed up and the shares owned by the counties and Hrvatske Vode completely privatized.

KEYWORDS: privatization of min. 51 % of equity, stimulation of market economy, improvement in water resources management system, socially correct, cautious and legal privatization

1. UVOD

Pravni osnov za početak provedbe privatizacije trgovačkih društava u vodnom gospodarstvu je donošenje Zakona o vodama (NN 107/95) i njegova primjena od 1. siječnja 1996. godine.

Citiranim Zakonom uređeno je da vlasnička i osnivačka prava na javnim vodoprivrednim poduzećima za slivna područja prelaze na županije odnosno Grad Zagreb, te da će se ista poduzeća organizirati kao društva kapitala u vlasništvu osnivača. Člankom 206. Zakona o vodama, određeno je da privatizaciji podliježu novo osnovana društva kapitala u vlasništvu županija i Grada Zagreba, te društva s ograničenom odgovornošću u vlasništvu JVP "Hrvatska vodoprivreda". Istim člankom određeno je da se privatizacijom mora obuhvatiti najmanje 51 % temeljnog kapitala društva kapitala koje se privatizira, da se privatizacija provodi po odredbama Zakona o privatizaciji (NN 21/96), te da je za donošenje Odluke o privatizaciji potrebno prethodno mišljenje Državne uprave za vode. Upravno vijeće Hrvatskih voda na sjednici održanoj 20. siječnja 1997. godine imenovalo je stručnu radnu grupu za izradu "Programske koncepcije privatizacije vodnog gospodarstva". Koncepcija privatizacije izrađena je na temelju slijedećih Zakona:

- a) Zakon o pretvorbi društvenih poduzeća - u daljnjem tekstu: "ZPDP" (NN br. 19/91, 83/92, 94/93, 2/94 i 9/95)
- b) Zakon o trgovačkim društvima - u daljnjem tekstu: "ZTD" (NN br. 111/93)
- c) Zakon o vodama - u daljnjem tekstu: ZOV (NN br. 107/95)
- d) Zakon o financiranju vodnog gospodarstva - u daljnjem tekstu: ZOF VG (NN br. 107/95, 19/96 i 88/98)
- e) Zakon o privatizaciji - u daljnjem tekstu: ZP (NN 21/96)

Osnovni ciljevi privatizacije utvrđeni ZP¹ su postavljeni kroz:

- brži gospodarski razvoj u uvjetima tržišnog gospodarstva,
- očuvanje produktivne zaposlenosti i otvaranje novih radnih mjesta,
- unosenje novih modrenih i učinkovitih metoda i vještina managmenta u hrvatsko gospodarstvo,
- tehnološko unapređenje i modernizacija hrvatskog gospodarstva,
- uključivnaje hrvatskog gospodarstva u razvojne tokove europskog i svjetskog gospodarstva, te u međunarodno tržište kapitala,
- poticanje rasta hrvatskog poduzetništva itd.

Privatizacijom društava kapitala u vodnom gospodarstvu, pored postavljenih ciljeva iz ZP, željelo se potaknuti uspješnije i učinkovitije upravljanje vodama u cijeloj Republici Hrvatskoj što bi trebalo rezultirati osiguranjem potrebnih količina voda odgovarajuće kakvoće za različite namjene, zaštitom voda od onečišćenja, uređenjem vodotoka i drugih voda te zaštitom od štetnog djelovanja voda.

2. PRIPREMNE RADNJE U PROVEDBI PRIVATIZACIJE

U vodnom gospodarstvu je ukupno uposlano cca 4.000 zaposlenika i više od 1.000 umirovljenika koji su se kandidirali za kupnju dionica/udjela uz popust u protuvrijednosti

¹ članak 1. Zakona o privatizaciji

do 20.000 DEM. Obzirom da se radi o velikom broju potencijalnih suvlasnika trgovačkih društava, Programskom koncepcijom je predviđeno preoblikovanje društava s ograničenom odgovornošću u dionička društva. Nema pravne zapreke da se prodaju i odgovarajući vlasnički udjeli u društvima s ograničenom odgovornošću, ali zbog nekih svojih personalističkih obilježja društva s ograničenom odgovornošću sa većim brojem članova nisu praktična. Nepraktična je situacija kada na poslovnom udjelu ima više ovlaštenika jer oni prava iz udjela mogu ostvariti samo zajedno (zajedničko ostvarivanje prava glasa, pravo na obavještenost, prava na dobit, samo zajednički se može podići tužba za pobijanje neke radnje i drugo) te solidarno odgovaraju za obveze (čl. 417 ZTD). Dioba udjela radi prijenosa dopuštena je samo ako je članu društva općim aktom dopušteno da prenosi dijelove svog poslovnog udjela. Temeljem izloženog preporučeno je preoblikovanje društava s ograničenom odgovornošću u dionička društva.

Druga pripremna radnja u postupku privatizacije je utvrđivanje vrijednosti temeljnog kapitala. Prema članku 14. ZP, prije privatizacije pravne osobe u vlasništvu Republike Hrvatske, utvrđuje se vrijednost temeljnog kapitala. Kapital pravne osobe je razlika vrijednosti sredstava (ukupne aktive) i vrijednosti obveza. Prema članku 15. ZP, vrijednost temeljnog kapitala pravnih osoba utvrđuje se "Elaboratom o procjeni vrijednosti". Elaborat izrađuje pravna osoba koja ima ovlaštenje Ministarstva. Ovdje je važno napomenuti da je kod procjene vrijednosti temeljnog kapitala korištena metoda tržišne vrijednosti te da je procjenjena vrijednost temeljnog kapitala znatno veća od knjigovodstvene².

3. MODEL PRIVATIZACIJE

Programskom koncepcijom utvrđena su dva osnovna modela privatizacije trgovačkih društava i to za:

- društva kapitala u vlasništvu županija i Grada Zagreba
- društva kapitala u vlasništvu Hrvatskih voda

Za jedan i drugi model zajednička je karakteristika da je predviđena postupna privatizacija uz zadržavanje kontrolnog paketa u vlasništvu županija i Hrvatskih voda.

3.1. Model privatizacije društava kapitala u vlasništvu županija i Grada Zagreba

Obzirom da su vlasnička i osnivačka prava ovih društava kapitala po ZV preneđena na županije i grad Zagreb, odluke o privatizaciji ovih društava donose skupštine županija. Za donošenje odluke o privatizaciji potrebno je prethodno mišljenje Državne uprave za vode, postupak se provodi po ZP, a sredstva ostvarena privatizacijom prihod su proračuna županija i Grada Zagreba. Intencija Državne uprave za vode i Hrvatskih voda je provedba postupka privatizacije društava kapitala u vodnom gospodarstvu po jedinstvenom postupku i kriterijima na cjelokupnom području Republike Hrvatske.

Osnovnim modelom, društva se privatiziraju na slijedeći način:

- 50 % temeljnog kapitala - prodajom zaposlenima i ranije zaposlenima u društvu i vodnom gospodarstvu do protuvrijednosti 20.000 DEM uz osnovni popust od 20 % i dodatnih 1 % za svaku godinu staža i mogućnost obročne otplate do 20 godina,

² Vidi prilog: Tabela I

- 15 % temeljnog kapitala - prodajom dionica/udjela na javnoj dražbi, burzi ili javnim prikupljanjem ponuda bez popusta,
- 15 % temeljnog kapitala - prijenosom bez naknade na Hrvatske vode i
- 20 % temeljnog kapitala - zadržavanjem u vlasničkom portfelju županije, odnosno Grada Zagreba.

Sredstva ostvarena prodajom dionica/udjela su prihod županija odnosno Grada Zagreba, a ista će se prema programima privatizacije uložiti u programe vodnog gospodarstva na području županija i Grada Zagreba.

Zadržavanjem 35 % temeljnog kapitala u vlasništvu županija i Hrvatskih voda osigurava se značajan utjecaj tih subjekata na poslovanje trgovačkih društava, a sve bitne odluke u društvu moraju se donijeti u koncenzusu sa županija i Hrvatskim vodama (potrebna većina od 75 % + 1 dionica/udjel po ZTD-u).

Prema priloženoj tabeli³ vidljivo je da se u postupku porovedbe privatizacije poštivao osnovni model uz nekoliko iznimaka gdje su županije same zadržale u svom vlasništvu takozvani negativni kontrolni paket (25 % + 1 dionica/udjel)

3.2. Model privatizacije društava kapitala u vlasništvu Hrvatskih Voda

I kod ovih društava kapitala u 100 % vlasništvu Hrvatskih voda potrebno je bilo izvršiti preoblikovanje iz društava s ograničenom odgovornošću u dionička društva i utvrditi temelni kapital Elaboratom o procjeni imovine. Ovaj model se nešto razlikovao od prethodnog, a privatizacije se provodila na slijedeći način:

- 50 % temeljnog kapitala - prodaje se zaposlenima i ranije zaposlenima u vodnom gospodarstvu do protuvrijednosti 20.000 DEM uz osnovnio popust od 20 % i dodatni popust od 1 % za svaku godinu radnog staža i obročnu otplatu do 20 godina,
- 10 % temeljnog kapitala - podjela Hrvatskim braniteljima i članovima obitelji po čl. 29. Zakona o pravima Hrvatskih branitelja
- 40 % temeljnog kapitala - zadržavanjem u portfelju Hrvatskih voda.

Kod ovog modela zadržan je “negativni” kontrolni paket dionica u vlasništvu Hrvatskih voda, te se donošenje svih bitnih Odluka u društvu može obaviti samo uz suglasnost Hrvatskih voda. Podjela dijela temeljnog kapitala braniteljima je zakonska obveza za sva društva koja su u vlasništvu Republike Hrvatske (Hrvatske vode i kćerke su u 100 % vlasništvu Hrvatskih voda).

Provedba privatizacije po ovom modelu izvršena je u potpunosti po programskoj koncepciji. Procjenjujemo da zadržavanje 40 % temeljnog kapitala u vlasništvu Hrvatskih voda neće biti trajno.

4. UTJECAJ PRIVATIZACIJE NA POSLOVANJE DRUŠTAVA U VODNOM GOSPODARSTVU

Privatizacija društava kapitala u vodnom gospodarstvu započela je 1998. godine, privatizacijom “Vodoprivrede Novigrad”, a nastavljena 1999. kada je privatizirana većina društava. Proces je nastavljen i u 2000., 2001. i 2002. godini, a očekujemo završetak procesa privatizacije u 2003. godini. Preoblikovanje društava s ograničenom odgovornošću u dionička društva u vlasništvu Osječko-baranjske županije (Donji

³ vidi prilog: Tabela II

Tabela 1. Procjenjena i knjigovodstvena vrijednost društava u privatizaciji

R.br.	D r u š t v o	Procjenjena vrijednost	Knjigovodstvena vrijednost	Odnos 3:4
1.	Vodoprivreda Novigrad d.o.o.	4.149.000	3.392.348	122
2.	Brodsko Posavina d.d. Sl.Brod	13.416.800	26.821.000	50
3.	Vodoprivreda N.Gradiška d.d.	8.680.000	5.440.591	160
4.	Šljunčara i separacija d.d. Sl.Šamac	5.134.000	3.902.000	132
5.	Vodoprivreda Karlovac d.d.	8.357.800	6.774.665	123
6.	Vodoprivreda Požega d.d.	7.616.000	3.460.230	220
7.	Vodoprivreda Novska d.d.	4.146.000	5.136.654	81
8.	Lonja-Sturg d.d. Kutina	10.640.000	6.527.784	163
9.	Vodoprivreda Sisak d.d.	13.678.800	12.352.302	111
10.	Bistra d.o.o. Đurđevac	6.128.600	7.988.452	77
11.	Vodogradnja Rijeka d.d.	14.574.400	14.077.477	104
12.	Brana d.o.o. Virovitica	7.798.000	3.643.889	214
13.	Hidroregulacija d.d. Bjelovar	15.584.000	12.850.043	121
14.	Hidroing d.d. Varaždin	13.956.200	9.749.520	143
15.	Neretvanski sliv d.o.o. Opuzen	6.068.000	6.067.927	100
16.	Vodoprivreda Dugo Selo d.d.	3.124.500	1.386.113	225
17.	Vodoprivreda Vinkovci d.d.	9.891.300	1.882.519	525
18.	Vodoprivreda Zagorje d.d.	4.408.500	1.907.000	231
19.	Vodoprivreda Vrgorac d.d.	5.991.000	1.817.133	329
20.	Cetina d.d. Sinj	14.935.000	6.177.000	241
21.	Vodoprivreda Split d.d.	14.520.000	4.693.375	309
22.	Vodoprivreda Imotski d.d.	9.108.000	6.455.918	141
23.	Vodogradnja Osijek d.d. *	9.985.500	8.404.615	119
24.	Vodogradnja Varaždin d.d. *	15.105.000	10.161.248	149
25.	Vodoprivredno projektni biro d.d. *	3.271.200	3.231.910	101
U K U P N O:		220.691.600	173.201.713	127

* Društva kćerke Hrvatskih voda

Izvor podataka: Elaborati o procjeni vrijednosti

Miholjac, Darda i "Vuka" d.d. Osijek), i procjenom vrijednosti temeljnog kapitala izvršene su sve predradnje za donošenje odluka o privatizaciji i provedbi istih. Očekujemo donošenje odluke o privatizaciji u 2003. godini za "Vodoprivredu" d.o.o. Zagreb koja je u procesu utvrđivanja vrijednosti temeljnog kapitala.

Iz tabelarnog ⁴ pregleda rezultata poslovanja od 1998. do uključivo 2001. godine vidljiva je konstanta ostvarenja ukupnog prihoda vodnogospodarskih trgovačkih društava od cca 500 milijuna kuna. Primjetan je pad ostvarenja ukupnog prihoda od 9 % u 2000. godini u odnosu na 1998., ali i porast od 7,47 % u 2001. godinu u odnosu na 2000. godinu.

Bilježimo značajan porast dobiti nakon oporezivanja u 1999. godini u odnosu na 1998. za 121 % i u 2001. godini u odnosu na 1998. za 50 %. U 2000. godini na nepovoljnije

⁴ vidi prilog: Tabela III

Tablica 2. Pregled provedbe privatizacije

u 000 kn

R.br.	Društvo	Temeljni kapital	STRUKTURA PRIVATIZACIJE U %						Vrijednost vlasničkog udjela HV
			Zaposleni %	Branitelji	Dražba %	Županije %	Općine	Hrvatske vode %	
1.	Vodoprivreda d.o.o. Novigrad	4.149.000	50	-	1	29	-	20	830.000
2.	Brodsko Posavina d.d. Sl.Brod	13.416.800	50	-	15	20	-	15	2.012.800
3.	Vodoprivreda d.d N.Gradiška	8.680.000	50	-	15	20	-	15	1.302.000
4.	Šljunčara i separacija d.d.Sl.Šamac	5.134.000	50	-	12	8	20	20	1.026.800
5.	Vodoprivreda d.d. Karlovac	8.357.800	50	-	15	20	-	15	1.253.700
6.	Vodoprivreda d.d. Požega	7.616.000	50	-	15	20	-	15	1.142.400
7.	Vodoprivreda d.d. Novska	4.146.000	50	-	15	20	-	15	622.000
8.	Lonja-Strug d.d. Kutina	10.640.000	50	-	15	20	-	15	1.596.000
9.	Vodoprivreda d.d. Sisak	13.678.800	50	-	15	20	-	15	2.051.800
10.	Bistra d.o.o. Đurđevac	6.128.600	50	-	15	20	-	15	919.400
11.	Vodogradnja d.d. Rijeka	14.574.400	50	-	1	30	-	19	2.768.800
12.	Brana d.d. Virovitica	7.798.000	50	-	15	20	-	15	1.170.000
13.	Hidroregulacija d.d. Bjelovar	15.584.000	50	-	9	26	-	15	2.337.600
14.	Hidroing d.d. Varaždin	13.956.200	50	-	15	20	-	15	2.093.400
15.	Neretvanski sliv d.o.o. Opuzen	6.068.000	50	-	9	26	-	15	910.400
16.	Vodoprivreda Lonja-zelina d.d. D.Selo	3.124.500	50	-	15	20	-	15	468.600
17.	Vodoprivreda d.d. Vinkovci	9.891.300	50	-	15	20	-	15	1.483.700
18.	Vodoprivreda Zagorje d.d. Klanjec	4.408.500	50	-	15	20	-	15	661.000
19.	Vodoprivreda d.d. Vrgorac	5.991.000	50	-	9	26	-	15	898.000
20.	Cetina d.d. Sinj	14.935.000	50	-	9	26	-	15	2.240.000
21.	Vodoprivreda Split d.d.	14.520.000	50	-	9	26	-	15	2.178.000
22.	Vodoprivreda Imotski d.d.	9.108.000	50	-	9	20	-	15	1.366.000
23.	Vodogradnja Osijek d.d *	9.985.500	50	10	-	-	-	40	3.994.200
24.	Vodogradnja Varaždin d.d. *	15.105.000	50	10	-	-	-	40	6.042.000
25.	Vodoprivredno projektni brio d.d. *	3.271.200	50	10	-	-	-	40	1.308.500
	U K U P N O:	230.267.600							42.677.100

* Društva kćerke Hrvatskih voda

Izvor: Odluke o privatizaciji društava

Tablica 3. Pregled provedbe privatizacije

u 000 kn

R.br.	Društvo	OSTVARENI UKUPNI PRIHOD				OSTVARENA NETO DOBIT			
		1998.	1999.	2000.	2001.	1998.	1999.	2000.	2001.
1.	Vodoprivreda d.o.o. Novigrad	24.207	23.591	26.462	22.037	219	15	595	92
2.	Brodsko Posavina d.d. Sl.Brod	29.020	26.698	32.150	26.275	1.322	3.633	3.590	2.074
3.	Vodoprivreda d.d N.Gradiška	10.313	11.166	13.757	13.190	253	577	818	306
4.	Šljunčara i separacija d.d.Sl.Šamac	9.792	8.287	10.747	17.036	227	169	197	96
5.	Vodoprivreda d.d. Karlovac	17.758	20.238	17.835	17.835	332	368	159	- 466
6.	Vodoprivreda d.d. Požega	12.247	10.855	11.190	16.756	566	15	-1.755	153
7.	Vodoprivreda d.d. Novska	7.882	7.961	5.153	5.338	3	116	-1.535	- 83
8.	Lonja-Strug d.d. Kutina	25.371	23.535	21.549	18.594	116	92	55	86
9.	Vodoprivreda d.d. Sisak	19.946	24.555	18.418	23.140	809	936	49	1.046
10.	Bistra d.o.o. Đurđevac	4.852	5.937	5.654	6.252	- 1.571	27	- 74	34
11.	Vodogradnja d.d. Rijeka	22.247	16.836	25.005	30.925	593	1.327	1.241	1.201
12.	Brana Virovitica d.o.o.	11.900	14.387	11.212	11.456	171	1.770	402	374
13.	Hidroregulacija d.d. Bjelovar	26.395	28.618	30.370	31.205	48	69	126	104
14.	Hidroing d.d. Varaždin	29.681	22.750	21.774	22.534	512	120	121	127
15.	Neretvanski sliv d.o.o. Opuzen	15.793	14.367	13.531	17.401	86	113	132	168
16.	Vodoprivreda Lonja-Zelina d.o.o. D.Selo	4.991	5.213	5.518	6.443	- 109	- 208	597	302
17.	Vodoprivreda d.d. Vinkovci	18.463	17.946	20.195	21.738	23	- 323	-3.367	129
18.	Vodoprivreda Zagorje d.d. Klanjec	21.377	16.476	16.435	15.334	143	75	267	96
19.	Vodoprivreda d.d. Vrgorac	9.560	7.894	8.415	6.861	125	127	173	74
20.	Cetina d.d. Sinj	28.158	26.639	25.948	28.029	156	88	39	376
21.	Vodoprivreda Split d.d.	36.323	39.373	39.439	48.463	454	1.851	1.463	619
22.	Vodoprivreda Imotski d.d.	19.070	26.931	14.572	22.389	359	242	- 4.444	1.752
23.	Vodogradnja Osijek d.d. *	25.009	27.104	20.238	19.681	28	68	397	132
24.	Vodogradnja Varaždin d.d. *	50.704	32.725	27.837	30.107	286	911	652	101
25.	Vodoprivredno projektni brio d.d. *	20.318	15.072	13.024	10.522	799	1.023	422	60
U K U P N O:		501.377	475.154	455.680	489.541	5.950	13.201	320	8.953

* Društva kćerke Hrvatskih voda

Izvor podataka: Završni računi društava

ostvarenje neto dobiti utjecale su značajne teškoće u društvima: Imotski, Vinkovci, Novska i Požega naslijeđenih iz ranijeg razdoblja. Postupak privatizacije u "Vodoprivredi" Imotski proveden je u 2001. godini, a u Vinkovcima koncem 2002. godine, te nisu imali utjecaja na poslovanje u 2000. godini.

Generalno se može konstatirati da proces privatizacije koji se provodi značajnije od 1999. godine nije imao negativni utjecaj na poslovanja trgovačkih društava u vodnom gospodarstvu. U velikoj većini, poslovanje društava je bilo stabilno uz rast ukupnog prihoda i ostvarene dobiti.

Hrvatske vode su provedbom privatizacije i prodajom 50 % temeljnog kapitala trgovačkih društava u svom vlasništvu (kćerke) i prijenosom 10 % temeljnog kapitala hrvatskim braniteljima, umanjile vrijednost vlasničkog portfelja za 17 milijuna kuna. Prijenosom vlasničkog udjela bez naknade ostalih vodnogospodarskih društava sa županija, Hrvatske vode su stekle 31 milijun kuna temeljnog kapitala u svom vlasništvu. Putem imenovanih članova nadzornih odbora i opunomoćenika na skupštinama, Hrvatske vode ostvaruju značajan utjecaj na poslovnu strategiju i politiku trgovačkih društava u vodnom gospodarstvu.

6. POPIS LITERATURE:

1. Programska koncepcija privatizacije vodnog gospodarstva, 1997. godina, mr. Tomislav Madžar
2. Privatizacija trgovačkih društava "Hrvatska vodoprivreda" prosinac 2000. godina, mr. Tomislav Madžar
3. Elaborati o procjeni vrijednosti društava vodnog gospodarstva - razne revizorske kuće
4. Računi dobiti i gubitaka trgovačkih društava za 1998., 1999., 2000. i 2001. godinu
5. Odluke i programi privatizacije trgovačkih društava (županije)
6. Zakoni: - Zakon o vodama (NN 107/95)
 - Zakon o financiranju vodnog gospodarstva (NN 107/95, 19/96 i 88/98)
 - Zakon o pretvorbi društvenih poduzeća (NN 19/91, 83/92, 94/93, 2/94 9/95)
 - Zakon o pretvorbi (NN 21/96)
 - Zakon o trgovačkim društvima (NN 113/93)

Autor:

mr.sc. Tomislav Madžar, dipl.oec., HRVATSKE VODE Zagreb, Ul. grada Vukovara 220,
Tel: 01/6307-431



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.11.

Ekonomske posljedice stanja hidromelioracijskih sustava za odvodnju u Hrvatskoj

Josip Marušić

SAŽETAK: Pored nedovoljnog stupnja izgrađenosti u Hrvatskoj je od 1991. g. u sve većoj mjeri izražen i problem nedovoljnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava za odvodnju. Posljedica toga je sve niži stupanj odvodnje odnosno pogoršanje vodnog i zračnog režima poljoprivrednih zemljišta. Zbog toga se povećavaju troškovi u procesu uzgoja (od sjetve do žetve) biljnih kultura uz istovremeno ostvarenje njihovih nižih priroda. I pored vrlo povoljnih prirodnih uvjeta proizvodnje i to kako za vlastite potrebe tako i za izvoz hrane, u Hrvatskoj je od 1991. g. prisutno stalno povećanje uvoza hrane. Povećanje proizvodnje biljnih kultura je moguće ostvariti izgradnjom novih te dogradnjom i redovitim održavanjem postojećih hidromelioracijskih objekata i sustava. To je vidljivo u dokumentiranim pokazateljima o troškovima izgradnje i održavanja te ostvarenim prirodima biljnih kultura odnosno njihovom povećanju na hidromelioriranim zemljištima. A to je sastavni dio programa poljoprivrede odnosno proizvodnje hrane, a ne samo vodnog gospodarstva u Hrvatskoj.

KLJUČNE RIJEČI: hidromelioracijski objekti i sustavi, izgradnja, održavanje, troškovi, prirodi biljnih kultura, ekonomske posljedice.

Economic Consequences of the Situation in the Hydromelioration Systems in Croatia

SUMMARY: Along with the insufficient level of a hydromelioration systems construction in the country, since 1991 Croatia has been faced with the problem that maintenance of its hydromelioration facilities and systems for drainage is of unsatisfactory quality. The result of this is visible in low level drainage and in bad quality of water and air regime in the agricultural land. For this reason, the expenses of plant cultivation are rising (from sowing-time to harvest-time) and the yields are falling. Even though the natural conditions are excellent for individual and national food production, Croatia has constantly been importing food since 1991. Construction of new and upgrading of the existing hydromelioration facilities and systems, and their regular and quality maintenance would result in increase in plant production. This is confirmed by documents indicating building expenses, maintenance expenses and achieved plant yields, and obvious increase on the hydromeliorated land. All these are agricultural and food production issues, and not only the problems to be resolved by the water management in Croatia.

KEYWORDS: hydro-melioration facilities and systems, construction, maintenance, expenses, crop yield, economic consequences

1. UVOD

Osnovna je zadaća hidromelioracijskih sustava (h. s.) stvarati i održavati vodni i zračni režim zemljišta prema zahtjevima najpovoljnijeg razvoja te ostvarenja visokih priroda biljnih kultura. A to je sastavni dio programa proizvodnje hrane i to kako za potrebe stanovnika Hrvatske tako i za potrebe izvoza. Uloga hidromelioracijskih objekata je i u odvodnji suvišnih voda s površina na kojima su izgrađena naselja, prometnice, gospodarski i ostali objekti te nizinskih površina pod šumskom vegetacijom. Terenska obilježja melioracijskih područja i zahtjevi optimalnog razvoja biljnih kultura uvjetuju potrebu i određuju projektno-izvedbena rješenja hidromelioracijskih objekata i sustava za odvodnju i navodnjavanje kao i provedbu odgovarajućih agrotehničkih mjera i radova. Zbog toga treba provoditi detaljna terenska snimanja i ispitivanja te sistematizirati i analizirati podatke topografskih, klimatskih, hidroloških, pedoloških, geomehaničkih i vegetacijskih podloga melioracijskih područja [3,9,15].

Dosadašnja su iskustva potvrdila da su najkvalitetnija rješenja hidromelioracijskih objekata i sustava za odvodnju ostvarena na melioracijskim područjima gdje su prethodno provedene (re)komasacije zemljišta [15]. Kako u velikim tako i malim razvijenim državama potvrđeno da su izgradnja i redovito održavanje zaštitnih objekata (za obranu od poplava) te hidrotehničkih objekata za odvodnju i navodnjavanje zemljišta preduvjet za razvoj poljoprivrede [13].

I pored vrlo povoljnih prirodnih uvjeta u Hrvatskoj ne zadovoljava stupanj izgrađenosti hidromelioracijskih objekata i sustava. To je posljedica nedostatka provedbe razvojnih programa vodnogospodarskih i poljoprivrednih djelatnosti - i to kako u sustavu bivše države tako i u samostalnoj Republici Hrvatskoj. Pored ratnih šteta u 1991. i 1992. g. od 1991. prisutno je stalno smanjenje sredstava slivne vodne naknade za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava koji su izgrađeni do 1990. g. Posljedica toga je i sve niži stupanj odvodnje i pogoršanje vodnog i zračnog režima poljoprivrednih zemljišta. *To je dovelo do smanjenja sjetvenih površina i priroda biljnih kultura uz istovremeno povećanje troškova u procesu njihove proizvodnje.* Pored ostalih i to je veliki razlog što je poljoprivreda sve veći uvoznik i sve manji izvoznik, iako ima uvjete i treba biti glavna gospodarska djelatnost Republike Hrvatske [1,8,20].

2. OSNOVNI POKAZATELJI O STUPNJU (NE)IZGRAĐENOSTI HIDROMELIORACIJSKIH OBJEKATA I SUSTAVA U HRVATSKOJ U 2002. G.

Na žalost od 1991. do 2002. g. nije bilo provedbe (re)komasacije zemljišta ni izgradnje novih hidromelioracijskih objekata i sustava za površinsku i podzemnu odvodnju kao i navodnjavanje zemljišta. U sklopu izrade Vodnogospodarske osnove Hrvatske (VOH) izvršena je sistematizacija relevantnih podataka za 34 Vodnogospodarske ispostave, i 5 Vodnogospodarskih odjela Hrvatskih voda - po odgovarajućim slivnim odnosno melioracijskim područjima Hrvatske u 2001. g. Razlike u odnosu na 1991. g. su nastale zbog ratnih razaranja i šteta u 1991. i 1992. g. te neodržavanja i prestanka funkcioniranja dijela hidromelioracijskih objekata i

sustava [5,19,20]. Sastavni dio toga je i promjena dijela kriterija za definiranje melioracijskih površina te stupnja (ne)izgrađenosti i funkcioniranje hidromelioracijskih objekata i sustava površinske i podzemne odvodnje.

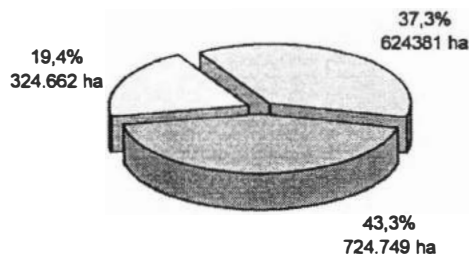
Sumarni pokazatelji o njima prikazani su na sl. 1 - kao podaci o vrsti, dužini i broju hidromelioracijskih objekata i sustava za odvodnju koji su najvećim dijelom izgrađeni na površinu s potpuno izgrađenim (724.749 ha) i dijelom izgrađenim hidromelioracijskim sustavima površinske odvodnje (324.662 ha) - na ukupno 1.049.411 ha. To se odnosi na 62,7% od ukupnih 1.673.792 ha (100%) melioracijskih površina na kojima je prema prirodnim obilježjima potrebna izgradnja i održavanje hidromelioracijskih objekata i sustava površinske odvodnje. Posebno je važno imati na umu izgrađenih 26.357 km melioracijskih kanala IV. i III. (MK) reda za odvodnju suvišnih voda najvećim dijelom s poljoprivrednih nizinskih melioracijskih površina. Na površinama s potpuno izgrađenim hidromelioracijskim sustavima površinske odvodnje prosječan razmak melioracijskih kanala je od 220 do 280 m - s prosječnom gustoćom kanalske mreže od 45,5 do 35,7 m/ha. Najviše izgrađenih hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje na 20.424 ha ostvareno je u 1985.g. [5]

Najsloženiji i najskuplji izgrađeni hidromelioracijski objekti su 75 crpnih stanica ukupnog kapaciteta 320,9 m³/s i snage 22.470 kW. Putem njih se vrši mehanička odvodnja suvišnih voda sa 272.000 ha nizinskih prirodno vrlo plodnih melioracijskih površina. Crpne stanice su u pogonu kada nema mogućnosti gravitacijske odvodnje zbog nepovoljnog odnosa vodostaja u melioracijskoj kanalskoj mreži i glavnim vodotocima pojedinih melioracijskih područja. I pored visoke cijene izgradnje te troškova rada i održavanja u praksi se potvrdila opravdanost izgradnje i funkcioniranja crpnih stanica za potrebe održavanja vodnog i zračnog režima na nizinskim poljoprivrednim zemljištima. A istovremeno putem crpnih stanica se odvodi i dio suvišnih voda s površinama pod naseljima, prometnicama te gospodarskim i ostalim objektima kao i najnižih šumskih površina [7].

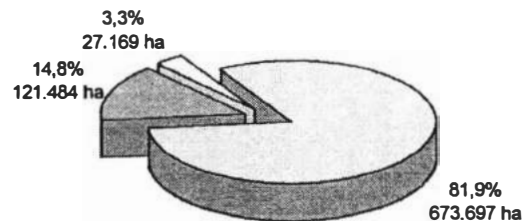
Na poljoprivrednim površinama s potpuno (121.484 ha) i dijelom (27.169 ha) izgrađenim hidromelioracijskim sustavima podzemne odvodnje izgrađeno je ukupno 53.089.480 m PVC drenažnih cijevi. Od navedene količine čak su 94,8% cijevi promjera 50, 65 i 80 mm (cijevi "sisala"), a samo 5,2% drenažne cijevi promjera 100, 125, 160, 180, 200 mm (cijevi "hvatala" i "kolektori"). Prosječna dubina ugradnje drenažnih cijevi "sisala" je od 0,90 do 1,30 m, a cijevi "hvatala" i "kolektori" (promjera 100, 125, 160, 180 i 200 mm) od 1,30 do 1,70 m. Posebno je važno imati na umu da je za funkcioniranje hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje glavni preduvjet kvalitetna izgradnja, ali i održavanje hidromelioracijskih objekata i sustava za površinsku odvodnju [2].

Prosječan razmak drenažnih cijevi "sisala" je 28,0 m, a njihova gustoća je 357,1 m/ha. Najviše drenažnih cijevi je ugrađeno 1985. g. - ukupno 7.181.100 m na 18.560 ha poljoprivrednih zemljišta. Nažalost od 1991. do 2002. g. hidromelioracijski sustavi za podzemnu odvodnju izgrađeni su na samo 1.230 ha!?! Istovremeno je od 15 do 60% smanjena razina funkcioniranja većeg dijela hidromelioracijskih sustava podzemne i površinske odvodnje na nizinskim poljoprivrednim površinama zbog neodržavanja odnosno prekomjernog zamuljenja i obraslosti melioracijskih kanala u koje se izliva suvišna podzemna voda [10,20].

POVRŠINSKA ODVODNJA
Ukupne melioracijske površine 1.673.792 ha



PODZEMNA ODVODNJA
% dani u odnosu na površinu 822.350 ha



- ☐ moguće riješiti odvodnju
- ☒ riješena odvodnja
- ☐ dijelom riješena odvodnja

Vodno područje (broj slivnih područja)	Melioracijske površine za odvodnju	Stupanj izgrađenosti hidromelioracijskih sustava				
		Površinska odvodnja			Podzemna odvodnja	
		potpuno	dijelom	netzgrađeni	potpuno	dijelom
Sava - ha	955.334	348.363	107.164	499.807	71.213	7.280
(13) %	57,1 (100)	48,1 (36,6)	33,0 (11,2)	80 (52,3)	68,6	26,8
Drave-Dunav - ha	626.439	362.240	204.696	59.503	48.197	19.889
(7) %	37,4 (100)	60,0 (67,8)	63,1 (32,7)	9,5 (9,5)	39,6	73,2
Primorje i Istra - ha	43.020	1.760	3.035	36.225	1.760	0
(6) %	2,6 (100)	0,2 (4,1)	0,9 (7,1)	6,1 (88,8)	1,5	
Dalmacija - ha	48.998	12.386	6.767	26.846	314.000	0
(8) %	2,9 (100)	1,7 (26,3)	3,0 (19,9)	4,3 (54,8)	0,3	
Ukupno Hrvatska - ha	1.673.792	724.749	324.662	624.381	121.484	27.169
(34) %	100 (100)	100 (43,3)	100 (19,4)	100 (37,3)	100	100

VRSTA I BROJ HIROMELIORACIJSKIH OBJEKATA ZA ODVODNJU		
1	Dužina glavnih vodotoka	8594 km
2	Dužina melioracijskih kanala III. i V. reda (SK i DK)	26357 km
3	Betonski cijevni propusti promjera 50-200 cm	21859 objekata
4	Betonski pločasti propusti otvora 200-1000 cm	1486 objekata
5	Betonske i kamene stepenice visine 80-120 cm	1085 objekata
6	Poluautomatski cijevni čepovi promjera 50-200 cm	506 objekata
7	Ostali hidromelioracijski objekti	1466 objekata
8	Crpne stanice broj	75 objekata
	ukupne snaga	22470 kw
	kapacitet	320,9 m ³ /s

Sl. . Osnovni pokazatelji o melioracijskim površinama i stupnju izgrađenosti hidromelioracijskih objekata i sustava za odvodnju u Hrvatskoj

3. TROŠKOVI IZGRADNJE HIDROMELIORACIJSKIH SUSTAVA POVRŠINSKE ODVODNJE

Prema provedenim analizama za potpuno izgrađene hidromelioracijske sustave površinske odvodnje od 1976. do 1990. g. na 265.497 ha poljoprivrednih zemljišta najzastupljeniji projektno-izvedbeni elementi melioracijskih kanala i odgovarajući troškovi su prikazani u tablici 1.

Tablica 1. Troškovi izgradnje hidromelioracijskih sustava gravitacijske površinske odvodnje (1. red - kn/ha; 2. red - EUR/ha; EUR = 7,45 kn)

Osnovni elementi kanala				Troškovi izgradnje sustava površinske odvodnje za razmake MK-IV. r. od 225 do 300 m i MK-III. r. od 800 do 1.200 m; m = 1,50			
MK-III. reda		MK-IV. reda		300 m	275 m	250 m	225 m
dubina m	iskop m ³ /m	dubina m	iskop m ³ /m	33,3 m/ha	36,4 m/ha	40,0 m/ha	44,4 m/ha
2,00	8,00	1,50	4,28	2.542 341	2.695 362	2.870 385	3.088 415
2,10	8,72	1,60	4,80	2.822 379	2.993 402	3.191 428	3.432 461
2,20	9,46	1,70	5,36	3.121 419	3.310 444	3.531 474	3.801 510
2,30	10,24	1,80	5,94	3.430 461	3.641 489	3.885 522	4.184 562
2,40	11,04	1,90	6,56	3.758 505	3.991 536	4.260 572	4.590 616
2,50	11,88	2,00	7,20	4.098 550	4.352 584	4.648 624	5.011 673
2,60	12,74	2,10	7,88	4.454 538	4.733 635	5.058 679	5.454 732

U ukupnim troškovima rad bagera i dozera je (8,00 kn/m³ odnosno 1,07 EUR/m³) 70% od ukupnih troškova izgradnje h. s. gravitacijske površinske odvodnje. Preostalih 30% troškova se odnosi na poslove izrade glavnog projekta te izvršenje pripremnih radova (čišćenje trasa MK od raslinja i panjeva) i izgradnja tipskih cijevnih i pločastih propusta na križanju MK i puteva [14,20].

Po navedenim odnosno najzastupljenijim projektno-izvedbenim elementima MK-III. i IV. reda i datim podacima u tablici 1 vidljivo je da su prosječni troškovi izgradnje hidromelioracijskih sustava gravitacijske površinske odvodnje od 2.542 do 5.454 kn/ha odnosno od 341 do 732 EUR/ha (tečaj EUR = 7,45 kn, siječanj 2003. g.). Imajući na umu da su hidromelioracijski sustavi površinske odvodnje u potpunosti izgrađeni na 724.749 ha i da su prosječni troškovi 3.998 kn/ha (536,6 EUR/ha) slijedi da su ukupni troškovi 2.897.546.502 kuna odnosno 388.900.314 EUR. Posebno treba imati troškove izgradnje 75 crpnih stanica ukupnog kapaciteta 320,9 m³/s koji se procjenjuju na iznos 219.014.250 kuna odnosno 29.397.886 EUR (prosječni troškovi 682.500 kn/m³/s ili 91.611 EUR/m³/s) [20].

4. TROŠKOVI ODRŽAVANJA HIDROMELIORACIJSKIH SUSTAVA GRAVITACIJSKE POVRŠINSKE ODVODNJE

Pored potrebe izgradnje novih neophodno je i kvalitetno održavanje kao i dogradnja postojećih hidromelioracijskih objekata i sustava. U skladu s najzastupljenijim projektno-izvedbenim elementima melioracijskih kanala III. i IV. reda (kao i za izgradnju pod r. b. 3) dati su relevantni pokazatelji u tablici 2.

Tablica 2. Ukupni troškovi poslova redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava gravitacijske površinske odvodnje (1. red - kn/ha; 2. red - EUR/ha; EUR = 7,45 kn)

MK-III. reda		MK-IV. reda		Ukupni troškovi poslova redovitog održavanja hidrom. sustava			
dubina m	površina m ² /m	dubina m	površina m ² /m	300 m 33,3 m/ha	275 m 36,4 m/ha	250 m 40,0 m/ha	225 m 44,4 m/ha
2,00	9,20	1,50	7,40	156,0 26,9	165,9 22,3	177,5 23,8	183,8 24,7
2,10	9,56	1,60	7,76	158,9 21,3	169,0 22,7	180,8 24,3	194,6 26,1
2,20	9,92	1,70	8,12	161,8 21,7	172,1 23,1	184,2 24,7	197,3 26,5
2,30	10,28	1,80	8,48	164,7 22,1	175,5 23,6	189,5 25,4	202,8 27,2
2,40	10,64	1,90	8,84	167,6 22,5	178,3 23,9	190,9 25,6	205,6 27,6
2,50	11,00	2,00	9,20	170,5 22,9	181,4 24,4	193,9 26,0	209,3 28,1
2,60	11,36	2,10	9,56	173,4 23,3	184,5 24,8	197,6 26,5	212,9 28,6

- *Prosječni troškovi poslova održavanja hidromelioracijskih sustava gravitacijske površinske odvodnje su od 156,0 do 212,9 kn/ha odnosno od 20,9 do 28,6 EUR/ha, a to je od 3,9 do 6,1% od troškova njihove izgradnje [11,14,20]. Relevantni troškovi održavanja su određeni na osnovu slijedećih jediničnih cijena:*

- jednokratna košnja pokosa i bankina (1,5 puta godišnje): 0,14 kn/m² (0,019 EUR/m²), 36,0%
- jednokratna košnja dna kanala (1,5 x godišnje): 0,57 kn/m² (0,077 EUR/m²), 12,0%
- izmuljenje - čišćenje dna kanala (svake 4 godine): 6,05 kn/m² (0,81 EUR/m²), 40%
- ostali poslovi održavanja sudjeluju sa 12% u ukupnim troškovima održavanja h. s. gravitacijske površinske odvodnje.

Za poslove redovnog održavanja potpuno izgrađenih h. s. gravitacijske površinske odvodnje na 724.749 ha potrebna su sredstva slivne vodne naknade u iznosu 133.716.190 kn odnosno 17.948.482 EUR. Za poslove redovnog održavanja dijelom izgrađenih h. s. gravitacijskih sustava površinske odvodnje na 324.662 ha potrebna su sredstva slivne vodne naknade u iznosu 44.803.360 kn odnosno 6.013.873 EUR. Posebno treba imati na umu potrebu sredstava u iznosu 64.394.850 kn za poslove redovnog održavanja i rada 75 crpnih stanica. Za poslove redovnog održavanja glavnih lokalnih vodotoka (dijela MK-II. reda) slivnih odnosno melioracijskih područja potrebna su sredstva u iznosu od 84.440.700 kn. *Iz navedenih pokazatelja je vidljivo da je za poslove redovnog održavanja hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje potrebno osigurati sredstva u iznosu 327.355.100 kn odnosno 43.940.282 EUR godišnje.* Od 1991. do 2001. g. sredstva slivne naknade s melioracijskih površina ostvarena su od 18 do 42% od potrebnih za troškove minimalnog održavanja h. s. površinske gravitacijske odvodnje [17,20]. A posebna odnosno dodatna sredstva treba osigurati za poslove uređenja i održavanja bujičnih vodotoka te zaštitu od erozijskih procesa pojedinih slivnih odnosno melioracijskih područja. Također je važno imati na umu da je za funkcioniranje hidromelioracijskih objekata i sustava površinske odvodnje glavni preduvjet redovno održavanje i dogradnja postojećih te izgradnja novih zaštitnih hidrotehničkih objekata za zaštitu od poplavnih voda rijeka i bujičnih vodotoka [12,16,20].

5. PRIRODI PŠENICE I KUKURUZA NA POVRŠINAMA S (NE)IZGRAĐENIM HIDROMELIORACIJSKIM SUSTAVIMA ZA ODVODNJU

Na osnovu sistematiziranih i analiziranih podataka od 1976. do 1990. g. odnosno 2000. g. daju se osnovni pokazatelji o ostvarenim prirodima pšenice i kukuruza na površinama s potpuno i dijelom izgrađenim hidromelioracijskim sustavima površinske i podzemne odvodnje. U sklopu ostvarenih priroda treba imati na umu i zasijane odnosno žetvene površine pšenice i kukuruza [11,18,20].

Tablica 3. Ostvareni prirodi pšenice i kukuruza od 1976. do 2000. g.

Hidromelioracijski sustavi za odvodnju - stupanj izgrađenosti i održavanja	Ostvareni prirodi (t/ha)					
	pšenica			kukuruz		
	min.	sred.	maks.	min.	sred.	maks.
- <i>Površinska i podzemna odvodnja - izgrađena</i>						
1. redovno održavani 1981.-1990.g.	5,70	7,41	8,74	6,89	8,03	9,98
2. dijelom održavani 1991.-2000.g.	4,75	6,23	7,22	5,94	6,75	8,18
3. bez održavanja 1991.-2000.g.	3,93	4,36	5,95	4,89	5,82	6,88
- <i>Površinska odvodnja - potpuno izgrađeni</i>						
a) redovno održavani 1981.-1990.g.	4,22	5,19	6,03	5,11	6,12	7,18
b) dijelom održavani 1991.-2000.g.	3,25	4,13	4,57	3,99	4,68	5,56
c) bez održavanja 1991.-2000.g.	2,54	3,11	3,72	3,26	3,72	4,49
- <i>Površinska odvodnja - dijelom izgrađena</i>						
a) redovno održavani 1976.-1990.g.	3,37	3,92	4,16	4,06	4,38	5,06
b) dijelom održavani 1976.-2000.g.	2,60	2,97	3,34	3,08	3,29	3,69
c) bez održavanja 1991.-2000.g.	1,98	2,32	2,68	2,46	2,67	2,97
4. <i>Prosjek za R. Hrvatsku 1976.-2000.g.</i>	3,04	3,80	5,02	3,84	4,47	5,16
5. <i>Prosjek Slavonije i Baranje 1976.-2000.g.</i>	4,04	4,97	6,50	4,26	5,68	7,08

Pored navedenih podataka o ostvarenim prirodima bitno je imati na umu i zasijane odnosno žetvene površine pšenice i kukuruza, a osnovni pokazatelji su slijedeći:

	<u>1976.-1990.g.</u>	<u>1991.-2000.g.</u>	<u>Razlika</u>
Ukupno zasijane površine u Hrvatskoj	1.334.224 ha	970.642 ha	-363.582 ha
Žetvene površine pšenice u Hrvatskoj	323.106 ha	218.645 ha	-104.401 ha
Žetvene površine kukuruza u Hrvatskoj	502.131 ha	383.899 ha	-118.232 ha
Žetvene površine pšenice u Slavoniji i Baranji	143.841 ha	107.980 ha	-35.801 ha
Žetvene površine kukuruza u Slavoniji i Baranji	204.015 ha	156.442 ha	-47.573 ha

Posebno su dati pokazatelji za Slavoniju i Baranju zbog visokog stupnja i učešća izgrađenosti hidromelioracijskih sustava površinske i podzemne odvodnje u odnosu na ostala melioracijska područja Hrvatske. Također je važan podatak da su na 490.484 ha Slavonije i Baranje provedene (re)komasacije i hidromelioracije zemljišta od 1956. do 1990. g., a to je 77,7% od ukupno hidromelioriranih zemljišta u Hrvatskoj (631.648 ha) u navedenom razdoblju [15,20].

6. EKONOMSKI POKAZATELJI UTJECAJA STUPNJA IZGRAĐENOSTI I ODRŽAVANJA HIDROMELIORACIJSKIH SUSTAVA ZA ODVODNJU

Podaci o zasijanim odnosno žetvenim površinama i ostvarenim prirodima pšenice i kukuruza (tablica 3) potvrđuju potrebu i ekonomsko značenje izgradnje novih te dogradnje i održavanja postojećih hidromelioracijskih objekata i sustava za odvodnju. U sklopu toga bitno je sagledati relevantne pokazatelje troškova izgradnje i održavanja hidromelioracijskih sustava za odvodnju u odnosu na količine smanjenih priroda i njihove vrijednosti zbog nedovoljnog stupnja izgrađenosti i još nižeg stupnja održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava u Hrvatskoj.

Na osnovu podataka u tablici 1, 2 i 3 osnovni prosječni pokazatelji su slijedeći:

Troškovi izgradnje h. s. površinske odvodnje od 2.542 do 5.454 kn/ha o vrijednosti priroda pšenice je od 4.009 do 5.181 kn/ha - godišnje.

Troškovi redovnog održavanja h. s. površinske odvodnje od 156 do 213 kn/ha što je od 3,9 do 6,1% troškova njihove izgradnje.

Prirodi pšenice na redovno održavanim h. s. od 4,22 do 6,03 t/ha što iznosi od 4.009 do 5.729 kn/ha, a troškovi održavanja su od 3,7 do 3,9% ostvarene vrijednosti pšenice.

Prirodi pšenice na dijelom održavanim h. s. od 3,25 do 4,57 t/ha što iznosi od 3.088 do 4.342 kn/ha, a troškovi održavanja su od 4,9 do 5,1% ostvarene vrijednosti pšenice.

Prirodi pšenice na neodržavanim h. s. od 2,54 do 3,72 t/ha što iznosi od 2.413 do 3.534 kn/ha, a troškovi održavanja su od 6,0 do 6,5% ostvarene vrijednosti pšenice.

Posebno je važno imati na umu odnos smanjene vrijednosti priroda pšenice i troškova poslova redovnog održavanja h. s. gravitacijske površinske odvodnje kao i njihovog ne izvršavanja. Na površinama s dijelom održavanim h. s. površinske odvodnje smanjenje priroda pšenice je za 0,97 do 1,46 t/ha što iznosi od 922 do 1.387 kn/ha. A troškovi poslova redovnog održavanja su od 156 do 213 kn/ha što je od 15,4 do 16,9% smanjene vrijednosti pšenice. Također je važna konstatacija da su prosječni troškovi poslova redovnog održavanja gravitacijskih h. s. površinske odvodnje od 3,7 do 3,9% vrijednosti ostvarenih priroda pšenice (4,22 do 6,03 t/ha). A zbog njihovog neodržavanja smanjenje vrijednosti priroda pšenice je od 1.520 do 2.195 kn/ha što odgovara prirodu (od 1,68 do 2,31 t/ha) [8,20].

Potvrda potrebe izgradnje i redovnog održavanja h. s. površinske odvodnje vidljiva je u vrijednosti priroda kukuruza na površinama s potpuno i dijelom te bez njihovog redovnog održavanja. U još većoj mjeri to je izraženo na površinama s potpuno izgrađenim h. s. površinske i podzemne odvodnje (r. b. 1 u tablici 3). U svezi ostvarenih priroda pšenice i kukuruza posebno treba analizirati utjecaj primjene odgovarajućih agrotehničkih mjera u procesu uzgoja biljnih kultura. Ali je bitno imati na umu da njihovi efekti također ovise o stupnju izgrađenosti i održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava površinske i podzemne odvodnje. Također je bitan podatak da je za poslove redovnog održavanja h. s. površinske odvodnje na 1.049.411 ha godišnje potrebno prosječno 327.355.100 kn odnosno 43.940.282 EUR, a to je samo 3,7% od iznosa (1.123.800.000 EUR) kojeg je R. Hrvatska potrošila za uvoz hrane u 2002. g.

7. ZAKLJUČAK

Od ukupnih potreba u Hrvatskoj na 1.673.792 ha hidromelioracijski sustavi površinske odvodnje u potpunosti su izgrađeni na 43,3%, dijelom na 19,4%, a nisu izgrađeni na 37,3% melioracijskih odnosno poljoprivrednih zemljišta. Hidromelioracijski sustavi

podzemne odvodnje su potpuno izgrađeni na 14,8%, a dijelom na 3,3% - od ukupnih potreba na 822.350 ha (100%). Najsloženiji i najskuplji hidromelioracijski objekti za odvodnju 272.000 ha nizinskih površina su 75 crpnih stanica ukupnog kapaciteta 320,9 m³/s i snage 22.470 kW. Prosječni troškovi izgradnje h. s. gravitacijske površinske odvodnje su od 2.542 do 5.454 kn/ha odnosno od 341 do 732 EUR/ha, a troškovi njihovog održavanja od 156 do 213 kn/ha. Na površinama s potpuno izgrađenim i redovito održavanim h. s. površinske odvodnje prosječni prirodi pšenice su od 4,22 do 6,03 t/ha, a kukuruza od 5,11 do 7,18 t/ha. Na površinama bez redovitog održavanja h. s. površinske odvodnje prosječni prirodi pšenice su od 2,54 do 3,72 t/ha, a kukuruza od 3,26 do 4,49 t/ha. Troškovi poslova redovitog održavanja h. s. gravitacijske površinske odvodnje su od 3,7 do 3,9% od prosječne vrijednosti priroda pšenice. Vrijednost priroda pšenice na površinama bez redovitog održavanja h. s. je manja za 62,1 do 66,1%, a kukuruza za 56,7 do 60,0% od vrijednosti priroda na površinama s redovito održavanim h. s. površinske odvodnje. Imajući na umu ostvarene prirode (tablica 3) pšenice i kukuruza i njihove vrijednosti, vidljive su negativne ekonomske posljedice neodržavanja h. s. površinske. A zbog smanjenog stupnja održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava sve je lošiji vodni i zračni režim poljoprivrednog zemljišta. Posljedica toga su povećani troškovi proizvodnje i smanjeni prirodi biljnih kultura te sve veći troškovi uvoza hrane u Hrvatsku.

POPIS LITERATURE

1. Marušić, J.: Eksploatacija hidromelioracijskih sustava za potrebe poljoprivredne proizvodnje, Savjetovanje "Potencijalne mogućnosti korištenja tla u cilju intenziviranja ratarske proizvodnje za potrebe zemlje i izvoza", Dubrovnik, 1987., str. 195-207.
2. Marušić, J.: Experience and effects of installation of pipe drainage on agricultural land in Yugoslavia, International Commission on irrigation and drainage, Dubrovnik, 1988, Volume 3, p. 66-78.
3. Marušić, J.: Postojeći i planirani razvoj hidromelioracija u Hrvatskoj od 1986. do 2005. g., Seminar iz regulacija i melioracija, autorizirana predavanja, DGIT i DONH Zagreb, 1990., str. 1-46.
4. Racz, Z.; Vidaček, Ž.; Čamdžić, S.; Marušić, J.: Racionalno korištenje dreniranih površina u intenzivnoj ratarskoj proizvodnji, Poljoprivredne aktualnosti, 39, 3-4, Zagreb, 1991., str. 405-420.
5. Marušić, J.: Analiza građenja hidromelioracijskih sustava u Hrvatskoj od 1975. do 1990. g., Građevinar, 44, Zagreb, 1992., str. 445-452.
6. Tomić, F.; Marušić, J.: Hidrotehničke melioracije - preduvjet razvitka hrvatske poljoprivrede, Savjetovanje "Strategija dugoročnog razvitka hrvatske poljoprivrede", Zagreb, 1993., str. 180-189.
7. Tomić, F.; Marušić, J.: Uloga melioracija u razvoju agrara Hrvatske, Poljoprivredne aktualnosti, 30, Zagreb, 1994., str. 413-420.
8. Mađar, S.; Marušić, J.; Tomić, F.: Hidrotehničke melioracije u Hrvatskoj i stupanj urednosti poljoprivrednog zemljišta u Hrvatskoj, Nacionalno izvješće Republike Hrvatske za Svjetski skup o hrani, Zagreb, Rim, 1996., str. 1-14 i 1-15.
9. Tadić, L.; Marušić, J.: Efekti podzemne odvodnje na slivu Karašice i Vučice, Građevinar, 48, Zagreb, 1996., str. 719-726.

10. Marušić, J.: Održavanje hidromelioracijskih sustava za odvodnju u Hrvatskoj, Građevni godišnjak '97, HSGI, Zagreb, 1997., str. 329-372.
11. Marušić, J.; Mađar, S.; Tomić, F.: Hidromelioracijski sustavi za odvodnju, sjetvene površine i prirodi pšenice i kukuruza u Hrvatskoj od 1976. do 1996. g., Hrvatske vode, 6, 22, Zagreb, 1998., str. 1-20.
12. Vidaček, Ž.: Gospodarenje melioracijskim sustavima odvodnje i natapanja, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Hrvatsko društvo za odvodnju i navodnjavanje, Zagreb, 1998., str. 1-168.
13. Bagić, A.; Holjević, D.; Kos, Z.; Marušić, J.; Romić, D.; Tomić, F.: Nacionalno izvješće o ulozi vode u proizvodnji hrane i razvoju sela, Nacionalni odbor Hrvatskog društva za odvodnju i navodnjavanje, Zagreb, 1999., str. 1-42.
14. Marušić, J.: Značenje i troškovi građenja i održavanja hidromelioracijskih objekata i sustava za odvodnju, Sabor hrvatskih graditelja 2000., Cavtat, 2000., str. 741-754.
15. Marušić, J.: Komasaacije i hidromelioracije zemljišta - preduvjet dugoročnog i stabilnog razvitka poljoprivrede, Geodetski list, Zagreb, 2000., str. 105-120.
16. Racz, Z.; Gereš, D.; Hak, N.; Marušić, J.: Aktualna pitanja integralnog gospodarenja i zaštite tla i voda u poljoprivrednoj proizvodnji Hrvatske, IX. Kongres hrvatskog tloznanstvenog društva, Gospodarenje i zaštita tla za buduće generacije, Brijuni, 2001., Hrvatske vode, 10, 38, Zagreb, 2001., str. 1-22.
17. Zakon o vodama i Zakon o financiranju vodnog gospodarstva, N.N. 107, Zagreb, 1995., str. 2910-2936-2943.
18. Hrvatska gospodarska komora: Podaci o zasijanim i žetvenim površinama i prirodima glavnih biljnih kultura u Hrvatskoj od 1996. do 2001. g., Zagreb, 2001. g.
19. Hrvatske vode, Zavod za vodno gospodarstvo: Vodnogospodarska osnova Hrvatske, Sustavi melioracijske odvodnje, Podaci vodnogospodarskih odjela i ispostava Hrvatskih voda - postojeće stanje hidromelioracijskih sustava za odvodnju u Hrvatskoj, Zagreb, 2001. i 2002.
20. Marušić, J.: Optimalizacija hidromelioracijskih sustava za odvodnju, istraživačko-znanstveni projekt, Ministarstvo znanosti i tehnologije i Hrvatske vode, Zagreb, 1998.-2002.

Autor:

prof. dr. sc. Josip Marušić, dipl. ing. građ., redoviti član Akademije tehničkih znanosti,
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU, GRAĐEVINSKI FAKULTET, ZAGREB,
Kačićeva 26, tel.: 01/4827-004; fax: 01/4561-238; e-mail: marusic@master.grad.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.12.

Protupožarno gospodarenje vodom u starom Osijeku

Vladimir Muljević

SAŽETAK: U prošlim stoljećima većina stambenih zgrada u Hrvatskoj i Slavoniji bila je sagrađena od drveta, pa je opasnost od požara bila veoma velika. U Osijeku su već XVIII stoljeću postojali propisi za zaštitu od požara, a 1875. godine osnovano je "Dobrovoljno vatrogasno društvo". U svrhu osiguranja dovoljne količine vode za gašenje požara postojali su u starom Osijeku različiti propisi o dopremi i čuvanju vode u kućama. Za dobivanje vode služili su gradski bunari i zdenci, a i rijeka Drava.

KLJUČNE RIJEČI: drvo, požar, zaštita, voda, vatrogastvo, štrcaljka, gašenje, protupožarni propis.

Fire-protection Management With Water in Old Osijek

SUMMARY: In the past centuries, most of residential houses in Slavonia and Croatia have been built from wood. Therefore, the danger of fire was very great. Already in 17th century, the city of Osijek promulgated the first fire protection regulations, and in 1875 the Voluntary Fire Society was established.

In order to provide sufficient quantity of necessary fire-fighting water, old Osijek had enforced different rules for supply and storing of water in houses. The water was tapped from the city wells and the river Drava.

KEYWORD: wood, fire, protection, water, fire fighting, extinguishing, fire engine, fire-protection regulations

Protupožarno gospodarenje vodom u starom Osijeku

Slavonija je oduvijek bogata drvetom, a posebno hrastovinom. Bila je pokrajina u kojoj su se u prošlim stoljećima stambene zgrade gradile od hrastovih dasaka i greda. To je vrijedilo ponajprije za sela, a često i za manja mjesta pa i gradove. Jedan od tih bio je dakako i Osijek.

Opasnost od požara u takovim mjestima bila je velika, pa su tijekom proteklih stoljeća zabilježeni česti i veliki požari koji su uništili dijelove Varaždina, Zagreba, Križevaca, a i drugih mjesta u Hrvatskoj i Slavoniji. Ulice u nekim mjestima bile su popločene oguljenim, isušanim drvenim trupcima koji su također bili izvrgnuti opasnosti od požara. Zaštita od požara bila je već organizirana u antičko doba, pa su Rimljani imali i vojnički organizirane vatrogasne čete u Rimu i svim većim gradovima carstva.

Nakon ovih, Nijemci su već u XIII stoljeću pokušali organizirati vatrogastvo. Tijekom XIV, XV i XVI stoljeća mnogi su gradovi u Europi stradali od požara. Stoga su u svim

tadašnjim državama postojali propisi o tome kako se u slučaju požara imaju vladati građani. Najstariji štampani pravilnik o tome objavljen je 1557. godine u Beču, a sadrži 23 odredbe za slučaj požara.

Prvi vatrogasni zbor po modernim načelima osnovao je 1738. godine u Americi u gradu Philadelphiji znameniti učenjak Benjamin FRANKLIN (1706-1790). On se bavio pitanjima atmosferskog elektriciteta, a izumio je i munjovod. Bio je i diplomat, pa je kao izaslanik USA boravio u Parizu i Engleskoj. Ondje se je upoznao i sa našim znanstvenikom Ruđerom Boškovićem (1711-1787).

Vatrogastvo je organizirano u Parizu 1747. godine, a u XIX stoljeću osnivaju se slične organizacije u cijeloj Europi.

Varaždin 1864. godine, kao prvi u nas, osniva prvi hrvatski dobrovoljni požarno-obrambeni zbor. U Sisku i Otočcu 1865., a u Ludbregu 1869. god. u Zagrebu 1870. god., u Karlovcu i Novoj Gradiški 1871.god. Vatrogasno je društvo osnovano 1875. godine u Osijeku Donjem Gradu.

F e u e r l ö s c h -
O r d n u n g
für die
königliche Freystadt
ESZEK.



E s s e g g,
gedruckt bei M. A. Diwalb, k. k. priv. Buchdrucker.

1 8 3 9.

Treba napomenuti da je Osijek imao već i prije različite vatrogasne propise. Nakon što su 1687. god. Turci napustili Osijek ondje je 1698. godine izgrađen Donji Grad i tada stupa na snagu Gradski statut kojega su izdali carski komesari grof. CARAFA, te MAYERN i FÜRSTENBUSCH. To je bio prvi statut za upravu nove općine. U točkama 9., 10. i 12. ovog statuta predviđaju se mjere za slučaj požara. Između ostalog bilo je propisano redovito čišćenje dimnjaka i pripremanje posuda s vodom za gašenje požara. I unatoč ovim propisima općinske se vlasti u Osijeku nisu isticale pri izvršenju ovih propisa.

Austrijski vladin savjetnik von TAUBE koji je 1776. god. proputovao Slavonijom ustanovio je da policijska služba nije dobra, te da ona nema propisa za obranu od požara. Nakon toga 1788. godine objavljen je patent cara i hrvatsko-ugarskog kralja Josipa II (1780-1790) kojim je propisana briga protiv požara. Supotpisnici tog patenta bili su Karol grof PALFFY te MIHALY od Mihlosa. Ovaj je patent, odnosno ukaz bio objavljen i na hrvatskom jeziku, a sadržavao je 56 paragrafa koji su propisivali što se ima činiti da se građani osiguraju od požara.

Osijek je 1809. god. proglašen slobodnim kraljevskim gradom, a tada je imao 4.000 stanovnika. Prije spomenuti je patent poslužio za sastavljanje protupožarnih propisa grada Osijeka, pod nazivom "Feuerlösch-Ordnung für die hönigliche Freistadt Eszeke" objavljen 1839. godine u DIWALD tiskari u Osijeku.

Ovim se propisom naređivalo svim osječkim građanima, cehovima i općinskim djelatnicima što treba raditi u slučaju požara i što se sve treba poduzeti, da se opasnost od vatre svede na najmanju mjeru.

Činjenica je međutim bila da je tada nehat građana i Općine bio velik. Vatrogasnih sprava uopće nije bilo. Jedino je vojska, tj. tadašnja tvrđavska komanda posjedovala štrcaljke i druge vatrogasne sprave koje je stavljala na raspolaganje tek nakon uvida o požaru, posebne komisije.

Vojska je u interesu građana zamolila magistrat da građane uputi da kuće i gospodarske zgrade dadu pokriti crijepom i da uklone drvena stubišta i hodnike. Ulice u unutrašnjosti grada bile su u veoma lošem stanju, tako da su teška vozila, vatrogasne štrcaljke i kola za dopremu vode bila izvrgnuta opasnosti da se raspadnu.

Spomenuti "Feuerlösch-Ordnung" iz 1839. godine ima 31. strana. U 74 paragrafa sabrano je sve što je gradski magistrat smatrao potrebnim da odredi u pogledu osiguranja imetka i života svojih građana.

Govori se o gradnji zgrada i ukidanju stanovanja po tavanima, zatim o izradi dimnjaka, te o važnim obrtima i njihovom s vatrom. Spominju se i pušači i dozvola pušenja u prostorijama. Propisi govore i o ophodnjama koje noću čuvaju grad.

Da bi se požar što brže lokalizirao treba: dovoljna količina vode i svrsishodne sprave te red pri gašenju vatre.

Pitanjima vode posvećena je posebna pažnja. Naglašava se da je Tvrđava snabdjevena dovoljnom količinom vode iz obaju vodoskoka kraj kipa Sv. Trojstva, pa je potrebno da su njihovi bazeni uvijek puni. Ovdje se govori o vodoskocima koji su građeni 1761. godine.

Kao izvori vode dolaze u obzir i oba bunara na glavnom trgu i zdenac kod bolnice i odgajališta.

Donji, Gornji i Novi grad oskudijevaju vodom, jer ondje nema javnih bunara. Stoga bi trebalo da se kod kipa Sv. Florijana iskopa bunar.

Oba zdenca u Gornjem gradu i to onaj kod Rokove crkvice i drugi na glavnom trgu, imaju biti u najboljem stanju. Tamo trebaju stajati bačve napunjene vodom. U slučaju potrebe upotrijebiti će se i privatni bunari.

Svi prolazi do rijeke Drave moraju u svako doba biti slobodni i pristupačni. Gradska požarna kola moraju kroz čitavu godinu biti napunjena vodom. Svaka kuća mora držati jedno ili dva bureta vode na tavanima. Ovo se odnosi i na crkve.

Pravilnikom se predviđa da se nabave nove štrcaljke i veća kola za dopremu vode. Svaka kuća mora imati ljestvi i 1 do 2 akeova (stara mađarska mjera za tekućinu).

Bilo je propisano da posjednici konja i tegleće marve, koji nisu određeni kao pretpreg za štrcaljke i za kola za vodu, imaju pod prijetnjom najstrožih kazni dovesti do garišta vodu u vlastitim bačvama.

Na prvi znak o požaru, svi nosači vode imaju se vlastitim kantama i amperima pohitati do vode.

Propisi su predviđali i određene dužnosti za sve vrste cehova i obrtnika u slučaju požara. Ove su se odnosile na sve štrcaljke, ampere, ljestve. Domaćica i služinčad morali su rasvijetliti prozor i ulice fenjerima i pripremiti dovoljno vode. U slučaju nužde morale su polijevati krovove i odstraniti lako upaljive predmete i materijale, kao trsku, kudelj i ostalo. Ribari, brodari i mlinari morali su pumpati vodu iz Drave. Krajem XVIII stoljeća bilo je u Osijeku 34 vodenice na Dravi.

Lica koja su se istakla pri gašenju požara biti će javno nagrađena. Tko prvi doveze bure sa vodom, dobiti će jedan dukat u zlatu, drugi 2/3, a treći 1/3 dukata. Ove nagrade razdijeliti će magistrat, na teret kućevlasnika, odnosno ljudi koji su skrivili požar. Osim toga krivci će biti pozvani na odgovornost.

Pravilnikom je bilo predviđeno da će gradska općina u Osijeku svake godine u mjesecu ožujku izvršiti točan raspored dužnosti građana u slučaju požara.

Ovaj kratki osvrt na protupožarne propise grada Osijeka objavljen 1839. godine pokazuje da je Osijek već sredinom XIX stoljeća bio tehnički razvijen grad u kojem je 1853. godine osnovano Trgovačko-obrtnička komora. 1856. Pivovara i carsko-kraljevska privilegirana Tvornica šibica, jedna od prvih u srednjoj Europi, a zatim 1858. i telegrafski ured, 1869. željeznička pruga, 1870. Realna gimnazija.

Literatura:

1. Brlić, A.E.: "Mjere proti požaru u starom Osijeku", knjiga Osijek, 1935.
2. Hrvatski leksikon knjiga II, Zagreb, 1997. Naklada leksikon d.d.

Autor:

Prof. emer. Dr. techn. Vladimir MULJEVIĆ

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, Unska ul. 3. tel. 6129850



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.13.

Informacijski sustav u upravljanju vodama

Višnja Omerbegović, Veljko Zimonić, Nataša Benić-Einbüchler

SAŽETAK: Informacijski sustav u upravljanju vodama - Informacijski sustav voda ima zadatak da kontinuirano prikuplja i prati podatke o vodnim resursima i sustavima kao i korisnicima resursa, te služi kao pouzdana i kvalitetna potpora za planiranje, projektiranje, utvrđivanje, donošenje odluka i upravljanje vodama.

Informacijski sustav voda treba biti strateška informacijska jezgra upravljanja vodama, a to znači da treba omogućiti analize, prognoze, predviđanja, optimalizaciju resursa, izradu alternativnih rješenja za buduće strateške i operativne vodnogospodarske aktivnosti.

KLJUČNE RIJEČI: podatak, informacija, informacijski sustav, informacijska i komunikacijska tehnologija, informacijska infrastruktura, informacijsko upravljanje, virtualno okruženje, Internet, MERISE.

Information System in Water Resources Management

SUMMARY: Water Information System (WIS) should continuously collect and monitor the data about water resources and systems, as well as system users, and act as a reliable and quality support for planning, design, decision-making and water management in general, both in Hrvatske Vode (*Croatian Waters*) and the National Water Directorate.

WIS should be a strategic information core in water management, which means it should provide the basis for analyzing, forecasting, resource optimization, design of alternate solutions for future strategic and operational activities.

KEYWORDS: data, information, information system, information and communication technology, information infrastructure, information management, virtual environment, Internet, MERISE

UVOD

U svijetlu kritične uloge koju voda i vodna bogatstva imaju na budućnost čovjeka, kao i na zaštitu i očuvanje prirodnog bogatstva, nameće se potreba za kvalitetnim, pravovremenim i pouzdanim podacima i informacijama. Njihova zadaća je da poboljšavaju procjene i spoznaje, ali i povećavaju znanje o složenim interakcijama vode, prirode i čovjeka, te pomažu u donošenju strateških i operativnih odluka u važnoj djelatnosti kao što je gospodarenje i upravljanje vodama.

INFORMACIJSKA TEHNOLOGIJA I INFORMACIJSKI SUSTAV

Informacijska i komunikacijska tehnologija, (IT) koju čine računalna i mrežna oprema, omogućava prijenos i uporabu svih vrsta informacija, a predstavlja i najprodorniju

generičku tehnologiju današnjice [5]. IT je imperativ suvremenog poslovanja [7] i temelj je ekonomije 21. stoljeća. Tako je tehnologija geografskog informacijskog sustava (GIS) omogućila izgradnju hidrološkog modela u kojem su sintetizirane prostorno-geografske i vremenske značajke vodnih resursa u cilju dobivanja kvalitetnije hidrološke analize i boljeg, što bližeg stvarnosti, modeliranja [3].

Informacijska infrastruktura sačinjena od: IT; podataka i informacija; ljudi, usluga i znanja; objedinjena i integrirana u vodno gospodarstvo, čini temelj informacijskog i poslovnog odlučivanja i upravljanja vodama.

Prema metodi MERISE [1] kojom je modeliran informacijski sustav, odnos sustava informacija iz domene vodnoga gospodarstva, informacijskog sustava (IS) kojeg čini IT podaci i informacije, kao i onoga što je uključeno u Projekt informacijskog sustava voda (ISV-sustav za informatizaciju) prikazan je shematski na slici 1.

ZNAČAJKE VODNOGOSPODARSKIH PODATKA I INFORMACIJA

Vodno gospodarstvo se temelji na podacima koji se odnose na vodne resurse, vodne sustave i njihove korisnike. Opseg podataka kojima se oni mogu i trebaju opisati je vrlo veliki. Gospodarenje i upravljanje vodama se sastoji od niza aktivnosti kao što su planiranje, projektiranje, građenje, izvršavanje, održavanje i praćenje, koje nije jednostavno jednoznačno opisati niti, postupkom formalizacije i apstrakcijom, svesti u odgovarajući model. Integralno gospodarenje vodama ukazuje na potrebu cjelovitog prostornog i vremenskog sagledavanja vodnogospodarske problematike koja uključuje višesektorski i višedisciplinarni pristup [4]. Tako se opseg potrebnih podataka dodatno uvećava podacima koji opisuju stanje drugih relevantnih prirodnih pojava, resursa i korisnika koji su vezani za vode.



Slika 1: Sustav informacija – ISV Sustav za informatizaciju - Informacijski sustav

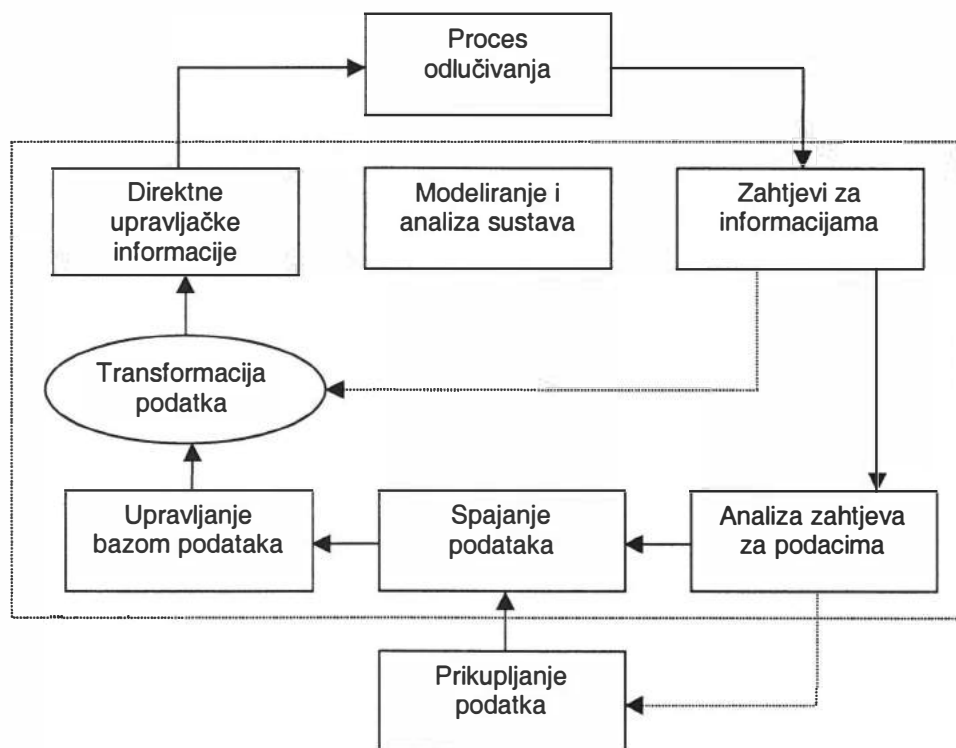
Ulazne komponente u vodnogospodarske sustave najčešće imaju neravnomjernu raspodjelu prirodnih značajki u vremenu i prostoru. Promatrajući s gledišta integralnosti, generalno se može reći da vodnogospodarsku problematiku karakterizira višedimenzionalnost po osnovi:

- složenosti sustava – višenamjenski sustavi, sustav vodoopskrbe velikih gradova, sustavi odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda gradova i velikih industrija i sl.;
- vremena - trajanja prirodnih i drugih procesa, trajanja vodnogospodarskih aktivnosti;
- prostornog obilježja i položaja sustava;
- multidisciplinarnosti koja proizlazi iz ciljeva i potreba vezanih za vodu i vodne resurse kao što su ekonomske, političke, zakonske, zaštita okoliša, zdravstvene i dr. [4].

Veze vodnih resursa, vodnih i drugih sustava i njihovih korisnika su višeznačne i složene, a njihovo međusobno djelovanje često nepredvidivo i ovisno o konkretnim situacija u kojima je ponekad vrlo teško razlučiti granice i uloge. Antropogeni utjecaji na prirodne resurse dodatno usložnjavaju cjelokupnu problematiku jer imaju kumulativni karakter. Sve to upućuje na potrebu sustavnog i planskog pristupa odabiru reprezentativnih podataka koje treba kontinuirano prikupljati, pohranjivati, integrirati, modelirati, upravljati i distribuirati.

ULOGA INFORMACIJSKOG SUSTAVA U UPRAVLJANJU VODAMA

Po općoj definiciji, informacijski sustav obavlja tri zadaće: služi kao strateško oružje, služi za automatiziranje i integriranje poslovnih procedura koje se obavljaju ručno, te služi kao podloga za upravljanje i rukovođenje, odnosno pruža informacije koje će se koristiti pri donošenju odluka [6]. Tokovi informacija u procesu donošenja odluka ilustrirani su na slici 2.



Slika 2.: Tokovi informacija kod donošenja odluka

Informacijski sustav u upravljanju vodama - Informacijski sustav voda ima zadatak da kontinuirano prikuplja i prati podatke o vodnim resursima i sustavima kao i korisnicima resursa, te služi kao pouzdana i kvalitetna potpora za planiranje, projektiranje, utvrđivanje, donošenje odluka i upravljanje vodama. Potpora inteligentnom poslovanju su one informacije koje rukovoditelji razumiju, pomoću njih upravljaju i služe im za usmjeravanje budućeg razvitka [8].

Temeljni izvor podataka je vodna dokumentacija koju čine: vodna knjiga, vodni katastri i očevidnik koncesija na vodama i vodnom dobru i vodopravni akti. Vodnim katastrima su obuhvaćeni podaci o: površinskim i podzemnim vodama, vodnom dobru, vodnim građevinama za korištenje, zaštitu voda od onečišćenja i zagađenja i zaštitu od štetnog djelovanja voda. Podloge za upravljanje vodama čini i ostala planska, tehnička, upravna, pravna, financijskim i druga dokumentacija, kao i podaci, informacije i podloge o drugim resursima i sustavima koje su u nadležnosti vanjskih institucija. U tablici 1. je prikazan sistematizirani pregled osnovnih skupina podataka na kojima se temelji upravljanje vodama i njihov sadašnji status podataka.

Informacijski sustav voda treba biti strateška informacijska jezgra u upravljanju vodama, a to znači da treba omogućiti analize, prognoze, predviđanja, optimalizaciju resursa, izradu alternativnih rješenja za buduće strateške i operativne vodnogospodarske aktivnosti. Strateške informacije također upućuju na snage, slabosti, prijetnje i strateške mogućnosti koje se odnose kako na resurse poduzeća, financijske izvore, kadrovski

Tablica 1.: Skupine temeljnih podataka u vodnome gospodarstvu

Nadležnost	Vrsta podataka	Grupa podataka		Status
Podaci u nadležnosti vanjskih institucija	Geofizikalni podaci i resursi	Geografski, Geomorfološki podaci, Meteorološki/klimatološki, Geološki/hidrogeološki, Pedološki, Bioraznolikost, Eko-sustavi, ...		Nepotpuni
	Demografska/sociološka/gospodarska skupina podataka	Stanovništvo, Naselja, Korištenje prostora Zaštićena područja, Gospodarski subjekti, Podaci o vlasništvu, ...		Nepotpuni
Podaci u nadležnosti Državne uprave za vode i Hrvatskih voda	Podaci o sustavu (vremenski inertni podaci)	Prirodni	Hidrografija: Površinske vode Podzemne vode Prijelazne vode Obalno more	Nepotpuni
		Sliv, Poplavno područje, Vodno dobro		Nepotpuni
		Izgrađeni	Sustavi i građevine za: Zahvaćanje voda Transport voda Prostornu i vremensku preraspodjelu voda Uređenje i zadržavanje voda Promjenu kakvoće voda, Ispuštanje voda, ...	
		Prirodni	Hidrologija Količine/razine voda Kakvoća voda	Relativno dobri
	Podaci o količinama, kakvoći i korištenju (vremenski promjenljivi podaci)	Nanos, korito vodotoka,		Nepotpuni
		Uporaba	Uporaba voda (korištenje, zaštita voda- ispuštena voda, zaštita od voda-stupanj zaštite, erozija) Stanovništvo Naselja Gospodarstvo Ekologija Bioraznolikost, ...	Nepotpuni
	Naknade			Cjeloviti
	Dokumentacija	Regulativna, Administrativna, Tehnička, Financijska,...		Djelomično uređeni
	Podaci o intelektualnom kapitalu	Kadrovi u upravljanju vodama Stručna i znanstvena edukacija djelatnika koji prate upravljanje vodama (graditeljstvo, tehnologija, ekologija, izdavačka djelatnost,...) Promidžba i podaci o javnoj percepciji,...		Nepotpuni

potencijal, planove i dugoročne ciljeve, organizacijske pokazatelje, tako i na stupanj informatizacije, te kvalitetu rada u upravljanju vodama.

OSNOVNA PROBLEMATIKA RAZVIJENOSTI INFORMACIJSKOG SUSTAVA U UPRAVLJANJU VODAMA

Uopćeno, probleme vezane za Informacijski sustav u upravljanju vodama i uzroke njihova nastanka moguće je analizirati s različitih gledišta. U ovom radu su obrađeni samo oni koji su preduvjet za uspješno korištenje informacijskog sustava za donošenje upravljačkih odluka. Problemi su podijeljeni na: organizacijske, informacijske i ljudske što je prikazano u tablici 2.

Problemi razmjene podataka interno i eksterno prije svega proizlaze iz nedovoljno razvijene svijesti o tome da informacija kao resurs ima specifična obilježja: za razliku od materije i energije ona se ne troši korištenjem, niti se smanjuje raspodjelom [6]. Sljedeći problemi proizlazi iz neuređenih međusobna prava i obveza pitanju dugoročne razmjene podataka i informacija, nedefiniranih protokola u korištenju podataka (javnost, tajnost, zaštita autorstva, neovlaštena kopiranja, ustupanja podataka i dr.). Najčešća konstatacija onih koji odlučuju je da su preopterećeni viškom informacija, a onih koji planiraju i kojima trebaju tehnički detalji da ih je premalo. Pri tome se zaboravlja tko će informacije koristiti i za koju namjenu.

ZAKLJUČAK

Glavna zadaća prikupljanja, modeliranja i analiziranja podataka iz domene vodnoga gospodarstva je da se dobije «informacija» za potporu boljem odlučivanju u upravljanju. Nadalje, informacije za potporu odlučivanju treba prenijeti na veoma jasan, nedvosmislen način. Dobro je poznato da se «istina može izgubiti» bez učinkovite komunikacije. Poslovni ljudi, rukovoditelji ili oni koji odlučuju su prezaposleni i imaju malo vremena za detaljne informacije. To znači da planski i drugi rezultati moraju biti prezentirani u jasnom verbalnom ili pisanom izvješću [2].

Pouzdana i kvalitetna informacija ima suštinsku ulogu u upravljanju vodama. Vrijednost informacije u procesu odlučivanja ovisi o nizu pokazatelja: točnost, učestalost, forma, vrijeme nastanka – dinamičnost, način nastanka, i dr. Informacijski sustav donositelju odluka mora omogućiti koherentnu i sažetu informaciju o vodnome sektoru generalno. Jasno je da kvalitetnije informacije pomažu u boljem i kvalitetnijem odlučivanju.

Suvremene tehnologije stvaraju informacijsko razdoblje koje mijenja način pristupa, korištenje i razmjene informacija. Za razvitak modernog informacijskog društva ključna je ideja integriranja do sada nespojivih, različitih koncepata i znanja, te pristup njima u cijelosti u povezanom (virtualnom) okruženju i globalnom gospodarskom prostoru (Internet). Suvremena tehnologija pomaže i unapređuje ljudski rad, proširuje spoznaje. No to samo po sebi nije dovoljno da se riješe brojni problemi koji su u manjoj ili većoj mjeri značajka svih velikih-složenih sustava kao što je vodnogospodarstvo. Na tehnologiji je da pomogne, a na čovjeku da se organizira i brine podjednako o resursima kao i o informacijama o njima. Kvalitetan informacijski sustav kao podrška upravljanju može nastati jedino dinamičkom interakcijom organizacije i samog sustava, koji moraju biti otvoreni prema promjenama.

Tablica 2.: Osnovni problemi informacijskog sustava u upravljanju vodama

Problem	Uzrok	Posljedica	Prioritet za rješavanje
ORGANIZACIJSKO OKRUŽENJE			
IS nije integralan	Nije napravljen jedinstven strateški plan upravljanja koji uključuje i razvitak informacijske infrastrukture	- o Parcijalno planiranje i neravnomjeran razvitak na nivou organizacijskih segmenata - o Ograničena cjelovitost i sustavni razvitak	Veoma veliki
Nedefinirana pozicija, uloga i značaj IS voda u odnosu na druge IS u RH	Nije uspostavljena među-institucionalna suradnja	- o Neuređena prava i obveze dugoročne razmjene podataka i informacija - o Nedefinirani protokoli i ograničenja u korištenju podataka	Veliki
Nejasna pozicija, uloga i značaj IS u upravljanju vodama	- o Nedovoljna suradnja i koordinacija svih organizacijskih segmenata po pitanju IS - o Nema interne promocija IS	- o Nema zajedničkog, jedinstvenog pristupa i dogovora u rješavanju problema IS-a - o Nejasne koristi od razvitka IS - o Nedovoljna informiranost, pogrešna slika o tome što je napravljeno ili na čemu se trenutno radi	Veoma veliki
INFORMACIJSKO OKRUŽENJE (podaci i informacije)			
Na informaciju se ne gleda kao na resurs	Nedefinirana uloga i značaj informacije u upravljanju vodama: - o Nebriža za sustavno sređivanje i praćenje informacija - o nema kontrole kvalitete informacija	Nesređen sustav u kojem je otežan pristup pravoj informaciji u pravo vrijeme	Veliki
Prikupljanje i održavanje podataka nije sustavno riješeno	- o Obveza prikupljanja podataka je deklarativna - o Nema propisane učestalosti ažuriranja podataka	- o Neravnomjernost i neusklađenost na razini HV, VGO-a, VGI-a, te pojedinih djelatnosti - o Podaci nisu standardizirani	Najveći
Podaci nisu standardizirani	Nema usvojenih i propisanih standarda o vođenju podataka	- o Isti podaci se opisuju na različite načine (nekonzistentnost) - o Redundantni podaci	Veoma veliki
Redundantni podaci	Decentralizirani pristup prikupljanja podatka	- o Neučinkovit način vođenja podataka - višestruko unošenje istih podataka na različite medije - o Neučinkovito korištenje resursa	Veoma veliki
LJUDI			
Nedostatak informatičkog osoblja	Prevelika potreba i potražnja za informatičarima	Stručne, informatičke poslove često obavlja nekvalificirano i nedovoljno obrazovano osoblje	Veliki
Opća informatička neupućenost	- o Nedovoljna zastupljenost informatike kroz školovanje - o Nedostatak popularnih, stručnih i za različite ciljanje skupine namijenjenih informatičkih tečajeva - o Pomanjkanje želje za samo-izobrazbom	- o Nema podrške razvitku IS i IT vertikalno i horizontalno - o O važnim pitanjima iz domene IT često odlučuju oni koji o tome nemaju dovoljno stručnog znanja	Veliki
Nedostatna obučanost korisničkog kadra	- o Nedostatak tečajeva, radionica i prezentacija - o Nedostatak kvalitetne korisničke dokumentacije	- o Nestručno korištenje računalnih programa - o Poteškoće u radu, zastoji	Veliki

LITERATURA:

- [1] DIONISI Dominique (1994): *L'essentiel sur MERISE*, Éditions Eyrolles, Paris
- [2] Grigg Neil (1986): *Water Resources Planning*, McGraw Hill

- [3] MAIDMENT R. David (2002): *Arc Hydro GIS for Water Resources*, ESRI Press, Redland, California
- [4] MARGETA Jure, Azzopardi E., Iacoviades I. (1999): *Smjernice za integralni pristup razvoju, gospodarenju u korištenju vodnih resursa*, Program prioritetnih akcija – centar za regionalne aktivnosti, Split
- [5] PANIAN Željko (2001): *Kontrola i revizija informacijskih sustava*, Sinergija-nakladništvo d.o.o., Zagreb
- [6] SRIĆA Velimir, Treven S. Pavlić M. (1994): *Menadžer i informacijski sustav*, Poslovna knjiga d.o.o., Zagreb
- [7] (2002), *Strategija razvitka informacijske i komunikacijske tehnologije u okviru strategije «Hrvatska u 21. stoljeću»*, Zagreb
- [8] SULLIVAN Dan (2001): *Document Warehousing and Text Mining*, John Wiley & Sons, Inc., Canada

Autori:

- Višnja Omerbegović, dipl.ing.el., Hrvatske vode – Zavod za vodno gospodarstvo, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, tel:+385 1 6307 380, fax: +385 1 6307 686, e-mail: ovisnja@voda.hr
- Veljko Zimonić, dipl.ing.grad., Hrvatske vode – Sektor poslovne informatike, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, tel:+385 1 6307 586, fax: +385 1 61195 95, e-mail: zime@voda.hr
- Nataša Benić-Einbüchler, dipl.ing.mat., Državna uprava za vode, Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb, tel:+385 1 6307 476, fax: +385 1 6151 821, e-mail: nbenic@voda.hr



Rad 5.14.

Vodne naknade kao izvor financiranja vodnog gospodarstva

Renata Perić, Branimir Marković, Branko Matić

Sources of Financing in the Function of Water Management – Present Situation and New Possibilities

SUMMARY: Water management is financed from various sources including various forms of fees paid by the users of the water system, government budget assets, and other assets specified by the law. The system of water management financing in the Republic of Croatia is in its large part based on the principle of solidarity. In a lesser part, there is also a model of financing based on market principles. The experiences of modern European countries suggest the necessity to develop financing models based on market principles. This paper investigates the possibilities of implementation of these recent experiences to improve the conditions for water management financing.

KEYWORDS: water fees, compensation for the use of water resources, water protection fee, the principle of solidarity, municipal services, payment for municipal services

1. VODA KAO JAVNO DOBRO

Suvremena financijska teorija sve veću pozornost posvećuje ekonomsko-političkim i financijskim aspektima javnog dobra.

Različita stajališta o samom definiranju javnog dobra i njegovoj strukturi bila bi prezahtjevna za ovaj rad pa ćemo se prikloniti stajalištu koje je sa aspekta promatranja prikupljanja prihoda od javnog dobra najprihvatljivija.

O samom pojmu javnog dobra postoje nesuglasja i u tom obilju¹ možemo prihvatiti određena rješenja od kojih ćemo mi dati поближе određenja samo o vodama kao vrsti javnog dobra.

U čl. 10. st. 1. Zakona o vodama² propisuje se: "Regulacijske i zaštitne vodne građevine su dobra od interesa za Republiku Hrvatsku i u njenom su vlasništvu." Kao regulacijske

¹ Filipović, F (ur.): Filozofijski rječnik, NZ Matice Hrvatske, Zagreb, 1984., jedinica "dobro", sociologijski je pak pojam izveden iz Petković, S., in Petković, S et al. eds: Rječnik sociologije i socialne psihologija ..., supra, jedinica "vrijednost". Za pojmove dobra gospodarskoga i dobra ekonomskoga - Weber, M.: Wirtschaft und Gesellschaft - Grundriss der verstehenden Soziologie, Mohr, J.C.B. (Paul Siebeck), Tuebingen, 1976 (1922.), pp. 31. et s. Za ekonomski pojam dobra ali bez svijesti o razlikovanju takvoga dobra od dobra gospodarskoga - Samuelson, P.A. ; Nordhaus, W.D.: Economics, McGraw-Hill, N.Y., 1995., pp. 4., 81., 291., 347., a isto tako i za pojam javnoga dobra pp. 32., 291., 347. Poglavito, Olson, M.: The Logic of Collective action, Harvard Un. Press, Cam. Mass., 1977. (1965.).

² Narodne novine, br. 107/95.

i zaštitne vodne građevine navode se: nasipi, obaloutvrde, umjetna korita vodotoka, kanali za zaštitu od vanjskih voda, odvodni tuneli, brane s akumulacijama i drugi pripadajući im objekti, crpne stanice za obranu od poplava, građevine za zaštitu od erozija i bujica, te drugi objekti pripadajući tim građevinama.

Vodnim građevinama u pravilu upravljaju "Hrvatske vode", koje se brinu o njihovu čuvanju, redovnom tehničkom i gospodarskom održavanju i namjenskom korištenju. Izuzetak od tog pravila su regulacijske i zaštitne vodne građevine koje se grade na zemljištu određene pravne odnosno fizičke osobe i sredstvima te osobe, a koje služe isključivo za potrebe poljoprivredne ili druge dozvoljene djelatnosti odnosno radi zaštite njene imovine, u vlasništvu su te osobe.

2. IZVORI FINANCIRANJA VODNOG GOSPODARSTVA - PRAVNI REŽIM VODNIH NAKNADA

2.1. Vodne naknade

Pravni režim ovih naknada utvrđen je Zakonom o financiranju vodnog gospodarstva.³ Dakako da je temeljni akt koji regulira ove naknade i Zakon o vodama.⁴

Ovim zakonima utvrđena je i pravna osobnost Hrvatskih voda. Hrvatske vode postale su pravna osoba koja na cijelom području Republike Hrvatske neposredno obavlja ili organizira obavljanje poslova kojima se ostvaruje upravljanje vodama. Takva pravna osoba sa sličnim ustrojem i ovlastima djeluje i u drugim državama. Nije slučajno da uvođenje novih oblika organizacije u različitim dijelovima gospodarstva pruža određene dileme i nedoumice, pa tako i u vodnom gospodarstvu.

Osnovna zadaća Hrvatskih voda jest trajno i nesmetano obavljanje javnih službi i drugih poslova kojima se ostvaruje upravljanje vodama u opsegu utvrđenom planovima i u skladu sa sredstvima koja se na temelju Zakona osiguravaju za određene namjene. Kada govorimo o obavljanju javnih službi u Hrvatskim vodama, ovim su Zakonom propisane javne ovlasti u okviru kojih se donose upravni i drugi akti o pitanjima vezanim za upravljanje dobrima. U koncepciji stvaranja Zakona o vodama odlučeno je po prvi put u vodnom gospodarstvu da se financiranje vodnog gospodarstva uredi posebnim zakonom, što je i učinjeno donošenjem Zakona o financiranju vodnog gospodarstva. U vodnom gospodarstvu ne ostvaruju se sredstva na tržišnim osnovama pa je preostalo financiranje iz autonomnih prihoda (naknada) ili iz sredstava proračuna.

Čl. 2. Zakona o financiranju vodnog gospodarstva⁵ utvrđuje pravni režim vodnih naknada i utvrđuje da se financiranje vodnog gospodarstva zasniva na načelima:

1. sredstva za financiranje vodnog gospodarstva, osiguravaju se iz državnog proračuna i naknada koje plaćaju korisnici vodnog sustava, te drugih sredstava određenih ovim zakonom,
2. sredstva svake naknade mogu se koristiti samo za namjene određene ovim Zakonom
3. sredstva naknada koriste se prema načelu solidarnosti svih korisnika na području Republike Hrvatske odnosno na slivnom području, osim u slučaju kada je ovim Zakonom drugačije određeno (melioracijski sustavi za navodnjavanje),

³ Narodne novine, br. 107/95., 19/96., 88/98.

⁴ Narodne novine, br. 107/95.

⁵ Narodne novine, br. 107/95, 19/96. i 88/98.)

4. sredstva za financiranje građenja novih vodnih građevina za korištenje vode za vodoopskrbu i za zaštitu voda, koje nisu u vlasništvu Republike Hrvatske, daju se kao kreditna sredstva ili kao sudjelovanje u ulaganju na temelju kojega davatelj sredstava stječe vlasnička prava (udjeli, dionice).

Naknade iz ovih Zakona su sredstva, koja se kao i porezi plaćaju na temelju zakonske obveze čija se visina određuje u skladu sa zakonom ili propisima donesenim na temelju zakonske ovlasti i čija se sredstva koriste za financiranje javnih potreba. Za razliku od poreza, koji su prihod proračuna, ove su naknade prihod "Hrvatskih voda", i namjenski se mogu koristiti samo za financiranje zakonom utvrđenih potreba u gospodarenju vodama. Iznosi naknada, što ih plaćaju pojedini obveznici, razmjerni su koristi, odnosno ponašanju korisnika voda tj. vodnog dobra.

Djelovanje u vodnom gospodarstvu ne sastoji se u neposredno mjerljivom pružanju usluge korisnicima u vodnom sustavu (načelo ekvivalencije). Regulacije vodotoka, zaštita od poplava i drugih oblika štetnog djelovanja voda, te zaštita voda od onečišćenja usmjerene su prema svim korisnicima na nekom području ili dijelu područja (državni teritorij, vodno područje, slivno područje). To pravilo vrijedi i za učinke djelovanja na osiguravanju vodnih zaliha te melioracijskom odvodnjavanju, koja se nekada svode i na manje područne jedinice. Stoga se sudjelovanje obveznika u troškovima upravljanja vodnim sustavom i korištenje tih sredstava zasnivaju na načelu solidarnosti.

Ovdje uočavamo jasno izražena načela:

1. načelo zakonitosti

- obveza plaćanja naknade mora biti utvrđena Zakonom
- sredstva prikupljena od naknade mogu se koristiti samo za namjene propisane Zakonom

2. načelo solidarnosti

- u nemogućnosti ostvarenja načela ekvivalencije (neposredno mjerljivog pružanja usluge) primjenjuje se ovo načelo jer je cilj koji se ostvaruje posredno važan za sve korisnike

Vodne naknade su prema tome jedan od izvora sredstava za financiranje vodnog gospodarstva. Uz njih su i sredstva državnog proračuna, proračuna jedinice lokalne samouprave i ostali izvori. Ovdje je nužno upozoriti na čl. 4. Zakona o financiranju vodnog gospodarstva koji navodi izvore sredstava, ali i kaže da se naknade smatraju javnim prihodima, te da se uplaćuju na račun "Hrvatskih voda". Upravo to određuje naknade kao javnog prihoda značajno je sa stajališta raspolaganja tim sredstvima i odgovarajuće primjene propisa Zakona o općem upravnom postupku u svezi s obračunom i naplatom tih sredstava. Te su naknade po namjeni, načinu njihova prikupljanja i korištenje sukladne izvorima prihoda za financiranje potreba u vodnim gospodarstvima većine drugih europskih zemalja. Neke od tih naknada se u drugim zemljama prikupljaju i putem organa koji obavljaju naplatu poreza i zajedno s porezima.

2.1.1. Naknada za korištenje voda

Naknada za korištenje voda plaća se za zahvaćanje i korištenje voda iz njihova prirodna ležišta i za njihovo korištenje za različite namjene:

- za piće i druge osobne potrebe,
- kao sirovine u proizvodnji,
- za različite tehnološke potrebe kao što su građenje, separacije i sl.

- za sanitarne, komunalne i ostale potrebe, uključujući i korištenje mineralnih i termalnih voda.

Naknada se plaća i za korištenje vodnih snaga radi proizvodnje električne energije i za pogon različitih uređaja.

Naknadu plaćaju i korisnici u melioracijskom sustavu za navodnjavanje. Ovom naknadom, što se plaća za vodu koja je opće dobro, država osigurava sredstva ili dio sredstava potrebnih za financiranje djelovanja kojima se čuvaju vode, osigurava njihovo prirodno obnavljanje i stvaraju uvjeti za njihovo namjensko korištenje.

Ovdje je prema tom prisutna karakteristika destiniranosti prihoda.

Takva naknada uvedena je i u većini europskih zemalja.

U nas se sredstva ove naknade koriste za financiranje poslova osiguravanja vodnih zaliha i za razmjerno sudjelovanje u pokrivanju izdataka za poslove s obilježjima javnih službi. Dio ove naknade koristi se za ulaganja u građenje novih vodnih građevina. To su različiti vodozahvati (zdenci, crpke i sl.), uređaji za pročišćavanje voda za piće, vodospreme i magistralni cjevovodi. Sredstva ove naknade ne mogu se koristiti za ulaganja u druge objekte za vodoopskrbu, kao što su različiti poslovni objekti pravnih osoba što obavljaju komunalnu djelatnost opskrbe pitkom vodom, postavljanje razvodne mreže do mjesta potrošnje i sl.

2.1.2. Naknada za zaštitu voda

Sredstva ove naknade koriste se za financiranje poslova zaštite voda i za razmjerno sudjelovanje u podmiranju izdataka za poslove koji imaju obilježja javnih službi. Dio sredstava ove naknade koristi se za ulaganje u građenje novih vodnih građevina za zaštitu voda. To su kolektori, uređaji za pročišćavanje otpadnih voda, ispusti u prijemnike i drugi slični objekti. Sredstva ove naknade ne mogu se koristiti za financiranje uređenja i održavanje kanalizacijske mreže za prihvrat otpadnih voda u naseljima.

Sredstva ove naknade prihod su hrvatskih voda i koriste se, kao i sredstva naknade za korištenje vode, prema načelu solidarnosti na državnoj razini. Visinu naknade za zaštitu voda određuje Vlada Republike Hrvatske. Ovu naknadu plaćaju sve osobe koje ispuštaju otpadne vode i druge tvari koje mogu onečistiti vode, uključujući i domaćinstva. Sada je visina naknade određena Odlukom o visini naknade za zaštitu voda iz 1991. godine (s brojnim kasnijim izmjenama i dopunama). Naknada se obračunava i naplaćuje na način propisan Pravilnikom o obračunavanju i plaćanju naknade za korištenje voda.

Svi obveznici plaćaju osnovnu naknadu čiji je iznos jedinstven za cijelu Republiku Hrvatsku. Osnovna naknada se obračunava prema ukupno ispuštenoj količini vode utvrđenoj mjerenjem na mjernim uređajima, a po potrebi i vještačenjem odnosno procjenom. Za domaćinstva i korisnike poslovnih prostorija koji ispuštaju tehnološke i slične vode, količina vode uzima se prema podacima o količini iskorištene vode iz javnog vodoopskrbnog sustava.

2.1.3. Naknada za vađenje pijeska i šljunka

Ova se naknada plaća za vađenje pijeska i šljunka iz obnovljenih ležišta na području značenja za vodni režim.

Sredstva naknade mogu se koristiti samo za financiranje radova održavanja vodotoka regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina.

Ovo je jedina naknada čiju visinu određuju "Hrvatske vode".

2.1.4. Slivna vodna naknada

Obveznici plaćanja slivne vodne naknade su korisnici zemljišta i drugih nekretnina na slivnom području. Slivna vodna naknada jedini je izvor prihoda koji se ne koristi prema načelu solidarnosti na državnoj razini. To je prihod namijenjen financiranju potreba što se utvrđuju planom upravljanja lokalnim vodama na pojedinom slivnom području i o čijoj visini i stopama odlučuju županije na slivnom području.

Sredstva vodne naknade mogu se koristiti samo za financiranje redovnog tehničkog i gospodarskog održavanja lokalnih vodotoka, regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina na lokalnim vodama, melioracijskog sustava za odvodnju i za pripremu i provođenje plana upravljanja lokalnim vodama i plana obrane od poplava na slivnom području. Dio sredstava ove naknade koristi se za sudjelovanje u financiranju poslova javnih službi u upravljanju vodama na slivnom području. Sredstva ove naknade ne mogu se koristiti za financiranje poslova i zadataka što se odnose na korištenje voda (osiguravanje vodnih zaliha) i zaštitu voda. Sredstva vodne naknade ne mogu se koristiti ni za financiranje građenja novih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina. Za takva ulaganja sredstva se osiguravaju u proračunu jedinica lokalne samouprave na slivnom području.

Vodnu naknadu za šume i šumsko zemljište u vlasništvu Republike Hrvatske plaćaju Hrvatske šume, za prometnice pravna osoba koja na temelju zakona upravlja prometnicama i ima odgovarajuće stvarnopravne i druge ovlasti. Vodnu naknadu za zemljište i nekretnine koje služe komunalnim potrebama plaćaju pravne osobe nositelji komunalnih djelatnosti ili jedinice lokalne samouprave.

3. ZAKLJUČAK

Umjesto zaključka možemo reći da sve ove vrste naknada predstavljaju uz sredstva iz proračuna osnovne izvore za financiranje vodnog gospodarstva. Prostor za iznalaženje novih sredstava i to posebno onih zasnovanih na tržišnim osnovama, na žalost još uvijek je vrlo sužen ili da gotovo i ne egzistira.

LITERATURA

1. Zakon o financiranju vodnog gospodarstva, Narodne novine br. 107/95.
2. Zakon o vodama, Narodne novine br. 107/95., 19/96., 88/98.

Autori:

Dr. sc. Renata Perić, Pravni fakultet u Osijeku, Osijek, Radićeva 17, tel.: 224-500
e-mail: rperic@zakon.pravos.hr

Dr. sc. Branimir Marković, Ekonomski fakultet u Osijeku, Osijek, Trg Lj. Gaja 7, tel.: 224-400
e-mail: bmarkovic@efos.hr

Dr. sc. Branko Matić, Ekonomski fakultet u Osijeku, Osijek, Trg Lj. Gaja 7, tel: 224-400
e-mail: bmatic@efos.hr



Rad 5.15.

Kopački rit - pristup određivanju sveukupne vrijednosti poplavnih i močvarnih područja

Zlatko Pletikapić

SAŽETAK: Razvijene zemlje tek su nakon nestanka mnogih prirodnih staništa na svojim područjima uočile njihov značaj i posljedice njihovog gubitka. To je dovelo do ukupne promjene njihovog odnosa prema preostalim izvornim dijelovima prirode, koji je izražen i kroz novi način njihovog vrednovanja. Prirodni se okoliš danas promatra kao i svako drugo neobnovljivo prirodno bogatstvo, dobio je novu vrijednost, te su ga razvijenije zemlje spremne očuvati gdje je god to moguće i unutar svojih granica i u susjednim zemljama i regijama. Sukladno novom odnosu prema okolišu uspostavljene su nove ekonomske metode određivanja ukupnih vrijednosti ugroženih prirodnih prostora, među kojima posebno mjesto zauzimaju poplavna i močvarna područja.

Kopački rit je oduvijek bio u europskim razmjerima značajan biološki rezervat, te je zaštićen više od 35 godina. Na njegovom primjeru dati će se prikaz metode ekonomskog vrednovanja poplavnih i močvarnih područja, koji može biti primjer pristupa vrednovanju i drugih sličnih područja u Hrvatskoj.

KLJUČNE RIJEČI: Kopački rit, močvarna područja, ekonomsko vrednovanje

Kopački Rit - Flood and Wetland Area Valuation Approach

SUMMARY: It was only after numerous natural habitats disappeared that the developed countries realized what are effects and consequences of their loss. The results were total change in attitude towards the remaining genuine natural resources, and new methods of their valuation. The natural environment is today considered as another non-renewable natural resource, which gives it a new value. The developed countries express their determination to conserve and protect it wherever possible within their national borders and on a transnational level. This new attitude towards the environment resulted in emergence of new economic methods for valuation of endangered natural spaces, particularly flood and wetland areas.

Kopački Rit has always been an important biological reserve on the European scale, and has been under protection for over 35 years. In the paper, it is used as an example on which the flood and wetland area economic valuation methods are presented. This is an approach that could be used as a role model in valuation of other similar areas in Croatia.

KEYWORDS: Kopački Rit, wetland areas, economic valuation

1. UVOD

Postojeći «klasični» pristup zaštiti prirode u Hrvatskoj (lit. (1) i (2)), koji se bavi samo zaštićenim područjima i vrstama, u novim uvjetima sve većih pritisaka na okoliš ne

osigurava u potpunosti očuvanje i unapređenje ukupne postojeće biološke i krajobrazne raznolikosti u RH, kao niti razumno korištenje preostalih prirodnih dobara na principima održivog razvoja (dugoročnog osiguravanja dobrobiti sadašnjih i budućih generacija). Novi ili tzv. «integralni» pristup zaštiti prirode i okoliša (temeljen na principu održivog razvitka), kao nadogradnja «klasičnom» pristupu, provodi se u sve većem broju zemalja u svijetu, sukladno usvojenoj Konvenciji o biološkoj raznolikosti (Rio de Janeiro 1992), a u tome posebno vode zemlje zapadne Europe, koje su najviše suočene s negativnim posljedicama degradacije prirodnog okoliša.

Integralni pristup zaštiti okoliša nije moguć bez izgrađenog sustava za njegovo financiranje. U europskim zemljama s razvijenim tržišnim i globalno konkurentnim gospodarstvom, izgrađenim pravnim sustavom i jakim demokratskim institucijama takav sustav financiranja zaštite okoliša nastoji se uspostaviti kroz primjenu načela da ukupna cijena proizvoda i usluga mora odražavati ukupni godišnji trošak okoliša nastao tijekom čitavog životnog ciklusa proizvoda. Time se osigurava na tržištu konkurentnost proizvoda prihvatljivih za okoliš u odnosu na one proizvode koji izazivaju onečišćenja, te postupni prijelaz ukupne proizvodnje na razinu kojom se čuvaju preostale prirodne vrijednosti. U tranzicijskim se europskim zemljama traži prijelazno rješenje, kroz osnivanje proračunskih i izvanproračunskih fondova za zaštitu okoliša, u okviru kojih se po različitim osnovama (porezi, kazne, proračunska sredstva, donacije) prikupljaju i namjenski prema određenim kriterijima usmjeravaju sredstva u prioritetne projekte očuvanja i zaštite okoliša.

Hrvatska je u posebnoj situaciji u odnosu na ostale tranzicijske zemlje u okruženju, te zbog niza razloga kasni u uspostavi ovakvih fondova za zaštitu okoliša. Zbog toga Hrvatska ne samo da nije u stanju pokrenuti integralni pristup zaštiti svojih ukupnih prirodnih vrijednosti, već je u pitanje dovedena, zbog malih proračunskih sredstava za te namjene i cjelovita zaštita i očuvanje zakonom zaštićenih područja, odnosno čak i «klasični» pristup zaštiti okoliša.

Za očekivati je da će osnivanje hrvatskog fonda za zaštitu okoliša, te otvaranje Europske unije prema Hrvatskoj promijeniti ovu situaciju, ali je zato nužno već sada preuzeti metodologiju određivanja ukupnih vrijednosti ugroženih prirodnih prostora koja je prepoznatljiva u razvijenim zemljama i tako osigurati bržu realizaciju budućih programa podrške i pomoći. Kao primjer može poslužiti metodologija usvojena za izbor optimalnog rješenja očuvanja i zaštite Parka prirode Kopački rit, na temelju kojeg se utvrđuju provedbena rješenja i uvjeti dugoročnog upravljanja ovim vrijednim zaštićenim prostorom.

2. PRIKAZ ZATEČENOG STANJA ZAŠTITE KOPAČKOG RITA

Hrvatska se i po stanju ekoloških sustava i po bogatstvu biološke raznolikosti svrstava među europske zemlje s najvišim stupnjem očuvanosti prirode. Pri tome su posebno vrijedna i po biološku i po krajobraznu raznolikost Hrvatske preostala prirodna močvarna područja u riječnim dolinama Save, Drave, Dunava i Neretve, a zbog ugroženosti ekoloških sustava njihova zaštita i očuvanje prioritetni su u nacionalnoj strategiji i programu djelovanja za zaštitu okoliša (lit. (1) i (2)). Kopački rit tipičan je takav primjer ugroženog vrijednog prirodnog močvarnog područja međunarodnog značaja, kojih je na području Hrvatske sačuvano samo nekoliko (Crna Mlaka, Lonjsko polje, ušće Neretve).

Kopački rit proglašen je zaštićenim područjem od strane Sabora RH još 1967. godine, a njegovo ekološki najvrednije područje svrstano je u kategoriju posebnog zoološkog rezervata odlukom Sabora iz 1976. godine. Ovo je područje formalno dobilo i međunarodni značaj njegovim uvrštavanjem 1993. godine u Popis međunarodno značajnih močvara, sukladno Ramsarskoj konvenciji.

Ovo zaštićeno područje, odnosno Park prirode Kopački rit, danas obuhvaća nekadašnja i preostala poplavna područja Dunava i Drave uzvodno od njihovog ušća, na oko 23.000 ha površine, od kojih se oko 17.500 ha nalazi na desnoj, a oko 5.500 ha na lijevoj obali Dunava.

Područje Kopačkog rita nastalo je specifičnom kombinacijom geoloških i hidroloških uvjeta, koji su na mjestu utoka Drave u Dunav stvorili složeni reljef oblika delte, što je osobitost i u svjetskim razmjerima. Geološkim i tektonskim uvjetima stvorena plitka ovalna udubina ispunjena je fluvijalno- močvarnim sedimentima iz kvartarnog razdoblja, pri čemu je organogeno- močvarna sedimentacija imala dominantan utjecaj. Na današnji oblik Kopačkog rita završni utjecaj imao je čovjek, izgradnjom nasipa obrane od poplave Kopačevo- Zmajevac 1970. godine i izgradnjom melioracijskih sustava u zaobalju. Geomorfološka složenost, uz hidrološke je uvjete (redovito plavljanje područja kod velikih voda Dunava i Drave u prosječnom trajanju 99 dana godišnje) glavni preduvjet što se tu formira složeni vegetacijski pokrov, koji stvara obilje hrane i čini temelj hranidbenih lanaca, koji privlače cijeli niz životinjskih vrsta.

Među najznačajnije prirodne osobitosti i vrijednosti cijelog područja Parka prirode Kopački rit ubrajaju se:

- sačuvana krajobrazna obilježja karakteristična za poplavna područja srednjeg i donjeg podunavlja, uz značajne reljefne specifičnosti,
- velika bioraznolikost biljnih i životinjskih vrsta (biljnih, uključujući alge 1064 registriranih vrsta, životinjskih 1042 registrirane vrste, od čega bezkralježnjaka 632 i kralježnjaka 410 vrsta- lit. (7)), odnosno opstojnost ekosustava kojem u ovom dijelu Europe nema zamjene,
- opstojnost više različitih vrsta biljnih zajednica (oko 40) na razlici nadmorske visine od samo 8 m,
- pružanje trajnog utočišta brojnim zaštićenim i ugroženim vrstama (za 279 zaštićenih biljnih i životinjskih vrsta prema hrvatskim zakonima, za 265 zaštićenih biljnih i životinjskih vrsta prema međunarodnim standardima, te za 206 rijetkih, ugroženih i nestalih vrsta, od čega za oko 100 vrsta ptica),
- osiguravanje hrane i odmorišta velikom broju ptica močvarica selica (tijekom selidbe zadržava se na području Kopačkog rita i više desetaka tisuća jedinki),
- osiguravanje hrane i najvećeg prostora za mriješćenje riba u srednjem toku Dunava i u donjem toku Drave.

Pri tome je bitno obilježje Kopačkog rita da je to otvoren ekološki sustav, iznimno podložan vanjskim utjecajima (lokalnim i regionalnim), što je glavni razlog ugrožavanja opstanka njegovih prirodnih osobitosti i njegovog svrstavanja u najosjetljivije i najugroženije ekosustave u Hrvatskoj.

Kopački rit, koji je dakle pod zaštitom već 35 godina, međutim predstavlja i tipičan primjer slabih mogućnosti RH u zaštiti takvih i sličnih područja. Ovaj iznimno vrijedan prostor do osamostaljenja Hrvatske imao je prije svega ulogu državnog lovišta, zatim je tijekom Domovinskog rata doživio izrazitu devastaciju (miniranost, narušena

demografska struktura lokalne populacije, uništeni sadržaji, smanjena populacija pojedinih vrsta), a nakon rata nije bilo dovoljno sredstava za njegovu ukupnu obnovu i zaštitu. Tek su sredstva međunarodnih institucija (donacija i djelomično kredit Svjetske banke) pokrenuli aktivnosti na njegovom cjelovitom očuvanju i zaštiti.

Jedan od elemenata ovog cjelovitog pristupa je i izrada Plana upravljanja, prvog takvog plana koji se radi na području Hrvatske, a u okviru kojeg se daju rješenja za postizanje zadanih ciljeva dugoročne zaštite biološke raznolikosti i zadržavanja dosadašnje uloge Kopačkog rita kao poplavnog područja, te za usklađivanja interesa lokalne zajednice i dosadašnjih korisnika Kopačkog rita s potrebom njegovog očuvanja. Ključni dio takvog Plana upravljanja Parkom prirode je nalaženje usuglašenog, dugoročnog i u financijskom smislu realno ostvarivog ukupnog rješenja za Kopački rit, uz korištenje metode određivanja ukupnih vrijednosti ugroženih prirodnih prostora (lit. (3)).

3. PRIKAZ METODE VREDNOVANJA I POSTUPKA IZBORA DUGOROČNOG RJEŠENJA ZAŠTITE KOPAČKOG RITA

3.1 Određivanje uvjeta i ograničenja i postava varijanata rješenja

Najbolje dugoročno rješenje upravljanja Parkom prirode Kopački rit traži se iz širokog skupa mogućih rješenja, a izabire se ono rješenje koje ispunjava sve postavljene uvjete očuvanja i zaštite Kopačkog rita, koje se temelji na realnim uvjetima financiranja i koje najviše doprinosi povećanju ukupne vrijednosti cijelog prostora. Pri tome se vodi računa da se sva moguća rješenja postavljaju za isto razdoblje razmatranja od 50 godina, te za isto područje razmatranja (Kopački rit i pripadajući okolni prostori).

Osnovne se varijante rješenja utvrđuju prema mogućim kombinacijama usklađenih jednonamjenskih rješenja za Kopački rit, koja proizlaze iz sektorskih obrada (zasebnih sagledavanja) pojedinih problema upravljanja tim prostorom. Usklađivanje jednonamjenskih elemenata u više mogućih varijanata ukupnog rješenja provodi se sukladno postavljenim ciljevima u tri koraka:

- usklađivanjem uvjeta zaštite i očuvanja staništa i vrsta prema uvjetima koje određuju sektorske obrade problema očuvanja zatečene biološke raznolikosti prostora, te problema dosadašnjeg gospodarskog korištenja prostora (šumarstvo, lovstvo, ribarstvo i ribnjačarstvo, poljoprivreda i seosko gospodarstvo, šport, rekreacija i turizam),
- usklađivanjem uvjeta upravljanja vodama (režimom i kakvoćom voda) prema prethodnim uvjetima zaštite i očuvanja staništa i vrsta, te prema geografskim, hidrogeološkim, hidrološkim, meteorološkim i hidrotehničkim uvjetima i uvjetima korištenja voda za poljoprivredu i stočarstvo, ribnjačarstvo i komunalne potrebe,
- usklađivanjem uvjeta korištenja prostora Parka prirode sukladno prethodnim uvjetima, sukladno uvjetima razvoja infrastrukture i upravljanja rizicima, te sukladno uvjetima za budući gospodarski razvoj šumarstva, ribarstva i ribnjačarstva, lovstva, poljoprivrede i seoskog gospodarstva, turizma i ostalih mogućih gospodarskih djelatnosti.

Sve tako dobivene varijante dugoročnog rješenja očuvanja i zaštite Kopačkog rita mogu, ovisno o rješenjima gospodarenja prostorom Parka prirode, sadržavati podvarijante načina i razine upravljanja tim područjem od strane državnih institucija:

- upravljanje prema uvjetima koji su Zakonom o zaštiti prirode RH određeni za parkove prirode, odnosno prema do sada vrijedećim uvjetima zaštite prostora,

- upravljanje prema uvjetima koji su Zakonom o zaštiti prirode RH određeni za nacionalne parkove, odnosno prema strožim uvjetima zaštite od sadašnjih.

Budući su realni izvori financiranja odlučujući ograničavajući uvjet u konačnom izboru rješenja upravljanja Kopačkim ritom, najbolje rješenje ne mora biti ujedno i realno provedivo. Radi dobivanja što šire mogućnosti izbora najboljeg rješenja, razmatraju se slijedeće varijante pribavljanja sredstava za realizaciju plana:

- sa sadašnjim uvjetima financiranja iz proračuna RH (sredstva za plaće za propisani broj djelatnika Parka, sredstva za tekuće održavanje i sredstva za kapitalne investicije),
- sa sadašnjim uvjetima financiranja iz proračuna RH dopunjenima s dodatnim povećanjem proračunskih sredstava (npr. od lokalne uprave), zatim s dodatnim realnim prihodima (od turističkih posjeta, raznih usluga i naknada za korištenje prostora), te sa sredstvima raznih razvojnih fondova (za potrebe realizacije malih profitabilnih razvojnih projekata),
- s uvjetima financiranja kao u drugoj varijanti i s dopunskim sredstvima za složenija i dugoročnija znanstvena istraživanja i zaštitu cijelog sustava, porijeklom iz regionalnih, europskih i svjetskih fondova za zaštitu okoliša.

Napominje se da ove varijante pribavljanja sredstava za realizaciju plana u načelu ne smiju utjecati na postupak izbora najboljeg rješenja, već je njihova uloga izbor strategije financiranja cijelog poduhvata, ali na realnim osnovama. Moguće se predvidjeti i postupni prelazak uvjeta financiranja rješenja sa manje složenog i izdašnog na složenije i novčano izdašnije.

3.2 Određivanje ukupnih vrijednosti Kopačkog rita

Za svaku moguću varijantu budućeg upravljanja Parkom prirode određuju se troškovi njene provedbe (npr. troškova istraživanja, monitoringa, nadzora, hitnih djelovanja, izvedbe zahvata, održavanja sustava, kao i drugih troškova implementacije Plana upravljanja), te očekivane dobiti od korištenja tog prostora (npr. od razvoja turističke ponude i pratećih djelatnosti, od poljoprivrede, od korištenja šuma, te od lovstva, sportskog ribolova, ribnjačarstva i ribolova). Ovi troškovi provedbe i očekivane dobiti određene su prvo za jednonamjenska rješenja pojedinih problema gospodarenja ovim prostorom, a postupkom usklađivanja utvrđeni su njihovi ukupni iznosi i njihova raspodjela u vremenu razmatranja.

Kako u varijante rješenja ulaze i varijante s pooštrenjem uvjeta zaštite područja Kopačkog rita njegovim prevođenjem u viši stupanj zaštite (nacionalni park), na strani troškova javljaju se i naknade za izgubljene koristi sadašnjim korisnicima prostora.

Međutim, osim navedenih očekivanih troškova i tzv. direktnih koristi od upravljanja prostorom Kopačkog rita (tablica 1), koje je moguće realizirati na tržištu, Kopački rit posjeduje i stvara i druge vrijednosti, uporabne i neuporabne. Osim direktnih koristi (vrijednosti) u uporabne vrijednosti spadaju još i indirektna i moguće uporabne vrijednosti, koje se realiziraju na tržištu od strane drugih korisnika prostora ili, što je posebno značajno, od strane budućih generacija. Neuporabne vrijednosti međutim se ne mogu realizirati na tržištu, ali su to takve vrijednosti kojih se ljudi ne žele odreći i spremni su platiti njihovo očuvanje i zaštitu.

Tablica 1: Pregled ukupnih vrijednosti Parka prirode Kopački rit

UPORABNE VRIJEDNOSTI			NEUPORABNE VRIJEDNOSTI
Direktne vrijednosti	Indirektne vrijednosti	Moguće vrijednosti	Zatečene vrijednosti
Ribarstvo i ribnjačarstvo	Odlaganje nutrijenata	Stvaranje genetske banke podataka	Očuvanje prirodnih i krajobraznih vrijednosti
Gospodarenje šumama	Smanjenje poplavnih valova	Povećanje vrijednosti prostora	Očuvanje kulturnog naslijeđa
Lovno gospodarstvo	Prihranjivanje vodonosnika	Otvaranje novih radnih mjesta	
Rekreacija, športski ribolov i turizam	Održavanje eko-sustava Baranje	Usvajanje novih znanja	
Poljoprivreda i seosko gospodarstvo	Održavanje rječnih ekosustava	Razvoj posebnih zdravstvenih programa	
	Održavanje eko-sustava regije		
	Stabilizacija mikroklima		
	Razvoj seoskog turizma		

Sve ove ostale vrijednosti Kopačkog rita također je moguće novčano iskazati na isti način kao i troškove provedbe usvojenog rješenja i direktne koristi, ali na razini procjene, uz korištenje različitih metoda simulacije tržišnih odnosa (lit. (3), (5)). Ove su metode već primjenjivane za određivanje novčanih vrijednosti nekih indirektnih koristi od očuvanja preostalih poplavnih i močvarnih prostora u podunavskom slivu (lit. (4)), a dobiveni rezultati ukazuju na velike, do sada neuočavane vrijednosti ovih ugroženih područja.

Prema sagledanim mogućim usklađenim jednonamjenskim rješenjima upravljanja prostorom Parka prirode i prema varijantama razine njegove zaštite (kao parka prirode ili nacionalnog parka), a vodeći računa o svim postavljenim uvjetima (posebno financiranja provedbe) definiraju se moguće varijante i izabire se ono rješenje kojim se postiže dugoročno najveća ukupna vrijednost prostora Kopačkog rita.

Ova koncepcija određivanja ukupne vrijednosti (vrednovanja) Parka prirode Kopački rit po mogućim varijantama rješenja plana upravljanja izabrana je i zbog slijedećih razloga:

- uvjeti zaštite i očuvanja Parka prirode iziskivati će značajne troškove, koje u početnoj fazi upravljanja Parkom neće biti moguće pokriti iz realnih izvora,
- značaj Parka prirode i za Republiku Hrvatsku i za širu regiju (zemlje Podunavlja, zemlje Srednje Europe) takav je da nikakva alternativna rješenja korištenja ovog prostora ne bi bila prihvatljiva, pa se s tim u svezi može očekivati pomoć europskih i svjetskih institucija u njegovom očuvanju.

Odnosno, ova koncepcija vrednovanja Parka prirode polazi od toga da se njegove vrijednosti moraju u cijelosti sagledati, te dokazati ukupna vrijednost Parka ne samo s motrišta trenutnih interesa, te interesa lokalnog stanovništva, već i s motrišta dugoročnih interesa i interesa stanovništva znatno šire regije. Pri tome se pod vrednovanjem smatra pridruživanje kvantitativnih (novčanih) vrijednosti svim dobrima i uslugama koje osigurava prirodni okoliš, bez obzira da li im je moguće ili ne pripisati vrijednosti koje određuju tržišni uvjeti. To je jedini je način da se neke prirodne vrijednosti, koje trenutačno samo intuitivno smatramo značajnima, kvantificiraju i u uđu u razmatranje kod izrade dugoročnih planova razvoja i korištenja ovakvih prostora.

3.3 Metoda vrednovanja i izbor rješenja

Vrednovanje Parka prirode Kopački rit provodi se kroz utvrđivanje svih njegovih uporabnih vrijednosti i neuporabnih vrijednosti i njihovu ekonomsku procjenu, uzimajući u obzir i sve očekivane troškove i moguće izgubljene vrijednosti.

Postupak ekonomske procjene ukupne vrijednosti Kopačkog rita, odnosno doprinosa tog zaštićenog područja ljudskoj zajednici poznat je kao postupak potpune procjene (lit. (3)). Postupak se svodi na utvrđivanje:

- troškova njegove zaštite i očuvanja (Tk) i troškova nadoknade izgubljenih vrijednosti stanovništvu i drugim zatečenim korisnicima (Ti),
- direktnih, indirektnih i mogućih uporabnih (Dv, Iv, Mv) i neuporabnih vrijednosti (Nv),

te na traženje najveće moguće pozitivne razlike unutar slijedećeg odnosa:

$$Dv + Iv + Mv + Nv > Tk + Ti$$

Potrebno je napomenuti da se u slučaju povećanja razine zaštite promatranog područja (prevođenje Parka prirode u Nacionalni park) povećavaju vrijednosti Tk i Ti, ali i neke uporabne i neuporabne vrijednosti, što nakon provedbe usporedbe omogućava donošenje odluke o izboru buduće najpovoljnije razine zaštite Kopačkog rita.

Uzimajući u obzir značaj vremenske komponente u izboru rješenja (troškovi i koristi ne javljaju se u jednakim iznosima tijekom cijelog razdoblja razmatranja, očekuju se eskalacije cijena kako troškova očuvanja i zaštite, tako i «proizvoda i usluga» Kopačkog rita, manjak prihoda u prvom razdoblju razmatranja nadoknađuje se iz kredita pa je potrebno voditi računa o cijeni kapitala, itd.), za ekonomsku usporedbu izabrana je metoda analize koristi i troškova (tzv. «cost- benefit» metoda), uz svođenje svih koristi i troškova na netto sadašnju vrijednost tijekom izabranog razdoblja razmatranja, odnosno na prvu godinu tog razdoblja razmatranja.

4. POSTUPAK RAZRADE IZABRANOG RJEŠENJA

Za izabrano rješenje provodi se raščlamba i utvrđuju se elementi plana njegove provedbe, vodeći računa o zonalnom pristupu, o razlici između dugoročnih i operativnih planova, o potrebnoj suradnji s drugim korisnicima prostora, zatim s lokalnim stanovništvom, nevladinim institucijama, upravom i znanstvenim institucijama, te o uvjetima osposobljavanja djelatnika JUPP-a u implementaciji plana.

Također, prilikom pripreme plana provedbe izabranog rješenja vodi se računa o mogućem izostanku potrebne potpore nekih predviđenih financijera provedbe Plana upravljanja. Zato se prilikom definiranja troškovničkih stavki uzima u obzir ukupna provedivost programa financiranja, tako da se ostavi alternativa traženju novčane potpore i iz nekih drugih izvora. To znači da se troškovničke stavke formiraju po grupama aktivnosti, kao niz manjih programa, s kojima je moguće odvojeno natjecati se za dobivanje potrebnih kredita ili donacija, ili na temelju kojih je moguće pokretati male ali profitabilne poduhvate. Ovaj se pristup posebno odnosi na probleme koje treba rješavati u odnosima prema lokalnom stanovništvu (pomoć i potpora u izgradnji lokalne komunalne infrastrukture, u obnovi starih i pokretanju novih gospodarskih djelatnosti, u obnovi naselja, u razvoju seoskog turizma i ekološke poljoprivrede i sl.), a sukladno iskustvima razvijenijih zemalja u obnovi ruralnih područja (lit. (6)).

5. ZAKLJUČCI

Prikazani pristup vrednovanja prostora Parka prirode Kopački rit, kao i pristup izboru dugoročnog rješenja upravljanja tim prostorom moguće je poopćiti i koristiti u izradi planova korištenja i drugih prirodnih vrijednih i ugroženih područja u Hrvatskoj, za koje nije nužno da potpadaju pod kategoriju zaštićenog prostora (krška područja, preostala poplavna i močvarna područja u riječnim dolinama).

Ovim pristupom se u cijelosti primjenjuje načelo održivog razvitka i integralni pristup zaštiti prirode i okoliša, jer se u obzir uzimaju ne samo trenutačni i lokalni interesi stanovništva, veći i dugoročni i globalni interesi sadašnjih i budućih generacija. Što je u ovom trenutku najznačajnije, ovim se pristupom omogućava multidisciplinarno sagledavanje problema i nalaženje usuglašanih rješenja za konfliktne situacije u planiranju korištenja vrijednih prirodnih očuvanih prostora, a također se dobivaju transparentni i prepoznatljivi rezultati za međunarodne znanstvene institucije i fondove, zainteresirane za projekte i programe zaštite i očuvanja prirodnog okoliša.

6. Literatura

- (1) Nacionalna strategija zaštite okoliša & Nacionalni plan djelovanja za okoliš, Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja RH, Zagreb, 2002.
- (2) D.J. Thampapillai: Environmental Economics, Oxford University Press Australia, 1991.
- (3) E.B. Barbier, M. Acreman, D. Knowler: Economic Valuation of Wetlands, A Guide for Policy Makers and Planners, Ramsar Convention Bureau, Gland, 1997.
- (4) Danube Pollution Reduction Programme: Evaluation of Wetlands and Floodplain Areas in the Danube River Basin, Final Report, WWF Danube- Carpathian Programme, May 1999.
- (5) Techniques to Value Environmental Resources, An introductory handbook, Australian Government Publishing Service, Canberra, 1993.
- (6) US Environmental Protection Agency: Environmental Planning for Small Communities, A Guide for Local Decision- Makers, Cincinnati, 1994.
- (7) Plan upravljanja Parkom prirode Kopački rit, Sektorska studija «Biodiverzitet», Pedagoški fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayer u Osijeku, Zavod za biologiju, Osijek 2003.

Autor:

Zlatko Pletikapić, dipl.ing., Elektroprojekt d.d., Ul. Alexandera von Humboldta 4, Zagreb, tel. 01/6307743, faks 01/6152685, E-mail: zlatko.pletikapic@elektroprojekt.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.16.

Održivo upravljanje sustavom urbane odvodnje

Marija Šperac, Dragutin Gereš

SAŽETAK: Kakvoća većine površinskih voda narušena je ispuštanjem nepročišćenih otpadnih voda iz naselja i industrije. Nastale gospodarske promjene utjecale su da je u Hrvatskoj stanje kakvoće voda danas bolje od stanja prije nekoliko godina. Ipak, u Hrvatskoj je, kao i u Evropi najvažnija aktivnost u vodnom sektoru zaštita voda. Program praćenja kakvoće površinskih voda izrađen je u skladu s potrebama na održivoj razini i međunarodnim obvezama.

Danas u gradovima susrećemo odvodne sustave različitih nivoa izgrađenosti: od zaostalih, nepovezanih, s tečenjem u otvorenim kanalima do visoko izgrađenih, skupih, cijevnih sustava. u oba slučaja otpadna voda se iz urbane sredine transportira u okoliš gdje izaziva destruktivne operacije. Stoga o mogućnostima prirodnog vodnog sustava direktno ovise mogućnosti urbane odvodnje.

Današnje tendencije u svijetu vezane za upravljanje su širenje interesa u upravljanju kanalizacijom i prihvaćanje holističkog pristupa u upravljanju, promovirajući održivi sustav urbane odvodnje. Posebna primjena ove filozofije uključuje naglasak na kontrolu izvorišta, prijelaz sa tradicionalnih "teških" struktura (odvodne cijevi) na "zelene" infrastrukture, potrebe održavanja i rekonstrukcije infrastrukture i sustavno održavanje financijskih sredstava

Budući razvoj u ovom polju predviđa ciljana istraživanja i razvoj, primjenu znanja i udio širih struktura u planiranju, poboljšanju i djelovanju u upravljanju kanalizacijskim sustavom.

KLJUČNE RIJEČI: kakvoća površinskih voda, prirodni vodni sustav, urbana odvodnja, održivi sustav, upravljanje urbanom odvodnjom.

Sustainable Management of Urban Drainage System

SUMMARY: Surface water quality has deteriorated as a consequence discharge of untreated wastewater from cities and industry. Changes in the Croatian economic sector have affected water quality in a way that present situation is improved if compared with the previous years. However, in Croatia, as in the rest of Europe, the most important activity in water sector is water protection. The surface water quality monitoring and control programs are developed in accordance with the sustainability principle and international regulations.

Today, there are a variety of urban drainage systems, ranging from obsolete, non-integrated open channel systems to highly sophisticated, expensive pipeline systems. Whatever the system is, the waste water is discharged directly into the environment, causing its degradation. Consequently, possibilities of urban drainage are directly dependent on natural water system carrying capacity.

There are some global trends to define the water management through strong approach to the drainage system management and acceptance of holistic approach to management, promoting sustainable urban drainage system. Such an approach particularly highlights source control, shift

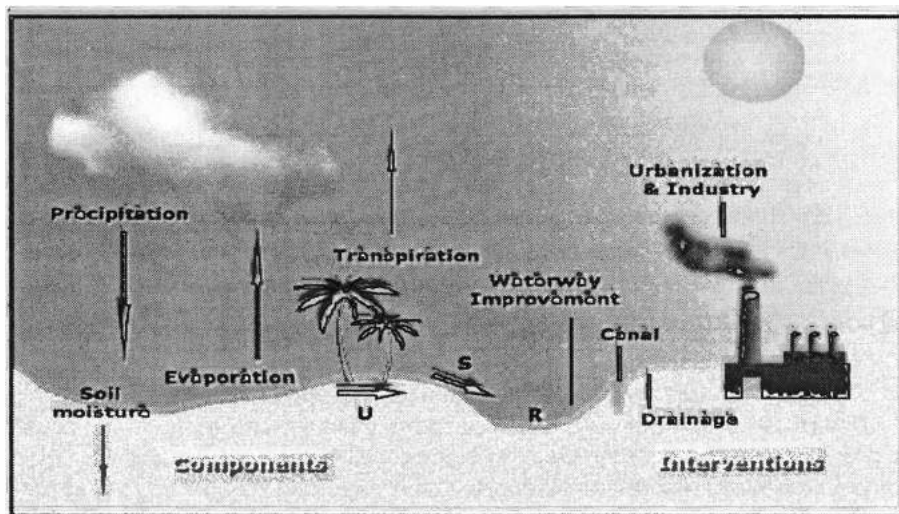
from conventional “heavy” structures (drainage pipes) to “green” infrastructure, maintenance and reconstruction of involved infrastructure and systematic inflow of money.

Future development in this area will include targeted research and development, use of knowledge and participation of general public in planning, improvement and management of the drainage systems.

KEYWORDS: surface water quality, natural water cycle, urban drainage, sustainable system, urban drainage management

1.Uvod

Urbanizacija je definitivno jedna od najvećih karakteristika globalnih promjena današnjice i nekoliko nadolazećih dekada. Danas u gradovima živi oko pedeset posto stanovništva Zemlje, a trend povećanja broja gradskog stanovništva i dalje je u porastu. Raste broj ogromnih urbanih sredina tzv. megagradova sa više od 10 milijuna stanovnika. Zanimljivo je da su ovakve ogromne aglomeracije karakteristike zemalja u razvoju. Rast populacije, porast životnog standarda i industrijski i ekonomski razvoj imaju veliki utjecaj na prirodni okoliš. Ljudske aktivnosti utječu na hidrološku ravnotežu i mogu bitno narušiti količinu i kvalitetu vodnih resursa sadašnjih i budućih generacija. Upotreba vode u kućanstvu, industriji i farmama je u porastu. Svježe, čiste vode je sve manje, a cijena joj raste. Velike populacije osim što koriste više svježe vode, još više ispuštaju otpadne vode u okoliš. Veliki naponi se ulažu da razvoj urbanih centara ostane u granicama održivosti. Voda je jedan od osnovnih faktora koji definira pravilan razvoj urbanih sredina. Posljedica urbanizacije pojedinih područja je promjena prirodnog toka kruženja vode (slika 1.)



Slika 1: Hidrološki ciklus u urbanoj sredini

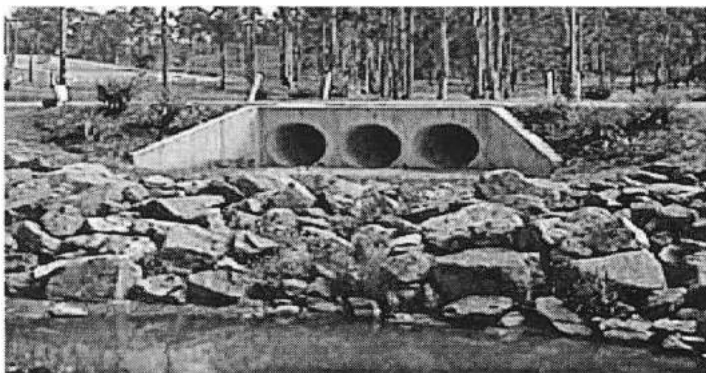
Na lijevoj strani slike su prikazane osnovne komponente vodne ravnoteže: oborine (precipitation), vlažnost tla (soil moisture), evaporacija (evaporation), transpiracija (transpiration), U = podzemno utjecanje prema rijeci (underground runoff to river), S = površinsko otjecanje (surface runoff); a na desnoj strani slike prikazani su utjecaji čovjeka na hidrološki ciklus: urbanizacija i industrija (urbanization & industry), odvodnja (drainage), kanali (canal), prirast vodnog toka (waterway improvement).

Veliki gradovi i urbano širenje utječu na lokalnu klimu i hidrologiju. Urbanizacija je praćena ubrzanom odvodnjom vode sa cesta i pločnika, kao i gradskim kanalizacijskim sustavom što povećava mogućnost poplava. Ove promjene utječu na veličinu infiltracije, evapotranspiracije i transpiracije. Kao posljedica urbanizacije javlja se i smanjeno obnavljanje količina podzemne vode. Svi navedeni utjecaji mogu utjecati na vodni ciklus ekstremno negativnim konzekvencama na riječnom slivu, površini jezera, vodonosniku i okolišu u cjelini.

Za sagledavanje potreba okoliša i stanovništva esencijalno je da je sustav odvodnje riješen u potpunosti. Ključ je integracija svih dijelova: upravljanje poplavama, kompleksnost urbane odvodnje, kontrola kvalitete otpadnih voda, potrebe stanovništva i zaštita prirodnog okoliša. Projektiranje velikih sustava urbane odvodnje zahtijeva posebne ekspertize iz područja hidrologije, hidraulike, kvalitete voda, nanosa, karakteristika sliva i ekologije.

Održiva urbana odvodnja je koncept koji na duže vrijeme uključuje okoliš i socijalne faktore u rješavanju problema odvodnje. U obzir se uzima količina i kakvoća otjecanja i vrijednost kvalitete površinskih voda u urbanom okolišu. Mnogi postojeći sustavi odvodnje prouzrokuju probleme poplava, zagađenja i narušavanja okoliša i ne odgovaraju uvjetima održivosti.

Danas u gradovima susrećemo odvodne sustave različitih nivoa izgrađenosti: od zaostalih, nepovezanih, s tečenjem u otvorenim kanalima do visoko izgrađenih, skupih, cijevnih sustava. U oba slučaja otpadna voda se iz urbane sredine transportira u okoliš gdje izaziva destruktivne operacije.



Slika 2: Detalj urbane odvodnje

Održivi razvoj i Lokalna Agenda 21 ukazuju na potrebu upravljanja ravnotežom socijalnih, ekonomskih i zahtijeva okoliša, minimizirajući suprotnosti koje mogu nastati između ekonomskog razvoja i zaštite okoliša.. Održavanje i izgradnja okoliša je područje strategije održivog razvoja koji treba primjenjivati u praksi. Centralno mjesto u održivom upravljanju resursima zauzima voda kao osnovni i nezamjenjiv prirodni resurs. Pravilno upravljanje vodom utječe na kvalitetu života lokalnog stanovništva.

Integralna upotreba i upravljanje oborinskom vodom, otpadnom vodom, podzemnom vodom i vodom za vodoopskrbu je proizvod niza socijalnih, ekonomskih i specifičnosti okoliša. Spajajući dijelove, specifičnosti i izvedive definicije održivosti, često opažamo pogotovu u ekološkom smislu, teškoće koje se javljaju kroz kompleksnu interakciju između velikog broja socijalnih, ekonomskih i tehničkih varijabli koje imaju utjecaja na okoliš.

2. Urbana odvodnja

Na izgrađenom području potrebno je odvesti površinsku vodu. Tradicionalnim načinom voda se odvodi, što je brže moguće, podpovršinskom kanalizacijskom mrežom projektiranom na količinu vode, za lokalnu zaštitu od poplava.

Zbog velikog zagađenja iz urbanog područja koje se unosi u rijeke i podzemne vode sve se više značaj stavlja na kvalitetu vode, pogotovu jer je podzemnu vodu ekstremno teško očistiti od zagađenja. Konvencionalnim načinom odvodnje teško je kontrolirati kvalitetu otjecanja što može imati značajne posljedice. Bazni elementi kao što su: vodni resursi, karakteristike društvene zajednice, slivni potencijal, različiti prirodni utjecaji su dugo vremena bili ignorirani. Konvencionalni sustavi odvodnje su vrlo ograničenih mogućnosti, nisu projektirani obzirom na navedene elemente, te se ne uklapaju u opcije održivosti kopnenog i vodenog okoliša. Stanje kakvoća voda u Hrvatskoj zbog nastalih gospodarskih (destruktivnih) promjena danas je bolje od stanja prije deset godina. Ipak, u Hrvatskoj je, kao i u Europi najvažnija aktivnost u vodnom sektoru zaštita voda.

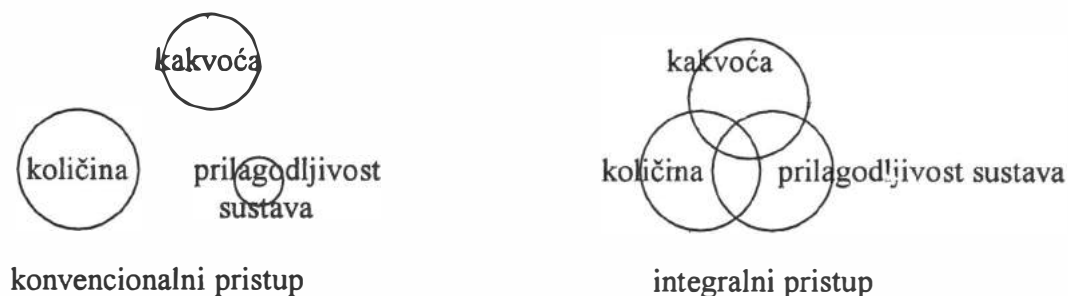
Danas su u većini gradova zemalja zapadne Europe primijenjeni sustavi mješovite kanalizacije koja ima mnogo nedostataka. Kanalski sustavi u većini naših gradova u današnjoj izgrađenosti ne zadovoljavaju osnovnim zahtjevima za realizaciju i funkcioniranje modela upravljanja u realnom vremenu. Principi budućih sustava kanalizacije moraju biti bazirani na primjeni moderne tehnologije i inovacijama. Pozitivni efekti primjene suvremenih rješenja realiziraju se kroz sve segmente funkcioniranja grada, urbanog i prirodnog okruženja.

2.1. Održiva urbana odvodnja

Sustav odvodnje bi se trebao razvijati u okvirima ideja održivog razvoja, balansirajući različite utjecaje koji bi trebali biti sadržani u strukturi sustava. Metode površinske odvodnje koje sadrže, kakvoću i prilagodljivost odnose se na održivi urbani sustav odvodnje. Ovakvi sustavi su više održivi od konvencionalnih jer oni :

- upravljaju odvodnjom, smanjujući utjecaj urbanizacije na poplave
- štite ili poboljšavaju kakvoću vode
- prilagodljiviji su prirodnom okruženju i potrebama lokalne zajednice
- zaštićuju prirodno stanište u okolini urbanog područja
- potiču prirodno obnavljanje podzemne vode

Urbana odvodnja danas napušta konvencionalan pristup i teži integralnom pristupu koji obuhvaća urbani razvoj, kontrolu poplava, kvalitetno upravljanje i prilagodljivost sustava.

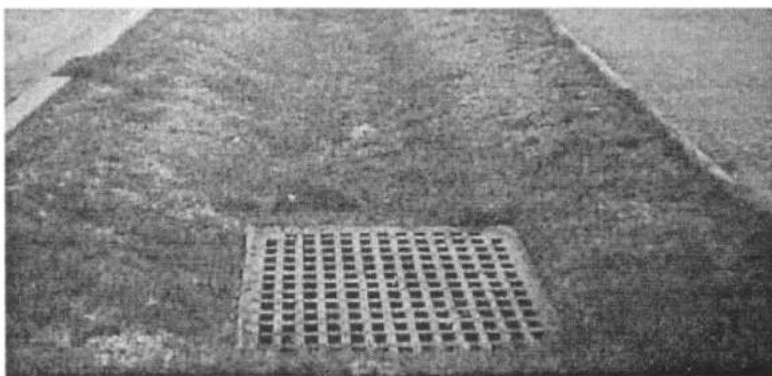


Slika 3: Konvencionalni i integralni pristup urbanoj odvodnji

Održivi sustavi urbane odvodnje su alternative konvencionalnim urbanim sustavima odvodnje i projektirani su za smanjenje zagađenja u vodnim tokovima i zemljištu, kao i za smanjenje rizika od poplave. Ovi sustavi sadrže strukture izgrađene za prihvaćanje površinskog otjecanja kao što su: retencijski bazeni, uređene zemljane površine, infiltracijski uređaji, travnate površine i propusne površine.

Karakteristike održivih urbanih sustava odvodnje projektiranih na bazi prirodnih procesa:

- sustavi za odvodnju površinskih voda su gravitacijski
- ovakvi sustavi smanjuju protoku, te smanjuju rizike od poplave
- osiguravaju vrijeme za prirodno odvijanje taloženja, infiltracije i biorazgradnje što smanjuje zagađenja u površinskoj odvodnji
- uključuje sadržaje lokalnih pogodnosti izgrađujući i štiteći okoliš
- postavljanjem zelene infrastrukture i raznih poroznih površina obnavljaju se zalihe podzemne vode i smanjuje se količina vode koja se direktno ispušta u rijeke.
- unapređuju zaštitu postojećih ribnjaka, zemljišta i vodnih tokova
- podržavaju ekonomski i socijalni razvoj društvene zajednice.



Slika 3.: Uvođenje zelenih površina u urbane sustave

Održivo upravljanje sustavima urbane odvodnje podrazumijeva razvoj sustava odvodnje u skladu s razvojem i potrebama urbane sredine od početne faze razvoja pa nadalje. Današnje tendencije u svijetu vezane za upravljanje su širenje interesa u upravljanju kanalizacijom i prihvaćanje holističkog pristupa u upravljanju, promovirajući održiv sustav urbane odvodnje.

3.Zaključak

Problematiku urbanih područja sa aspekta funkcioniranja urbane odvodnje karakterizira povećani dotok u kolektore (uslijed povećane količine nepropusnih površina), te povećanom brzinom tečenja sa znatno višim vrhom protoke

Održivo upravljanje sustavom urbane odvodnje bazira se na integralnom pristupu jednako uvažavajući kakvoću vode, količinu vode i prilagodljivost sustava, kao i njihovu međusobnu povezanost. Ključnu ulogu u rješavanju problematike urbane odvodnje imaju recipijenti i/ili vodna tijela u koja se usmjeravaju sve vrste otpadne vode iz urbane sredine.

Budući razvoj urbane odvodnje usmjeren je ka ciljanim istraživanjima i razvoju, primjeni

znanja i udio viših struktura u planiranju, poboljšanju i djelovanju u upravljanju kanalizacijskim sustavom. Potrebe specifičnih istraživanja uključuju nove tehnologije i strategije u upravljanje dajući prednosti tretmanu urbanih otpadnih voda i sredstvima za analizu i postupke u odvodnom sustavu. Velika raznolikost potreba i karakteristike područja, različitost oblika urbane odvodnje, ekspertima daje ulogu posrednika između potrošača (zagađivača) i sudjelujućih područja.

Moderno vodno upravljanje uzima u obzir vodne sustave u cijelosti zajedno sa svim utjecajnim faktorima i ostalim srodnim sustavima. Problemi upravljanja se često postavljaju kao multikriterijalni problemi sa jakim akcentom na optimizaciju.

Literatura:

1. Beck, M.B. & Co.(1994): Urban Drainage in the 21st Century: assessment of new technology on the basis of global material flows, Wat. Sci. Tech., 30 (2), 1-12
2. Bonacci, O. (2002.): kontrola i upravljanje poplavama u urbanim područjima, Hrvatska vodoprivreda, travanj 2002. (17-23)
3. Butler,D.,Parkinson,J.(1997.): Towards Sustainable Urban Drainage, Wat.Sci.Tech. Vol.35.,No. 9,pp.53-63
4. Chocat,B. & Co.(2001): Urban drainage redefined: from stormwater removal to integrated management, Wat. Sci. Tech. Vol 43, No. 5, pp 61-68
5. Gereš, D (2002.) : Upravljanje urbanim vodnim sustavima, Urbana hidrologija – okrugli stol,Split, str. 19-31
6. Šperac, M. (2002.): Effect of urban drainage on ecological impairment, 40TH Anniversary of Pollack Mihaly College of Engineering , University of Pecs, Hungary, Proc. Vol. I
7. Turner II, B. L., W. C. Clark, R. W. Kates, J. F. Richards, J. T. Mathews, and W. B. Meyer, "The Earth as Transformed by Human Action", Cambridge University Press.

Autori:

Mr. sc. Marija Šperac dipl. ing. građ., msperac@most.gfos.hr
Građevinski fakultet Osijek, Drinska 16a, Osijek, tel. 031 274 377

Prof. dr. sc. Dragutin Gereš dipl. ing. građ., dgeres@voda.hr
Hrvatske vode, Ul. grada Vukovara 220, Zagreb, tel. 01 3307 305



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.17.

Retencija Drežničko polje

Tamara Tarnik, Damir Balažić

SAŽETAK: Planirani objekt «Retencija Drežničko polje» nalazi se uz jugozapadni rub planinskog masiva Kapele u blizini mjesta Drežnica. Drežničko polje je i u sadašnjim uvjetima prirodna retencija. Tijekom jeseni, zime i proljeća javljaju se višednevne poplave zbog dotoka u Drežničko polje. Voda s Drežničkog polja odlazi prema izvorima Zagorske Mrežnice, odnosno jezeru Sabljaci, gdje se koristi za dobivanje električne energije na HE Gojak. Zbog relativno male zapremine akumulacijskog jezera Sabljaci javljaju se česti preljevi koji se ne mogu energetske iskoristiti. Retencija Drežničko polje će usporiti i kontrolirati otjecanja, što je moguće postići odgovarajućim tehničkim intervencijama. Izgradnjom Retencije Drežničko polje postiže se: smanjenje preljevnih voda na preljevu Sabljaci, povećanje proizvodnje električne energije na HE Gojak, a kasnije i na nizvodno planiranim elektranama Gojačke Dobre, te povećanje zaštite nizvodnog područja od poplavnih voda Zagorske Mrežnice. Projekt je u fazi opsežnih istražnih radova za potrebe projektne dokumentacije uključujući klimatološka, hidrološko-hidraulička, speleološka, agropedološka i šumarska istraživanja, te ispitivanja kakvoće vode u svrhu što boljeg prilagođavanja prirodne retencije gospodarskom korištenju i zaštiti od poplava grada Ogulina, a da se pritom ne utječe na poljoprivrednu i šumarsku djelatnost.

KLJUČNE RIJEČI:

Drežničko Polje Retention Basin

SUMMARY: The planned Drežničko Polje Retention Basin structure stretches along the southwestern edge of the Kapela mountain range in the vicinity of Drežnica village. Presently, Drežničko Polje is a natural retention basin. Due to water inflow into Drežničko Polje, floods occur during autumn, winter and spring periods and retain for several days. The water from Drežničko Polje drains towards the Zagorska Mrežnica River springs and the Sabljaci Reservoir where it is utilized for electricity generation in the Gojak Hydro Power Plant. Due to a relatively small capacity of the Sabljaci Reservoir overflows occur frequently that cannot be utilized for energy purposes. The Drežničko Polje Retention Basin will slow down and control the outflow, which can be achieved by implementing appropriate technical solutions. The construction of the Drežničko Polje Retention Basin will decrease the overflows at the Sabljaci spillway, increase electricity generation in the Gojak HPP and later on in downstream hydro power plants planned for construction on the Gojačka Dobra River and improve the protection of downstream area against flood water of the Zagorska Mrežnica River. The project is now in the phase of extensive research for the needs of design documentation, including climate, hydrological and hydraulic, potholing, agropedological and forestry surveys and water quality testing aimed at adjusting the natural retention basin to economic utilization and flood control for the City of Ogulin without adverse impacts on agriculture and forestry.

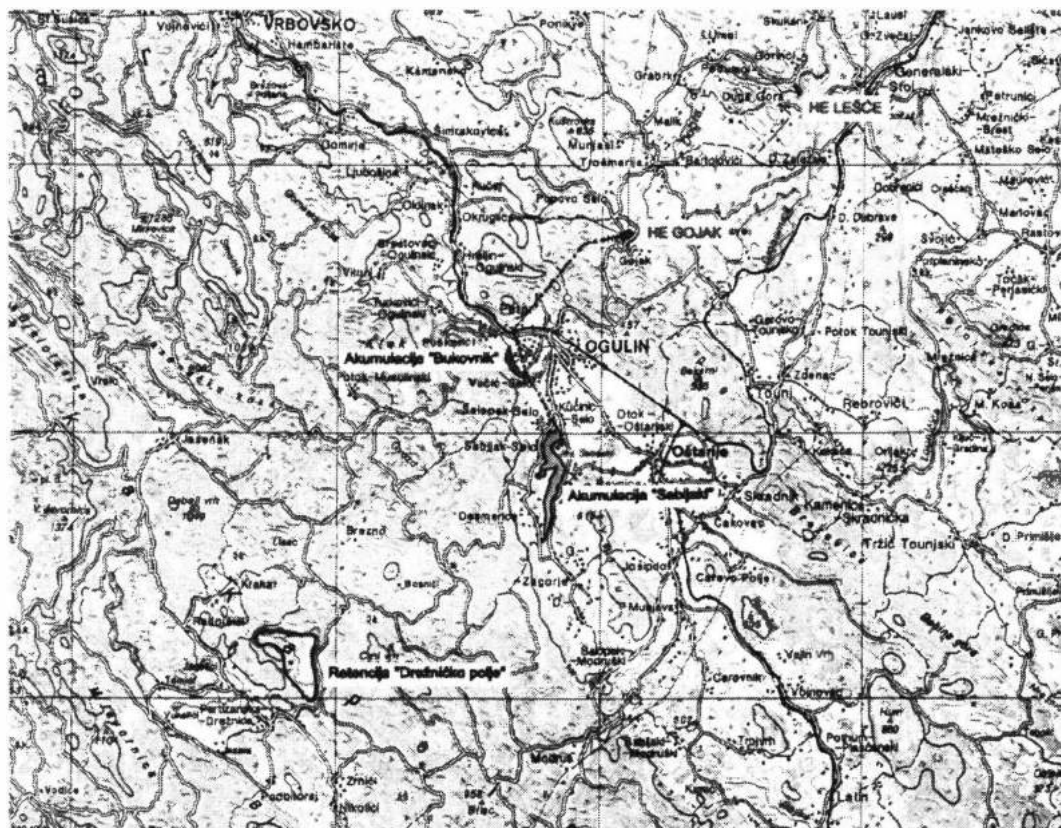
KEYWORDS:

Uvod

Stabilna i sigurna opskrba električnom energijom jedan je od osnovnih uvjeta uspješnog gospodarskog razvoja pa je svaka inicijativa koja doprinosi poboljšanju elektroenergetske situacije korisna. Jedna od mogućnosti povećanja energetske potencijala Hrvatske jest usmjeravanje na energetske objekte s obnovljivim izvorima energije - posebno na hidroenergetske objekte. Iako su veća i rentabilnija postrojenja već dobrim dijelom izgrađena, ili se njihova izgradnja planira u budućnosti, mnoga od njih nisu iskoristila sve raspoložive energetske potencijale. Stoga, na navedenim postrojenjima treba istražiti i iskoristiti sve društveno i gospodarski opravdane mogućnosti za povećanje i poboljšanje proizvodnje električne energije, a da se pritom štetni utjecaji na okoliš svedu na najmanju moguću mjeru.

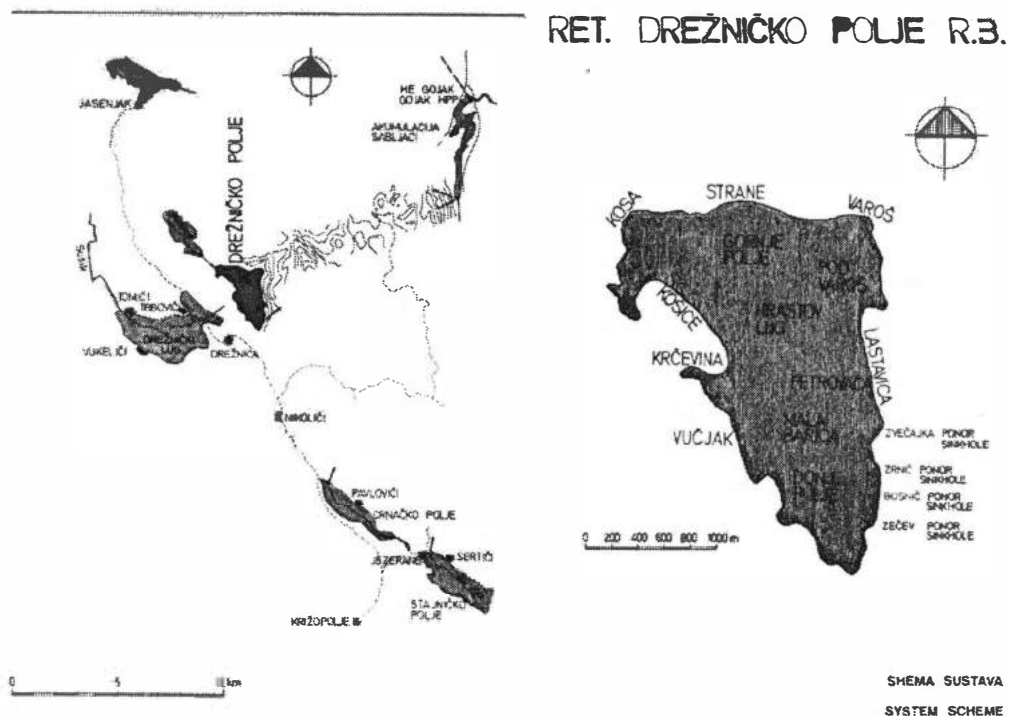
HE Gojak – mogućnost povećanja energetske potencijala

Hidroelektrana Gojak, smještena u blizini grada Ogulina, jedno je od postrojenja na kojima bi se uz odgovarajuće i planske intervencije poboljšalo iskorištavanje energetske potencijala. HE Gojak koristi vode Ogulinske Dobre i Zagorske Mrežnice, na kojima su izgrađene akumulacije Bukovnik i Sabljaci. Budući da su postojeće akumulacije nedovoljne za prihvrat većih vodnih valova, a preljevi učestala pojava, razmišljalo se o mogućnostima izgradnje značajnije akumulacije. Naime, u slivu Zagorske Mrežnice u obliku preljevnih voda, godišnje se gubi oko 60 GWh električne energije.



Slika 1: Položaj hidroloških objekata M 1:100 000

Prva istraživanja pronalaženja lokaliteta akumulacije odgovarajuće zapremine bila su usmjerena na potok Sušik, međutim pokazalo se da takva akumulacija ne bi bila gospodarski opravdana. Uslijedilo je istraživanje mogućnosti zadržavanja ili usporavanja otjecanja vode na susjednim kraškim poljima: Drežnički lug, Drežničko polje, Krakar i Jasenačko polje. Drežničko polje odabrano je kao najpogodnije za ostvarenje planirane retencije, dok su ostala polja ocijenjena kao manje pogodna. Naime, Krakar je znatno manji i naseljen, a Drežnički lug ima ograničenu mogućnost zadržavanja vode zbog male dubine. Daljnjim istraživanjima utvrđena je direktna povezanost Drežničkog polja s izvorom Zagorske Mrežnice, što je bio slijedeći važni dokaz da se produženim zadržavanjem velikih vodnih valova u Drežničkom polju može povećati proizvodnja električne energije na HE Gojak, a u budućnosti na svim nizvodno planiranim hidroelektranama Donje Dobre.



Slika 2: Retencija Drežničko polje - Shematski prikaz sustava

Planirani objekt «Retencija Drežničko polje» je i prirodna retencija

Drežničko polje nalazi se uz jugozapadni rub planinskog masiva Kapele u neposrednoj blizini mjesta Drežnica, a nastalo je kao posljedica složenih geoloških procesa, prvenstveno tektonskih gibanja i u manjoj mjeri kao posljedica erozijskog djelovanja tijekom geološke prošlosti.

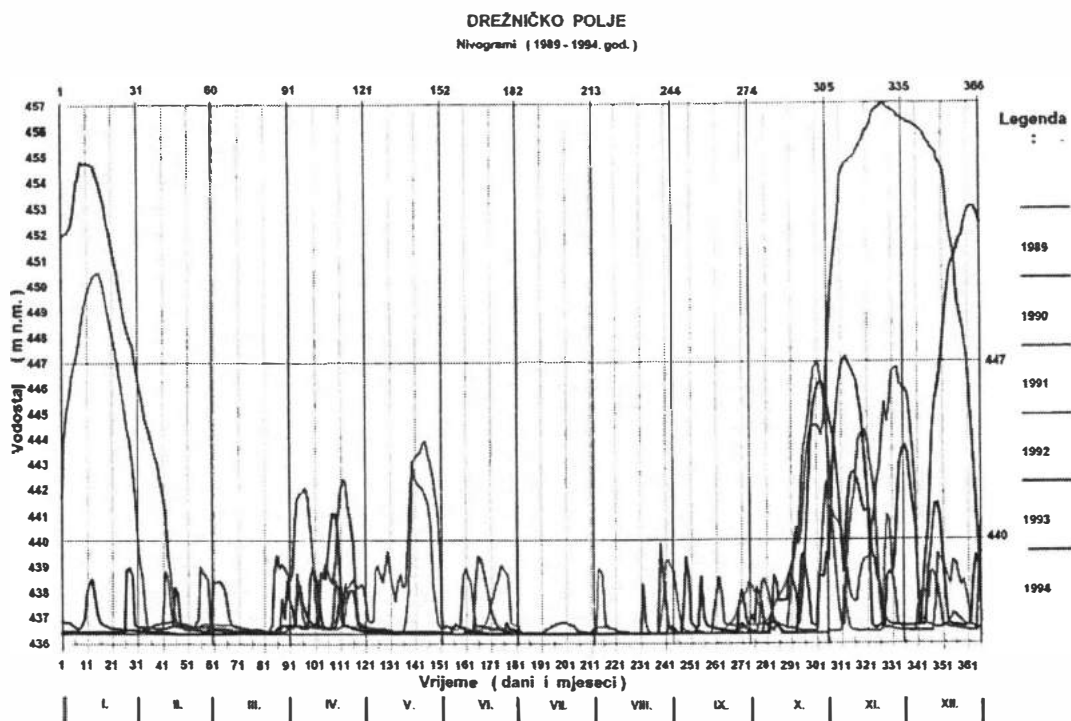
Drežničko polje i u sadašnjem stanju predstavlja prirodnu retenciju, zadržavajući poplavne vode tijekom velikih dotoka, koji nastaju kao rezultat razlike izdašnosti izvora i kapaciteta ponora, odnosno ukupnog dotoka i otjecanja u određenom vremenskom periodu. Prema skupnom dijagramu dnevnih vodostaja u Drežničkom polju, za razdoblje od 1989.-1994., godine vidljivo je da se poplave javljaju od polovice listopada do polovice veljače, te tijekom travnja i svibnja.

Realizacijom «Retencije Drežničko polje» smanjili bi se gubici vode na preljevu Sabljaci za oko 15 do 25 %, čime bi se povećalo iskorištenje energetskeg potencijala, a osim toga omogućila bi se i pojačana zaštita nizvodnog područja od poplavnih voda Zagorske Mrežnice.

Iskoristiti mogućnosti uvažavajući prirodne zahtjeve

Unatoč činjenici da Drežničko polje, po svom obliku i veličini, ima najpovoljnije uvjete zadržavanja voda, bilo je potrebno istražiti najpovoljniji period rada planirane retencije zbog naše obveze da svojim djelatnostima štetni utjecaj na okoliš svedemo na najmanju moguću mjeru. Iako se unutar granice promatranog područja ne nalaze zakonom zaštićeni objekti prirode, šuma hrasta lužnjaka i velike žutilovke (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Ht. 1938.), koja se prostire na 57 ha Drežničkog polja u 58 odjelu gospodarske jedinice Čungar, izdvojena je iz redovnog gospodarenja kao šuma posebne namjene. U Drežničkom polju ova šuma predstavlja prirodnu posebnost zbog pojave na visinama od 440 do 447 m n.m. Očuvanje iste, pretpostavlja umanjenu mogućnost korištenja Drežničkog polja u energetske svrhe, te je stoga i izabrano rješenje retencije, a ne akumulacije Drežničko polje. Izvedbom retencija u Crnačkom pa i Stajačkom polju mogli bi se smanjiti, navedeni, gubici vode, pa u daljnjem radu treba ispitati mogućnosti realizacije i ovih retencija.

U Drežničkom polju zemlja se ne obrađuje, uslijed pojave periodičnih poplava, ali se ovaj prostor koristi za ispašu stoke, i sjenokošu.



Slika 3: Drežničko polje-nivogram



Slika 4: Drežničko polje

Istraživanjima do rješenja

Temeljem opsežnih istraživanja, analiza varijanti i energetske – ekonomske analize, te zahtjeva zaštite okoliša, odabrano je rješenje otješnjenja ponora s regulacijom ispuštanja na glavnim ponorima i izdvojeno otješnjenje ostalih ponorskih pojava.



Slika 5: Drežničko polje za vrijeme poplave

Odabirom navedenog rješenja zadržat će se veliki vodni valovi u retenciji, a zadržana voda kontroliranim ispuštanjem bolje će se iskoristiti na postojećoj HE Gojak smanjujući istovremeno preljeve na akumulaciji Sabljaci.

U svrhu ispunjavanja zakonske obveze prema tada važećoj Uredbi o procjeni utjecaja na okoliš (N.N. 34/97 i 37/97), ali i želje za pravilnim gospodarenjem vodama i prirodnim bogatstvima Hrvatska elektroprivreda ishodila je konačnu Studiju utjecaja na okoliš retencije Drežničko polje, u suradnji s brojnim stručnjacima-šumarima, agronomima, biolozima, građevinarima, hidrolozima, meteorolozima, geolozima, sociolozima. U Studiji utjecaja na okoliš analizirane su sve značajke lokacije: klimatološke, hidrološke, kakvoća voda, geološke, hidrogeološke, seizmotektonske, speleološke, agropedološke, istraživanja flore i faune, šumske vegetacije, ribarstvo, lovstvo, demografske, sociološke, infrastrukturne, kulturna i prirodna bogatstva.

Nadalje, nizom provedenih istraživanja i sagledavanja mogućih negativnih utjecaja predviđen je režim rada retencije:

- u vegetacijskom razdoblju, od 15. travnja do 15. listopada, nije dopušteno manipuliranje vodama u Drežničkom polju već se u tom periodu treba osigurati prirodni režim rada retencije
- u vanvegetacijskom razdoblju može se rukovati retencijom tako da režim plavljenja (visina i trajanje vodostaja) u Drežničkom polju bude u granicama prirodnih događanja.

Navedeni pristup rezultat je namjere za boljim energetske iskorisćenjem voda gornjih horizonata Zagorske Mrežnice, jer na izgrađenoj HE Gojak donosi dodatnih cca. 20 GWh, a na planiranoj HE Lešće cca. 5 GWh godišnje, uz očuvanje poljoprivrednog, šumskog zemljišta, posebno šume hrasta lužnjaka i velike žutilovke, uz povećanu zaštitu nizvodnog područja od poplavnih voda Zagorske Mrežnice.

Program praćenja stanja okoliša prije, za vrijeme i nakon izvedbe objekta

Za retenciju Drežničko polje ishođeno je, od nadležnog ministarstva, Rješenje da je namjeravani zahvat prihvatljiv za okoliš. Istim rješenjem definiran je i opseg radova za potrebe praćenja stanja okoliša i nastavak projektiranja.

U program praćenja i obrade okoliša prije, za vrijeme gradnje i nakon izvedbe retencije uključena su daljnja klimatološka, hidrološka – hidraulička, geološko - geotehnička, geodetska, speleološka, pedološka, šumarska istraživanja, te istraživanja kvalitete vode u cilju optimalnog planiranja korištenja retencije, projektiranja, praćenja promjena i konačno planiranja potrebnih izmjena i poboljšanja.

Navedeni radovi su u toku, tj. pred ugovaranjem u ovoj i slijedećoj godini, čime bi se kompletirao opseg zahtjevanje baze podataka iz Rješenja, te omogućila izrada konačnog Idejnog rješenja, energetske – ekonomskih analiza i pripreme podloge za Odluku o nastavku razvoja projekta retencije Drežničko polje.

Zaključak

Planirana retencija Drežničko polje primjer je kompleksnog pristupa u pronalaženju rješenja povećanja energetske učinkovitosti na već postojećem hidroenergetskom objektu - HE Gojak. Uvažavanjem prirodnih zakonitosti i vrijednosti te korištenjem znanja i iskustva stručnjaka odabrano je rješenje otješnjenja ponora s regulacijom ispuštanja na glavnim ponorima i izdvojeno otješnjenje ostalih ponorskih pojava. Odabirom navedenog rješenja zadržat će se veliki vodni valovi u retenciji, a zadržana voda kontroliranim ispuštanjem bolje će se iskoristiti na postojećoj HE Gojak smanjujući istovremeno

preljeve na akumulaciji Sabljaci. Nizom provedenih istraživanja i sagledavanja mogućih negativnih utjecaja predviđen je režim rada retencije čime će se očuvati poljoprivredna i šumska zemljišta, posebno šuma hrasta lužnjaka i velike žutilovke, te povećati zaštita nizvodnog područja od poplavnih voda Zagorske Mrežnice.

Literatura

1. Retencija/ akumulacija Drežničko polje, Idejno rješenje, Elektroprojekt Zagreb, 1989.
2. Retencija Drežničko polje, Studija o utjecaju na okoliš, Elektroprojekt Zagreb, 1997.

Autori:

Tamara Tarnik, dipl.inž.biol., HEP d.d., Sektor za razvoj, Vukovarska 37, 10000 Zagreb, tel. 01/6322390, e-mail: tamara.tarnik@hep.hr

Damir Balažić, dipl.inž.građ, HEP-Proizvodnja d.o.o., Sektor za hidroelektrane; Vukovarska 37, 10000 Zagreb, tel. 01/6322085, e-mail: damir.balazic@hep.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 5.18.

Gospodarenje podzemnim vodama zapadnog dijela otoka Korčule

Tatjana Vlahović, Želimir Pekaš, Andrea Bačani

SAŽETAK: Za vodoopskrbu zapadnog dijela otoka Korčule koristi se podzemna voda sa crpilišta u Blatskom polju. Crpilište vodovoda Blato sastoji se od 4 zdenca s ukupnom izdašnošću od 65 l/s, što ukazuje na postojanje relativno izdašnog krškog vodonosnika na zapadnom dijelu otoka. Zbog relativne otvorenosti vodonosnika prema moru prisutna je opasnost narušavanja hidrokemijske i hidrodinamičke ravnoteže, uzrokovane neprilagođenim režimom crpljenja kod već primjetnih klimatskih promjena. Kakvoća podzemne vode, osim povremenog povećanja saliniteta u nepovoljnim hidrološkim razdobljima, zadovoljava kriterije vode za piće, ali zbog intenzivne poljoprivredne proizvodnje u polju, blizine naselja koje nema riješenu odvodnju, te intenzivnog prometa tijekom turističke sezone, postoji realna opasnost od zagađenja podzemne vode. Stoga, u cilju osiguranja dostatnih količina podzemne vode zadovoljavajuće kakvoće nužno je pravilno gospodarenje podzemnim vodama, i to kako u smislu korištenja tako i zaštite vodonosnika od njegova precrpljivanja i štetnih djelovanja u priljevnom području crpilišta.

KLJUČNE RIJEČI: vodoopskrba Korčule, gospodarenje podzemnim vodama

Groundwater Management in the Western Part of the Island of Korčula

SUMMARY: The western part of the island of Korčula is supplied with water from the groundwater well field in Blatsko Polje. The Blato Waterworks well field consists of 4 wells with total yield of 65 l/s, which confirms presence of a karst aquifer with rather high yield in the western part of the island. Since the aquifer is open towards the sea, there is a danger that unsuitable pumping regime and already noticed climate changes could disturb the hydrochemical and hydrodynamic balance. The groundwater quality satisfies the potable water criteria, with the exception of occasional increase in salinity during unfavorable hydrological periods. However, due to the intensive agricultural activity in the fields, vicinity of a settlement without a drainage system, and high traffic loads during the tourist season, there is a realistic risk of the groundwater contamination. Thus, ensuring additional quantities of groundwater of satisfactory quality asks for adequate groundwater management practices in the aquifer exploitation and protection against excessive pumping and hazardous activities in the well field inflow area.

KEYWORDS: water supply of the island of Korčula, groundwater management

UVOD

Zapadni dio otoka Korčule (Blato, Vela Luka i okolna mjesta), opskrbljuje se vodom sa crpilišta u Blatskom polju. Crpilište vodovoda Blato sastoji se od 4 zdenca s krajnjom

međusobnom udaljenosti od 1,5 km. Ukupno se sa ovih zdenaca tijekom povoljnih hidroloških godina može crpiti do 65 l/s.

Iako je još 1990. godine načinjena prva faza hidrogeoloških istraživanja za potrebe izrade zona sanitarne zaštite [1] crpilište nema riješenu zaštitu. Kakvoća podzemne vode, osim povremenog povećanja saliniteta iznad MDK, zadovoljava kriterije vode za piće, ali zbog intenzivne poljoprivredne proizvodnje u polju, blizine naselja koje nema riješenu odvodnju te intenzivnog prometa tijekom turističke sezone, postoji realna opasnost od zagađenja podzemne vode. To iziskuje što skorije utvrđivanje zona sanitarne zaštite za vodocrpilište.

Zbog sve većih problema s osiguranjem potrebnih količina vode za vodoopskrbu tijekom ljetnog razdoblja, koji su prvenstveno posljedica znatnog smanjenja padalina posljednjih godina, nametnula se potreba iznalaženja optimalnog načina gospodarenja podzemnim vodama. U tu svrhu je tijekom 2002. godine provedena I faza vodoistražnih radova [2], čime su započeta istraživanja koja imaju krajnji cilj:

- definiranje mogućnosti povećanja, u ljetnom razdoblju, crpnih količina podzemne vode zadovoljavajuće kakvoće s obzirom na salinitet, odnosno utvrđivanje mogućnosti smanjenja sadržaja klorida u podzemnoj vodi pri postojećem ukupnom kapacitetu crpljenja;
- izradu konačnog prijedloga zona i mjera sanitarne zaštite.

KLIMATSKE ZNAČAJKE

Na otoku Korčula vlada sredozemna klima s toplim i redovito sušnim ljetima i u prosjeku blagim zimama s dosta kiše. Vrijeme je zimi promjenljivo, češća je smjena zračnih masa vjetrova, temperature i naoblake nego ljeti kada je vrijeme stabilnije. Posljednjih godina izostaju ciklonalne aktivnosti što rezultira deficitom padalina.

Prema podacima kišomjerne stanice Blato srednja godišnja padalina za razdoblje 1950-1975 je 934 mm, minimalna 632 mm i maksimalna 1320 mm na godinu. Oko 70% padaline padne od listopada do travnja. Zadnjih desetak godina maksimalna padalina izjednačuje se sa srednjakom iz prethodnog razdoblja, a minimum je nešto viši od 500 mm. Ova klimatološka nepogoda ima odraza i na zalihe podzemnih voda.

Srednja godišnja temperatura je 16°C. Najtopliji mjesec je srpanj (24,5°C), a najhladniji siječanj sa srednjom mjesečnom temperaturom 9,2°C.

GEOLOŠKI ODNOSI

Zapadni dio otoka Korčule, odnosno područje između Blatskog i Velog polja i sjeverne obalne linije otoka Korčule izgrađuju naslage krede i kvartara [2] [3] [4].

Najstarije naslage na proučavanom području su naslage **alba** (K_1^5). Izgrađuju rubove Blatskog i Velog polja, šire područje lokaliteta Lisac i Zanarat, te područje sjeverozapadno od polja Velika Krtinja. Niži i središnji dio alba izgrađuju pretežito vapnenci, a podređeno dolomiti, dok u višem dijelu dolazi više dolomita u izmjeni s vapnencima. Vapnenci su uglavnom dobro uslojeni dok se slojevitost u dolomitima teže uočava. Ukupna debljina albskih naslaga iznosi preko 250 metara.

Kontinuirano na naslagama alba taložene su naslage iz prijelaza donje u gornju kredu, odnosno **alb-cenoman** (K_1^5 , K_2^1). Izgrađuju područje na lokalitetu Prvi dol, zatim južno od Velikog polja, područje Malog Zabadanja i Gornjeg Zanarata. Prema zapadu izgrađuju

područje između depresija Dol i Dračevo. Zastupljene su najčešće dolomitima, zatim dolomitnim brečama, a rijetko vapnenačkim brečama i kristaliničnim vapnencima. Uslojenost u ovim naslagama teže se uočava. Debljina dolomita i dolomitnih breča nije istovjetna na čitavom prostoru, a iznosi 100-200 metara.

Na dolomitima i dolomitnim brečama alb-cenomana kontinuirano se nastavljaju naslage **cenomana** (K_2^1). Izgrađuju šire područje Doca, Borove Vele, Čezminice, Kaline, Dovina brda, Za Prigradicom i Nad Prigradicom. U donjem nivou ove jedinice izmjenjuju se vapnenci, dolomitični vapnenci, kalcitični dolomiti i dolomiti. Prijelazi su postupni, a izmjenjuju se lateralno i vertikalno. Slojevitost je slabo izražena. Kod Bristve se nalazi dosta poremećena zona u kojoj je cirkulacija vode obogaćena magnezijem stvorila zonu gotovo čistih dolomitima. Središnji i viši nivo cenomana izgrađuju uglavnom dobro uslojeni vapnenci. Debljina cenomanskih naslaga vjerojatno se kreće u rasponu 300-350 metara.

Na vapnencima cenomana kontinuirano se talože naslage turona (K_2^2). Zastupljene su gotovo isključivo dobro uslojenim vapnencima, a tek ponegdje se javljaju male i tanke leće i proslojci srednjoznatog kalcitičnog dolomita. Turonske naslage izgrađuju širu obalnu zonu, od uvale Prigradica na istoku do uvale Spiliška na zapadu. Debljina turonskih naslaga na istraživanom području vjerojatno iznosi preko 400 metara.

Kvartarne naslage (**Q**) registrirane su u Blatskom polju, Velom polju, Velikoj Krtinji, te manjim depresijama kao što su Veliko polje, Dol i Dračevo. Zastupljene su zemljom crvenicom (terra rossa), koja je obično pomiješana s karbonatnim kršjem i tankim slojem humusa. Debljina kvartarnog pokrivača je različita, ovisno o morfologiji karbonatne podloge. U Blatskom polju maksimalno je izmjerena debljina od 7 m.

Strukturna građa otoka Korčule je relativno jednostavna. Središnji dio otoka čini asimetrična, antiklinala pružanja istok-zapad, rasjednuta reversnim rasjedom koji se pruža praktički cjelokupnom duljinom otoka od vrha Pod kalac (152 m) na istoku, preko Čare i Smokvice do uvale Poplat na zapadnom kraju otoka. Ovaj rasjed poremećen je nizom mladih, poprečnih rasjeda raznih pravaca pružanja, a najznačajniji su pravci jugozapad-sjeveroistok, a nakon toga sjeverozapad-jugoistok i sjever-sjeverozapad-jugjugoistok. Uz ove rasjede osim vertikalnih pokreta, došlo je i do horizontalnih kretanja. Područje Blatskog polja pripada sjevernom krilu antiklinala zbog čega je generalni nagib slojeva prema sjeveru i to pod relativno malim kutem od 10° do 20° , a ponegdje su slojevi horizontalni i subhorizontalni. Idući prema sjevernoj obali nagib slojeva se postupno povećava na 25° do 35° , rijetko 40° .

HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE

Ključnu ulogu za tečenje podzemnih voda i formiranje slivova na otoku ima antiklinalna struktura, poremećena s reversnim uzdužnim i niz poprečnih i dijagonalnih rasjeda. U zoni uzdužnih tektonskih pomaka formirano je niz krških polja, koja se stepeničasto spuštaju prema zapadu duž dijagonalnih ili poprečnih rasjednih sustava. Najviše položena je Kapja Mala i Velika, zatim slijede Krtinja Mala i Velika, Velo polje i Blatsko polje. Blatsko polje je najveće, u istočnom dijelu je široko oko 300 m, a prema zapadu se širi na 1 km i ukupne je dužine oko 3 km. Ovdje se nalazi crpilište Vodovoda Blato. Voda je zahvaćena u vršnom dijelu vapnenih naslaga. Vodonosnik je formiran u trošnom i raspucanom dijelu karbonata, srednje do dobre propusnosti, pretpostavlja se uglavnom male debljine.

U pokrovu vodonosnika nalaze se crvenica i kršje debljine do 7 m. U hidrogeološkom smislu vodonosnik je otvoren prema zapadu, ali i prema sjeveru. Naime, sjeverno krilo kredne antiklinale od Blatskog polja do linije kontakta s morem, od uvale Borove do Prigradice sastoji se od karbonatnih naslaga razvijenih u facijesu vapnenaca, dolomitičnih vapnenaca, kalcitičnih dolomita do čistih dolomita, dobre do slabe propusnosti [5]. Alb-cenomanski dolomiti i njihovi prelazni varijeteti slabe vodopropusnosti smješteni su u morfološki najistaknutijem dijelu terena. Međutim kontinuitet slabo propusnih naslaga poremećen je poprečnim i dijagonalnim rasjedima. Duž tektonski oštećenih zona i slojnih ploha dreniraju se slatke vode iz sliva Blatskog polja preko bočatih izvora od Prigradice do uvale Borove i šire. Pri povećanim crpnim količinama, naročito kad su godišnje količine padalina manje od 800 mm slatke vode se iscrpljuju i postepeno se u horizont uvlače bočate vode sa sadržajem klorida čak više od 4000 mgCl/l.

KATASTAR HIDROGEOLOŠKIH OBJEKATA

U Blatskom polju, Velom Polju i obalnoj liniji između Prigradice i uvale Vela Borova registrirane su 22 hidrogeološke pojave od toga 12 zdenaca, 3 povremena izvora, 5 bočatih izvora, 1 estavela i 1 ponor.

Crpilište Vodovoda Blata sastoji se od 4 kopana zdenca dubine od 6,5 do 9,5 m. Kote dna zdenaca su: Studenac +24 cm, Prcalo +44 cm, Prbako -22 cm i Gugić +30 cm. Prema podacima Vodovoda Blato, režim rada zdenaca je sezonski. U Studenac je ugrađena crpka od 60 l/s. Zimi radi 9 sati dnevno, a ljeti po potrebi 20 sati na dan sa smanjenim kapacitetom. Instalirani kapacitet zdenca Prcalo je 5 l/s. Zimi obično ne radi, a ljeti se uključuje povremeno s polovičnim kapacitetom zbog nedostatka vode. U zdenac Prbako ugrađene su dvije crpke od 8 i od 15 l/s. U Gugić je ugrađena crpka od 8 l/sek. Oba zdenca i zimi i ljeti rade s prekidima. Zimi zbog smanjene potrošnje, a ljeti zbog nedostatka vode.

Zdenci Ekonomija, Žaretića zdenac, Prcalo-Franulovića 2 i Cetinića zdenac koriste se za zalijevanje polja. Najčešće rade u razdoblju intenzivnog razvoja vegetacije, točnije od mjeseca travnja do mjeseca srpnja. Ukupne crpne količine procjenjene su na 5 i 10 l/sek. U središnjem dijelu Blatskog polja smješteni su i zdenci Bagatela, Luški i Duvnavski zdenac, a u vlasništvu su Vodovoda Blato. Zdenci se ne koriste zbog male izdašnosti i saliniteta većeg od 800 mgCl/l.

Anića pukotina spada među najstarije zahvate organiziranog korištenja vode na otoku. Izdašnosti je 5 l/sek, a napuštena je zbog zagađenja otpadnim vodama iz Blata. Otpadne vode naselja na površini se javljaju na izvoru Vruljak, zatim površinom teku do ponora koji se nalazi svega 320 m istočno od Gugića zdenca. Do sada nije primjećen "negativan utjecaj" zagađenja na vode Gugića zdenac od ponora.

Trasiranjem toka podzemne vode utvrđeni su generalni smjerovi kretanja vode od Blatskog polja prema sjeveru. Međutim, treba napomenuti, da su u Velom i Blatskom polju prisutni i pukotinski sustavi pravca pružanja I-Z. Iako je drenažna funkcija pukotina slabija od okomitih i dijagonalnih na njih, može doći do izražaja lokalno, posebice u specifičnim hidrološkim prilikama.

Uz južni rub Blatskom polju, javlja se povremeno izviranje vode. Vode se najprije javljaju na više položenoj Lokvici, a kasnije, ali ne uvijek, na povremenom izvoru Stipkovića-Cufle.

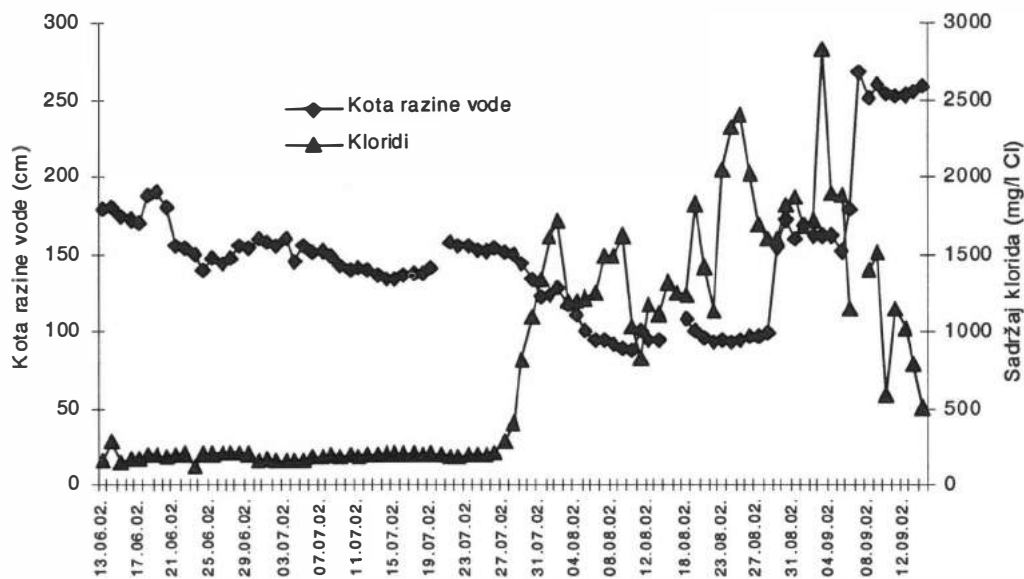
Bočati izvori i vrulje javljaju se od Karbuna do Vela Luke.

Estavela Mali Studenac prima vodu kada je njen položaj niži od portala drenažnog tunela Blatsko polje-Bristva. Površinske vode se zadržavaju u zoni estavele i sigurno infiltracijom obogaćuju podzemne zalihe užeg sliva zdenaca Studenca i Gugića.

KOLEBANJE RAZINE VODE I KLORIDI/REZULTATI PROVEDENIH ISTRAŽIVANJA

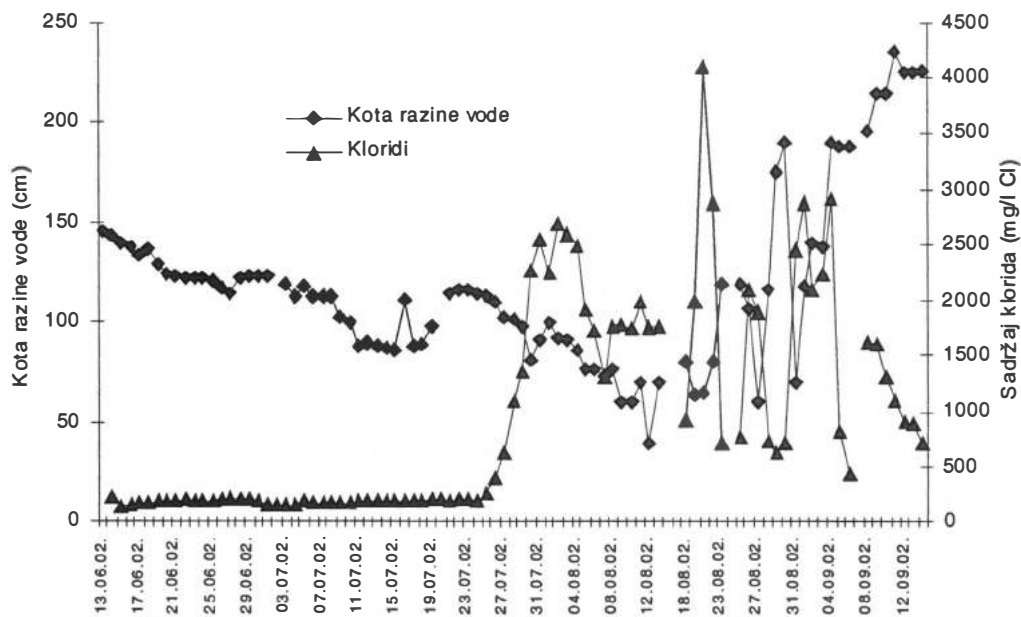
U svrhu definiranja optimalnog načina gospodarenja podzemnim vodama zapadnog dijela otoka Korčule, tijekom 2002. godine započeta su istraživanja s prvenstvenim ciljem osiguranja dostatnih količina podzemne vode zadovoljavajuće kakvoće. Značajni podaci dobiveni su prikupljanjem dnevnih podataka o crpnim količinama, salinitetu i razinama vode na vodoopskrbnim zdencima tijekom sušnog razdoblja, kada se i javljaju problemi u vodoopskrbi. Dobiveni podaci su ukazali na položaj zdenaca u odnosu na "leću" slatke vode kao i na moguće pravce prodora bočatih voda prema zdencima.

Izdašnost Studenca početkom ljeta (13.6.02.) kreće se oko 45 l/s (kota razine vode +179 cm, kloridi 158 mg Cl/l). Uz neznatan pad razine od 28 cm, do 27.7.02. sadržaj klorida porastao je na 280 mgCl/l. Zatim uz smanjenu izdašnost (35 l/s) salinitet raste, a razine padaju do 6.8.2002. godine, kada je prigušena izdašnost na 25 l/s. Unatoč prigušenja koncentracija klorida dalje raste, te 25.8.02. iznosi 2390 mgCl/l. Razine vode u razdoblju visokih saliniteta kreću se između 88-100 cm.n.m. Između 11. i 28.8.02. u tri navrata palo je 126 mm padaline. Krajem turističke sezone (29.8.02.) smanjuju se ukupne crpne količine te razina vode skokovito raste s 89 na 154 cm, a kloridi se smanjuju za oko 100 mgCl/l. Idući prema kraju promatranog razdoblja razine vode rastu na 258 cm.n.m., a salinitet se, uz oscilacije, generalno smanjuje na 502 mgCl/l (slika 1).



Slika 1. Usporedni dijagram kote razine vode i sadržaja klorida u vodi zdenca Studenac

Pri izdašnosti Gugića zdenca od 6,5 l/s (23.7.02.) kloridi su iznosili 196 mgCl/l, a kota razine vode bila je 116 cm. Nakon nekoliko dana crpljenja s istom izdašnošću sadržaj klorida je porastao na 270, 406, 620 do 1100 mgCl/l uz neznatno sniženje razine od 14 cm. Uz smanjenu izdašnost na 6 odnosno 5 l/sec koncentracija klorida dalje raste do 2680 mgCl/l (2.8.02.) i ukupno sniženje od 24 cm. Razina vode tijekom kolovoza pada do kote +40, a kloridi u jednom trenutku narastu na 4100 mgCl/l. Početkom rujna razine rastu, a salinitet postupno opada, tako da je 16.9.02. razina podzemne vode iznosila 226 cm, a sadržaj klorida 710 mgCl/l (slika 2).



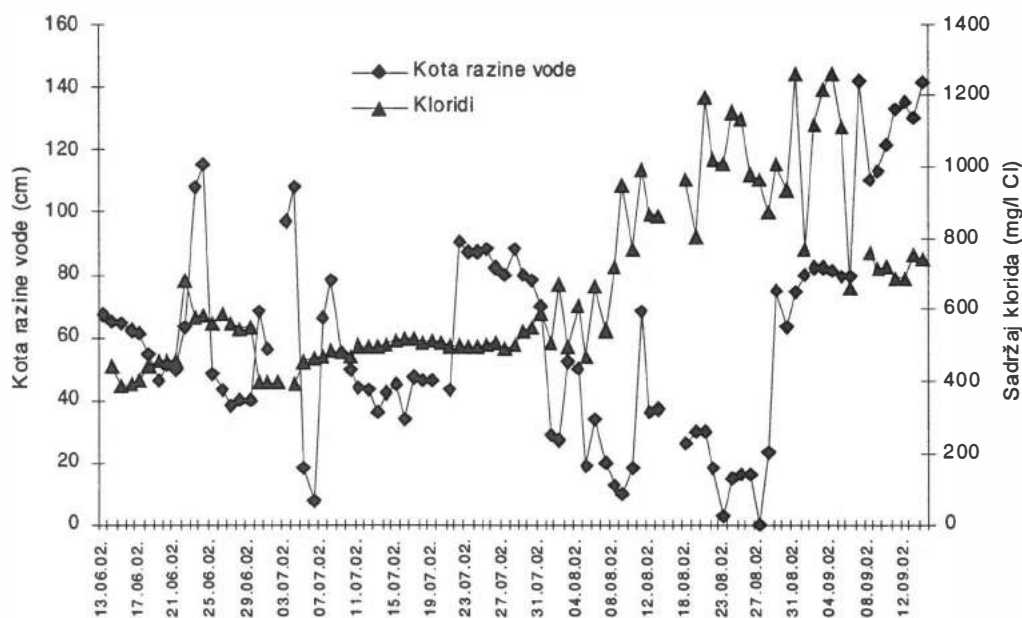
Slika 2. Usporedni dijagram kote razine vode i sadržaja klorida u vodi Gugić zdenca

Vode zdenca Prbako redovito imaju salinitet veći od 200 mgCl/l. Od lipnja do početka kolovoza 2002 godine koncentracija klorida kretala se od 400 do 600 mgCl/l. Potom, do početka rujna koncentracija klorida se povećavala do 1260 mgCl/l. Nakon toga razina vode postepeno je rasla, a koncentracija klorida lagano opada. (slika 3).

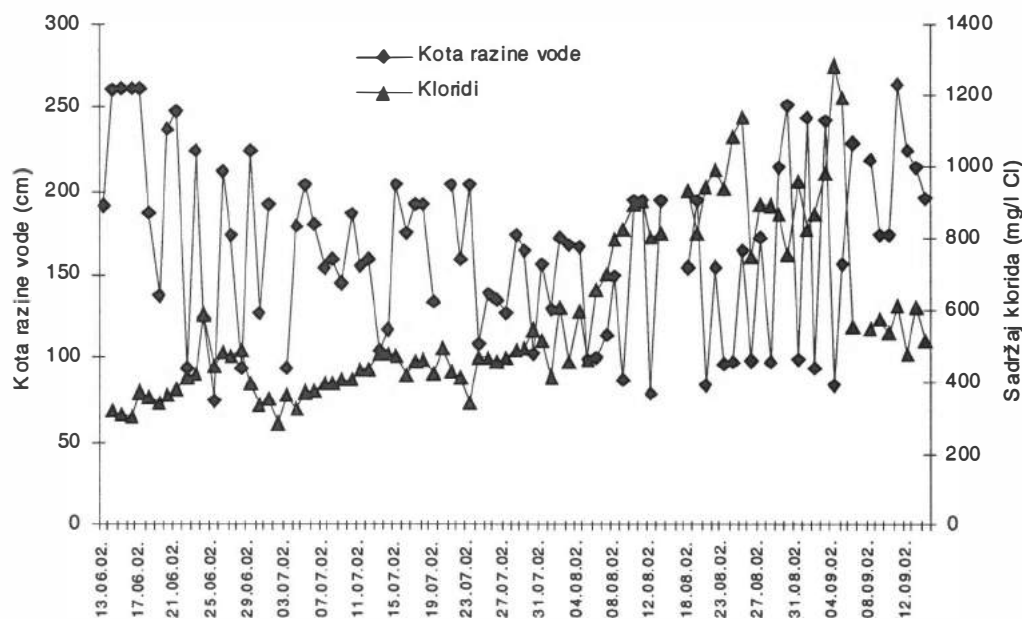
Slična situacija je i u zdencu Prcalo. Iako se ljeti crpi povremeno, uz malu izdašnost, oko 2 l/sec koncentracija klorida raste do 1282 mgCl/l (slika 4).

Usporednim mjerenjima od 23. do 28.7.02. razina mora u uvali Bristva i na zdencima u Blatskom polju nije zabilježen utjecaj plimnog vala na kolebanje vode u zdencima, što ne znači da ekstremno visoki plimni val nema utjecaja na podzemlje u Blatskom polju. Zaključno, relativno mala količina padalina u zadnjem kvartalu 2001. i prvoj polovici 2002. godine rezultira djelomičnom saturacijom karbonatnog vodonosnika u Blatskom polju. Kote razina podzemnih voda pred razdoblje intenzivne eksploatacije 13.6.2002. su: Studenac +179 cm, Prcalo +191 cm, Prbako +67 cm i Gugić 146 cm.

Pojačanom eksploatacijom ljeti se najprije crpe slatke ili blago bočate vode, a vodocrpilištu se postupno približavaju sve slanije vode i sve više sudjeluju u ukupnom iscrpku. Prostorni i vremenski raspored klorida ukazuje da se bočate vode kreću od



Slika 3. Usporedni dijagram kote razine vode i sadržaja klorida u vodi zdenca Prbako



Slika 4. Usporedni dijagram kote razine vode i sadržaja klorida u vodi zdenca Prcalo

Gugića prema Studencu relativno brzo vjerojatno duž pukotinskog sustava pružanja istok-zapad. Da li bočate vode nastavljaju svoj put prema zdencima, Prbaku i Prcalu teško se može čak i pretpostaviti u zatečenim hidrološkim prilikama. Naime, polovicom

mjeseca lipnja slivno područje zdenaca već je saturirano bočatom vodom (Prcalo 318 mgCl/l, Prbako 442 mgCl/l). Ovdje se ne radi o zaostaloj bočatoj vodi u nekom "džepu", jer daljnjim praćenjem kloridi imaju generalno trend rasta. Jedan od razloga inicijalne bočatosti je potpuna otvorenost karbonatne strukture prema zapadu – moru. Uz višegodišnje ispod prosječne padaline i "pretjerano" crpljenje slatkih voda ovaj dio polja saturiran je uglavnom bočatim vodama. Zbog redovito visokog sadržaja klorida (800 mgCl/l i više) i slabe propusnosti, napušteni su zdenaci u središnjem dijelu polja (Luški, Bagatela i Duvnavski).

Na kraju opažackog razdoblja u devetom mjesecu zapaža se nerazmjern odnos između kote razine vode i saliniteta. Naime zabilježenim razinama odgovarale bi nekoliko puta niže vrijednosti klorida. Ova pojava za sada se može pojednostavljeno tumačiti, složenošću hidrauličko hidroloških odnosa i nemogućnosti brzog istiskivanja bočatih voda iz zone miješanja.

Na žalost ne postoje podaci o salinitetu po dubini, koji su neophodni za preciznije prostorno određivanje odnosa slatke i slane vode. U drugoj fazi istraživanja predviđena je izrada opažackih objekata na kojim će se pratiti promjene saliniteta po dubini u svim hidrološkim uvjetima i u odnosu na različite režime crpljenja.

U skladu s hidrološkim prilikama, s kraja 2001 i većeg dijela 2002. g. područje crpilišta može se podijeliti po kakvoći voda u dvije zone:

- zona stalno bočatih voda obuhvaća neposredno slivno područje zdenaca Prcalo i Prbako,
- zona povremeno bočatih voda nalazi se na užem području sliva Studenca i Gugića.

Pri izdašnjim padalinama vjerojatno i slivno područje Prcalo pripada u zonu povremeno bočatih voda.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Zalihe podzemnih voda na slivnom području Blatskog polja su ograničene i direktno ovise o količini padalina. Zbog različitog litološkog sastava, stupnja okršenosti i propusnosti naslaga na pojedinim dijelovima sliva, u priljevnom području crpilišta vladaju vrlo složeni hidrodinamički uvjeti u podzemlju.

Postojeći kapacitet crpilišta koristi praktički kompletne zalihe podzemne vode, tako da se ne može očekivati značajnije povećanje kapaciteta crpljenja na postojećim objektima. Međutim, iako je na području polja relativno slaba okršenost naslaga, geofizičkim metodama izdvojene su pukotinske zone malih dimenzija, te će se u cilju iznalaženja lokacija za zahvat vode kojim bi se rasteretili postojeći vodozahvati detaljno ispitati ti dijelovi terena.

Perspektivno područje za proširenje crpilišta je za sada zagađeno otpadnim vodama naselja. To se treba što prije riješiti, jer postoji realna opasnost da se u suprotnom ugrozi i postojeće crpilište.

U cilju povećanja infiltracije oborinskih voda u širem području sliva treba zadržati "velike" vode koje otječu drenažnim kanalima i tunelom u more. Na taj način bi se smanjio koeficijent otjecanja i povećale zalihe podzemne vode u zoni cijelog crpilišta, a u godinama s više padalina zona miješanja slanih i slatkih voda biti će znatno udaljena od utjecaja zdenaca. Prije definiranja konačnog rješenja potrebno je utvrditi opasnost od zagađenja podzemnih voda poljoprivrednim sredstvima koja se intenzivno koriste na velikom dijelu polja.

Daljnjim istražnim radovima treba obuhvatiti južni i istočni dio sliva s ciljem definiranja hidrogeološkog modela za cjelokupno priljevno područje.

Praćenje razina podzemne vode i sadržaja klorida trebalo bi nastaviti uz obvezno praćenje dnevne izdašnosti za svaki zdenac. Prikupljanjem podataka trebalo bi još obuhvatiti: Mali Studenac, Lokvicu i povremeni izvor Stipkovića-Cufle, a povremeno i prikupljati podatke na zdencu Ekonomija.

Prema sadržaju otopljenih kalcijских i magnezijских soli u vodi, vode pripadaju u grupu tvrdih do vrlo tvrdih voda. Potrebno je uspostaviti monitoring kakvoće podzemne vode na svim zdencima, te otpočeti s hidrogeokemijskim istraživanjima u svrhu definiranja prodora mora na područje crpilišta.

Završetak druge faze istraživanja omogućit će iznalaženje optimalnog načina zaštite postojećeg, odnosno eventualno proširenog crpilišta i definiranje zaštitnih zona s prijedlogom mjera zaštite.

Literatura

- Korolija, B., Borović, I., Grimani, I. & Marinčić, S. (1975):* Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Korčula. Inst. geol. istraž., Zagreb (1967-1968). Sav. geol. zavod, Beograd. [2]
- Korolija, B., Borović, I., Grimani, I., Marinčić, S., Jagačić, T., Magaš, N. & Milanović, M. (1977):* Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100.000. Tumač za list Lastovo, Korčula, Palagruža. Inst. geol. istraž., Zagreb (1968). Sav. geol. zavod, 53 p., Beograd. [3]
- Korolija, B. (1981):* Biostratigrafski, facijelni i tektonski odnosi otoka Korčule. Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu, 59 p., Zagreb. [4]
- Magdalenić, A. (1960):* Geološka, hidrogeološka i inženjerskogeološka istraživanja otoka Korčule. Arh. Inst. geol. istraž., Zagreb. [5]
- Šarin, A. & Singer, D. (1990):* Izvještaj o hidrogeološkim istraživanjima izvedenim za potrebe izrade prijedloga zona sanitarne zaštite crpilišta vodovoda Blato (I. faza radova). Arh. Inst. geol. istraž., Zagreb. [1]

Autori:

Dr.sc. Tatjana Vlahović, dipl.ing.geol., Želimir Pekaš, dipl.ing.geol., Hrvatske vode,
Zavod za vodno gospodarstvo

Prof.dr. Andrea Bačani, dipl.ing.geol., Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Tema 6.

SURADNJA, INSTITUCIONALNI I LJUDSKI RESURSI U VODNOM GOSPODARSTVU

Voditelji i recenzenti teme:

prof. dr. sc. Dragutin Gereš i prof. dr. sc. Željko Turkalj



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 6.01.

Biti inženjer danas

Branka Beović

SAŽETAK: Inženjeri su pokretači gospodarskog razvitka neke zemlje. Položaj inženjera u društvu danas nije onakav kakav zaslužuju. Njihov je rad manje cijenjen i manje plaćen od rada drugih struka. Težak i dug studij (studentima u prosjeku treba osam godina da ga završe) sve je manje atraktivan. U članku su dani prijedlozi da se popravi image inženjera, te da se motivira mlade da se odluče za studij tehnike.

KLJUČNE RIJEČI: inženjer, cjeloživotno učenje, studij, studenti, inovacije, znanje, motivacija

To Be an Engineer Today

SUMMARY: Engineers are initiators of economic development of any country. However, their position in society is not the one they deserve. Their work is less valued and paid than the work in other professions. Years of hard and long study (eight years spent at university on average) make the engineering studies less attractive. The paper gives some proposals for improvement of engineer's image and motivating of the young to opt for the technical studies.

KEYWORDS: engineer, life-long learning, studies, students, innovation, knowledge, motivation

UVOD

“Svi stručnjaci na tehničkim poljima imaju sklop zajedničkih karakteristika i nisu poput drugih ljudi, što može izazvati frustracije kod onih koji nemaju veze s tehnikom, a moraju imati posla s onima prvim. Tajna uspješne komunikacije i suradnje sastoji se u razumijevanju njihovih motiva...”

Većina ljudi ne zna što je to raditi kao inženjer. Inženjera ima puno vrsta, a tijekom radnog dana mnogi među njima rade hrpu fantastičnih stvari. Međutim, kada sve to treba nekako objasniti drugima, uzbuđenje i provale čistog adrenalina u životu jednog inženjera katkada se u pričama jednostavno gube...

Ako i postoji odlika koja najbolje određuje inženjera, to je onda sposobnost koncentriranja samo na jednu stvar, uz potpuno isključivanje svega ostalog iz okoline...

Kako ćete inženjera navesti na rješavanje određenog problema? Tako da taj problem proglasite neriješivim. Nema tog inženjera koji je u stanju ostaviti neriješivi problem dok ga ne riješi. Nema te bolesti ili aktivnosti koja je dovoljno primamljiva da inženjera udalji od slučaja na kojem radi. Takve vrste izazova ubrzo prerastaju u osobnu stvar - u bitku između inženjera i prirodnih zakona. Inženjeri će danima živjeti lišavajući se hrane i osobne higijene samo da bi riješili problem...”

Tako inženjere vidi Scott Adams [1].

Doprinos inženjera kulturnom, ekonomskom i socijalnom oblikovanju svijeta nemjerljiv je. Mnoge branše ovisne su o tehničkim inovacijama i tehničkom znanju. Tehnički uređaji i usluge sastavni su dio našeg života. Usprkos tome nekad atraktivno zanimanje sve je manje privlačno mladima.

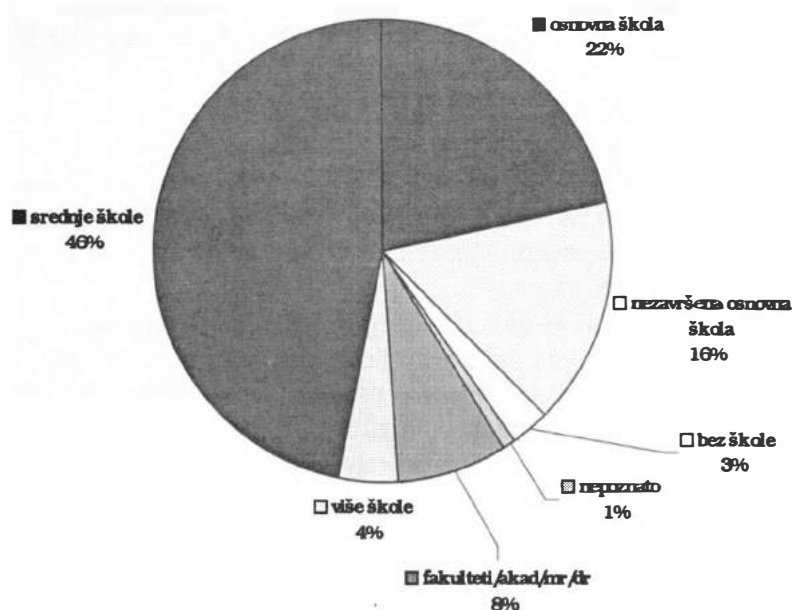
Kada bi danas među učenicima osnovnih škola u Hrvatskoj proveli anketu o najneomiljenijem predmetu prvo bi mjesto premoćno osvojio tehnički. Matematika, za razliku od tehničkog, kod učenika budi ambivalentne osjećaje - dok je jedni vole, drugi je mrze.

Kako bi se prekinuo i spriječio ovaj negativni trend potrebno je poduzeti neke mjere da se već kod djece probudi interes za tehniku (roditelji, vrtić, škole) i popravi slika koja je danas prisutna u javnosti.

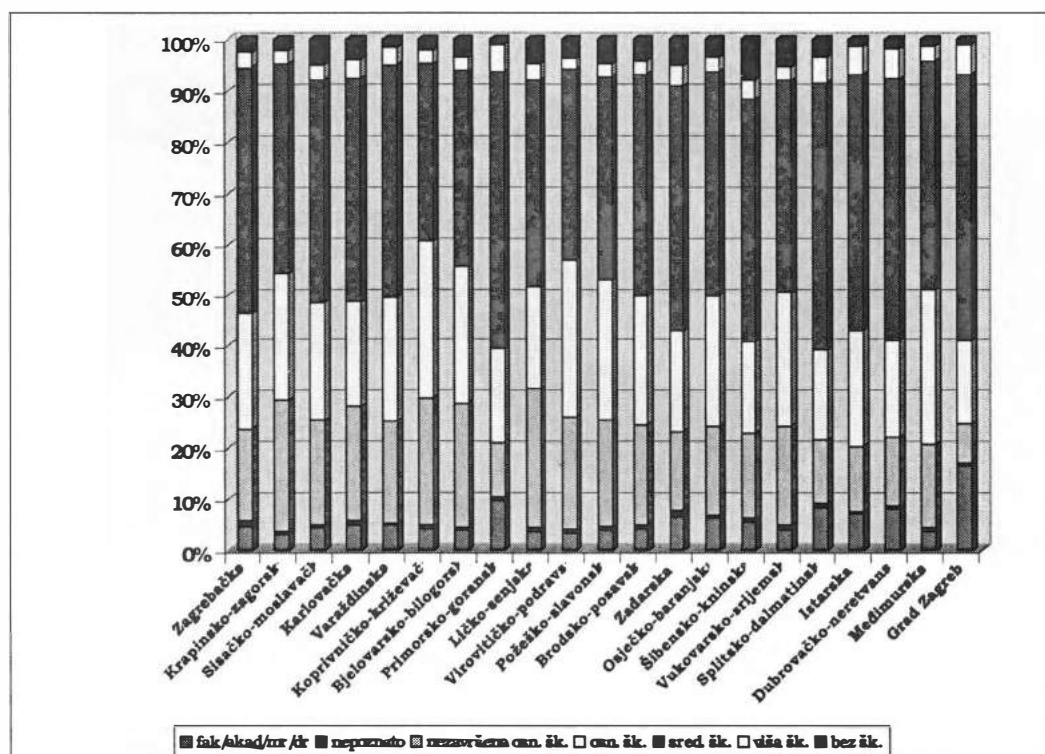
STUDIJ

Kada bruceš s bilo kojeg našeg fakulteta uđe u fakultetsku zgradu ulaziti će u nju sljedećih osam godina, ako prije toga ne odustane od daljnjeg studiranja!!! U Njemačkoj je prosječno vrijeme studiranja 6,5 godina za građevinu, te sedam za strojarstvo.

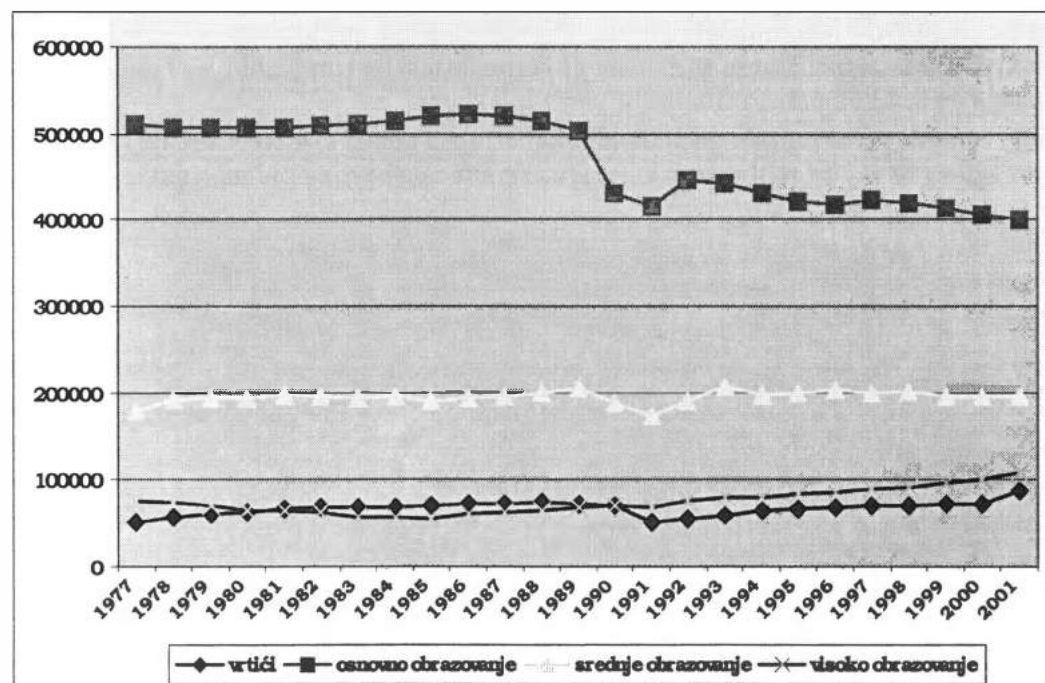
Popis stanovništva u 2001. pokazao je da u Hrvatskoj ima svega 267.885 osoba s visokom spremom, 12.539 s magisterijem i 7.443 s doktoratima. Ili 7,82% visokoškoloovanih u što su uključeni i umirovljenici. Usporedbe radi u zemljama EU taj je prosjek veći od 20%. Potpuno nepismenih ima 2,86%; 15,76% ima nezavršenu osnovnu školu, dok ih je 21,75% završilo osnovnu školu.



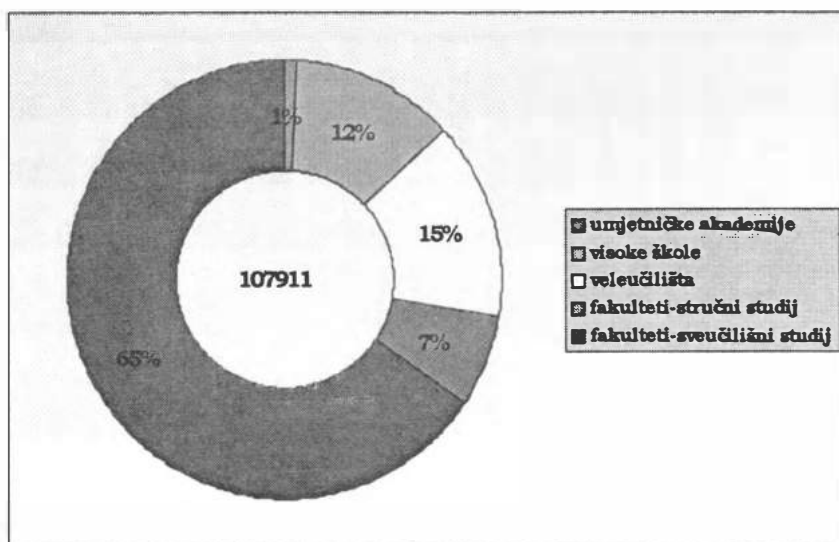
Slika 1: Stanovništvo staro 15 i više godina prema razini završene škole [6]



Slika 2: Razina završene škole po županijama [6]



Slika 3: Upisana djeca, učenici i studenti prema razinama obrazovanja na početku školske godine [6]

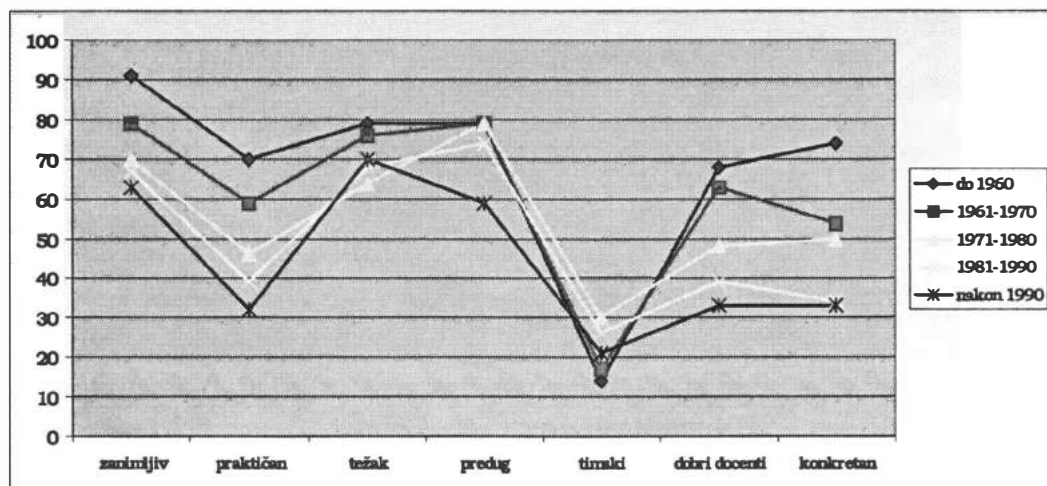


Slika 4: Studenti upisani na visoka učilišta prema vrstama visokih učilišta (šk.g. 2001/2002) [6]

Promjene koje se dešavaju na tržištu, promjene u organizaciji poduzeća, natjecateljski duh koji vlada, stavlja pred stručnjake i management nove zahtjeve (voditi projekte, biti otvoren za inovacije, uklapati se u timski rad, znati se ophoditi s medijima, govoriti strane jezike, koristiti PC, stavljati potrošača-kupca u središte interesa ...)

Na slici 5 prikazano je kako su nekadašnji studenti inženjerskih studija u Njemačkoj ocijenili: zanimljivost, praktičnost, težinu, duljinu, timski rad, docente i konkretnost studija. Vidljivo je da su mlađe generacije studenata sve nezadovoljnije praktičnošću i konkretnošću studija. Sve su ga generacije ocijenile teškim i predugim, ali i zanimljivim. Vjerojatno bi i kod nas rezultati ispitivanja bili slični.

Vidljivo je da treba još poboljšati kvalitetu nastave i ponuditi nove sadržaje kako bi se udovoljilo sve većim zahtjevima koje novo vrijeme postavlja pred inženjere.



Slika 5: Subjektivna ocjena studija u Njemačkoj [4]

Suprotno uvriježenom mišljenju završetkom studija proces učenja ne prestaje.

ŽENE U TEHNICI

Pripada li svijet tehnike samo muškarcima? U *tablici 1* prikazan je udio žena među zaposlenim inženjerima u Europi.

Tablica 1: Udio žena (%) među zaposlenim inženjerima u Europi

Udio žena među zaposlenim inženjerima u Europi	
Portugal	24%
Grčka	17%
Francuska	16%
Belgija	14%
Danska	14%
Španjolska	12%
Njemačka	10%
Nizozemska	10%
Velika Britanija	9%
Italija	6%

Izvor: FH Karlsruhe: Blazing Old Frontiers

Kakva je situacija u Hrvatskoj?

Prema priopćenju Državnog zavoda za statistiku u Hrvatskoj je u 2001/2002 godini upisano ukupno 107911 studenata od čega 56797 studentica (52,6%).

Tablica 2: Studenti u Hrvatskoj upisani u šk.g. 2001/2002

		studentice	%
svi fakulteti	107911	56797	52,6%
filozofski	9501	7255	76,4%
pravo	10127	6860	67,7%
ekonomija	11246	6988	62,1%
građevina	2534	738	29,1%

Iz *tablice 2* vidljivo je da su i dalje najatraktivniji pravo, ekonomija i filozofski fakulteti. Na prvu godinu građevine (sveučilišni studij) upisano je 932 studenta (269 studentica ili 28,8%). Istovremeno je u Njemačkoj upisano ukupno 2539 studenata od čega je udio studentica 21% (Izvor: Hochschulstandort Deutschland 2001).

Vidljivo je da su tehnička zvanja još uvijek domena muškaraca, ali se situacija iz godine u godinu popravlja, te se sve veći broj djevojaka odlučuje za neki od tehničkih studija.

PODUZEĆA

I poduzeća mogu doprinijeti povećanju atraktivnosti zvanja organiziranjem kontinuiranog daljnjeg obrazovanja zaposlenih, suradnjom sa školama, uočavanjem i stipendiranjem

osobito talentiranih pojedinaca, prezentacijom svojih dostignuća i inovacija u medijima. Danas kod nas veliki broj poduzeća nije spreman, ili nema financijske mogućnosti, za daljnje usavršavanje svojih djelatnika. To je zaista šteta jer je investiranje u ljude tajna uspjeha svakog poduzeća.

Stoga se daljnje usavršavanje pojedinaca najčešće svodi samo na «learning-by-doing» i proučavanje stručne literature.

UDRUGE INŽENJERA

Prvi okrugli stol na temu "Inženjerska profesija u Europi" održan 11. i 12. listopada 2002. u Dubrovniku sastojao se od dva dijela

1. obrazovanje inženjera
2. javna percepcija inženjerske profesije

Percepcija inženjerskih struka u društvu ocijenjena je nezadovoljavajućom. Utvrđeno je da neke druge, posebne netehničke struke, u javnosti uživaju veće društveno priznanje i ugled što ima za posljedicu potplaćenost inženjera u odnosu na druge struke. Razlozi su nađeni u povijesnim okolnostima stvaranja inženjerskih profesija koje su znatno mlađe od drugih, u osobnom stajalištu inženjera koji rade za "društvenu, a ne i osobnu korist" i nedostatnoj ulozi javnih medija. Mediji inženjerskim profesijama rijetko daju veći prostor. Već je i Valentin Lapaine 1903. godine pisao "*... najviše goje javnost oni tehničari, koji se bave objelodanjenjem napretka u tehničkoj struci, jer se tim sije sjeme razvitka po cijelom svijetu ...*

Unatoč velikom naporu pojedinih tehničara u prijašnje doba bijaše njihov uspjeh razmjerno malen, istom udrugama tehničara, koje imaju svoj početak u prošlom stoljeću, pošlo je za rukom pospješiti razvitak vlastite struke, a time i razvitak općenite kulture ... pošto im je svrha osobito plemenita: promicati interes tehničkog stališa, pospješiti razvitak tehničke struke i time promicati opću dobrobit.". [8]

Inženjerske komore i druge udruge inženjera trebale bi dio svoga djelovanja usmjeriti na promicanje inženjerskih zanimanja i na pridobivanje mladih za studiranje tehnike. Inženjerstvo u tiskanim i elektroničkim medijima mora biti kvalitetnije i više zastupljeno. "Svijet treba više inženjera" - moto je koji mora postati pokretač raznovrsnih aktivnosti inženjerskih komora kojima bi se u svijet tehnike uključile nove generacije.

VODNO GOSPODARSTVO

John F. Kennedy rekao je da je problem vode toliko kompleksan da bi osoba koja ga riješi trebala dobiti ne jednu, već dvije Nobelove nagrade: jednu za znanost, a drugu za mir. Generacije koje dolaze susretati će se s problemima kompleksnijim od svih onih s kojima smo se sreli ikada do sada. Na Zemlji danas ima 6 milijardi stanovnika. U sljedećih 50 godina očekuje se da će ih biti još 3 milijarde više, te da će do 2050. njih jedna četvrtina živjeti u zemljama s kroničnom ili povremenom nestašicom vode.

"Voda nije običan komercijalni proizvod, već prije nasljeđe koje treba štititi, braniti i tretirati na odgovarajući način" (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)

Sve je više zadataka i problema za rješavanje. Zbog zahtjeva tržišta iste mora rješavati sve manji broj djelatnika. Trajno daljnje stručno usavršavanje osoblja (kroz specijalizirane seminare, razne stručne skupove i sl.) jača poduzeće i ključ je njegovog uspjeha.

DEKLARACIJA O ZNANJU

«Znanje je postalo temeljna proizvodna snaga u ljudskom društvu i glavni uvjet uspješnosti. Globalizacijski trendovi povezuju svijet informacijski, gospodarski, tehnološki, prometno i medijski u cjeline, u kojima se primjenjuju jednaka mjerila i vrijednosni sustavi. Razlike u znanju i njegovoj tehnološkoj primjeni postaju glavni čimbenici koji dijele razvijene zemlje od nerazvijenih, bogate od siromašnih, visoki životni standard od niskog.

Hrvatska se treba znanjem izvući iz kruga slabije razvijenih zemalja i spriječiti da se produbi njezina sadašnja tehnološka zaostalost ... Restrukturiranje privrede i revitalizacija društva na višoj razini kvalitete i s većim udjelom znanja postaje egzistencijalno pitanje.

Preusmjeravanje iz zaostajanja u napredovanje pretpostavlja pozitivnu razvojnu klimu, jaku motiviranost i poduzetnost velikog broja građana, uvjerenje da možemo i moramo uspjeti. Glavna poluga u ostvarivanju takva preokreta je znanje, a najvažniji prirodni resurs u tome su daroviti i radišni mladi ljudi. Preusmjeravanje treba pokrenuti djelovanjem svih institucija društva, odnosno najboljih znanstvenika, tehničara, poduzetnika, menadžera i organizatora u njima. Prvi korak na putu prema društvu znanja je razvitak obrazovanja i znanosti prema svjetskim kriterijima kvalitete.

U **razvoju obrazovanja** težište treba prvenstveno biti na poboljšanju kvalitete nastave i na adekvatnijim sadržajima. Nastavnik je najvažniji čimbenik kvalitetnoga obrazovanja i zato je prioritetno intenzivno stručno usavršavanje nastavnika tijekom cijelog radnog vijeka te poboljšanje njihovoga društvenog i materijalnog položaja.

Glavni trend obrazovanja u 21. stoljeću je orijentacija na transferni potencijal učenja: orijentacija na kvalitetno stjecanje manjeg opsega trajnih znanja koja se aktivno usvajaju i prikladna su kao trajna podloga za daljnje permanentno učenje tijekom čitavog života. Na taj se način razvijaju sposobnosti rješavanja problema, a ne gomilaju se obrazovni sadržaji iz društva prošlosti koje se mijenja. Među važnim faktorima obrazovanja ističu se: razvojna orijentacija i treća znanstveno-tehnološka revolucija, interdisciplinarnost u nastavi, razvoj kreativnosti, razvoj i poticanje radnih navika i poduzetničkog duha, razvoj ekološke svijesti, te odgoj slobodnih ljudi, cjelovite i humane ličnosti.

U **znanstvenom radu** prva i trajna zadaća je poboljšanje kvalitete i primjena svjetskih kriterija vrednovanja...

Međutim, nastojanja oko poboljšanja obrazovanja i znanosti nužan su uvjet uspješnog razvoja, ali ne i dostatan. Težište treba staviti na **primjenu znanja**. Ljudima koji su stekli znanje treba omogućiti da svoje znanje upotrijebe u svojoj zemlji.

... neprestana inovacija temeljni je uvjet gospodarske i svake druge uspješnosti i konkurentnosti na svjetskom tržištu ...”

Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti: Deklaracija o znanju [7]

ZAKLJUČAK

Inženjeri su pokretači gospodarskog razvitka neke zemlje. Njihov položaj u društvu danas nije onakav kakav zaslužuju. U članku su dani prijedlozi da se zajedničkim i osmišljenim djelovanjem obitelji, vrtića, škole, fakulteta, poduzeća, udruga inženjera i društva taj narušeni image popravi i tehnički studij ponovno postane atraktivan mladima.

Literatura:

1. Adams, S. (2000): *Dilbertovo načelo*. Zagreb, Algoritam
2. Aničić, D. (2002): *Percepcija inženjerskih struka u društvu*. Tehnički vjesnik br. 1,2. Godište 9.
3. Beović, B.: *Inženjeri-pokretači gospodarskog razvitka* (2003). GVIK-VODA 05/2003. Godište 4
4. Ederle, J., Griesbach, H. (1998): *Ausbildung und Qualifikation von Ingenieuren: Herausforderungen und Lösungen aus transatlantischer Perspektive*. HIS Kurzinformation A 6/98. Hannover
5. <http://www.destatis.de>
6. <http://www.dzs.hr>
7. <http://www.hazu.hr>
8. Lapaine, V. (1903): *Kako se goji javnost u tehničkoj struci?*. Vesti društva inženira i arhitekta u Hrvatskoj i Slavoniji, br. 2. Godište XXIV.
9. Mack, U., Pfenning, U., Renn, O. (2002): *Zur Zukunft technischer und naturwissenschaftlicher Berufe. Strategien gegen den Nachwuchsmangel*. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg. Stuttgart.
10. Renn, O., Zwick, M. (2000): *Die Attraktivität von technischen und ingenieurwissenschaftlichen Fächern bei der Studien- und Berufswahl junger Frauen und Männer*. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg. Stuttgart.

Autori:

Branka Beović, dipl.ing.građ.

Vodoopskrba i odvodnja d.o.o., p.p. 896, 10001 Zagreb

tel.: 01/6187 111, fax.: 01/6188 418

e-mail: branka.beovic@vio.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 6.02.

Karakterizacija sedimenata Dragonje, rijeke na granici Hrvatske i Slovenije

Stanislav Frančišković-Bilinski, Halka Bilinski, Darko Tibljaš, Darko Hanžel

SAŽETAK: Istraživanja su dio zajedničkog bilateralnog projekta između Slovenije i Hrvatske, u kojem provodimo multidisciplinarna istraživanja rječnih sedimenata na različitim geološkim podlogama.

Dragonja je odabrana za istraživanja kao rijeka na granici Hrvatske i Slovenije, koja teče na flišnom području. Pretpostavljeno je da spada u relativno čiste i slabo istražene rijeke. U Hrvatskoj se površinska voda Dragonje, prema programu monitoringa za 2000. ispituje na jedinoj mjernoj postaji 31040, kod graničnog prijelaza Kaštel. Sedimenti se ne analiziraju.

Izvršena su mineraloška, geokemijska i spektroskopska (Mössbauer) istraživanja pet površinskih sedimenata (frakcija $<63 \mu\text{m}$) uzorkovanih u izrazito sušnom periodu, krajem kolovoza 2001. Od toga je jedan uzorak iz gornjeg toka Pinjeveca (Rokave), pritoke Dragonje u Sloveniji. Rezultati su uspoređeni sa sedimentima Rižane, čiji izvor služi za oprkrbu jugozapadnog dijela Slovenije pitkom vodom.

Iz rendgenske analize praha je ustanovljeno da su glavni minerali kalcit i kvarc, dok su minerali u tragovima različiti na raznim lokacijama.

Makroelementi Ca, Fe, Al, te brojni mikroelementi su određeni metodom ICP-MS. Sediment u samom ušću Dragonje sadrži najveće koncentracije Fe, Al, Mg, K, S, P, Na, Cr, V, Li, Rb, As, Ga i Mo, što ukazuje da se ovi elementi transportiraju u more.

Daljnja karakterizacija Fe (III) i Fe (II) u sedimentima je izvršena metodom ^{57}Fe Mössbauerove spektroskopije na sobnoj temperaturi.

KLJUČNE RIJEČI: rječni sedimenti, Dragonja, Rižana, Pinjevec (Rokava), mineralni sastav, elementi, ICP-MS, Mössbauerova spektroskopija

Characterization of Sediments from Dragonja, River at the Boarder Line Between Croatia and Slovenia

SUMMARY: Presented investigations are a part of the bilateral Slovenian-Croatian project of a multidisciplinary research of river sediments formed on different geological settings.

The Dragonja was chosen as a river at the boarder line of Croatia and Slovenia, which flows through a flysch region. It was assumed that it is relatively unpolluted and poorly investigated river. In Croatia, according to the 2000 Program, the Dragonja surface water is monitored only at a station 31040, located at the boarder crossing Kaštel. Sediments are not analyzed.

Mineralogical, geochemical and spectroscopic (Mössbauer) studies were performed on five surface sediments (fraction $<63 \mu\text{m}$), which have been sampled during very dry season at the end of

August 2001. One of the samples was taken from the Pinjevec (Rokava), a tributary of the Dragonja in Slovenia. The results are compared with sediments of the Rižana river water, which is used for drinking water supply of the southwest Slovenia.

The XRD silt analysis data showed that major minerals are quartz and calcite. Trace minerals are different at different locations. Macroelements Ca, Fe, Al and numerous microelements are determined by ICP-MS method. Estuarine sediment of the Dragonja contains the highest concentrations of Fe, Al, Mg, K, S, P, Na, Cr, V, Li, Rb, As, Ga and Mo, what suggests of their seaward transport.

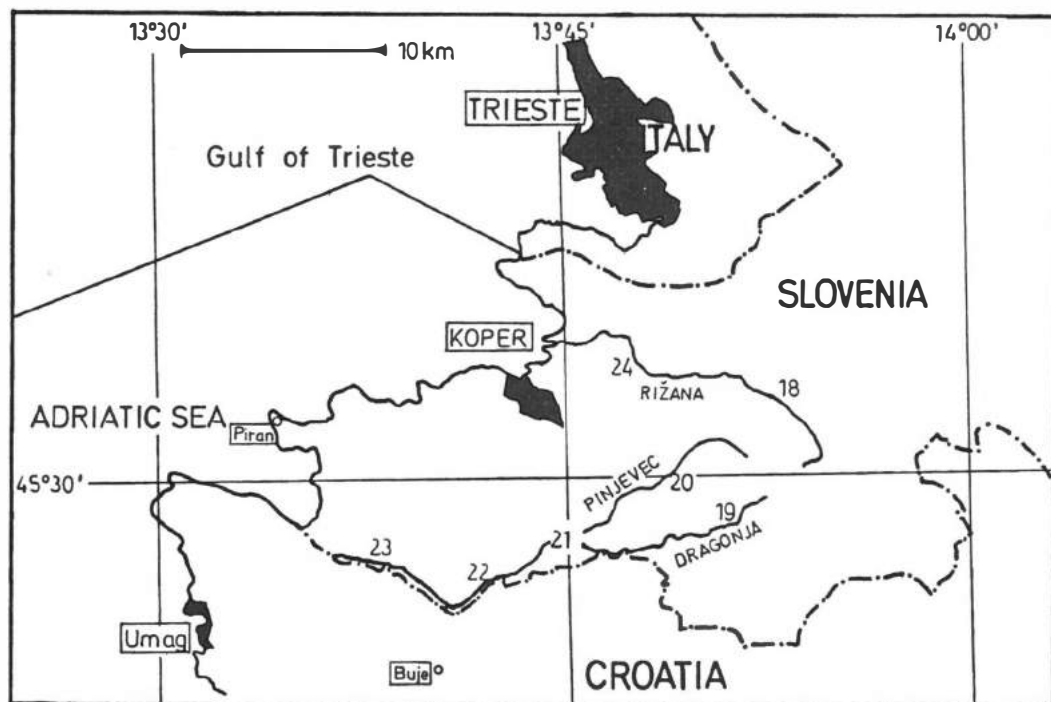
Further characterization of Fe (III) and Fe (II) in sediments was performed by ^{57}Fe Mössbauer spectroscopy at room temperature.

KEYWORDS: river sediments, Dragonja, Rižana, Pinjevec (Rokava), mineral composition, elements, ICP-MS, Mössbauer spectroscopy

UVOD

Rijeka Dragonja je u donjem toku proglašena zaštićenim područjem u skladu s Ramsar Konvencijom. Dolina Dragonje predstavlja najsačuvaniju dolinu sjevernog Jadrana. Također, sliv Dragonje, koji obuhvaća površinu od 92 km², predstavlja idealno područje za istraživanje hidroloških i fluvijalno-geoloških procesa. Zbog depopulacije ovog područja dolazi do povratka šuma na ranije obrađivanim poljima. Svojstva tla se mijenjaju radi stvaranja organske tvari i aktivnosti organizama koji žive u tlu.

U spomenutom području od proljeća 2000. godine postoje zajednička slovensko-nizozemska istraživanja o geološko-ekološkom utjecaju prirodnog povratka šuma. Projekte izvođe uglavnom studenti, a programi se mogu naći na web-adresi: <http://www.geo.vu.nl/~geomil/dragonja/results.htm>



Slika 1. Područje istraživanja s brojevima postaja uzorkovanja na Rižani (18 i 24), Pinjevcu (20) i Dragonji (19, 21, 22, 23). Sedimenti su sakupljeni u kolovozu 2001.

U Hrvatskoj su Hrvatske Vode po odobrenju programa monitoringa za 2000. godinu organizirale ispitivanje površinskih voda na nizu postaja. Na Dragonji se nalazi samo jedna postaja (31040), kod graničnog prijelaza Kaštel, koja je oko 6 km udaljena od ušća Dragonje u Piranski Zaljev. Prema državnom planu za zaštitu voda (NN 8/99) zahtjevana vrsta vode za Dragonju je II kategorije. Registrirana vrsta vode na postaji 31040 na temelju tri pokazatelja bila je III kategorije (Hrvatske Vode, lipanj 2002).

Ovdje iznesena istraživanja na sedimentima su dio bilateralnog projekta Hrvatske i Slovenije 2000-2002.

CILJ RADA

- Detaljno ispitivati rječne sedimente Dragonje i njezine pritoke Pinjeveca (Rokave). Ispitivati će se frakcija silta i gline ($f < 63 \mu\text{m}$), koja se može najdalje nizvodno transportirati i koja reflektira produkte trošenja okolnih stijena, a također i mogući antropogeni utjecaj.
- Rezultati će se usporediti s mjerenjima na Rižani, čiji izvor služi za opskrbu jugozapadnog dijela Slovenije pitkom vodom.
- Poseban interes predstavlja dodatna karakterizacija minerala željeza metodom Mössbauerove spektroskopije. Istraživanja su u tijeku.

PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Uzorci sedimenata su izvađeni u kolovozu 2001, u vrijeme vrlo sušnog perioda u dolini Dragonje i njezinog pritoka Pinjeveca (Rokave) i u dolini Rižane. Slika 1. predstavlja skiciranu kartu s postajama uzorkovanja. Uzorci br. 19, 20 i 21 su uzorkovani iz tada potpuno suhog korita, dok su ostali bili u kontaktu s vodom. Spomenute rijeke pripadaju slivu sjeveroistočnog Jadrana, a teku u flišnom području. Ovo područje je pretežno iz doba tercijsara i krede. Fliš pokriva karbonatnu platformu, a izvorišno mu je područje izvan užeg prostora sedimentacije. To navodi na zaključak o dalekom transportu, ili o subduciranom izvorišnom prostoru pod visoko kršku navlaku (Herak, 1990).

EKSPERIMENTALNI DIO

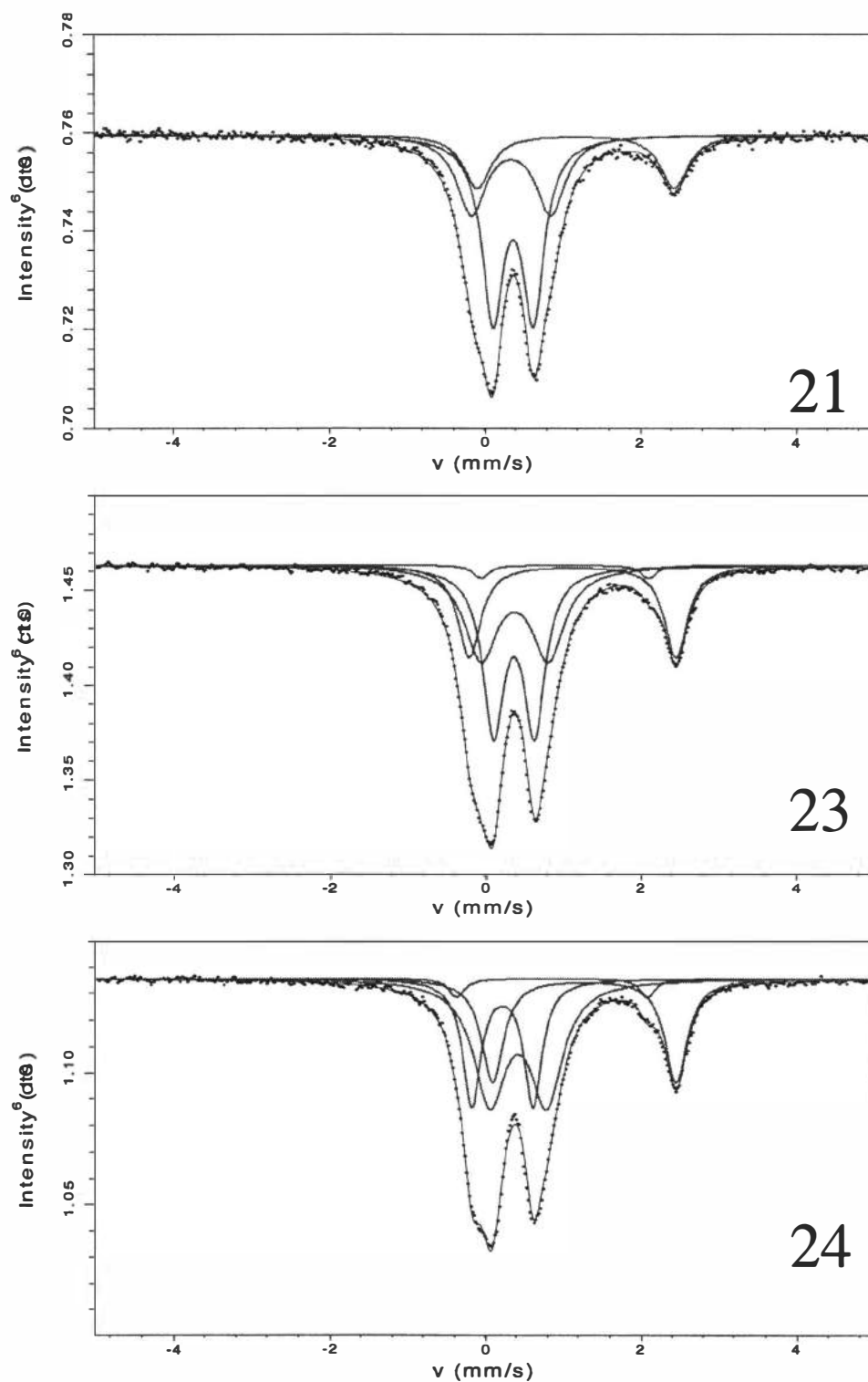
Uzorci sedimenata su prosijani mokrim postupkom kroz standardna sita promjera otvora od 2000 do $63 \mu\text{m}$, upotrebom tresilice "Analysette 3" (Fritsch, Njemacka). Sve analize su izvedene na frakciji silta i gline ($f < 63 \mu\text{m}$), radi mogućnosti uspoređivanja rezultata. Mineraloški sastav je određen iz podatka rendgenske difrakcije praha (Philips, X Pert MPD), koristeći Powder Diffraction File (1997).

Elementarni sastav je određen u servisu Actlabs, Kanada, metodom ICP-MS (Ultratrace 2 program), nakon otapanja u zlatotopci. Ti, P i S su određeni metodom ICP-AES, a živa metodom atomske apsorpcije prema programu 1G.

Slabokristalinični minerali željeza, koje je taško identificirati metodom rendgenske difrakcije praha dodatno su karakterizirani metodom Mössbauerove spektroskopije na 300 K. Za sve eksperimente se koristi izvor ^{57}Co , aktivnosti $\sim 10 \text{ m Ci}$ u Rh matrici. Spektri su kompjuterski obrađeni, a najbolji dobiveni parametri su korišteni za karakterizaciju željeza u obliku Fe(III) i Fe(II), te za izračunavanje omjera Fe(III)/Fe(II).

Tablica 1. Koncentracije 52 elementa (u ppm) sedimenata Dragonje s Pinjavecom i Rižane, $f < 63 \mu\text{m}$

Element	D r a g o n j a					R i ž a n a	
	19	20	21	22	23	18	24
Ca	160000	333000	184000	305000	96000	142000	180000
Fe	28600	18300	23100	17600	29400	28500	26000
Al	9990	6300	10900	6500	12600	11400	9300
Mg	7300	4400	3600	3200	7700	6700	4800
K	1200	900	1200	800	2500	1100	1000
S	1280	1070	1050	1220	3030	960	870
Mn	1050	544	359	756	530	1790	852
Sr	333	341	236	276	210	379	324
P	220	140	150	150	260	960	440
Na	160	200	170	150	2810	170	180
Ba	103.0	153.0	86.8	132.0	92.4	90.0	36.3
Ni	92.0	58.7	63.1	46.8	78.0	96.4	81.0
Zn	47.7	28.2	42.5	30.2	57.3	86.5	63.8
Cr	38.8	23.9	33.2	21.4	45.0	45.2	38.4
Pb	28.10	17.80	8.54	10.90	9.47	46.60	19.70
V	25.00	17.00	28.00	18.00	39.00	36.00	30.00
Li	25.20	16.00	18.10	11.90	26.70	23.10	18.70
Cu	20.30	15.70	19.50	33.10	26.40	29.80	25.70
Ce	19.60	19.90	10.70	14.10	9.88	42.90	20.20
Co	18.50	9.80	9.20	9.50	15.20	20.30	18.10
Rb	12.10	9.30	12.40	7.40	18.30	11.20	10.20
Nd	10.90	10.50	5.70	8.00	5.30	21.40	11.10
La	9.20	8.90	4.90	7.50	4.80	22.20	9.60
As	9.20	9.20	7.80	8.70	11.20	9.40	10.10
Y	10.80	6.10	8.00	5.60	10.70	11.10	9.40
Ga	3.16	1.84	3.25	1.91	4.15	3.35	2.92
Sn	2.96	1.50	0.29	0.91	1.82	1.22	0.68
Sm	2.60	2.60	1.40	1.90	1.30	4.70	2.80
Zr	1.10	1.80	1.80	1.40	1.40	0.80	1.40
Th	0.50	2.50	1.40	2.20	1.20	1.60	2.80
Yb	0.70	0.70	0.40	0.50	0.40	1.40	0.80
Cs	0.50	0.60	0.50	0.60	0.30	0.50	0.50
Be	0.50	0.30	0.60	0.40	0.70	0.70	0.50
Eu	0.60	0.60	0.30	0.40	0.30	1.00	0.60
U	0.50	0.40	0.60	0.50	0.40	0.90	0.60
Se	0.50	0.90	0.50	0.60	0.60	1.70	1.00
Mo	0.45	0.18	0.45	0.26	1.15	0.57	0.46
Tb	0.40	0.40	0.20	0.30	0.20	0.70	0.40
W	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.50	0.40
Sb	0.34	0.21	0.09	0.18	0.11	0.80	0.29
Bi	0.27	0.21	0.14	0.22	0.14	1.59	0.30
Nb	0.20	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30	0.20
Cd	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.70	0.40
Tl	0.14	0.12	0.06	0.12	0.07	0.39	0.14
Te	0.17	0.12	0.10	0.07	0.08	0.13	0.05
Hg	0.109	0.186	0.347	0.690	0.346	0.717	1.144
Ag	0.09	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	0.07
In	0.03	0.03	0	0.02	0	0.05	0.03
B	0	2	3	0	15	2	0
Lu	0	0	0	0	0	0.2	0.1
Re	0	0.002	0	0.001	0	0.001	0
Au	0	0	0	0	0.2	0.9	0



Slika 2. Mössbauerovi spektri ^{57}Fe , mjereni na sobnoj temperaturi s izvorom ^{57}Co u Rh matrici u f < 63 Ń sedimenata 21, 23 i 24

REZULTATI I DISKUSIJA

Iz rendgenske analize praha (frakcija $<63 \mu\text{m}$) ustanovljeno je da su glavni minerali kalcit (Ca) i kvarc (Q) u svim uzorcima. Postoje neke razlike u njihovom odnosu, koji je semikvantitativno određen iz omjera najjačih pikova kalcita i kvarca:

Postaja (Ca/Q): 19 (0,85); 20 (3,52); 21 (1,64); 22 (2,69); 23 (0,42); 18 (1,29); 24 (1,35).

Od minornih minerala feldspat je prisutan u svim sedimentima; dolomit u sedimentima 23 i 24; različiti minerali glina (ovisno o postaji uzorkovanja), koje bez dodatnog tretmana nije moguće sa sigurnošću dokazati.

Mineraloška analiza reflektira kumulativne efekte kemijskog i fizičkog trošenja matičnih stijena, hidrauličko sortiranje i abraziju, prema Nesbitt i sur. (1987). Svi ispitivani sedimenti se nalaze na stijenama iz eocena, osim sedimenta 23, gdje Dragonja svojim sadašnjim tokom prolazi kontaktom rudistnog vapnenca i vapnenca sa slojevima dolomita iz razdoblja gornje krede (turon/cenoman).

Tablica 1 pokazuje rezultate ICP-MS analize 52 elementa. U svim uzorcima su najzastupljeniji Ca i Fe. U uzorku 23 (ušće Dragonje) ima najviše Fe, Al, Mg, K, S, Na, Cr, V, Li, As, Ga i Mo. Za sediment 18 u gornjem toku Rižane karakteristične su visoke koncentracije Mn, Sr, P i Cr. Sediment 24 u donjem toku Rižane, blizu utoka u more, koji je uzorkovan iznad brane kod tvornice "Vinakoper" ima povišenu koncentraciju Hg.

Tablica 2. Hiperfini parametri Mössbauerovih spektara odabranih sedimenata ($f < 63 \mu\text{m}$) Dragonje (21, 23) i Rižane (24) izmjerenih na sobnoj temperaturi

postaja	sub-spektri	IS mm/s	QS mm/s	stanje (site)	A %	Fe(III) / Fe(II)
21	du1	0.3699(27)	0.520(14)	Fe(III)	50.6(52)	1.024
	du2	1.177(23)	2.536(46)	Fe(II)	19.6(11)	
	du3	0.345(14)	1.021(39)	Fe(II)	29.8(56)	
23	du1	0.3722(26)	0.527(12)	Fe(III)	39.5(63)	2.77
	du2	0.380(11)	0.865(58)	Fe(III)	34.0(67)	
	du3	1.1267(48)	2.660(10)	Fe(II)	24.12(76)	
	du4	1.028(39)	2.165(78)	Fe(II)	2.38(61)	
24	du1	0.423(24)	0.731(20)	Fe(III)	44.2(48)	2.34
	du2	0.2194(52)	0.7904(50)	Fe(III)	25.8(43)	
	du3	1.2744(84)	2.364(18)	Fe(II)	26.53(89)	
	du4	0.862(15)	2.458(25)	Fe(II)	3.41(76)	

IS (mm/s) – izomerni pomak relativno prema željezu

QS (mm/s) – kvadrupolno cijepanje

A% - relativna površina u postotku totalnog željeza

Da bi se dobilo više informacija o mineralima Fe, koji su poznati nosači brojnih elemenata u tragovima, daljnja je karakterizacija izvršena primjenom ^{57}Fe Mössbauerove spektroskopije na sličan način kako smo već pokazali na nekim drugim lokacijama (Bilinski i sur., 2002; Frančišković-Bilinski i sur., 2002). Na Slici 2 su prikazani odabrani spektri, snimljeni na sobnoj temperaturi, za uzorke 21, 23 i 24. Spektri su kompjuterski obrađeni i mogu se razmatrati kao superpozicija fero- i feri- dubleta. Tako je spektar

sedimenta 21 sastavljen od tri dubleta, a spektri sedimenata 23 i 24 objašnjeni su sa četiri dubleta. Hiperfini parametri su prikazani u Tablici 2 zajedno sa određenim stanjem (sites) Fe(III) i Fe(II) i izračunatim omjerom Fe(III) / Fe(II), prema literaturi Mc Common (1995). Budući da hiperfini parametri ovise o kemijskom sastavu, nismo bili u mogućnosti sigurno odrediti mineralnu grupu, te je daljnji rad u tijeku.

ZAKLJUČAK

U ovom stadiju istraživanja, zaključci su preliminarni.

Dragonja s Pinjvcem i Rižana su odabrane kao primjer čistih rijeka, koje teku u području fliša. Iz mineraloške analize je zaključeno da su kalcit, kvarc i feldspati prisutni u svim uzorcima. Na različitim lokacijama postoje različiti minerali glina (minorna komponenta), koje dodatnim metodama treba točnije identificirati. Mössbauerova spektroskopija je primijenjena u nekoliko uzoraka za dobivanje informacija o Fe(III) / Fe(II) omjeru u slabo kristaliničnim spojevima željeza. Daljnji rad je u tijeku.

U svim uzorcima sedimenata su najzastupljeniji Ca i Fe. U ušću Dragonje sediment ima povećane koncentracije Fe, Al, Mg, K, S, P, Na, Cr, V, Li, Rb, As, Ga i Mo, dok je nedaleko ušća Rižane povećana koncentracija Hg.

Mjerna postaja 31040, gdje Hrvatske Vode uzorkuju vodu Dragonje u području Hrvatske, nalazi se 6 km od ušća Dragonje, između naših postaja 22 i 23. Sedimenti do sada nisu analizirani. Upravo između ove dvije naše postaje postoji nagli skok u koncentracijama mnogih elemenata, pa bi dodatna istraživanja bila poželjna.

ZAHVALA

Rad je izrađen u okviru projekta Ministarstva znanosti i tehnologije Hrvatske i Slovenije, troškovi uzorkovanja su financirani iz bilateralnog projekta Slovenija-Hrvatska (2000-2002), a ICP-MS analize s preostalim sredstvima s projekta JF-169 SAD-Hrvatska.

LITERATURA

- Bilinski, H., Giovanoli, R., Usui, A., Hanžel, D. (2002): Characterization of Mn oxides in cemented streambed crusts from Pinal Creek, Arizona, U.S.A., and in hot-spring deposits from Yuno-Taki Falls, Hokkaido, Japan. *American Mineralogist*, **87**, 580-591.
- Frančišković-Bilinski, S., Bilinski, H., Tibljaš, D., Hanžel, D., Mertelj, A. (2002): Characterization of sediments from Voglajna and Savinja rivers – preliminary results. *Geologija*, **45**(2), u tisku.
- Herak, M. (1990): Geologija, peto izdanje. Školska Knjiga, Zagreb.
- Hrvatske Vode (lipanj 2002): Sažetak izvještaja o ispitivanju kakvoće vode u Republici Hrvatskoj u 2000. godini.
- Mc Cammon, C. (1995): Mössbauer spectroscopy of minerals. Mineral Physics and Crystallography, A handbook of Physical Constants, American Geophysical Union.
- Nesbitt, H.W., Fedo, C.M., Young, G.M. (1997): Quartz and feldspar stability, steady and non-steady weathering and petrogenesis of siliciclastic sands and muds. *The Journal of Geology*, **105**, 173-191.

Autori:

Stanislav Frančišković-Bilinski*, Halka Bilinski, Zavod za fizičku kemiju, Institut "Ruđer Bošković", POB 180, HR-10002 Zagreb, Hrvatska

Darko Tibljaš, Mineraloško-petrografski Zavod, Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Horvatovac bb, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

Darko Hanžel, Inštitut "Jožef Stefan", Jamova 39, SI-1001 Ljubljana, Slovenija

**autor za komunikaciju*

E-mail: francis@rudjer.irb.hr



Rad 6.03.

25 godina hrvatsko mađarske suradnje na mjerenju radioaktivnosti rijeke Dunav

Stipe Lulić

SAŽETAK: Mjerenja radioaktivnosti rijeke Dunav na graničnom profilu odvija se od početka 1978. s time da se je učestalost uzorkovanja mijenjala. Tako u vremenskom periodu prije početka rada Nuklearne elektrane Paks zajedničko uzimanje uzoraka na graničnom profilu se odvija četiri puta godišnje a dobiveni rezultati mjerene razine radioaktivnosti služe za utvrđivanje "nultog" stanja radioaktivnosti. Nakon početka rada NE Paks do reaktorske nezgode u Černobilu (travanj 1986. godine) uzorci se uzimaju šest puta godišnje. Nakon reaktorske nezgode u Černobilu uzorci se uzimaju svaki mjesec. Nakon procijenjenog smanjenja utjecaja reaktorske nezgode u Černobilu pa sve do današnjih dana obavljaju po šest puta godišnje.

Na graničnom profilu rijeke Dunav određuje se koncentracije aktivnosti gama radionuklida u uzorku vode (filtrirana voda i suspendirana tvar), ribi, sedimentu i obraštaju rijeke Dunav, koncentraciju aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima filtrirane vode, riba i sedimenta i koncentraciju aktivnosti ^3H u uzorku filtrirane vode.

Na osnovu izmjerene koncentracije aktivnosti određuje se doza ozračenja za pojedinca koji bi konzumirao vodu i ribu iz rijeke Dunav, odnosno utjecaj NE Paks na razinu radioaktivnosti rijeke Dunav.

KLJUČNE RIJEČI: Dunav, radioaktivnost, Batina, Mohač, doza ozračenja

25 Years of the Croatian-Hungarian Cooperation on the Danube River Radioactivity Measurements

SUMMARY: The Danube river radioactivity measurements on the border profile Mohač-Batina have been performed with varying frequency of sampling since the beginning of 1978. Thus, in the period before the Paks Nuclear Power Plant was put into operation a joint Croatian-Hungarian sampling at the border profile had been carried out four times a year; and the obtained results of measured radioactivity levels were used to assess radioactivity background data. From the time the Paks Nuclear Power Plant was commissioned until the Chernobyl reactor accident (April 1986), sampling was performed six times a year. After the Chernobyl accident, samples have been taken every month. Since decreased Chernobyl reactor accident influence was established, the samples have been taken six times a year.

On the Danube river border profile, the concentration activity of gamma radionuclides has been determined in water samples (filtered water and suspended matter), and in fish, sediment and the Danube river algae samples. Concentration activities of ^{90}Sr in filtered water, fish, and sediment samples as well as those of ^3H in filtered water samples have also been determined.

Based on the measured activities, an assessment has been made of an individual human irradiation dose that would be received by drinking the water or eating fish from the Danube, i.e. the assessment of the influence of the Paks Nuclear Power Plant on the radioactivity level of the Danube river.

KEYWORDS: Danube, radioactivity, Batina, Mohach, dose irradiation

UVOD

Problem izgradnjom nuklearnih elektrana na rijeci Dunav je najozbiljnije shvaćen još i u okviru jugoslavensko-mađarske vodoprivredne suradnje, te je još 1976. godine jugoslavensko-mađarska komisija za vodoprivredu osnovala posebnu potkomisiju za zaštitu rijeke Dunav od radioaktivnog i termalnog zagađenja. Glavni zadatak ove potkomisije bila je priprema metodike istraživanja radioaktivnosti rijeke Dunava i koordinacija zajedničkih mjerenja radioaktivnosti na graničnom profilu, a u cilju utvrđivanja mogućeg utjecaja Nuklearne elektrane Paks (NEP) na mjerenu razinu radioaktivnosti rijeke Dunav. U prvoj fazi zajedničkih mjerenja trebalo je prije puštanja u pogon NEP ustanoviti "nultu" razinu radioaktivnosti Dunava, da bi se u drugoj fazi sistematski pratio utjecaj rada Nuklearne elektrane Paks na radioaktivnost Dunava.

Istraživanja se mogu podijeliti u četiri dijela. U prvom dijelu u vremenskom periodu od 1978. do 1982. godine obavljena su preliminarna mjerenja nulte razine radioaktivnosti rijeke Dunav. Na osnovi pismene najave mađarske strane Predsjedniku jugoslavensko-mađarske Komisije za vodoprivredu o početku probnog rada prvog bloka (440 MWe) NEP, od 29.12.1982. godine, ispitivanja radioaktivnosti rijeke Dunav u 1982. godini smatraju se posljednjom godinom u utvrđivanju "nultog" stanja radioaktivnosti rijeke Dunav. U drugom vremenskom dijelu od početka 1983. godine, pa do reaktorske nezgode u Černobilu, konac travnja 1986. godine, treći dio nakon reaktorske nezgode u Černobilu do danas. NEP punom instaliranom snagom od 1 760 MWe radi od 31.10.1987. godine i konačno četvrti dio, vremenski period iza agresije JNA na Hrvatsku, odnosno ponovni početak uzimanja uzoraka na hrvatskoj strani u Batini.

Na sastancima vodoprivrednih stručnjaka Republike Hrvatske i Republike Mađarske, koji su održani u Budimpešti (02.-04. veljače 1993. godine) i u Varaždinu (20.-23. rujna 1993. godine) po pitanjima suradnje u vodoprivredi, donijeta je slijedeća odluka:

U suglasnosti s odredbama UGOVORA O PRIJATELJSTVU I SURADNJI između Republike Hrvatske i Republike Mađarske, sklopljenog 16.12.1992. godine, do zaključenja hrvatsko-mađarskog sporazuma o vodoprivrednim pitanjima, strane će primjenjivati postojeći Sporazum sklopljen između FNR Jugoslavije i NR Mađarske od 08.08.1955. godine.

PROGRAM UZORKOVANJA I MJERENJA

Program mjerenja radioaktivnosti rijeke Dunav na graničnom profilu prikazan je u Tablici.

TABLICA: Program mjerenja radioaktivnosti rijeke Dunav na graničnim profilu

U z o r a k	Vrsta mjerenja radioaktivnosti	Mjesto uzorkovanja	Broj uzoraka
Voda filtrirana nefiltrirana	ukupna β		3
	γ	lijeva obala	1
	^{90}Sr	sredina	1
	^3H	desna obala	1
Riba biljojed grabežljivica	ukupna β		1
	γ ^{90}Sr	Dunav	1
Sediment	ukupna β	lijeva obala	2
	γ ^{90}Sr	desna obala	2
Obraštaj	ukupna β γ	objekt na obali	1

Mjerenja radioaktivnosti rijeke Dunav odvija se od početka 1978. s time da se je učestalost uzorkovanja mijenjala. Tako u vremenskom periodu prije početka rada NEP zajedničko uzimanje uzoraka na graničnom profilu se odvija četiri puta godišnje i dobiveni rezultati mjerene razine radioaktivnosti služe za utvrđivanje “nultog” stanja. Nakon početka rada NEP pa do reaktorske nezgode u Černobilu uzorci se uzimaju šest puta godišnje (do travnja 1986. godine). Nakon reaktorske nezgode u Černobilu uzorci se uzimaju svaki mjesec na taj način da su četiri uzorkovanja zajednička, četiri uzorkovanja zasebno obavlja hrvatska, odnosno mađarska strana. Nakon procijenjenog smanjenja utjecaja reaktorske nezgode u Černobilu ono se opet smanjuje na šest puta godišnje.

Uzorkovanje uzoraka rijeke Dunav se do mjeseca lipnja 1991. godine obavlja naizmjenično na graničnom profilu (Mohač-Batina). Nakon agresije na Hrvatsku sa strane Srbije, odnosno JNA, ostala uzorkovanja u 1991. godini obavljena su na mađarskoj strani. U 1992. godini nije bilo zajedničkog uzimanja uzoraka rijeke Dunav. Uzorke je uzimala samo mađarska strana na lokaciji Mohač, a u skladu s ranije dogovorenim programom (šest puta godišnje) a rezultati mađarske strane hrvatska strana prihvaća kao zajednička.

Tijekom 1993. godine, točnije od mjeseca lipnja, a na osnovu odluke sa 1. Sastanka hrvatsko-mađarske potkomisije za ispitivanje kvalitete rijeke Mure, Drave i Dunava, ponovo započinje zajedničko uzimanje uzoraka rijeke Dunav, a s ciljem utvrđivanja utjecaja NEP na razinu radioaktivnosti rijeke Dunav. Uzorci se uzimaju samo na lokaciji Mohač, s napomenom da je prva dva godišnja uzimanja uzoraka obavila samostalno mađarska strana, koja je sve uzorke, osim uzoraka vode, dostavila hrvatskoj strani na mjerenje. Od početka 1994. godine, te 1995., 1996. i 1997. godine uzorci se uzimaju svaka dva mjeseca samo na lokaciji Mohač.

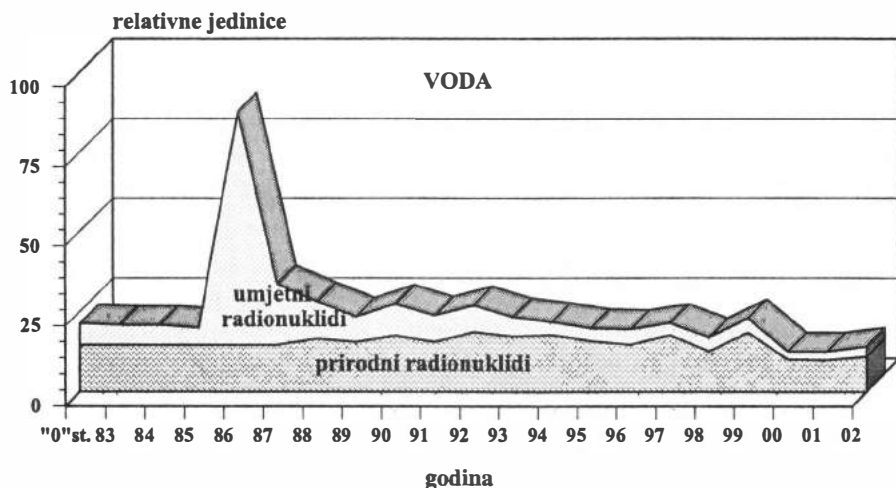
Na temelju zaključka sa sastanka Potkomisije za zaštitu kvalitete voda stalno hrvatsko-mađarske komisije za vodnogospodarstvo održanog od 14. do 18. travnja 1997. godine u Zagrebu, program radioloških ispitivanja rijeke Dunav za 1998. godine odvija se ponovo i na hrvatskoj strani. Uzorci se uzimaju šest puta godišnje, od kojih su četiri zajednička (po dva na mađarskoj strani u Mohaču i po dva na hrvatskoj strani u Batini), a preostala dva uzimanja uzorka obavlja svaka strana zasebno istovremeno na svojoj strani u Batini i Mohaču.

REZULTATI I DISKUSIJA

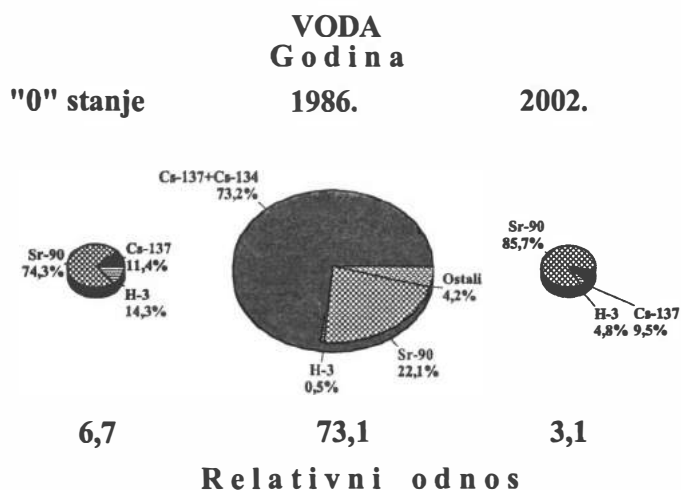
Godišnji rezultati mjerenja koncentracije aktivnosti uzoraka rijeke Dunav (voda, ribe, sediment i obraštaj) uspoređivani su sa “nultom” razinom mjerene koncentracije aktivnosti i sa godinama nakon početka probnog rada, godine od 1983. do 2002. godine [1] i [2]. Također uvijek je promatran relativni doprinos promatranih umjetnih radionuklida (^3H , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{75}Se , ^{90}Sr , ^{103}Ru , ^{106}Ru , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{124}Sb , ^{125}Sb , ^{134}Cs , ^{137}Cs i ^{144}Ce) za određenu vrstu uzorka rijeke Dunav. Ocjenu njihovih relativnih doprinosa ukupnoj “predviđenoj efektivnoj jednakovrijednoj dozi” (committed effective dose equivalent) izračunata je na pretpostavci da se dunavska voda koristi za piće, dunavska obala za priobalne aktivnosti (ribolov, kupanje) a riba služi za konzumaciju. Za ocjenu relativnih doprinosa korištene su vrijednosti efektivne doze za unos radionuklida putem ingestije (International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Standard No 115, IAEA 1996) [3].

Iz dobivenih vrijednost prikazanih kao “pite” lako se uočava odnos “doza” iz zadnje godine mjerenja i mjerenjima iz “nultog” perioda, odnosno mjerenja iz 1986. godine (reaktorska nezgoda u Černobilu).

Mjerena koncentracija aktivnosti u vodi svih umjetnih gama radionuklida je svedena na istu ili manju od one koja je dobivena u toku mjerenja "nulte" razine, odnosno nalazi se ispod donje granice detekcije (Slika 1). Doprinos svih umjetnih radionuklida u vodi u 2002. godini je oko dva puta manji u odnosu na "nulto" stanje. Doprinos koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u vodi u 2002. godini je povećana za oko 10% u odnosu na "nulto" stanje. Doprinos koncentracije aktivnosti ^{137}Cs u vodi u 2002. godini je neznatno smanjen u odnosu na "nulto" stanje. Doprinos koncentracije aktivnosti ^3H u filtriranoj vodi u 2002. godini je tri puta manja od mjerenja u iz "nultog" stanja (Slika 2).



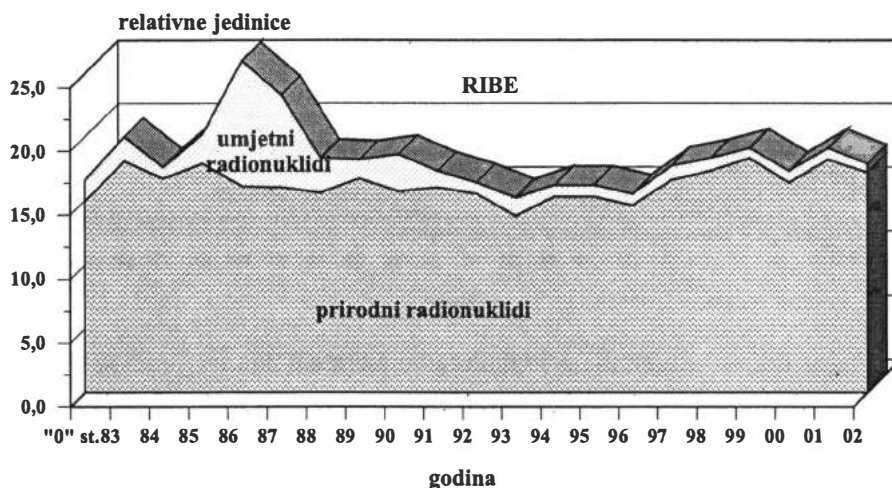
Slika 1.: Prikaz odnosa umjetnih i prirodnih radionuklida u mjerenoj radioaktivnosti za vodu



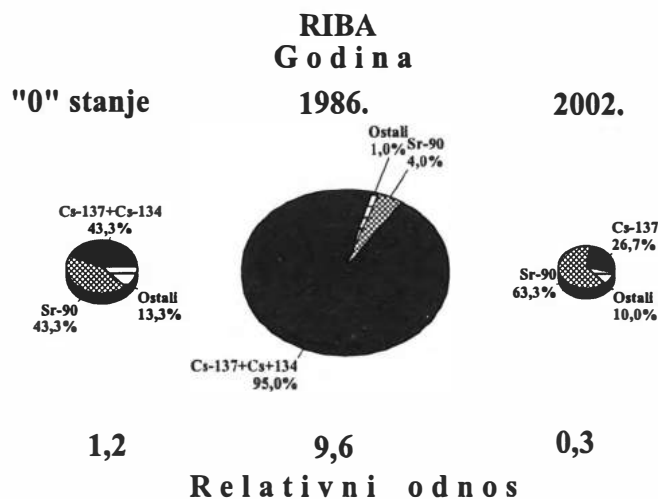
Slika 2.: Relativni doprinos mjerenih radionuklida u ukupnoj dozi ozračenja putem vode

Mjerena koncentracija aktivnosti u ribi svih umjetnih gama radionuklida je četiri puta manja od one koja je dobivena u toku mjerenja "nulte" razine, odnosno nalazi se ispod donje granice detekcije (Slika 3). Doprinos svih umjetnih radionuklida u ribama u 2002.

godini je četiri puta manji u odnosu na “nulto” stanje. Doprinos koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u ribama u 2002. godini je povećan za 50% u odnosu na “nultog” stanje. Doprinos koncentracije aktivnosti ^{137}Cs u ribama u 2002. godini je smanjen za 50% u odnosu na “nulto” stanje (Slika 4).

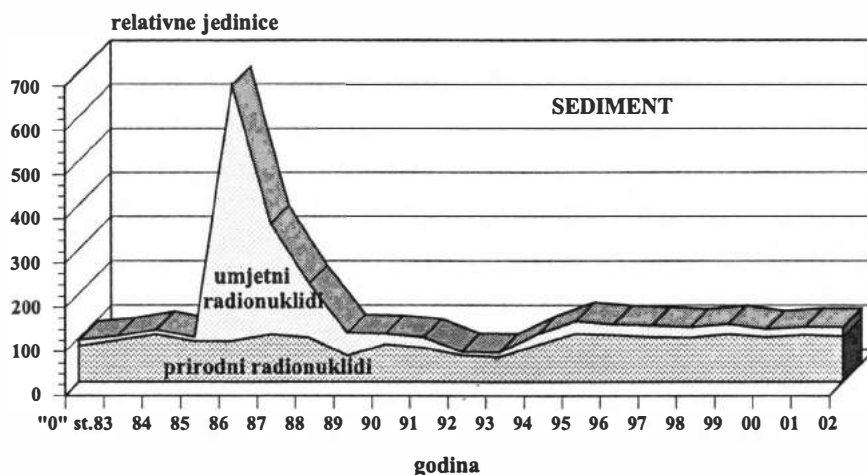


Slika 3.: Prikaz odnosa umjetnih i prirodnih radionuklida u mjerenoj radioaktivnosti za ribe

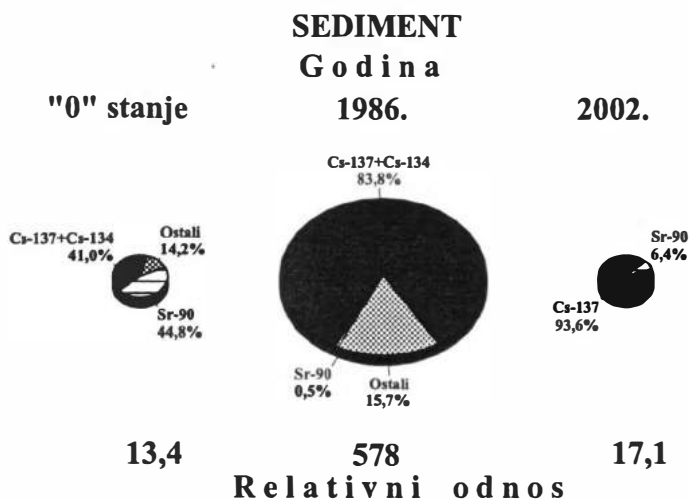


Slika 4.: Relativni doprinos mjerenih radionuklida u ukupnoj dozi ozračenja putem ingestije riba

Promatrajući mjerene vrijednosti koncentracije aktivnosti sedimenta kroz sav vremenski period (Slika 5), vidimo da je relativni doprinos umjetnih radionuklida u ukupnoj dozi za 2002. godinu još oko 50% veći od onog izmjerenog u mjerenjima “nultog” stanja. Ovo se može objasniti remobilizacijom vezanog ^{137}Cs uzvodno od promatranog graničnog profila. Doprinos svih umjetnih radionuklida u sedimentu u 2002. godini potječe uglavnom od izotopa ^{137}Cs , a neznatni dio samo od izotopa ^{90}Sr . (Slika 6).



Slika 5.: Prikaz odnosa umjetnih i prirodnih radionuklida u mjerenoj radioaktivnosti u sedimentu

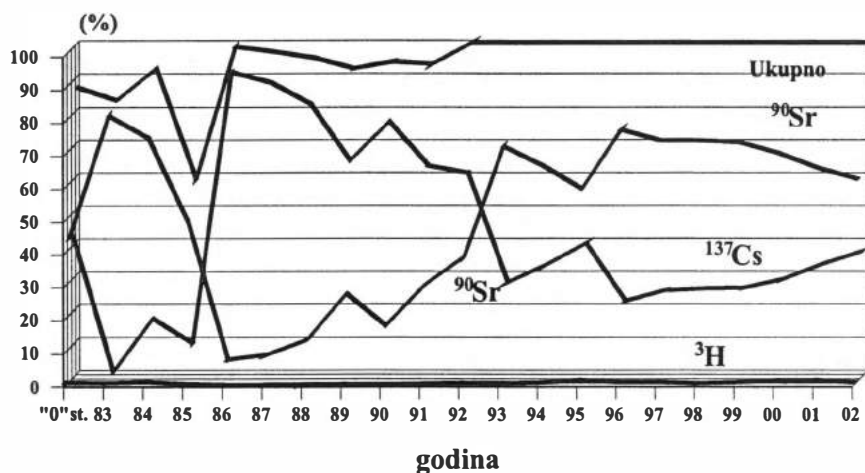


Slika 6.: Relativni doprinos mjerenih radionuklida u ukupnoj dozi ozračenja putem sedimenta

ZAKLJUČAK

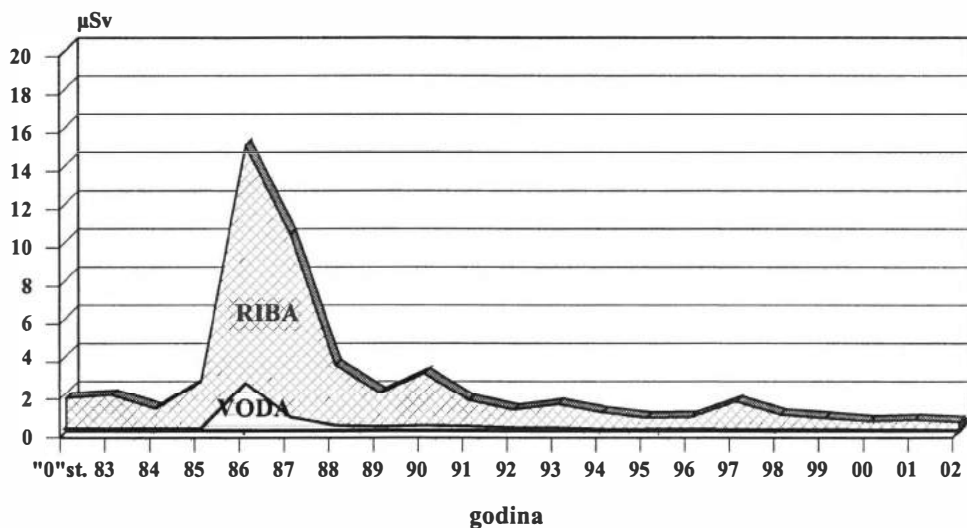
Sva dosadašnja mjerenja pokazuju da su mjerene koncentracije aktivnosti dugoživićih fisijonih produkata, bitno smanjene u odnosu na period neposredno poslije reaktorske nesreće u Černobilu. Kod većine uzoraka koncentracija aktivnosti je opala praktično na vrijednost iz "nulte" razine. Izuzetak je samo ^{137}Cs , kod kojeg mjerena koncentracija aktivnost u uzorku sedimenta prelazi onu iz vremena mjerenja "nulte" razine.

Udio broja mjerenih umjetnih radionuklida iznad donje granice detekcije u određivanju radioaktivnosti, iza 1992. godine, sveo se samo na tri radionuklida i to ^3H , ^{90}Sr i ^{137}Cs , tj. samo na one radionuklide koji su i bili mjereni i prije reaktorske nesreće u Černobilu (Slika 7) i oni sada čine gotovo 100% doprinosa u ukupnoj mjerenoj radioaktivnosti.



SLIKA 7. Doprinos ^3H , ^{90}Sr i ^{137}Cs u mjerenoj radioaktivnosti “nulto” stanje – 2002. godina

Na osnovu mjerenja koncentracije aktivnosti umjetnih gama radionuklida, aktivnosti ^{90}Sr i aktivnosti ^3H u uzorku filtrirane vode i mjerenja aktivnosti umjetnih gama radionuklida i aktivnosti ^{90}Sr u riba izračunate su doze ozračenja za sav vremenski period mjerenja razine radioaktivnosti rijeke Dunav. Doze ozračenja računate su uz pretpostavku da pojedinac koji živi na graničnom profilu u tijeku jedne godine popije 880 litara dunavske vode i pojede 39 kg riba ulovljene u rijeci Dunav. Iz Slike 8 vidljivo je da ukupno primljena doza ozračenja pojedinca dolazi od ozračenja putem ishrane ribom. Doza ozračenja bila je najveća za vrijeme reaktorske nesreće u Černobilu. Nakon reaktorske nesreće doza ozračenja opada i danas je znatno manja od doze za vremenski period u kojem se je utvrđivao “nulto” stanje radioaktivnosti rijeke Dunav. Također treba napomenuti i da je izračunata doza ozračenja “kritičnog” pojedinca znatno manja od dozvoljene, a koja iznosi 1000 μSv na godinu [4].



SLIKA 8. Primljena doza ozračenja “nulto” stanje – 2002. godina

Na osnovu svih mjerenih vrijednosti aktivnosti gama radionuklida, aktivnosti ^{90}Sr i aktivnosti ^3H vidljivo je da nema pokazatelja da je NE Paks tijekom svojeg rada prouzrokovala povećanje razine radioaktivnosti u ispitivanim uzorcima rijeke Dunav.

LITERATURA

1. S. Lulić.: Određivanje radioaktivnosti rijeke Dunav za 1978. do 2002. godine. Zagreb.
2. L. Daroczi and P. Vancsura: Radiológai mérések a Duna határszelvényében. Öszefeloláló az 1993 évi mérési eredményekről. Baja 1994.
3. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Standard No 115, IAEA (1997).
4. Pravilnik o granicama izlaganja ionizirajućim zračenjima te o uvjetima izlaganja u posebnim okolnostima I za provedbe intervencija u izvanrednim uvjetima, Narodne Novine RH 108/1999.

Autor:

dr. sc. Stipe Lulić,

Zavod za istraživanje mora i okoliša,

Institut «Ruđer Bošković»,

10000 Zagreb, Bijenička 54, Hrvatska,

+385 (1) 46 80 227, +385 (1) 46 80 205, lulic@irb.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 6.04.

Dodiplomski i poslijediplomski studiji građevinarstva za potrebe vodnogospodarskih djelatnosti

Josip Marušić

SAŽETAK: Za potrebe rješavanja zadataka u vodnogospodarskim djelatnostima pored osiguranja odgovarajućih finansijskih sredstava posebno značenje imaju kadrovi koji se obrazuju na sveučilišnim dodiplomskim i poslijediplomskim studijima građevinarstva. Broj hidrotehničkih predmeta je od 9 do 15 (od ukupno 45 do 48), a broj njihovih sati predavanja i vježbi od 510 do 870 (od ukupno 3.045 do 3.390 sati) odnosno od 15,0 do 26,5% u sveukupnih sati svih predmeta sveučilišnoga dodiplomskog studija građevinarstva u Zagrebu, Splitu, Rijeci i Osijeku. Na poslijediplomskom znanstvenom studiju hidrotehničkog smjera građevinarstva u Zagrebu upisuje se 8 do 9 predmeta (ukupno 33 boda), a u Splitu od 7 do 9 predmeta - ovisno o broju sati predavanja i vježbi.

Od akademske godine 1975./76. do 2001./02. na hidrotehničkim predmetima diplomiralo je ukupno 1.121 student, a od toga u Zagrebu 521, Rijeci 281, Splitu 259 i Osijeku 60 studenata. Od akademske godine 1991./92. do 2001./02. iz hidrotehničkih predmeta na GF u Zagrebu je magistriralo 16, a u Splitu 4 postdiplomanta. U istom razdoblju iz hidrotehničkih predmeta je na GF u Zagrebu doktoriralo 13, a u Splitu 4 pristupnika.

KLJUČNE RIJEČI: vodno gospodarstvo, nastavni planovi, hidrotehnički predmeti, diplomanti, magistranti, doktoranti, građevinski fakulteti.

Undergraduate and Postgraduate Civil Engineering Studies for the Needs of Water Management Sector

SUMMARY: Fulfillment of tasks in water management sector demands not only financial support, but also qualified professionals educated in undergraduate and postgraduate civil engineering studies. The number of hydrotechnical classes is 9 to 15 (from total of 45 to 48), and the number of their lecturing hours and practical work hours is from 510 to 870 (from total of 3,045 to 3,390) or 15.0 to 26.5% of total classes at the undergraduate colleges of the Universities of Zagreb, Split, Rijeka and Osijek. The postgraduate scientific studies in at the civil engineering college of the University of Zagreb, hydro-technical major, requires that the students enroll for 8 classes out of 9 (total of 33 points), and in Split for 7 out of 9 classes - depending on the number of lecturing hours and practical work.

From the academic year 1975/1976 to 2001/2002, total number of students who graduated in hydro-technical major was 1,121, and from this number 521 students were studying in Zagreb, 281 in Rijeka, 259 in Split, and 60 in Osijek. From the academic year 1991/1992 to 2001/2002 at the University of Zagreb, Faculty for Civil Engineering there were 16 students who finished their postgraduate studies, and 4 in Split. In the same period, 13 students got their doctoral degree, and 4 of them applied for it in Split. This paper reports no data for undergraduate, graduate, and doctoral degree students from other undergraduate and postgraduate studies with hydro-technical subjects in Croatia.

KEYWORDS: water management, curricula, hydro-technical classes, undergraduate students, postgraduate students, doctoral degree students, faculty for civil engineering.

1. UVOD

U procesu iznalaženja optimalnih tehničkih, financijskih i ekoloških rješenja vodnogospodarskih objekata i sustava posebno značenje imaju stručnjaci i znanstvenici koji se obrazuju na odgovarajućim sveučilišnim dodiplomskim i poslijediplomskim studijima. U institucijama i poduzećima koja sudjeluju u planiranju, projektiranju, građenju i održavanju vodnogospodarskih objekata i sustava u najvećoj mjeri sudjeluju diplomirani inženjeri građevinarstva hidrotehničkog usmjerenja. Zajedno s njima na navedenim zadacima sudjeluju i znanstvenici iz pojedinih hidrotehničkih disciplina i vodnogospodarskih djelatnosti. Oni se u najvećem broju obrazuju na sveučilišnom dodiplomskom studiju i sveučilišnom poslijediplomskom znanstvenom studiju građevinarstva u Zagrebu, Splitu, Rijeci i Osijeku. U dijelu specijalističkih zadataka u procesu iznalaženja optimalnih rješenja upravljanja i gospodarenja vodama sudjeluju također stručnjaci i znanstvenici koji se obrazuju i na slijedećim fakultetima: Rudarsko-geološko-naftni, Prirodoslovno-matematički, Agronomski, Šumarski, Kemijsko inženjerstvo i tehnologija, Strojstvo i brodogradnja u Zagrebu te Poljoprivredni u Osijeku, Geotehnički u Varaždinu, Pomorstva u Rijeci i Splitu kao i Tehnički fakultet u Rijeci. U odgovarajućim vrstama i fazama poslova u procesu rješavanja vodnogospodarskih zadataka i problema po potrebi sudjeluju pravni i ekonomski stručnjaci. U ovom radu daju se osnovni pokazatelji o nastavnim programima te broju diplomiranih inženjera, magistranata i doktoranata iz hidrotehničkih disciplina i vodnogospodarskih djelatnosti na Građevinskim fakultetima Sveučilišta u Zagrebu, Splitu, Rijeci i Osijeku od 1975. do 2002. godine.

2. VODNOGOSPODARSKE DJELATNOSTI

Po aktualnom Zakonu o vodama (čl. 5.) Upravljanje vodama čini skup aktivnosti, odluka i mjera čija je svrha održavanje, poboljšanje i ostvarivanje jedinstva vodnog režima na određenom području, što se ostvaruje osobito osiguravanjem potrebnih količina vode odgovarajuće kakvoće za različite namjene, zaštitom voda od onečišćenja, uređenjem vodotoka i drugih voda i zaštitom od štetnog djelovanja voda. Vodnogospodarske djelatnosti su gospodarskog i infrastrukturnog karaktera što uvjetuje ekonomsko značenje i položaj vodnog gospodarstva u svakoj državi. Evidentna je tehničko-tehnološka i društveno-ekonomska povezanost između pojedinih vodnogospodarskih djelatnosti kao i njihova povezanost s ostalim gospodarskim djelatnostima i to prvenstveno: poljoprivrede, energetike, turizma, prometa, građevinarstva, velikog broja industrijskih djelatnosti te urbanog i komunalnog razvoja naselja kao i sporta, rekreacije i ekologije. Zbog toga je potrebno imati na umu kako glavne tako i ostale vodnogospodarske djelatnosti, a to su:

2.1. Zaštita od štetnog djelovanja voda

- 1) Regulacija prirodnih vodotoka i uređenje obala.
- 2) Izgradnja retencija i akumulacija - u cilju zaštite od poplava i višenamjenskog gospodarenja vodama.
- 3) Uređenje bujičnih vodotoka i zaštita od erozije.

- 4) Odvodnja površinskih i podzemnih voda - kao sastavni dio hidrotehničkih melioracija.
- 5) Odvodnja oborinskih i otpadnih voda s površina pod naseljima, prometnicama i gospodarskim objektima te šumskih površina.
- 6) Konzervacija zemljišta i voda - uređenje slivova u cilju poboljšanja vodnog režima i korištenja zemljišta.

2.2. Korištenje voda i vodotoka

- 1) Opskrba stanovništva i industrije vodom.
- 2) Navodnjavanje poljoprivrednih i ostalih površina - kao sastavni dio hidrotehničkih melioracija.
- 3) Korištenje vodnih snaga za proizvodnju energije.
- 4) Uređenje vodotoka i izgradnja plovnih kanala za unutarnje plovne puteve te uređenje morskih puteva - s odgovarajućim hidrotehničkim objektima.
- 5) Izgradnja ribnjaka za potrebe ribogojstva.
- 6) Korištenje voda za potrebe turizma, sporta i rekreacije.
- 7) Eksploatacija šljunka i pijeska (građevinskog materijala) iz prirodnih vodotoka i jezera.
- 8) Korištenje voda za ostale namjene: rudarstvo, poljoprivreda (stočarstvo), vojne potrebe.

2.3. Zaštita voda (kvalitete, količine i položajne komponente)

- 1) Odvodnja otpadnih voda iz urbanih sredina - kućanske, industrijske i zagađene oborinske vode.
- 2) Pročišćavanje otpadnih voda - prije njihovog ispuštanja u prijemnik (glavni recipijent).
- 3) Pročišćavanje i odvodnja otpadnih voda poljoprivrede (stočarstvo, prehrambene industrije), rudarstva, prometnica.
- 4) Oplemenjivanje (obogaćivanje, reguliranje) malih voda vodotoka - za stalno osiguranje biološkog minimuma.
- 5) Očuvanje ekosustava u svim prirodnim i umjetnim akvatorijima i njihovom okolišu.

Iz navedenih vodnogospodarskih djelatnosti vidljiva je njihova kompleksnost te značenje i potreba kontinuiranog i sveobuhvatnog obrazovanja stručnjaka i znanstvenika za potrebe održivog gospodarenja vodama i razvoja vodnogospodarskih djelatnosti kao preduvjeta za cjelokupni gospodarski, infrastrukturni i društveni razvoj svake države.

3. NASTAVNI PROGRAMI HIDROTEHNIČKIH USMJERENJA DODIPLOMSKOG STUDIJA NA GRAĐEVINSKIM FAKULTETIMA U ZAGREBU, SPLITU, RIJECI I OSIJEKU

U tablici 1 dati su osnovni podaci o nazivu hidrotehničkih predmeta te broju sati predavanja i vježbi kao i semestru u kojem se održava nastava. Sastavni dio toga je i broj bodova po "ECTS" sustavu (European Credit Transfer System) koji omogućava studentima prijenos bodova te prepoznavanje kolegija i diploma na svim europskim sveučilištima, kao i prijelaz studenata iz drugih država na studije građevinarstva u Hrvatskoj. Međutim preostaje zadatak "ujednačavanja" nastavnih programa sveučilišnih dodiplomskih studija građevinarstva u Zagrebu, Splitu, Rijeci i Osijeku. S obzirom na detaljne podatke u tablici 1, daju se u nastavku osnovni pokazatelji za hidrotehničke predmete u odnosu na ukupne nastavne sate svih predmeta na četiri Građevinska fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Splitu, Rijeci i Osijeku.

3.1. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Od ukupno 48 predmeta od I. do VIII. semestra sa 3.240 sati (1.845 sati predavanja i 1.395 sati vježbi), 15 hidrotehničkih predmeta sudjeluju sa 795 sati (510 predavanja i 285 vježbi) odnosno sa 43,5 boda ili 24,5% od sveukupnih sati predavanja i vježbi. *Po nastavnom programu postoji 6 usmjerenja, na koje se u VII. semestru upisuju od 10 do 35% studenata, a to su:*

- *geotehnika (10%), građiva (10%), hidrotehnika (15%), konstrukcije (35%), organizacija građenja (15%) i prometnice (15%).*

U zajedničkom dijelu nastavnog programa od ukupno 38 predmeta ($1.605 + 1.230 = 2.835$ sati); 5 su hidrotehnički predmeti i to: hidrologija I. (V. sem., 30+0); hidromehanika (V. sem., 45+30), hidrotehnički sustavi (VI. sem., 45+0), opskrba vodom i odvodnja I. (VII. sem., 30+15) i zaštita okoliša (VI. sem., 30+0) - ukupno 225 sati (180+45; 7,9%). U VII. semestru obavezni hidrotehnički predmeti su: hidraulika (45+45) i plovni putevi i luke (45+30) - ukupno 165 sati. U VIII. semestru studenti upisuju pet obaveznih hidrotehničkih predmeta, a to su:

- hidrologija II. (15+30); opskrba vodom i odvodnja II. (30+15), regulacija vodotoka (30+30), korištenje vodnih snaga (30+30) i hidrotehničke melioracije (45+30) - ukupno 285 sati (150+135).

U VIII. semestru studenti trebaju upisati tri od ukupno sedam izbornih hidrotehničkih predmeta, a to su: hidrogeologija i inženjerska geologija (30+0); hidrotehničke građevine (30+0); biološke vodogradnje (30+15); unutrašnja plovidba (30+15); melioracijski sustavi (30+15); posebni hidroenergetski sustavi (30+15) i zaštita voda (30+15). Tri izborna predmeta trebaju imati 120 sati predavanja i vježbi, a od akad. god. 1999./2000. studenti su upisivali najčešće: hidrotehničke građevine, zaštitu voda, biološke vodogradnje i posebne hidroenergetske sustave.

3.2. Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu

Od ukupnih 46 predmeta od I. do VIII. semestra sa 3.285 sati (1.725 predavanja i 1.560 vježbi), 14 hidrotehničkih predmeta sudjeluje sa 870 sati (465 predavanja i 405 vježbi), odnosno sa 41,5 boda ili 26,5% od sveukupnih sati predavanja i vježbi. Na sveučilišnom dodiplomskom studiju građevinarstva u Splitu postoji pet usmjerenja koja studenti upisuju u VII. semestru: - *opće, hidrotehnika, konstrukcije, organizacija građenja i prometnice.*

U zajedničkom odnosno obaveznom dijelu programa od ukupno 36 predmeta ($1.500 + 1.365 = 2.865$ sati), 6 su hidrotehnički predmeti i to: mehanika fluida (IV. sem.; 30+30), hidrologija (V.; 45+30), opskrba vodom i kanalizacija (VI.; 45+30), hidraulika I. (V.; 30+30), hidrotehničke građevine (VIII.; 45+30) te luke i pomorske građevine I. (VIII.; 45+15) - ukupno 405 sati (240+165; 14,1%). U VII. semestru su 3 obavezna hidrotehnička predmeta: hidraulika II. (30+30); hidroenergetika (30+30) i navodnjavanje i odvodnjavanje (30+30) - ukupno 180 sati (90+90). U VIII. semestru su 3 obavezna hidrotehnička predmeta: zaštita i pročišćavanje otpadnih voda (30+30); hidrotehnički sustavi (45+30) i luke i pomorske građevine II. (0+30) - ukupno 165 (75+90). Šest obaveznih hidrotehničkih predmeta imaju ukupno 345 sati odnosno 165 sati predavanja i 180 sati vježbi. Od ukupno 13 izbornih samo je dva hidrotehnička predmeta i to: obalno inženjerstvo (VIII.; 30+30) i kućne instalacije (VIII.; 30+30), a studenti su obavezni upisati i dio izbornih predmeta ostalih usmjerenja.

Tablica 1. Osnovni podaci o hidrotehničkim predmetima na sveučilišnom dodiplomskom studiju građevinarstva u Zagrebu, Splitu, Rijeci i Osijeku

R. br.	Naziv predmeta	Građevinski fakultet, semestar, broj sati predavanja i vježbi tjedno, bodovi, Z, O, I - predmeta															
		Zagreb				Split				Rijeka				Osijek			
1.	Hidrologija (I.)	V	2+0	2,0	Z	V	3+2	4,0	O ^Z	V	2+0	3,0	O ^Z		2+0	2,5	O ^Z
2.	Hidromehanika	V	3+2	4,0	Z					V	3+2	4,0	O ^Z		3+2	4,0	O ^Z
3.	Mehanika fluida					IV	2+2	3,0	O ^Z								
4.	Hidrotehnički sustavi (Vod. s. *)	VI	3+0	3,0	Z	VIII	3+2	4,0	O	VII *	3+0	3,0	I	VIII	2+2	3,0	O
5.	Zaštita okoliša	VI	2+0	2,0	Z												
6.	Opskrba vodom * i odvodnja I.	VII	2+1	2,5	Z	VI	3+2	4,0	O ^Z	VII *	3+2	4,0	O		2+1	2,5	O ^Z
7.	Hidraulika I.	VII	3+3	4,5	O	V	2+2	3,0	O ^Z	VII	3+2	4,0	O				
8.	Hidraulika II.					VII	2+2	3,0	O								
9.	Plovni putevi i luke	VII	3+2	4,0	O									VIII	1+1	1,5	I
10.	Luke i pomorske građevine (I.)					VIII	3+1	3,5	O ^Z								
11.	Luke i pomorske građevine (II.)					VIII	0+2	1,0	O								
12.	Hidrologija II	VIII	1+2	2,0	O					VII	2+2	3,0	O				
13.	Regulacija vodotoka (i korišt. sus.)*	VIII	2+2	3,0	O					VIII	2+1	2,5	I	VIII*	2+2	3,0	O
14.	Korištenje vodnih snaga	VIII	2+2	3,0	O					VIII	3+1	3,5	I				
15.	Hidroenergetika					VII	2+2	3,0	O								
16.	Hidrotehničke melioracije	VIII	3+2	4,0	O					VIII	2+1	2,5	I	VIII	3+2	4,0	O
17.	Navodnjavanje i odvodnjavanje					VII	2+2	3,0	O								
18.	Opskrba vodom i odvodnja II.*	VIII	2+1	2,5	O					VIII*	2+2	3,0	I				
19.	Hidrogeologija i inženjerska geologija	VIII	2+0	2,0	I												
20.	Hidrotehničke građevine	VIII	2+0	2,0	I	VIII	3+2	4,0	O ^Z	VIII	2+2	3,0	I		3+2	4,0	O ^Z
21.	Biološke vodogradnje	VIII	2+1	2,5	I												
22.	Unutrašnja plovidba	VIII	2+1	2,5	I												
23.	Melioracijski sustavi	VIII	2+1	2,5	I												
24.	Posebni hidroenergetski sustavi	VIII	2+1	2,5	I												
25.	Zaštita voda	VIII	2+1	2,5	I												
26.	Zaštita i pročišćavanje otpadnih voda					VIII	2+2	3,0	O	VII	2+1	2,5	I	VIII	2+2	3,0	O
27.	Obalno inženjerstvo (2.0.I-I*)					VIII	2+2	3,0	I	VII *	3+0	3,0	O				
28.	Lučko i obalno inženjerstvo I. (II.)									VIII	3+2	4,0	O ^Z				
29.	Kućne instalacije					VIII	2+1	2,5	I								
30.	Hidrosustavi u kršu									VIII	2+1	2,5	I				
Ukupno 1.-30.:		19	42+22	53	43,5	14	31+26	44,0	41,5	15	37+19	46,5	36,5	9	20+14	27,5	26,0
Ukupno zajednički i obavezni predmeti:		5+7	28+17	36,5		12	27+23	38,5		7	19+10	24,0		8	19+13	26,0	O
Ukupno izborni predmeti:		7	14+5	16,5		2	4+3	5,5		8	18+9	22,5		1	1+1	1,5	I
Sveukupno predmeta I.-VIII. sem.:		48	123+93	169,5		46	115+104	167,0		46	117+86	160,0	47		120+106	173	

3.3. Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci

Od ukupnih 45 predmeta od I. do VIII. semestra sa 3.045 sati (1.755 sati predavanja i 1.290 sati vježbi). 12 hidrotehničkih predmeta sudjeluju sa 660 sati (435 predavanja i 225 vježbi) odnosno sa 36,5 bodova ili 21,7% sati od sveukupnih sati predavanja i vježbi. *Na sveučilišnom dodiplomskom studiju građevinarstva u Rijeci u VII. semestru studenti upisuju slijedeća usmjerenja: hidrotehniku, konstrukcije i prometnice.*

Od ukupno 31 zajedničkog predmeta ($1.305+870 = 2.175$ sati), 3 su hidrotehnička i to: hidrologija I. (III. g.; 30+0); hidromehanika (III. g.; 45+30); lučko i obalno inženjerstvo I. (III. g.; 45+0) - ukupno 150 sati (120+30; 6,9%). Ukupno su 4 obavezna hidrotehnička predmeta i to: - hidraulika (IV. g.; 45+30); opskrba vodom (4. g.; 45+30); hidrologija II. (4. g.; 30+30) i lučko i obalno inženjerstvo (4. g.; 45+30) - ukupno 285 sati (165+120). Tri zajednička i 4 obavezna hidrotehnička predmeta imaju ukupno 435 sati (285+150), a to je 16,4% od ukupnih 2.655 sati (31 zajednički i 4 obavezna predmeta - 35 predmeta). Razliku od 2.666 do 3.045 sati odnosno 390 sati studenti upisuju tri zajednička izborna predmeta svih usmjerenja, a to su:

- mostovi (4. g.; 45+15); ispitivanje materijala (4. g.; 30+15) i inženjerska mehanika stijena (4. g.; 45+15) - ukupno 165 sati (120+45);
- te ukupno 225 sati od 9 izbornih hidrotehničkih predmeta ($315+165=480$), a to su: vodoprivredni sustavi (45+0); odvodnja (30+30); čišćenje pitkih i otpadnih voda (30+15); hidrotehničke melioracije (30+15); regulacije vodotoka (30+15); korištenje vodnih snaga (45+15); hidrotehničke građevine (30+30); hidrosustavi u kršu (30+15) i inženjerska mehanika stijena (45+15). Studenti upisuju u prosjeku 5 izbornih hidrotehničkih predmeta (ovisno o broju sati predavanja i vježbi - ukupno 225 sati).

U zajedničke predmete uračunati su sati za: tjelesnu i zdravstvenu kulturu (0+60; 1. i 2. g.) te strani jezik (30+30; 1. i 2. god.).

3.4. Građevinski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Od ukupnih 45 predmeta od I. do VIII. semestra sa 3.390 sati (1.800 sati predavanja i 1.590 sati vježbi), 9 hidrotehničkih predmeta sudjeluju sa 510 sati (300 sati predavanja i 210 sati vježbi) odnosno sa 26 bodova ili 15,0% od sveukupnih sati predavanja i vježbi studija građevinarstva. Po nastavnom programu postoji pet usmjerenja koje studenti upisuju u VII. semestru, a to su:

- opće, konstruktorsko, hidrotehničko, prometno i upravljanje građevinskom proizvodnjom i poslovanjem (u pojedinoj akad. god. upisuje se od jednog do tri usmjerenja).

U zajedničkom dijelu nastavnog programa od ukupno 38 predmeta sa 2.985 sati ($1.575+1.410$), 4 su hidrotehnička predmeta i to: hidromehanika (45+30); hidrologija (30+0); opskrba vodom i kanalizacija (30+15) i hidrotehničke građevine (45+30) - ukupno 225 sati (150+75) odnosno 7,5%. Pored ostalih u VIII. semestru su obavezni slijedeći hidrotehnički predmeti: hidrotehnički sustavi (30+30); hidrotehničke melioracije (45+30), zaštita i pročišćavanje otpadnih voda (30+30) i regulacija vodotoka i korištenje vodnih snaga (30+30) - ukupno 255 sati (135+120). Od 9 ostalih izbornih predmeta studenti mogu upisati plovne putove, luke i terminale (15+15) - jedini hidrotehnički predmet.

Tablica 2. Ukupan broj i predmeti hidrotehničkog usmjerenja sveučilišnog dodiplomskog studija građevinarstva u Zagrebu, Splitu, Rijeci i Osijeku

Građevinski fakultet	Svi predmeti studija			Predmeti hidrotehničkog usmjerenja			
	broj	predavanja i vježbe	bodovi	broj	predavanja i vježbe	%	bodovi
Zagreb	48	1845+1395=3240	169,5	15	510+285=795	24,5	43,5
Split	46	1725+1560=3285	167	14	465+405=870	26,5	41,5
Rijeka	45	1755+1290=3045	160	12	435+225=660	21,7	36,5
Osijek	45	1800+1590=3390	173	9	300+210=510	15,0	27,0

U svezi navedenih podataka vidi se da je najmanji broj predmeta hidrotehničkog usmjerenja na sveučilišnom dodiplomskom studiju Građevinskog fakulteta u Osijeku. U svezi navedene konstatacije treba imati na umu da je u osnivačkoj dokumentaciji i ustrojstvu Građevinskog fakulteta Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku jedan od glavnih argumenata potrebe njegovog osnivanja bila u većoj zastupljenosti nastavnih predmeta hidrotehničkih usmjerenja. Razlog tome je potreba obrazovanja kadrova koji će sudjelovati kako u procesu projektiranja tako i u dogradnji postojećih te izgradnji novih vodnogospodarskih objekata i sustava za: - *zaštitu od štetnog djelovanja, korištenja voda i zaštite voda.*

Navedeni objekti su preduvjet za gospodarski i infrastrukturni razvoj Slavonije i Baranje. Nažalost i pored stalne i opravdane potrebe na Građevinskom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera se kod svake promjene nastavnog programa smanjuje se broj predmeta, a zbog toga i broj diplomanata hidrotehničkog usmjerenja dodiplomskog studija građevinarstva.

4. NASTAVNI PROGRAMI HIDROTEHNIČKIH USMJERENJA SVEUČILIŠNOG POSLIJEDIPLOMSKOG ZNANSTVENOG STUDIJA U ZAGREBU I SPLITU

S obzirom da na Građevinskim fakultetima u Osijeku i Rijeci ne postoji sveučilišni poslijediplomski studij hidrotehničkog usmjerenja, daju se aktualni podaci za nastavne programe na Građevinskim fakultetima Sveučilišta u Zagrebu i Splitu.

Na poslijediplomskom znanstvenom studiju građevinarstva u Zagrebu od 8 matematičkih predmeta studenti trebaju upisati najmanje dva predmeta sa 8,0 bodova, a od 12 hidrotehničkih predmeta najmanje 6 predmeta sa 25,0 bodova. Najmanji broj bodova za prijavu magistarskog rada je 33,0.

Za doktorski studij s magisterijem trebaju upisati najmanje 4 predmeta sa 15,0 bodova, dok je za doktorski studij bez magisterija potrebno upisati svih 12 hidrotehničkih predmeta. Bez polaganja ispita studenti poslijediplomskog studija upisuju predmet "znanost i tehnologija" (2+0; bez bodova). Za prihvaćanje teme disertacije studenti trebaju imati najmanje 20 bodova. Najmanji broj bodova za prijavu teme disertacije bez magisterija je 83,0 dok je s magisterijem najmanji broj bodova 35,0. Završni rad odnosno disertacija ima 120 bodova, odnosno sveukupno 223 (bez mr.) i 175 sa magisterijem.

Na poslijediplomskom znanstvenom studiju hidrotehničkog usmjerenja Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Splitu, studenti trebaju upisati najmanje jedan matematički predmet sa 2,0 boda i osnovna hidrotehnička predmeta sa najmanje 4,0 boda te 2 do 3 izborna hidrotehnička predmeta sa 6,0 bodova. Ostala 2 do 3 predmeta slobodnog izbora trebaju imati najmanje 6,0 bodova. Znači da studenti trebaju upisati 7 do 9 predmeta s najmanje 18 bodova. Završni rad (magisterij) se vrednuje sa 10 bodova.

Tablica 3. Osnovni podaci o hidrotehničkim predmetima sveučilišnog poslijediplomskog znanstvenog studija u Zagrebu i Splitu

Red. broj	Naziv predmeta	Građevinski fakultet, sati, predavanja, vježbe, bodovi			
		Zagreb		Split	
1.	Gospodarenje vodama	2+0	4,0		
2.	Međudjelovanje mora i građevina	2+0	4,0		
3.	Sustavi analiza u hidrotehnici	2+0	4,0		
4.	Hidrologija III.	2+0	4,0		
5.	Eksperimentalna hidraulika	2+1	5,0		
6.	Modeliranje hidrauličkih procesa	2+1	5,0		
7.	Inženjerska oceanologija	2+0	4,0		
8.	Hidrogeologija	2+0	4,0		
9.	Postupci zaštite od voda	2+0	4,0		
10.	Hidrotehničke melioracije III.	2+0	4,0		
11.	Kemija u hidrotehnici	2+0	4,0		
12.	Znanstvena istraživanja u zdravstvenoj hidrotehnici	2+0	4,0		
13.	Uvod u inž. numeričko modeliranje	O		2+0	2,0
14.	Inženjerska hidrologija	O		3+0	3,0
15.	Hidrodinamika	O		2+0	2,0
16.	Sustavno inženjerstvo u gospodarenju vodama	O		2+0	2,0
17.	Hidrološke vrem. serije i njihova primjena	I		3+0	3,0
18.	Suvremeno korištenje vodnih snaga	I		2+0	2,0
19.	Specijalne hidrotehničke konstrukcije	I		2+0	2,0
20.	Odabrana poglavlja sanitarne hidrotehnike	I		3+0	3,0
21.	Obalno inženjerstvo	I		3+0	3,0
22.	Hidraulika otvorenih tokova	I		2+0	2,0
23.	Stohastički procesi u hidrotehnici	I		4+0	4,0
O - osnovni predmet; I - izborni predmet					

Za poslijediplomski znanstveni doktorski studij bez magisterija studenti trebaju upisati dodatnih 6 do 7 predmeta s najmanje 16 bodova. Završni rad (disertacija) se vrednuje sa 15 bodova odnosno disertacija s prethodnim magisterijem ukupno 21 bod, a bez magisterija ukupno 31 bod. Ukupno ima 7 ostalih izbornih hidrotehničkih predmeta za doktorski studij sa ukupno 22 boda, a upisuje se najmanje 6 predmeta odnosno 16 bodova.

5. BROJ DIPLOMANATA NA SVEUČILIŠNOM DODIPLOMSKOM STUDIJU GRAĐEVINARSTVA U ZAGREBU, SPLITU, RIJECI I OSIJEKU OD AKAD. GOD.D 1975./76. DO 2001./02.

U tablici 4 su za petogodišnja razdoblja dati podaci o broju diplomanata po usmjerenjima za Građevinske fakultete Sveučilišta u Zagrebu, Rijeci, Splitu i Osijeku. Za diplomante hidrotehničkog usmjerenja osnovni pokazatelji su slijedeći:

Sveukupan broj diplomanata 1.121, a od toga u: Zagreb - 521 (46,5%), Rijeka - 281 (25,1%), Split - 259 (23,1%) i Osijek - 60 (5,3%). U sklopu navedenih podataka treba imati na umu da je prva generacija diplomanata na Građevinskom fakultetu u Rijeci bila akad. god. 1977./78., u Splitu 1979./80., a u Osijeku 1988./89. g. Nažalost iako je u procesu pripreme odnosno osnivanja i početka rada Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Osijeku primarno značenje i potreba bila obrazovanje diplomiranih inženjera građevinarstva hidrotehničkog usmjerenja, na tom je fakultetu najmanji broj diplomanata tog usmjerenja!?!

U tablici 4 također je vidljiv i ukupan broj diplomanata i ostalih usmjerenja kao i njihov sveukupni broj, a osnovni pokazatelji su slijedeći:

- petogodišnji prosjek diplomanata je slijedeći:

Zagreb - od 91 do 149, a to je od 41% do 53% od ukupno upisanih studenata u I. godinu

Rijeka - od 18 do 69, a to je od 22% do 38% od ukupno upisanih

Split - od 17 do 41, a to je od 21% do 34% od ukupno upisanih

Osijek - od 14 do 17, a to je od 18% do 21% od ukupno upisanih.

Sveukupan broj diplomanata za petogodišnji prosjek je od 143 do 271, a to je od 28% do 46% od sveukupnih upisanih (od 460 do 600 godišnje) studenata u I. godinu na 4 GF u Hrvatskoj.

Tablica 4. Pregled broja diplomanata na sveučilišnom dodiplomskom studiju građevinarstva u Zagrebu, Rijeci, Splitu i Osijeku od akad. god. 1975./76. do akad. god. 2001./02.

Šk. god.	Građevinski fakultet	Broj diplomanata po usmjerenjima					
		H	K	P	OG	Ukupno	
1975./76.- 1979./80.	Zagreb	121	373	151	100	745	90,2%
	Rijeka	29	12	16	-	57	6,9%
	Split	15	3	5	1	24	2,9%
	Ukupno	165	388	172	101	826	100%
1980./81.- 1984./85.	Zagreb	121	251	134	346	852	62,9%
	Rijeka	146	46	151	3	346	25,5%
	Split	59	42	37	19	157	11,6%
	Osijek	-	-	-	-	-	-
1985./86.- 1989./90.	Ukupno	326	339	322	368	1355	100%
	Zagreb	117	274	125	260	776	64,7%
	Rijeka	46	21	107	10	184	15,3%
	Split	83	36	49	35	203	16,9%
1990./91.- 1994./95.	Osijek	9	14	11	3	37	3,1%
	Ukupno	255	345	292	308	1200	100%
	Zagreb	64	220	82	138	504	64,0%
	Rijeka	30	14	59	9	112	14,2%
1995./96.- 1999./00.	Split	38	20	21	8	87	11,1%
	Osijek	28	30	19	7	84	10,7%
	Ukupno	160	284	181	162	787	100%
		H	K	P	OG	Ostali predmeti	
1995./96.- 1999./00.	Zagreb	69	173	72	140	-	454
	Rijeka	21	23	31	5	10	90
	Split	49	28	12	4	11	104
	Osijek	11	20	13	10	15	69
2000./01.- 2001./02.	Ukupno	150	244	128	159	36	719
	Zagreb	29	119	45	56	11	260
	Rijeka	9	12	13	2	12	48
	Split	15	3	3	2	9	32
2001./02.	Osijek	12	9	10	3	6	40
	Ukupno	65	143	71	63	38	380
Ukupno 1975./76./ 2001./02.	Zagreb	521	1410	609	1040	11	3591
	Rijeka	281	128	377	29	22	837
	Split	259	132	127	69	20	607
	Osijek	60	73	53	23	21	230
Sveukupno GF - Zagreb, Rijeka, Split i Osijek:		1121	1743	1166	1161	74	5265
		21,3	33,1	22,1	22,1	1,4	
Godišnji prosjek diplomanata:		42	65	43	43	3	196 (27 godina)

Na GF u Zagrebu najveći broj diplomanata je bio od akad. god. 1975./76. do 1990./91. - ukupno 2.373 odnosno prosječno 158 godišnje. To je rezultiralo velikim brojem diplomanata na smjeru organizacija i ekonomika građenja (od akad. god. 1976./77. do akad. god. 1988./89.). Od akad. god. 1990./91. do akad. god. 2001./02. prosječan godišnji broj diplomanata je 102. U akad. god. 2001./02. na GF u Zagrebu diplomiralo je 147 studenata. U akad. god. 2000./01. su diplomirali prvi studenti na usmjerenjima geotehnike i gradiva dodiplomskog sveučilišnog studija građevinarstva u Zagrebu. *Važan je evidentan podatak da je u Hrvatskoj nedovoljan broj diplomiranih inženjera građevinarstva hidrotehničkog usmjerenja u odnosu na potrebe za rješavanje zadataka iz područja vodnogospodarskih djelatnosti u Hrvatskoj.*

Prvi diplomanti na GF u Rijeci su od akad. god. 1977./78., u Splitu od 1978./79., a u Osijeku od 1988./89. Diplomanti iz ostalih predmeta: geotehnika, gradiva, arhitektura i urbanizam, zajednički stručni predmeti građevinarstva. Godišnji prosjek ukupnog broja diplomanata po GF je slijedeći: Zg - 133; Ri - 33; St - 25 i Os - 18. Godišnji prosjek broja diplomanata iz hidrotehničkih predmeta je slijedeći: Zg - 19; Ri - 11; St - 11 i Os - 5.

6. BROJ MAGISTRANATA I DOKTORANATA NA POSLIJEDIPLOMSKOM ZNANSTVENOM STUDIJU HIDROTEHNIČKOG USMJERENJA GRAĐEVINARSTVA U ZAGREBU I SPLITU OD AKAD. GOD. 1991./92. DO 2001./02.

Tablica 5. Pregled broja magistranata na Građevinskim fakultetima u Zagrebu i Splitu od akad. god. 1991./92. do 2001./02.

Akademska godina	Građevinski fakultet Zagreb						Građevinski fakultet Split				Sveukupno
	H	K	P	OG	Ge	ukupno	H	K	P-G	ukupno	
1991./92.	3	-	1	1	-	5	-	-	-	-	5
1992./93.	-	3	1	1	1	6	-	-	-	-	6
1993./94.	3	3	2	2	1	11	-	2	-	2	13
1994./95.	2	1	3	2	-	8	-	-	-	-	8
1995./96.	2	9	1	1	1	14	1	3	-	4	18
1996./97.	3	6	2	1	1	13	1	1	-	2	15
1997./98.	-	9	3	3	-	15	-	2	-	2	17
1998./99.	-	4	3	3	1	11	-	1	-	1	12
1999./00.	-	2	1	1	-	4	-	4	-	4	8
2000./01.	-	-	-	1	2	3	1	1	1	3	6
2001./02.	3	4	-	4	1	12	1	1	-	2	14
Ukupno - broj:	16	41	17	20	8	102	4	15	1	20	122
Ukupno - %:	15,7	40,0	16,7	19,6	8,0	100	20,0	75,0	5,0	100	-

Oznake smjera: H - hidrotehnika; K - konstrukcije; P - prometnice; OG - organizacija građenja; Ge - geotehnika; P-G - prometnice i geotehnika

Sveučilišni poslijediplomski znanstveni studij građevinarstva u Zagrebu i Splitu se upisuje svake druge akademske godine. Na Građevinskim fakultetima Sveučilišta u Rijeci i Osijeku ne postoji poslijediplomski znanstveni studij građevinarstva hidrotehničkog usmjerenja.

Tablica 6. Pregled broja doktoranata na Građevinskim fakultetima u Zagrebu i Splitu od akad. god. 1991./92. do 2001./02.

Akademska godina	Građevinski fakultet Zagreb						Građevinski fakultet Split				Sveukupno
	H	K	P	OG	Ge	ukupno	H	K	P-G	ukupno	
1991./92.	2	3	-	-	2	7	-	-	-	-	7
1992./93.	2	2	-	2	1	7	-	-	-	-	7
1993./94.	3	1	-	-	-	4	-	-	-	-	4
1994./95.	2	2	-	-	-	4	-	-	-	-	4
1995./96.	2	1	-	1	-	4	-	-	-	-	4
1996./97.	-	6	-	-	1	7	2	-	1	3	10
1997./98.	-	1	-	-	2	3	1	-	-	1	4
1998./99.	-	2	1	1	1	5	-	2	-	2	7
1999./00.	-	2	1	-	-	3	-	1	-	1	4
2000./01.	1	3	1	1	-	6	-	-	-	-	6
2001./02.	1	3	1	-	3	8	1	-	-	1	9
Ukupno - broj:	13	26	4	5	10	58	4	3	1	8	66
Ukupno - %:	22,4	44,9	6,9	8,6	17,2	100	50,0	37,5	12,5	100	-

Popis literature

1. Marušić, J.: Osnovni pokazatelji o broju diplomanata na Građevinskim fakultetima u Hrvatskoj od škol. god. 1975./76. do škol. god. 1995./96.; Građevinar 49 (1997), 10; str. 595-597.
2. Nastavni program sveučilišnog dodiplomskog studija građevinarstva, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1996. i 2002. g.
3. Nastavni program sveučilišnog dodiplomskog studija, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, 1996.
4. Nastavni program sveučilišnog dodiplomskog studija građevinarstva, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet u Rijeci, 1996. i 2001. g.
5. Nastavni program za zvanje diplomirani inženjer građevinarstva, Građevinski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2002.
6. Nastavni program sveučilišnog poslijediplomskog znanstvenog studija građevinarstva, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2002. g.
7. Nastavni program poslijediplomskih znanstvenih studija, Građevinski fakultet Sveučilišta u Splitu, 2000. g.
8. Pregled podataka o diplomantima na Građevinskim fakultetima Sveučilišta u Zagrebu, Rijeci, Splitu i Osijeku - od akad. god. 1975./76. do akad. god. 2001./02., veljača 2003.
9. Pregled podataka o magistrantima i doktorantima na Građevinskim fakultetima Sveučilišta u Zagrebu i Splitu od akad. god. 1991./92. do akad. god. 2001./02., veljača 2003. g.
10. Zakon o vodama, NN 107, prosinac 1995.

Autor:

prof. dr. sc. Josip Marušić, dipl. ing. građ., redoviti član Akademije tehničkih znanosti,
 SVEUČILIŠTE U ZAGREBU, GRAĐEVINSKI FAKULTET, ZAGREB,
 Kačićeva 26, tel.: 01/4827-004; fax: 01/4561-238;
 e-mail: marusic@master.grad.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 6.05.

Voda kao poticaj umjetničkog stvaranja

Zvonimir Pintarić

SAŽETAK: Obavljanje poslova vezanih uz hidrotehničke melioracije potaklo je neke ljude na inspirativno umjetničko stvaranje, mnogo šire nego što je to struka zahtijevala:

- okoliš u kojem je trebalo smjestiti objekt i složeno stanje kod obavljanja radova nije umanjilo potrebu za umjetničke kreacije,
- kretanje kroz prostor okružen lijepim krajolicima koji su dopunjavali pojedine akvatorije otvaralo je nešto poetično i umjetničko u pojedinim ljudima; tako smo dobili stvaranje dokumentacije zabilježene fotoaparatom ili kistom, koji su postali i više nego obični dokument.

KLJUČNE RIJEČI: voda, okoliš, umjetničko stvaranje

Water as Artistic Inspiration

SUMMARY: Many of those involved in hydrotechnical melioration activities have been inspired for creations that step out of their professional worlds because of the environment that was expected to accommodate facilities they worked on. Complexity of project requirements has never affected the drive for artistic creation. Moving in beautiful landscape and vicinity of water areas were a poetic and artistic inspiration to many. The results are photographs and paintings that are more than simple documents.

KEYWORDS: water, environment, artistic creation



UVOD: OBAVLJANJE POSLOVA, VEZANIH UZ HIDROTEHNIČKE MELIORACIJE, POTAKLO JE MNOGE LJUDE NA INSPIRATIVNO STVARANJE MNOGO ŠIRE NEGO ŠTO JE STRUKA ZAHTJEVALA

Nakon što sam diplomirao, moj prvi posao je ono što i danas radim - vodoprivreda. Poblje rečeno melioracije. Bila je to borba s viškom voda na slivu "Vuka", od Borovika do Iloka. Tada sam barem tako mislio. Danas kada gledam (30 godina unazad), vidim da je to bila borba s neravnopravnom raspodjelom vode tijekom godine, koje u stvari nema previše.

Prije skoro 130 godina, ta borba s vodom imala je smisla, ali danas uz odvodni sustav koji je izgrađen tako reći do kraja (gustoća mreže 30-70 m/ha) od Istok ka Zapadu od Vukovara do Budimaca, mislim da smo zapustili istovremenu izgradnju (dopunu) sustava, koji će nam Bogom dane kapi kiše u proljeće, sačuvati vodu za već poznate manjkove milimetara u vegetacijskom periodu.

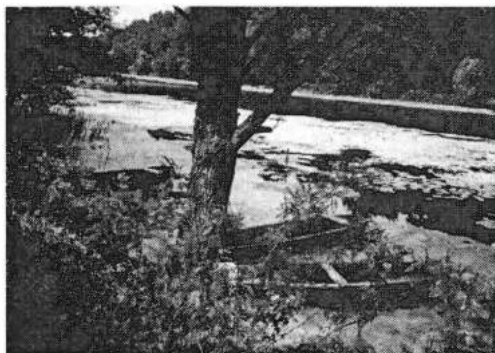
Zajendo s kolegama poljoprivrednicima "ispeglali" smo dio Slavonije i stvorili daleke vidike bez drveta i polučili nestanak svega onoga što trči i pliva. Daleko od toga da ne možemo reći kako imamo vrlo siguran sustav za odvodnju i sigurnu poljoprivrednu proizvodnju kao i siguran sustav za obranu od poplave.



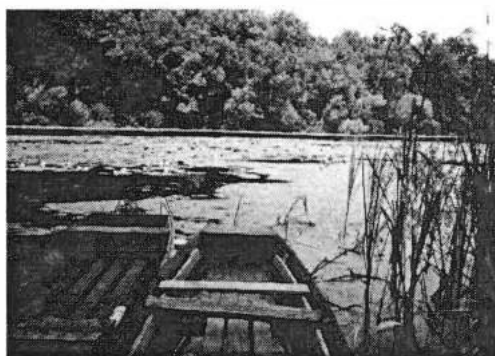
Naša razmišljanja i ideje počelo su se kretati k boljim rješenjima, koja uključuju očuvanje prirode i akumuliranje vode za višestruke koristi.



Kao potvrdu izrečenog navodim izgradnju akumulacije Borovik, gotov projekt akumulacije Koritnjak (koja je pred izgradnjom) te veliki broj idejnih rješenja i idejnih projekata za desetak akumulacija, retencija na obroncima Krndije i Fruške Gore. Nadalje, započeli smo rješavanje očuvanja i revitalizacije bivših ritova.

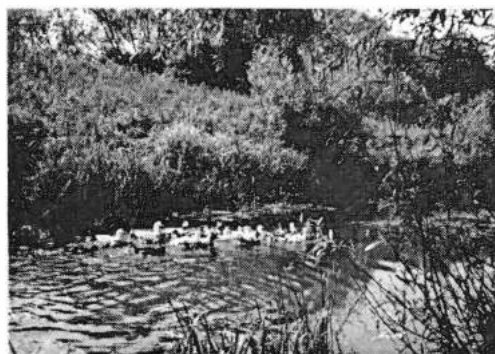


Na izgradnji i održavanju odvodne kanalske mreže I i II reda počeli smo promišljati tehnologiju održavanja gdje će se jedna obala ostaviti u raslinju (pod kontrolom) kako bi se omogućio opstanak sitne divljači. Osim toga mislimo da će se i krajolik promijeniti s znatnim povećanjem zelenih ploha na pejzažu Slavonije.

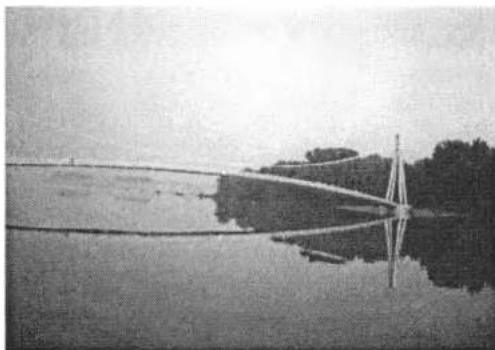


OKOLIŠ U KOJEM JE TREBALO SMJESTITI OBJEKT

Promišljanje bilo kojeg rješenja u projektiranju objekta sve više je protkano brigom da se okoliš u kojem je predviđena lokacija objekta ne naruši prirodna ravnoteža svih živih bića na tom prostoru.



Svakako da objekti kao što su crpne stnice, stepenice i sl. ne ostavljaju mnogo mogućnosti da se njihova prisutnost i utjecaj u prirodi prikrije.



Zato su brane, koje se grade za stvaranje akumulacija ili retencija u svrhu obrana od poplava, mogu lako uklopiti u okoliš. Izborom prikladnog materijala (nasuta zemljana brana) može prostor i oplemeniti dodavši prirodi trajnu vodenu površinu.

Tu posebno ističemo primjer nasute zemljane brane Borovik gdje je stvoren jedan divan sklad tri osnovna “medija” vode, šume i neba.



Mišljenja sam da bi se kod projektiranja objekta za smanjenja kinetičke energije vode (kod većih padova nivelete dna vodotoka) trebalo izbjegaavati, izgradnju većih vodnih stepenica i ako je to moguće izvesti nizom manjih pragova, koji bi stvorili iluziju prirodnih kaskada. Dobili bi skoro prirodno žuborenje vode i oku ugodne pjenušave nizove niz dno vodotoka.



SLOŽENOST SITUACIJE NIJE UMANJILO POTREBU ZA UNOŠENJEM UMJETNIČKE KREACIJE

Kod projektantskog osmišljavanja vodnih građevina umjetničko oblikovanje je svedeno na vrlo male mogućnosti zbog jednostavnosti rješenja, jer je veći dio objekata “prizemljen” ili ukopan. Mali dio vidljivih ploha ne daje velike mogućnosti oblikovanja ali se zato izborom materijala i prilagođavanjem ploha cijelom okolišu može popraviti dojam koji narušava objekat svojom “iznenadnom” pojavom u prirodnom prostoru. Meko oblikovanje površina prilagođenih kretanju vode također može dati jedan otisak autora bez puno diranja u postojeći pejzaž.



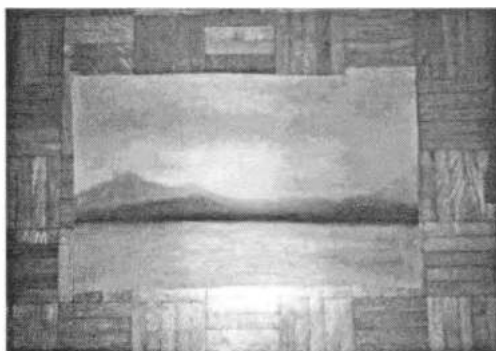
Kod objekata, koji se značajno izdižu iznad tla (crpne postaje) naročito u nizinskim prostorima kao što je sliv rijeke Vuke - istočni dio, potrebno je oblikovanje izvršiti uz pomoć kolega arhitekata.



Svakako je poželjno “ubacivanje” pogodnih hortikulturnih rješenja kako bi se ublažilo naše “grubo” narušavanje postojećeg pejzaža.



KRETANJE KROZ PROSTOR OKRUŽEN LIJEPIM KRAJOLICIMA, KOJI SU DOPUNJAVALI POJEDINE AKVATORIJE OTVARALE SU NEŠTO POETIČNO U POJEDINIM LJUDIMA: TAKO SMO DOBILI DOKUMENTACIJU ZABILJEŽENU FOTOAPARATOM ILI KISTOM, KOJA JE POSTALA I VIŠE NEGO OBIČNI DOKUMENT.



Puno smo toga uradili; riješili ratare viška vode, osigurali gradove i sela od poplava ali “srećom” nismo u sve dirali pa je ostalo mnogo krasnih kutaka nedirnutih od čovjekovih “genijalnih” rješenja.



Imao sam sreću da svoj terenski rad povežem sa svojom sklonošću za crtanjem. Moji izlasci na teren (projektiranje, planovi, nadzor) imali su i taj dio osobnog unutarnjeg zadovoljstva da se na tren zaustavim i “izrežem” dio pejzaža uz objekte koje sam pratio u tijeku gradnje.

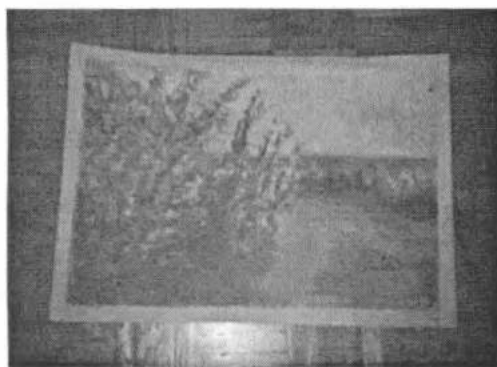


Paralelno su nastajale dvije različite kolekcije; tehnička i umjetnička.

Čak i suhoparnoj tehničkoj dokumentaciji pokušao sam dodati neki novi vidik - snimiti objekt iz nekog drugog kuta. Pokušao sam dodati neku novu dimenziju; vrijeme ili nevrijeme u koje sam snimao, pozadinu koju sam pokušao uklopiti da se vidi odraz našeg djela (ili nedjela) u odnosu na okoliš.



Dojmovi radnog dana, mjeseca, skupljali su se i polako “isplivavali” i tjerali me da to prenesam na slike.



Posebno nisam mogao odoljeti svim onim odrazima u vodi što ih je ista mirno primala u svoje zrcalno okrilje.



Kad bi me netko pitao koji motivi najviše plijene moju pažnju teško da bi to bio jednostavan odgovor.

Tijekom godine svako doba ima svoje draži

- proljeće svoje izobilje boja zelenila i života koji se budi i buja
- ljeto svoje bogatstvo svjetlosti
- jesen lijeni svojim izborom boja koju teško da itko može nadmašiti
- zima svojom mekoćom tamnim i sivim tonovima.



Tijekom dana:

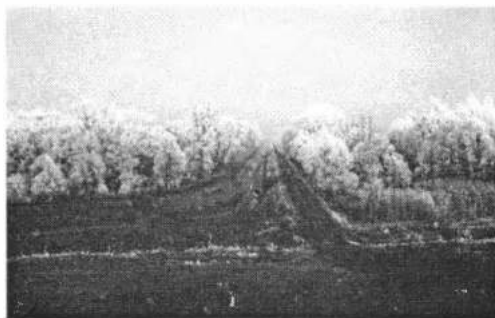
- teško je odoljeti jutarnjem izlasku sunca i siluete koje se postupno osvjetljavaju i od nejasnih likova postaju prepoznatljivi oblici
- preko dana izobilje svjetla daje i jasne i sočne tonove boja sa ostrim sjenama.



Pri kraju dana sjene se izdužuju i svojom igrom pri zlatnoj svjetlosti zalazećeg sunca zaokružuju dnevni ciklus tako da isti pejzaž, isti predmet i odsjaj u vodi nisu nikad isti - uvijek su neponovljivo novi.



Gledajući svoje radove vidim odraz, svih okom doživljenih, slika koje se nižu duž puta, kojim se krećem; prirodu ; naša polja i spremam ih na svoje slike u strahu da već sutra neće “nestati” s toga mjesta ili će manje - više biti izmjenjena.



Autor:

Zvonimir Pintarić

Hrvatske vode - VGI “Vuka”, Osijek,

Stjepan Radić 8

tel. 031 211060



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 6.06.

Opskrba vodom – pitanje pristupa

Ljudevit Tropan

SAŽETAK: Promatrajući razvoj opskrbe vodom kroz povijest, posebno kroz 125 godina postojanja Vodovoda grada Zagreba (danas Vodoopskrba i odvodnja, Sektor vodoopskrbe, Zagreb) uočava se i promjena ideje o opskrbi vodom. To znači da se osnovna ideja o obvezi osiguranja zdravstveno ispravne vode za piće i zadovoljenje higijenskih potreba stanovnika priključenih na sustav, zatim industrije i drugih korisnika okreće prema ideji o **prodaji vode** korisnicima.

Iznosi se i zastupa ideja o **racionalnoj opskrbi vodom** kao preduvjetu održivog razvoja.

Kritički se razmatraju ideje o privatizaciji vodovoda u odnosu na iskustva u tom i drugim područjima komunalne infrastrukture.

KLJUČNE RIJEČI: opskrba vodom, prodaja vode, racionalna opskrba vodom, privatizacija

Water Supply – A Matter of Approach

SUMMARY: Reviewing the development of water supply through history, in particular through 125 years of existence of Zagreb Municipal Water Supply (nowadays Water Supply and Sewerage, Water Supply Sector, Zagreb) it is possible to notice the change of attitude towards the concept of water supply. This means, that the basic idea of the task of providing healthy water for drinking and hygienic requirements of the population, connected to the system, as well as to industry and other users, is changing towards the concept of **sale of water** to the users.

The paper presents and advocates the idea of rational water supply as the precondition of sustainable development.

Critical remarks are given regarding the idea of privatization of water supply, in relation to experience in this and other fields of municipal infrastructure.

KEYWORDS: water supply, sale of water, rational water supply, privatization

1. UVOD

Promatrajući grad Zagreb kroz povijest uočava se da su nam naši preci ostavili obvezu, budući da su pred 125 godina imali znanja i smjelosti da izgrade i puste u pogon Vodovod grada Zagreba (danas Vodoopskrba i odvodnja, Sektor vodoopskrba, Zagreb). Znanje i brojnost znanstvenika i stručnjaka u Zagrebu sigurno je danas veće nego 1878. godine, ali izgleda da su način razmišljanja i mogućnosti djelovanja slabiji nego u predhodnika. Naime, tijekom vremena razvio se kod stručnjaka zaposlenih u vodoopskrbnim poduzećima (vodovodima) pojednostavljeni - pragmatični pristup da **vodu treba prodati**. Pri tome se od korisnika na razini općine, grada, županije itd. – uz pomoć i odobrenje nadležnih vlasti nastoji - **ostvariti što višu cijenu za prodanu vodu**.

Pretpostavlja se da nitko ne dvoji da voda dostupna kroz vodoopskrbni sustav mora imati cijenu dovoljnu za osiguranje troškova održavanja i razvoja sustava. Međutim, cijena vode bila je, i još je uvijek rezultanta maksimalističkih zahtjeva vodoopskrbnih tvrtki (vodovoda) i minimalističkih mogućnosti (katkada i htijenja) nadležnih organa uprave, koji predstavljaju državu i koji odobravaju cijenu vode. Često je cijena vode korištena kao socijalni regulativ; garancija za socijalni mir - zajedno s cijenama ostalih komunalnih usluga i hrane. Često se nije poštovalo zakonske odredbe u dijelu u kome se govorilo o tome, da ako cijenom komunalne usluge nisu zadovoljeni dogovoreni kriteriji - razliku između stvarne i "političke" cijene nadoknađuje organ nadležan za nadzor nad vodovodom, što se odražavalo na opće stanje tog sustava - njegovo redovito održavanje i razvoj.

U takvoj situaciji odgajana je cijela generacija stručnjaka u vodoopskrbnim poduzećima, čija je uloga bila da stalno nastoje zadovoljiti zahtjeve lokalnih vlasti. Zahtjevi za stalnim širenjem vodoopskrbne mreže uz povećanje broja priključaka, dovodili su često do brzopletih rješenja koja su išla na uštrb kvalitete kako zahvata vode, tako i cjevovoda, rezervoara i drugih objekata - cijelog sustava vodoopskrbe. Sindrom "investiciomanije" ostavio je duboke tragove u cjelokupnom društvu, a posebno u odnosu na potrebu prave gospodarske brige za vrlo skupe i vrijedne vodoopskrbne sustave. Zbog takvog stanja neminovno je došlo do zapostavljanja radova održavanja, na uštrb izgradnje novih objekata u sustavu. Isto tako nisu prethodno, a ni paralelno izgrađivani odvodni (kanalizacijski) sustavi i posebno uređaji za pročišćavanje otpadnih voda, koji su kao infrastrukturni objekti također kompleksni i još skuplji sustavi od vodoopskrbnih.

Opskrba vodom, u prvom redu vodom za piće, spada u javne usluge koje trebaju biti dostupne svima po prihvatljivoj cijeni. Spor nastaje kod tumačenja pojma "prihvatljiva cijena" i odlučivanja o tome kako zadovoljiti proizvođača u odnosu na njegovu odgovornost i korisnike u odnosu na njihovu platežnu mogućnost. Pri tome je jasno da je dio javnih usluga neophodan za osnovnu egzistenciju.

U Hrvatskoj (površina 56.538 km² 4,610.500 stanovnika) stupanj opskrbljenosti vodom za piće iznosi 76 posto, prema podacima iz 2002. godine) uz količinu od 12 m³/s, dok se tek za kraj planskog razdoblja - 2015. godinu, uz prosječni stupanj opskrbljenosti od 90 posto procjenjuje da će ukupne potrebe za vodom iznositi 33 m³/s. Gubici u vodoopskrbi su značajni, ali im se ne posvećuje dovoljna pažnja. Prema podacima u 2002. godini prosječni gubici u javnim vodoopskrbnim sustavima u Hrvatskoj iznose 46 posto (između 15 i 80 posto). Smanjivanje gubitaka predstavlja samo jednu od mjera u uspješnom gospodarenju vodama. Nepoduzimanje takvih mjera štetno je za odnos vodovoda i korisnika, te za interese cijele društvene zajednice na području vodoopskrbnog sustava. Posebna šteta nastaje u odnosu prema vodnim rezervama koje su ranjive i ograničene i jesu prirodno bogatstvo svakog društva, a koje se na taj način nepotrebno prekomjerno iskorištavaju.

Predlože se uložiti napore u nastojanju da se odbaci praksa olakog pristupa izgradnji novih dijelova vodoopskrbnog sustava bez analize stanja i karaktera potrošnje, analize gubitaka i analize mogućnosti da se inženjerskim rješenjima zadovolje **racionalne potrebe za vodom**. Pod racionalnom potrebom za vodom (u prvom redu za piće) podrazumijeva se osiguranje dovoljnih količina voda za zadovoljenje osnovnih životnih (egzistencijalnih) potreba korisnika i to za piće, kuhanje i higijenske potrebe (pranje i čišćenje). Sve druge potrebe za vodom treba analizirati i ustanoviti druge mogućnosti opskrbe prema načinu pribavljanja i cijeni koštanja. Pri tome se misli na potrebu revitalizacije postojećih i izgradnji novih cisterni i lokava u kojima se prikupljaju oborine. Oblicima prikupljanja voda koje su tradicionalne na području Hrvatske.

Pretpostavlja se da je dužnost stručnjaka da u sredini u kojoj djeluju budu u poslu kojim se bave stručni i savjesni, ali i dovoljno agresivni u zastupanju stavova kojima unapređuju djelatnost - u ovom slučaju djelatnost od posebnog društvenog značenja. Opstanak i razvoj našega novog društva u Republici Hrvatskoj zavisit će u znantnoj mjeri o stanju i razvoju opskrbe vodom za piće i cijelog vodnog sektora.

2. PRIMJER IZ BUGARSKE

Stanovništvo Bugarske (površina 111.000 km², 8.958.000 stanovnika) opskrbljeno je vodom za piće u vrlo visokom postotku - ukupno 98,2 posto stanovnika opskrbljuje se iz javnih vodovodnih sustava, među kojima dominiraju grupni sustavi (Dimowski 1993.). Svega 1,8 posto stanovnika opskrbljuje se iz lokalnih bunara ili izvora (podaci se odnose na 1986. godinu). Količina kojom se obavlja opskrba iznosi 46 m³/s vode za piće. Količina od 27 m³/s podmiruje komunalne potrebe, dok ostatak podmiruje potrebe industrije i uzgoja stoke. Uz specifičnu potrošnju od 200 l/stan./dan računa se da je u sustave uloženo 115 leva kapitala po osobi (cca 175 EUR prema cijenama u 1986. godini). U Bugarskoj su radi velikog kapitala - vrijednosti uloženi u vodovodne sustave odlučili provesti istraživanja i ustanoviti kolike količine vode za piće se **iracionalno** troše. Istraživanja su se obavljala krajem osamdesetih godina u selima i gradovima, turističkim područjima, industrijama i stočnim farmama - promatrajući cijeli vodoopskrbni sustav - od izvora do potrošača. Istraživanjima se nastojalo ustanoviti višestruke ekološke i ekonomske posljedice iracionalne potrošnje vode za piće i osigurati temelje za globalne mjere kojima će se smanjiti iracionalna potrošnja do tehnički moguće granice.

Ustanovljeni iracionalni gubici iznosili su čak do 50 posto, a najveći uzročnici bili su neispravni vodokotlići u nužnicima koji mogu "potrošiti" do 1.000 l vode dnevno. Ostali gubici također su bili rezultat neispravnih instalacija, dok je u industriji prevladavla neefikasna uporaba vode u tehnološkim procesima, a na farmama uporaba vode za piće za pranje.

Istraživanjima se došlo do zaključaka da su:

- negativne ekološke posljedice:

1. Velika potrošnja vode stvara povećane potrebe za vodom. Zbog toga se pristupa stvaranju novih i većih akumulacija na rijekama odakle se namiruju povećane potrebe za vodom, a čime se smanjuje osnovna prirodna sposobnost rijeka - samopročišćavanje.
2. Preopterećenje recipijenata - prirodnih vodotoka s povećanim količinama otpadnih voda koje, razrijeđene, zahtijevaju ili veći stupanj pročišćavanja ili neopročišćene također smanjuju sposobnost samopročišćavanja vodotoka.

- negativne ekonomske posljedice:

1. Znatna dio vodoopskrbnog sustava korišten je za zadovoljenje iracionalne potrošnje. U slučaju da se takvo stanje prihvati kao normalno, pristupa se dogradnji sustava kako bi se zadovoljile dodatne potrebe za opskrbu vodom. Povećanjem sustava angažira se novi kapital, ali se povećavaju i troškovi održavanja, a time se povećava i cijena vode.
2. Povećane količine vode koje nastaju povećavaju zahtjeve na sustav kanalizacije i uređaja za pročišćavanje, što opet povećava troškove izgradnje i održavanja tih sustava.

Očito je da se radi o zatvorenom krugu, i to lošem primjeru, u kome se iskazuju štete za okoliš i ekonomiju pojedinog društva.

3. DISKUSIJA O MOGUĆIM MJERAMA ZA IZBJEGAVANJE IRACIONALNE POTROŠNJE

Brojna ograničenja, u nastojanju da se osigura voda, traže od inženjera, u prvom redu, poznavanje svih relevantnih činjenica prije i u toku života jednog vodoopskrbnog sustava. Potreba da se voda troši racionalno proističe iz saznanja o vrijednosti vode za život i ograničenim količinama upotrebljive slatke vode na Zemlji, mogućnosti mijenjanja njene kvalitete i ekonomske vrijednosti vodoopskrbnog sustava. Mogućnosti za racionalnu potrošnju ovise o prirodnim činiteljima, ali i o stvorenim situacijama i utjecajima na pojedini sustav. Upravo na odnosu prema vodnom sektoru, u ovom slučaju prema vodoopskrbi, praktično se dokazuje znanje i mogućnost djelovanja i ostvarivanja održivog razvoja. To jest izazov za društvo u cjelini, ali je poseban izazov za inženjere. Prerdlaže se da se u opskrbi vodom treba težiti sigurnoj opskrbi u dobro upravljanom sistemu. Pri tome je najvažnije kako se **“misli vodovod”**. Uz pretpostavku da su poznati ciljevi pojedinog vodovoda kao sustava, može se razmatranjem pojedinih elemenata sustava razmatrati i mogućnosti za racionalizacije:

1. Izbor izvorišta/zahvata vode zavisi o transportu vode od izvorišta/zahvata do drugih objekata u sustavu, potrebnoj energiji, potrebnom stupnju obrade v o d e , mjerama zaštite izvorišta/zahvata i karakteristikama zahvaćenih voda, te o sigurnosti kapaciteta i mogućnosti proširenja u budućnosti.
2. Rješenje distribucijskog sustava i objekata u njemu, uz dobro zoniranje potrošnje, također je jedna od mogućnosti.
3. Prethodna rješenja utječu na pritiske u mreži. Pritisci u mreži utječu na veličinu gubitaka zbog mogućnosti lakših oštećenja mreže. Povećani pritisci utječu na povećanu potrošnju - iznad potrebne.
4. Izbor cijevi predstavlja još jednu mogućnost za racionalizaciju potrošnje. Iskustva “Istarskog vodovoda” Buzet ukazuje da su kvarovi češći kod cijevi od manje kvalitetnih materijala.
5. Izgradnja nadzorno-upravljačkih sustava na svim dijelovima vodoopskrbnog sustava su uvjet za uspješno upravljanje vodoopskrbom. Ulaganja u uspostavu takvih sustava na postojećim ili novim vodovodima vrlo se brzo isplaćuju. Iskustva u svijetu i u Hrvatskoj (Vodovod grada Zagreba, vodovod na otoku Krku) to dokazuju.

Osim navedenih mogućnosti, na racionalizaciju potrošnje utječu i slijedeće opće sadržajne grupe:

- zakonski propisi, budući da utječu na sve elemente u procesu opskrbe vodom - od vlasničkih odnosa, uvjeta poslovanja, standarda za materijale, opremu i metode,
- način organiziranosti poduzeća i djelatnosti može utjecati na njegovu efikasnost, a prema tome i na racionalizaciju potrošnje,
- kadrovi u procesu opskrbe vodom imaju, kao uostalom i u drugim djelatnostima, najvažniju ulogu. Njihova sposobnost, motiviranost i zadovoljstvo važni su za efikasnost njihovog rada, a time i cijelog sustava.

Postoji niz mjera koje u osnovi doprinose racionalizaciji potrošnje vode:

- upotreba tehnoloških procesa u proizvodnji koji vodu recirkuliraju i višestruko

iskorištavaju, koriste postupke rekuperacije (ponovnog korištenja sirovina iz otpadnog dijela/procesa) i općenito štede energente,

- korištenje voda koje ne odgovaraju standardima za vode za piće u onim tehnološkim procesima i za one namjene gdje nije potrebno koristiti vodu za piće,
- uvođenje i primjena takve politike cijena vode koja se progresivno povećava iznad količine dovoljne za zadovoljenje normalnih potreba (Izrael),
- uvođenje stimulativnih mjera - u prvom redu povlaštene tarife za one korisnike koji ugrađuju opremu i/ili provode druge mjere štednje vode,
- utjecanje na proizvođače da proizvode kvalitetne materijale i opremu za vodoopskrbne sustave,
- utjecanje na zakonodavca da zakoni i propisi budu usklađeni s europskim kriterijima i našim mogućnostima,
- stvaranje otvorenog odnosa s javnošću i poticanje pozitivističkog odnosa prema vodi za piće iz javnih vodoopskrbnih sustava,
- poticanje brige o redovnom održavanju kućnih/pogonskih instalacija i
- **promicanje svih oblika štednje vode uz primjenu edukativnih, represivnih i poticajnih mjera.**

Navedene mjere u biti predstavljaju ono što se može nazvati “**misлити vodovod**”, budući da se radi o mjerama koje ne iziskuju dodatna financijska sredstva već gospodarski odnos i brigu.

4. O PRIVATIZACIJI U JAVNOM VODOOPSKRBNOM SEKTORU

Rasprave o privatizaciji javnih vodovoda uzele su značajno mjesto u prvom redu u zemljama u tranziciji. Smatra se da je privatna-poduzetnička inicijativa garancija za uspješnost poslovanja i efikasnost u obavljanju usluge opskrbe vodom. Samim time očekuje se i obećava niža cijena i povećana kvaliteta usluga. Iskustva u tom području postoje u zapadnim zemljama s već prije postojećim kapitalističkim sustavom društvenih i gospodarskih odnosa. Odnosa u kojima se potiče poduzetništvo koje ima za jasni cilj - stvaranje profita.

Međutim, nema jedinstvenog modela koji bi mogao sa sigurnošću biti predložen i prihvaćen kao opći model. Istovremeno u cijelom svijetu prisutan je jako izražen proces infiltracije svjetskog krupnog kapitala u vodne sustave, posebno na vodoopskrbne sustave i ovladavanje njima na različite načine. Očito je da su upravo vodeći ljudi tih korporacija naslutili gdje leži vrlo vrijedan resurs koji će prema predviđanju futurista biti sve vredniji i profitabilniji. Međutim, iskustva korisnika u zemljama u tranziciji govore da se kvaliteta usluga poboljšala, ali da su cijene prešle granice podnošljivosti korisnika u odnosu na općenito lošu gospodarsku situaciju u tim zemljama.

Dio strukovnih udruga, u prvom redu europskih, predlaže na temelju uvida u stečena iskustva, da se vodnokomunalni sustavi ni u kom slučaju ne trebaju (čak ne smiju) u cijelosti privatizirati. Predlažu da se mora osigurati državna (znači u ime društva, odnosno korisnika) kontrola i upravljanje sustavima, a tek da se dio poslova može ponuditi poduzetnicima kao koncesija.

Brojna su neugodna iskustva s privatiziranim infrastrukturnim sustavima u svijetu – najpoznatija je bila kriza u opskrbi električnom energijom u Kaliforniji, a zatim propast svjetskih giganata kao što su Enron i World.Com. Težnja za profitom uz izostanak kontrole

može dovesti do propasti (stečaja) privatnog poduzetnika zbog pohlepe, lošeg upravljanja itd., a tada državi ostaje briga i odgovornost za funkcioniranje tako osjetljivih sustava. Kad spominjemo državu mislimo ustvari na građane i ostale porezne obveznike koji su na određeni način izgradili vodoopskrbne sustave i čija egzistencija ovisi neposredno o dobrom funkcioniranju tih istih sustava. Zbog toga valja pažljivo odlučivati i tražiti kompromis u cilju unapređenja poslovanja – efikasnosti, povećanja kvalitete usluge i sukladno tome smanjenju cijene usluge – **kombinacijom privatne inicijative poduzetnika i državne kontrole u upravljanju vodnocomunalnim sustavima, posebno vodoopskrbi.**

U ovom referatu želi se jasno izraziti stav što se tiče upravljanja u državnim tvrtkama. Postoji zablude da je menadžment u takvim tvrtkama sam po sebi nesposoban, neefikasan i uopće nepodoban za obavljanje poslova. Bez obzira na određena negativna iskustva to naravno nije potpuno točno i služi samo kao izgovor. Ničim nije zapriječeno natjecanje uspješnih menadžera za vodeća mjesta u državnim tvrtkama. Postoje reference i u ovoj grani djelatnosti i u državnim tvrtkama kako je moguće imati ambiciozan i efikasan menadžment, ljude koji znaju i mogu organizirati uspješne tvrtke. Naravno da to ovisi o povjerenju i odlukama osnivača – države i donosioca odluka – političara. Ovisi to i o znanju i sposobnostima menadžera, te načinima poticanja ljudi koji uspješno obavljaju poslove. Znanja o upravljanju poduzećima danas su znanost i struka, te stoga neznanje o upravljanju poduzećima ne može biti ničiji izgovor.

Prema tome na pitanje:

- da li u vodnocomunalnom gospodarstvu privatizacija – da ili ne? odgovor koji se nudi jest:
- da, ali pod određenim uvjetima i uz državni (društveni) nadzor i upravljanje!

5. UMJESTO ZAKLJUČKA

Voda za piće ne smije se samo **PRODAVATI**, trebaju se stvoriti uvjeti za sigurnu opskrbu i zadovoljenje osnovnih potreba korisnika, što se smatra da je **RACIONALNA OPSKRBA VODOM**. Namjera je potaknuti diskusiju o problemima o kojima se obično ne govori i ne piše službeno. Trebalo bi da svi zaposleni u vodovodima **“MISLE VODOVOD”**, da tako djeluju i da zbog toga budu poštovani i zadovoljni.

IZVORI

1. Dimowski, Ch.: Irrational use of drinking water and its attendant negative ecological and economic consequences, European Water Pollution Control, Volume 3, Number 2, March 1993, pp 32-36
2. Dugoročni program opskrbe pitkom vodom Republike Hrvatske (1990 – 2015), “Hrvatska vodoprivreda”, Zagreb, 1991.
3. Zbornik radova – Stručno poslovni skup “Gospodarenje vodama i unapređenje turizma”, Hrvatsko društvo za zaštitu voda i mora, Rovinj, 1993.

Autor:

Ljudevit Tropan, dipl.ing.građ.

Hrvatske vode, Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

E-mail: ltropan@voda.hr



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 6.07.

O etičkim načelima u gospodarenju vodama

Ljudevit Tropan, Radoslav Karleuša, Zdravko Špirić

SAŽETAK: U radu se raspravlja o etičkim načelima u području gospodarenja vodama. To pitanje pobuđuje sve više pažnje među stručnjacima koji se bave tom djelatnošću, ali je također važno i za širu javnost koja očekuje sve više od ljudi koji se bave vodama. Daju se primjeri iz prakse i predlažu pomaci u obrazovanju i u odnosima s javnošću. Podloga za raspravu je Etički kodeks Europskog udruženja za vode, te Kodeks strukovne etike hrvatskih arhitekata i inženjera u graditeljstvu.

KLJUČNE RIJEČI: etika, kodeks, bavljenje vodama, Europa, Hrvatska

On Water Management Ethics

SUMMARY: The paper discusses ethical principles ruling the water management sector. This has become an issue that draws the attention of the professionals in the field, and has proven important for the general public that poses such expectations on the water professionals. The examples from practice are given and new approaches proposed for education and public relations. The documents offered for discussion are the European Water Association Code of Ethics and the Code of Professional Ethics of the Croatian Architects and Engineers in Building.

KEYWORDS: ethics, code, water professionals, Europe, Croatia

1. UVOD

Otkada je svijeta i vijeka raspravlja se o svrsi života i sadržajima života kao što su dobro, sreća, vrlina, hrabrost, umjerenost, pravda, zadovoljstvo, prijateljstvo i prava sreća. Ti se sadržaji temelje na odnosima među ljudima, ali i odnosima ljudi i prirode. Odnosi radnji i ciljeva, težnja prema ciljevima, težnja je prema dobru. Težeći da se ostvari vrlina i dobro u tim odnosima Aristotel nalazi da je "samo jedan način da se djeluje ispravno i tisuću načina da se djeluje pogrešno". Za ljude je oduvijek također bila važna pravda i načela njene primjene. Promatrajući ta davna naučavanja Aristotela i brojnih drugih filozofa koja su se razvijala tijekom milenija valja napomenuti da je u to doba čovjek raspolagao znatno manjom moći tehnike u odnosu na moć kojom danas raspolaže. Stoga danas treba promatrati pojave i odnose u drugom svijetlu i pravdu, moral i etiku nastojati uskladiti s čovjekovom moći prema okolišu i samome sebi (1,2).

Smatra se da je korisno navesti definicije pojmova o kojima se želi raspravljati:

- **moral** *m (klas. evr.)* 1. ukupnost načela o sudovima, ponašanju i odnosima među ljudima koja se nameću savjesti pojedinca ili zajednice, a u skladu su s općim pravilima o dobru 2. svijest o dužnosti, spremnost i volja za preuzimanje i izvršavanje zadataka (*borbeni ..., radni ...*),
- **etika** *ž (klas. evr.)* 1. učenje o moralu i moralnoj praksi 2. ponašanje u skladu s pravilima morala,
- **kodeks** *m (klas. evr.)* 1. *pov.* najstariji oblik knjige, zbirka rukopisa (povijesnih, vjerskih itd.) 2. *prav.* zbirka statuta, pravila itd. (Napoleonov) 3. skup načela kojim se određuje ponašanje u nekom području društvenih odnosa (... časti, liječnički ...),
- **inženjer** *m (fr. evr.)* osoba s visokom školskom spremom koja projektira građevine, strojeve i uređaje, organizira proizvodne jedinice ili gradilišta ili njima rukovodi (*građevinski ..., brodograđevni ..., rudarski ...*),
- prema Anić, V.: Rječnik hrvatskog jezika, Novi liber, Zagreb, 1994.

Kraj 20. i početak 21. stoljeća karakterizirani su ogromnim promjenama i njihovim nepredvidivim daljnjim razvojem posebno u području proizvodnih dostignuća i razvojem inženjerskih znanja, različitih specijalnosti i zvanja, ali i novih mogućnosti. Razvoj i posljedice po okoliš, ali i međuljudske odnose, nastale neracionalnim iskorištavanjem prirodnih resursa i ljudi, stvorile su mogućnost promišljanja o moralnim postupcima i etičkim načelima posebno kod inženjera. Vezano uz raspoloživu moć i znanje inženjera, nova etičnost promatra se kao složeni odnos čovjeka i okoliša. Nastoji se od klasičnog antropocentričnog odnosa postupno prijeći na umjereni biocentrični (3). Nažalost, javljaju se negativni stavovi o primjeni etičnosti u djelovanju kao obliku slabosti i skrivanju takvih stavova iza tzv. globalizacijskih procesa, profitnih interesa i sl.

Vodi, kao jednom od najvažnijih dijelova okoliša zbog nezamjenjivosti drugim materijama, trebat će u budućnosti posvetiti posebnu pažnju i to upravo od strane inženjera. Raspoloživost voda u prostoru i vremenu, potreba za vodom i ograničenja koja nastaju u odnosu na količinu i kvalitetu voda bit će sve veći etički izazovi. Stoga će uloga inženjera imati i naglašenu etičku notu.

2. O ETIČKIM KODEKSIMA

Moralna pravila i postupci, uobličeni u etička načela i kodekse, te zakone i normative akte predstavljaju institucionalne relacije. Relacije koje određuje država i koja se odnose na službene institucije i institucije civilnog društva – nevladine strukovne udruge i sl. U takvim relacijama nije dovoljno naglašena uloga pojedinca, najčešće je izražena samo kao obveza poštivanja takovih akata, a u znatno manjoj mjeri su izražena prava pojedinca koja po logici pravednosti trebaju proisteći iz takvih obveza.

Uočavajući sve veći značaj vode i potrebe uređenja vodnog režima u europskim, ali i svjetskim relacijama trojica vodećih članova Europskog udruženja za vode – EUV (European Water Association) – **Claus Hagebro**, tadašnji predsjednik, **Peter Mathews**, bivši predsjednik i **A. Martines**, tadašnji potpredsjednik predložili su *Etički kodeks* (*The Code of Ethics*). Kodeks je bio predložen uoči održavanja Drugog svjetskog foruma o vodama u Den Hagu, Nizozemska u ožujku 2000. godine. Prvi put je objavljen u časopisu *European Water Management* (4), a od tada je dostupan na web-stranici Europskog udruženja za vode (www.ewa.de).

Prijedlog je imao za cilj obvezati rukovodeće menađere i ostale vodogospodarstvanike da prihvate predloženi kodeks, a da nakon toga prihvate obvezu polaganja zakletve na kodeks poput liječnika koji polažu Hipokratovu zakletvu.

Zbog aktualnosti i lakše daljnje rasprave navodi se Hipokratova zakletva koju polažu liječnici u Hrvatskoj.

“ U času kad stupam među članove liječničke struke, svečano prisežem da ću svoj život staviti u službu humanosti.

Prema svojim učiteljima sačuvat ću dužnu zahvalnost i štovanje. Svoje ću dužnosti obavljati savjesno i dostojanstveno.

Čuvanje narodnog zdravlja i dobrobit bolesnika bit će moje najvažnije brige.

Čuvat ću tajne onoga tko mi se povjeri.

Svim svojim snagama održavat ću čast i plemenite tradicije liječničkog zvanja.

Kolege će mi biti braća.

U obavljanju dužnosti prema bolesniku na mene neće utjecati njegova vjerska, nacionalna, rasna, politička ili klasna pripadnost.

Ljudski ću život poštovati od samoga početka.

Ni pod kojom prisilom neću dopustiti da se moja medicinska znanja iskoriste protivno zakonima humanosti.

Ovo prisizem svečano i slobodno, pozivajući se na svoju čast.”

U nastavku se navodi tekst predloženog *Etičkog kodeksa* EUV nazvanog i “Deset zapovijedi”:

“Od pojedinačnih članova profesionalne udruge očekivati će se da u punoj mjeri iskoriste vlastiti utjecaj i ulože maksimalni osobni napor kako bi se održivi vodni okoliš osigurao na sljedeći način:

- **Promovirati pravedno, ravnomjerno i održivo korištenje vodnih resursa, te uvažavati potrebe različitih okoliša.**
- **Nikada svjesno ili namjerno prekomjerno eksploatirati vodne resurse.**
- **Nikada svjesno ili namjerno uzrokovati oštećenja ili izazivati probleme po vodni okoliš ispuštanjem neprihvatljivih količina tvari ili energije u bilo kojem obliku.**
- **Uvidjeti da doprinos osiguranju vodnih usluga predstavlja važan doprinos ljudskom blagostanju.**
- **Promovirati takvo korištenje vodnog okoliša kojim se ne nanosi šteta njemu ili životu u njemu, te kad god je moguće poboljšati ga.**
- **Uvažavati potrebe zajednice.**
- **Promovirati koncepte integriranog upravljanja širim okolišem.**
- **Postupati mudro u pružanju usluga zajednici, te stalno raditi na povećavanju znanja.**
- **Služiti kao primjer drugima u odgovornom postupanju prema okolišu.**
- **Nikada se ne upuštati u neprihvatljiva ponašanja, te održavati visoki profesionalni standard koji će poslužiti kao primjer drugima.”**

Može se zapaziti značajan naglasak na održivom vodnom okolišu čije vrijednosti su autori prepoznali. Usporedbom načina ponašanja u prošlosti prema vodi kao integralnom dijelu okoliša i postupcima inženjera (u prvom redu), koji su svojim djelovanjem prouzročili dio nastalih konflikata i šteta za vodni i uoče za okoliš – predložili su kodeks kao operativno sredstvo za promjenu stavova i djelovanja. Pri tome se u obrazloženju nastoji izraziti nada i potreba za odgovornim djelovanjem svakog pojedinca u društvenoj zajednici slijedeći moto: “Učinimo vodu svačijim poslom” (“make water everybody’s business”). Međutim, opravdano se očekuje ponašanje u skladu s predloženim kodeksom od profesionalaca zaposlenih u vodnom gospodarstvu. Međutim, kako je već navedeno, ne navode se prava pojedinca koji ispunjava sva pravila iz predloženog kodeksa.

Na ovom mjestu se želi objasniti stav prema vodnom gospodarstvu promatrajući ga s najšireg mogućeg stajališta. Vodno gospodarstvo je cjelokupna društvena aktivnost koja se odnosi na vodu, a obuhvaća aktivnosti organa zakonodavne i izvršne vlasti te sve druge institucije i tvrtke, kao i udruge koje se vodom bave na različite načine. Vodom se također bave i brojne struke i specijalnosti kako prirodnih, tehničkih tako i društvenih znanosti i struka. Izražava se svjesno saznanje da se potpun i dobar pristup rješavanju problema u gospodarenju i upravljanju vodama i vodnim režimom ne može postići bez dobre suradnje biologa, kemičara, geologa, građevinara, geodeta, tehnologa, strojara, šumara, agronoma, pravnika, ekonomista, sociologa, filozofa i drugih.

Promatrajući društveno djelovanje kao spregu zakonodavnog, institucionalnog i operativnog segmenta možemo u Hrvatskoj prepoznati:

- zakonodavni segment – Sabor i zastupnička tijela lokalne uprave i samouprave, zastupnike u tim tijelima, te Ustav, zakone i podzakonske akte,
- institucionalni segment – izvršnu i sudsku vlast na državnoj, regionalnoj i lokalnoj razini, usklađenu s ustavnim i zakonskim odredbama koje predstavljaju izraz društvenog interesa hrvatskog društva u određenom razdoblju,
- operativni segment – stručne škole, sveučilišta s fakultetima i institutima, agencije, tvrtke (javna poduzeća, trgovačka i dionička društva) u:
 - procesima obrazovanja, znanstvenog i istraživačkog rada,
 - neposrednom vodnom gospodarstvu (koje obavlja tradicionalne i nove poslove u korištenju voda, zaštiti voda od zagađenja i zaštiti od štetnog djelovanja voda),
 - komunalnom vodnom gospodarstvu (vodovodi i kanalizacije na regionalnoj i lokalnoj razini),
 - zdravstvenim organizacijama – koje se bave preventivnim i kurativnim aktivnostima u kojima se voda javlja kao medij presudan za održavanje života (voda za piće), zadovoljenje higijenskih potreba, ali i kao prenositelj zaraza i zagađenja,
 - projektne i konzultantske tvrtke - u području vodopskrbe, odvodnje s pročišćavanjem otpadnih voda gradova i industrije, uređenja slivova i vodotoka, i dr.,
 - izvođačke tvrtke – za radove izgradnje i održavanja sustava i objekata,
 - industrija i poljoprivreda – koji u svojim procesima proizvodnje i prerade različitih proizvoda i usluga koriste i otpuštaju vodu.

Posebno mjesto u civilnom demokratskom društvu kome u Hrvatskoj težimo zauzimaju i sve će više zauzimati različite udruge – od profesionalnih do različitih građanskih udruga kao što su ekološke. Porast broja udruga u Hrvatskoj u razdoblju nakon 1990. godine, kao i njihova različitost, jedan su od dobrih pokazatelja demokratičnosti i stvarnosti u kojoj je nalazi Hrvatska kao zemlja s posebnim statusom među zemljama u

tranziciji, budući da je samostalnost izborila, a nije ju stekla u procesu razdvajanja s bivšom državom. Demokratičnost društva ovisi neposredno i posredno o stupnju informiranosti.

Cjelokupni proces javnosti rada i djelovanja ovisi o informiranju kao otvorenom interaktivnom procesu u kome jednako važnu ulogu imaju sredstva informiranja (tiskovna i elektronska) koja omogućuju stvaranje javnog mnjenja. Osim izdavača odn. tvrtki koje omogućuju javno informiranje u procesu sudjeluju novinari i šira javnost. Pod širom javnošću podrazumijevaju se građani, profesionalci i donositelji odluka (političari) na različitim razinama. Šira javnost ima pravo na informiranje kao na jedno od ustavnih prava, a profesionalci imaju osim tog ljudskog prava i obvezu informiranja šire javnosti o vlastitom djelovanju. Novinari su zanimanje i struka koja je također podložna provjeravanju etičkog djelovanja uz obvezu stalnog usavršavanja i cjeloživotnog obrazovanja. Odnos političara, novinara i šire javnosti u području informiranja nije tema ovog referata.

Kako je vodno gospodarstvo djelatnost od općeg društvenog interesa cjelokupno djelovanje subjekata koji sudjeluju u tom međuzavisnom procesu teži zadovoljenju vlastitih interesa. Takav pristup u pravilu je u suprotnosti s načelom integralnog gospodarenja vodama kome težimo pa zbog toga nastaju konfliktna situacije. Poznate su postavke održivog razvoja iako u praksi često nema jasnih odgovora kako postići održivi razvoj. Prof. Kulić (3) zastupa intigrantnu tezu da razvoja ima ili nema! Zbog toga je neobično važno kako se profesionalci – stručnjaci koji se bave vodama u tako širokom području djelovanja određuju prema *Etičkom kodeksu EUV* i kako širu javnost informiraju o vlastitom djelovanju.

U svijetu, ali i u Hrvatskoj moguće je naći velik broj etičkih kodeksa različitih komora, udruga, struka itd. Prof. Podhorski (1) navodi Kodeks etike Američkog udruženja građevinskih inženjera (ASCE), kodeks ponašanja FEANI (krovne organizacije udruženja inženjera zemalja Europske unije), a u odnosu na vrijeme pisanja članka (studen 1997.) i tadašnju pojavu nacrt Zakona o komorama u graditeljstvu predlaže donošenje Kodeksa etike. Konkretno, predlaže da kodeks bude dijelom gradiva za stručni ispit, a da se na svim tehničkim fakultetima (posebno graditeljskim) izučava ova materija. U međuvremenu je donesen Zakon o hrvatskoj komori arhitekata i inženjera u graditeljstvu (NN 47/98), Statut Komore i Kodeks strukovne etike (NN 40/99). Bilo bi zanimljivo vidjeti komentar prof. Podhorskog o stanju aktivnosti i iskustvima u primjeni Zakona, Statuta i Kodeksa.

3. STATUS INŽENJERA

Osnovni cilj ovog članka je poticanje rasprave o etičkim načelima u području vodnog gospodarstva i traženju položaja u hrvatskoj društvenoj zajednici mjesta i ugleda inženjera koji su neposredni izvršitelji programa i planova u ovom multidisciplinarnom području društvene i gospodarske djelatnosti.

Hrvatsko društvo za zaštitu voda članica je Europskog udruženja za vode od samog osnivanja udruženja 1982. godine (prije Europsko udruženje za zaštitu voda), ali do sada nije imalo raspravu o prethodno navedenom Etičkom kodeksu EUV, pa se ne može ni znati kakav stav prema Kodeksu imaju članovi. Međutim, već izostanak rasprave o tom aktu na upravnim tijelima društva ima značenje. Može se reći da postoji opravdana sumnja da je etičko djelovanje u skladu s Kodeksom u Društvu izostalo, a posebno da nema stava prema polaganju zakletve na Kodeks.

O statusu inženjera u društvu piše prof. Aničić (5) navodeći kao razloge takvog stanja vrlo duge povijesne okolnosti i tradicijski stav zaklonjenosti inženjera od javnosti. Problem zaklonjenosti od javnosti sve više se javlja u odnosu znanosti i javnosti, te se u svijetu i u Hrvatskoj pristupa proučavanju i djelovanju koje ima za cilj otvaranje znanosti javnosti i opravdavanje ulaganja u znanost kroz poznavanje procesa znanstvenog rada i postignutih rezultata. Očito je da inženjerima zaklonjenost ne omogućuje sticanje boljeg statusa u društvu ovisno o rezultatima uspješnosti. Pri tome se misli i na materijalni status tehničke inteligencije, dok za druge oblike sticanja ugleda postoji čitav niz mogućnosti za koje se treba izboriti. U tom smislu nužno je sticati nova znanja o odnosima s javnošću, menadžerskim znanjima i različitim vidovima poticanja ljudskih potencijala u tvrtkama i ustanovama. Pri tome je dokazano da uspješan menadžer može od zaposlenika dobiti znatno više ukoliko znade uočiti i razviti njegove sposobnosti. Nagrada će biti zadovoljstvo i korist zaposlenika, ali i povećana uspješnost tvrtke/ustanove.

4. PRIJEDLOZI ZA UNAPREĐENJE STANJA

Nastojanje da rad u vodnom gospodarstvu svim zaposlenima bude osim izvora prihoda i zadovoljstvo, ali da budi i osjećaj pripadnosti, korisnosti i drugih vrlina smatra se da je moguće postići uz dodatni trud i osmišljeno djelovanje.

Predlaže se:

- putem strukovnih udruženja potaknuti raspravu o statusu zaposlenika u vodnom gospodarstvu,
- objaviti *Etički kodeks* EUV i obaviti anketu o mogućnosti njegove primjene,
- poslodavcima u državnim ustanovama i tvrtkama, kao i trgovačkim i dioničkim društvima predložiti problem i moguća rješenja,
- analizirati prioritete i provedive ciljeve u vodnom gospodarstvu u odnosu na razine i matrice odgovornosti,
- pri donošenju tehničkih, poslovnih i političkih odluka uz davanje povjerenja donosiocima takvih odluka nužno je osigurati sustav nadzora nad provedbom,
- potaknuti mjere za trajno stručno usavršavanje (vidi Deklaraciju o znanju Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti),
- predložiti mjere unapređenja zakonodavstva u području djelatnosti,
- predložiti mjere za unapređenje suradnje među strukama,
- zalagati se za podizanje stupnja odgovornosti pojedinca na svim razinama, te za poštivanje prava pojedinca u procesima stručnog rada,
- koristiti sva sredstva i institucije za javno isticanje dobrog i uspješnog djelovanja, a loše i neetičko djelovanje raspravljati i rješavati na razini profesionalnih udruga i prema potrebi, dalje na sudbenim institucijama,
- uzeti u obzir da se jedino ispravnim djelovanjem može utjecati na mlađu generaciju stručnjaka.

LITERATURA

1. Podhorsky I.: Etika i pravda i tehničkim djelatnostima, *Građevinar* 49(1997) 11, str. 633-639
2. Ćosić T., Šojat Z.: Moguća promišljanja o etici u Hrvata u postsocijalističko doba, *Spojivost i infrastruktura – zbornik*, urednik Božičević J., Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Zagreb, 1998, str. 115-121

3. Kulić S.: Ekonomika nasilja, biocidne tehnologije i klimatske promjene, Zbornik 2. hrvatske konferencije o vodama, urednik Gereš D., Dubrovnik, 1999. str. 1089-1096
4. Hagebro C., Matthews P., Martinez A.: Three representatives of the European Water Association about people in water: etics and goals, European Water Management, 3(4)2000, pp. 33-34
5. Aničić D.: Percepcija inženjerskih struka u društvu, Tehnički vjesnik, 9(2002)1,2, str. 35-37

Autori:

Ljudevit Tropan, dipl.ing.građ., Hrvatske vode, Zagreb, Ulica grada Vukovara 220

Radoslav Karleuša, dipl.ing.građ., Zagreb, Horvatovac 11

Dr.sc.Zdravko Šprić, dipl.ing.kem., INA Naftaplin, Zagreb, Šubićeva 29



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

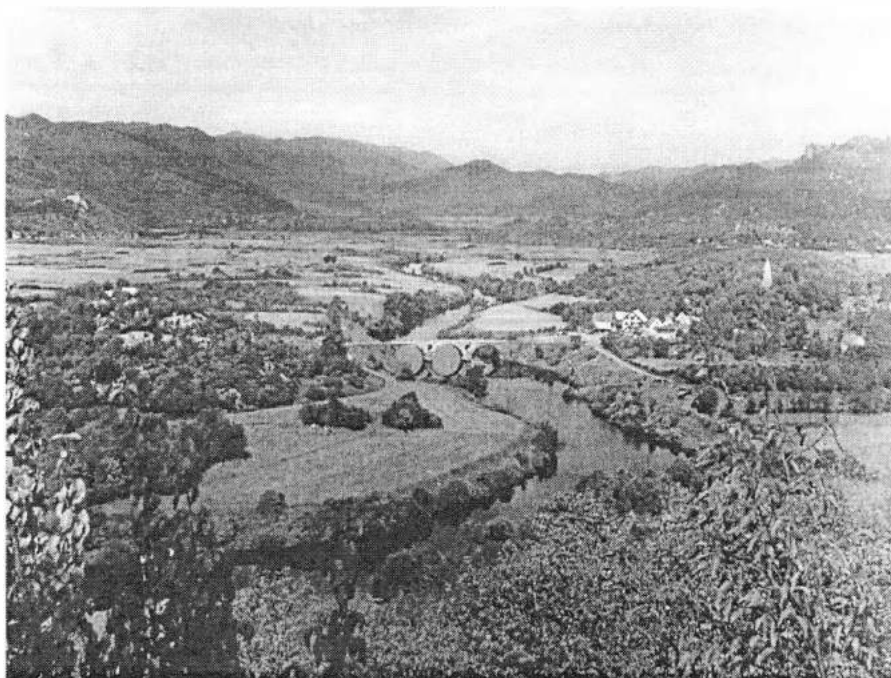
Rad 6.08.

«Pisani kamen» - najstariji vodnogospodarski zapis

Boško Varićak-Keranović

UVOD

Razmatrajući geomorfologiju Like i bioklimatske različitosti u odnosu na ostale dijelove Hrvatske kao i razumjevanje čovjekove egzistencije u tom prostoru s hladnim i dugim zimama i suhim ljetom, zasigurno je na neki način odrednica načina života kao i kulturnih oblika. Prostor Like je definirao način života koji je bio baziran na onim elementima prirodne sredine što su pružali mogućnost očuvanja identiteta kroz milenije. Osnovna odrednica života na tom prostoru je bila voda i drvo. Od vode se živjelo, a drvom trgovalo. Bez obzira u kojem povijesnom periodu promatrali razvoj društva u toj zatvorenoj sredini, uvijek se pojavljuje voda kao primaran faktor opstojnosti, tim više što je trebala za opstanak čovjeka ali i za uzgoj stoke od koje se dobivalo sve



Slika 1: Pogled na zapadni dio Kosinja s masivom sjevernog Velebita

Foto: inž. Boško Varićak-Keranović

nužno za život. Od uzgoja se dobivalo i meso i koža i vuna i prerađevine mlijeka kojima se trgovalo. A sam prostor je bila poveznica sjevera i juga, od Baltika do Jadrana. Već u ilirskim grobovima nalazimo kao ukras jantar s Baltika kao dokaz puteva kroz Liku koji traju. Zahvaljujući upravo tim prirodnim tokovima, čovjek je gradio svoju sliku sredine u kojoj obitava tražeći smisao života i trajno naseljavanje. Na taj način razvijao se tradicijski način života koji se vrlo sporo mjenajo i zadržao određene karakteristike sve do današnjeg dana.

Krško područje Like naoko puno kamenih oblina, očuvalo je život i razvijalo ga tamo gdje je bilo vode. A u ovome kršu ima obilja vode kako na površini, tako i u podzemlju. I upravo današnje vrijeme dokazuje te vrijednosti i pitanje je vremena kada će se ukupno shvatiti koje bogatstvo imamo. Upravo znanstvena istraživanja su pokazala da doline rijeke Gacke i rijeke Like u Kosinju daju najveći dio ličkih nadzemnih i podzemnih voda vrlo visoke kvalitete.

Život buja tomo gdje je voda. I sve civilizacije do danas su se razvijale upravo uz vodu i naš odnos prema pitkoj vodi je odnos pripadnosti kulturi i našoj vlastitoj budućnosti i ne možemo ga promatrati bez ukupne budućnosti lijepe nam Hrvatske.

Ukoliko se zadržimo na kosinjskoj dolini i razmatrajući mogućnost opstojnosti čovjeka u tom prostoru, onda se može reći da on obitava ovdje dugo. Istraživana je samo spilja Golubinjača gdje su nađeni slojevi života od neolitika do kasnog željeznog doba. Makar postoje naznake na niz lokacija da je takvog života bilo i na drugim mjestima i prije nego što su formirana naselja gradinskoga tipa i ne samo na području Kosinja. Pleme Japoda obitava na području Like pa tako i u Kosinju, makar je znano da su se djelili na manja plemena u okviru toga općeg pojma.

Sva gradinska naselja u Kosinju nisu istražena, a i ne zna se točan broj. Predpostavlja se da je u Gornjem Kosinju bio centar ilirskog plemena Parentina, ali im se točne granice ne znaju. Po sondažnim arheološkim istraživanjima nađeno je u grobištima bogatstvo nalaza koji ukazuju na relativno bogatiji život toga doba. Kako su se Iliri bavili stočarstvom, vjerojatno im je bogatstvo donosila stoka za koju je bilo vode u izobilju zahvaljujući rijeci Lici. Osim uzgoja stoke uz kuću, oni su odlazili i na ljetnu ispašu u Velebit na bogate pašnjake kvalitetnom planinskom travom, gdje su imali tzv. «stanove» za boravak u planini. To su obično bile male kuće koje su zidane suhozidom i pokrivene drvenim kalanim daskama određenog oblika «šindra». Takav način stočarenja zadržao se do 60-ih godina XX stoljeća. Uvjetni centar takvog stočarstva na području Kosinja bio je na Begovači, proplanku u Velebitu ispod Begovačkih kukova. Razlog je svakako izvor pitke vode. Još u Srednjem vijeku u blizini tih livada nalazilo se selo, dok su u okolini i danas prepoznatljivi ostaci zidova «stanova».

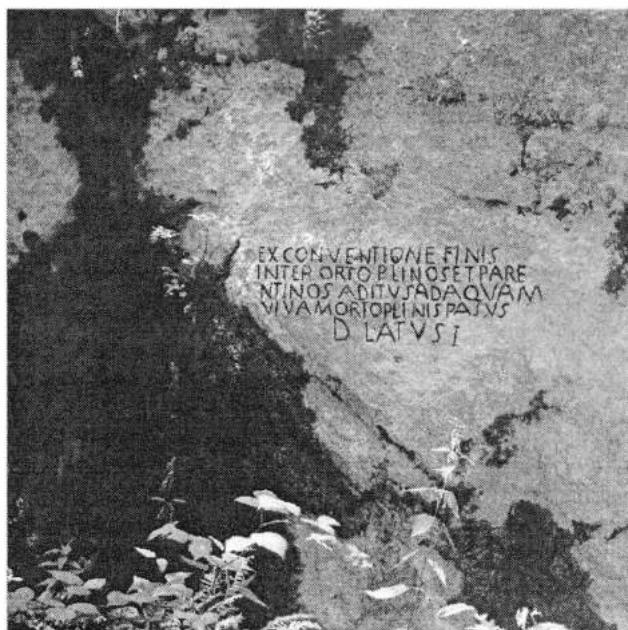
«PISANI KAMEN»

Danas je Begovača potpuno pusta i osim medvjeda, vuka ili srne tu ne zalazi nitko. Na značaj toga područja kroz milenije tek podsjeća «PISANI KAMEN» koji se nalazi cca 500 metara dalje. U živoj stijeni je uklesan natpis na latinskom jeziku, koji je još uvijek in situ:

EX CONVENTIONE FINIS
INTER ORTOPLINOS ET PARE
NTINOS ADITUS AD AQUAM
VIVAM ORTOPLINIS PASUS
D LATVS I

U prijevodu znači:

UGOVORENA GRANICA IZMEĐU ORTOPLINA I
PARENTINA; PRILAZ K ŽIVOJ VODI ORTOPLINIMA
KORAKA 500; STRANA 1



Slika 2: “Pisani kamen”

Foto: inž. Boško Varićak-Keranović

Dakle, u stijeni je uklesana odluka rimskog suda o korištenju vrela očito zbog sukoba koji je bio između dva plemena. Kod toga treba reći da je prema tekstu koji je s trajnom namjerom uklesan u živu stijenu, na licu mjesta zasjedao sud što se i danas vrlo rijetko dešava. Prema tome taj sukob je bio vrlo značajan da ga je odlučivala rimska sudbena vlast. Samim time ona je očito i na taj način učvršćivala svoju vlast u rješavanju sukoba između dvaju vrlo jakih japodskih plemena Ortoplina i Parentina. Ortoplinima je sjedište u gradu Ortopli, današnja Stinica kod Jablanca, dok se za Parentine zna da su s područja Kosinja i pretpostavlja se da bi im sjedište trebalo biti municipij Tesleum, čiji je kamen s tim natpisom nađen 1901.g. u Donjem Kosinju. Navedeni natpis je uklesan na samoj granici dvaju plemena tako da Ortoplini znadu

da kada prođu «Pisani kamen» da se nalaze na tlu Parentina, ali da se mogu služiti vodom za sebe i stoku u dužini od 500 koraka, dakle putem koji je i danas u istoj funkciji kao i pred gotovo dvije tisuće godina. Misleći na granicu između dvaju plemena, mislim na granicu duž Velebita, gdje i danas se zna gdje su dolazili na ispašu Primorci, a gdje Ličani, tako da se područja gotovo podudaraju s onima iz početka prvoga stoljeća. Kada je linija okomita na navedenu granicu duž Velebita, ali okrenuta prema moru, dolazi se do graničnog kamena Ortoplina iznad današnje Stinice koja ukazuje na podjele između plemena ili pojedinih područja na primorskoj strani u to rimsko vrijeme.

Sam tekst određuje prvi puta ne samo na našem tlu, vodnogospodarski odnos prema korištenju vode. To je od izuzetnog značaja za to razdoblje, odnosno za definiranje odnosa prema vodi i korištenju vode, pogotovo što je voda za napajanje stoke bila važan faktor gospodarske stabilnosti i jednog i drugog plemena. Samim time se daje zaključiti da je rimska država imala izražen odnos prema gospodarenju vodom, što se zna iz povijesti aquadukata, vodosprema, kvalitete cijevi za protok vode i cijelog sistema koji je tada bio prisutan. Međutim, ovo je prvi puta da se vodnogospodarski resurs van gradskih sredina definira pravno, što omogućava razvoj, a očito i mir među plemenima na tom području.



Slika 3: Livade Begovače s izvorom (u dnu slike), u pozadini Begovački kukovi

Foto: inž. Boško Varićak-Keranović

«Pisani kamen» i granični kamen u Stinici, su najsjevernije točke graničnih podjela koje je uspostavila rimska upavna vlast na istočnom Jadranu i samim time dala značaj tome području, ali i odredila i upravne granice unutar svojih provincija. Odnosno, to je do danas otkriveno i znanstveno obrađeno jer se zna da su takve upravne podjele bile i u drugim krajevima Rimskog carstva. Danas se zna da i Plinije i Prolomej, između ostalog, spominju Ortoplu (Stinica), Lopsicu (Sv.Jaraj), Seniju (Senj), te

činjenicu da Japodima pripada obala od Histra na rijeci Raši do Zrmanje gdje počinju Liburni.

Sam natpis na «Pisanom kamenu» znanstveno je obradio akademik Duje Rendić-Miočević i datirao ga je u 30. – 70. godine poslije Krista., dakle u post Dollabelino vrijeme kada su se rješavali upravni odnosi u rimskoj provinciji prema njegovom projektu.

Odnos naroda prema «Pisanom kamenu» je vrlo interesantan. Kako nisu znali pročitati što na njemu piše a i izgubilo se predajom prvobitni značaj, pogotovo što je poslije povlačenja Turaka, u Liku došlo novo stanovništvo, zadržali su taj oblik riječi «PISANI». Dakle na njemu piše, ali se ne zna što. Možda je sveto ili je možda posvećeno Svevišnjemu. Stoga su se ljudi kroz stoljeća odnosili prema tome zapisu na kamenu s poštovanjem, tako da i danas šutke prolaze uz kamen kada idu putem po drva ili ranije kada su išli sa stokom na ljetnu ispašu. Područje je tretirano od naroda gotovo kao sveto tako da nitko ni u blizini ne sječe drva. Primjera radi, uz sam natpis se i danas vidi panj debele jele koja je tek negdje 70-ih godina posječena. Zbog svih navedenih razloga, natpis je i danas in situ.

Današnja Lika je posljednje područje u ovome dijelu Rimskog carstva koje je osvojeno unatoč činjenici da je Oktavijan 35. godine prije Krista, u krvi pobijedio Japode, ipak još dugo su zadržali sva svoja obilježja života i kulture. Rimljani su morali otvoriti put preko Like od Petovije (Ptuja) i Siscije (Sisak) do mora radi trgovačkih puteva. Tek stabilizacijom rimske vlasti na području Japoda i dolaskom Kornelija Dollabele, 14. godine poslije Krista, kao namjesnik imperatora Augusta na područje Ilirika, nastaju značajne promjene u upravi koje traju i poslije njegovog odlaska 20. godine poslije Krista. Usput: tek od Dollabele se počinje upotrebljavati naziv Dalmacija za cijelo današnje područje Dalmacije.

POVIJESNI ZNAČAJ

Nakon rimske kulture gdje su nađeni ostaci 3 sarkofaga, ostaci miljokaza, rimska cesta za Prozor i ceste za Jablanac, gotovo ništa nije arheološki istraženo, uključujući i fragmentalno istraživanje Srednjega vijeka. Pokušat ću samo navesti određene značajke lokaliteta;

- grad na Mlakvenoj gredi za kojega se zna da je bio banovski sudbeni stol između 9. i 11. st. u vrijeme hrvatskih narodnih vladara,
- do turskog prodora nakon bitke na Krbavi bilo je u Kosinju 7 crkava,
- kao i centralna utvrda kosinjskog kneza, kasnije Anža Frankopana, Bočač, imala je i tri utvrde koje su čuvala ulaz u kosinjsku dolinu kao i stražarska utvrda uz cestu radi kontrole,
- raskrsnica puteva u Srednjem vijeku s jezerom i ostacima zgrada gdje su se mjenjali konji i bile gostinjske sobe, s još uvijek očuvanim srednjevjekovnim suhozidom koji je čuvao prilaz vodi,
- nađeni glagoljaški natpisi,
- jedna od prvih tiskara u Europi i na svijetu koja je iznjedrila 1483.g. prvu štampanu knjigu u Hrvata, u Južnih Slavena i u Slavena uopće, bio je to Kosinjski misal po odobrenju rimskog dvora. Prvi puta u povijesti štampana je crkvena knjiga na pismu jednog naroda – glagoljica.

- već 1491.g. je štampan i brevijar, gdje u kolofonu pouzdano stoji da je nastao u Kosinju.
- u toj dolini bila su i dva samostana, od toga jedan Pavlinski

Bila je sjecište kopnenih puteva sjever-jug, istok-zapad i za hodočasnike naših južnih krajeva koji su išli pješice u Vatikan.

I onda početkom 16.st. dolazi pod vlast Turaka čiji beg je stolovao u Perušiću. Spušta se zavjesa povijesti koja je prekrila Kosin i bacila u zaborav sve što je stoljećima stvarano u kulturi jednog naroda. Kao dio toga danas vraćamo fragmente kulture i života koji se nikada neće do kraja otkriti i neće se vratiti u onom značaju u kojem je bio.

Lika je oslobođena 1689.g., a Karlovačkim mirom 1699.g. pripala je ponovo Hrvatskoj. Ipak nije ponovila svoj prijašnji sjaj i bogatstvo kulture i života, pa tako ni Kosin koji treba vidjeti da bi se volio kao dio ukupne hrvatske datosti.



Slika 4: Mlin na potoku Bakovac (pritoka rijeci Lici)

Foto: inž. Boško Varićak-Keranović

Nakon uspostave Gutenbergova izuma, u Bologni se 1472.g. tiskala prva zemljopisna karta. Bio je to pretpisak Ptolomejeve karte. Interesantno je spomenuti da se Kosin spominje pod raznim nazivima: Khesin, Cosin ili Kosin i ucrtavan je u karte od početka 16.st. pa sve do polovice 18.st. S obzirom da su se tada ucrtavala značajnija mjesta, postavlja se pitanje «zbog čega je bio Kosin toliko značajan da su ga unosili kartografi iz Ugarske, Austrije, Italije pa sve do Amsterdama». Najstarija zemljopisna karta do sada znana je Lazarusova karta iz 1515.g. tiskana u Ingolstadtu. Talijanski kartografi počev od Gastaldija 1560.g. navode Kosin u toku 16.st. osam puta u zemljopisnim kartama. Kao najznačajniji su Sambucu i Barenza, koji je 1595.g. u Veneziji štampao kartu na kojoj je Kosin. Znamo da je Kosin naveden i u karti tiskanoj u Amsterdamu u čuvenom Ortelijusovom atlasu 1595.g. na karti naših krajeva pod naslovom «Iliricym»

- tabla 92. U Austriji Qrojter štampa 1630.g., a Pavao Ritter Vitezović 1699.g. na našoj prvoj tiskanoj karti unosi Kosinj. Posljednja povijesna karta na kojoj je Kosinj, bio je tisak Johana van der Brugena iz 1737.g. u Beču. Još predstoje dugotrajna istraživanja da bi se utvrdio obim i značaj Kosinja na zemljopisnim karatama tiskanih u to vrijeme. Interesantno je spomenuti da kod svih do sad nađenih karata, Kosinj je ispravno lociran i uvijek se nalazu uz rijeku Liku. Zasigurno postoje ekonomski, društveni i kulturni razlozi zbog kojih je Kosinj unesen u karte. Ne znamo danas zašto, ali se nadamo da će znanost dati odgovor.

PRIRODA I NJEZINE ZNAČAJKE

Danas se smatra da je kosinjska dolina jedna od najljepših dolina planinskog tipa uz obale Mediterana. Okružena planinama, sa zapadne i jugozapadne strane obgrljuje je Sjeverni Velebit, najznačajniji dio najljepše hrvatske planine. Prosječna nadmorska visina same doline je 511 metara, dok se uokolo nalaze planinski vrhunci iznad 1000 metara. Kosinjska dolina na jugozapadu završava ispod vrha Veliki Kozjak 1620 m, koji je najljepši vrh u Velebitu. To je kamena kupa koja blješti u ljetu, a zimi i u proljeće djeluje poput bisera prepuna snijega, koja niče iz šumskog prostranstva, dok je uzduž prate vrhunci Sjevernog Velebita koji je dijele od mora. To je tipična krška dolina, međutim posebna joj je karakteristika da su joj sve pobočne strane pokrivene šumom, što joj daje posebnu ljepotu. Ukupna dužina doline je 27 km, a dijeli se na Kosinjski Bakovac i Lipovo Polje. Preko sedla Oltari i Goljak jaka je cirkulacija zraka s mora i s vrhova Velebita koji uvjetuju izuzetno dobru izmjenu zraka. U dolini se nalazi 15 sela i zaselaka.

Od prirodnih ljepota svakako treba spomenuti dvije spilje u bokovima brane Kruščice (Horvatova i Poljakova) za koje se tvrdi da su, pogotovo Horvatova, jedna od najljepših u ovome dijelu europskog krša.

U sred Kosinja se nalazi kameni most koji je projektirao otac moderne hrvatske mostogradnje, Inž. Frković, koji ga je projektirao 1925.g., dok je gradnja završena 1936.g. Most je građen po uzoru na staru hrvatsku mostogradnju (uklinjenje kamena), te je po svojoj ljepoti znan i postoji tvrdnja da je jedan od tri najljepša mosta na europskom tlu. Kroz dolinu teče rijeka Lika, vrlo bogata vodom tako da je prosječni godišnji protok kod kosinjskog mosta 29,20m kubičnih u sekundi, dok je godišnji prtok u jezero Kruščica 27,9 m kubičnih u sekundi. To je rijeka koja je po količini vode druga ponornica u Europi, a ponire na kraju doline. Novija istraživanja koje je obavljao Dr. Nikola Tvrtković dokazala su da u ponorima rijeke Like živi u podzemlju u vječnoj tami jedinstvena školjka na svijetu.

Na ulazu u samu dolinu na rijeci Lici nalazi se brana Kruščica s akumulacijskim jezerom u kojem je maksimalna količina vode cca 130 miliona kubnih metara vode, a na kraju doline, prije ponora kod sela Selište, nalazi se tunel kojim voda odlazi prema Švici, da bi tamo padala na turbine u Sv. Jurju (HE SENJ).

Samo u dvorcu Hampton Court, Henrica VIII, postoji loza iz 1768.g. koju je posadio Lancelor Brown, koja je deblja od one u Kosinju. U Engleskoj je posebno njeguju, dok se za ovu u Kosinju niti ne zna. Obujam joj je 57 cm, ali je samo najdeblja u starom vinogradu za kojega se zna poimence imena 7 generacija koja su vodila brigu o njemu. Ustanovljeno je da postoje dvije sote grožđa za koje nigdje ne postoji nikakav podatak o tim vrstama. Predpostavlja se da spadaju u prastare indoeuropske sorte koje nije uništila

peronospora početkom 20.st Dok ostale sorte grožđa koje poznajemo, podnose zimske temperature do minus 15st C, ova sorta bez problema podnosi i minus 30st.C. Nakon peronospore svaka loza se cijepi , dok kod ove se odreže grančica, zabode u zemlju i nakon godine dana daje istu sortu. Institut za vinogradarstvo Hrvatske čeka rezultate starosti putem DNK metode iz USA, a daljnjim znanstvenim pristupom i nastojanjem da se dobije vino novih organoleptičkih svojstava. A daleke 1835.g. Franjo Julije Fras, navodi podatak da je u Kosinju pod vinogradom 22 jutra zemlje.

ZAKLJUČAK

Ovim referatom pokušao sam samo zagrepsti malo u povijest koja nam je toliko bogata da lakonska odrednica da pripadamo mediteranskom krugu je činjenica iz koje se stvarala Europa, čime ne trebamo dokazivati pripadnost, nego njen sadržaj. Činjenica da imamo jedan od najstarijih europskih vodnogospodarskih zapisa o korištenju vode, govori u prilog tome. Čuvajući zapis na kamenu u srcu Velebita, čuvamo sebe i svoju trajnu opstojnost na ovim prostorima. Želio bih završiti meni

najljepšim stihovima koji su napisani o vodi. Uklesani su u Živogošću u Makarskom primorju na živoj stijeni pokraj franjevačkog samostana iz 18.st. Uklesani stihovi nastali su za vrijeme Antike u 4.st. Oda (epigram) je u počast vreli koje je tu nekad izviralo i nakon kratkog toka utjecalo u more. Tu se u rimsko vrijeme nalazilo imanje (villa rustica) nekog Lucinijana.

*Litorea pressus scruposae margine rupis
inriguus gelido defluit amne latex,
cuius perspicuo per levia saxa meatu
praedulcis salsam perluit unda Tethyn.
Indigenis gratus, preterlabentibus almus;
incola delicias, advena laudat opes.
«Salve, Nymfa, meos dignata invisere fines
et celebrem cunctis conciliare locum.
Nostra salutifero tu mactas predia fonte,
Licinianus ego carmine te dominus».*

Izvor-voda tu bujna i mrzla, rječica prava,
izbija, guši je rub obalni – na kršu hrid;
nakon bistra joj toka po oblom i glatkome žalu
slatki plače joj val Tetijin od soli dom.
Domaćem mila je življu, blagodat svakom na putu;
mještanim hvali joj slast, namjernik napose moć.
Zdravo, Nimfo, što zemlju udostojas s' običi moju
slavnim čineć kod svih ovaj predivni kraj.
Vrelom spasonosnim posjed moj počastila ti si –
tebe pjesmom pak ja – vlasnik Licinijan.

Literatura

Karl Patsch - Die Lika in ROMISCHER ZEIT, Wien, 1900.

Franjo Julije Fras - Topografija Karlovačke vojne krajine(Mjestopis iz 1835.g.) Agram, 1835.
Vjesnik arheološkog muzeja u Zagrebu, Poseban otisak, akademik Duje Rendić, Miočević, Zagreb, 1968.

Dr. Rudolf Horvat – Lika i Krbava, Matica Hrvatska, Zagreb, 1941.

Studija utjecaja na okoliš gradnje autoputa kroz Liku - tunel Mala Kapela (jug) – Žuta Lokva – Otočac

Sveuč.prof. Ivan Šarić – Povijesna i kulturološka obilježja prostora

Dr. Željko Poljak – Velebit, Zagreb, 1969.

Akademik Duje Rendić-Miočević – Carmina Epigraphica, Split, 1968.

Chronic des Gutenberg – Jahres 1968, Verlag der Gutenberg – Gesellschaft, Mainz, 1969. Izdanc u povodu 500. godišnjice Gutenbergova izuma.

Svjetska karta širenja knjigotiska objavljena u Meinzu 1962. koji je znanstveno obradio Dr. Helmut Presser, direktor Gutenbergova muzeja i šef katedre za povijest štamparstva u Meinzu. Objavljen je izbor najvažnijih gradova svih pet kontinenata uz navedene godine u kojima su u njima osnovane štamparije.

Autor:

inž. Boško Varićak-Keranović

Klaićeva 60

Tel./fax: 01/3774-701



3. HRVATSKA KONFERENCIJA O VODAMA HRVATSKE VODE U 21. STOLJEĆU

OSIJEK 28. - 31. SVIBNJA 2003.

Rad 6.09.

Vodograđevna služba u Hrvatskoj do početka 20. stoljeća

Branko Vujasinović

SAŽETAK: Prilog obrađuje organizaciju vodograđevne službe na području Hrvatske od početka djelovanja Sabora kraljevine Hrvatske, Dalmacije i Slavonije 1557. godine i institucija koje su bile nadležne za uređenje voda. Do 1770. godine u Hrvatskoj ne postoji vodograđevna služba. Prva institucija koja se bavila vodnim graditeljstvom u Hrvatskoj je Ugarska vrhovna građevna uprava sa uredima i u Hrvatskoj. Hrvatski uredi za vodograđevine osnovani su 1850. godine kada je osnovana Zemaljska građevna direkcija u Banskoj vladi koja je djelovala do 1869. godine. Po osnivanju Zemaljske vlade 1868. godine osnovan je Odsjek za građevinarstvo u kom je vodograđevni odjel. Od 1898. godine osnovan je Gospodarski odsjek sa kulturno-inženjerskim uredom koji je 1904. godine postao Kulturno tehnički odsjek vlade u kom je od 1908. godine Građevna uprava za regulaciju Save.

KLJUČNE RIJEČI: građevni ured, hidrotehnička služba, hidrotehnički radovi, hidrotehnički ured, uređenje voda, vodograđevna djelatnost, vodograđevna služba, vodograđevni radovi,

Hydraulic Engineering Services until Early 20th Century

SUMMARY: The paper deals with organization of hydraulic engineering services at the Croatian territory after establishment of the Parliament of the Kingdom of Croatia, Dalmatia and Slavonia in 1557 and the institutions that were in charge of water regulation. The hydraulic engineering service was not established in Croatia until 1770. The first institution to deal with the hydraulic engineering construction in Croatia was the Supreme Hungarian Construction Directorate, which had its offices in Croatia. The Croatian hydraulic engineering offices were established in 1850, when the National Construction Directorate was set up by the Government of the Civil Croatia which ruled until 1869. After establishment of the Government in 1868, the Construction Sector was set up which included the hydraulic engineering department. In 1898, the Economic Sector was established with a rural engineering department that became the Government's Rural Engineering Department in 1904 that from 1908 involved the Sava River Regulation Directorate.

KEYWORDS: construction office, hydraulic engineering service, hydraulic engineering works, hydraulic engineering department, water regulation, hydraulic engineering sector, hydraulic engineering service and structures

1. Uvod

Namjera priloga je pregled djelovanja vodograđevne službe na području Hrvatske. Zbog boljeg uvida u djelovanje službe, prilog je podijeljen na razdoblja iz hrvatske političke povjesti koja su bitna i za vodograđevnu službu i njene oblike djelovanja.

Prilog ima namjeru ukazati na kontinuitet djelovanja vodograđevne službe u Hrvatskoj od polovine 19. stoljeća kada je počela sustavna gradnja nasipa za obranu od poplave, na regulaciji rijeka i radovima na odvodnjavanju i melioracijama močvarnih područja. Nastojalo se u zadanom opsegu pružiti uvid u nadležnosti Kralja, Sabora, Bana, i drugih institucija državne zajednice u Austriji, od 1868. godine i Zemaljske vlade u Austro-Ugarskoj monarhiji te državnih ureda ili tijela nadležnih za vodograđevne radove na području Hrvatske. Kako je o ovim službama do sada mnogo nepoznatog, nastojalo se ukratko obuhvatiti sve relevantne činjenice radi sažetog pregleda djelovanja službi koje su obavljale vodograđevnu djelatnost na području kraljevine Hrvatske i Slavonije. Za potpuniji uvid u oblike djelovanjae vodograđevne službe i njenih ureda, preostaje u opsežnijem radu obuhvatiti to djelovanje do kraja 20. stoljeća gdje se treba obuhvatiti područja Istre, Rijeke, Dalmacije i Dubrovačke Republike koja tada nisu bila u sastavu kraljevine Hrvatske i Slavonije.

2. Razdoblje 1527-1740.

Poslije 1102. godine kraljevina Hrvatska i Slavonija su od 1527. godine zajedno sa Ugarskom pod vlasti dinastije Habzburga. Od 1533. godine do polovine 19. stoljeća zakonodavna vlast je podijeljena između kralja i Sabora. Iako je Sabor za područje Hrvatske i Slavonije bio ne samo zakonodavni već i najviši upravni organ do sredine 19. stoljeća, ovlasti Sabora su ograničene zbog izvršne vlasti kralja. Sabor je imao u nadležnosti i uređenje rijeka, izgradnju i popravak nasipa, otklanjanje šteta od poplava i dr.

Od 1527. godine kraljevina Hrvatska i Slavonija i kraljevina Ugarska imaju zajedničkog vladara – kralja. Kralju pripada vrhovna izvršna vlast koju provodi preko svojih ureda. Dvorska kancelarija je izvršni organ i do 1620. godine bila je zajednička za sve Habzburške zemlje kada je osnovana Austrijska dvorska kancelarija. Godine 1690. za područje Ugarske i Hrvatske osnovana je Ugarska dvorska kancelarija u čijoj nadležnosti su poslovi koji su u kraljevoj izvršnoj vlasti u što je od vodograđevnih radova spadala izgradnja kanala, radovi na uređenju vodotoka, reguliranje rijeka i radovi iz tog djelokruga. Poslije je na području Hrvatske i Slavonije djelovalo Ugarsko Namjesničko vijeće osnovano 1723. godine kao izvršna kraljeva institucija za područje Ugarske koje je djelovalo i u Hrvatskoj i Slavoniji od 1780. godine nakon što je u Hrvatskoj takav ured ukinut. Ugarsko Namjesničko vijeće u svom djelovanju obavljalo je i poslove uređenja vodotoka, reguliranja rijeka, gradnju kanala za odvodnjavanje i poslove obrane od poplave. Za obavljanje tih radova u Budimu je postojao ured s nazivom "Direkcija vodnih građevina" sa odjelom za brodarstvo (za uređenje plovniha rijeka) a imao je ovlaštenja i za djelovanje u Hrvatskoj i Slavoniji. Godine 1771. osnovana je Ugarska zemaljska Vrhovna Građevna uprava (Directio Hydraulico-aedilis Regni Hungariae -ili- Regia suprema hydraulico aedilis directio in Hungaria- u Hrvatskoj poznata i kao Ravnateljstvo za plovidbu) koja je za obavljanje poslova imala ispostave u Hrvatskoj.

U razdoblju između 1527. i 1740. godine u Hrvatskoj nema posebnog zemaljskog ureda ili službe koja je obavljala radove samo iz područja uređenja voda ili se bavila vodograđevnim djelatnostima jer je to u nadležnosti Ugarskih ovlaštenja. U Hrvatskoj postoje Građevni uredi u županijama koji su obavljali i vodograđevne radove na području županije. Razlozi su u političkim odnosima Hrvatske prema Beču i Pešti kao i ratni uvjeti uz još slabo razvijeno gospodarstvo.

Od 16. stoljeću hrvatski Sabor donosio je Odredbe o čišćenju rijeka da bi se plovnim rijekama dopremala ratna oprema i obavljala opskrba vojske te prijevoz topova. Kralj je za obavljanje tih poslova imenovao graditelja koji je nadzirao predviđene gradnje i uređenje voda na području Hrvatske i Slavonije.

Početkom 18. stoljeća Sabor je donosio odluke za gradnju ili popravke nasipa, za radove na uređenju rijeka za plovidbu, za čišćenje i regulaciju vodotoka i potoka, prijedloge za regulaciju rijeka za plovidbu i druge radove koji spadaju u uređenje voda. U Zaključcima Sabora zadužuju se osobe za izvedbu i nadzor tih radova što je dokaz da ne postoji ured ili institucija koja se posebno bavi uređenjem voda.

U tom razdoblju Istra, Rijeka i Dalmacija su izvan kraljevine Hrvatske i Slavonije i na njihovom području uređenje voda i vodograđevni radovi su u nadležnosti Mletačke republike ili Habzburške monarhije.

3. Razdoblje 1740-1780.

Razdoblje vladanja Marije Terezije je vrijeme velikih reformi unutar carevine. Već 1742. g. osnovana je Državna kancelarija kao predstavnik Dvorske kancelarije koja se bavila i unutarnjim poslovima. Zakonski članak 14. iz 1751. godine odnosio se na mjere za stalno održavanje plovidbe plovnim rijekama na području Monarhije za čiju provedbu je bila nadležna Dvorska komora u Beču. Od tada su inženjeri Dvorske komore nadležni za uređenje voda, regulacije rijeka za plovidbu, gradnju plovnih kanala i održavanje glavnih vodenih putova i u to vrijeme u Hrvatskoj se postupno osnivaju uredi u županijama s ovlastima za uređenje voda unutar područja županije. Godine 1760. osnovano je Austrijsko državno vijeće u čijoj nadležnosti je i područje Hrvatskog i Ugarskog kraljevstva a 1765. godine osnovano je Kraljevsko vijeće za Dalmaciju, Hrvatsku i Slavoniju. Vijeće je osnovano sa svrhom da provodi odluke vlade u Beču a djelovalo je do 1779. godine kada je njegove nadležnosti preuzelo Ugarsko Namjesničko Vijeće u Pešti u kome Ban ima mjesto savjetnika. U nadležnosti Vijeća su poslovi uređenja voda, regulacije rijeka i drugi vodograđevni poslovi. Tim činom je Hrvatska došla pod izravni utjecaj Ugarske sve do 1848. godine. U to vrijeme najvažnije odluke dolazile su iz Beča kao patentni carice koje su Vijeće i županije provodile.

U nadležnosti Dvorskog ratnog vijeća u Beču unutar Ugarske dvorske komore osnovana je 1771. godine Ugarska zemaljska Vrhovna Građevna uprava (*Directio Hydraulicco-aedilis Regni Hungariae -ili- Regia suprema hydraulico aedilis directio in Hungaria-* u Hrvatskoj poznata i kao Ravnateljstvo za plovidbu) koja je poslije ukinuća Komore 1784. godine podređena kr. Ugarskom Namjesničkom vijeću. Ravnateljstvo za plovidbu imalo je odsjek za Dunav od Zemuna do Passaua sa 4 pododsjeka i Odsjek za Savu, Kupu i Ljubljanicu sa 4 pododsjeka.

Od strane Dvorske komore donesena je 1777. godine uredba o osnivanju Uprave za regulaciju Dunava kao i Dekret o plovidbi donesen Dvorskom naredbom 1780. godine. Dekret je značajan za povijest uređenja voda jer je sadržavao uputstva i odredbe o plovidbi i plovnim putovima, o vodno-gospodarskoj službi, o upravljanju i održavanju rijeka za plovidbu, o tehničkoj strani provedbe uređenja rijeka za plovidbu, osnivanje stalne službe za održavanja plovidbe na plovnim rijekama i drugo. Dekretom su bili predviđeni mnogi poslovi ali nisu bili riješeni.

Ugarski uredi nadležni za uređenje plovnih rijeka i održavanja plovidbe imaju svoje ispostave i na području Hrvatske (Zagreb, Varaždin, Osijek).

U nadležnosti Sabora u Hrvatskoj i Slavoniji postupno su osnivani Građevni uredi u županijama koji od 1773. godine postoje u Zagrebačkoj i Varaždinskoj županiji a od 1777. i u Križevačkoj županiji i bave se građevinskom djelatnosti (ceste, mostovi, vodogradnje i dr.) na području županije..

4. Razdoblje 1780-1848.

Godine 1782. osnovani su Ujedinjeni dvorski uredi a Ugarska komora sjedinjena je s Ugarskim namjesničkim vijećem a kraljevi uredi u Beču, Požunu i drugdje podložni su Carskom kabinetu u Beču. Od 1790. godine ponovo je uspostavljena Komora u čijoj nadležnosti je Vrhovna Građevna uprava (Ravnateljstvo za Graditeljstvo). Vrhovnoj Građevnoj upravi sa sjedištem u Budimu podređeni su Glavni inženjeri /Dirigentes geometrae/, jedan za kr. Hrvatsku i Slavoniju i jedan za Riječki Gubernij uz kojega postoji i voditelj brodogradnje /Director constructionis navalis/. U Hrvatskoj je glavni inženjer podređen Zagrebačkoj Komorskoj upravi a ured je imao službeni naziv "Officium Hydraulicum - aedile".

Od 1815. godine u Vrhovnoj Građevnoj upravi čije je sjedište u Budimu, zbog većih poslova osnovan je Vodograđevni odjel (Departamentum navigationis) a Građevni odjel vodio je arhitekt. Isti naziv i struktura Vodograđevnog odjela ostao je do 1848. godine. Istodobno u nadležnosti Sabora u Hrvatskoj i Slavoniji otvaraju se Građevni uredi u županijama (od 1773. u Zagrebačkoj i Varaždinskoj, od 1777. i u Križevačkoj županiji). Od 1783. godine su uredi u Severinskoj i Srijemskoj županiji, od 1785. u Virovitičkoj županiji, od 1795 u Požeškoj županiji tako da od 1800. svih 6 županija ima Građevne urede (Severinska županija djelovala je samo do 1787. godine). Ovakvo stanje Građevnih ureda ostalo je sve do 1850. godine.

5. Razdoblje 1848-1868.

U proljeće 1848. godine osnovano je Bansko vijeće i prvi građanski Sabor kraljevine Hrvatske, Slavonije i Dalmacije. Sredinom 1848. godine Bansko vijeće ima više odsjeka. U odsjeku za Unutarnje poslove u nadležnosti su javni radovi među koje spada uređenje rijeka i vodotoka, izgradnja i popravak luka, kanala i nasipa.

Po donošenju ustava 1849. u Hrvatskoj je izvršena reforma državne uprave. Patentom od 4. ožujka 1849. godine car je proglasio kao zemaljske i poslove javnih građevina koji se izvode o zemaljskom trošku. Umjesto Banske vlade vlast ima Namjesništvo koje je podređeno vladi u Beču. Namjesništvu u Hrvatskoj i Slavoniji podređene su županije koje su nadležne za one poslove građevinarstva koji nisu u nadležnosti ministarstva financija ili drugih institucija u zemlji. Nova organizacija uprave u Hrvatskoj i Slavoniji s Primorjem i Rijekom provedena je od 1.1.1851. godine. Banska vlada djelovala je od 1.7.1850. godine kada je osnovana Zemaljska Građevinska Direkcija (Landes-Baudirektion für Croatien und Slavonien) sa sjedištem u Zagrebu u čijoj nadležnosti su okružni Građevni uredi u Brodu, Kamenici, Osijeku, Rijeci, Sisku, Varaždinu i Zagrebu i do 1861. godine su Građevni uredi u sjedištima županija u Zagrebu, Varaždinu, Požegi, Osijeku, Rijeci a postoje i građevne ispostave u Jaski, Vukovaru, Virovitici, Križevcima, Sisku.

U vrijeme Bachovog apsolutizma 1861. osnovano je Namjesničko vijeće za Dalmaciju, Hrvatsku i Slavoniju. Od kraja 1862. godine Građevno Ravnateljstvo podređeno je Namjesničkom vijeću a 2.6.1863. godine ukinuti su Građevni uredi u Kamenici i Brodu

i osnovani novi u Vukovaru i Virovitici koji su djelovali do novog preustroja 1870. godine kada je u Odjelu za unutarnje poslove osnovan Građevni odsjek nadležan za poslove javnih građevina: za ceste i putove, za vodograđevine (kanale, melioracije, odvodnjavanje, navodnjavanje, vodno prava i sl.) i ostale građevine.

6. Razdoblje 1868.-1918.

Poslije Hrvatsko-Ugarske Nagodbe 1868. godine u Hrvatskoj je izvršena nova organizacija državne uprave i u njoj vodograđevne službe. Za Hrvatsku vodoprivredu razdoblje poslije 1869. godine posebno je značajno je zbog osnivanja ureda koji se bave vodograđevnim radovima..

Hrvatski Sabor donosio je zakone za poslove iz nadležnosti prema Nagodbi. Hrvatsko-slavonsko-dalmatinska zemaljska vlada osnovana je 16.8.1869. i na čelu vlade je Ban. Zemaljska vlada imala je tri odjela od kojih je u Odjelu za unutarnje poslove odlukom Sabora 1870. godine osnovan Građevni odsjek koji od 1871. godine ima u nadležnosti: javne prometnice po kopnu i vodi, državne i ostale ceste, plovidbu po rijekama, željeznice, provedbu vodnog prava, uređenje rijeka i potoka, vodovode, odvodnju tla, navodnjavanje te javne građevine i izvlastbe.

Poslije pripojenja Vojne krajine Banskog Hrvatskoj (1881.) godine osnovane su 1886. nove županije sa sjedištima u Gospiću, Ogulinu, Zagrebu, Varaždinu, Bjelovaru, Požegi, Osijeku i Vukovaru u kojima su Građevni uredi koji su nadležni i za vodograđevne radove.

Prema Nagodbi iz 1868. godine od 1867. do 1889. veći dio vodograđevnih i brodarstvenih (plovidbenih) poslova je u nadležnosti Ugarskog ministarstva za javne radove i komunikacije. Kod reorganizacije Ugarskih ministarstava 1889. dotadašnje ministarstvo javnih radova i komunikacija preimenovano je u ministarstvo za trgovinu dok je ministarstvo za poljodjelstvo, obrt i trgovinu preimenovano u ministarstvo za poljodjelstvo. U nadležnosti ministarstva poljodjelstva od tada su poslovi: iz prava na vodu, regulacije vodotoka, obrana od poplave, čišćenje riječnih korita, održavanje plovničkih rijeka i zimovališta, održavanje kopitnica i vodograđevina (osim onih na cestama i željeznicama), vodenice, svi riječki mjernički uredi i ispostave.

U ministarstvu trgovine je Glavni odsjek za vodograđevine pod čijom upravom su: plovidba na rijekama, plovnim kanalima i jezerima, nadzor brodarskih društava i plovidbe osim splavarenja na neplovnim rijekama, nadzor plovidbe na donjem Dunavu, pomorske gradnje u Rijeci, upravni, gospodarstveni i brodarstveni (plovidbeni) poslovi i Franjin kanal. U Glavnom odsjeku su Odjeli: 1. za Dunav, 2. za Tisu i 3. za Vodno pravo. Osim ovih osnovani su:

Zemaljski kulturni inženjerski ured koji je nadležan za poslove melioracija, ribarstva i druge poslove u nadležnosti ministarstva i

Hidrografski odsjek nadležan za hidrografske podatke, vodostaje, izmjere na vodotocima, mjerenje protoka i drugo.

Riječki inženjerski uredi su u Osijeku, Sisku i Mitrovici.

U Zemaljskoj vladi je 1898. godine osnovan Gospodarski Odsjek sa kulturno-inženjerskim uredom koji je od 1904. godine djelovao kao Kulturno-tehnički odsjek Zemaljske vlade pod čijom nadležnosti je od 1908. godine Građevna uprava za regulaciju Save.

Neposredno pred kraj rata 1917. godine bila je reorganizacija u Zemaljskoj vladi od kada je Građevini odsjek nadležan za cestogradnje, mostogradnje, strojarstvo i elektrotehniku a u Odjelu za Gospodarstvo je Odsjek za vodograđevine.

Takva organizacija građevinske i vodograđevne djelatnosti dočekala je poslije propasti Austro-Ugarske monarhije novu državu Kraljevinu SHS kada je izvršena nova organizacija vodograđevne službe u Hrvatskoj.

Literatura:

1. Bedeković, K. (1891): Javne građevine u kralj. Hrvatskoj i Slavoniji za posljednjih 50 godina, Zagreb
2. Beuc, I. (1969): Povijest institucija državne vlasti u Hrvatskoj (1527-1945), Zagreb
3. Calendarium Zagrabiense, (1745-1835), Zagreb
4. Ferich, pl. M. (1909): O reorganizaciji tehničke službe, Vijesti hrvatskog društva inženjera i arhitekta, 6, Zagreb, XXX
5. Hrvatske kraljevske konferencije, (1987), sv. 2, (1717-1728), Arhiv Hrvatske, Zagreb
6. Hrvatske kraljevske konferencije, (1988), sv. 3, (1728-1741), Arhiv Hrvatske, Zagreb
7. Hrvatske kraljevske konferencije, (1992), sv. 4, (1742-1792), Arhiv Hrvatske, Zagreb
8. Hrvatske kraljevske konferencije, (1993), sv. 5, (1797-1848), Hrvatski državni Arhiv, Zagreb
9. Hrvatske kraljevske konferencije, (1985), sv. 1, (1689-1716), Arhiv Hrvatske, Zagreb
10. Hrvatski državni Arhiv (H.D.A.): sign. 86, Zemaljsko Građevno upraviteljstvo (k.k. Landes-Baudirektion für Croatien und Slavonien, Zagreb, 1850-1869.
11. Hrvatski državni Arhiv (HDA), sign. 1, Sabor kralj. Hrvatske, Dalmacije i Slavonije, Zagreb, 1557-1848.
12. Hrvatski državni Arhiv (HDA), sign. 12, Hrvatsko kraljevsko vijeće, Varaždin, Zagreb, 1767-1779.
13. Hrvatski državni Arhiv (HDA), sign. 129. Generalna Inspekcija voda za Hrvatsku i Slavoniju, Zagreb, 1919-1924.
14. Hrvatski državni Arhiv (HDA), sign. 13, Ugarsko Namjesničko vijeće Hrvatsko-slavonski spisi, Budimpešta, 1723-1848.
15. Hrvatski državni Arhiv (HDA), sign. 130, Građevinska direkcija Ministarstva građevina kralj. SHS, Generalna inspekcija Voda (GIV), Zagreb, 1920-1929.
16. Hrvatski državni Arhiv (HDA), sign. 15: Hrvatski spisi Ugarske zemaljske vrhovne Građevne uprave (Regia suprema Hydraulico Aedilis Directio in Hungaria-Königliche Hungarische Landes Ober-bau Direktion), 1823-1846.
17. Hrvatski državni Arhiv (HDA), sign. 164, Banovina Hrvatska-Odjel za tehničke radove, Zagreb, 1939-1941.
18. Hrvatski državni Arhiv (HDA), sign. 219, Nezavisna Država Hrvatska, Ministarstvo Prometa i javnih radova, Zagreb, 1941-1945.
19. Hrvatski državni Arhiv (HDA), sign. 63, Uprava voda i šuma, (Francuska uprava), Karlovac, 1810-1813.
20. Hrvatski državni Arhiv (HDA), sign. 75, Ministarstvo trgovine, obrta i javnih građevina, Beč, 1848-1861.

21. Hrvatski državni Arhiv (HDA), sign. 80, Zemaljska vlada - Odjel za unutrašnje poslove (UOZV) 1869-1921. Zagreb, Odsjek za Građevinarstvo 1873-1918.; Kulturno-tehnički ured 1886-1920.
22. Hrvatski državni Arhiv (HDA), sign. 9, Konferencije kraljevine Hrvatske, Dalmacije i Slavonije, Zagreb, 1685-1848.
23. Hrvatski državni sabor, (2001), Zagreb
24. Hrvatski sabor, (1994), Zagreb
25. Lapaine, V. (1896): Stare i nove vodograđevine u Hrvatskoj i Slavoniji, Zagreb
26. Lapaine, V. (1919): Javna građevna služba u bivšoj Vojnoj krajini, Tehnički list, Zagreb, 1, I.
27. Naredba kr. hrvatsko-slavonsko dalmatinske Zemaljske vlade-odiela za unutarnje poslove od 30.8.1871., Privremene ustanove i naputci za ustrojstvo građevne uprave u kralj. Hrvatskoj i Slavoniji, Sbornik zakonah i naredabah valjanih za kralj. Hrvatsku i Slavoniju (1871), Zagreb,
28. Naredba kralj. Dvorske kancelarije za kralj. Dalmaciju, Hrvatsku i Slavoniju od 30.11.1862. o Privremenom uređenju Građevne uprave, Sbornik zakonah i naredabah valjanih za kralj. Hrvatsku i Slavoniju (1863), Zagreb,
29. Neuer Militär und Wirtschafts-Kalender, (1800-1835, 1845-1871), Agram,
30. Petrović, N. (1978): Plovidba i privreda srednjeg Podunavlja u doba merkantilizma, Beograd
31. Smrekar, M. (1889-1905): Priručnik za političku upravu u kralj. Hrvatskoj i Slavoniji, Zagreb, I-V.
32. Stanisavljević, J. (1903): Spomen knjiga na proslavu 25. godišnjice opstanka Društva inžinira i arhitekta, Zagreb
33. Šematizam kralj. Hrvatske i Slavonije, (1878-1918), Zagreb
34. ***, (1920): Uređenje hidrotehničkih odeljaka u Hrvatskoj i Slavoniji, Tehnički list, Zagreb, 13-14,
35. Vujasinović, B. (2000): Uređenje voda, gradnja plovnih kanala - propisi do kraja 18. stoljeća, Hrvatske vode, Zagreb, 32, 8, s 273-282.
36. Wagner, W. (1978): Sava i Vojni komunitet Brod (1692-1873), Historijski institut Slavonije i Baranje, Zbornik, Osijek, 15.
37. Zaključci Hrvatskog sabora, (1958), sv. I. (1631.-1693.), Državni arhiv Hrvatske, Zagreb
38. Zaključci Hrvatskog sabora, (1958), sv. II. (1693.-1713.), Državni arhiv Hrvatske, Zagreb
39. Zaključci Hrvatskog sabora, (1961), sv. III. (1714.-1735.), Državni arhiv Hrvatske, Zagreb
40. Zaključci Hrvatskog sabora, (1964), sv. IV. (1735.-1743.), Arhiv Hrvatske, Zagreb
41. Zaključci Hrvatskog sabora, (1966), sv. V. (1743.-1749.), Arhiv Hrvatske, Zagreb
42. Zaključci Hrvatskog sabora, (1968), sv. VI. (1749.-1753.), Arhiv Hrvatske, Zagreb
43. Zaključci Hrvatskog sabora, (1970), sv. VII. (1753.-1758.), Arhiv Hrvatske, Zagreb
44. Zaključci Hrvatskog sabora, (1971), sv. VIII. (1759.-1773.), Arhiv Hrvatske, Zagreb
45. Zaključci Hrvatskog sabora, (1974), sv. IX. (1777.-1808.), Arhiv Hrvatske, Zagreb
46. Zaključci Hrvatskog sabora, (1975), sv. X. (1808.-1814.), Arhiv Hrvatske, Zagreb
47. Zaključci Hrvatskog sabora, (1976), sv. XI. (1825.-1832.), Arhiv Hrvatske, Zagreb
48. Zakon o uređenju Građevne službe od 24.12.1894. Sbornik zakonah i naredabah valjanih za kralj. Hrvatsku i Slavoniju (1895), Zagreb,
49. Zakon o vodnom pravu od 31.12.1891. Sbornik zakonah i naredabah valjanih za kralj. Hrvatsku i Slavoniju (1891), Zagreb

50. Zakonski članak XI/1874 zajedničkog hrvatsko –ugarskog Sabora o postupku oko odvađanja zaobalnih voda. Sbornik zakonah i naredabah valjanih za kralj. Hrvatsku i Slavoniju (1874) , Zagreb,
51. Zakonski članak XX./1870 Sabora kralj. Hrvatsku, Slavoniju i Dalmaciju o ustrojstvu Građevne uprave za nadgledavanje cesto i vodograđevine, kanale, gradiva; Sbornik zakonah i naredabah valjanih za kralj. Hrvatsku i Slavoniju , Zagreb,
52. Zakonski članak XXXIX/1872 o Društvima za uređenje vodah, Sbornik zakonah i naredabah valjanih za kralj. Hrvatsku i Slavoniju (1872), Zagreb,
53. Zatezalo, Đ. (1970): Kupa kao plovni put u XVIII i XIX. stoljeću, Radovi i građa iz dalje i bliže povijesti Karlovca, Historijski arhiv, Zbornik, Karlovac, 2

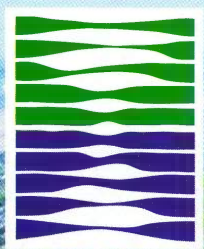
KAZALO AUTORA

Br.	Autor	Rad	Str.				
1	Ahel, Marijan	2. 36	423	43	Bonacci, Ognjen	4. 30	941
2	Ahmetović, Nihada	2. 01	153	44	Borovečki, Dunja	2. 43	471
3	Andričević, Roko	2. 14	247	45	Brajković, Zdravko	4. 08	763
4	Andročec, Vladimir	2. 24	327	46	Branica, Marko	2. 51	527
5	Andročec, Vladimir	4. 07	755	47	Bratoš, Ana	2. 12	235
6	Arbneshi, Tahir	4. 23	883	48	Brezak, Silvio	4. 03	725
7	Artuković, Mara	2. 02	159	49	Brkić, Berislav	4. 19	843
8	Artuković, Mara	3. 15	673	50	Brkić, Željka	2. 06	187
9	Babić, S.	2. 33	401	51	Brkić, Željka	3. 16	683
10	Bačani, Andrea	2. 22	311	52	Bujas, Neven	2. 42	463
11	Bačani, Andrea	3. 01	541	53	Buljan, Renato	4. 11	785
12	Bačani, Andrea	5. 18	1127	54	Burić, Zrinka	2. 07	197
13	Balažić, Damir	5. 17	1119	55	Bušelić, Gordana	1. 01	57
14	Banovec, Primož	2. 03	165	56	Butorac, Anđelko	2. 28	359
15	Banovec, Primož	2. 31	385	57	Caput, Katarina	2. 07	197
16	Banovec, Primož	4. 01	707	58	Carić, Marina	2. 08	205
17	Barbalić, Darko	1. 07	113	59	Carić, Marina	2. 10	219
18	Barbalić, Darko	3. 02	545	60	Cerar, Uroš	2. 31	385
19	Barbalić, Darko	4. 25	899	61	Cetinić, Ivona	2. 09	211
20	Bašić, Ferdo	2. 21	301	62	Cibilić, Alan	3. 03	557
21	Bašić, Ferdo	2. 28	359	63	Cibilić, Alan	3. 07	593
22	Bašić, Ferdo	3. 08	599	64	Ciglencečki, Irena	2. 10	219
23	Bekić, Damir	4. 17	829	65	Crmarić, Ranko	2. 11	227
24	Benić-Einbüchler, Nataša	5. 13	1091	66	Crnčević, Marija	2. 12	235
25	Benović, Adam	2. 12	235	67	Čačić, Ljiljana	4. 04	731
26	Beović, Branka	6. 01	1139	68	Četina, Matjaž	4. 15	815
27	Beraković, Boris	4. 21	861	69	Črnjarić-Žic, Nelida	4. 27	917
28	Berg, van de C. M. G.	2. 36	423	70	Čuka, Anica	5. 02	1001
29	Bešlagić, Zijad	2. 01	153	71	Čuljak, Zdenka	2. 40	451
30	Bilinski, Halka	6. 02	1147	72	Ćosić-Flajsig, Gorana	2. 38	435
31	Bilopavlović, Vinko	4. 26	909	73	Ćosić-Flajsig, Gorana	3. 04	565
32	Biondić, Božidar	P. 04	45	74	Ćosić-Flajsig, Gorana	3. 08	599
33	Biondić, Božidar	4. 02	715	75	Ćosić-Flajsig, Gorana	4. 18	835
34	Biondić, Danko	3. 02	545	76	Ćosović, Božena	2. 10	219
35	Biondić, Ranko	P. 04	45	77	Ćosović, Božena	2. 34	409
36	Biondić, Ranko	4. 02	715	78	Dadić, Miroslav	4. 28	927
37	Bognar, Andrija	5. 01	993	79	Dadić, Vlado	2. 23	317
38	Bogunović, Matko	4. 10	777	80	Danjek, Ivan	4. 13	797
39	Bogut, Irella	2. 04	173	81	Deluka-Tibljajš, Aleksandra	5. 03	1007
40	Bogut, Irella	2. 05	181	82	Denić-Jukić, Vesna	2. 20	295
41	Bojanić, Davor	2. 14	247	83	Dodeva, Stanislava	4. 05	739
42	Bonacci, Ognjen	P. 03	33	84	Dolanjski, Drago	4. 31	951
				85	Dolić, Stjepan	4. 02	715
				86	Domokós, Miklos	P. 01	3

87	Donevska, Katerina	4. 05	739	140	Jasprica, Nenad	2. 08	205
88	Družeta, Siniša	4. 27	917	141	Jasprica, Nenad	4. 12	793
89	Duić, Željko	1. 09	131	142	Jezidžić, Ljiljana	2. 05	181
90	Duplančić Leder, Tea	3. 05	577	143	Jokić, Marija	2. 44	479
91	Đuroković, Zoran	5. 04	1015	144	Jokić, Marija	3. 15	673
92	Erk, Marijana	2. 18	281	145	Josipović, Marko	4. 13	797
93	Fazinić, Zlatko	4. 06	747	146	Josipović, Marko	4. 28	927
94	Filak, Zorana	3. 12	645	147	Jović, Vinko	2. 14	247
95	Filipović, Mira	3. 06	585	148	Jukić, Damir	2. 20	295
96	Filipović, Vlatka	2. 13	241	149	Jula, Graziella	P. 02	23
97	Filipović, Vlatka	2. 18	281	150	Juračić, Mladen	2. 11	227
98	Frančišković-Bilinski, Stanislav	6. 02	1147	151	Jusufi, Selim	4. 23	883
99	Gajić-Čapka, Marjana	1. 02	65	152	Kadić, Vlatko	3. 12	645
100	Gajić-Čapka, Marjana	1. 03	75	153	Kapelj, Sanja	2. 06	187
101	Gašpar, Ivan	2. 28	359	154	Kapelj, Sanja	4. 02	715
102	Gereš, Dragutin	5. 05	1021	155	Karić, Marijan	4. 14	805
103	Gereš, Dragutin	5. 06	1033	156	Karleuša, Barbara	1. 05	91
104	Gereš, Dragutin	5. 07	1041	157	Karleuša, Barbara	5. 03	1007
105	Gereš, Dragutin	5. 16	1113	158	Karleuša, Radoslav	6. 07	1191
106	Gjetvaj, Goran	2. 24	327	159	Kaštelan-Macan, Marija	2. 33	401
107	Gjetvaj, Goran	4. 07	755	160	Kerovec, Mladen	4. 29	933
108	Glavaš, Berislav	2. 37	429	161	Kešetović, Elvis	3. 17	693
109	Glavaš, Berislav	4. 08	763	162	Kisić, Ivica	2. 21	301
110	Gliha, Zlatica	2. 43	471	163	Kisić, Ivica	2. 28	359
111	Gosar, Leon	2. 03	165	164	Kisić, Ivica	3. 08	599
112	Gosar, Leon	4. 01	707	165	Klobučar, Goran I. V.	2. 15	255
113	Gotovac, Hrvoje	2. 14	247	166	Knežević, Božo	5. 08	1051
114	Grbec, Branka	2. 23	317	167	Kolačević, Renata	2. 22	311
115	Grgesina, Dragica	4. 04	731	168	Kolovrat, Ivan	4. 19	843
116	Grubišić, Višnja	2. 22	311	169	Kompare, Boris	2. 03	165
117	Hackenberger, Branimir K.	2. 15	255	170	Kompare, Boris	3. 10	621
118	Hadrović, Blaženka	4. 14	805	171	Kos, Zorko	5. 09	1061
119	Hak, Nena	2. 40	451	172	Košutić, Krešimir	4. 16	823
120	Haničar, Davor	2. 40	451	173	Kovačić, Miron	3. 07	593
121	Hanžel, Darko	6. 02	1147	174	Kozarac, Zlatica	2. 34	409
122	Hojnik, Tomaž	4. 15	815	175	Kršinić, Frane	2. 10	219
123	Holjević, Danko	4. 22	873	176	Krzyk, Mario	4. 15	815
124	Holjević, Danko	4. 27	917	177	Kunst, Branko	4. 16	823
125	Homan-Krtić, Brigita	2. 40	451	178	Kunštek, Duška	1. 06	101
126	Horvat, Bojana	P. 03	33	179	Kuspilić, Neven	4. 17	829
127	Horvat, Bojana	2. 16	265	180	Lajci, Azem	4. 23	883
128	Hrenović, Jasna	2. 17	273	181	Larva, Ozren	2. 06	187
129	Hrenović, Jasna	4. 09	769	182	Leder, Nenad	2. 23	317
130	Husnjak, Stjepan	4. 10	777	183	Leder, Nenad	2. 47	497
131	Hylland, Ketil	2. 15	255	184	Leder, Nenad	3. 05	577
132	Ivanković, Dušica	2. 18	281	185	Lončar, Goran	2. 24	327
133	Ivanković, Dušica	2. 50	519	186	Lončar, Goran	4. 07	755
134	Ivica, Miljenko	3. 09	613	187	Lovošević, Boris	1. 01	57
135	Ivić, Darko	4. 11	785	188	Lovrić, Josip	2. 12	235
136	Ivić, Marija	4. 04	731	189	Lulić, Stipe	6. 03	1155
137	Jakovčić, Tomislav	2. 19	291	190	Luttenberger, Axel	2. 25	335
138	Jakovčić, Tomislav	2. 27	351	191	Madjar, Stjepan	4. 13	797
139	Janežić, Zvonimir	4. 24	889	192	Madjar, Stjepan	4. 28	927

193	Madžar, Tomislav	5. 10	1069	246	Patarčić, Mirta	1. 03	75
194	Mahmutović, Zdenko	4. 21	861	247	Patrčević, Vladimir	2. 26	343
195	Malus, Davor	4. 18	835	248	Pavičić, Ante	4. 11	785
196	Mandić, Dario	2. 40	451	249	Pavičić, Jasenka	2. 18	281
197	Margeta, Jure	3. 11	633	250	Pavić, Irena	1. 08	123
198	Maričić, Siniša	2. 26	343	251	Pavletić, Ljiljana	4. 29	933
199	Maričić, Siniša	2. 29	369	252	Pavlin, Željko	4. 21	861
200	Marijanović-Rajčić, Marija	2. 19	291	253	Pekaš, Želimir	3. 07	593
201	Marijanović-Rajčić, Marija	2. 27	351	254	Pekaš, Želimir	3. 16	683
202	Marković, Branimir	5. 14	1099	255	Pekaš, Želimir	5. 18	1127
203	Marković, Tamara	2. 06	187	256	Perčec-Tadić, Melita	1. 03	75
204	Marković, Tamara	4. 02	715	257	Perić, Renata	5. 14	1099
205	Marušić, Josip	4. 13	797	258	Petošić, Dragutin	2. 41	457
206	Marušić, Josip	4. 19	843	259	Petošić, Dragutin	4. 31	951
207	Marušić, Josip	5. 11	1077	260	Petraš, Josip	1. 06	101
208	Marušić, Josip	6. 04	1163	261	Petraš, Josip	4. 22	873
209	Matić, Branko	5. 14	1099	262	Petrićec, Mladen	3. 11	633
210	Medić, Đorđa	2. 02	159	263	Petrićec, Mladen	4. 18	835
211	Mesić, Milan	2. 21	301	264	Picer, Mladen	2. 35	417
212	Mesić, Milan	2. 28	359	265	Picer, Nena	2. 35	417
213	Mesić, Milan	3. 08	599	266	Pintarić, Zvonimir	6. 05	1175
214	Mihanović, Hrvoje	2. 23	317	267	Plavšić, Hrvoje	4. 13	797
215	Mihanović, Hrvoje	2. 46	491	268	Plavšić, Marta	2. 34	409
216	Mijušković-Svetinović, Tatjana	2. 26	343	269	Plavšić, Marta	2. 36	423
217	Mijušković-Svetinović, Tatjana	2. 29	369	270	Plazibat, Miljenko	2. 37	429
218	Mileta, Marina	1. 04	83	271	Pletikapić, Zlatko	5. 01	993
219	Miletić, Pavao	3. 01	541	272	Pletikapić, Zlatko	5. 15	1105
220	Milović, Blagoje	3. 02	545	273	Plišić, Ivica	4. 22	873
221	Mirković, Goran	2. 42	463	274	Pojatina-Basta, Ljubica	2. 32	395
222	Mišetić, Stjepan	2. 30	377	275	Precali, Robert	2. 38	435
223	Mišigoj, Sabina	3. 10	621	276	Prelogović, Eduard	1. 09	131
224	Mlačnik, Jure	2. 31	385	277	Pršić, Marko	3. 12	645
225	Mrakovčić, Milorad	2. 30	377	278	Radeljak, Ivan	4. 30	941
226	Muljević, Vladimir	5. 12	1087	279	Rajar, Rudi	4. 15	815
227	Musić, Valerija	2. 32	395	280	Rajar, Rudi	4. 24	889
228	Mustać, Ivan	4. 31	951	281	Raspor, Biserka	2. 13	241
229	Mutavdžić, Dragana	2. 33	401	282	Raspor, Biserka	2. 15	255
230	Nesek, Silva	4. 20	853	283	Raspor, Biserka	2. 18	281
231	Nesek, Željko	4. 20	853	284	Raspor, Biserka	2. 50	519
232	Nesek, Željko	4. 32	961	285	Reić, Petar	2. 23	317
233	Olujić, Goran	2. 07	197	286	Rodić, Primož	4. 24	889
234	Olujić, Goran	2. 47	497	287	Romić, Davor	2. 39	443
235	Omerbegović, Višnja	5. 13	1091	288	Romić, Davor	4. 13	797
236	Ondrašek, Gabrijel	2. 39	443	289	Romić, Željka	4. 04	731
237	Orbanić, Jasmina	1. 05	91	290	Rožić, Marina	4. 25	899
238	Orlović Leko, Palma	2. 34	409	291	Rubinić, Josip	1. 07	113
239	Oškoruš, Dijana	1. 01	57	292	Rubinić, Josip	1. 08	123
240	Ožanić, Nevenka	1. 05	91	293	Rubinić, Josip	2. 16	265
241	Ožanić, Nevenka	1. 07	113	294	Rugova, Mujë	4. 23	883
242	Ožanić, Nevenka	5. 03	1007	295	Runko Luttenberger, Lidija	3. 13	657
243	Ožanić, Nevenka	5. 09	1061	296	Sabolić, Mijo	2. 21	301
244	Palijan, Goran	2. 04	173	297	Salahović, Aida	5. 08	1051
245	Parađiković, Nada	4. 28	927	298	Santo, Vera	2. 40	451

299	Sečen, Vladimir	3. 09	613	352	Urumović, Kosta	1. 09	131
300	Senta, Ankica	2. 19	291	353	Varićak-Keranović, Boško	6. 08	1199
301	Senta, Ankica	2. 27	351	354	Velepec, Katarina	4. 01	707
302	Serban, Petru	P. 02	23	355	Vidaković, Jasna	2. 04	173
303	Sikora, Marjan	3. 14	665	356	Vidaković, Jasna	2. 05	181
304	Slišković, Ivan	4. 26	909	357	Vidaković, Jasna	2. 49	511
305	Smirčić, Ante	2. 23	317	358	Vidoš, Damir	3. 14	665
306	Smirčić, Ante	2. 47	497	359	Vidoš, Damir	4. 33	969
307	Smital, Tvrtko	2. 15	255	360	Vilibić, Ivica	1. 10	143
308	Sopta, Luka	4. 22	873	361	Vilibić, Ivica	2. 23	317
309	Sopta, Luka	4. 27	917	362	Vilibić, Ivica	2. 45	485
310	Spaeth, Lars	4. 34	979	363	Vilibić, Ivica	2. 46	491
311	Spajić, Mario	4. 03	725	364	Vilibić, Ivica	2. 47	497
312	Srnec, Lidija	1. 03	75	365	Viličić, Damir	2. 07	197
313	Steinman, Franc	2. 03	165	366	Viličić, Damir	2. 09	211
314	Steinman, Franc	2. 31	385	367	Viličić, Damir	2. 10	219
315	Steinman, Franc	2. 48	503	368	Viličić, Damir	2. 17	273
316	Steinman, Franc	4. 01	707	369	Vitale, Ksenija	2. 27	351
317	Stepić, Sandra	2. 15	255	370	Vlahović, Tatjana	2. 06	187
318	Stilić, Božidar	2. 17	273	371	Vlahović, Tatjana	3. 16	683
319	Stričević, Ivo	4. 31	951	372	Vlahović, Tatjana	5. 18	1127
320	Šimunić, Ivan	2. 41	457	373	Vošnjak, Staša	2. 48	503
321	Širac, Siniša	2. 02	159	374	Vranješ, Mijo	2. 14	247
322	Širac, Siniša	2. 32	395	375	Vranješ, Mijo	2. 39	443
323	Širac, Siniša	2. 42	463	376	Vranješ, Mijo	4. 33	969
324	Škifić, Jerko	4. 27	917	377	Vujasinović, Branko	6. 09	1209
325	Škrilin, Ana	2. 35	417	378	Vuković, Senka	4. 22	873
326	Šojat, Višnja	2. 43	471	379	Vuković, Senka	4. 27	917
327	Šolić, Mladen	2. 38	435	380	Zahtila, Elvis	2. 49	511
328	Šoštarić, Jasna	4. 13	797	381	Zakrajšek, Majda	4. 15	815
329	Šoštarić, Jasna	4. 28	927	382	Zang, Volker	4. 34	979
330	Šperac, Marija	5. 07	1041	383	Zaninović, Ksenija	1. 02	65
331	Šperac, Marija	5. 16	1113	384	Zaninović, Ksenija	1. 03	75
332	Špirić, Zdravko	6. 07	1191	385	Zimonić, Veljko	5. 13	1091
333	Štefanek, Željko	4. 29	933	386	Zmaić, Bojan	3. 17	693
334	Šurmanović, Dagmar	2. 38	435	387	Žaja, Roko	2. 50	519
335	Šurmanović, Dagmar	2. 44	479	388	Žic, Elvis	1. 05	91
336	Šurmanović, Dagmar	3. 15	673	389	Žic, Vesna	2. 51	527
337	Švonja, Mirjana	1. 08	123	390	Žrvnar, Branko	4. 29	933
338	Švonja, Mirjana	4. 33	969	391	Žufić, Enco	1. 05	91
339	Tadić, Lidija	4. 30	941	392	Žugaj, Ranko	2. 52	533
340	Tadić, Zdenko	4. 30	941	393	Žugaj, Ranko	4. 29	933
341	Tadić, Zdenko	5. 01	993	394	Žugaj, Ranko	4. 33	969
342	Tarnik, Tamara	5. 17	1119	395	Žuvić, E.	4. 32	961
343	Terzić, Senka	2. 36	423				
344	Tibljaš, Darko	6. 02	1147				
345	Tomić, Frane	2. 41	457				
346	Tomić, Frane	4. 31	951				
347	Tropan, Ljudevit	6. 06	1185				
348	Tropan, Ljudevit	6. 07	1191				
349	Tušar, Božena	2. 29	369				
350	Ukmar, S. Nikolaj	4. 20	853				
351	Ukmar, S. Nikolaj	4. 32	961				

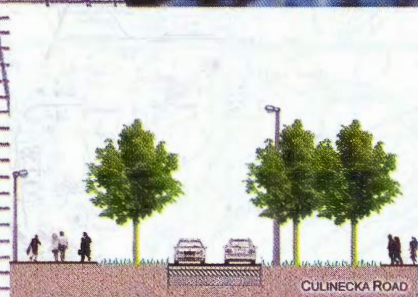
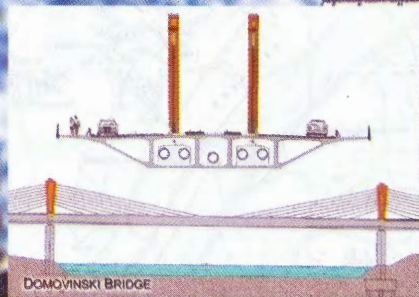
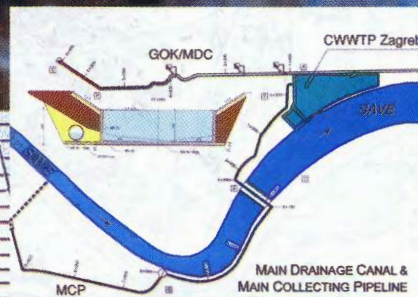
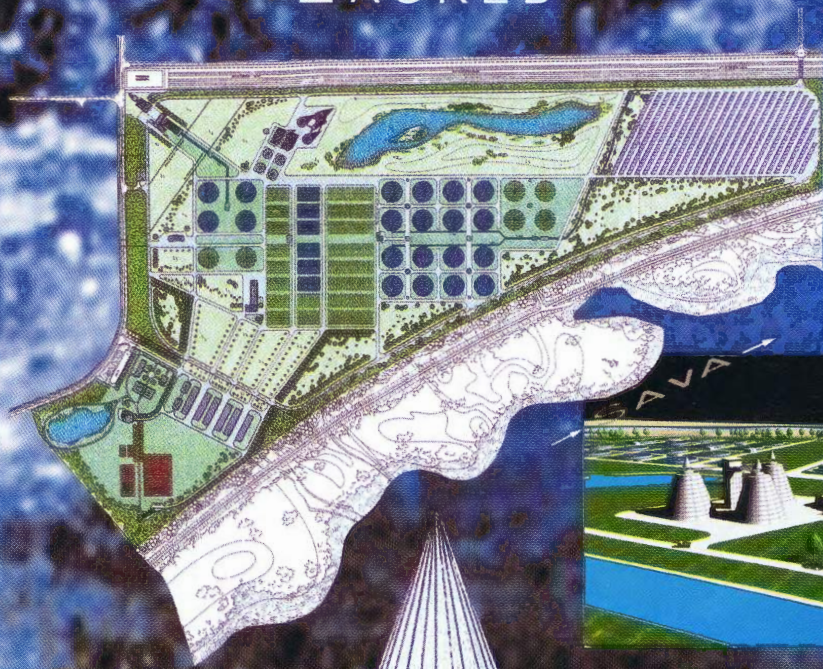


HRVATSKE VODE

**... od 1876.
do danas...**

**...127 godina
nastojanja i
postignutih
rezultata u
gospodarenju
vodama...**

CENTRAL WASTE WATER TREATMENT PLANT ZAGREB



**KONCESIONAR NA PROJEKTU INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA ZA POTREBE IZGRADNJE
CENTRALNOG UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA GRADA ZAGREBA**



Koturaška 51 / III
HR-10 000 Zagreb
Tel: 0 03 85/1/61 30-300
Fax: 0 03 85/1/61 30-308
e-mail: info@zov-zagreb.hr

TVRTKA
OSNOVANA
OD:



WTE Wassertechnik GmbH

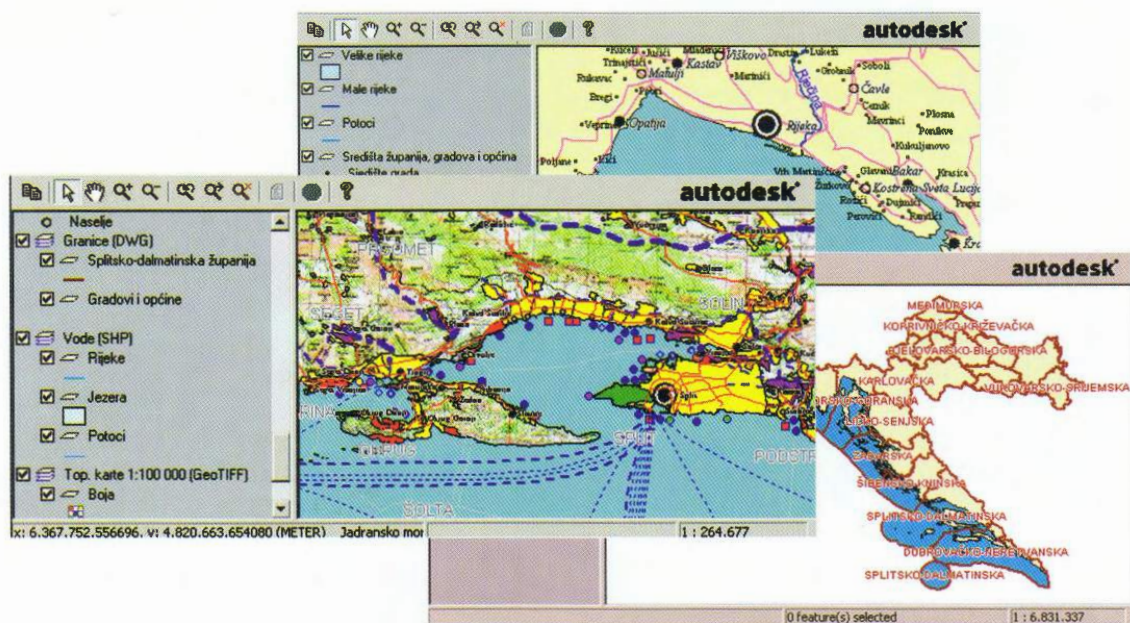


RWE Aqua GmbH



Vodoprivreda Zagreb d.o.o.

Autodesk & WebGIS



Vrijednost prostornih informacija mjeri se brojem ljudi koji ih mogu koristiti u svakodnevnom poslu.

Autodesk MapGuide je vodeći svjetski WebGIS sustav za distribuciju, pregled i analizu prostornih podataka preko interneta/intraneta ili do mobilnog uređaja. Omogućava brz i pouzdan prijenos kompleksnih vektorskih i rasterskih prostornih podataka te vezu sa atributnim bazama podataka. WebGIS stručnjacima nudi mogućnost brzog razvoja web-baziranih aplikacija s ciljem ponude inovativnih usluga drugim korisnicima. Omogućava bilo kome, bilo gdje i bilo kada interakciju sa živim prostornim podacima kao pomoć u bržem donošenju kvalitetnih odluka. Jednostavan pristup i pregled preko Internet Explorer-a omogućava svakome korištenje prostornih podataka bez posebnih CAD/GIS znanja...

Spuštamo informacije na zemlju

RECRO
Potpisujemo samo najbolje!

RECRO d.d., Zagreb
Trg sportova 11
tel.: 01/3650-782, fax 01/3650-716
e-mail: autodesk@recro.hr
www.recro.hr

autodesk®
authorized distributor

HIDROPROJEKT - ING

PROJEKTIRANJE I INŽENJERING



- HIDROTEHNIČKI OBJEKTI
- VODOVOD I KANALIZACIJA
NASELJA I INDUSTRIJE
- OBJEKTI KOMUNALNIH DJELATNOSTI
- UREĐAJI ZA KONDICIONIRANJE
VODE ZA PIĆE
- UREĐAJI ZA PROČIŠĆAVANJE
OTPADNIH VODA NASELJA I INDUSTRIJE
- REGULACIJA VODOTOKA
- MELIORACIJA POLJA
- PLOVNI PUTOVI I PRISTANIŠTA
- EKOLOŠKI PROJEKTI



PODUZEĆE ZA PROJEKTIRANJE d.o.o.

10000 ZAGREB, Draškovićeva 35/1

Telefon: (01) 4553-141, 4553-146

Telefaks: (01) 4553-146

PODRUČJA AKTIVNOSTI

- hidrologija i hidrolika
- vodoopskrba i urbana odvodnja
- uređaji za pročišćavanje otpadnih voda
- gospodarenje rijekama i hidrogeologija

OPSEG USLUGA

- preliminarne studije i studije izvodljivosti
- procjena postojećih sustava
- plan razvoja ("Master plan")
- izrada i priprema tender dokumentacije
- tehnička podrška i obuka klijenata
- idejna rješenja i idejni projekti
- glavni i izvedbeni projekti

IZABRANE PROJEKTNE REFERENCE

- ZAGREB - Optimiranje sustava GOK-a
- OSIJEK - Projekt optimizacije kanalizacijskog sustava - I i II etapa
- ZAGREB - POKS - I - III etapa
- KAŠTELA - TROGIR - Kanalizacijski sustav - I etapa

DHI - Institute of Water and Environment, Horsholm, Denmark
EKSKLIZIVNI AGENT ZA HRVATSKU I
PODRUČJE BIVŠE JUGOSLAVIJE

DHI Software

MIKE BASIN
GIS-based river basin
management

MIKE SHE

Integrated surface water and
ground water hydrology

MIKE 11
Rivers, channels
and reservoirs

MIKE 3
Coastal and inland
waters in 3D

MIKE INFO
Information management
tools

MIKE NET
Water distribution networks

MIKE 21
Coastal and inland waters
in 2D

LITPACK
Sediment transport
and littoral processes

MOUSE
Wastewater and
stormwater

MIKE SWIMM
Wastewater and
stormwater

EFOR
Water treatment
plants

NOVI SUSTAVI ZAŠTITE OD POPLAVE



← VODENA BARIJERA

- Sustav metalnih i drvenih nosača prekrivenih geomembranom
- Nepropusna konstrukcija
- Brzo i jednostavno postavljanje



← FLEX-MAC ELEMENTI

- Sustav izrađen na bazi gabionskih konstrukcija
- Izrađen od pocinčane mreže
- Obloženi geotekstilom
- Pune se bilo kojim dostupnim materijalom

VODENA CIJEV →

- Sustav cjevastih jastuka
- Izrađeni od armirane polimerne geomembrane
- Služi za nadvišenje obrambenog nasipa



GEOMEMBRANA ZA ZAŠTITU NASIPA OD PROCJEĐIVANJA →

- Sustav temeljen na armiranim geomembranama
- Osiguranje stabilnosti nasipa



Hrvatska, 31000 Osijek, Gundulićeva 30,
tel: +385 (0)31 202 700, 202 702 fax: +385 (0) 31 202 701
e-mail: werkos@werkos.com

POSLOVNICA ZAGREB, 10000 Zagreb, Milana Amruša 11,
tel: +385 (0)1 4810 258, fax: +385 (0)1 4873 906
e-mail: werkos-zg@werkos.com

POSLOVNICA SPLIT, 21000 Split, Bihacka 2a
tel: +385 (0)21 314 072, fax: +385 (0)21 314 076
e-mail: werkos-st@werkos.com

POSLOVNICA VUKOVAR, 32000 Vukovar, Dr.F.Tuđmana 15,
tel: +385 (0)32 450 014, fax: +385 (0)32 450 016
e-mail: werkos-vu@werkos.com



WERKOS je specijalizirana hrvatska tvrtka za inženjering, proizvodnju, distribuciju i projektiranje geosintetičkih materijala i proizvoda za opremu cesta. Osim dugogodišnjeg iskustva pri uvođenju najnovijih svjetskih rješenja i trendova u graditeljstvu, tvrtka Werkos je stekla i brojne izvođačke reference na području:

- **ZAŠTITE I SANACIJE POKOSA**
- **IZVOĐENJU BRTVENIH SUSTAVA NA ODLAGALIŠTIMA OTPADA, BRANAMA I LAGUNAMA**
- **STABILIZACIJI SLABO NOSIVIH TALA**
- **POTPORNIH ZIDOVA I ARMIRANIH TALA**
- **SANACIJE KOLNIKA**
- **POSTAVLJANJU I ODRŽAVANJU SUSTAVA ZA SIGURNOST U PROMETU**
- **IZVOĐENJU SPECIJALNIH RADOVA U GRADITELJSTVU I INTERVENTNIM AKTIVNOSTIMA NA PODRUČJU ZAŠTITE OKOLIŠA**

Werkos
inženjering



Brana Lošana, Delčevo, Makedonija



LAGUNA GRABRK,
Autocesta Bregana-Zagreb-Dubrovnik
dionica Bosiljevo-Josipdol



LAGUNA DOBRA,
Autocesta Bregana-Zagreb-Dubrovnik
dionica Bosiljevo-Josipdol

Svoju poslovnu strategiju tvrtka Werkos bazira na sustavu kvalitete ISO 9001, a savjestan i odgovoran odnos prema okolišu potvrđuju certifikatom ISO 14001 i znakom "PRIJATELJ OKOLIŠA".



International geosynthetic society



www.werkos.com

