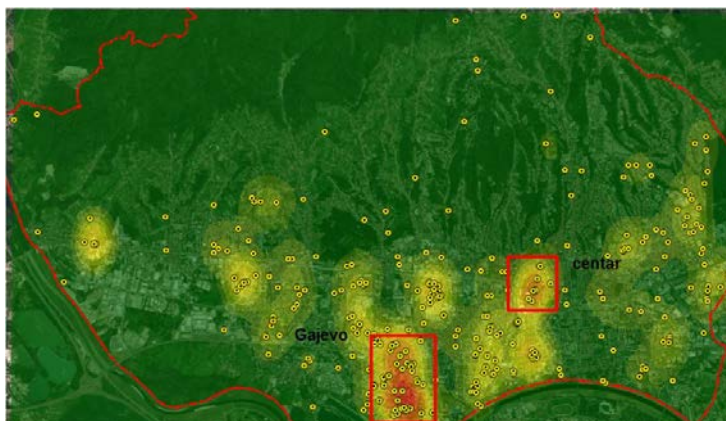
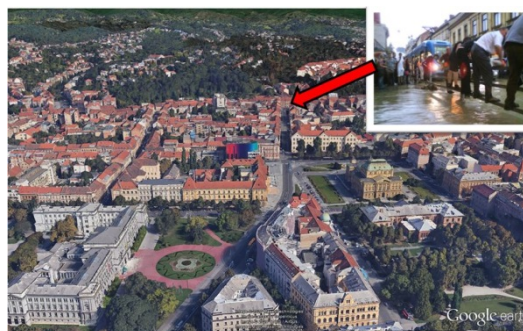


VODOPRIVREDNO-PROJEKTNI BIRO d.d.
10 000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 271
OIB:35069807615

INVESTITOR / NARUČITELJ:

HRVATSKE VODE
10 000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 220
OIB: 28921383001

METODOLOŠKI PRISTUPI PROCJENI I UPRAVLJANJU RIZICIMA OD POPLAVA USLIJED JAKIH OBORINA - PROJEKT „RAINMAN“



Br. verzije: 1

ZAGREB, lipanj 2020. god.



PROJEKT / ZAHVAT U PROSTORU:	METODOLOŠKI PRISTUPI PROCJENI I UPRAVLJANJU RIZICIMA OD POPLAVA USLIJED JAKIH OBORINA - PROJEKT „RAINMAN“		
LOKACIJA:	Grad Zagreb i Grad Umag		
RAZINA RAZRADE:	STUDIJA	R.BR.KNJIGE:	1/1
OZNAKA PROJEKTA:	VPB-TST-19-0011	BR. VERZIJE:	1
BROJ UGOVORA	VPB-KUG-19-0033		
VODITELJ IZRADE:	DARIO KOLARIĆ , dipl.ing.građ.		
ZAMJENIK VODITELJA:	ANA JELKA GRAF , dipl.ing.građ.		
SURADNICI:	ŽELJKO TUSIĆ , dipl.ing.kult.teh. ENES OBARČANIN , dipl.ing.građ. ŽANA BAŠIĆ , dipl.ing.građ. NINA GRBIĆ , mag.ing.aedif. izv.prof.dr.sc. MAJA TELIŠMAN PRTENJAK		

Direktor:

Helena Jeftimija, dipl.ing.građ.

Br. verzije: 1

ZAGREB, lipanj 2020. god.



VODOPRIVREDNO-PROJEKTI BIRO d.d.

10 000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 271

OIB:35069807615

OPĆI DIO



REPUBLIKA HRVATSKA
JAVNI BILJEŽNIK
Dubočić Marina
Zagreb, Ulica Grada Vukovara 284

IZVADAK 13 SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

MBS: 080113915

OIB: 35069807615

KUČID: HRFR.080113915

VRSTA: 3 VODOPRIVREDNO-PROJEKTI BIRO dioničko društvo za projektiranje
3 VODOPRIVREDNO-PROJEKTI BIRO, d.d.

POSREDOVANJE/ADRESA: 13 Zagreb (Grad Zagreb)
Ulica grada Vukovara 271

PRAVNI OBILIK: 3 dioničko društvo

PRIMETI POSLOVANJA:

- 1 74,84 - Ostale poslovne djelatnosti, d. n.
- 2 * - Izrada projekatne dokumentacije za vodopostoparske građevine i vodne sustave
- 4 * - stručni poslovi, stručne pripreme i izdavanje studija utjecaja na okoliš
- 5 * - izrada stručnih podloga za izdavanje lokacijskih uvjeta za građevine niskogradnje
- 9 * - Proizvodnja hidrološke opreme
- 9 * - Mjerenje protoka i ostalih hidroloških parametara u tekucima i akumulacijama, osnisi i vjetrova čizada
- 9 * - Organizacija, projektiranje i izvođenje hidroloških ispitivačkih radova
- 11 * - geodetska elaborata stvarnih geodetskih točaka za potreba osnovnih geodetskih radova
- 13 * - izrada elaborata stvarnih geodetskih točaka za potreba osnovnih geodetskih radova
- 13 * - izrada elaborata izmjere, označavanja i održavanje državne granice
- 13 * - izrada elaborata izrade izvozne osnovne karte
- 13 * - izrada elaborata izrade digitalnih ortofotokazara
- 13 * - izrada elaborata izrade detaljnih topografskih karata
- 13 * - izrada elaborata izrade preglednih topografskih karata
- 13 * - izrada elaborata katastarske izmjere
- 13 * - izrada elaborata tehničke rekonstrukcije
- 13 * - izrada elaborata provedbenog katastarskog plana u digitalnom obliku
- 13 * - izrada elaborata provedbenog digitalnog katastarskog plana u radnom obliku
- 13 * - izrada elaborata za homogenizaciju katastarskog plana
- 13 * - izrada parcelacijskih i drugih geodetskih elaborata katastra makroregije
- 13 * - izrada parcelacijskih i drugih geodetskih elaborata

Izrađeno: 2019-09-16 14:18:58 D004
Podaci od: 2019-09-16 Stranica: 1 od 7

REPUBLIKA HRVATSKA
JAVNI BILJEŽNIK
Dubočić Marina
Zagreb, Ulica Grada Vukovara 284

IZVADAK 12 SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

PRIMETI POSLOVANJA:

- 13 * - za potreba pojedinačnog provedbenog katastarskih geodetskih radova u katastarskom području katastra makroregije
- 13 * - izrada elaborata katastra vodova i stručne geodetske podloge za potreba proučavanja geodetskih usluga
- 13 * - tehničko vođenje katastra vodova
- 13 * - izrada posebnih geodetskih podloga za potreba izrade dokumenta i akata prostornog uređenja
- 13 * - izrada posebnih geodetskih podloga za potreba projekiranja
- 13 * - izrada geodetskih elaborata stanja građevine prije rekonstrukcije
- 13 * - izrada geodetskog projekta
- 13 * - izvođenje građevina i izrada elaborata iskopača građevine
- 13 * - izrada geodetskog situacijskog nacrtu izvođenje građevine
- 13 * - geodetsko praćenje građevine u gradnji i izrada elaborata geodetskog praćenja
- 13 * - praćenje stanja građevine u vrijeme održavanja i izrada elaborata geodetskog praćenja
- 13 * - geodetske poslove koji se obavljaju u okviru urbane komasacije
- 13 * - izrada projekata komasacije poljoprivrednog zemljišta i geodetske poslove koji se obavljaju u okviru komasacije poljoprivrednog zemljišta
- 13 * - izrada projekata geodetskih podloga za zaštićena i štucna područja
- 13 * - stručni nadzor izrade elaborata katastra vodova i stručnih geodetskih poslova za potreba proučavanja geodetskih usluga
- 13 * - stručni nadzor tehničkog vođenja katastra vodova
- 13 * - stručni nadzor izrade posebnih geodetskih podloga za potreba izrade dokumenta i akata prostornog uređenja
- 13 * - stručni nadzor izrade posebnih geodetskih podloga za potreba projekiranja
- 13 * - stručni nadzor izrade geodetskih elaborata stanja građevine prije rekonstrukcije
- 13 * - stručni nadzor izrade geodetskoga projekta
- 13 * - stručni nadzor iskopača građevina i izrada elaborata iskopača građevine
- 13 * - stručni nadzor geodetskog praćenja građevine u gradnji i izrada elaborata geodetskog praćenja
- 13 * - stručni nadzor proučavanja građevine u vrijeme održavanja i izrada elaborata geodetskog praćenja
- 16 * - stručni nadzor izrade posebnih geodetskih podloga za zaštićena i štucna područja
- 16 * - praćenje, građenje, uporaba i uklanjanje građevina
- 16 * - stručni poslovi prostornog uređenja
- 16 * - nadzor nad gradnjom
- 16 * - upravljanje projektom gradnje
- 16 * - djelatnost javnog osnivača predjema punjaka i izvora u domaćem i međunarodnom prometu
- 16 * - prijevoz za vlastite potrebe
- 16 * - računalna i uslužna djelatnost
- 16 * - izradivanje tržišta i ispitivanje javnog mnijenja

Izrađeno: 2019-09-16 14:18:58 D004
Podaci od: 2019-09-16 Stranica: 2 od 7

REPUBLIKA HRVATSKA
JAVNI BILJEŽNIK
Dubočić Marina
Zagreb, Ulica Grada Vukovara 284

IZVADAK 12 SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

PRIMETI POSLOVANJA:

- 16 * - suradovanje u vezi s poslovanjem i upravljanjem
- 16 * - usluge provedenja
- 16 * - poslovi kopiranja, fotokopiranja i uvoznika
- 16 * - računovodstveni poslovi
- 16 * - pružanje usluga informacijskog društva
- 16 * - kupnja i prodaja robe
- 16 * - obavljaju trgovačkog posredovanja na domaćem i inozemnom tržištu
- 16 * - zastupanje stvarnih tvrtki
- 22 * - izrada parcelacijskih i drugih geodetskih elaborata katastra zemljišta
- 22 * - hidrografska izmjera mora
- 22 * - mornarska geodezija, snimanje objekata u priobalju, moru, susjedno dnu u podmorju
- 22 * - snimanje iz zraka
- 22 * - audiovizualne djelatnosti
- 22 * - književnost, ostale djelatnosti audiovizualne djelatnosti
- 22 * - fotografske djelatnosti
- 22 * - djelatnost pružanja usluge elektroničkih publikacija
- 22 * - djelatnost pružanja medijskih usluga televizije i/ili radio

NAZORNI OSOBI:

- 25 Slaven Marasović, OIB: 3293822094
Zagreb, Južna obala IX, 15
- predsjednik nadzornog odbora
25 - od 18.03.2016. godine
- 25 Domagoj Dubljić, OIB: 98250045302
Zagreb, Matije Gupca 23
- zastupnik predsjednika nadzornog odbora
25 - od 18.03.2016. godine
- 25 Dario Molarić, OIB: 56196104994
Zagreb, Valerovačka 1b
- član nadzornog odbora
25 - od 18.03.2016. godine

OSOBE OVLAŠTENE ZA ZASTUPANJE:

- 29 Helena Ogčević, OIB: 58388932099
Zagreb, Zagrebačka cesta 185
- direktor
29 - zastupa društvo pojedinačno i samostalno, postala direktor
01.07.2016. godine
- 30 Darko Jelarić, OIB: 95507289150
Zagreb, Ilićeva 9
- direktorist
- 30 - od 1.528.300,00 kuna

TEMELJNA KAPITALA: 31 1.528.300,00 kuna

Izrađeno: 2019-09-16 14:18:58 D004
Podaci od: 2019-09-16 Stranica: 3 od 7

REPUBLIKA HRVATSKA
JAVNI BILJEŽNIK
Dubočić Marina
Zagreb, Ulica Grada Vukovara 284

IZVADAK 12 SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

PRAVNI OBILIK: 3 Odlukom jedinog osnivača od 30. rujna društvo s ograničenom odgovornošću preoblikovano u dioničko društvo.

Osnivački akt:

- 1 Odluka o osnivanju društva donesena 10.12.1993. godine usklađena sa odredbama ZP-a 23.03.1999.godine i sastavljena u novom obliku kao izjava.
- 2 Odlukom Upravnog vijeta osnivača od 12.03.1997. godine dopunjen je u čl.1 u vezi s čl.17. 6. odredbe o predmetu poslovanja društva i čl. 8. odredbe o nazivu osnivača.

Statut:

- 3 Odlukom jedinog osnivača od 30. rujna 1993. godine, usvojen je Statut društva, koji je sastavljen dio odluke o preoblikovanju.
- 4 Odlukom skupštine od 19. lipnja 2000. godine izmijenjen Statut u članku 4. o predmetu poslovanja, člancima 8. i 10. o dionicama, člancima 14., 18. i 19. o upravi, člancima 24. i 25. o nadzornom odboru i članku 38. o skupštini društva, članak 42. o vođenju poslovanja knjige i članku 45. o zapisnik obliku. Pročišćeni tekst Statuta dostavljen sudu i uložen u zbirku isprava.
- 5 Odlukom skupštine od 09.12.2002. izmijenjen je Statut u čl. 4. o predmetu poslovanja i čl. 23. o načinu izbora članova nadzornog odbora. Pročišćeni tekst Statuta dostavljen sudu i uložen u zbirku isprava.
- 6 Odlukom Skupštine Društva od 26.04.2004. godine izmijenjen je Statut u članku 8. o dionicama, članku 10. o knjizi dionika, članku 32., 34. i 39. o skupštini društva, u članku 42. i 44. o poslovanju društva i imenovanju društva. Pročišćeni tekst Statuta od 26.04.2004. godine dostavljen sudu i uložen u zbirku isprava.
- 7 Odlukom skupštine društva od 25.04.2005. godine izmijenjen je Statut u čl. 1., 2., 31., 32., 33., 34. i 39. radi tekstu uvećane ukladnosti, te u čl. 4. o predmetu poslovanja, čl. 10. o registru dionika, čl. 27. o izboru, čl. 45. o poslovanju tajni, čl. 46. o vremenu izlaska i imenovanju društva. Pročišćeni tekst Statuta dostavljen sudu i uložen u zbirku isprava.
- 8 Odlukom Upravne Glave skupštine od 27. prosinca 2006.god. izmijenjen je Statut Društva i to u stavku iz članka 4. u predmetu poslovanja, sastavljen je pročišćeni tekst Statuta i dostavljen je sudu za zbirku isprava.
- 9 Odlukom Upravne Glave skupštine od 27. prosinca 2006.god. izmijenjen je Statut Društva i to u stavku iz članka 4. u predmetu poslovanja, sastavljen je pročišćeni tekst Statuta i dostavljen je sudu za zbirku isprava.
- 10 Odlukom Upravne Glave skupštine od 27. prosinca 2006.god. izmijenjen je Statut Društva i to u stavku iz članka 4. u predmetu poslovanja, sastavljen je pročišćeni tekst Statuta i dostavljen je sudu za zbirku isprava.
- 11 Odlukom Upravne Glave skupštine od 27. prosinca 2006.god. izmijenjen je Statut Društva i to u stavku iz članka 4. u predmetu poslovanja, sastavljen je pročišćeni tekst Statuta i dostavljen je sudu za zbirku isprava.
- 12 Odlukom Upravne Glave skupštine od 27. prosinca 2006.god. izmijenjen je Statut Društva i to u stavku iz članka 4. u predmetu poslovanja, sastavljen je pročišćeni tekst Statuta i dostavljen je sudu za zbirku isprava.
- 13 Na temelju odluke skupštine društva od 08.06.2009. godine izmijenjen je Statut Društva i to u stavku iz članka 4. u predmetu poslovanja, sastavljen je pročišćeni tekst Statuta i dostavljen je sudu za zbirku isprava.
- 14 Odlukom skupštine društva od 14.06.2010. izmijenjen je čl. 4. Statuta društva, te su uključeni novi pročišćeni tekst Statuta u povodu javnog bilježnika po čl. 303. st. 1. ZD-a dostavljen je

Izrađeno: 2019-09-16 14:18:58 D004
Podaci od: 2019-09-16 Stranica: 4 od 7



REPUBLIKA HRVATSKA
JAVNI BILJEŽNIK
Dabčić Marina
Zagreb, Ulica Grada Vukovara 284

IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

PRAVNI ODNOŠI:

Statut:

16 Odlukom skupštine društva od 15.11.2012. godine dodane su neke nove djelatnosti društva, a neke su djelatnosti usklađene s posebnim propisima. U tom smislu izmjenjen je čl. 5. Statuta o djelatnostima društva, čl. 29. st. 3. (o mandatu uprave). Sukladno donesenim odlukama izdane su potpuni tekst Statuta društva koji se pohranjuje u zbirku isprava kod suda uz potvrdu javnog bilježnika po čl. 303. Zakona o trgovačkim društvima.

22 Odlukom glavne skupštine društva od 6. srpnja 2015. godine dodano su nove djelatnosti društva, te je sukladno tome Statut Društva od 19. studenog 2012. godine u cijelosti zamijenjen novim tekстом Statuta - potpuni tekst, koji se pohranjuje u zbirku isprava kod suda uz potvrdu javnog bilježnika po čl. 303. Zakona o trgovačkim društvima.

24 Statut od 06.07.2015. godine izmijenjen je Odlukom glavne skupštine društva od 12.10.2015. godine u članku 6. višestruko temeljno kapitala i broj dionica te je potpuni tekst Statuta od 12.10.2015. godine dostavljen u zbirku isprava.

26 Odlukom glavne skupštine društva od 11.07.2016. godine promijenjen je čl. 36 Statuta, sukladno tome Statut društva od 12.10.2015. tekst kojim se pobliže određuje sadržaj odnosa u društvu sukladno Zakonu o trgovačkim društvima. Potpuni tekst Statuta društva dostavljen je sudi i očišćen u zbirku isprava.

31 Odlukom glavne skupštine od 15.04.2019. godine izmijenjene su temeljne kapitala i dionice. Potpuni tekst Statuta od 15.04.2019. godine dostavljen sudi u zbirku isprava.

32 Statut Društva od 15. travnja 2019. izmijenjen Odlukom Skupštine Društva od 10. srpnja 2019. (članak 5. predmet podizavanja društva, članak 11. Povećanje temeljnog kapitala, članak 17., članak 19., članak 20., članak 22., članak 24., članak 25., članak 26. i članak 31.), te je sustavljen prečišćeni tekst Statuta od 10. srpnja 2019. godine.

Promjene temeljnog kapitala:

1 Odlukom odbora od 23.03.1995. godine, povećan je temeljni kapital društva sa 786.300,00 kn u novo u stvarima.

2 Odlukom jedinog osnivača od 16. ožujka 1998. godine, temeljni kapital povećan umnoženjem sadašnje dobiti, a iznosa od 970.900,00 kn na iznos od 2.300.300,00 kn tako da iznosi 3.271.200,00 kuna.

3 Odlukom jedinog osnivača od 30. rujna 1998. godine, o preoblikovanju društva s ograničenom odgovornošću u dioničko društvo zasnovano se poslovni udjel u iznosu od 3.271.200,00 kn u 32.712 dionica na ime Srbije "A", od kontrolnog broja 00001 do broja 20712, u nominalnom iznosu od 100,00 kuna svaka. Nominalni iznos dionica ovačjenari su temeljni dopis.

20 Glavna skupština društva 12.10.2015. godine donijela je odluku o smanjenju temeljnog kapitala na iznos od 3.271.200,00 kuna za iznos od 471.200,00 kuna na iznos od 2.800.000,00 kuna i sa povećanjem 4.712 redovnih dionica društva.

31 Odlukom glavne skupštine od 15.04.2019. godine smanjen je temeljni kapital na pojednostavljeni način na iznos od 2.863.000,00 kuna

Izrađeno: 2019-09-16 14:18:08
Podaci od: 2019-09-16
Stranica: 5 od 7

REPUBLIKA HRVATSKA
JAVNI BILJEŽNIK
Dabčić Marina
Zagreb, Ulica Grada Vukovara 284

IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

PRAVNI ODNOŠI:

Promjene temeljnog kapitala:

1 Iznos od 1.211.700,00 kuna na iznos od 1.528.300,00 kuna povećanjem 12.717 vlastitih redovnih dionica koje glase na ime, svaka nominalne vrijednosti 100,00 kuna.

OSTALI PODACI:

1 Subjekt je bio upisan kod Trgovačkog suda u Zagrebu pod reg. brojem 1-07695.

FINANCIJSKA IZVJEŠĆA:

Predano God. za razdoblje Vrata izvještaja
na 11.04.19 2018 01.01.18 - 31.12.18 691-000 (izvještaj)

Dopise u glavnu knjigu proveli su:

RBU TC	Datum	Naziv suda
0007 TC-05/1608-2	21.04.1997	Trgovački sud u Zagrebu
0002 TC-97/1230-2	15.07.1997	Trgovački sud u Zagrebu
0018 TC-04/4330-2	30.10.1998	Trgovački sud u Zagrebu
0004 TC-00/3778-2	22.07.2000	Trgovački sud u Zagrebu
0005 TC-02/9211-4	02.01.2003	Trgovački sud u Zagrebu
0006 TC-04/1573-2	19.03.2004	Trgovački sud u Zagrebu
0007 TC-04/1930-2	23.07.2004	Trgovački sud u Zagrebu
0008 TC-05/4379-2	20.05.2005	Trgovački sud u Zagrebu
0009 TC-07/1481-4	06.03.2007	Trgovački sud u Zagrebu
0010 TC-08/3331-1	10.04.2008	Trgovački sud u Zagrebu
0011 TC-08/5241-2	15.05.2008	Trgovački sud u Zagrebu
0012 TC-08/6242-2	20.02.2008	Trgovački sud u Zagrebu
0013 TC-09/8110-2	24.07.2009	Trgovački sud u Zagrebu
0014 TC-10/7874-2	12.07.2010	Trgovački sud u Zagrebu
0015 TC-12/5763-2	17.04.2012	Trgovački sud u Zagrebu
0016 TC-12/16692-4	13.12.2012	Trgovački sud u Zagrebu
0017 TC-12/13037-4	05.02.2013	Trgovački sud u Zagrebu
0018 TC-13/16089-2	19.07.2013	Trgovački sud u Zagrebu
0019 TC-14/8088-2	09.04.2014	Trgovački sud u Zagrebu
0020 TC-14/17474-2	23.07.2014	Trgovački sud u Zagrebu
0021 TC-15/7295-2	01.04.2015	Trgovački sud u Zagrebu
0022 TC-15/20351-2	14.07.2015	Trgovački sud u Zagrebu
0023 TC-15/23408-2	07.09.2015	Trgovački sud u Zagrebu
0024 TC-15/30102-2	06.11.2015	Trgovački sud u Zagrebu
0025 TC-16/10033-2	15.04.2016	Trgovački sud u Zagrebu
0026 TC-16/02839-2	28.09.2016	Trgovački sud u Zagrebu
0027 TC-18/34864-4	14.10.2016	Trgovački sud u Zagrebu

Izrađeno: 2019-09-16 14:18:08
Podaci od: 2019-09-16
Stranica: 6 od 7

REPUBLIKA HRVATSKA
JAVNI BILJEŽNIK
Dabčić Marina
Zagreb, Ulica Grada Vukovara 284

IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

Dopise u glavnu knjigu proveli su:

RBU TC	Datum	Naziv suda
3026 TC-17/49068-2	19.10.2017	Trgovački sud u Zagrebu
3029 TC-18/192-2	12.01.2018	Trgovački sud u Zagrebu
3030 TC-18/14518-2	16.04.2018	Trgovački sud u Zagrebu
3031 TC-19/17251-2	14.05.2019	Trgovački sud u Zagrebu
0032 TC-19/26647-3	25.07.2019	Trgovački sud u Zagrebu
eu /	29.06.2009	elektronički upis
eu /	29.06.2010	elektronički upis
eu /	29.06.2011	elektronički upis
eu /	30.06.2012	elektronički upis
eu /	30.06.2013	elektronički upis
eu /	30.06.2014	elektronički upis
eu /	30.06.2015	elektronički upis
eu /	30.06.2016	elektronički upis
eu /	26.06.2017	elektronički upis
eu /	29.06.2018	elektronički upis
eu /	11.04.2019	elektronički upis

Pristojba: JAVNI BILJEŽNIK
Dabčić Marina
Nagrada: Zagreb, Ulica Grada Vukovara 284

Izrađeno: 2019-09-16 14:18:08
Podaci od: 2019-09-16
Stranica: 7 od 7

Ja, javni bilježnik **MARINA DABČIĆ**, Zagreb, Ulica grada Vukovara 284, temeljem članka 5. Zakona o sudskom registru po uvjku u sudski registar kojim sam današnjeg dana izvršila elektroničkim putem,

izdajem

Izvadak iz sudskog registra za:

VODOPRIVREDNO-PROJEKTI BIRO d.d., MBS 006113915, OIB 35069807615, Zagreb (Grad Zagreb), Ulica grada Vukovara 271

Izvadak se sastoji od 7 stranica.

Javnom bilježniku pristajao za ovrhu po tar. br. II. st. 1. ZIP naplaćena u iznosu 12,00 kn. Javnom bilježniku: nagrađna po čl. 31. a PPTJ varirana u iznosu od 35,00 kn utrošena za PDV u iznosu od 8,75 kn.

Broj: OV-71632019
Zagreb, 16.09.2019.

Javni bilježnik
Marina Dabčić
Javni bilježnik
Izvršiljnički pristajala
Marina Dabčić

REPUBLIKA HRVATSKA
JAVNI BILJEŽNIK
DABČIĆ MARINA
ZAGREB, ULICA GRADA VUKOVARA 284

REPUBLIKA HRVATSKA
JAVNI BILJEŽNIK
DABČIĆ MARINA
ZAGREB, ULICA GRADA VUKOVARA 284



VODOPRIVREDNO-PROJEKTI BIRO d.d.

10 000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 271

OIB:35069807615



HRVATSKE VODE

pravna osoba za upravljanje vodama
ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220

Centrala:

01/ 63 07-333

Telefax:

01/ 61 55 910

PROJEKTI ZADATAK

METODOLOŠKI PRISTUPI PROCJENI I UPRAVLJANJU RIZICIMA OD POPLAVA USLIJED JAKIH OBORINA

Zagreb

travanj, 2019.

1. Uvod (projekt *Rainman*)

Pojave obilnih oborina prepoznate su, kako u Europi tako i u Hrvatskoj, kao jedan od ključnih recentnih problema upravljanja vodama, a rizici od poplava i poplavnih šteta izazvanih obilnim oborinama postaju sve izraženiji kako zbog izgradnje urbanih prostora i infrastrukture koja ne udovoljava cjelovitom upravljanju vodama i njima izazvanim rizicima, tako i uslijed sve izraženijeg utjecaja klimatskih promjena/varijacija. Riječne su poplave i puno izučenije, te se za njih izrađuju i karte rizika, a rasprostranjeni su i prikladni modeli za prognoziranje njihove pojave. Nasuprot tome, na području EU ne postoje čak ni elementarne procjene rizika od obilnih oborina. Stoga je i pokrenut EU projekt *Rainman*, integrirano upravljanje rizikom od jakih kiša, u sklopu EU Interreg Central Europe programa. Projekt je započeo polovinom 2017. godine, traje 3 godine (do 30.6.2020.), a budget projekta iznosi 3.045.287 €.

Glavni cilj projekta *Rainman* je poboljšati kapacitete za cjelovito upravljanje kako bi se smanjili rizici od pojava obilnih količina oborine te smanjili gubici u prirodnom i izgrađenom okolišu (uključujući gospodarstvo, ljudske živote, okoliš i kulturnu baštinu). Svrha projekta je uspostaviti zajedničke cjelovite alate za upravljanje rizicima od obilne oborine i ojačati upravljačke kapacitete regionalnih i lokalnih javnih tijela. Projekt će rezultirati novim alatima i metodama za procjenu, kartiranje i smanjenje rizika od jake oborine, alatima za prognoziranje i upozoravanje u slučaju mogućnosti pojave takvih događaja te prijedlogom mjera za smanjenje šteta koje nastaju kao posljedica jake oborine. Zbog specifičnosti i velike prostorne i vremenske varijabilnosti pojava obilnih oborina i njima izazvanih otjecanja, a nerijetko i poplava, procjena, izrada modela i karata rizika od obilnih oborina su još daleko od svakodnevne prakse. Realizacija projekta *Rainman* uvjetuje brojne sinergije s tekućom provedbom aktivnosti Europske komisije (EK) u kontekstu Direktive o poplavama, pri čemu je ključno pitanje kako rizike od obilnih oborina integrirati u upravljanje rizicima od poplava.

Projekt *Rainman* orijentiran je na ublažavanje problema uvjetovanih pojavom jakih kratkotrajnih oborina na manjim slivovima i urbanim područjima, a koje stvaraju sve veće probleme i štetne posljedice. Dijelom je to posljedica mogućih utjecaja klimatskih promjena/varijacija za koje se očekuje da će se pojačano manifestirati i u budućnosti, a dijelom neodgovarajućih koncepata oborinske odvodnje urbanih područja, sa značajnom koncentracijom i ubrzavanjem oborinskih oticaja.

U projekt je uključeno deset partnera koji su odabrali pilot područja u Njemačkoj, Austriji, Poljskoj, Češkoj, Mađarskoj i Hrvatskoj. Svako je pilot područje specifično, i na njemu će se provoditi ciljana istraživanja. Na području Hrvatske odabrana su dva pilot područja, Grad Zagreb i Umag. Pri izboru pilot područja vodilo se računa da se testiranja provedu na prostorno i klimatski različitim područjima, s vrlo različitim zakonitostima pojava kratkotrajne jake oborine, te različitim stupnjem izgrađenosti područja.

Za razliku od riječnih, fluvijalnih poplava, obilne oborine izazivaju poplave koje se javljaju vrlo brzo i njihovo prognoziranje je suočeno s velikim nepouzdanostima. Dok su za riječne, fluvijalne poplave dostupne karte rizika, ne postoji „procjena rizika od obilnih oborina“ ili tome odgovarajuće karte za pluvijalne poplave.

Prisutne su i sličnosti koje se očituju u sve učestalijim pojavama intenzivne oborine i njima izazvanih poplava, s vrlo izraženim bujičnim karakterom vodotoka, te pojavama sve intenzivnijih i učestalijih ugroženosti urbanih područja bujičnim i vlastitim oborinskim vodama. Karakteristični su i trendovi smanjenja srednjih, a povećanja maksimalnih godišnjih protoka.

2. OPIS PROJEKTA RAINMAN

Rezultati projekta pridonijet će poboljšanju cjelovitog upravljanja okolišem u sektorima upravljanja vodama i rizicima od poplava, urbanog i krajobraznog planiranja, poljoprivrede, civilne zaštite te niza drugih sektora.

U sklopu projekta Rainman predviđeni su slijedeći Radni paketi (RP):

- RP1 - Alati i metode za procjenu i izradu karata rizika od obilnih oborina.
- RP2 - Mjere smanjivanja rizika radi smanjivanja šteta od obilnih oborina.
- RP3- Pilot aktivnosti za provjeru i unaprijeđenje metoda razvijenih za procjenu i prevenciju rizika
- RP4 - Komplet alata "Rainman-Toolbox" za smanjenje rizika.

U nastavku su navedeni Radni paketi opširnije opisani.

2.1 Alati i metode za procjenu i izradu karata rizika od obilnih oborina (RP1)

Potrebno je razviti alat i metode za procjenu rizika od obilnih oborina u različitim kategoriziranim uvjetima i načinima korištenja zemljišta na pilot područjima (Rainman, Tool 1). Alat je temelj za ostvarivanje specifičnog cilja projekta: unaprijediti sposobnosti upravljanja rizicima i smanjiti rizike od obilnih oborina u budućnosti. Bez takvih alata ne mogu se donijeti pouzdane odluke i provesti efikasne mjere smanjivanja rizika (poput prilagođavanja korištenja zemljišta ili pojedinih građevina, uzbunjivanja, evakuacije).

Potrebno je analizirati preduvjete, polazišta i zahtjeve za razvoj metodologije u procesu određivanja opsega, pristupa i metoda za izradu modela opasnosti, procjenu i izradu karata rizika. U drugom koraku razvija se analitički okvir za procjenu rizika od obilnih oborina, uključujući metode primjenjive u regionalno specifičnim uvjetima. Metode se prilagođavaju različitim razinama složenosti i različitim geografskim i fizičkim preduvjetima pilot područja. Tako će se npr. specificirati metode prilagođene za urbana i ruralna područja. Neposredni očekivani rezultat:

- Alat za izradu karata rizika od obilnih oborina. Zajednički, cjeloviti i praksi orijentirani alat će omogućiti identificiranje, procjenu i izradu karata različitih razina rizika za određena područja. Njime se postavlja temelj za jačanje sposobnosti upravljanja rizicima, uključujući zaštitu, pripravnost, jačanje svijesti, uzbunjivanje i hitne intervencije.

2.2 Mjere smanjivanja rizika radi smanjivanja šteta od obilnih oborina (RP2)

Planiran je razvoj alata (Rainman, Tool 2) i strategije za smanjivanje rizika od obilnih oborina za pilot područja. Alat će uključivati katalog mjera smanjivanja rizika za različite situacije i uvjete, vodič za odabir najboljih opcija za mjere te vodič za primjenu i provedbu mjera. Osim toga, projektni partneri razvijaju strategiju zajedničkog upravljanja rizicima od obilnih oborina na urbanim i ruralnim područjima.

Strategija ima dva cilja: kao prvo, to je vodič za lokalne i regionalne aktivnosti na suočavanju sa sve većim rizicima od obilnih oborina koje će se provoditi lokalno i regionalno, a kao drugo, kao stručni doprinos na unapređivanju politike na području upravljanja poplavama, naročito Direktive o poplavama.

Prvi korak je prikupljanje i evaluacija raspoloživih pristupa i iskustava. Drugi korak je izrada kataloga mjera i primjera, uključujući vodič za odabir i provedbu te regionalne specifikacije za različite uvjete. Planiran je i razvoj mjera poput sustava uzbunjivanja. Alatu za smanjivanje rizika biti će pridodan vodič za primjenu u specifičnim uvjetima. Plan je da strategija upravljanja rizicima od obilnih oborina ugrađuje spomenuti alat u lokalne i regionalne akcijske planove.

Neposredni očekivani rezultat:

- Alat za smanjivanje rizika u svrhu odabira i provedbe mjera ublažavanja rizika od obilnih oborina (Rainman, Tool 2)
- Strategija upravljanja rizicima od obilnih oborina i vodič za provedbu, kao mjera unapređivanja provedbe Direktive o poplavama.

2.3 Pilot aktivnosti za provjeru i unaprijeđenje metoda razvijenih za procjenu i prevenciju rizika (RP3)

Pilot aktivnosti svih uključenih partnera se provode kako bi se testirale razvijene zajedničke metode i alati te kako bi se provjerila njihova izvedivost i primjenjivost. U projekt je uključeno

sedam pilot aktivnosti s različitim karakteristikama kako bi se dobio širok raspon uvjeta primjene. Aktivnosti imaju različite fokuse kako bi se testirala raznolikost metoda, asve su usmjerene na procjenu i izradu karata rizika od obilnih oborina (s različitim specifičnostima) te na različite mjere u urbanim i ruralnim područjima. Pri tome, intenzivne konzultacije na terenu s lokalnim dionicima trebaju osigurati prilagođenost zajedničkih rezultata potrebama lokalnih i regionalnih ciljnih skupina.

Na svakom se pilot području testira odabir mjera upravljanja rizicima razvijenim u RP2. Neposredni očekivani rezultati su testiranje razvijenih metoda i alata u cilju utvrđivanja njihove primjenjivosti.

2.4 Komplet alata "RAINMAN-Toolbox" o smanjivanju rizika (RP4)

Glavni neposredni rezultat RP4 je izrada i provedba kompleta alata „RAINMAN-Toolbox“ koji sadrži pet alata za smanjivanje rizika od obilnih oborina i unapređivanje kapaciteta regionalnih i lokalnih administracija u središnjoj Europi za cjelovito upravljanje rizicima za okoliš.

Komplet alata sadrži:

1. Alat za procjenu i izradu karata rizika od obilnih oborina
2. Provedbeni vodič za mjere smanjivanja rizika, upozoravanje i hitne intervencije
3. Preporuke za Planove upravljanja rizicima od poplava
4. Jačanje svijesti i uključivanje dionika
5. Katalog primjera dobre prakse za smanjivanje rizika od obilnih oborina

Razvoj kompleta alata u ovom radnom paketu služi i kao platforma za cjelokupnu koordinaciju projekta, jer u njemu treba povezati sve pojedinačne elemente projekta.

Neposredni očekivani rezultat:

- Stvaranje i provedba kompleta pet alata Rainman-Toolbox za smanjivanje rizika od obilnih oborina koji bi kao web aplikacija bili od pomoći lokalnim i regionalnim vlastima na procjeni i izradi karata rizika od poplava uzrokovanih obilnim oborinama i akcijskom planiranju, kao i komuniciranju o rizicima i jačanju javne svijesti.

U okviru ovog glavnog cilja cjelokupnog projekta Rainman, planirana je i provedba aktivnosti na pilot područjima čime Hrvatske vode kao partner na projektu daju, između ostaloga, svoj doprinos zajedničkim rezultatima i ciljevima na projektu Rainman. To u kontekstu planiranih aktivnosti u Hrvatskoj podrazumijeva izradu karata rizika od kratkotrajne oborine visokih intenziteta na pilot područjima u Gradu Zagrebu i širem području Umaga u Istri, uz provedbu hidrološko-hidrauličkog modeliranja.

Treba napomenuti da je područje Zagreba ugroženo također i bujičnim vodama s Medvednice i vlastitim oborinskim vodama, a ugroženost velikim vodama od rijeke Save u ovom projektu neće se razmatrati. Područje Istre pod utjecajem je sredozemnih atmosferskih strujanja i ima naglašenije pojave intenzivne oborine. Tu su u značajnoj mjeri prisutne i krške površine na kojima velike količine oborina imaju drugačiji karakter površinskih i podzemnih otjecanja.

Za razliku od riječnih, fluvijalnih poplava, obilne oborine izazivaju poplave koje se javljaju vrlo brzo i njihovo prognoziranje je suočeno s velikim nepouzdanostima. Dok su za riječne, fluvijalne poplave dostupne karte rizika, ne postoji pouzdana „procjena rizika od obilnih oborina“ ili tome odgovarajuće karte za pluvijalne poplave. Stoga je planirano da će provedba projekta Rainman rezultirati novim alatima i metodama za procjenu, kartiranje i smanjenje rizika od obilnih oborina, alatima za prognoziranje i upozoravanje u slučaju mogućnosti pojave takvih događaja, te prijedlogom mjera za smanjenje šteta koje nastaju kao posljedica jake oborine. Pri tome će se predstaviti moguće građevinske i upravljačke mjere kojima je za cilj smanjivanje poplavnih rizika i šteta, što uključuje mjere vezane uz preventivno i operativno djelovanje, za vrijeme i neposredno prije događaja.

Hrvatske vode u okviru glavnog cilja, cjelokupnog projekta Rainman, između ostaloga provode i aktivnosti koje će rezultirati izradom karata rizika od kratkotrajne oborine visokih intenziteta na

pilot područjima Grada Zagreba i širem području Umaga, i tako daju partnerski doprinos testiranju zajedničkih rezultata projekta Rainman.

3. Cilj Studije

Osnovni cilj ovog projekta je izrada Studije upravljanje rizicima od poplava uslijed jakih oborina. U okviru glavnog cilja, cjelokupnog projekta *Rainman*, ovom Studijom je potrebno provesti aktivnosti koji će rezultirati izradom karata rizika od kratkotrajne oborine visokih intenziteta na pilot područjima u Zagrebu i Istri, uz provedbu hidrološko-hidrauličkog modeliranja.

Kratkotrajne obilne oborine visokog intenziteta izazivaju pluvijalne poplave koje se javljaju vrlo brzo i njihovo prognoziranje je suočeno s velikim nesigurnostima. Pluvijalne poplave, koje su predmet ovog projektnog zadatka, mogu se pojaviti bilo gdje i u bilo kojem trenutku i ne moraju biti povezane s vodotokom.

Dok su, s jedne strane, za riječne, fluvijalne poplave dostupne karte rizika, s druge strane, ne postoji „procjena rizika od obilnih oborina“ kao ni odgovarajuće karte za pluvijalne poplave.

Odabrana pilot područja koja su predmet analiza u ovoj Studiji su:

- Grad Zagreb (obuhvat područja, prilog 1),
- Sliv Umaškog potoka u Istri (obuhvat područja, vidi prilog 1).

Područje Zagreba ugroženo je bujičnim vodama s Medvednice i vlastitim oborinskim vodama, dok ugroženost velikim vodama od rijeke Save nije predmet ovog projekta.

Područje Istre je pod utjecajem sredozemnih atmosferskih strujanja i ima naglašenije pojave intenzivne oborine. Tu su u značajnoj mjeri prisutne i krške površine na kojima velike količine oborine imaju drugačiji karakter površinskih i podzemnih otjecanja.

Rezultati Studije trebali bi između ostaloga pomoći hrvatskom partneru na projektu *Rainman* u implementaciji hrvatske komponente projekta i dati hrvatski doprinos zajedničkim rezultatima i ciljevima ostalih partnera na projektu. U tom smislu je potrebna stalna suradnja između Naručitelja i Izvršitelja tijekom trajanja projekta.

Ova Studija treba doprinijeti ispunjenju obveza koje je preuzeo hrvatski partner u projektu u okviru testiranja i unapređenja alata na odabranim pilot područjima, prilagodbe predloženih alata i smjernica za pilot područja, te upoznavanja lokalnih i regionalnih agencija s ponuđenim alatima i adekvatnim mjerama.

4. Opseg i zadaci

U ovom poglavlju opisani su opseg i zadaci projekta koji moraju biti uključeni u Studiju.

Za potrebe ove Studije potrebno je izraditi slijedeće:

1. Analiza odabranih pilot područja

Izvršitelj će provesti analizu na dva pilot područja u kontekstu upravljanja rizicima od poplava i to:

1. Grad Zagreb (obuhvat područja, prilog 1),
2. Sliv Umaškog potoka (obuhvat područja, prilog 1)

imajući u vidu prvenstveno upravljačke aspekte vezane za upravljanje rizicima od poplava uzrokovanih kišama, ali vodeći računa i o ostalim izvorima poplava (fluvijalne, morske i druge moguće).

Izvršitelj će na osnovu dostupnih informacija:

- Procijeniti i reprezentativnost odabranih područja, imajući u vidu hrvatske posebnosti
- Opisati poplave koje su se već dogodile
- Opisati postojeće sustave obrane od poplava, te sustave oborinske ili mješovite kanalizacije na pilot područjima
- Napraviti pregled postojećih studija i planova za smanjenje rizika od poplava
- Procijeniti dostupnost podataka relevantnih za projekt
- Opisati sve ostale karakteristike područja relevantne za provođenje projekta
- Izraditi upitnike koji će Naručitelj distribuirati ciljanim skupinama na pilot područjima

2. Analiza metoda i pristupa za izradu karata opasnosti i karata rizika od poplava uslijed jakih oborina

Izvršitelj će, u dogovoru s Naručiteljem, a sukladno s dostupnim literaturnim i drugim podacima napraviti prikaz i provesti analizu postojećih metoda i pristupa za izradu karata opasnosti od poplava, karata rizika od poplava, te procjene rizika od poplava uzrokovanih jakim oborinama.

Pri tome će posebno voditi računa o:

- Primjenljivosti metodologija u Hrvatskoj i na pilot područjima
- Dostupnim podacima u hrvatskim okvirima i na pilot područjima
- Potrebним stupnjevima detaljnosti i pouzdanosti na planskom i projektnom nivou
- Zahtjevima europskih direktiva (Direktiva o upravljanju poplavnim rizicima, Okvirna direktiva o vodama, Direktiva o prikupljanju i pročišćavanju urbanih otpadnih voda)
- Mogućnosti simuliranja različitih fenomena plavljenja tijekom istog događaja (oborine, tečenje po tlu, izlivanje vodotoka, visoke razine mora, izlivanje sustava odvodne i ostalo)
- Potrebним modelima i računalnim aplikacijama, te njihovoj dostupnosti
- Mogućnostima simulacije učinka mjera za smanjenje rizika od poplava
- Mogućim unapređenjima metoda
- Ostalim bitnim činjenicama za provođenje projekta i kasniju primjenu na području Hrvatske

3. Prijedlog pristupa za upravljanje rizicima od poplava uslijed jakih oborina

Na osnovu prve dvije točke Izvršitelj je dužan provesti analizu mogućnosti i dati prijedlog:

1. Pristupa vodnogospodarskim (sa stanovišta upravljanja vodama) aspektima rizika od poplava uzrokovanih jakim oborinama, sukladno:

- Praksi upravljanja vodama u Hrvatskoj i uklapanju u ukupni planski kontekst
- Postojećem sustavu operativne obrane od poplava
- Ciljevima upravljanja rizicima od poplava
- Zakonskim rješenjima i Naručiteljevoj ulozi u upravljanju vodama
- Direktivi o upravljanju poplavnim rizicima, Okvirnoj direktivi o vodama te Direktivi o prikupljanju i pročišćavanju urbanih otpadnih voda
- Nacionalnim specifičnostima

- Indikatorima za praćenje postizanja ciljeva
 - Različitim ulogama i nadležnostima dionika
2. Metodologije određivanja područja s potencijalno značajnim rizikom od poplava uzrokovanih jakim oborinama za cijelo područje Hrvatske, u skladu s obavezama Naručitelja, te Direktivom o upravljanju poplavnim rizicima i Planom upravljanja rizicima od poplava, imajući u vidu nacionalne specifičnosti te dostupne podatke koji će omogućiti primjenjivost na teritoriju cijele Hrvatske.
3. Metoda i pristupa za procjenu rizika od poplava:
- 3.1. Metodologije za izradu karata opasnosti od poplava uzrokovanih kišama (prostorni obuhvat, maksimalna dubina i maksimalna brzina tečenja)
- 3.2. Metodologije za izradu karata rizika od poplava uzrokovanih kišama
- 3.3. Metodologije za procjenu rizika od plavljenja sukladne s kartama rizika od plavljenja za potrebe:
- Planova upravljanja rizicima od poplava uključujući i definiranje programa mjera (planski nivo), okvirnog mjerila 1:25 000, usklađenih s Direktivom o upravljanju poplavnim rizicima
 - Analize varijantnih rješenja, dimenzioniranja i analize učinkovitosti pojedinih mjera (projektni nivo), mjerila većeg stupnja detaljnosti od mjerila 1:25 000

Uključujući i razradu najmanje tri scenarija plavljenja u skladu s postojećim zakonskim rješenjima, Direktivom o upravljanju poplavnim rizicima, Planom upravljanja rizicima od poplava te posebnim nacionalnim specifičnostima. Izvršitelj također treba imati u vidu primjenljivost odabranih metoda na cjelokupnom području Hrvatske.

Izvršitelj za svako pilot područje može odabrati zasebnu metodologiju za hidrološko/hidrauličko modeliranje, pri čemu treba voditi računa da rezultati modeliranja te iz njih proizašle karte opasnosti od poplava za oba pilot područja budu međusobno usklađene. Metodologija za izradu karata rizika od poplava i procjenu rizika od poplava mora biti jedinstvena za oba pilot područja.

4. Kataloga mjera za smanjenje rizika od poplava uzrokovanih jakim oborinama za urbana i ruralna područja, primjenljivih na pilot područjima i na nacionalnom nivou koji treba obuhvatiti sljedeće mjere:
- Smanjivanje rizika pomoću instrumenata regionalnog prostornog planiranja
 - Preventivne mjere za urbana područja i privatne građevine
 - Koncepte zadržavanja i infiltracije vode
 - Optimizacije upravljanja sustavima obrane od poplava (retencije)
 - Meteorološkog i hidrološkog prognoziranja, uzbunjivanja, hitnih intervencija
 - Ostale mjere

4. Primjena (testiranje) definiranih metoda

Izvršitelj je dužan za sve definirane scenarije, na planskom nivou, za dva pilot područja provesti:

- Izradu karata opasnosti od poplava uzrokovanih kišama
- Izradu karata rizika od poplava uzrokovanih kišama
- Procjenu rizika od plavljenja (analiza i zaključci izvedeni iz karata rizika od poplava na osnovu kojih se mogu planirati odgovarajuće mjere)

Na osnovu procjene rizika i postavljenih ciljeva, te prema potrebi daljnjih modelskih istraživanja, Izvršitelj će definirati:

- Kritične točke („hot spots“), odnosno, područja s neprihvatljivo velikim rizikom od poplava uzrokovanih kišama jakog intenziteta
- Program mjera, na planskom nivou, za smanjenje neprihvatljivo velikih rizika od poplava
- Akcijske planove koji bi omogućili uspješniju implementaciju programa mjera s obzirom na postojeća zakonska rješenja i nadležnosti uključenih institucija.

Na osnovu određenih kritičnih točaka i programa mjera, Naručitelj će za svako pilot područje definirati najviše dvije kritične točke za koje će se provesti s većim stupnjem detaljnosti:

- Izrada karata opasnosti od poplava
- Izrada karata rizika od poplava
- Tri varijantna rješenja mjera smanjenja rizika od poplava
- Odabir optimalnog rješenja
- Razrada optimalnog rješenja

5. Unapređenje sustava prognoziranja i upozoravanja

Na osnovu prethodnih istraživanja i dodatnih modelskih ispitivanja, Izvršitelj će predložiti unapređenje postojećeg sustava prognoziranja Naručitelja, baziranog na Aladin i ECMWF meteorološkim prognostičkim modelima, za potrebe pilot područja vodeći računa o već postojećem sustavu operativne obrane od poplava i to:

- Definirati za dva pilot područja odgovarajuće pragove za pojedine stupnjeve upozorenja, imajući u vidu prostornu i vremensku razlučivost te pouzdanost meteoroloških modela Aladin i ECMWF
- Za sve stupnjeve upozorenja, definirati akcijske planove i operativne procedure, za sve kritične točke, naročito imajući u vidu povezanost sustava za obranu od poplava i sustava odvodnje, a naročito upravljanje retencijama
- Alocirati pojedine elemente akcijskog plana i operativnih procedura na nadležne učesnike
- Izraditi prijedlog komunikacije s javnošću

6. Naučene lekcije i prijedlog unapređenja

Tijekom svih aktivnosti projekta, Izvršitelj je dužan sistematizirati:

- Probleme i nedostatke s kojima se susreo u realizaciji projekta
- Moguća unapređenja koja bi dovela do boljeg upravljanja rizicima od poplava uzrokovanih jakim kišama, te ih sistematizirati, vodeći računa o postojećim institucionalnim nadležnostima.

Izvršitelj ima također i obvezu da u suradnji s Naručiteljem, rezultate rada na ovom projektom zadatku, pripremi i prikaže u formatima radnog paketa "RAINMAN-Toolbox" o smanjivanju rizika, prema dinamici rada na projektu RAINMAN, i prema uputama i zahtjevima Vodećeg partnera ili voditelja radnih paketa na projektu RAINMAN.

5. Sadržaj studije

Temeljem opsega i zadataka projekta (točka 4) sve analize, obrade i rezultate rada, potrebno je sistematizirati i prikazati u Studiji s detaljno opisanim elementima i grafičkim prilogima u formi karata, grafova i slika.

Studija ima slijedeći, okvirni, sadržaj:

1. Analiza odabranih pilot područja

- 1.1 Pilot područje Grada Zagreba (obuhvat područja, prilog 1)
- 1.2 Pilot područje sliva Umaškog potoka (obuhvat područja, prilog 1)

2. Analiza metoda i pristupa za izradu karata opasnosti i karata rizika od poplava uslijed jakih oborina

3. Prijedlog pristupa za upravljanje rizicima od poplava uslijed jakih oborina

- 3.1. Vodnogospodarski aspekti rizika od poplava uzrokovanih jakim oborinama
- 3.2. Metodologije određivanja područja s potencijalno značajnim rizikom od poplava uzrokovanih jakim oborinama
- 3.3. Metode i pristup za procjenu rizika od poplava
 - 3.3.1 Izrada karata opasnosti od poplava uzrokovanih kišama
 - 3.3.2 Izrada karata rizika od poplava uzrokovanih kišama
 - 3.3.3 Procjena rizika od plavljenja
- 3.4. Katalog mjera za smanjenje rizika od poplava uzrokovanih jakim oborinama za urbana i ruralna područja na pilot područjima

4. Primjena (testiranje) definiranih metoda

- 4.1 Izrada karata opasnosti od poplava uzrokovanih kišama (za sve definirane scenarije na planskom nivou)
 - 4.1.1 Pilot područje Grada Zagreba
 - 4.1.2 Pilot područje sliva Umaškog potoka
- 4.2 Izrada karata rizika od poplava uzrokovanih kišama (za sve definirane scenarije na planskom nivou)
 - 4.2.1 Pilot područje Grada Zagreba
 - 4.2.2 Pilot područje sliva Umaškog potoka
- 4.3 Procjena rizika od plavljenja (za sve definirane scenarije na planskom nivou)
- 4.4 Određivanje kritičnih točaka (hot spots) područja s neprihvatljivo velikim rizikom od poplava uzrokovanih kišama jakom intenziteta

- 4.5 Program mjera - za smanjenje neprihvatljivih rizika (planski nivo)
- 4.6 Akcijski planovi za implementaciju programa mjera
- 4.7 Kritične točke (hot spots) odabrane za obradu s većim stupnjem detaljnosti
 - 4.7.1 Izrada karata opasnosti od poplava
 - 4.7.2 Izrada karata rizika od poplava
 - 4.7.3 Tri varijantna rješenja mjera smanjenja rizika od poplava
 - 4.7.4 Odabir optimalnog rješenja
 - 4.7.5 Razrada optimalnog rješenja

5. Unapređenje sustava prognoziranja i upozoravanja

- 5.1 Prijedlog meteorološko - hidrološkog unapređenja sustava prognoziranja
- 5.2 Prijedlog aktivnosti neposredno prije i za vrijeme poplavnog događaja

6. Naučene lekcije i prijedlog unapređenja

- 6.1 Uočeni problemi i nedostaci tijekom realizacije projekta
- 6.2 Prijedlog unapređenja upravljanja rizicima od poplava uzrokovanih jakim kišama

6. Raspoložive podloge i dokumentacija

Izvršitelju će za potrebe izrade ove Studije biti stavljena na raspolaganje cjelokupna raspoloživa prethodna dokumentacija vezana uz tematiku predmetnog zadatka, a koja je u vlasništvu Naručitelja.

Dužnost Izvršitelja je da svu ostalu potrebnu dokumentaciju i podloge za koje smatra da su mu potrebne za ovaj projekt nabavlja u svom aranžmanu i trošku.

7. Rokovi

Krajnji rok za dovršenje svih aktivnosti po ovome projektu je dvanaest (12) mjeseci od dana potpisivanja ugovora.

Tijekom izrade Studije, Izvršitelj je dužan Naručitelju predati preliminarna izvješća u skladu s vremenskom dinamikom koju je odredio Naručitelj.

Sva preliminarna izvješća se dostavljaju ovlašteniku Hrvatskih voda zaduženom za praćenje realizacije izrade Studije koji je obvezan u roku od 15 dana dostaviti Izvršitelju eventualne primjedbe ili komentare u pisanom obliku, a za izradu Nacrta konačne studije u roku od 30 dana.

Po završetku rada na projektnom zadatku, Izvršitelj treba predati detaljno izvješće i priložiti traženu dokumentaciju u tekstualnom obliku s grafičkim prilogima.

Vremenska dinamika:

Faza	Predviđeni završetak od dana potpisa ugovora (u mjesecima)
1. Prvo privremeno izvješće (Analiza odabranih pilot područja, Analiza metoda i pristupa za izradu karata opasnosti i karata rizika od poplava uslijed jakih oborina)	1
2. Drugo privremeno izvješće (Nacrt Prijedloga pristupa za upravljanje rizicima od poplava uslijed jakih oborina)	4
3. Treće privremeno izvješće (Primjena (testiranje) definiranih metoda)	6
4. Četvrto privremeno izvješće (Sustav prognoziranja i upozoravanja; Naučene lekcije i prijedlog unapređenja)	6
5. Nacrt konačne studije	9
6. Primjedbe i komentari na Nacrt studije od strane Naručitelja	10
7. Konačna studija	12

8. Isporuka konačne studije

Konačnu studiju treba predati u šest (6) uvezanih primjeraka s priloženim CD-om na kojem moraju biti digitalni podaci u sljedećem obliku:

- Izvještaj u *.pdf* formatu (nezaključan) koji sadrži tekstualni i grafički dio formatiran kao u uvezanom primjerku;
- Tekstualni dio izvještaja predan kao word dokument (u *.doc* ili *.docx* formatu);
- Prostorni podaci predani u digitalnom obliku i georeferencirani u projekcijski koordinatni sustav HTRS96/TM. Moraju biti u GIS formatu (*.shp* i ostalo) s pridruženim atributnim podacima (po potrebi, a ovisno o vrsti radova, Hrvatske vode će dati izvođaču *.xls* ili *.xlsx* tablicu s popisom traženih atributa);
- Grafički dio predan u digitalnom obliku (u odgovarajućem formatu, ovisno o tome radi li se o slici ili grafu) sa svim podacima.

Svi ulazni podaci i rezultati trebaju biti isporučeni u odgovarajućim (prostornim) bazama podataka prema specifikacijama Naručitelja.

Sve datoteke korištene za uspostavu modela i modeliranje, trebaju biti isporučene Naručitelju u digitalnom obliku u odgovarajućim formatima.

9. Ostalo

Predviđeni su redoviti sastanci između Naručitelja i Izvršitelja, najmanje jedan (1) puta mjesečno, a po potrebi i češće.

Ukoliko se ukaže potreba, Izvršitelj će pojedine elemente studije pripremiti u vidu posebnih izvješća, sukladno potrebama projekta *Rainman*.

Rezultate Studije po svim točkama sadržaja (gdje je to primjenjivo) potrebno je uskladiti s Direktivom o poplavama, Okvirnom direktivom o vodama i Planom upravljanja vodnim područjima.

Izvršitelj na izradi Studije se također obavezuje sudjelovati u svim aktivnostima vezanim za komunikaciju s dionicima na dva pilot područja prema dinamici projekta.

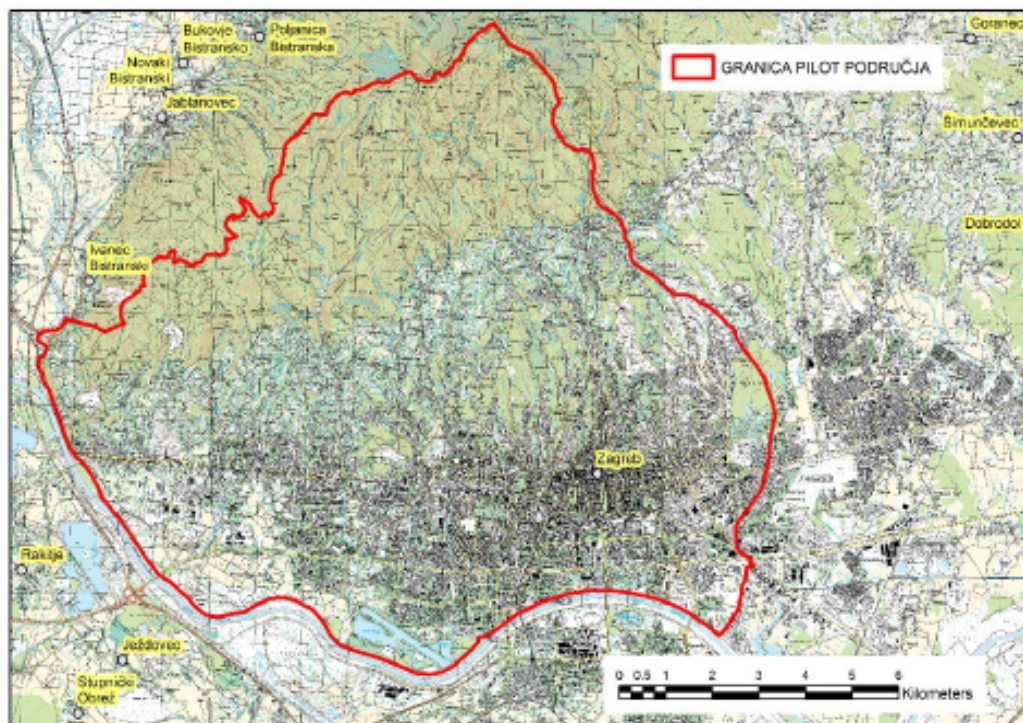
Radni jezik na projektu i izradi Studije je hrvatski jezik.

Predviđena je pomoć Izvršitelja radova u pripremi materijala za Naručitelja za redovite sastanke partnera u 2019. godini, i to:

- Wrocław, Poljska 4.-5.6.2019; Budweis, Češka, 24.-25.9.2019. i Graz, Austrija, 3.-4.12.2019.

Aneks 1. Područja obuhvata pilot područja

Slika 1. Područje obuhvata pilot područja u Zagrebu.



Slika 2. Pilot područje - Sliv Umaškog potoka u Istri.





VODOPRIVREDNO-PROJEKTI BIRO d.d.

10 000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 271

OIB:35069807615

TEHNIČKI DIO



SADRŽAJ:

1.	UVOD	1
1.1.	Projekt Rainman	1
1.2.	Povijest i pozadina projekta	2
1.4.1.	Uvod	2
1.4.2.	Glavni ciljevi projekta	3
1.4.3.	Specifični ciljevi	3
1.3.	Koncept projekta Rainman	3
1.2.1.	Radni paket 1 (WP1): Alati i metode za procjenu i izradu karata rizika od obilnih oborina	4
1.4.	Predmet studije (projektni zadatak)	5
2.	PODLOGE	7
2.1.	Topografske i kartografske podloge	7
2.2.	Podaci o namjeni i korištenju zemljišta	8
2.3.	Podaci o infrastrukturi	9
2.4.	Meteorološke podloge	10
2.5.	Ostali podaci	11
3.	ANALIZA ODABRANIH PILOT PODRUČJA	14
3.1.	Grad Zagreb	14
3.1.1.	Glavne značajke pilot područja	14
3.1.3.	Zabilježeni poplavni događaji	19
3.1.4.	Postojeći sustav obrane od poplava i sustav oborinske ili mješovite kanalizacije	21
3.2.	Sliv Umaškog potoka	22
3.2.1.	Glavne značajke pilot područja	22
3.2.2.	Reprezentativnost	27
3.2.3.	Zabilježeni poplavni događaji	30
3.2.4.	Postojeći sustav obrane od poplava i sustav oborinske ili mješovite kanalizacije	32
4.	ANALIZA METODA I PRISTUPA ZA IZRADU KARATA OPASNOSTI I RIZIKA OD POPLAVA USLIJED JAKIH OBORINA	34
4.1.	Polazišta	34
4.2.	Analitički okvir	34
4.2.1.	Definicije	34
4.2.2.	Koncept	35
4.3.	Analiza postojećih metoda i pristupa za izradu karata opasnosti i rizika od pluvijalnih poplava	37
4.3.1.	Pristup modeliranju	37
4.3.2.	Konceptualni modeli	39
4.3.3.	Hidraulički modeli	42
4.3.4.	Zaključno	43
4.4.	Osvrt na primjenjivost pojedinih modela na području RH	46
5.	PRIJEDLOG PRISTUPA ZA UPRAVLJANJE RIZICIMA OD POPLAVA USLIJED JAKIH OBORINA	50



5.1. Prijedlog pristupa vodnogospodarskim aspektima rizika od poplava uzrokovanih jakim oborinama	50
5.2. Prijedlog metodologije određivanja područja s potencijalno značajnim rizikom od poplava uzrokovanih jakim oborinama za cijelo područje Hrvatske	56
5.2.1. Polazišta i zahtjevi.....	56
5.2.2. Upravljanje rizicima od poplava	56
5.2.3. Jedinice upravljanja rizicima od poplava	57
5.2.5. Aktivnosti upravljanja rizicima od poplava	58
5.2.6. Opasnost od poplava unutar Prethodne procjene rizika od poplava 2018.	58
5.2.8. Receptori rizika od poplava.....	60
5.2.9. Procjena klimatskih promjena	61
5.3. Prijedlog metoda i pristupa za procjenu rizika od poplava.....	67
5.3.1. Metodologija izrade karata opasnosti od pluvijalnih poplava	67
5.3.2. Metodologije za izradu karata rizika od poplava uzrokovanih kišama	68
5.3.3. Metodologije za procjenu rizika od plavljenja.....	70
5.4. Prijedlog mjera za smanjenje rizika od poplava uzrokovanih jakim oborinama za urbana i ruralna područja	71
6. TESTIRANJE DEFINIRANIH METODA.....	77
6.1. Generalne postavke	77
6.2. Pilot područje Zagreb.....	79
6.2.1. Preliminarna analiza.....	79
6.3. Sliv Umaškog potoka	90
6.4. Prijedlog mjera za smanjenje rizika od pluvijalnih poplava.....	97
7. UNAPREĐENJE SUSTAVA PROGNOZIRANJA I UPOZORAVANJA.....	102
7.1. Sustav prognoziranja i upozoravanja u Republici Hrvatskoj.....	102
7.2. Prijedlog meteorološko - hidrološkog unapređenja sustava prognoziranja.....	104
7.3. Prijedlog aktivnosti neposredno prije i za vrijeme poplavnog događaja	108
8. NAUČENE LEKCIJE I PRIJEDLOG UNAPREĐENJA.....	110
8.1. Uočeni problemi i nedostaci tijekom realizacije projekta	110
8.2. Prijedlog unapređenja upravljanja rizicima od poplava uzrokovanih jakim kišama	110

1. UVOD

1.1. Projekt Rainman

EU projekt Rainman, Integrirano upravljanje rizikom od jakih kiša, pokrenut je u sklopu EU Interreg Central Europe programa. polovinom 2017. godine s ciljem poboljšanja kapaciteta za cjelovito upravljanje kako bi se smanjili rizici od obilnih oborina te smanjili gubici u prirodnom i izgrađenom okolišu, uključujući gospodarstvo, ljudske živote, okoliš i kulturnu baštinu. U okviru glavnog cilja, cjelokupnog projekta Rainman, u okviru ove studije je potrebno provesti aktivnosti koje će rezultirati izradom karata rizika od kratkotrajne oborine visokih intenziteta na pilot područjima u Zagrebu i Istri, uz provedbu hidrološko-hidrauličkog modeliranja.

Svrha projekta Rainman je uspostaviti zajedničke cjelovite alate za upravljanje rizicima od obilne oborine i ojačati upravljačke kapacitete regionalnih i lokalnih javnih tijela. Naime, pojave obilnih oborina prepoznate su kao jedan od ključnih problema upravljanja vodama, a rizici od poplava i poplavnih šteta izazvanih obilnim oborinama postaju sve izraženiji, kako zbog izgradnje urbanih prostora i infrastrukture koja ne udovoljava cjelovitom upravljanju vodama i njima izazvanim rizicima, tako i uslijed sve izraženijeg utjecaja klimatskih promjena. Projekt će rezultirati novim alatima i metodama za procjenu, kartiranje i smanjenje rizika od jake oborine, alatima za prognoziranje i upozoravanje u slučaju mogućnosti pojave takvih događaja te prijedlogom mjera za smanjenje šteta koje nastaju kao posljedica jake oborine.

Analitički okvir nije namijenjen usklađivanju primijenjenih metoda u smislu pristupa „najbolje prakse“ za procjenu rizika od obilnih kiša. Umjesto toga, cilj je pružiti klasifikacijski sustav za različite metodološke pristupe na odabranim pilot područjima na temelju njihovih specifičnosti, različitih uvjeta, razine složenosti i zahtjeva, kako bi se osigurala usporedivost metoda te njihova prenosivost na slična područja. Zajednički, cjeloviti i praksi orijentirani alati će omogućiti identificiranje, procjenu i izradu karata različitih razina rizika za određena područja, a njime se postavlja temelj za jačanje sposobnosti upravljanja rizicima, uključujući zaštitu, pripravnost, jačanje svijesti, uzbunjivanje i hitne intervencije.

U projekt Rainman je uključeno deset partnera koji su odabrali specifična pilot područja u Njemačkoj, Austriji, Poljskoj, Češkoj, Mađarskoj i Hrvatskoj. Na području Hrvatske odabrana su dva pilot područja - Grad Zagreb i sliv Umaškog potoka, s obzirom na njihove prostorno i klimatski različite značajke, s vrlo različitim zakonitostima pojava kratkotrajne jake oborine i različitim stupnjem izgrađenosti područja.

S jedne strane, sliv Umaškog potoka je pod utjecajem sredozemnih atmosferskih strujanja, s naglašenijom pojavom intenzivnih oborina, a na karakter otjecanja u značajnoj mjeri utječu krške površine i složena dinamika kolebanja razine mora. S druge strane, na području grada Zagreba štetne posljedice pojava obilnih oborina su još naglašenije zbog koncentracije oborinskih voda odnosno njihova dotoka bujicama s planinskog masiva Medvednice, ne samo u uže središte grada već i u gradski sustav odvodnje. Položaj pilot područja na području Republike Hrvatske prikazan je na donjoj slici.



Slika 1.1: Prostorni smještaj pilot područja na području Republike Hrvatske

1.2. Povijest i pozadina projekta

1.4.1. Uvod

Svake godine obilne oborine na području Europske unije uzrokuju gubitak ljudskih života i znatne ekonomske gubitke te su najznačajnija prirodna opasnost identificirana za srednju Europu (npr. 2016.: južna Njemačka, Austrija; 2014.: Gunja/Hrvatska, Mšeno/Češka Republika, Meißen/Njemačka; 2013.: područje Tise/Mađarska, Graz/Austrija, 2010.: Donja Šleska/Poljska, Graz/Austrija itd.). Samo u bujičnim poplavama u Njemačkoj, Austriji, Francuskoj, Rumunjskoj, Italiji i drugim dijelovima Europe u svibnju/lipnju 2016. poginulo je više od 20 ljudi, a štete su procijenjene na više od 3 milijarde €

Velik dio šteta nastaje zbog nedovoljnog znanja o opasnostima i rizicima od poplava („Što bi se moglo dogoditi? Gdje bi se moglo dogoditi?“) kao i o mogućnostima smanjivanja rizika („Kako se zaštititi i pripremiti? Sustav upozoravanja i uzbunjivanja? Bolja kontrola katastrofa?“). Čak i ako su mjere dostupne, zbog manjka iskustva, smjernica i procedura nije uvijek bilo moguće odabrati najbolje mjere za konkretne situacije.

Stoga obilne oborine predstavljaju zajednički europski izazov. Za razliku od riječnih poplava, obilne oborine se javljaju vrlo brzo i njihovo prognoziranje je suočeno s velikim nesigurnostima. U isto vrijeme, potencijalne štete širom srednje Europe se brzo povećavaju uslijed razvoja i gospodarskog rasta. Dok su za riječne poplave dostupne karte rizika, ne postoji „procjena rizika od

obilnih oborina“ ili tome odgovarajuće karte. Prema tome, unatoč brojnim katastrofalnim događajima u prošlosti, nisu dostupni niti dovoljni kapaciteti javnih tijela niti prikladni alati.

1.4.2. Glavni ciljevi projekta

Svrha projekta je uspostaviti transnacionalne cjelovite alate za upravljanje rizicima od obilnih oborina i ojačati upravljačke kapacitete regionalnih i lokalnih javnih tijela. Projekt izravno pridonosi cjelokupnom cilju programa – da regije u srednjoj Europi postanu bolja mjesta za život i rad tako da ih se učini sigurnijima i snažnijima. Pridonosi specifičnom cilju programa poboljšanjem kapaciteta za cjelovito upravljanje okolišem u sektorima upravljanja vodama i rizicima, urbanog i krajobraznog planiranja, poljoprivrede, civilne zaštite itd.

1.4.3. Specifični ciljevi

Specifični ciljevi projekta su postići bolje razumijevanje o rizicima od obilnih oborina, poboljšati sustav informiranja i uzbunjivanja u cilju smanjenja tih rizika te unaprijediti upravljanje rizicima na području EU kroz integraciju rizika od obilnih oborina u planske dokumente.

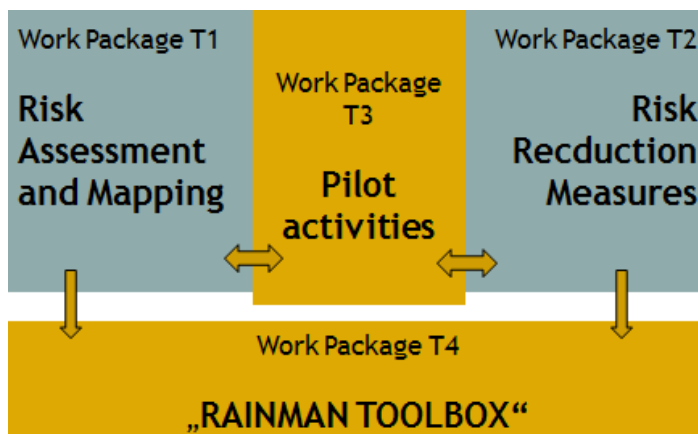
Cjelovito upravljanje teritorijalnim razvojem, uključujući okolišne, ekonomske i socijalne faktore, zahtijeva razmatranje svih vrsta rizika. Odlučujuću ulogu imaju lokalne i regionalne vlasti i dionici koji odlučuju o stvarnom povećanju ili smanjivanju rizika u kontekstu investicija, planova ili razvojnih strategija, za što su im potrebni bolje razumijevanje i prateći alati.

Smanjivanje rizika od obilnih oborina na urbanim i ruralnim područjima moguće je postići unapređenjem mjera uzbunjivanja, pripravnosti i zaštite. Postojeće mjere su ograničene: sustavi upozoravanja i uzbunjivanja nisu pouzdani, ne postoje planovi pripravnosti za slučaj katastrofe za rizika od obilnih oborina, a o mjerama zaštite više se raspravlja u istraživačkoj zajednici nego provodi na terenu. Stoga je cilj razviti mjere smanjenja rizika (zaštita, upozoravanje, uzbunjivanje, pripravnost), testirati ih, povećati njihovu pouzdanost, učiniti ih primjenjivima u praksi, uključujući jačanje svijesti i obuku.

Planiranje upravljanja rizicima od poplava i s time povezani alati fokusirani su na riječne poplave i do danas u praksi nisu razmatrani rizici od obilnih oborina. U teoriji, različite vrste poplava trebaju biti dio karata rizika i planova upravljanja rizicima od poplava. Međutim, zbog nedostatka praktičnih metoda i alata, to se ne provodi u većini država članica EU (vidi izvještaj EU-COM, WRc plc 3/2016). Postojeći pristupi nisu pouzdani niti primjenjivi za aktualno odlučivanje na lokalnoj ili regionalnoj razini. Prema tome, jedan cilj projekta RAINMAN je pridonijeti unapređivanju Direktive o poplavama kao takve (preporuke za politiku) i provedbe direktive u 2./3. ciklusu provedbe u svim državama članicama uključivanjem stručnjaka EU i ostalih stručnjaka.

1.3. Koncept projekta Rainman

Cjelokupni projekt se provodi u četiri faze odnosno četiri međusobno povezana i ovisna radna paketa (slika 1.2.), ukratko opisana u nastavku.



Slika 1.2: Radni paketi projekta Rainman (izvor: prezentacija Dr.-Ing. Uwe Müller, Head of Department „Water, Soil, Recyclables“)

1.2.1. Radni paket 1 (WP1): Alati i metode za procjenu i izradu karata rizika od obilnih oborina

U okviru radnog paketa 1 razvijaju se alati i metode za procjenu rizika od obilnih oborina u različitim kategoriziranim uvjetima i načinima korištenja zemljišta na pilot područjima. Stoga se analiziraju preduvjeti, polazišta i zahtjevi za razvoj određene metodologije i slijedom navedenog razvija analitički okvir za procjenu rizika od obilnih oborina.

1.2.2. Radni paket 2 (WP2): Mjere smanjivanja rizika radi smanjivanja šteta od obilnih oborina

U okviru radnog paketa 2 razvijaju se alati i strategije za smanjivanje rizika od obilnih oborina za pilot područja. Prvi korak sastojao se u prikupljanju i evaluaciji raspoloživih pristupa i iskustava, a drugi u izradi kataloga mjera za različite situacije i uvjete, s vodičem za odabir najboljih mjera, njihovu primjenu i provedbu. Osim toga, u okviru ovog paketa razvija se i strategija zajedničkog upravljanja koja će poslužiti kao vodič za lokalne i regionalne aktivnosti pri suočavanju sa sve većim rizicima od obilnih oborina, što je ujedno i stručni doprinos unapređivanju politike na području upravljanja poplavama, naročito Direktive o poplavama.

1.2.3. Radni paket 3 (WP3): Pilot aktivnosti za provjeru i unaprijeđenje metoda razvijenih za procjenu i prevenciju rizika

Unutar radnog paketa 3 provode se pilot aktivnosti svih uključenih partnera kako bi se testirale razvijene zajedničke metode i alati te kako bi se provjerila njihova izvedivost i primjenjivost. Aktivnosti imaju različite fokuse kako bi se testirala raznolikost metoda, a sve su usmjerene na procjenu i izradu karata rizika od obilnih oborina te na različite mjere njegova smanjenja.

1.2.4. Radni paket 4 (WP4): Komplet alata „RAINMAN-Toolbox“ o smanjivanju rizika

Glavni neposredni rezultat radnog paketa 4 je izrada i provedba kompleta alata „Rainman-Toolbox“ koji sadrži pet alata za smanjivanje rizika od obilnih oborina i unapređivanje kapaciteta regionalnih i lokalnih administracija u središnjoj Europi za cjelovito upravljanje rizicima:

1. Alat za procjenu i izradu karata rizika od obilnih oborina

2. Provedbeni vodič za mjere smanjivanja rizika, upozoravanje i hitne intervencije
3. Preporuke za Planove upravljanja rizicima od poplava
4. Jačanje svijesti i uključivanje dionika te
5. Katalog primjera dobre prakse za smanjivanje rizika od obilnih oborina.

Razvoj kompleta alata u ovom radnom paketu služi i kao platforma za cjelokupnu koordinaciju projekta jer će povezati sve pojedinačne elemente projekta. U formi web aplikacije, Rainman-Toolbox će biti od pomoći lokalnim i regionalnim vlastima na procjeni i izradi karata rizika od poplava uzrokovanih obilnim oborinama te planiranju, komuniciranju i jačanju javne svijesti o mogućim rizicima.

1.4. Predmet studije (projektni zadatak)

U okviru glavnog cilja cjelokupnog projekta Rainman planirana je provedba aktivnosti na pilot područjima Hrvatske, čime Hrvatske vode kao partner projekta daju svoj doprinos zajedničkim rezultatima i ciljevima na projektu. To u kontekstu planiranih aktivnosti u Hrvatskoj podrazumijeva izradu karata rizika od kratkotrajne oborine visokih intenziteta na pilot područjima Zagreba i širem području Umaga u Istri, uz provedbu hidrološko-hidrauličkog modeliranja.

Aktivnosti započinju analizom definiranih pilot područja – grada Zagreba kao reprezentata urbanog i sliva Umaškog potoka kao reprezentata ruralnog područja. Na osnovu dostupnih informacija potrebno je procijeniti reprezentativnost odabranih područja, opisati dosadašnje poplave, postojeće sustave obrane od poplava te sustave oborinske ili mješovite kanalizacije, napraviti pregled postojećih studija i planova za smanjenje rizika od poplava, procijeniti dostupnost podataka relevantnih za projekt te opisati sve ostale karakteristike područja relevantne za provođenje projekta

Sukladno dostupnim podacima potrebno je provesti analizu postojećih metoda i pristupa izradi karata opasnosti i rizika od poplava te procjene rizika od poplava uzrokovanih jakim oborinama, vodeći pri tom računa o primjenljivosti metodologija, potrebnom stupnju detaljnosti i pouzdanosti na planskom i projektnom nivou, zahtjevima europskih direktiva, mogućnosti simuliranja različitih fenomena plavljenja tijekom istog događaja (oborine, tečenje po tlu, izlivanje vodotoka, visoke razine mora, izlivanje sustava odvodnje i ostalo), potrebnim računalnim aplikacijama, mogućim unapređenjima metoda i ostalim bitnim činjenicama.

Na osnovu prethodna dva koraka potrebno je dati prijedlog pristupa za upravljanje rizicima od poplava uslijed jakih oborina sukladno nacionalnim specifičnostima, zakonskim rješenjima i direktivama, postojećem sustavu obrane od poplava, ciljevima upravljanja rizicima od poplava te praksi i uklapanju u ukupni planski kontekst. Također, potrebno je dati prijedlog metodologije određivanja područja s potencijalno značajnim rizikom od poplava uzrokovanih jakim oborinama za cijelo područje Hrvatske odnosno metodologije za izradu karata opasnosti i rizika od pluvijalnih poplava za različite namjene te konačno prijedlog kataloga mjera za smanjenje rizika (npr. instrumenti prostornog planiranja, preventivne mjere, koncepti zadržavanja i infiltracije vode, optimizacije upravljanja sustavima obrane od poplava, mjere meteorološkog i hidrološkog prognoziranja, uzbunjivanja, hitnih intervencija i sl.).

Za sve definirane scenarije na dva pilot područja izraditi će se, na planskom nivou, karte opasnosti i rizika od poplava uzrokovanih kišama te procjena rizika od plavljenja. Na osnovu procjene rizika i postavljenih ciljeva definirati će se kritične točke („hot spots“) tj. područja s neprihvatljivo velikim rizikom od poplava uzrokovanih kišama jakog intenziteta, program mjera za njihovo smanjenje na planskom nivou i akcijski planovi za njihovu uspješniju implementaciju.

Konačno, na osnovu prethodnih istraživanja i dodatnih modelskih ispitivanja, za pilot područja predložiti će se unapređenje postojećeg sustava prognoziranja baziranog na Aladin i ECMWF meteorološkim prognostičkim modelima. Definirati će se odgovarajući pragovi za pojedine stupnjeve upozorenja, imajući u vidu prostornu i vremensku razlučivost te pouzdanost meteoroloških modela, a potom će se za sve stupnjeve upozorenja definirati akcijski planovi i operativne procedure, imajući u vidu povezanost sustava za obranu od poplava i sustava odvodnje, a naročito upravljanje retencijama. Konačno, alocirati će se pojedine elemente akcijskog plana i operativnih procedura na nadležne sudionike te izraditi prijedlog komunikacije s javnošću.

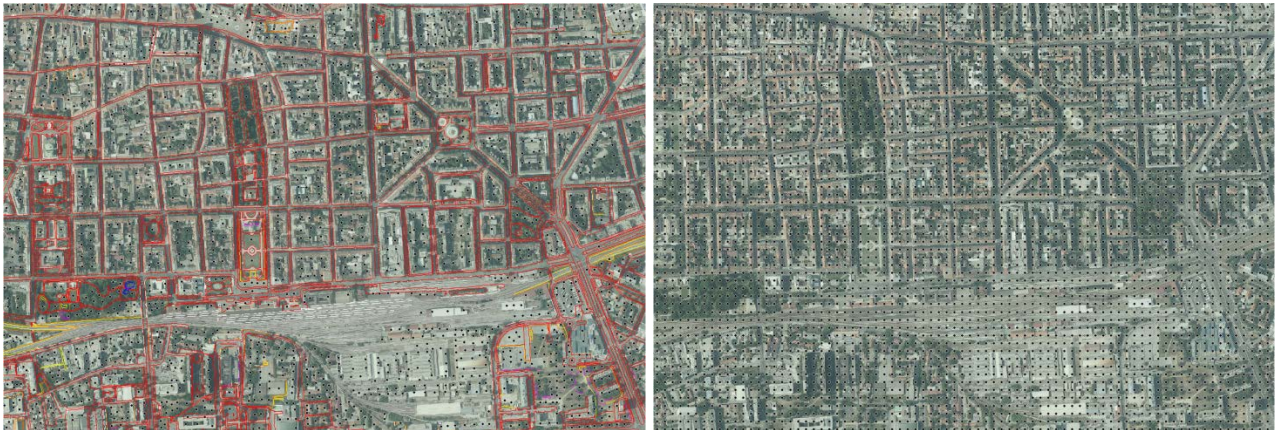
Tijekom svih aktivnosti sistematizirani su problemi i nedostaci pri realizaciji projekta te nastavno dan prijedlog mogućih unapređenja.

2. PODLOGE

2.1. Topografske i kartografske podloge

U Republici Hrvatskoj brigu o uspostavi nacionalne infrastrukture prostornih podataka, informatizaciji katastra i geodetsko-prostornog sustava, državnoj službenoj kartografiji, geodetskoj dokumentaciji, statističkim podacima o katastru nekretnina, prostornim jedinicama i vodovima te geodetsko-katastarskim poslovima za državnu granicu vodi Državna geodetska uprava (DGU). Ova služba ujedno obavlja poslove Nacionalne kontaktne točke za Nacionalnu infrastrukturu prostornih podataka (NIPP). Za analizu rizika uslijed obilnih oborina ključan proizvod koji izdaje DGU je digitalni model reljefa (DMR).

DMR predstavlja skup položajno i visinski određenih točaka i geometrijskih elemenata (prijelomnica, linija oblika i površina isključenja) potrebnih za prikaz Zemljine površine, čiji se podaci za izradu i ažuriranje prikupljaju fotogrametrijskim kartiranjem (stereoizmjerom) uz pomoć digitalnih fotogrametrijskih stanica iz aerofotogrametrijskog snimanja, gdje rezolucija snimaka mora biti najmanje 30 cm (GSD ≤ 30). Izvedenica iz DMR-a je Digitalni model visina (DMV), koji predstavlja pravilnu mrežu (grid) visinskih točaka, interpoliranih na osnovi odgovarajućeg DMR-a. Točke u DMV-u su u pravilu raspoređene na svakih 25 m, ali ovisno o točnosti aerofotogrametrijskog snimanja razmak interpoliranih točaka može biti i gušći. Podaci su formata .DGN / .DWG (DMR) i .XYZ / .TXT (DMV). Za pojedina područja Republike Hrvatske izvršeno je snimanje LiDAR-om.



Slika 2.1: DMR (lijevo) i DMV (desno)

Pored navedenih modela, digitalni model reljefa dostupan je na platformi Copernicus <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1> programa Europske unije. Program omogućava besplatan i otvoren pristup informacijama generiranim temeljem podataka prikupljenih pomoću satelita i mreže lokalnih senzora na kopnu, moru i u zraku. Svrha programa je pružanje točnih, pravovremenih i lako dostupnih informacija za bolji nadzor okoliša, razumijevanje i ublažavanje posljedica klimatskih promjena te zaštitu ljudske sigurnosti.

Za potrebe analize rizika na pilot područjima u okviru ovog projekta korišteni su podaci iz DMR-a i LiDAR-a koje je ustupio Naručitelj. Detaljnije informacije o načinu njihove dorade i korištenja dane su u poglavlju 4.

2.2. Podaci o namjeni i korištenju zemljišta

Podaci o tlu, zemljišnom pokrovu i namjeni, koji se koriste pri izradi hidrološko-hidrauličkih modela za definiranje parametara otjecanja dostupni su na mrežnoj stranici Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (MZOE) u obliku GIS preglednika <http://corine.haop.hr>. Corine Land Cover 2018 predstavlja digitalnu bazu podataka o stanju i promjenama zemljišnog pokrova Republike Hrvatske za razdoblje 1980. – 2018. prema standardiziranoj CORINE nomenklaturi, koja uključuje 44 klase, raspoređene u 3 razine, od kojih svaka opisuje različit pokrov zemljišta. Podaci o zemljišnom pokrovu dostupni su i na platformi Copernicus programa <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers>.

Podaci o namjeni prostora dostupni su iz prostornih planova. U Republici Hrvatskoj krovna institucija koja se bavi prostornim planiranjem je Zavod za prostorni razvoj u sklopu Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja <http://hzpr.hr/>. Zavod za prostorni razvoj između ostalog, izrađuje i koordinira izradu i provedbu Strategije prostornog razvoja RH i drugih planova koje donose Sabor i Vlada, vođenje i razvoj informacijskog sustava prostornog uređenja, obavljanje stručnih poslova i pomoć pri izradi prostornih planova u suradnji s raznim tijelima državne uprave.

Važeći, ali i nekadašnji prostorni planovi čuvaju se u arhivama ne samo kako bi se vidjelo kako se neko područje razvijalo tijekom vremena, već i kako bi mogli biti konzultirani tijekom pojedinih radova. Tako u kontekstu pluvijalnih poplava mogu dati informacije o početnim prirodnim i topografskim uvjetima odvodnje, ugrađenim rješenjima te postupnom razvoju sustava zaštite.



Slika 2.2: Grad Zagreb u 19.st. (izvor:

https://mapire.eu/en/map/cadastral/?layers=3%2C4&bbox=1808328.1059137878%2C6134765.963750544%2C1832463.0975948323%2C6146231.517993321))

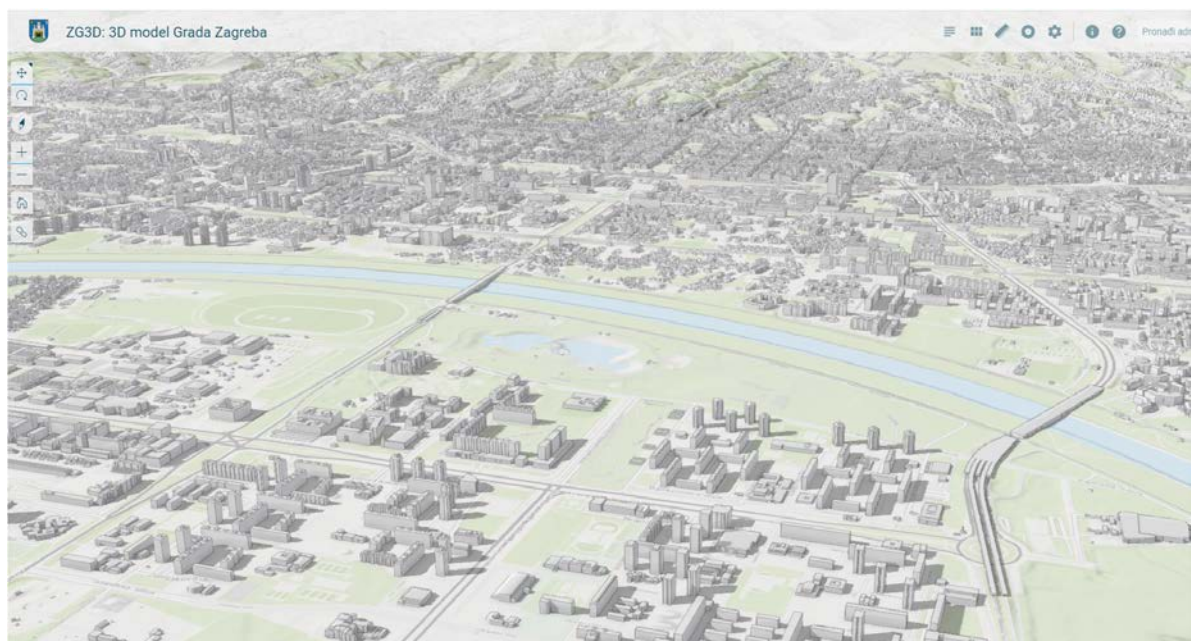
Pri iznalaženju varijantnih rješenja za smanjenje rizika na kritičnim lokacijama unutar odabanih pilot područja Naručitelj je omogućio uvid u relevantne prostorne planove.

2.3. Podaci o infrastrukturi

Za izradu hidrauličkih modala tečenja (npr. definiranje utjecaja kanalizacijskog sustava) te nastavno analizu rizika korisni su podaci iz katastra infrastrukture, a koji se osniva i vodi na temelju evidencija koje su za pojedinu vrstu infrastrukture dužni u skladu s Zakonom o državnoj izmjeri i katastru nekretnina, osnovati i voditi vlasnici, odnosno njihovi upravitelji.

Katastar infrastrukture sadržava podatke o vrstama, odnosno namjeni, osnovnim tehničkim karakteristikama, trenutnom korištenju i položaju izgrađene infrastrukture te imenima i adresama njihovih vlasnika, odnosno upravitelja. U katastru infrastrukture evidentiraju se vodovi i drugi objekti koji joj pripadaju (elektroenergetske, elektroničke, komunikacijske, toplovodne, plinovodne, naftovodne, vodovodne i odvodne infrastrukture). Format ovih podataka može biti vektorski ili rasterski, formata .DWG, .SHP, / .TIFF, .JPEG, .PDF, .DJVU, a dostupan je u DGU. Nažalost, za ovi podatci nisu bili dostupni tijekom izrade projekta.

Sve veći broj korisnika u različitim područjima (zaštita okoliša, planiranje i urbanizam, upravljanje nekretninama, upravljanje rizikom i dr.) zahtijeva dodatne podatke o gradskim objektima u standardiziranom modelu i načinu prikaza. Razvojem tehnologija, 3D podaci i 3D modeli postaju sastavni dio infrastrukture prostornih podataka, koje se u pravilu vode za više različitih, međusobno povezanih razina – od korporacijske, lokalne, nacionalne i regionalne do globalne. U sklopu projekta Zagrebačke infrastrukture prostornih podataka (ZIPP) za potrebe korištenja u gradskoj upravi, obrazovanju, znanosti, gospodarstvu i civilnom društvu za područje Grada Zagreba napravljen 3D model, koji integrira 3D podatke o postojećim objektima s 3D i 2D slojevima podataka iz područja urbanizma, arhitekture, topografije, statistike i geotehnike. Model je dostupan na <https://zagreb.gdi.net/zg3d/>.

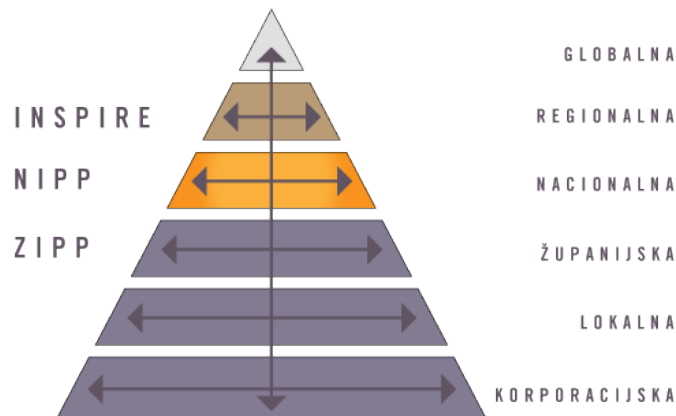


Slika 2.3: Prikaz 3D modela Grada Zagreba



Slika 2.4: Namjena prostora po kategorijama dostupna u okviru ZIPP-a

Zagrebačka infrastruktura prostornih podataka (ZIPP) obuhvaća korporacijsku razinu (gradska uprava Grada Zagreba, Zagrebački holding i javne ustanove) i lokalnu odnosno županijsku razinu. Više razine su nacionalna infrastruktura prostornih podataka (NIPP) i europska IPP (INSPIRE).



Slika 2.5: Hijerarhija infrastrukture prostornih podataka

Za potrebe projekta Naručitelj je osigurao pristup Zagrebačkoj infrastrukturi prostornih podataka, dok su na području grada Umaga podaci preuzeti iz aktualne prostorno-planske dokumentacije.

2.4. Meteorološke podloge

Stručne poslove praćenja hidroloških i meteoroloških procesa, prikupljanja, obrađivanja i objavljivanja meteoroloških i hidroloških podataka kao i poslove istraživanja atmosfere i vodnih resursa te različite primjene meteorologije i hidrologije u Republici Hrvatskoj obavlja Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ), koji je dio Svjetske meteorološke organizacije (WMO).

U okviru mreže meteoroloških postaja u Hrvatskoj djeluje sustav za praćenje klime temeljen na svakodnevnom prikupljanju klimatoloških podataka (termini 7 h, 14 h i 21 h) s 30 glavnih meteoroloških postaja. Tako prikupljeni podaci, uz dan zakašnjenja, kompatibilni su s postojećim dugogodišnjim nizovima klimatoloških podataka koji su nastali na temelju istovrsnih klimatoloških motrenja. Operativni sustav praćenja klime u Hrvatskoj ima sljedeće komponente:

- meteorološka motrenja (opažanja i mjerenja) na 30 glavnih meteoroloških postaja
- dostava klimatoloških podataka u približno realnom vremenu pomoću HRKLIMA izvješća svaki dan do 9 sati za klimatološke termine prethodnog dana
- kontrola podataka
- pohranjivanje podataka na računalnom sustavu DHMZ-a u obliku privremenih mjesečnih izvješća
- mjesečne analize klimatoloških podataka s izradom ocjene za svaki mjesec usporedbom klimatoloških podataka dotičnog mjeseca s višegodišnjim prosjekom za razdoblje 1961.—1990. godina
- ocjene klimatskih anomalija na razini godišnjih doba (sezona) i godine kao cjeline
- redovito mjesečno, sezonsko i godišnje izvještavanje javnosti, korisnika i stručnih krugova o ocjeni klime putem javnih glasila i stručnih biltena te mrežnim stranicama DHMZ-a.

Postupak ocjene klime obavlja se pomoću Conrad - Chapmanove metode (Penzar i Makjanić, 1980), na temelju odstupanja od višegodišnjeg prosjeka 1961.—1990.

U kontekstu rizika od pluvijalnih poplava, svakako su najinteresantniji podaci s ombrografskih postaja, kao osnovne podloge za provedbu analiza koje pružaju mogućnost uvida u pojavnost kratkotrajnih jakih oborina te njihove prostorno-vremenske značajke. U sklopu prethodnih aktivnosti na Rainman projektu provedena je analiza oborinskih podataka dobivenih mjerenjima unutar mreže DHMZ-a čiji su rezultati prikazani u „Analizi oborina na pilot područjima u Istri i Zagrebu“ (Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci i DHMZ, Rijeka, veljača 2019.).

Podaci o oborinama također su dostupni putem Copernicus programa, na poveznici https://surfobs.climate.copernicus.eu/dataaccess/access_eobs.php. Dostupni su podaci o dnevnoj oborini interpolirani na pravilnu mrežu točaka rezolucije 10 km. Također, postoje i otvorene baze podataka čiji su podaci javno dostupni (npr. OGIMET <https://www.ogimet.com/synops.phtml.en>, NOAA <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/land-based-station-data>, WUNDERGROUND itd.), ali treba voditi računa da ti podaci najčešće nisu verificirani.

2.5. Ostali podaci

2.5.1. Poplavni izvještaji

Hrvatska ima dugu tradiciju i razrađenu praksu operativne obrane od poplava u sklopu koje se za svaki velikovodni ili poplavni događaj, sukladno kriterijima, prikuplja i priprema niz podataka i informacija koje se odnose na nadležnosti Hrvatskih voda. Ovaj sustav se stalno doraduje i dopunjava novim informacijama o poplavnim događajima koje se pohranjuju u Registar poplavnih događaja, kako bi se efikasnije prikupljale što pouzdanije informacije o svim bitnim aspektima poplavnih događaja. U suradnji s civilnom zaštitom koristi se sustav za satelitsko snimanje

poplavnih događaja Copernicus (Copernicus Emergency Management Service, European Union, 2012-2019, <https://emergency.copernicus.eu/>), a kako bi se proširila dostupnost informacija, Registar je povezan sa geoportalom Hrvatskih voda (<http://geoportal.voda.hr/>). Omogućeno je i generiranje dokumenata o poplavnim događajima, što povećava čitljivost i iskoristivost prikupljenih podataka, kao i uključivanje dodatnih informacija (fotografije, službena izvješća i drugo). Podaci i informacije iz Registra poplavnih događaja dostupni su na <https://www.voda.hr/hr/pristup-informacijama>.

Za analizu rizika odnosno prvu identifikaciju kritičnih lokacija pri pojavi obilnih oborina vrlo su korisni podaci o vatrogasnim intervencijama, koje prikupljaju nadležne javnovatrogasne postrojbe Republike Hrvatske. Za sada ne postoji službeni protokol oko načina zapisivanja intervencija što rezultira neujednačenom kvalitetom ulaznih podataka. Također, na nacionalnoj razini ne postoji Standardni operativni postupak pa je jedna od koristi projekta Rainman postavljanje metodološkog okvira za njegovu uspostavu. Za potrebe ove studije prikupljeni su podaci o intervencijama uslijed obilnih oborina od strane JVP Umag za razdoblje 2014.-2018. te JVP Zagreb za razdoblje 2007.-2019.

Za upoznavanje s problematikom pluvijalnih poplava na nekom području moguće je konzultirati i novinske izvještaje, prvenstveno fotodokumentaciju, iz koje je moguće dobiti podatak o opsegu poplave, zabilježenim vodostajima i slično.

2.5.2. Projektna i studijska dokumentacija

„Analiza oborina na pilot područjima u Istri i Zagrebu“ (Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci i DHMZ, Rijeka, veljača 2019.) rezultat je prethodne faze projekta Rainman, čija je namjena osigurati primjerene oborinske podloge za hidrološko-hidrauličke analize na odabranim pilot područjima. Analiza oborinskih podataka dobivenih mjerenjima unutar mreže DHMZ-a uključila je usporedbu kišomjernih i ombrografskih mjerenja, procjenu očekivanih ekstremnih količina oborine za različite povratne periode te analizu trenda za raspoloživa razdoblja merenja na dva pilot područja. Na osnovu tako analiziranih podataka provedene su detaljnije obrade HTP i ITP krivulja i definiranje oblika tzv. „pljuska za projektiranje“. U studiji je dan i prikaz vremenskog niza udjela prijavljenih šteta od poplava u ukupnim štetama za razdoblje 1981.-2017. na području Republike Hrvatske kao i pregled novinskih izvještaja o pojavi poplava u razdoblju 2000.-2017. na području grada Zagreba i Istre, ali i šire. Pri tome je naglasak dan na situacijama kod kojih je do pojava poplava i njima izazvanih poplavnih šteta došlo uslijed pojave obilnih oborina na lokalnom utjecajnom području. Zaključci ovog elaborata korišteni su kao podloga za izradu studije.

„Hidrološka obrada velikih voda na području Umaga“ (Rubinić, 2010.) provedena je za potrebe prostornog uređenja grada Umaga i planiranja odvodnje vanjskih voda kao i oborinske odvodnje. Pri tome su korišteni raspoloživi rezultati prethodnih analiza („Analiza stanja i mogućnosti zaštite urbanog područja Umaškog potoka od pojava velikih voda“, Građevinski fakultet Rijeka, 2004.) kao i saznanja vezano uz zabilježenu katastrofalnu poplavu koja je 19.9.2010.g. pogodila to područje. Uz hidrološki opis spomenute poplave, analizirani su oborinski i hidrološki podaci o značajkama površinskih vodnih pojava i kolebanjima razine mora, a provedena je i hidraulička analiza najizvodnije dionice reguliranog toka Umaškog potoka. <https://www.bib.irb.hr/755399>

Temeljni cilj izrade „Studijske dokumentacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu „Sjeverno zagrebačko prisavlje“ iz EU fondova“ (konzorcij Hidrokonzalt projektiranje d.o.o./WYG savjetovanje d.o.o./Hidroing d.o.o./Vodoprivredno-projektni biro d.d., Zagreb, 2018.) je priprema projekata zaštite od poplava, koja bi rezultirala elementima planova upravljanja rizicima od poplava, studijama izvodljivosti za pojedine projekte sadržane u optimalnom sustavu mjera upravljanja rizicima od poplava te planom daljnje pripreme i provedbe predloženih projekata. U sklopu navedenog novelirani su hidrološki i hidraulički modeli, izrađene karte opasnosti i rizika, dan prijedlog optimalnog sustava mjera za upravljanje rizicima od poplava te studija izvodljivosti za pojedine mjere, što je djelomično korišteno za potrebe izrade ove studije.

Pored navedene dokumentacije, dostupan je bio i diplomski rad „Identifikacija pokretača poplava u Gradu Zagrebu – analiza oborinskih događaja 2013. i 2014. godine“ (Matija Hrastovski, RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2016.), koji je za cilj imao odrediti koji intenziteti i trajanje oborina su prouzročili pojavu poplava objekata i otvorenih prostora na području grada Zagreba. Također, korišteni su radovi objavljeni u stručnoj literaturi, različiti materijali s konferencija (članci, poster, prezentacije) te članci vezani uz programe za simulaciju pluvijalnih poplava, navedeni u Popisu literature.

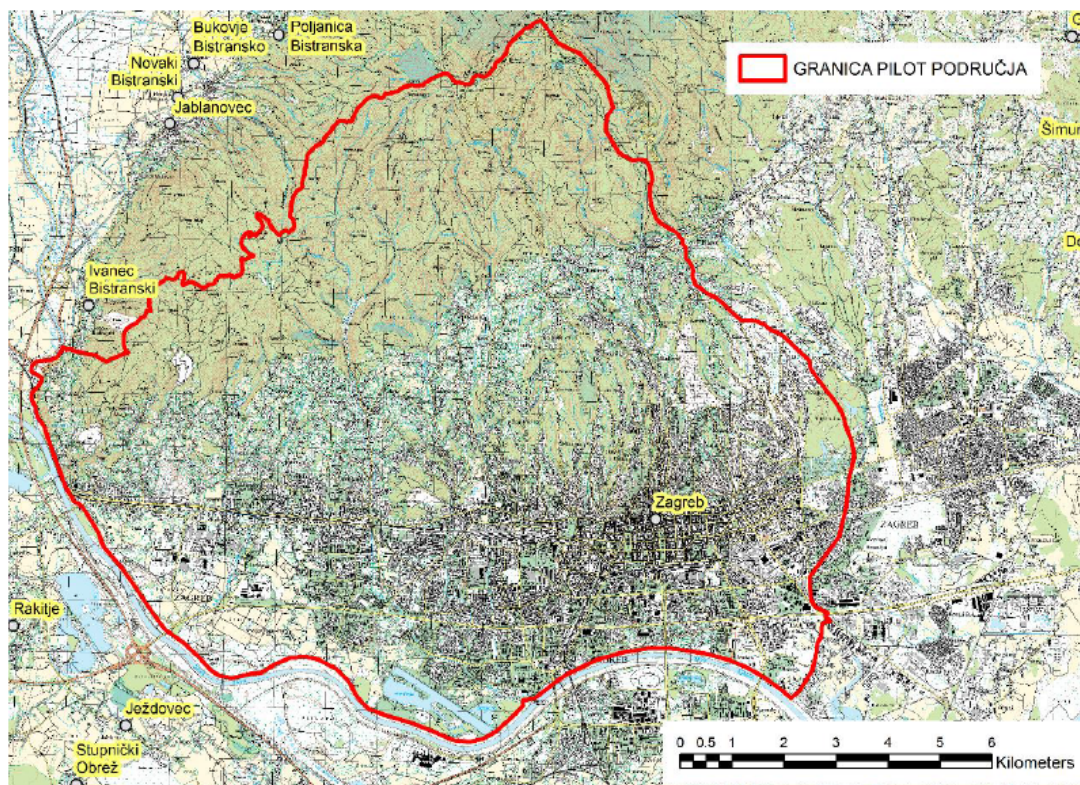
3. ANALIZA ODABRANIH PILOT PODRUČJA

3.1. Grad Zagreb

3.1.1. Glavne značajke pilot područja

Pilot područje Zagreb obuhvaća površinu od cca 132 km² na prostoru Grada Zagreba, omeđeno vododjelnicom koja prolazi najvišim grebenima Medvednice na sjevernoj strani, slivom rijeke Krapine na zapadnoj, rijekom Savom na južnoj te slivom Bukovačkog potoka i Radničkom cestom na istočnoj.

Područje ima obilježja umjerene kontinentalne klime. Srednja godišnja temperatura iznosi između 9 i 11°C, s minimumom u siječnju (-2 do 0°C) i maksimumom u srpnju (18 do 20°C). Srednja godišnja količina oborina kreće se od 900 do 1100 mm, u ljetnim mjesecima iznosi 200 do 300 mm, a u zimskim 100 do 300 mm. Najveće jednodnevne do petodnevne količine oborine izmjerene su u jesenskim mjesecima (prosječno 59 do 104 mm). S obzirom na kratkotrajne količine oborine (od 10 minuta do 24 sata) uočeno je da postoji tendencija smanjenja maksimalnih godišnjih vrijednosti, ali statistički bez značaja. Detaljnija klimatska i hidrološka obilježja područja dana su u sklopu „Analize oborina na pilot područjima u Istri i Zagrebu“.



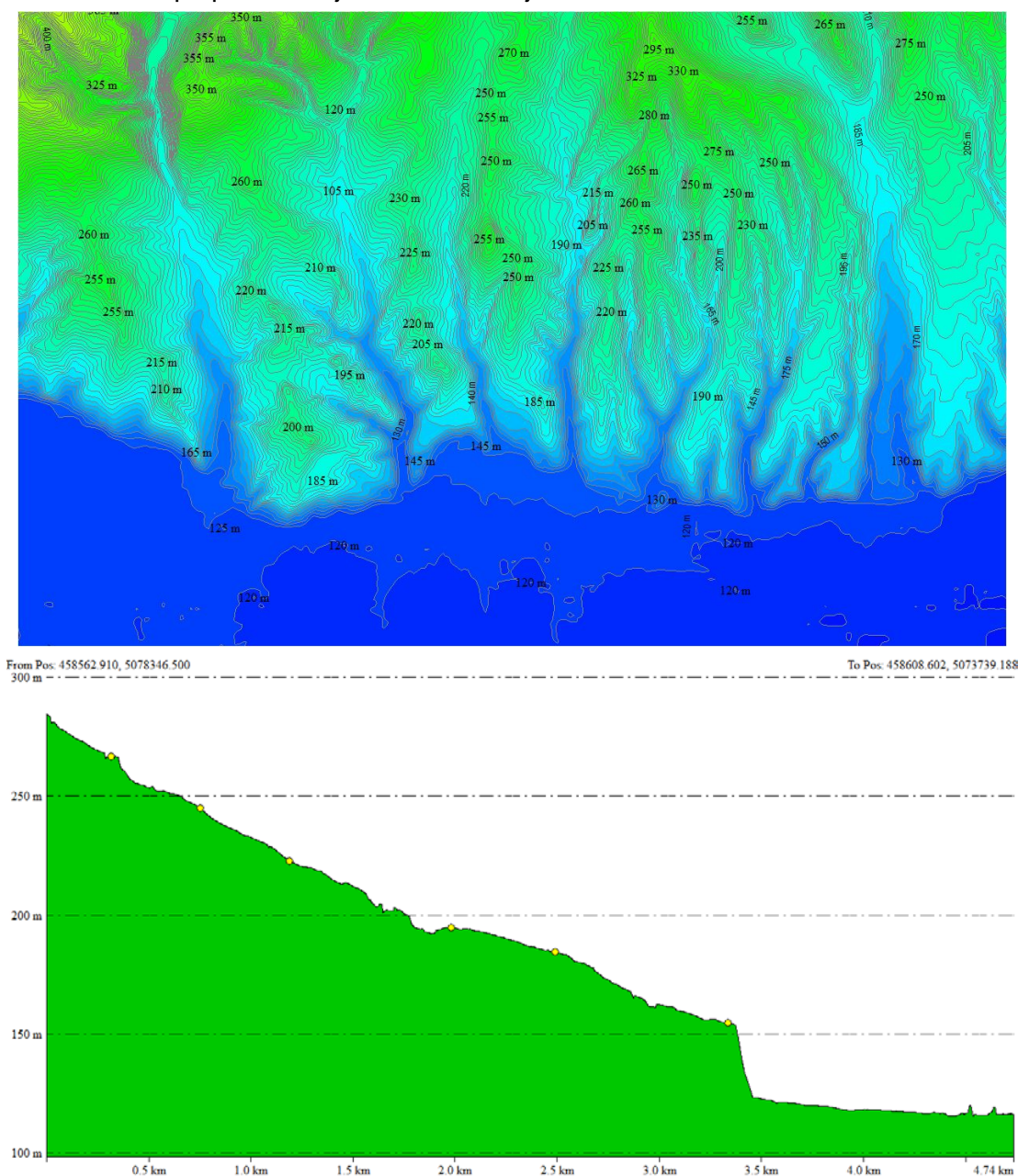
Slika 3.1: Obuhvat pilot područja grada Zagreba

Generalna orijentacija slivnog područja je sjever – jug. Pad terena nije jednolik već ima dva izrazita loma: prvi između slojnica 350 m n.m. i 250 m n.m., drugi između 120 m n.m. i 140 m n.m. Prema tim lomovima može se cijelo slivno područje podijeliti na tri pojasa:

- gornji, brdski tok, kojeg karakterizira veliki poprečni i uzdužni pad korita, bujični karakter vodotoka s naglašenom linearnom erozijom i velikom količinom vučenog nanosa duž toka.

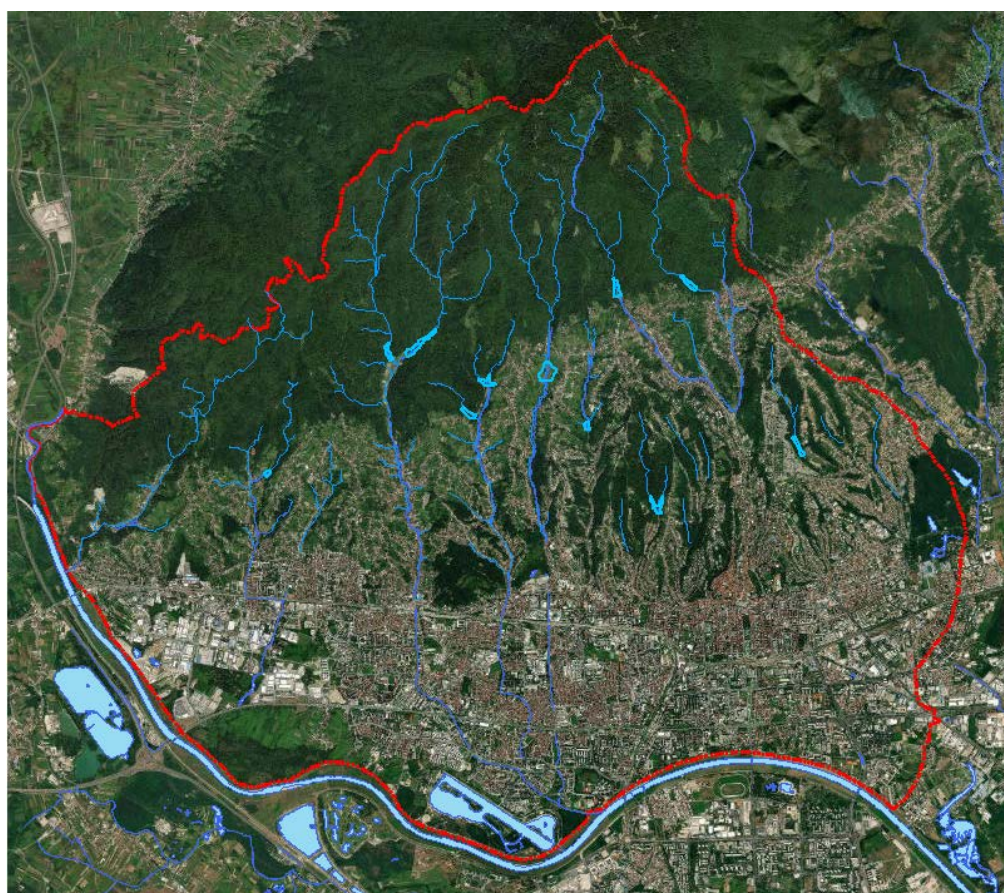
Geološku podlogu čine karbonski škriljevci, pješčenjaci i zeleni škriljevci na kojima su nastala nestabilna tla koja su bez vegetacijskog pokrova podložna eroziji. U ovom pojasu ima tipičnih kraških pojava, kao što su kraški platoi, vrtače i ponori. Ovaj dio područja je obrastao je šumom i nenaseljen,

- srednji tok, od 250 do 120 m n.m., s blažim uzdužnim padovima vodotoka, gotovo istim poprečnim padovima u slivu, uske doline između vododijelnica. U geološkom pogledu izgrađen je od dobro konsolidirane gline i lapora. Na takvoj geološkoj podlozi lako se stvara tlo, radi čega u ovom pojasu prevladavaju obradive površine. Izgrađenost je relativno velika i ima djelomično riješenu odvodnju
- donji, nizinski tok, u aluvijalnom nanosu rijeke Save. Područje je gusto izgrađeno, s razvijenom infrastrukturom te potpuno razvijenim kanalizacijskim sustavom.



Slika 3.2: Model reljefa zagrebačkog pilot područja

S obzirom da najuzvodniji dio sliva nenaseljen te da je na tom području izgrađen niz retencija, dotok u nizvodno područje je ograničen kapacitetom njihovih evakuacijskih objekata. Na potezu između retencija i gradske zone oborinske vode se dreniraju putem prirodnih vodotoka, koji uglavnom završavaju u kanalizacijskom sustavu, a samo vode sliva Dolja, Dubravice i Vrapčaka utječu direktno u Savu. U sklopu prethodnih studija („Izrada studijske dokumentacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu sjeverno Zagrebačko prisavlje“) detektirana je kao realna mogućnost pojave lokalnih zagušenja (vidi *Popis kritičnih lokacija na vodotocima Medvednice*) pa je ove lokacije potrebno kontinuirano nadzirati tijekom preventivne obrane od poplava u svrhu održavanja protjecajnog profila vodotoka, kanala i hidrotehničkih objekata.



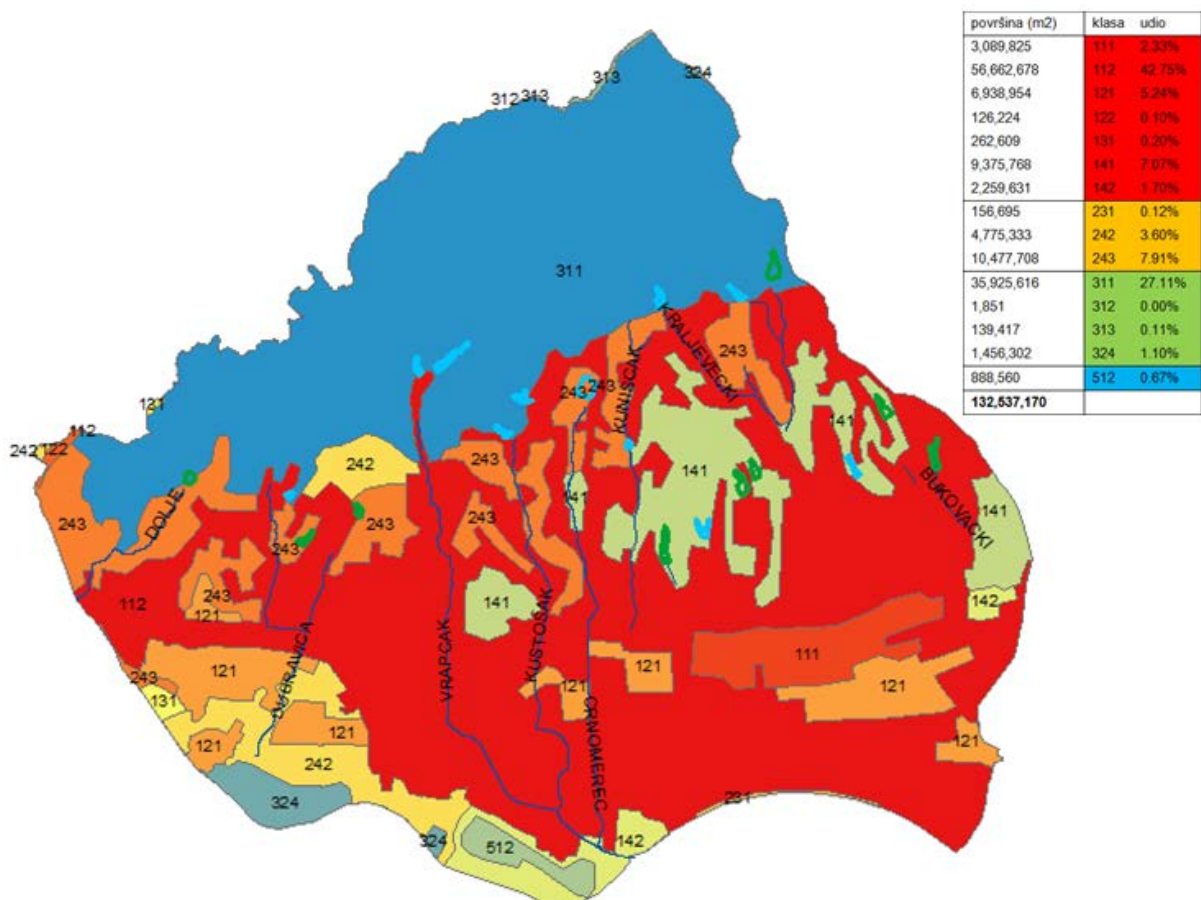
Slika 3.3: Vodne površine na pilot području preuzete iz ZIPP-a



Slika 3.4: Kolektor na izlazu sa sliva potoka Kraljevec II, preuzeto iz „Studijske dokumentacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu sjeverno Zagrebačko prisavlje“

S obzirom na zemljišni pokrov odnosno namjenu površina, s aspekta rizika najinteresantniji je prostor srednjeg i donjeg toka. Područje je visoko urbanizirano, s velikim udjelom nepropusnih površina, umjetno formiranih staza tečenja i depresija (npr. podvožnjaci, podzemne garaže, podrumski prostori i sl.), smanjenim brojem prirodnih retencijskih površina te nizom objekata koji bitno utječu na strujnu sliku. U takvim je uvjetima bitno smanjena infiltracija i evapotranspiracija, a povećani su volumeni i brzine otjecanja. Pored navedenog, površinsko otjecanje ima utjecaja i na lokalnu klimu, kvalitetu vode, transport i koncentraciju nečistoća, kontrolu poplava i javno zdravlje. Složenost urbanih sustava dodatno utječe na klimatske promjene i sve veći intenzitet oborina. Ipak, najveći je izazov urbanoj hidrologiji nemogućnost konvencionalnih alata i strategija, prenesenih iz ruralnih i prirodnih krajolika, opisati hidrološke procese koji prevladavaju u urbanim sustavima. Antropogene izmjene stvaraju složene hidrološke obrasce koji otežavaju upotrebu GIS alata u definiranju slivova. Budući da su terenska istraživanja prilično složena i skupa, nužno je uvesti određena pojednostavljenja.

Na osnovu podataka Corine Land Cover 2012 (CLC2012) određen je udio pojedine vrste pokrova na pilot području te je utvrđeno da najveći dio zauzimaju cjelovita i nepovezana gradska područja te industrijski i komercijalni objekti (oko 60 %) te površine pod bjelogoričnom šumom (obronci Medvednice, oko 28 %). Preostale površine su pretežno poljoprivredne namjene i mozaik poljoprivrednih površina (oko 12 %).

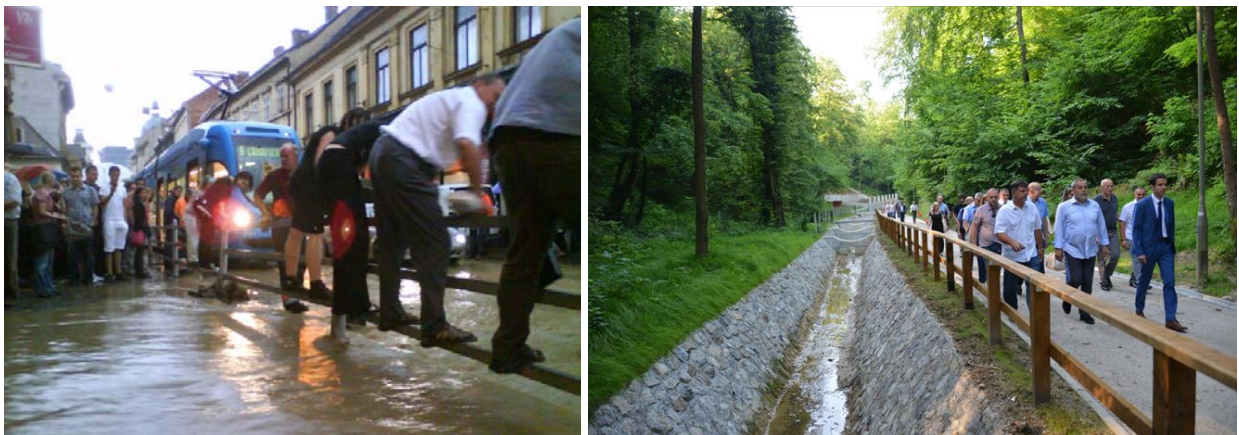


Slika 3.5: Klase pokrova na pilot području Zagreba

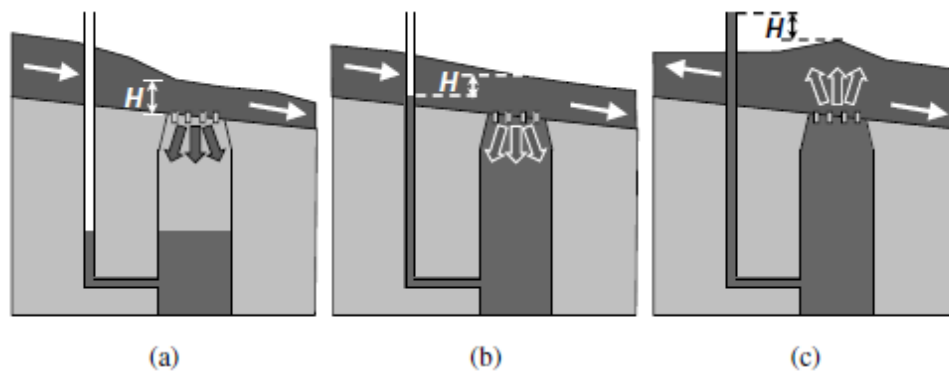
3.1.2. Reprezentativnost pilot područja

Rizici od poplavlivanja oborinskim vodama u urbanim područjima su u pravilu vrlo izraženi, i to iz dva glavna razloga. Prvi je veliki udio učvršćenih i slabo propusnih površina, a drugi uobičajeno veliki raskorak između intenzivne izgradnje objekata i izgradnje prikladnih sustava odvodnje. Kanalski sustavi imaju ograničeni kapacitet, a dimenzioniraju su uglavnom na obilne oborine reda veličine 2-5 godišnjeg povratnog perioda, dok se za veće količine oborina najčešće ne razmatraju mogućnosti njihove pojave i načina zbrinjavanja.

Pored navedenog, specifičnost odabranog pilot područja predstavlja konfiguracija terena, u smislu naglog prijelaza iz brdskog u ravničarski upravo u visoko urbaniziranoj zoni. Iz navedenih karakteristika proizlazi da se najveći problemi mogu očekivati upravo u „žili kucavici“ grada (Ilica i nastavno Aleja Bologne) koja je položena u podnožju Medvednice, a neposredno iznad koje bujični vodotoci ulaze u sustav mješovite kanalizacije. Kako je kanalizacijski sustav ograničenog kapaciteta, a ulazne građevine podložne povremenom začepljivanju, za očekivati je (a prikupljeni poplavni izvještaji su to i potvrdili) da se samo dio vode koja dotekne s obronaka Medvednice rasterećuje u kanalizaciju, a preostali dio teče prema nižim gradskim područjima gdje je ujedno smješten i najveći broj sadržaja (bolnice, škole, vrtići, trgovine, uredi...).



Slika 3.6: Posljedice oborinskog događaja u centru grada – Dežmanov prolaz i naknadna regulacija potoka na Dubravkinom putu



Slika 3.7: Interakcija oborinskih voda i kanalizacijskog sustava – mogući scenariji (preuzeto iz Č.Maksimović et al.: „Overland flow and pathway analysis for modelling of urban pluvial flooding“, *Journal of Hydraulic Research*, vol.47, no.4, 2009.)

Štete se javljaju i na prometnicama na mjestima denivelacije (podvožnjaci, pothodnici i sl.) kada je zbog velike količine nakupljene vode potrebno obustaviti odnosno preusmjeriti promet. Iako su takve lokacije najčešće opremljene crpkama, realno je za očekivati da će povremeno doći do njihovog isključenja. Primjer na zagrebačkom području su podvožnjaci u Miramarskoj, Škorpikovoj i Čulinečkoj ulici, gdje unatoč crpljenju nije moguće uvijek osigurati neometan promet. Naravno da obilne oborine imaju i druge negativne reperkusije (na primjer, na pojavu klizišta), ali one nisu predmet ovog izvještaja.



Slika 3.8: Stanje na zagrebačkim cestama 23.9.2019. (Zvonimirova ul., podvožnjak Škorpikova)

3.1.3. Zabilježeni poplavni događaji

Podaci o poplavnim događajima na pilot području Grada Zagreba u posljednjih desetak godina prikupljeni su uglavnom web portala i raspoložive studijsko-projektne dokumentacije, a dio podataka moguće je naći u arhivi Izvještaja s intervencija koji se čuvaju u Vatrogasnoj zajednici Grada Zagreba. Iako relativno nepouzdana (u smislu točnog datuma pojave, visine oborina, uzročnika, šteti i sl.) ovi izvještaji ukazuju na kritične lokacije u gradu, ali i na moguća rješenja problema.

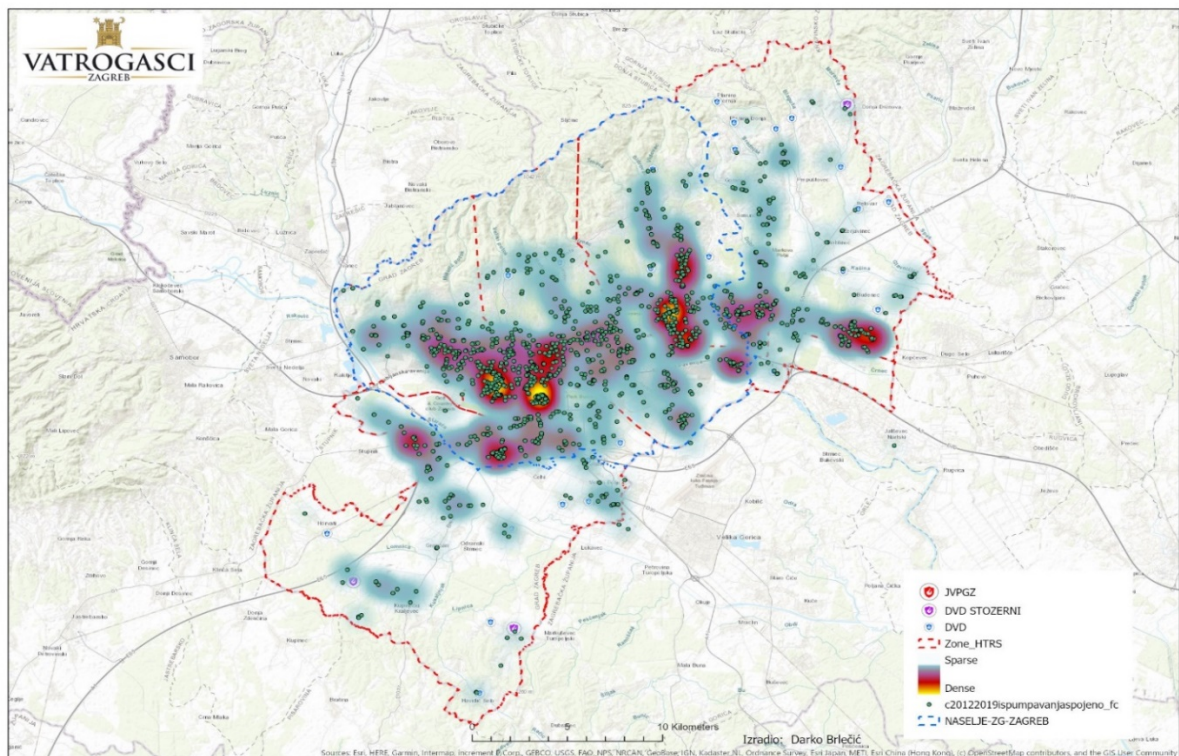
Iz tako prikupljenih izvještaja uočeno je da se najveći broj intervencija odvija na mjestima denivelacija cesta (npr. pothodnika i podvožnjaka), prirodnim depresijama (npr. mikrodepresija na Rudešu), podrumskim prostorijama (Petrinjska, Palmotićeve, Klaićeve, Masarykova, Ekonomski fakultet...) te na dionicama na kojima postoji značajna promjena u padu terena (npr. u podnožju zagrebačkih obronaka – potez između Tuškanca i Frankopanske, ili pak u Ulici Medveščak kod stuba Ljubinkovac).

Također, iako je na u brdskom dijelu sliva izgrađen veći broj retencija, vodotoci nizvodno od pregrada imaju više ulogu kanalizacijskog kolektora nego prirodnog vodotoka pa su i štete uslijed njihove nedovoljne protočnosti slične. Bujične poplave nizvodno od retencija u pravilu nastaju prvenstveno zbog lokalnih zagušenja te ih je potrebno kontinuirano nadzirati tijekom preventivne obrane od poplava u svrhu održavanja protjecajnog profila vodotoka, kanala i hidrotehničkih objekata.



Slika 3.9: Lokacije nekih učestalih vatrogasnih intervencija na zagrebačkom području

Za potrebe projekta Rainman, u sklopu pripreme za Radionice za dionike H4.S1, V4.S1, M4.S2, M4.S3 projekta Javnovatrogasna postrojba Grada Zagreba izradila je preglednu kartu s lokacijama intervencija JVP i DVD-a uslijed obilnih oborina u razdoblju 2012.-2019.

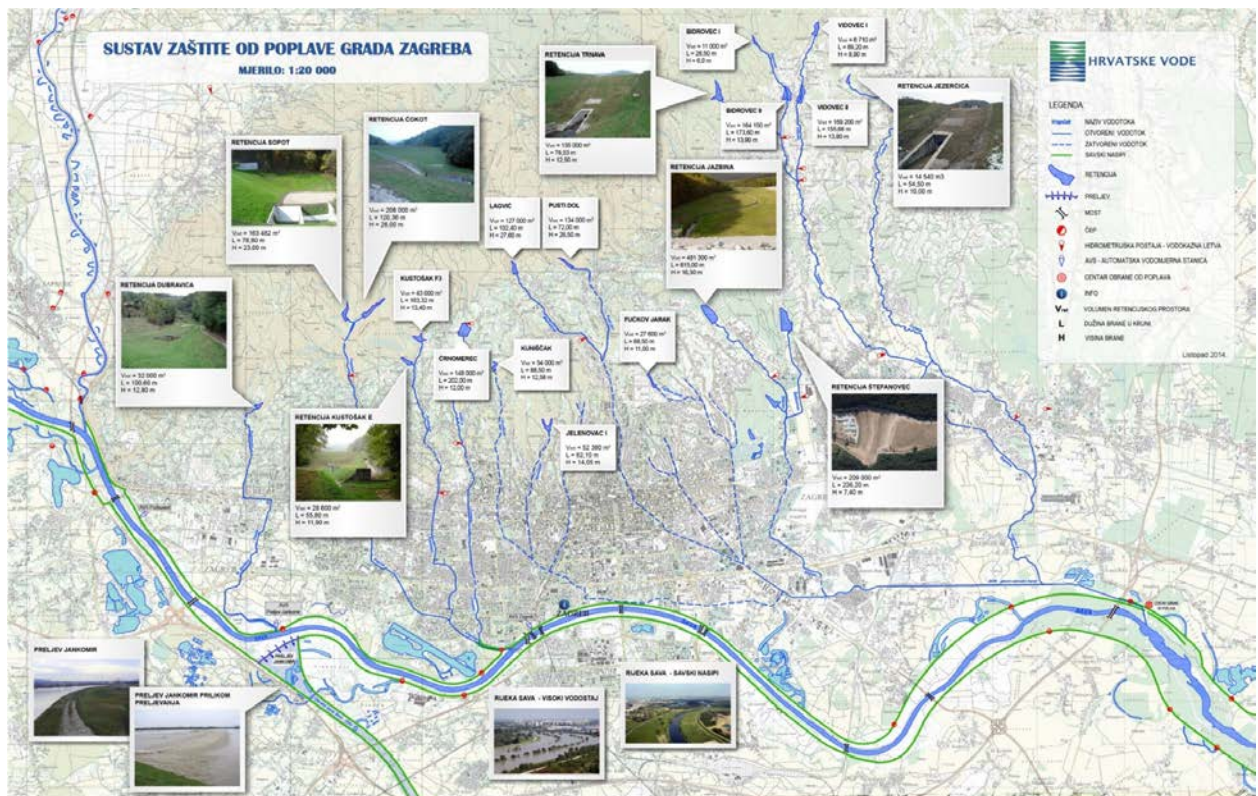


Slika 3.10: Lokacije intervencija vezanih uz ispumpavanje vode iz objekta i otvorenih prostora (JVP Zagreb, 2019.)

Posebno se u predmetnom dokumentu ističu lokacije koje su gotovo uvijek ugrožene pri pojavi obilnih oborina, kao npr. lokacija križanja Petrove i Kamaufove ulice, na kojoj se kod svake jače kiše vrši ispumpavanje vode iz podruma objekata ili pak podvožnjaci Škorpikova i Miramarska, na kojima se kod svake jače kiše formira razina vode do 1m na kolniku. Upravo ovakve informacije mogu biti prvi korak u analizi rizika nekog područja.

3.1.4. Postojeći sustav obrane od poplava i sustav oborinske ili mješovite kanalizacije

Sredinom sedamdesetih godina prošlog stoljeća javlja se ideja o potrebi planiranja i izgradnje retencija kao ključnih objekata za redukciju velikih voda potoka s južnih obronaka Medvednice. Od planiranih 39 do danas je izgrađeno 19 objekata ukupnog retencijskog volumena 2,2 mil. m³ koji kontroliraju otjecanje velikih voda s cca 75 km², što predstavlja izgrađenost od približno 80%. Uz retencije, u sustav obrane od bujičnih voda spadaju i uređena korita vodotoka i izgrađen kanalizacijski sustav.

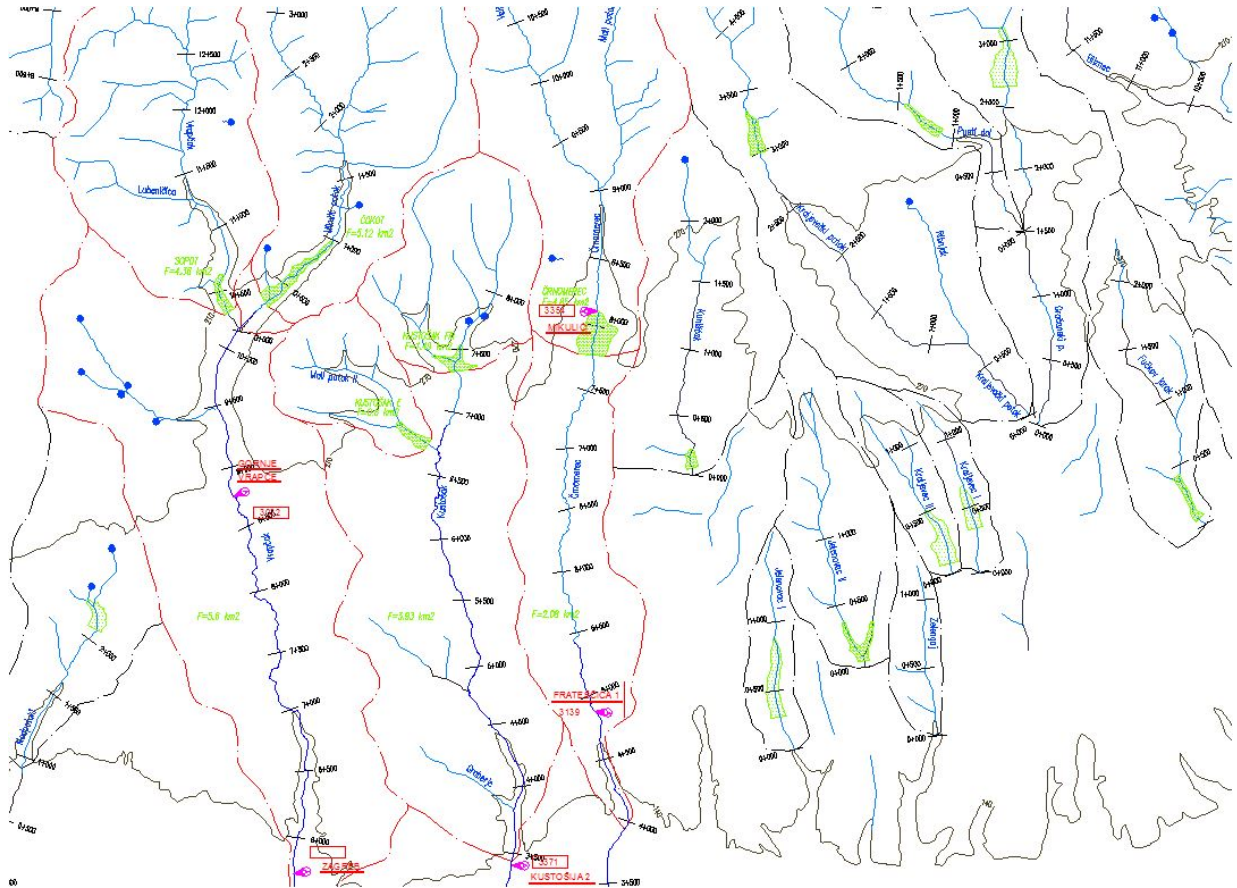


Slika 3.11: Sustav zaštite od poplava grada Zagreba (izvor: Hrvatske vode)

Ključni problem ipak predstavlja mješoviti sustav kanalizacije. Noviji, rubni dijelovi Zagreba već imaju izgrađenu odvojenu mrežu prikupljanja otpadnih i oborinskih voda, ali stariji dijelovi grada je nemaju pa se događa da s jedne strane za vrijeme intenzivnih oborina dolazi do zagušenja kanalizacijske mreže, a s druge do prevelikog hidrauličkog opterećenja uređaja za pročišćavanje. Nažalost, za potrebe izrade ove studije nisu nam bili dostupni podaci o kanalizacijskom sustavu grada pa su pri modeliranju usvojene određene pretpostavke vezano uz njegov rad (utjecaj).

3.1.5. Pregled postojećih studija i planova za smanjenje rizika od poplava

Kao nastavak radova na sustavu obrane od poplava s područja Medvednice u narednim fazama planira se izgradnja i ostalih retencija, a prioritet im je dodijeljen temeljem njihova smještaja u odnosu na urbano područje.



Slika 3.12: Postojeće i planirane retencije na području pilot projekta (izvor: Hrvatske vode)

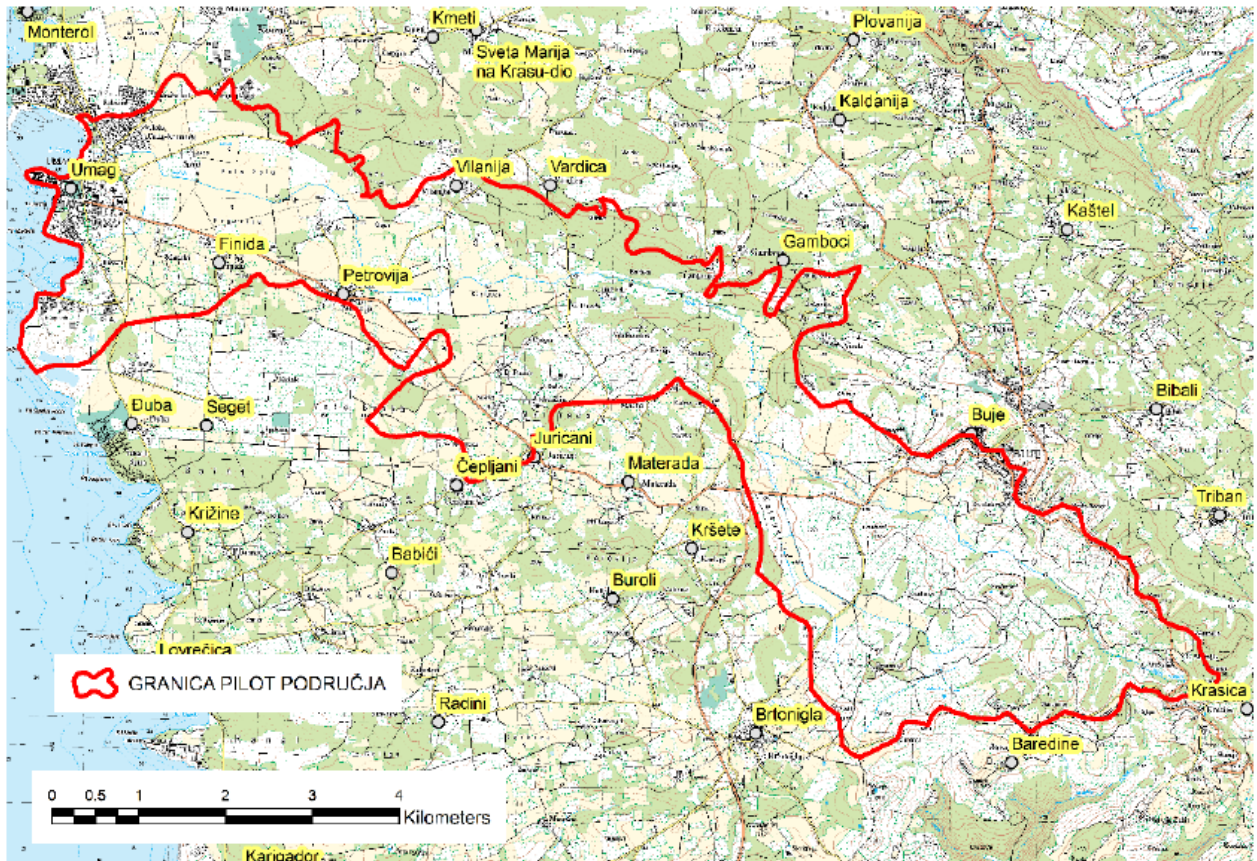
Za područje Grada Zagreba napravljena je „Strategija razvoja vodoopskrbe i odvodnje grada Zagreba“ koja predviđa izgradnju razdjelnog sustava na cijelom području grada, čime će se smanjiti pritisak na sustav pročišćavanja otpadnih voda, a posebno će se modernizirati i sustav praćenja gradske kanalizacijske mreže. Također, u planu je izgradnja preljevni objekata na pojedinim lokacijama gradskih kolektora (npr. na Horvaćanskoj) koji bi trebali omogućiti sniženje vodnog lica u kolektoru i smanjiti uspor koji onemogućava otjecanje iz pojedinih ogranaka.

3.2. Sliv Umaškog potoka

3.2.1. Glavne značajke pilot područja

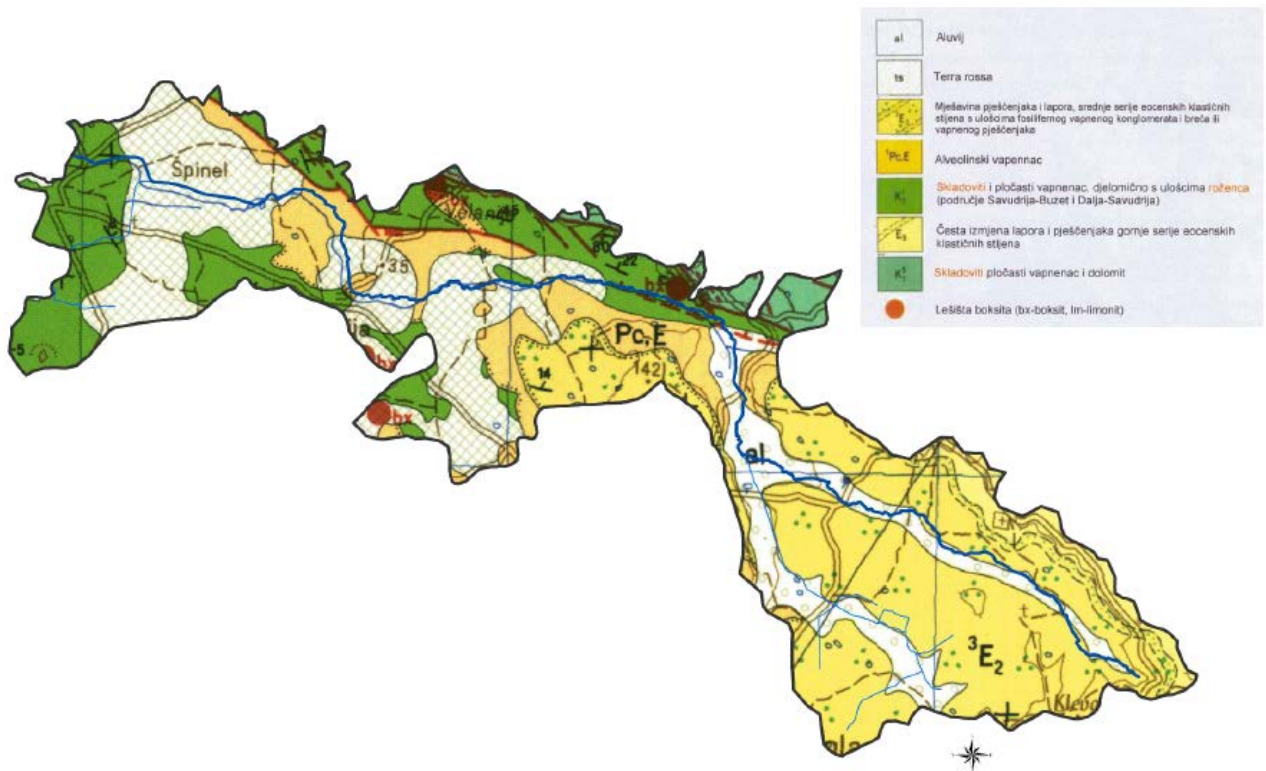
Slivno područje Umaškog potoka smješteno je na sjeverozapadnom dijelu Istre, na području gradova Umaga i Buja, a između slivova rijeka Dragonje na sjevernoj strani i Mirne na južnoj (slika 3.5.). Obuhvaća površinu od oko 29 km², dok je hidrogeološki sliv nešto veći, oko 40 km². Sliv prati smjer rasprostiranja reljefa terena (jugoistok-sjeverozapad), a odlikuju ga dvije reljefno i hidrogeološki karakteristične cjeline: nizvodni dio dolinskog tipa reljefa i uzvodni dio s brdskim elementima reljefa. Uzvodni dio sliva je većinom prekriven livadama, pašnjacima i šumom, a zbog

guste vegetacije otjecanje se javlja sa zakašnjenjem unatoč strmim nagibima terena. Tu je izgrađena nekolicina manjih naselja, uglavnom na vrhovima brda i uzvišenjima. Veći dio dolinskog dijela je obrađeno poljoprivredno područje, koje ima veliku moć infiltracije vode pa se površinsko otjecanje javlja samo nakon dugih intenzivnih oborina. Urbanizacija također nije izražena, riječ je o manjim naseljima, osim područja grada Umaga koji je izrazito turističko mjesto. Klima ima sve osnovne značajke sredozemne (mediteranske) klime, čija su obilježja suha i topla ljeta te blage i vlažne zime. Najveći dio područja zauzimaju poljoprivredne površine te područja pod šumom i niskim raslinjem.



Slika 3.13: Obuhvat pilot područja sliva umaškog Potoka

Glavna hidrogeološka karakteristika voda Istarskog poluotoka je velika vremenska i prostorna promjenljivost: s jedne strane, velike vode zbog svog bujičnog karaktera ugrožavaju dolinska područja, uzrokuju eroziju zemljišta u gornjim dijelovima sliva, a s druge, tijekom sušnih razdoblja površinski vodotoci presušuju. Pojava velikovodnih događaja je vrlo rijetka, ali s vrlo naglašenim posljedicama. S obzirom na propusnost karbonatnih stijena na promatranom području nema značajnijih površinskih tokova, a oborinske i površinske vode vrlo brzo se infiltriraju i poniru u podzemlje te se dalje dreniraju prema zapadu, u smjeru mora (slika 3.6.).

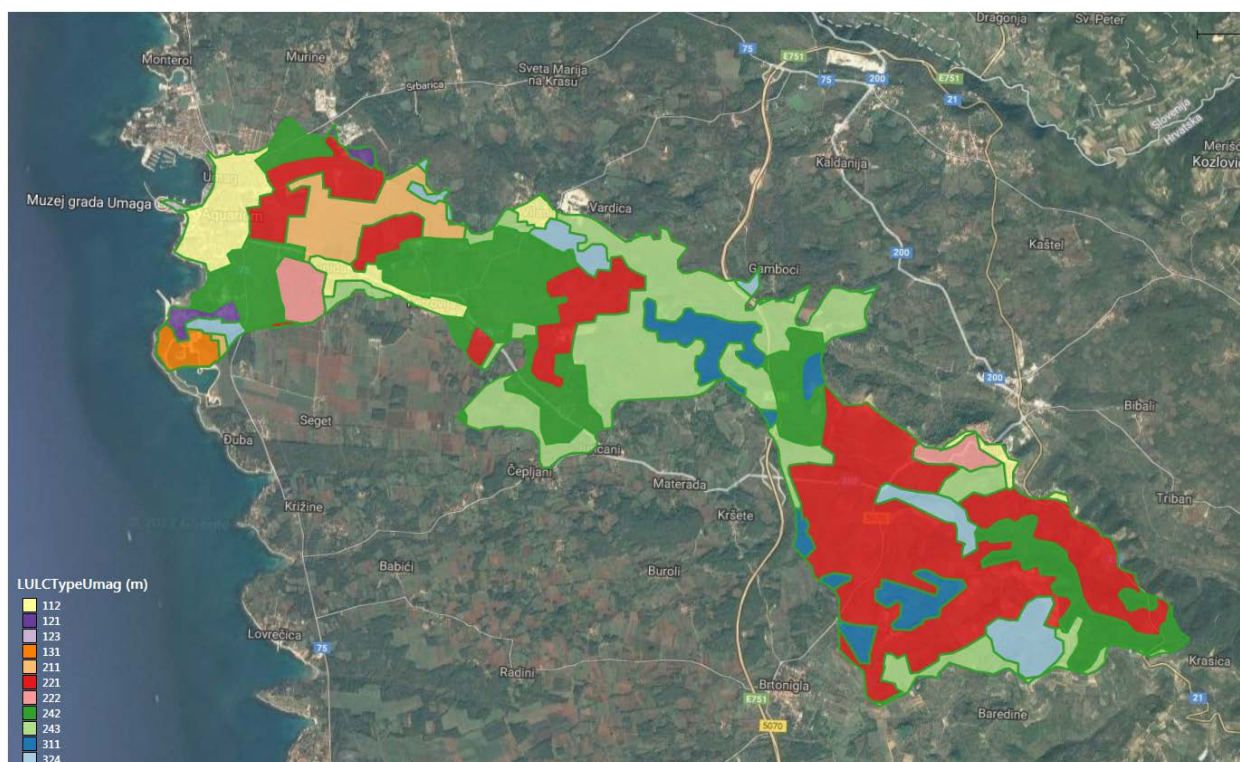


Slika 3.14: Osnovna geološka karta sliva (preuzeto iz prezentacije G.Petrović, 15.6.2018.)

Površinski tokovi mogu se pratiti u povremenom toku Umaškog potoka, čija su izvorišta smještena kod naselja Krasice (Huntalov vrh 234 m n.m. i Kavruje 302 m n.m.). Radi se o potoku koji u svom središnjem dijelu ima suho korito u prosjeku oko 340 dana (Građevinski fakultet Rijeka, 2004) i kod kojega su pojave većih protoka iznimno rijetke – javljaju se kao posljedica vrlo velikih intenziteta oborina, posebno ako padnu na tlo prethodno saturirano oborinom iz ranijeg razdoblja. Dužina glavnog toka iznosi oko 17,5 km, a s pritocima oko 22,4 km. U svom gornjem dijelu, u dolini između Buja i Brtonigle, korito prima vode iz nekoliko kanala i manjih prirodnih jaruga i dalje prolazi uz poljoprivredne površine na kojima nema izraženih kanala ili jaruga kojima bi se vršilo izravno prihranjivanje već se ono vrši slijevanjem voda s viših površina, a pri intenzivnim i dugotrajnim oborinama dio voda se zadržava u mikrodepresijama u samom slivu. U nižim dijelovima sliva pojavi površinskih voda pridonose i podzemne vode koje se u ekstremno vodnim uvjetima izdižu i iznad kote terena. Na vodotoku je izgrađen niz hidrotehničkih objekata, uglavnom stepenica i taložnica, i to u najvećem broju na donjem dijelu toka (slika 3.8.).



Slika 3.15: Hidrotehnički objekti na Umaškom potoku



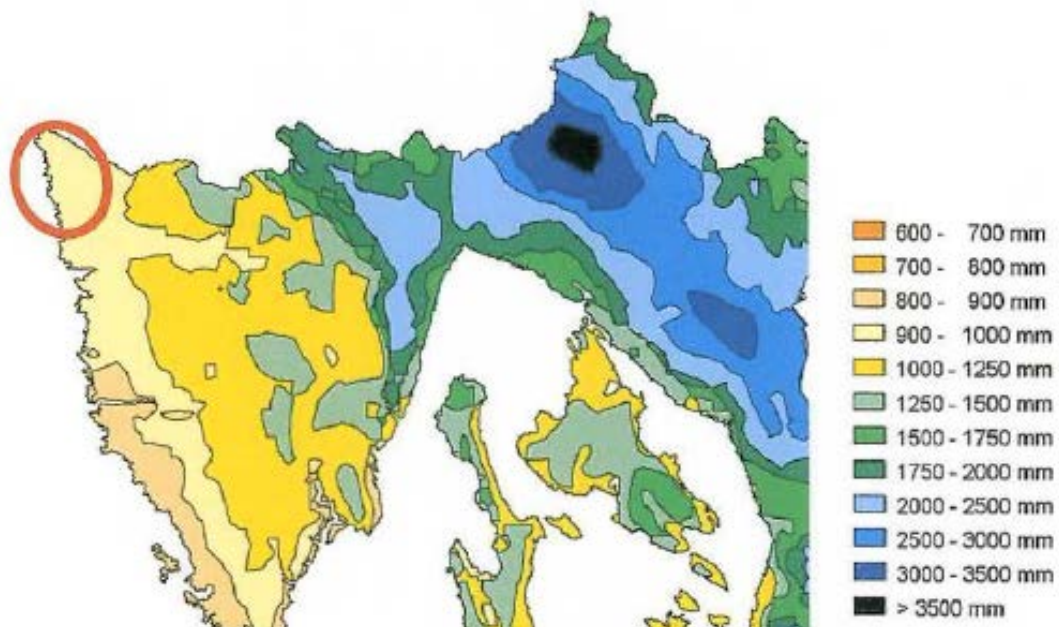
Slika 3.16: Kategorije zemljišnog pokrova na području Umaga prema CLC2018

Podaci s meteoroloških postaja (glavnih, klimatoloških i kišomjernih) na širem slivnom području detaljno su analizirani u sklopu „Analize oborina na pilot područjima u Istri i Zagrebu“ (Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci i DHMZ, Rijeka, veljača 2019.). Za područje Umaga mjerodavna je klimatološka stanica Celega.



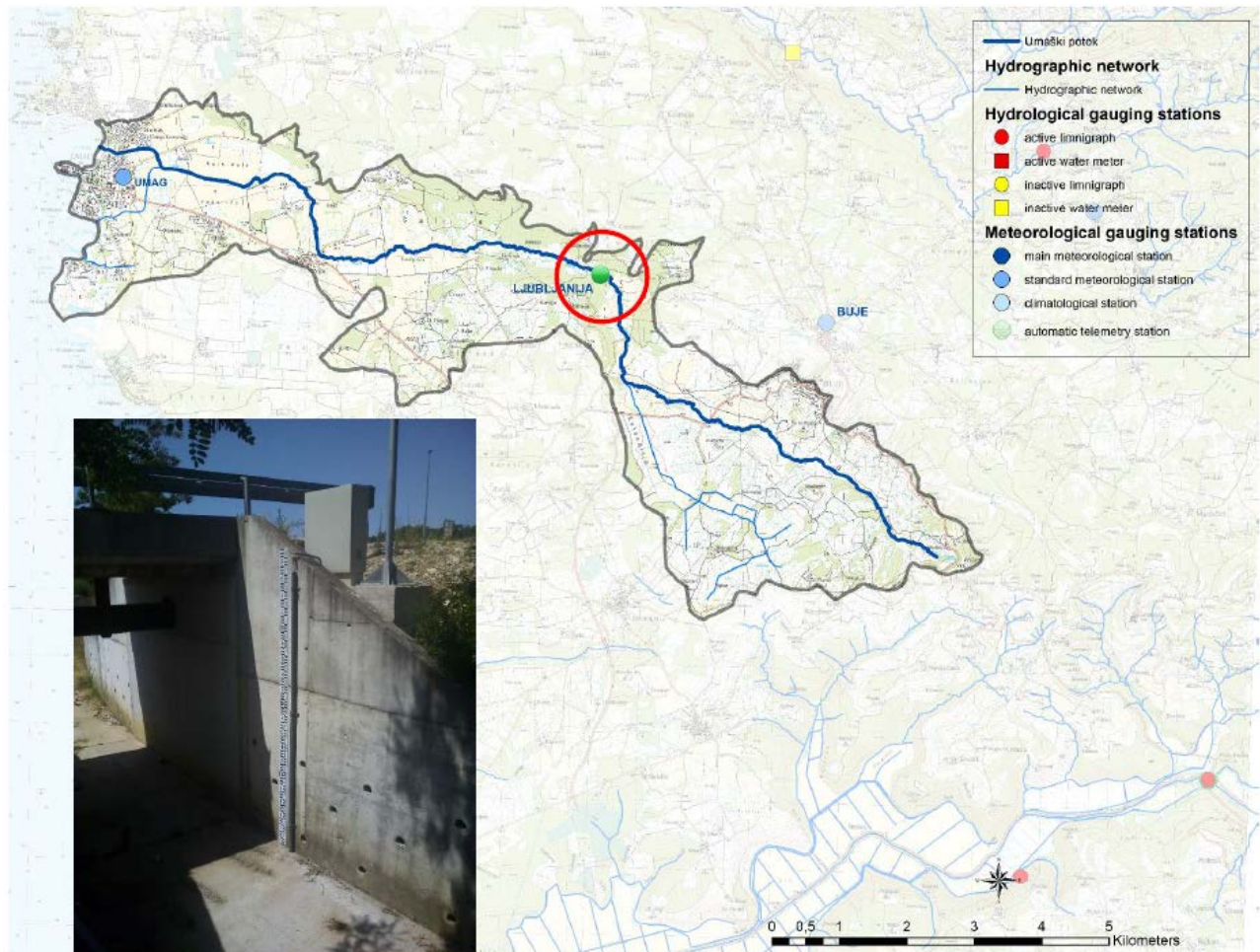
Slika 3.17: Meteorološke stanice DHMZ-a na području Istre

Općenito, područje Umaga karakteriziraju relativno male godišnje količine oborina (do 1000 mm), iako se znaju javiti i godine s iznimno velikim količinama oborina, kakva je primjerice bila 2010.g. (1572 mm), ali i iznimno visoke količine kratkotrajnih jakih oborina. Tako je 19.9.2010. na kišomjeru Umag zabilježena dnevna oborina od 138,8 mm, na ombrografu klimatološke postaje Celega 133,3 mm, Momjanu 140, 1 mm, a na internoj Istramet-postaji Buje čak oko 180 mm.



Slika 3.18: Srednja godišnja oborina za razdoblje 1961.-1990. (DHMZ 2002.)

Na slivu donedavno nisu vršena hidrološka mjerenja, stoga su Hrvatske vode nedavno uspostavile automatsku telemetrijsku stanicu Ljubljanija, na propustu Umaškog potoka ispod istarskog ipsilona (slika 3.19.) jer se na ovoj poziciji planira izgradnja istoimene retencije, a u svrhu zaštite područja od velikih voda.



Slika 3.19: Vodomjerna postaja Ljubljanija na Umaškom potoku

3.2.2. Reprezentativnost pilot područja

Pilot područje sliva Umaškog potoka odabrano je kao reprezent ruralnog područja. Na takvim područjima pojava obilnih oborina najčešće ne predstavlja značajan problem budući da su zadržane osnovne funkcije ekosustava. Međutim, ukoliko je riječ o ruralnom području na kojem je razvijena poljoprivreda i uz nju vezani hidromelioracijski sustavi, onda negativne posljedice mogu biti i veće iz razloga što je glavnina dosadašnjih hidromelioracijskih sustava bila planirana i izvedena s dominantnom ulogom linijskih odvodnih objekata (kanali, nasipi...), s vrlo malim brojem i malom retencijskom sposobnošću samih odvodnih sustava.

Dvije ključne karakteristike ovog pilot područja su krške pojave, koje uzrokuju znatno složeniji sustav otjecanja te prisutnost složenog utjecaja kolebanja razine mora na otjecanje, kako na dnevnoj tako i na višegodišnjoj vremenskoj skali. Pojave iznimno velikih voda na urbanim područjima kao posljedica intenzivnih oborina nije specifikum samo Umaga, već se radi o problemu koji se u novije vrijeme sve više zapaža i na drugim urbanim područjima, posebno priobalnim gdje su u Hrvatskoj i kratkotrajni jaki intenziteti oborina najveći.



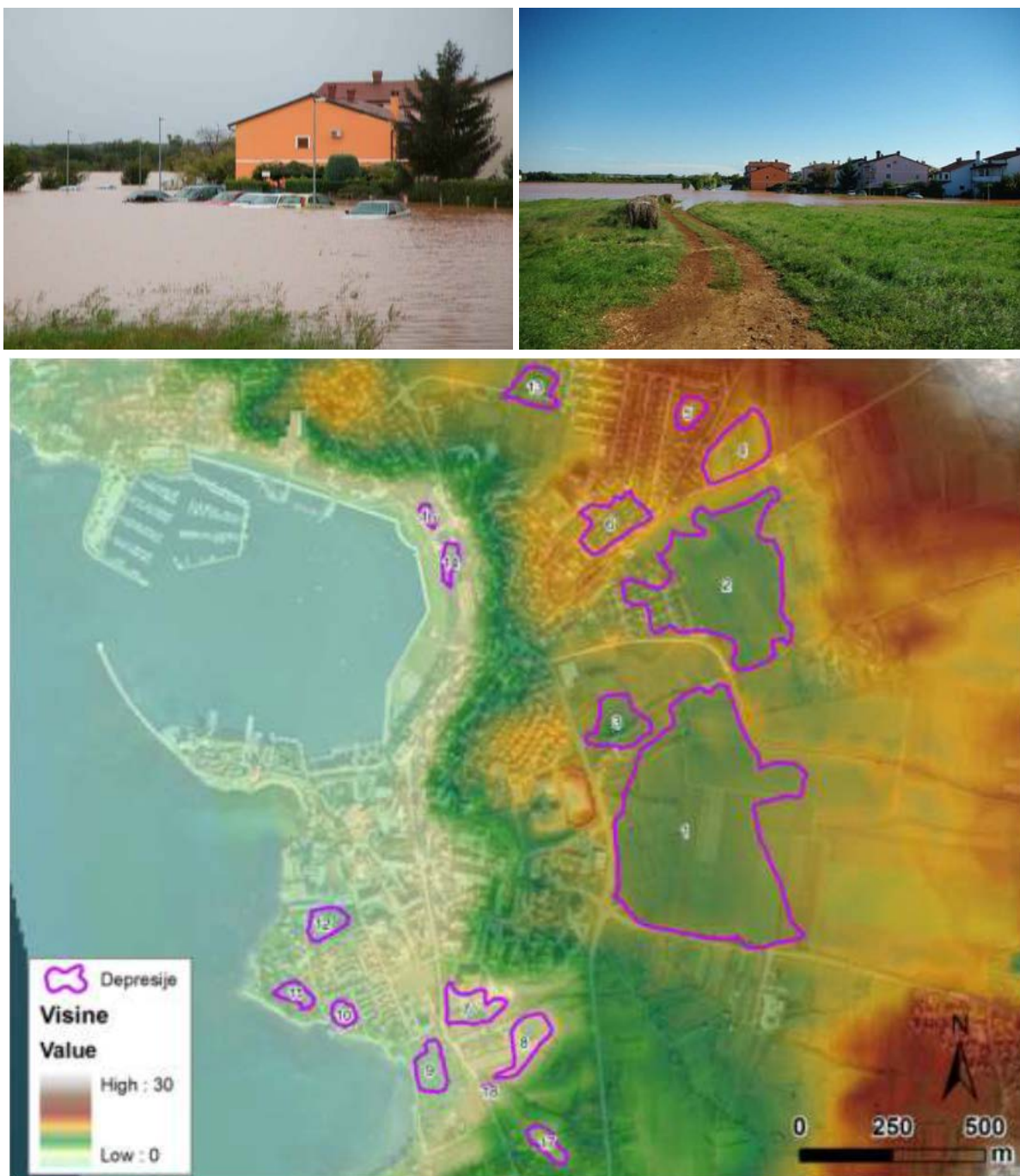
Slika 3.20: Posljedice poplava u hrvatskom priobalju

Priobalna područja se u pogledu pojavnosti obilnih oborina ne razlikuju bitnije od ostalih područja, ali su negativne posljedice njihove pojave sve naglašenije budući da kapaciteti odvodnih sustava ne ovise samo o njihovoj geometriji, već i o rubnim uvjetima koje definira položaj razine mora. Povećanjem srednje razine mora, kao i visokih razina, smanjuje se kapacitet prihvata i evakuacije oborinskih voda. U kontekstu klimatskih promjena i tendencije porasta razine mora, problematika pluvijalnih poplava u ovakim područjima dobiva dodatnu težinu. Stoga je prilikom planiranja izgradnje odvodnih sustava potrebno procijeniti mogući utjecaj klimatskih promjena na povišenje razine mora, kako se u vrijeme životnog vijeka planiranih sustava ne bi smanjila njihova učinkovitost. Utjecaj razine mora i klimatskih promjena na kapacitet sustava oborinske odvodnje na području Umaga detaljno je obrađen u elaboratu „Analiza oborina na pilot područjima u Istri i Zagrebu“.



Slika 3.21: Zatvorena dionica najnižvodnijeg dijela Umaškog potoka

Na cijelom području evidentiran je i velik broj prirodnih depresija (vidi „Hidrološka obrada velikih voda na području Umaga“, GF Rijeka, 2011.), bez mogućnosti gravitacijske površinske odvodnje pa se u njima prirodno formiraju jezera prilikom jačih oborina. Pojedina područja, koja su prethodno imala poljoprivrednu namjenu pretvorena su u urbane prostore, što za posljedicu ima znatno veće poplavne štete odnosno porast rizika. Posebno je to bilo izraženo tijekom poplave 2010. na području naselja Komunela, koje se nalazi u depresiji u neposrednoj blizini Umaškog potoka. Jezero koje se tad formiralo protezalo se gotovo do sela Špinel, s mjestimičnim dubinama koje su dosezale i 1 m.



Slika 3.22: Evidentirane depresije na području Umaga („Hidrološka obrada velikih voda na području Umaga“, Rubinić, 2010.) i posljedice poplave 19.9.2010. na području naselja Komunela

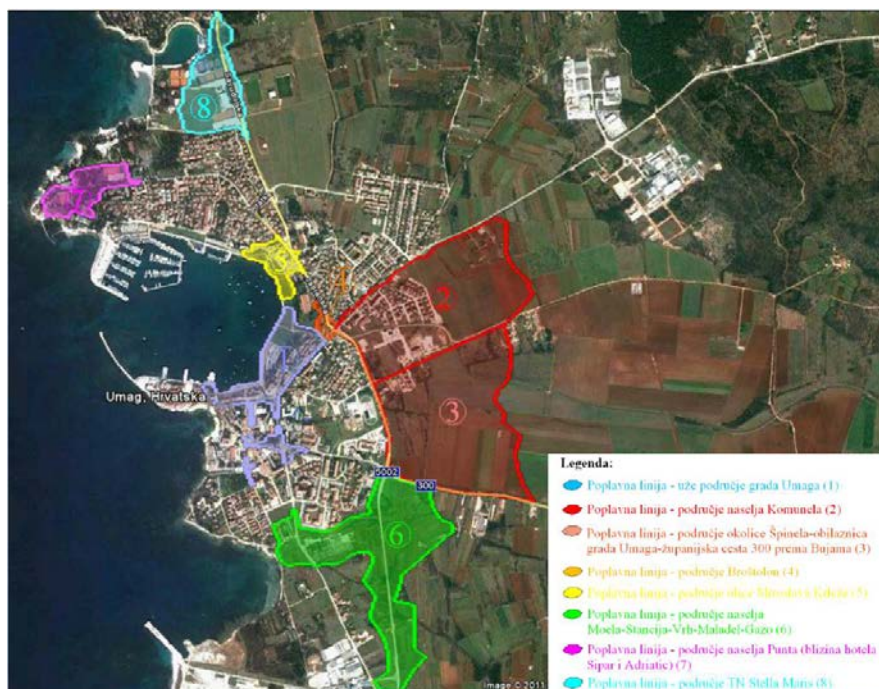
Pretpostavlja se da su i visoke razine podzemnih voda u pojedinim depresijama mogle dati izvjestan posredni doprinos pojavi poplavlivanja, budući da smanjuju mogućnost infiltracije i akumulacije dijela oborinskih voda u podzemlje.

3.2.3. Zabilježeni poplavni događaji

Za pilot područje Umaga podaci o poplavnim događajima i kišnim epizodama preuzeti su iz postojeće dokumentacije, prvenstveno „Analize oborina na pilot područjima u Istri i Zagrebu“ i „Hidrološke obrade velikih voda na području Umaga“ (Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2011.) te iz baze JVP Umag te će se nastavno iznijeti ključni podaci iz navedenih izvora.

Tijekom 18. i 19. rujna 2010. na područje grada Umaga pala je iznimno velika količina oborina koja je izazvala nesvakidašnje velike poplave i znatne materijalne štete. U kratkom vremenu u slivu su se formirale mnogobrojne bujice koje su se prihranjivale s područja Bujštine i na nižim dijelovima sliva uzrokovale štete. Najteže su stradala naselja Komunela-Istok, Moela i Sv. Petar. Ukupno je poplavljeno nešto više od 60 stambenih jedinica na cijelom području grada, a zbog nagle koncentracije velikih količina oborina koje su se slijevale prema gradskoj jezgri došlo je do obustave prometa na dionicama Umag-Dajla-Novigrad i Umag-Petrovija-Buje.

Na donjoj slici prikazana su poplavljena područja. Konfiguracija terena je takva da se putem Umaškog potoka vrlo brzo sakupljaju oborinske vode s okolnog sliva te formiraju bujice koje pri velikim količinama oborinske vode prelijevaju i plave područje naselja Komunela. Akumulirana voda se zatim gravitacijskim putem preko Zemljoradničke ulice transportira prema najužoj jezgri grada i plavi najniža područja. Slična je situacija bila i na području tada nereguliranog južnog kraka Umaškog potoka, gdje je došlo do plavljenja okolnog područja, prvenstveno južnog dijela naselja Moela i mjesnog groblja u neposrednoj blizini utoka u more.



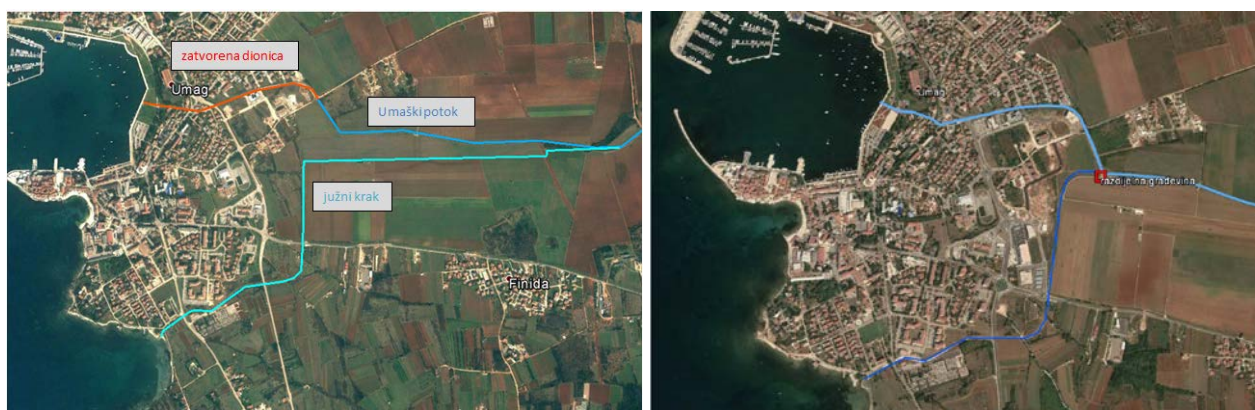
Slika 3.23: Poplavna područja 19.9.2010.



Slika 3.24: Posljedice poplave 19.9.2010.

Rekonstrukcijom poplavnih linija na najkritičnijim dijelovima grada utvrđena je poplavljena površina od oko 162 ha te volumen akumulirane vode od oko 246.000 m³. Ukupno je provedeno 168 intervencija, ponajviše na području naselja Komunela-Istok i naselju Moela. Troškovi intervencije procijenjeni su na oko 750.000 kn, a ukupne štete na oko 50 mil.kn. Na sanaciji i otklanjanju posljedica sudjelovale su Javne vatrogasne postrojbe iz Umaga, Rovinja, Pule i Pazina te DVD-a iz Umaga. Pored njih, terensku angažiranost su provodili komunalno poduzeće 6. maj d.o.o. Umag, snage Hrvatskih voda, odnosno Vodoprivrede d.o.o. Buzet, Istarske ceste d.o.o. Pula, policijske postrojbe grada Umaga, Hrvatska elektroprivreda te mnogobrojni građani.

Svakako da je poplava 2010. godine izazvala potrebu preispitivanja dosadašnjih i planiranih vodnogospodarskih rješenja te je slijedom toga napravljena studijska i projektna dokumentacija temeljem koje su kasnije i izvedeni pojedini zahvati u prostoru. Regulacijom južnog kraka Umaškog potoka i izgradnjom razdjelne građevine na spoju glavnog toka i južnog kraka povećana je sigurnost Grada od poplava, a još veći stupanj sigurnosti planira se postići izgradnjom retencije „Ljubljanija” uzvodnije u slivu.



Slika 3.25: Regulacija južnog kraka Umaškog potoka prije i nakon poplave iz 2010.

3.2.4. Postojeći sustav obrane od poplava i sustav oborinske ili mješovite kanalizacije

Prema Državnom planu obrane od poplava (NN 84/10), Glavnom provedbenom planu obrane od poplava (veljača 2014.), Zakonu o vodama (NN 153/09, 63/11, 130/11, 56/2013 i 14/14) te Pravilniku o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti vodoistražnih radova i drugih hidrogeoloških radova, preventivne, redovne i izvanredne obrane od poplava te upravljanja detaljnim građevinama za melioracijsku odvodnju i vodnim građevinama za navodnjavanje (NN 83/10 i 126/12), pilot područje pripada branjenom Sektoru E – Sjeverni Jadran, branjenom području 22 (područja malih slivova Mirna - Dragonja i Raša – Boljuncica). Branjeno područje 22 prema tome obuhvaća cijeli Istarski poluotok, koji karakteriziraju s jedne strane razvijena hidrografska mreža na eocenskom flišu, a s druge strane propusno vapnenačko tlo u kojemu se nisu mogli formirati izrazitiji površinski tokovi. Daljnje karakteristike su velike godišnje oborine u zaleđu (do 2.000 mm/god.) i izraziti dnevni intenziteti u unutrašnjosti (do 250 mm/dan).

Sve vodotoke, mahom bujice, karakterizira nagli nailazak vodnih valova (poglavito u uvjetima povećane zasićenosti tla) s kratkim vremenom koncentracije i nemogućnošću provođenja aktivne obrane od poplave. Upravo iz tih razloga, prognoze o padavinama dobivene od DHMZ-a bitnije su za proglašenje stanja pripravnosti i poduzimanje propisanih aktivnosti nego opažanja vršena na vodomjerskim postajama u mjerodavnim hidrološkim profilima. Naglasak se stoga stavlja na preventivne mjere, u prvom redu redovno održavanje zaštitnih objekata, sječu šiblja, izmuljivanje korita, čišćenje propusta i sifona te sve ostale preventivne hidrotehničke radove u reguliranim dolinskim tokovima i obuhvatnim kanalima. S druge strane, od izuzetne su važnosti radovi na poboljšanju retencijske sposobnosti sliva, bilo izgradnjom retencija, akumulacija ili pošumljavanjem goleti kako bi se smanjilo otjecanje i produžilo vrijeme koncentracije vodnog vala na branjenim dionicama. Za evakuaciju unutarnjih voda melioriranih površina s kojih nije moguća gravitacijska odvodnja koriste se crpne stanice. Tu je potrebno voditi računa da se u očekivanju većih padavina intenzivira crpljenje kako bi se maksimalno povećao retencijski učinak melioracijskih kanala.

Budući da sliv Umaškog potoka administrativno pripada području gradova Umag i Buje, podaci o postojećem sustavu odvodnje, kao i planiranim zahvatima preuzeti su iz prostorno-planske dokumentacije. Za područje Grada Umaga izrađena je „Strategija razvoja Grada Umaga za razdoblje 2016.-2021.“ (prosinac 2015.) prema kojoj se planira postojeći kanalizacijski sustav duljine 63 km nadograditi u sklopu projekta „Smart city – Green city“ (u suradnji s Hrvatskim vodama“, mjera 1a.3.: izgradnja, ulaganje u dogradnju i optimizaciju sustava odvodnje otpadnih voda te razdvajanje mješovitog sustava kanalizacije na fekalnu i oborinsku, izgradnju uređaja za pročišćavanja otpadnih voda 3. stupnja te rekonstrukciju i dogradnju postojeće mreže otpadnih voda.). Za područje Grada Buje u planu je izgradnja razdjelnog kanalizacijskog sustava, tj. zaseban sustav kanalizacije sanitarno-potrošnih voda i zaseban sustav oborinske kanalizacije, osim u području povijesne jezgre gdje će se zadržati djelomično mješovit sustav (izvor: „Strateški plan razvoja Grada Buje-Buie od 2016. do 2020.“).

3.2.5. Pregled postojećih studija i planova za smanjenje rizika od poplava

Osim prethodno spomenutih strateških projekata dogradnje i modernizacije kanalizacijskog sustava na području gradova Umag i Buje, Hrvatske vode izradile su idejno rješenje retencije

Ljubljanija u cilju smanjenja dotoka u Umaški potok. Izgradnjom retencije 100-godišnji vodni val se reducira s 57 m³/s na 5 m³/s, koliko kapacitira nizvodno korito Umaškog potoka. Predviđena je izvedba nasute pregrade, visine oko 10,7 m, duljine u kruni oko 300 m i procijenjene vrijednosti izgradnje oko 2,5 mil. eura. Retencija je uvrštena u prostorno-plansku dokumentaciju.



Slika 3.26: Položaj planirane retencije Ljubljanija u slivu Umaškog potoka

4. ANALIZA METODA I PRISTUPA ZA IZRADU KARATA OPASNOSTI I RIZIKA OD POPLAVA USLIJED JAKIH OBORINA

4.1. Polazišta

Posljednjih desetljeća ubrzana izgradnja kao i dodatna vrijednost urbanih sadržaja te sve brojnija populacija, u znatnoj su mjeri povećali društveno-ekonomsku vrijednost prostora, a samim tim i izloženost pojedinim oblicima rizika. U kontekstu klimatskih promjena ovi problemi postaju još naglašeniji, s obzirom da obilne oborine izazivaju poplave koje se javljaju vrlo brzo, a njihovo prognoziranje je suočeno s velikim nepouzdanostima. Za razliku od fluvijalnih poplava, za pluvijalne poplave nisu razvijene metode izračuna i mapiranja rizika.

Određen iskorak u tom smjeru napravljen je 2016.g, provedbom istraživanja EU-COM „Working Group Floods“ među državama članicama, vezano za utvrđivanje i kartiranje rizika od pluvijalnih poplava. Između ostalog, konstatirano je da je najveći izazov u provedbi procjene rizika dostupnost i pouzdanost relevantnih podataka (o topografiji, sustavu odvodnje, oborini, koeficijentima otjecanja i sl.), a procjena rizika, tamo gdje je provedena, temeljila se uglavnom na stručnoj procjeni, manjim dijelom na modeliranju. Također, samo manji dio ispitanika kartirao je rizik od pluvijalnih poplava, u većini slučajeva u sklopu izrade karata rizika od fluvijalnih poplava. Pri tome nije korištena komponenta povratnog perioda oborine, a za kartiranje su korišteni podaci o prethodnim poplavama te jednostavniji GIS alati (D8) ili 2D modeli.

Kao nastavak, 2018.g. provedeno je on-line istraživanje (aktivnost T.4.1.1.) u cilju unaprijeđenja upravljanja rizicima od pluvijalnih poplava. Istraživanje je ukazalo na sljedeće:

- najlakši način za procjenu rizika u većini zemalja je sustavno dokumentiranje podataka o obilnim oborinama
- podaci o prethodnim oborinama potrebni za analizu rizika su mjerene količine oborina, hijetogrami i podaci o kišnim epizodama
- topografske uvjete otjecanja najbolje opisuju staze tečenja, dok analize vezano uz identifikaciju površinskih depresija, bočnih dotoka, poplavnih površina i sl. ne daju konzistentne rezultate
- izvor podataka o oborinama su uglavnom podaci s meteoroloških stanica (oko 28% ispitanika koristi podatke s radara, a samo manji dio sa satelita)
- složenost i nepoznanice vezano uz sustav urbane odvodnje predstavljaju slabu točku u analizi
- u većini slučajeva iz analize je izostavljen utjecaj infrastrukture (zgrade, prometnice i sl.) na tečenje; u većini slučajeva prostor se promatra „hidrološki“
- kartiranje rizika provodi se uglavnom na temelju GIS analiza ili 2D modela.

4.2. Analitički okvir

4.2.1. Definicije

Kako bi komunikacija među dionicima bila što lakša, a rezultati projekta jasni svima, po njegovom pokretanju uspostavljena je zajednička terminologija vezano za analizu i procjenu rizika od pluvijalnih poplava.

Opasnost (eng. hazard) se definira kao "potencijalni izvor štete" (ISO/IEC Vodič 51, 1999) odnosno „potencijalno štetni fizički događaj, fenomen ili ljudska aktivnost koji mogu prouzrokovati gubitak života ili ozljede, imovinsku štetu, socijalni i ekonomski poremećaj ili degradaciju okoliša“ (UN, 2004.). iz definicije proizlazi da sama opasnost ne mora nužno rezultirati štetnim događajem pa ju treba vezati uz receptor. U analizi opasnosti, opasnost se stoga uvijek veže uz lokaciju, intenzitet, učestalost i vjerojatnost.

Ranjivost (eng. vulnerability) je složena i dinamična karakteristika receptora koja opisuje njegovu osjetljivost na negativne posljedice rizika. Osjetljivost određenog receptora proizlazi iz njegovog specifičnog skupa sociokulturnih, političkih, ekonomskih i okolišnih čimbenika. Pored štete nastale tijekom štetnog događaja, dugoročni učinci i promjene trebaju se uzeti u obzir zbog činjenice da je ranjivost dinamična i može se mijenjati s vremenom. Nadalje, osjetljivost na štete tijekom izlaganja opasnosti može se povećati prethodnim događajem, kada se njeni štetni učinci ne mogu otkloniti. S druge strane, prijašnji događaji mogu imati pozitivan utjecaj podizanjem svijesti i pokretanjem preventivnih mjera (Blaikie i sur. 1994, Thywissen 2006).

Posljedice su usko vezane uz ranjivost, a općenito se definiraju kao ishod ili negativni i pozitivni utjecaji opasnosti (ISO/IEC 2009, Samuels & Gouldby 2009). U kontekstu analize rizika u većini slučajeva razmatraju se samo negativni učinci.

Konačno, rizik izražava vjerojatnost pojave i stupanj štete za stanovništvo, okoliš, gospodarstvo ili druge receptore uzrokovane izlaganjem opasnosti određene veličine. Nasljeđuje glavne atribute (vjerojatnost, potencijal i težinu štete) opasnosti i ranjivosti te se može smatrati kombinacijom oboje (UN 2004). Analiza rizika uključuje analizu potencijalnih opasnosti i ranjivosti u pogledu njegovih fizičkih, socijalnih, ekonomskih i okolišnih aspekata, kao i sposobnosti prilagođavanja receptora. Procjena rizika također se bavi pitanjem kako društvo rizike shvaća i doživljava i u kojoj mjeri ih se smatra podnošljivim ili prihvatljivim (Schanze i sur. 2004, Samuels & Gouldby 2009).

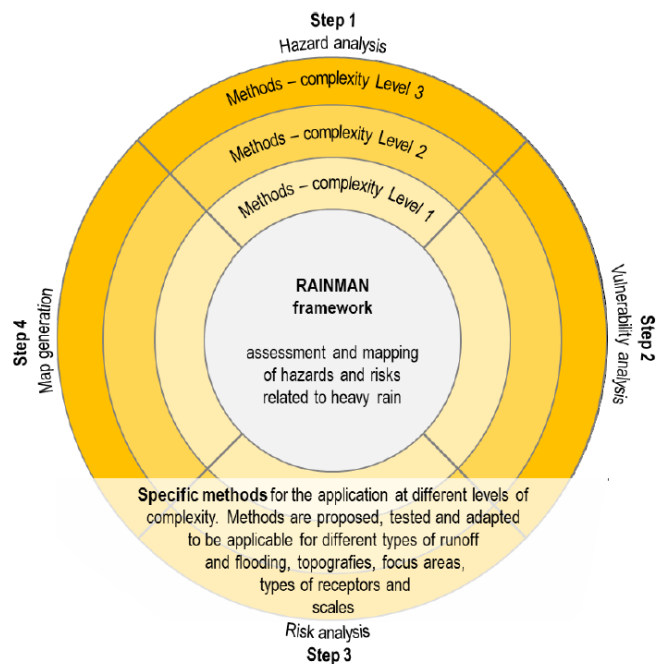
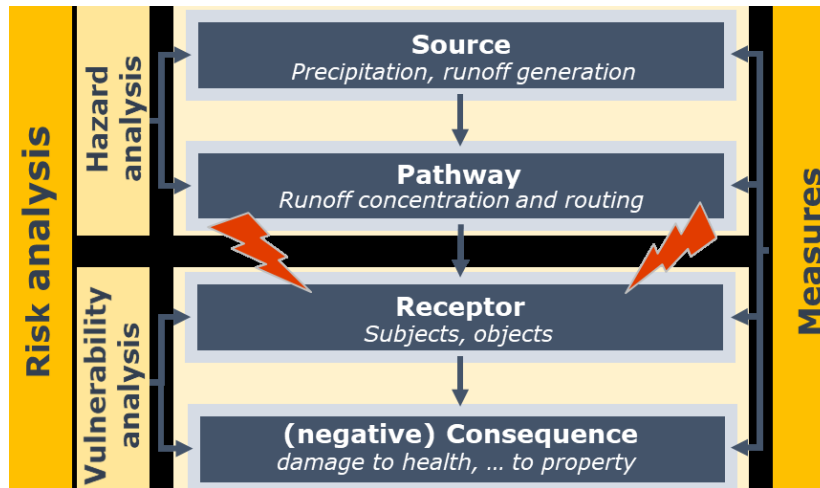
4.2.2. Koncept

Analitički okvir uspostavljen je kako bi se ostvario zajednički sveobuhvatni pristup analizi opasnosti i rizika od pluvijalnih poplava. S jedne strane, postavljeni okvir uvažava različite uvjete pod kojima dolazi do pojave obilnih oborina, različite uvjete otjecanja i poplavlivanja, fokus na različita interesna područja, različite vrste receptora i različita mjerila. S druge strane, analitički okvir omogućava da se iznađu rješenja na različitim nivoima (načelna, detaljna), ovisno o predispozicijama i potrebama pojedinih korisnika. Očekuje se da će postavljeni koncept biti prikladan za kategorizaciju većine područja i njihovih uvjeta, a da će implementacija projekta u pilot područjima doprinijeti važnim iskustvima i unaprijeđenju u planiranju i smanjenju rizika.

Osnovni koraci u analizi rizika su procjena opasnosti, procjena osjetljivosti, procjena rizika te konačno, kartiranje rizika. Ovisno o razini kvalitete raspoloživih podloga, analize opasnosti, osjetljivosti i rizika mogu se raditi s manjom ili višom razinom detaljnosti.

Konceptualni model SPRC (Surce-Pathway-Receptor-Consequence; ICE 2001.) se standardno primjenjuje u analizi poplavnih rizika, a opisuje povezanost opasnosti, ranjivosti i rizika kao linearnu funkciju od izvora, stazom tečenja, do receptora i posljedice. Izvor (eng. source) se može opisati

kao uzrok opasnosti, a u kontekstu pluvijalnih poplava to je kišna epizoda visokog intenziteta i rezultirajući hidrogram otjecanja. Kako je prethodno navedeno, opasnost se može definirati samo u odnosu na receptor. Stoga mora postojati staza (eng. pathway) koja opisuje put oborinskih voda od mjesta na kojem je nastala do receptora (eng. receptor), a to su objekti i subjekti izloženi opasnosti i potencijalno podložni šteti odnosno negativnim posljedicama (eng. consequence). Promjene pojedinog elementa u ovako postavljenom konceptu direktno mijenjaju sljedeće elemente u nizu. (Na primjer, izgradnjom retencije direktno se utječe na staze tečenja, a nastavno i na receptore rizika odnosno štete.)



Slika 4.1: Analitički okvir projekta Rainman (SPRC konceptualni model)

Nadalje, kako bi se osigurala usporedivost metoda procjene i mapiranja rizika te njihova prenosivost na slična područja, analitički okvir mora osigurati klasifikacijski sustav odnosno dati smjernice za odabir metoda na razini koja odgovara podacima dobivenim u prethodnim koracima, specifičnim uvjetima, razini složenosti i potrebama korisnika. Postavljena je skala od tri razine:

1. osnovna – raspoloživi su najosnovniji podaci čija obrada zahtjeva minimalnu razinu znanja i napora; procjena rizika daje se na temelju iskustva i podataka o zabilježenim poplavnim događajima
2. srednja – dostupan je veći broj podataka, ali i dalje dosta općenitih; zahtjeva nešto veću stručnost i veća financijska ulaganja; procjena rizika vrši se na grubljoj prostornoj skali, jednostavnijim alatima i temeljem iskustva i podataka o zabilježenim štetama; rezultat je i dalje na nivou indikativnog
3. visoka – raspolaže se kvalitetnim podacima; zahtjeva znatna financijska sredstva i visoku razinu profesionalnosti; analiza rizika provodi se na osnovu hidrauličkih modela i temeljem razrađenih funkcija štete

Pored razine kvalitete podataka kao ključne varijable, odabir metode procjene rizika ovisi i o specifičnim kontekstnim uvjetima kao što su vrsta poplavlivanja (bujične poplave, pluvijalne poplave, poplave kanalizacijskog sustava), vrsta područja (urbano, ruralno, izuzetno vrijedno ili osjetljivo područja), morfologija terena (planinsko, gorsko ili nizinsko područje), izloženi elementi (receptori) i razina detaljnosti (nacionalni, regionalni ili lokalni nivo). Upravo kako bi pokrili različite specifične uvjete, odabrana su različita pilot područja unutar Rainman projekta.

Tablica 4.1: Pilot područja prema topografskim i kontekstualnim uvjetima

Conditions	Mountainous	Hilly	Lowland
Urban (high density developed land) incl. hot spots		Pilot 1 (Saxony, Meißen) Pilot 3 (City of Graz) Pilot 5 (Croatia, Zagreb)	Pilot 4 (Hungary, City of Tiszakécske)
Semi urban (medium to low density developed land)	Pilot 2 (South Bohemia) Pilot 7 (Upper Austria)	Pilot 1 (Saxony, Oderwitz)	
Rural (mainly agricultural/ undeveloped land)	Pilot 5 (Croatia, Istria)	Pilot 6 (Lower Silesia)	Pilot 4 (Hungary, Kunhegyes)

4.3. Analiza postojećih metoda i pristupa za izradu karata opasnosti i rizika od pluvijalnih poplava

4.3.1. Pristup modeliranju

U sklopu Rainman projekta predloženi su različiti pristupi identifikaciji i kartiranju područja potencijalno ugroženih pluvijalnim poplavama, ovisno o dostupnim podacima i namjeni karata. Generalno, pristupi se mogu razvrstati na konceptualne i hidrološko-hidrauličke modele. Pri tome valja naglasiti da čak i najsofisticiraniji modeli nose stanovite greške, vezane prvenstveno uz nepreciznost pojedinih ulaznih parametara kao što su prostorna i/ili vremenska distribucija oborine, klimatske promjene, stanje prethodne vlažnosti tla, dinamika izgradnje prostora, promijene koeficijentata otjecanja i niza drugih čimbenika koji utječu na otjecanje. Slijedom toga, niti jedna karta ne može biti 100% pouzdana pa je jedan od ciljeva radne skupine projekta bio ustvrditi koja razina detaljnosti je prihvatljiva za koje namjene.

Konceptualni modeli opisuju samo konačno stanje poplavom zahvaćenih područja, ne uzimajući u obzir vremenske karakteristike oborina niti dinamiku širenja poplava te su prihvatljivi za okvirne proračune. Baziraju se na GIS alatima odnosno relativno jednostavnim metodama za određivanje smjera tečenja oborine s obzirom na nagibe terena i zona zadržavanja oborina s obzirom na depresije terena. Pojedini konceptualni modeli područje razmatraju kao raster pa primjenom fizikalnih zakona, najčešće jednadžbe očuvanja mase, modeliraju tečenje između pojedinih elemenata. Prednost ovih modela je što uzimaju u obzir određene fizikalne karakteristike otjecanja, a istodobno su računalno učinkovitiji od hidrauličkih modela. Neki od poznatijih konceptualnih modela su: Flowroute, Rapid Flood Spreading Model (RFSM, Lhomme i sur., 2008.) te Rapid Flood Inundation Model (RFIM, Krupka i sur., 2007.)

S druge strane, hidrološko-hidraulički modeli se temelje na rješavanju sustava parcijalnih diferencijalnih jednadžbi (tzv. jednadžbi plitkih voda), pri čemu hidrološki moduli simuliraju procese otjecanja oborine, a hidraulički moduli nestacionarno tečenje vode unutar domene predmetnog područja, bilo kao 1D, 2D, kombinirani 1D/2D ili tzv. *dual drainage* model (međudjelovanje površinskog tečenja i tečenja u cijevi). Komercijalnih računalnih paketa za hidrološko-hidrauličko modeliranje poplava je mnogo (npr. SOBEK, MIKE Urban, TUFLOW itd.). Međutim, javno dostupnih paketa ima svega nekoliko, od kojih valja izdvojiti HEC-RAS, SWMM te OpenLISEM.

Koji god pristup modeliranju bio odabran, za donošenje generalnih zaključaka o opsegu i razini ugroženosti pojedinih područja i nastavno izrade planskih dokumenata, potrebno je raspolagati podacima o rasprostranjenosti i intenzitetu oborina s jedne strane te načinu na koji sliv reagira na pojavu obilnih oborina s druge strane. Gotovo sve članice raspolažu značajnim nizovima mjerenja oborina čijom su statističkom obradom dobivene različite izvedenice (npr. ITP/HTP/PTP krivulje). Mjereni su najčešće dnevni podaci o oborini (ukupno pala količina kiše kroz 24 sata), vrlo rijetko satni, a za procjenu očekivane maksimalne količine oborina pojedinog trajanja za različite povratne periode primjenjivana je najčešće metoda opće razdiobe ekstrema (eng. Generalized Extreme Value distribution - GEV, Coles, 2001). Izvedenice, poput spomenutih ITP krivulja su najčešće dane na regionalnom nivou, s obzirom na specifične topografske uvjete pojedinih regija. Međutim, u pojedinim slučajevima, kada te razlike nisu toliko značajne, krivulje mogu biti definirane i na nacionalnom nivou (primjer Belgije).

Tijekom rada na projektu, ukazano je na sljedeću problematiku vezano za mjerodavnu oborinu: pojava oborine određenog povratnog perioda ne vodi nužno pojavi otjecanja istog povratnog perioda te se nameće pitanje na koji način odrediti otjecanje određene vjerojatnosti pojave, koje će biti usklađeno sa scenarijima koji su već definirani za fluvijalne poplave? Pretpostavka da je povratni period velikih voda isti kao povratni period računske kiše nije posve opravdana zbog nelinearne i nejednoznačne veze između oborina i otjecanja te se eventualno može prihvatiti za male povratne periode (npr. do 10 godina). Stoga je u okviru analize usvojen pragmatičan pristup ovom problemu, a koji se sastoji u definiranju najviše tri moguća scenarija, npr. s tri različita povratna razdoblja i samo jednim trajanjem kiše. U prilog ovako pojednostavljenom pristupu ide činjenica da oborina predstavlja samo jedan od faktora u čitavom procesu modeliranja, a da postoje vrlo velike nepoznanice vezano uz njihovu vremensku i prostornu razdiobu. Primijenjeni

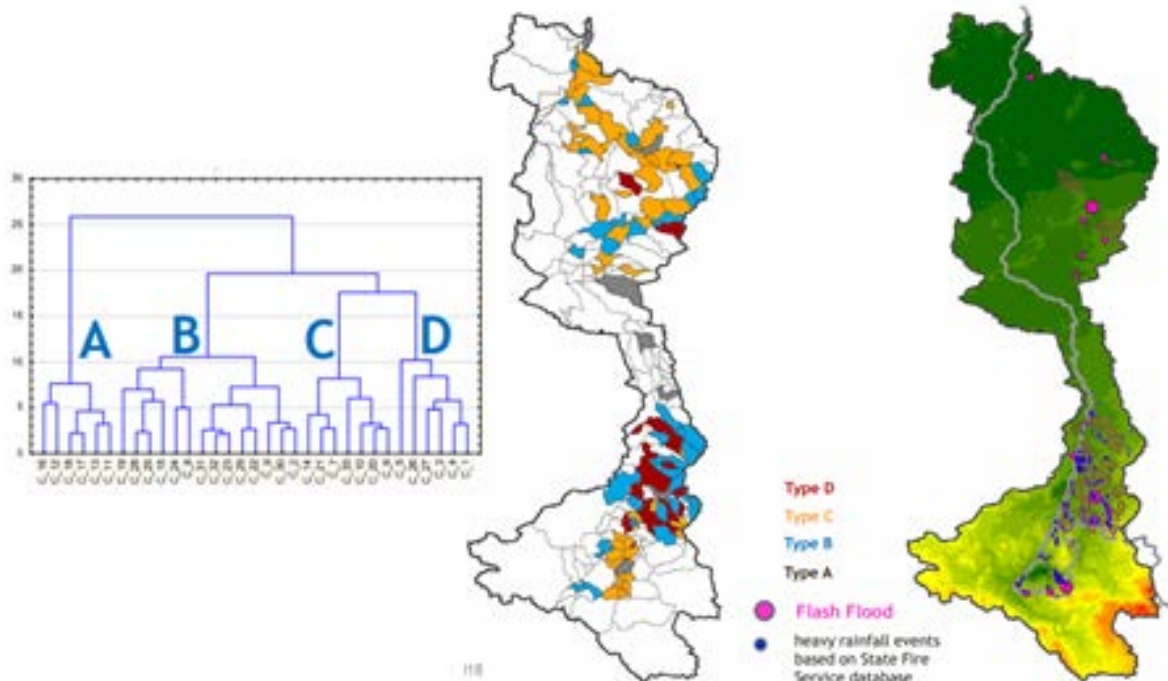
pristupi sistematizirani su u elaboratu D T1.1.1 Scoping Study „Existing approaches and methods for heavy rain modelling, mapping and risk assessment“, Version 1 od 06.09.2018., autora Martine Broer, Yvonne Spira, Environment Agency Austria. Navodi se da su za analizu rizika najčešće korišteni podaci o oborinama na regionalnom nivou, trajanja od 30 min do 6 sati, za tri scenarija odnosno vjerojatnosti pojave – male (najčešće 1000 godina), srednje (najčešće 100 godina) i velike (najčešće 30 godina), a programski paketi koji su pritom korišteni su HEC-HMS, Jflow+ i FloodArea.

4.3.2. Konceptualni modeli

Gotovo sve članice radne skupine raspolažu nekom vrstom poplavnih izvještaja, s većom ili manjom razinom detaljnosti, a koje pružaju osnovni uvid odnosno daju prvu informaciju o kritičnim lokacijama i uvjetima. Stoga se pokušalo ustvrditi mogu li statističke analize poplavnih događaja zamijeniti relativno skupo modeliranje. Pokazalo se da je moguće relativno dobro povezati meteorološke podatke i karakteristike sliva s veličinom šteta (podaci dobiveni od osiguravajućih društava), što metodu čini pogodnom za kalibraciju naknadnih modela. Osnovni nedostaci ove metode je što ne pokrivaju ostala područja potencijalno izložena riziku, nema podataka o dinamici rasprostiranja i ostvarenim dubinama i brzinama, a rezultati kao i kod svih ostalih metoda u znatnoj mjeri ovise o obimu i pouzdanosti ulaznih podataka.

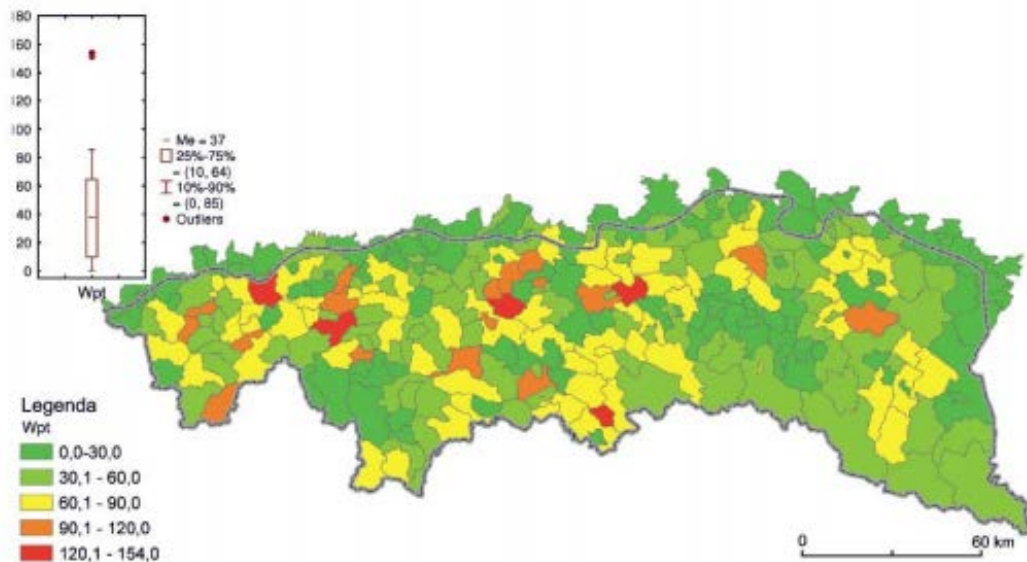
Osim mjerodavne oborine, ključnu ulogu u formiranju otjecanja imaju fizičko-geografske karakteristike sliva. Unatrag desetak godina sve su dostupniji slojevi visoke rezolucije pa iako su ove informacije vrlo važne za dvodimenzionalne simulacijske modele, njihova detaljnost može rezultirati brojnim izazovima za numeričke proračune. Stoga je važno pojedine slojeve prije njihova korištenja u modelima što više pojednostaviti, no bez gubitka bitnih topoloških i geometrijskih značajki. Jedna od složenijih metoda koja je provedena u okviru projekta temeljila se na definiranju parametara koji u znatnijoj mjeri utječu na otjecanje odnosno indikatora koji će upućivati na to koja su područja podložnija riziku.

Tako je za područje Češke (Štěpánková et al., 2017) predložena klasifikacija područja temeljem indeksa rizika. Taj indeks nosi podatke o relativnoj površini sliva, prosječnom padu sliva, udjelu obrađivanih površina, koeficijentu otjecanja te dnevnoj oborini. Procedura se sastoji u određivanju staza tečenja, preliminarnoj procjeni kritičnih točaka, definiranju fizičko-geografskih uvjeta. U konkretnom slučaju, odabrana su četiri kriterija: da je slivna površina između 0,3 km² i 10 km², prosječni pad sliva veći od 3,5%, udio obrađivanih površina veći od 40% i indeks rizika veći od 1,85, što je rezultiralo identifikacijom 9261 kritične lokacije na području Republike Češke. Sličan pristup korišten je i za definiranje kritičnih područja u slivu rijeke Nysa Łużycka u Poljskoj: na osnovu digitalnog modela terena, gustoće riječne mreže, vrste tla, zemljišnog pokrova, namjene površina, broja stanovnika, infrastrukture i slično s jedne strane te podataka o podslivovima sa zabilježenim poplavnim događajima s druge, formirana su četiri moguća tipa sliva te je prema tome izvršena klasifikacija cjelokupnog sliva Nyse Łużyckej.



Slika 4.2: Primjer klasifikacije sliva prema definiranoj tipologiji

Nastavno na ovakvu klasifikaciju vrši se izračun indeksa ranjivosti terena, koji u sebi sadrži podatak o udjelu pojedinog tipa sliva (A, B, C ili D) i rangu osjetljivosti (1 - najmanje osjetljiv, 2 – srednje osjetljiv, 3 – najviše osjetljiv): $Wpt = PrA \cdot 2 + PrB \cdot 1 + PrC \cdot 3$

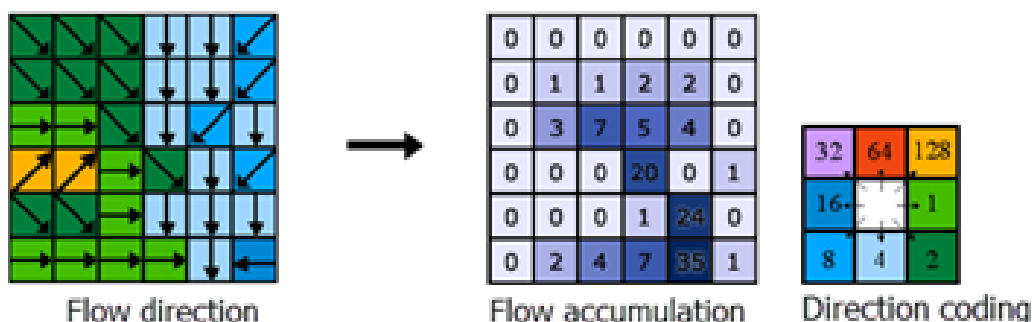


Slika 4.3: Primjer klasifikacije sliva prema rangu osjetljivosti

Prednost je ovakvog pristupa što omogućava projekciju budućnosti pa je pogodna za korištenje pri prostornom planiranju. Nedostatak je taj što ne daje podatke o raspodjeli dubina i brzina, a pouzdanost rezultata ovisi o mjerilu u kojem se radi.

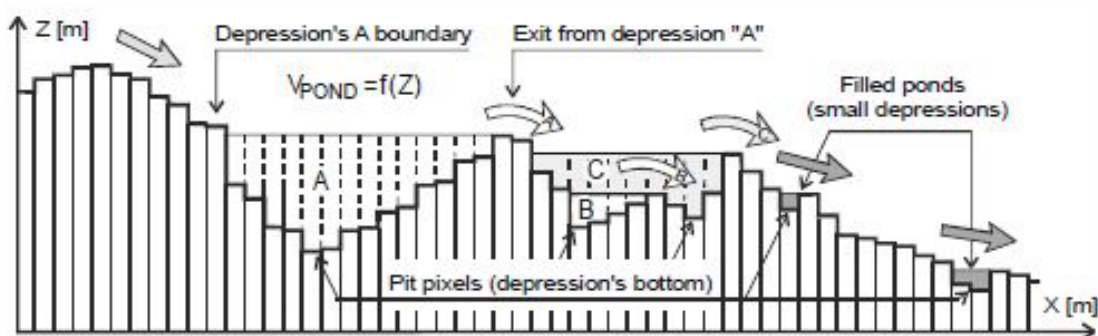
Za preliminarnu identifikaciju potencijalno ugroženih zona na pilot područjima primijenjeno je korištenje GIS alata. Jednostavnije GIS analize razmatraju samo utjecaj topografije na otjecanje (npr. metode D8, Bouncing ball, RISA i sl.), dok se u složenijima razmatraju i drugi parametri sliva

(pokrov, način korištenja, vrsta tla...), ali budući da takve analize zahtjevaju široku bazu podataka i znatne resurse, ograničene su na primjenu na manjim područjima (lokalno). Računalni programi pri tome koriste različite algoritme za definiranje kretanja vode prema nižim terenima, a zajedničko im je da se baziraju na pretpostavci da svaka ćelija rastera ima bar jednu susjednu ćeliju u svom neposrednom susjedstvu koja je niža od nje i prema kojoj usmjeravaju otjecanje. Proračun se temelji na jednostavnim metodama za određivanje smjera tečenja oborine s obzirom na nagib terena i zone zadržavanja oborina s obzirom na depresije u digitalnom modelu terena. Program radi petlju kroz grid dva puta: prvi put kako bi definirao smjer tečenja pronalaženjem najniže susjedne ćelije, drugi put prateći smjer otjecanja i sumiranjem broja ćelija koje utječu u pojedine ćelije.



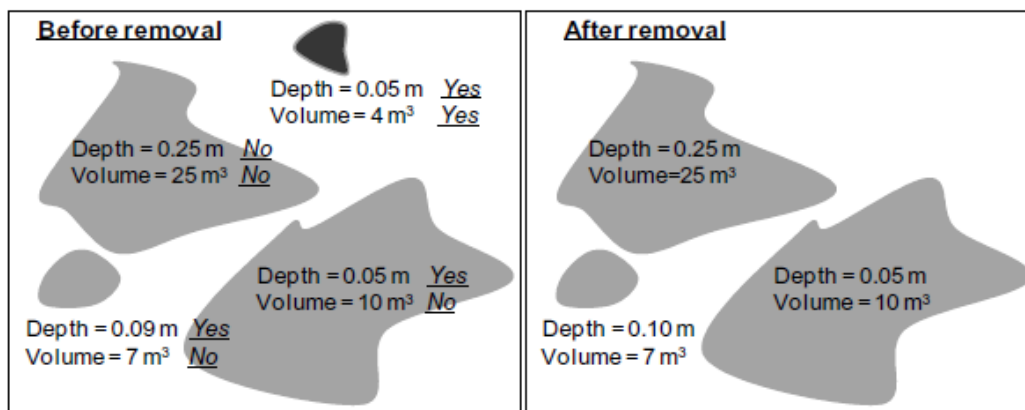
Slika 4.4: Princip „flow accumulation“ metode (izvor: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-flow-accumulation-works.htm>)

Pri korištenju ovih modela potrebno je obratiti pažnju na nekoliko stvari. Prvo, svaki model terena ima manji ili veći broj depresija, koje mogu biti rezultat prirodne pojave (npr. u kršu) ili pak krive interpretacije mjerenih podataka. U nekim slučajevima takve je depresije potrebno eliminirati kako bi se omogućio kontinuitet strujanja, dok je u nekim slučajevima ovu vrstu obrada potrebno izbjegavati jer depresije mogu predstavljati značajan retencijski potencijal.



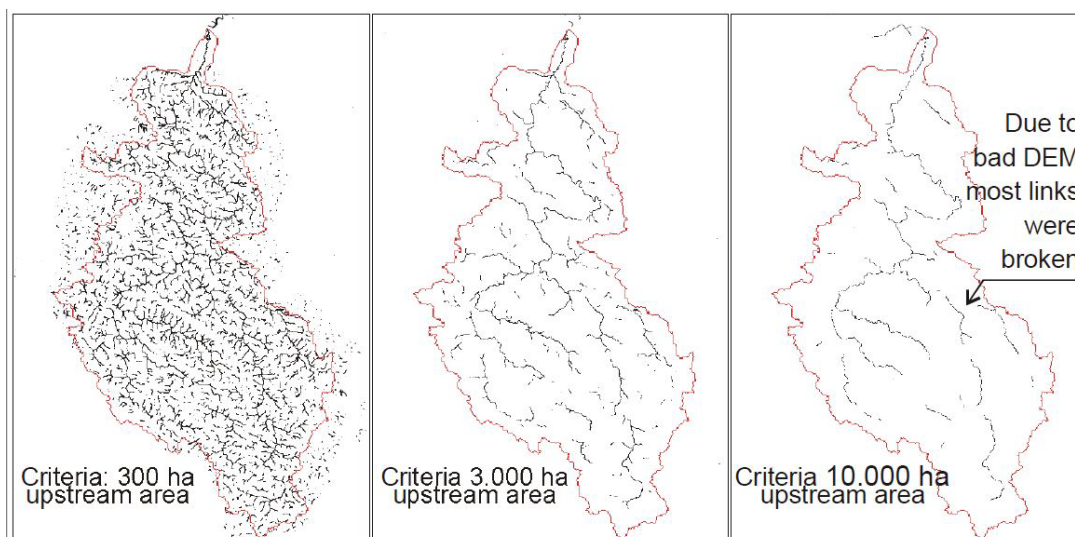
Slika 4.5: Shematski prikaz poprečnog presjeka terena s depresijama (izvor: „Overland flow and pathway analysis for modelling of urban pluvial flooding“, *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics / Vol. 3 / No. 1, 2009*)

Nadalje, ukoliko se radi sa slojevima visoke rezolucije, vrlo je vjerojatno da će se generirati veći broj manjih depresija, što može predstavljati znatno opterećenje prilikom obrada. Stoga se preporuča prilikom izgradnje modela terena zadati granične vrijednosti parametara depresija (npr. minimalnu dubinu i volumen) temeljem kojih će se određeni dio depresija eliminirati iz proračuna.



Slika 4.6: Utjecaj minimalne dubine i volumena na uklanjanje depresija („Overland flow and pathway analysis for modelling of urban pluvial flooding“, *Journal of Hydraulic Research* Vol. 47, No. 4 (2009), pp. 512–523, doi:10.3826/jhr.2009.3361, © 2009 International Association of Hydraulic Engineering and Research)

Značajnu ulogu ima i odabir granične vrijednosti slivne površine: velika slivna površina rezultira identifikacijom samo glavnih tokova, a mala mnoštvom kratkih, međusobno nepovezanih staza tečenja.



Slika 4.7: Utjecaj odabranog na gustoću riječne mreže (izvor D. Prodanović at al.: *DEM-Based GIS Algorithms for Automatic Creation of Hydrological Models Data*)

Prednost je ovakvog pristupa jednostavnost proračuna i dostupnost računalnih paketa, a nedostatak neophodna detaljna priprema podataka.

4.3.3. Hidraulički modeli

Kako je uvedeno spomenuto, hidrološko-hidraulički modeli se temelje na rješavanju sustava parcijalnih diferencijalnih jednadžbi (tzv. jednadžbi plitkih voda), pri čemu hidrološki moduli simuliraju procese otjecanja oborine, dok hidraulički moduli simuliraju nestacionarno tečenje vode unutar domene predmetnog područja. S obzirom na svoju zahtjevnost, ovakvi modeli se koriste uglavnom na razini pilot područja odnosno na lokalnoj ili regionalnoj razini. U nekim državama napravljeni su modeli i na nacionalnom nivou, ali su vrlo grubi te su stoga u tim državama

pokrenute inicijative da lokalne vlasti izrade modele svaka za svoje područje prema zadanim smjernicama i na taj način doprinesu nadogradnji postojećih modela (Engleska, Njemačka). U tu svrhu pripremljeni su i tzv. hidraulički modeli terena (npr. HydTERRAIN u Njemačkoj).

U okviru projekta korišteni su najčešće 2D modeli, koji su se pokazali dovoljno pouzdanim za definiranje obuhvata i dubine u ruralnim područjima, međutim, u urbanim zonama, gdje tečenje ovisi o nizu raznovrsnih detalja (rubnjaci, zidovi i sl.) ove modele bilo je potrebno na određeni način prilagoditi (npr. vanjske konture građevina u modelu terena podignuti za 0,3 m, a kolnike spustiti za 0,15 m). Osim navedenih 2D modela, razvijeni su i različiti 1D, kvazi 2D i kombinirani 1D/2D modeli kojima je moguće simulirati tečenje kroz kanalizacijski sustav, površinsko tečenje ili njihovu interakciju. Osnovni problemi koji se pritom javljaju odnose se na optimalan odabir domene proračuna te prostorne i vremenske diskretizacije modela. Tako je za pilot područje Graza napravljen kombinirani hidraulički model koji se sastoji od hidrološkog modela kojim se definira otjecanje te hidrodinamičkog modela koji simulira otjecanje vode po površini i kroz kanalizacijski sustav. Postignuto je dobro podudaranje modela sa zabilježenim poplavnim događajima, ali je pri tome uložan znatan trud u pripremu ulaznih podataka. Slično je provedeno i na području Gornje Austrije, ali je naglasak stavljen na analizu optimalnih proračunskih elemenata (veličinu proračunske ćelije, vrstu mreže, vremenskog koraka, odabira koeficijenata otpora odnosno hrapavosti, utjecaja hidrotehničkih objekata i sl.). Na ovakvim je modelima, nakon provedene kalibracije, moguća simulacija različitih varijantnih rješenja.

4.3.4. Zaključno

S obzirom na rastući rizik od poplava ulažu se znatni naponi na izradu kvalitetnih modela koji će na dovoljno precizan način ukazati na potencijalno najugroženija područja. Problemi su posebno naglašeni u urbanim područjima, koje s jedne strane karakterizira velik broj vrijednih sadržaja, a s druge velik udio nepropusnih površina, smanjeni koeficijenti hrapavosti, nedostatak retencijskih površina i prostora općenito. Ovisno o zahtjevima vezanim uz kvalitetu rezultata (namjenu), modeli variraju od jednostavnih GIS analiza do složenih hidrauličkih modela. Međutim, čak i najsofisticiraniji modeli u sebi nose stanovite greške koje su posljedica prostorne i vremenske varijabilnosti ulaznih parametara, primjerice ITP odnosa, stanja prethodne vlažnosti tla, prenamjene prostora i slično.

Osnovni cilj analize metoda i pristupa za kartiranje rizika bio je ukazati na različite metodološke pristupe, potrebne podatke za razvoj pojedinih modela, korake u njihovoj provedbi, prednosti i nedostatke pojedinih metoda te razinu njihove primjene. Pregled metoda i raspoloživih aplikacija dan je u elaboratu D T1.1.1 Scoping Study „Existing approaches and methods for heavy rain modelling, mapping and risk assessment“, Version 1 od 06.09.2018., autora Martine Broer, Yvonne Spira, Environment Agency Austria i prikazan u narednim tablicama.

Tablica 4.2: Konceptualni GIS modeli ovisno o namjeni

Method	Principles	Expert judgement	Application level	Application purpose and scale	Country
D8	Rolling ball	Yes	Catchments outside settlements	APSRF identification; national	AT
Critical points	Topography land use	Yes	Catchments outside settlements	APSRF identification; national	CZ
RISA	D8 + sewer system overflow	-	Urban areas	Pilot areas	DE
Geostatistical kriging	Hydrometeorology, relief, soil, geology, groundwater, land use	Yes	Catchments outside settlements	Identification of hazardous areas, lowland areas (pilot)	HU
Terrain Vulnerability Index (Wpt)	physiographic parameters, land use, soil	-	Catchments, geographic regions, districts	Pilot areas	PL

Tablica 4.3: Razina primjene pojedinih modela (nacionalna, regionalna ili lokalna)

Method	Data requirements	Implementation effort	Application scale	Usage	Countries
Previous events	Low	Low	Regional, national	Regional, national	PL
Rolling ball (D8)	Low	Low	Regional	National	AT
Critical points	Medium	Low	National	National	CZ
RISA flood hazard assessment	Low-medium	Low-medium	Regional	Urban environments	DE
Static volume assessment	Low-medium	Low-medium	Regional		DE
Street transect method	Medium	Low-medium	Regional	Urban environments	DE
Sewer system modelling	Medium	Medium	Local	Urban environments	DE
Hydraulic modelling (surface)	High	High	Local	Regional, national	UK, DE, HU
Geostatistical kriging	Medium	Medium	National	National	HU
Coupled modelling	High	High	Local	Urban environments	Pilot areas

Tablica 4.4: Vremenska i prostorna diskretizacija modela

Case study	DTM resolution	Model time	Modelled area	Run-off coefficient	Model output
DE (Baden-Wurttemberg)	0.8 p/m ²	Event + 1 h	< 5 km ² catchments	Statistical analysis University Freiburg	Flooded area, water depth, flow velocity
DE (Bavaria)	1 m	Not specified	Not specified	Not specified	Flooded area, water depth, flow velocity
GB England/Wales	2 m	Event + 3 h	5 km by 5 km tiles, 500 m overlap	Revitalised Flood Hydrograph, SERIES Hydrology, manning	Flooded area, water depth, flow velocity
HU	10 m * 10 m	Not specified	Not specified	Not specified	Flooded area, water depth, flow velocity
PL	1 km	1 h	Not specified	Not specified	Flooded area, water depth
CH (Kanton Luzern)	1 m	2 h	Between 50 km ² and 160 km ²	Based on Rickli and Forster, (1997), modified with Scherrer & Naef (2003) and slope correction	Flooded area, water depth

Tablica 4.5: Pregled dostupnih programskih paketa i područja njihove primjene

Model	Dimensions	Surface /sewer?	Principles	Application
Automatic Overland Flow Delineation (AOFD) tool	Creates 1D model of the surface	Surface	Rolling and bouncing ball	Input files for hydraulic models Coupling with 1D sewer system models
SWMM	1D	Sewer	Physically based	Designing and sizing of drainage system components for flood control.
InfoWorks CS-2D/ICM	1D-2D	Sewer and Surface	Physically based	Hydrological modelling of the complete urban water cycle
Sobek 2DFLOW	2D	surface	Physically based	Overland flow (compatible with Sobek-Urban)
Sobek 1DFLOW(Urban)	1D	Sewer and surface	Semi-distributed	Urban planning, real time modelling (compatible with Sobek 1DFLOW)
Multi-Hydro Open source Includes SWMM	1D-2D	Sewer and Surface	Fully-distributed physically based	Research
Mike Urban	1D-2D	Sewer and Surface	Fully-distributed physically based	Emergency response planning for urban flooding
TUFLOW	1D-2D/2D-3D	Sewer and Surface	Fully-distributed physically based	River flooding, urban flooding, pipe network modelling
Hydro_AS-2D	2D	Surface	Physically based	Surface flooding
JFlow+	2D	Surface	Fully-distributed physically based	River flooding, surface flooding
FloodArea	2D or 1D/2D	Surface	Grid based	ArcGIS application, surface flooding

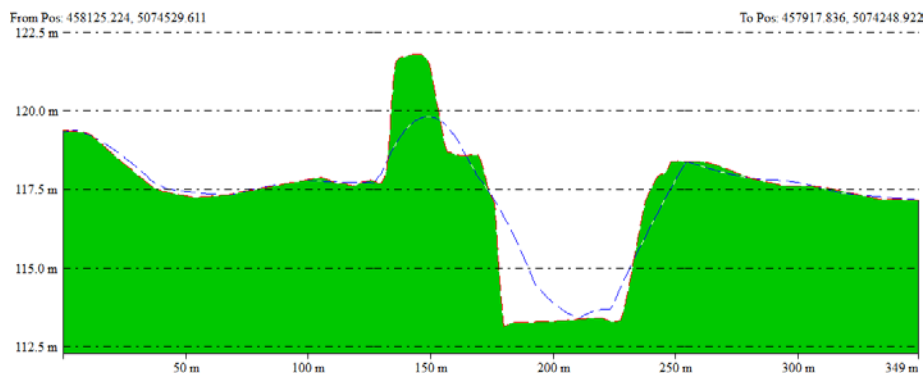
Tablica 4.6: Sadržaj i mjerilo karata ovisno o namjeni

Map purpose	Map scale	Hazard information	Classes	Application scale	Countries
Awareness raising		Flood extent, water depth, velocity	Depth: <300, 300-900, > 900 mm, velocities: <0.25, >0.25 m/s	National	GB: England and Wales
Awareness raising		Flowpath: related catchment size; medium slope	Catchment sizes: 0.05-1, 1-10, 10-100, > 100 ha	Regional, local	AT: NÖ, OÖ, Bgld., Graz
Awareness raising, insurance companies	Until 1:2,500	Flood extent	Effective flooding area/possible flooding area	Regional	BE: Flanders
Awareness raising	Until 1:12,500	Flood extent, water depth	Depth: <0.10, 0.10-0.25, >0.25 m	National	CH
Awareness raising, national legislation	Different	Flood extent, water depth, hazard	Effective flooding area/possible flooding area	Regional, hazardous area	HU
FRM, Awareness raising, self-provision	1:2,000 (Cologne), 1:5,000 (Glems)	flood extent, water depth	Depth: <5, 5-50, 50-100 cm (Unna), < 6, 6-60, 60-100, > 100 cm (Glems), low, moderate, high, very high (Cologne)	Regional, local	DE

4.4. Osvrt na primjenjivost pojedinih modela na području RH

Na temelju zaključaka iz prethodnog poglavlja jasno je da je za bilo kakvu analizu otjecanja potrebno raspolagati najmanje podacima o topografskim karakteristikama terena i ulaznoj oborini, a odabir modela proračuna ovisi prvenstveno o kvaliteti dostupnih podataka i zahtjevanoj razini detaljnosti. Što se tiče računalnih aplikacija, prednost se daje programima koji ne zahtijevaju financijska sredstva (*open-source* modeli) te modelima koji omogućavaju relativno jednostavnu implementaciju različitih mjera smanjenja rizika.

Za čitavo područje Republike Hrvatske izrađen je Digitalni model reljefa (DMR) odnosno mreža trodimenzionalnih vektorskih podataka. Ovi podaci imaju odgovarajuću točnost, a izgradnja modela terena na osnovu njih često je rezultat individualne interpretacije.



Slika 4.8: Poprečni profil terena na temelju DMR odnosno DMV podloge

Precizniji modeli mogu se izraditi na temelju LiDAR snimki, koje međutim postoje samo za pojedina područja Republike Hrvatske. Budući da su prostorni podaci na lokalnoj razini najdetaljniji, bolje rezolucije i najskuplji po pitanju prikupljanja, obrade i održavanja te stoga čine temeljni skup podataka za sve hijerarhijski više razine infrastrukture prostornih podataka, najčešće se koriste na razini mikrolokacija.

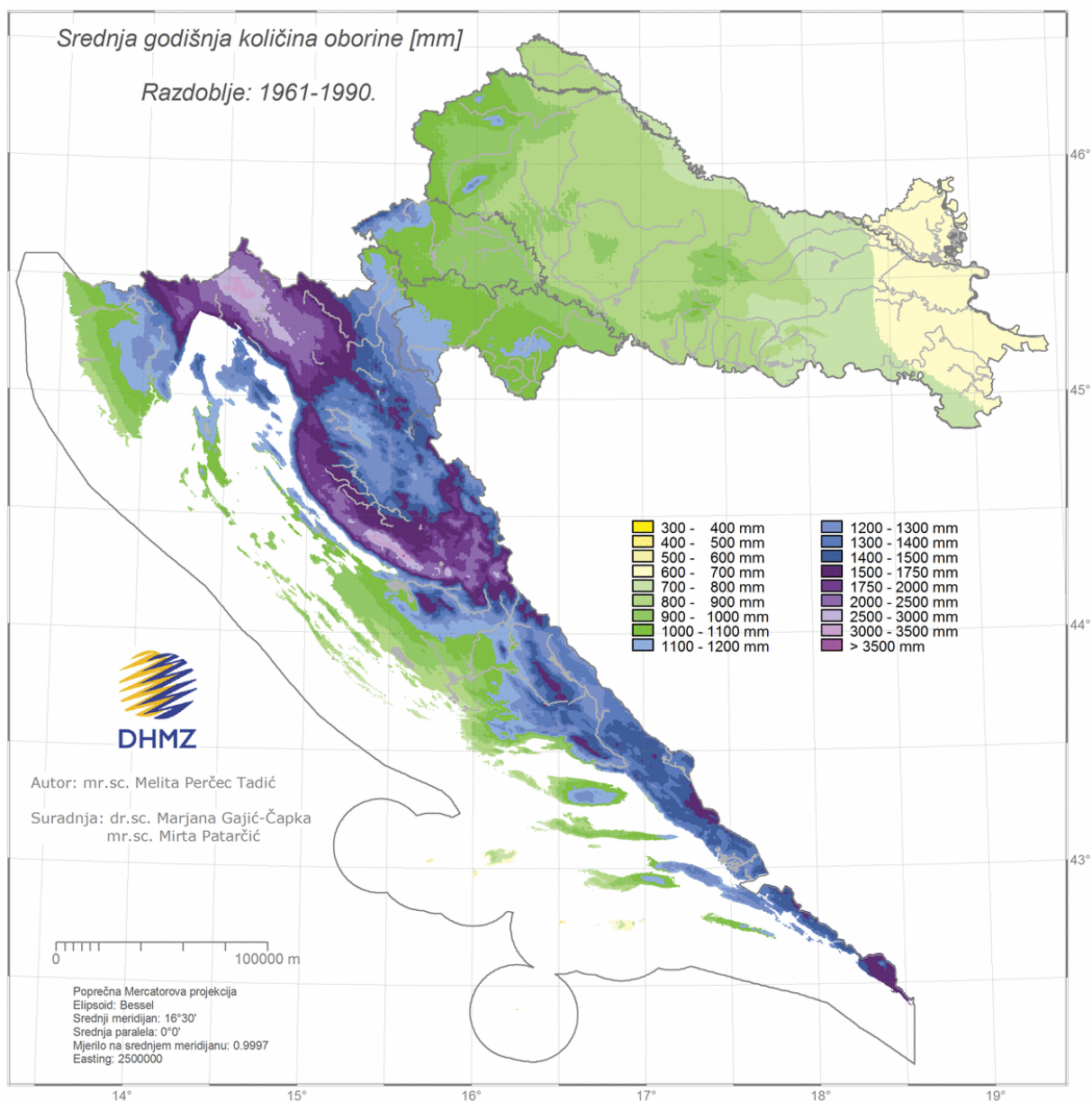


Slika 4.9: Izvedenice LiDAR podataka za područje Zagreba

S obzirom na neujednačenost dostupnih topografskih podataka na državnoj razini, a radi konzistentnosti modela na nacionalnom nivou, predlaže se analizu rizika provesti na postojećem modelu terena preuzetom iz baze Copernicus projekta. Za analizu rizika na pilot područjima mogu se koristiti DMR (pilot područje Umag) odnosno LiDAR podaci (pilot područje Zagreb).

Pored spomenutih topografskih podataka, posebno važnu ulogu u modeliranju otjecanja u urbanim sredinama ima kanalizacijski sustav odnosno njegov kapacitet te dostupnost podataka o istom. Opće obilježje vodno-komunalnog sektora u Republici Hrvatskoj je veliki zaostatak u razvijenosti usluge odvodnje u odnosu na vodoopskrbu. Sustavima javne kanalizacije pokriveno je oko 44% stanovništva, uz znatne razlike među regijama i još veće među županijama, odnosno općinama i gradovima. Uglavnom je riječ o mješovitom sustavu, za koji u većini slučajeva ne postoji sistematizirana baza podataka. U tom slučaju, utjecaj kanalizacijskog sustava potrebno je procijeniti.

Podaci o oborinama mogu se preuzeti iz baze Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ). Na sljedećoj slici dan je prikaz prostorne raspodjele srednje godišnje količine oborina na području Hrvatske za razdoblje 1961.-1990., iz kojeg je primjetna značajna prostorna varijabilnost oborina.



Slika 4.10: Prostorna raspodjela srednje godišnje količine oborina na području Hrvatske u razdoblju od 1961. do 1990. (DHMZ)

Upravo zbog naglašenih prostorno-vremenskih razlika u oborinskim značajkama pojava kratkotrajnih jakih oborina u Hrvatskoj, pri razvoju alata za ocjenu rizika od pojava jakih oborina u „Analiza oborina na pilot područjima u Istri i Zagrebu“ je velik naglasak dan razvoju metodologije za izradu karata prostornog rasprostiranja karakterističnih oborinskih značajki. Zaključeno je da se regionalne obrade prostorne raspodjele kratkotrajnih jakih oborina koje bi kao ulazne pokazatelje uključivale prostorne značajke (orografiju, prostornu raspodjelu oborina duljih trajanja i slično) mogu provoditi samo na puno većim regionalnim prostorima, kao što je cjelokupno područje Hrvatske, dok se unutar manjih regionalnih cjelina kao što su spomenuta pilot područja Zagreba i Istre mogu provoditi samo usporedbe registriranih i proračunatih vrijednosti karakterističnih količina oborine.

Za lokalitete/slivove na kojima ne postoje raspoložive ombrografske postaje s obrađenim HTP/ITP krivuljama, preporuča se primjena Thiesenovih poligona za određivanje prostornog težinskog utjecaja pojedinih udaljenijih ombrografskih postaja za koje su raspoložive takve krivulje, te definiranje mjerodavnih HTP/ITP krivulja za te lokacije koristeći podatke s udaljenijih postaja i rezultirajuće težinske odnose. Očekuje se da bi iskustva s provedbom regionalizacije na odabranim pilot područjima mogla primijeniti i na regionalnim obradama na čitavom području Hrvatske, pa i šire. Za procjenu rizika na nacionalnom nivou, iz pragmatičnih razloga predlaže se usvajanje maksimalne satne visine oborine različite vjerojatnosti pojave.

Preporuča se, kada god je moguće, korištenje “pljuska za projektiranje” (eng. design storm) umjesto ravnomjernog intenziteta oborine dobivenog iz ITP krivulje, kako bi se što realnije prikazala stvarna oborina (Dietz, 2007). Metodologija definiranja pljuska za projektiranje detaljno je opisana u poglavlju 3. „Analiza oborina na pilot područjima u Istri i Zagrebu“.

Što se tiče odabira modela, za okvirne proračune mogu se koristiti konceptualni modeli koji opisuju samo konačno stanje poplavom zahvaćenih područja, ne uzimajući u obzir vremenske karakteristike oborina niti dinamiku širenja poplava. Ovakvi modeli prigodni su za korištenje i u situacijama kada se ne raspolaže dovoljno pouzdanim podacima, pogotovo vezanim uz mjerodavne oborine. S druge strane, hidrološko-hidraulički modeli simuliraju procese otjecanja oborine i nestacionarno tečenje vode unutar domene predmetnog područja. Postoji niz komercijalnih računalnih paketa (npr. SOBEK, MIKE Urban, PCSWMM, TUFLOW, InfoWorks ICM te FLO-2D), međutim prednost se daje javno dostupnim paketima, kojih ima svega nekoliko (npr. HEC-RAS, SWMM, OpenLISEM itd.). Među njima se posebno ističe HEC-RAS koji je jednostavan za korištenje, široko rasprostranjen i osigurava stalnu podršku.

S obzirom na prethodno navedene modele te njihove mogućnosti za pilot područja u sklopu projekta Rainman, može se zaključiti sljedeće:

- za pilot područje Zagreba, potrebno je prvo provesti preliminarno modeliranje pluvijalnih poplava na širem području, pomoću konceptualnih GIS modela, kako bi se detektirale kritične zone (tzv. hot spots), koje se kasnije mogu detaljnije analizirati u manjem mjerilu pomoću hidrološko-hidrauličkih modela, a verificirati usporedbom s dostupnim poplavnim izvještajima,
- za pilot područja Istre također treba provesti preliminarno modeliranje pluvijalnih poplava šireg područja. Međutim, zbog puno manjeg opsega pilot područja, ovo modeliranje se pored GIS alata i konceptualnih modela, može provesti i pomoću jednostavnijih hidrološko-hidrauličkih modela, kao što su HEC-RAS ili OpenLISEM,
- na oba pilot područja mogu se dodatno analizirati određena uža područja, kako bi se ispitala efikasnost implementacije odgovarajućih mjera za umanjenje posljedica od pluvijalnih poplava
- analize će dati realnije i točnije rezultate ako se modeliranje provede koristeći vremenski varijabilne oborine definirane pljuskom za projektiranje.

5. PRIJEDLOG PRISTUPA ZA UPRAVLJANJE RIZICIMA OD POPLAVA USLIJED JAKIH OBORINA

5.1. Prijedlog pristupa vodnogospodarskim aspektima rizika od poplava uzrokovanih jakim oborinama

5.1.1. Polazišta

Sukladno praksi upravljanja vodama u Hrvatskoj i uklapanju u ukupni planski kontekst, postojećem sustavu operativne obrane od poplava, ciljevima upravljanja rizicima od poplava, zakonskim rješenjima i Naručiteljevoj ulozi u upravljanju vodama, Direktivi o upravljanju poplavnim rizicima, Okvirnoj direktivi o vodama te Direktivi o prikupljanju i pročišćavanju urbanih otpadnih voda, nacionalnim specifičnostima, indikatorima za praćenje postizanja ciljeva te različitim ulogama i nadležnostima dionika potrebno je dati prijedlog pristupa vodnogospodarskim aspektima rizika od pluvijalnih poplava.

Zbog specifičnosti i velike prostorne i vremenske varijabilnosti pojava obilnih oborina i njima izazvanih otjecanja, izrada modela i karata rizika od obilnih oborina još su daleko od svakodnevne prakse. Pokretanje projekta Rainman predstavlja značajan iskorak u tom smislu i provodi se u cilju poboljšanja kapaciteta za cjelovito upravljanje rizicima, a kako bi implementacija rezultata projekta Rainman (prvenstveno se misli na toolbox) bila moguća, potrebno je stvoriti određene preduvjete. Pri tome je ključno pitanje kako rizike od obilnih oborina integrirati u upravljanje rizicima od poplava.

5.1.2. Institucionalni i pravni okvir

Temelj za planiranje i provedbu mjera upravljanja rizicima od poplava je **Direktiva 2007/60/EZ** Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju rizicima od poplava, koja je transponirana u Zakon o vodama (153/2009, 63/2011, 130/2011, 56/2013, 14/2014 i 46/2018). Svrha Direktive o poplavama je uspostavljanje okvira za procjenu i upravljanje rizicima od poplava s ciljem smanjivanja štetnih posljedica poplava za sigurnost i zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost u Europskoj Uniji (EU). Hrvatska je krajem 2014. godine usvojila operativni program u okviru cilja investicija za rast i zapošljavanje – Operativni program Konkurentnost i kohezija 2014. – 2020. (OPKK). Sve mjere u sklopu sektora vodnog gospodarstva usklađene su s PUVP 2016. – 2021. te u skladu s Državnim planom obrane od poplava (NN 84/10) koji je donesen za potrebe operativnog upravljanja rizicima od poplava.

Na temelju odredbi Zakona o vodama (NN, 107/1995 i 105/2005.), **Strategija upravljanja vodama** (NN 91/2008.) donešena 15. srpnja 2008. godine na 5. sjednici Hrvatskog sabora je dugoročni planski dokument kojim se utvrđuju vizija, misija, ciljevi i zadaće državne politike u upravljanju vodama. Ona daje strateška opredjeljenja i smjernice razvoja vodnog gospodarstva. Strategija upravljanja vodama je dokument na temelju kojeg će se provoditi reforme vodnog sektora kako bi se dostigli europski standardi u upravljanju vodama. Strategija upravljanja vodama također je okvir za pripremu strategija i planova prostornog uređenja, zaštite okoliša, zaštite

prirode i razvoja ostalih sektora koji ovise o vodama ili utječu na stanje voda (poljoprivreda, šumarstvo, ribarstvo, industrija, energetika, promet, turizam, javno zdravstvo i drugo). Ona vrijedi sve dok su na snazi pretpostavke pod kojima je donešena, uz uvažavanje razdoblja pravne prilagodbe do kraja 2009. godine i trajanja dva petnaestogodišnja investicijska ciklusa do kraja 2038. godine.

Kako u vrijeme izrade i usvajanja Strategije pitanje pluvijalnih poplava nije doseglo težinu kojom bi bilo značajnije ugrađeno u taj dokument, sa sadašnje točke gledišta, nakon što su sagledani događaji koji se karakteriziraju katastrofalnim zbog ugroženih ljudskih života u gusto naseljenim urbanim sredinama i materijalnih šteta proizašlih iz koncentracije vrijednih materijalnih dobara, ukazuje se potreba njene izmjene i dopune. Temeljem tih spoznaja nužno bi bilo ovaj dokument dopuniti tako da se definiraju područja izložena potencijalnim rizicima povezanim s jakim kišnim intenzitetima kao rezultat čega mogu nastupiti pluvijalne poplave te mjere koje je potrebno provesti s ciljem smanjenja posljedica koje one mogu izazvati.

U pravnom smislu je potrebno utvrditi nadležnosti institucija u čijoj su nadležnosti sve faze provedbe obrane od poplava. Dosadašnja praksa ukazuje da su operativne aktivnosti provedene na razini JLS u čijoj je nadležnosti odvodnja oborinskih voda, a u tehničkom dijelu taj dio operativno obavljaju komunalna društva, vatrogasne postrojbe kao i građevinske tvrtke, u vlasništvu JLS ili privatne kroz sustav civilne zaštite. Za ovako ustrojen sustav se može konstatirati da nedostaje uvodni dio odnosno prethodne aktivnosti prije samog događaja. Primarno se radi o najavi događaja u operativnom dijelu te nedostatku istraživanja koja je potrebno provesti kroz pripremne aktivnosti. S obzirom na zakonske odredbe kojima se definiraju odgovornosti na različitim razinama, obveza Hrvatskih voda bi bila provedba istraživanja, definiranje područja s povećanim rizikom od pluvijalnih poplava te izrada prognostičkih modela, u suradnji s DHMZ-om. U operativnom dijelu bi Hrvatske vode sudjelovale kroz najavu kišnih događaja. JLS u cijelosti preuzima provedbu operativnih mjera, od faze pripreme koja nastupa najavom kišnog događaja do faze njenog završetka.

Osnovni instrument za upravljanje stanjem voda i rizicima od poplava je **Plan upravljanja vodnim područjima (PUVP)**, koji Vlada Republike Hrvatske donosi za razdoblje od 6 godina. Hrvatsko vodno zakonodavstvo određuje jedinstveni PUVP, prvenstveno zbog činjenice da se najveći dio ciljeva i mjera, uključujući ekonomske i financijske pretpostavke za provedbu mjera, određuje na nacionalnoj razini. Izrađen je na temelju Zakona o vodama (NN 153/2009, 63/2011, 130/2011, 56/2013 i 14/2014), a struktura dokumenta usklađena je s odredbom iz članka 112. Zakona o vodama kojom je propisano da je nakon 2015. godine sastavni dio Plana upravljanja vodnim područjima i **Plan upravljanja rizicima od poplava (PURP)**. S time u svezi Plan upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021. se sastoji od dvije komponente upravljanja vodnim područjima:

- Komponenta I.: Upravljanje stanjem voda, sadržajno usklađena s odredbama članka 36. Zakona o vodama, odnosno odredbama članka 13. i dodatka VII. Direktive 2000/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2000. o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike (SL L 327, 22. 12. 2000.), u daljnjem tekstu: Okvirna direktiva o vodama (ODV). Komponenta I. sadrži novelirani pregled stanja voda, pregled

sustava praćenja stanja voda te program mjera za upravljanje kakvoćom voda na vodnim područjima u planskom razdoblju 2016. - 2021. godina, koje su usmjerene na dostizanje ciljeva zaštite voda kako je to propisano člankom 40. Zakona o vodama.

- Komponenta II.: Upravljanje rizicima od poplava, sadržajno usklađena s odredbama članka 112. Zakona o vodama, odnosno odredbama članka 7. i Dodatka Direktive 2007/60/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima (Tekst značajan za EGP) (SL L 288, 6.11.2007.), u daljnjem tekstu: Direktiva o procjeni i upravljanju rizicima od poplava. Ova komponenta sadrži zaključke Prethodne procjene rizika od poplava, prikaz karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava, ciljeve za upravljanje rizicima od poplava te program mjera za ostvarenje tih ciljeva, uključujući preventivne mjere, zaštitu, pripravnost, prognoziranje poplava i sustave za obavješćavanje i upozoravanje, s ciljem smanjenja mogućih štetnih posljedica poplava na ljudsko zdravlje i sigurnost, na vrijedna dobra i imovinu te na vodni i kopneni okoliš.

Plan upravljanja rizicima od poplava sadrži i odgovarajuće ciljeve za upravljanje rizicima od poplava, s naglaskom na smanjenje mogućih štetnih posljedica poplava za zdravlje ljudi, okoliš, kulturno-povijesnu baštinu i gospodarske djelatnosti, ako se to smatra prikladnim, i na negrađevinske mjere i/ili na smanjenje vjerojatnosti nastanka poplava. Uvođenjem koncepta upravljanja rizikom od poplava, planiranje je postalo izrazito multidisciplinarno, uz značajno pojačanu ulogu javnosti čije sudjelovanje postaje obvezom kako u postupku pripreme, tako i u postupku provedbe planova. Upravljanje rizicima od poplava obuhvaća sljedeće aktivnosti:

- izradu planova obrane od poplava,
- provedbu redovite i izvanredne obrane od poplava, provedbu obrane od leda na vodotocima,
- provedbu ograničenja prava vlasnika i drugih posjednika zemljišta,
- uređenje voda, zaštitu od erozija i bujica i osnovnu melioracijsku odvodnju.

Operativno upravljanje rizicima od poplava i neposredna provedba mjera obrane od poplava utvrđeno je **Državnim planom obrane od poplava** (donosi ga Vlada RH) i **Glavnim provedbenim planom obrane od poplava** (donose ga Hrvatske vode). Državni plan obrane od poplava uređuje teritorijalne jedinice za obranu od poplava, stupnjeve obrane od poplava, mjere obrane od poplava (uključivo i preventivne mjere), nositelje obrane od poplava, upravljanje obranom od poplava (s obvezama i pravima rukovoditelja obrane od poplava), sadržaj provedbenih planova obrane od poplava sustav za obavješćivanje i upozoravanje i sustav veza te mjere za obranu od leda na vodotocima. Svi tehnički i ostali elementi potrebni za upravljanje redovnom i izvanrednom obranom od poplava utvrđuju se Glavnim provedbenim planom obrane od poplava i Provedbenim planovima obrane od poplava branjenih područja.

Prethodno navedenim dokumentima se reguliraju odgovornosti i operativna provedba obrane od poplave na područjima izloženim rizicima od poplava. Ta je nadležnost jasno definirana i Hrvatske vode nose tu odgovornost, ali, kao što je već prethodno navedeno, situacija s pluvijalnim poplavama ukazuje na potrebu drugačije organizacije sustava jer bi pri provedbi mjera obrane od poplava došlo do preklapanja nadležnosti na istom području između Hrvatskih voda i JLS budući da je odgovornost za razvoj sustava odvodnje oborinskih voda u nadležnosti JLS. Stoga je

prethodno i predložen drugačiji sustav nadležnosti, a kao takav je već jednim dijelom primjenjen u praksi.

Mjere koje se danas provode su interventne jer se primjenjuju nakon što je poplavni događaj nastupio. Najčešće se radi o angažiranju vatrogasnih postrojbi ili nekih drugih jedinica iz sustava civilne zaštite kada su ugroženi ljudi ili materijalna dobra. Nedostaju prethodne, pripremne aktivnosti koje polaze od faze definiranja područja s povećanim rizikom od poplava uvjetovanih razinom poplavnog događaja, preventivne aktivnosti na smanjenju rizika na prihvatljivu razinu, provedbe operativnih mjera tijekom samog događaja i faze nakon njegova završetka odnosno sanacije eventualnih šteta koje se mogu pojaviti. Stoga je i Plan upravljanja vodnim područjima, sa svim aktima izvedenim iz njega, na adekvatan način potrebno izmijeniti i dopuniti odnosno valorizirati pluvijalne poplave kroz te dokumente.

Prethodno predloženim sustavom odgovornosti definira se i teritorijalni ustroj u odnosu na zahtjeve obrane od pluvijalnih poplava. Na području JLS je i njena nadležnost provedba mjera, ali je nužno uspostaviti razgraničenja u odnosu na teritorijalni ustroj koji se odnosi na fluvijalne poplave odnosno teritorijalne jedinice za obranu od poplava: vodna područja, sektore, branjena područja i dionice. Vodna područja su teritorijalne jedinice za planiranje i izvješćivanje u upravljanju rizicima od poplava. Na razini vodnog područja procjenjuje se rizik od poplava, izrađuju se karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava i donose se planovi upravljanja rizicima od poplava. Sve te dokumente je potrebno izraditi na razini JLS za pluvijalne poplave.

Programi tehničkih mjera (institucionalni ustroj, uslužna područja, građevinske mjere i drugo) Plana upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021. utvrđeni su Višegodišnjim programom gradnje komunalnih vodnih građevina (NN 117/2015) i Višegodišnjim programom gradnje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za melioracije (NN 117/2015), izrađenim i donesenim na temelju odredbi članaka 35. 36. i 37. Zakona o vodama. Višegodišnje programe gradnje izradile su Hrvatske vode, a donijela ih je Vlada Republike Hrvatske nakon provedenih strateških procjena utjecaja na okoliš. Višegodišnji programi gradnje kroz investicijske mjere objedinjuju obveze iz brojnih direktiva Europske unije, naročito Direktive o procjeni i upravljanju rizicima od poplava, Direktive Vijeća 98/83/EZ od 3. studenoga 1998. o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju (SL L 330, 5.12.1998.) i Direktive Vijeća 91/271/EEZ od 21. svibnja 1991. o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda (SL L 135, 30.5.1991.). Programima su utvrđeni pojedinačni projekti, način i razdoblje njihove provedbe, sudionici u provedbi, iznosi ulaganja i izvori sredstava, red prvenstva u provedbi te praćenje provedbe. Daljnja studijska i projektna razrada vodnih sustava i građevina te priprema odgovarajuće dokumentacije za negrađevinske mjere nužan su preduvjet za prijavu takvih projekata za sufinanciranje od strane europskih fondova.

VPGRZM se izrađuje sukladno SUV i PUVP, a nakon 2015. godine i u skladu s PURP. Time se osigurava postupna usklađenost programa sa strateškim opredjeljenjima i politikom upravljanja vodama te preuzetim standardima EU na području politike voda, osobito onima iz Okvirne direktive o vodama i Direktive o poplavama. Usvajanjem prethodno predloženog koncepta upravljanja

rizicima od pluvijalnih poplava, ove će dokumente biti nužno dopuniti i uskladiti sukladno izmjenjenim odgovornostima i adekvatno financijski valorizirati, sa svim potrebnim razgraničenjima.

5.1.2. Financijski okvir

Financijski plan Hrvatskih voda izrađuje se sukladno odredbama Zakona o proračunu kojima se uređuju financijski planovi izvanproračunskih korisnika. Financijski plan Hrvatskih voda uređen je Pravilnikom o sadržaju financijskog plana Hrvatskih voda. Opći dio Financijskog plana Hrvatskih voda ima sadržaj sukladan odredbama Zakona o proračunu i uputama za izradu prijedloga državnog proračuna. Posebni dio Financijskog plana Hrvatskih voda sadrži sljedeće programe, iskazane u sljedećim točkama i aktivnostima:

1. Administracija i upravljanje
2. Servisiranje unutarnjeg duga i dani zajmovi
3. Servisiranje vanjskog duga i dani zajmovi
4. Program radova održavanja voda i obrane od poplava
 - a. Održavanje voda I. i II. reda, javnog vodnog dobra, regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina, građevina osnovne melioracijske odvodnje i građevina za odvodnju bujičnih voda
 - b. Redovna i izvanredna obrana od poplava
 - c. Upravljanje javnim vodnim dobrom i uknjižba javnoga vodnoga dobra i prava na nekretninama
 - d. Ulaganja u obnovu i održavanje građevina detaljne melioracijske odvodnje
 - e. Studijski poslovi, vodoistražni radovi, monitoring i ostali tehnički poslovi od općeg interesa za upravljanje vodama
 - f. Sanacije iznenadnih onečišćenja voda
 - g. Laboratorijski poslovi
 - h. Obračun i naplata vodnih naknada
 - i. Ostale tekuće aktivnosti
5. Program investicijskih aktivnosti u vodnom gospodarstvu
 - a. Gradnja regulacijsko-zaštitnih vodnih građevina i građevina osnovne melioracijske odvodnje
 - b. Ulaganja u gradnju komunalnih građevina za javnu vodoopskrbu
 - c. Ulaganja u gradnju komunalnih građevina za javnu odvodnju
 - d. Ulaganja u gradnju građevina za navodnjavanje
 - e. Projekti s međunarodnim sastavnicama.

Prema sadašnjem modelu financiranja Hrvatske vode svoju temeljnu djelatnost gradnje vodnih građevina u sustavu zaštite od poplava te njihovog održavanja u funkcionalnom stanju provode izvornim sredstvima iz prikupljenih namjenskih vodnih naknada, vodnog doprinosa i naknade za uređenje voda, uz mogućnost sufinansiranja iz državnoga proračuna Republike Hrvatske i drugih domaćih i stranih izvora.

Vodni doprinos (VD) je javno davanje koje se plaća na gradnju građevina prema tarifi ovisnoj o vrsti građevine koju propisuje Vlada Republike Hrvatske. Sredstva prikupljena od vodnoga doprinosa prihod su Hrvatskih voda, osim 8% prikupljenih sredstava koja se doznaju jedinicama lokalne samouprave na području kojih su naplaćena, za rješavanje odvodnje oborinskih voda. Ta

sredstva predstavljaju inicijalnu podršku razvoju sustava zaštite od pluvijalnih poplava i u narednom razdoblju trebaju biti usmjerena na istraživanja, studijske analize, izradu planova i razvoj prognostičkih sustava, a s ciljem definiranja opsega potrebne financijske podrške za provedbu svih aktivnosti povezanih uz pluvijalne poplave. U pripremnom dijelu se financiranje ovih aktivnosti provodi iz programa Hrvatskih voda, dok se sam razvoj sustava obrane od poplave i sustava oborinske odvodnje kao i provedba operativnih mjera obrane od poplave na terenu temeljno financira iz sredstava JLS koja te mjere i provodi uz djelomičnu podršku s nacionalne razine.

Drugi izvor prihoda za zaštitu od štetnog djelovanja voda je naknada za uređenje voda (NUV), koju plaćaju vlasnici, odnosno korisnici zemljišta i drugih nekretnina na slivnom području i koji se obračunava po četvornom metru nekretnine. Ova je naknada najbliža svojim obračunom lokacijama na kojima se provode aktivnosti obrane od pluvijalnih poplave na lokalnoj razini i stoga je potrebno provesti analizu mogućnosti korištenja dijela tih sredstava za sufinanciranje sustava odvodnje oborinskih voda i drugih građevinskih mjera u funkciji smanjenja poplavnih rizika.

Ostali izvorni prihodi Hrvatskih voda uključuju i druge naknade, ali iste se ne dovode u vezu s poplavnim rizicima i ne postoji mogućnost njihova korištenja u sustavima obrane od velikih voda.

Rashodi za zaštitu od štetnog djelovanja voda uključuju rashode za redovno održavanje i obnavljanje vodotoka, vodnih građevina i vodnog dobra.

Prema provedenim analizama dosadašnja razina financiranja iz izvornih prihoda Hrvatskih voda koja se mogu koristiti za ovu djelatnost (VD, NUV) nisu dovoljna za dostizanje ciljeva upravljanja rizicima od poplava iz PURP-a kao i ostalim planskim dokumentima. Svakako da će zahtjeve za osiguranje dodatnih sredstava za potrebe provedbe smanjenja poplavnih rizika vezanih uz pluvijalne poplave biti potrebno valorizirati u odnosu na sve planove i utvrditi prioritete jer će realizacija svih obveza iz planskih dokumenata biti produžena. Posebno u kontekstu činjenice da postoji tendencija smanjenja izdvajanja za ove namjene.

Zbog svega toga usporena provedba programa iz područja zaštite od štetnog djelovanja voda, uz već identificirane rizike od poplava na ugroženim područjima, može prouzročiti i odgađanje koristi koje bi se generirale provedbom pojedinačnih projekata. Te koristi, uz zaštitu stanovništva, imovine i drugih dobara, uključuju i smanjenje šteta od poplava, smanjenje troškova obrane od poplava i troškova održavanja sustava i objekata obrane od poplava, kao i druge direktne i indirektno koristi.

Cjelovitom analizom svih čimbenika i utjecaja, provedenom za potrebe sagledavanja mogućih rješenja i odabira najprihvatljivije varijante financiranja programa zaštite od štetnog djelovanja voda, zaključeno je da su potrebna značajna dodatna sredstva kako bi se dinamika realizacije predmetnih ulaganja barem približila dinamici iz planskih dokumenata te rizici od poplava, osobito na najugroženijim područjima, sveli na prihvatljivu razinu.

Hrvatske vode u okviru izvornih sredstava osiguravaju i odgovarajuća proračunska sredstva u godišnjim Planovima upravljanja vodama tj. u godišnjem Financijskom planu Hrvatskih voda za održavanje izgrađenih vodnih građevina u sustavima zaštite od poplava, kako bi se osigurala

održivost kapitalnih ulaganja. Međutim, kako se ipak ne radi o dostatnim sredstvima kojima bi se osigurala realizacija planiranih ciljeva, nužno je iznaći dodatne izvore financiranja.

5.2. Prijedlog metodologije određivanja područja s potencijalno značajnim rizikom od poplava uzrokovanih jakim oborinama za cijelo područje Hrvatske

5.2.1. Polazišta i zahtjevi

Posljednjih desetljeća ubrzana izgradnja kao i dodatna vrijednost urbanih sadržaja te sve brojnija populacija, u znatnoj su mjeri povećali društveno-ekonomsku vrijednost prostora, a samim tim i izloženost pojedinim oblicima rizika. U kontekstu klimatskih promjena ovi problemi postaju još naglašeniji, s obzirom da obilne oborine izazivaju poplave koje se javljaju vrlo brzo, a njihovo prognoziranje je suočeno s velikim nepouzdanostima. Za razliku od fluvijalnih poplava, za pluvijalne poplave nisu razvijene metode izračuna i mapiranja rizika te u tom kontekstu projekt Rainman predstavlja značajan iskorak.

Jedan od glavnih ciljeva projekta je razviti alate i metode za procjenu rizika od obilnih oborina u različitim kategoriziranim uvjetima i načinima korištenja zemljišta na pilot područjima. Pri tome treba voditi računa o njihovoj primjenjivosti na području Republike Hrvatske, dostupnim podacima, potrebnom stupnju detaljnosti, potrebnim modelima, dostupnim računalnim aplikacijama, mogućnostima simulacije različitih fenomena plavljenja tijekom istog događaja (izlijevanje vodotoka, visoke razine mora, izlijevanje sustava odvodnje itd.), mogućnosti implementacije mjera smanjenja rizika te zahtjevima europskih direktiva (Direktiva o upravljanju poplavnim rizicima, Okvirna direktiva o vodama, Direktiva o prikupljanju i pročišćavanju urbanih otpadnih voda

5.2.2. Upravljanje rizicima od poplava

Prema čl.4. Zakona o vodama, „poplava je privremena pokrivenost vodom zemljišta, koje obično nije prekriveno vodom, uzrokovana izlijevanjem rijeka, bujica, privremenih vodotoka, jezera i nakupljanja leda, kao i morske vode u priobalnim područjima i suvišnim podzemnim vodama; ovaj pojam ne obuhvaća poplave iz sustava javne odvodnje“, a „rizik od poplava je kombinacija vjerojatnosti poplavnog događaja i potencijalnih štetnih posljedica poplavnog događaja za život, zdravlje i imovinu ljudi, okoliš, kulturno naslijeđe i gospodarsku aktivnost“. U planskom ciklusu 2016.-2021. Prethodnom procjenom rizika od poplava obuhvaćene su:

- riječne poplave, uključujući i poplave uzrokovane ledom na velikim rijekama i poplave uzrokovane gubitkom funkcionalnosti sustava za obranu od poplava
- poplave uzrokovane podzemnim vodama, karakteristične za područje krša
- plavljenje uslijed visokih razina mora
- plavljenje uslijed zatajenja vodne infrastrukture - kanala i akumulacija

Znatan su problem i poplave u urbanim sredinama koje nastaju zbog kratkotrajnih oborina visokih intenziteta i često uzrokuju velike materijalne štete, a zaštitne mjere za ovu skupinu poplava planiraju se na lokalnim razinama u okvirima poslova odvodnje oborinskih voda naselja. Upravo ovom problematikom bavi se projekt Rainman, čiji će rezultati biti podloga za sveobuhvatnije

upravljanje rizicima od poplava uzrokovanih oborinama visokih intenziteta u budućim planskim aktivnostima. Kako bi se stekla pravna osnova da Hrvatske vode preuzmu svoj dio odgovornosti za zaštitu od poplava uzrokovanih kišnim intenzitetima, nužno je i u odredbe Zakona o vodama uvrstiti tu obvezu.

5.2.3. Jedinice upravljanja rizicima od poplava

Državni teritorij Republike Hrvatske administrativno je podijeljen na 20 jedinica područne (regionalne) samouprave odnosno županija i Grad Zagreb te 555 jedinica lokalne samouprave (126 gradova i 429 općina). Jedinice upravljanja rizicima od poplava su vodna područja definirana Odlukom o granicama vodnih područja (Narodne novine, br. 79/10) čime se, u prostornom smislu, osigurava harmonizacija Plana upravljanja vodnim područjima i Plana upravljanja rizicima od poplava. Institucije nadležne za upravljanje vodama, što uključuje i upravljanje rizicima od poplava, su Ministarstvo zaštite okoliša i energetike i Hrvatske vode. Nakon izrade Prethodne procjene rizika od poplava 2013. središnje tijelo državne uprave nadležno za upravljanje vodama je postalo Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, a Hrvatske vode su, kao pravna osoba s javnim ovlastima za upravljanje vodama zadržale svoj dio nadležnosti.

Sukladno prijedlogu o upravljanju rizicima od poplava od jakih oborina nadležnosti ostaju i dalje nepromijenjene jer se JLS uključuju samo u operativnom dijelu. taj je aspekt također nužno pravno regulirati kako bi se razgraničile odgovornosti po utvrđenim razinama.

5.2.4. Elementi za analizu preliminarnog rizika

Područja upravljanja rizicima od poplava, prema Zakonu o vodama, su vodna područja. Teritorij Republike Hrvatske hidrografski pripada slivu Jadranskog i slivu Crnog mora pa je podijeljen je na dva vodna područja: vodno područje rijeke Dunav i jadransko vodno područje. Jadranskom vodnom području su pridružene i prijelazne i priobalne vode mora. Uz vodna područja, osnovne teritorijalne jedinice upravljanja vodama definirane Zakonom o vodama su područja podslivova te područja malih slivova i sektora osnovanih za potrebe efikasne operativne organizacije i provedbe mjera u upravljanju vodama na lokalnoj razini.

Za potrebe prethodne procjene rizika od poplava, oba vodna područja su podijeljena na konačni broj elemenata na kojima se provodi analiza preliminarnih rizika i na osnovu koje se ona područja na kojima postoji vjerojatnost da su preliminarni rizici veći od prihvatljivih, proglašavaju područjima potencijalno značajnih rizika od poplava.

Elementi su područja administrativnih naselja kojima je obuhvaćen cjelokupni kopneni teritorij Hrvatske. Kako bi se postigla sukladnost elemenata s jedinicama upravljanja odnosno vodnim područjima, naselja koja prelaze granice vodnih područja i podslivova su podijeljena na dva ili više elemenata koji se nalaze samo na jednoj jedinici upravljanja i samo jednom podslivu. Također, s obzirom da je utvrđena, sa stanovišta rizika od poplava, velika razlika između kopnenih i otočnih dijelova nekih naselja na obali mora, kao pojedini elementi su izdvojeni i dijelovi administrativnih naselja odvojenih morem.

Ovi elementi također predstavljaju i prostorne jedinice za određivanje područja potencijalno značajnih rizika od poplava.

5.2.5. Aktivnosti upravljanja rizicima od poplava

Upravljanje rizicima od poplava podrazumijeva planiranje i provođenje mjera koje imaju za cilj smanjenje rizika od poplava razvojem vodne infrastrukture i drugih negrađevinskih mjera smanjenja rizika od poplava (zaštite od štetnog djelovanja voda) te osobito planiranje i provođenje mjera obrane od poplava.

Razvoj (građevinske i negrađevinske) infrastrukture zaštite od štetnog djelovanja voda je preventivna kategorija, dok se obrana od poplava organizira na dvije osnovne razine:

- preventivnoj obrani koja obuhvaća radove održavanja prirodnih i umjetnih vodotoka i drugih voda te regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i građevina za osnovnu melioracijsku odvodnju, revitalizaciju poplavnih područja te
- operativnoj obrani koja može biti redovita i izvanredna a čine je mjere koje se poduzimaju neposredno pred nastup opasnosti od plavljenja, tijekom trajanja opasnosti i neposredno nakon prestanka te opasnosti s ciljem smanjenja mogućih šteta od poplava.

Preventivna obrana u dijelu koji obuhvaća radove održavanja prirodnih i umjetnih vodotoka i drugih voda te regulacijskih i zaštitnih građevina i građevina za osnovnu melioracijsku odvodnju, provodi se po programu održavanja voda koji sadrži podatke o lokacijama, vrsti usluga, predmjer i količine usluga i procjenu količina nanosa. Program održavanja voda provodi se prema opće tehničkim uvjetima održavanja voda i za njega se provodi ocjena prihvatljivosti za ekološku mrežu sukladno propisima kojima se uređuje zaštita prirode. Tijekom provedbe izvanrednih mjera obrane od poplava ne primijenjuju se odredbe Zakona o zaštiti prirode.

5.2.6. Opasnost od poplava unutar Prethodne procjene rizika od poplava 2018.

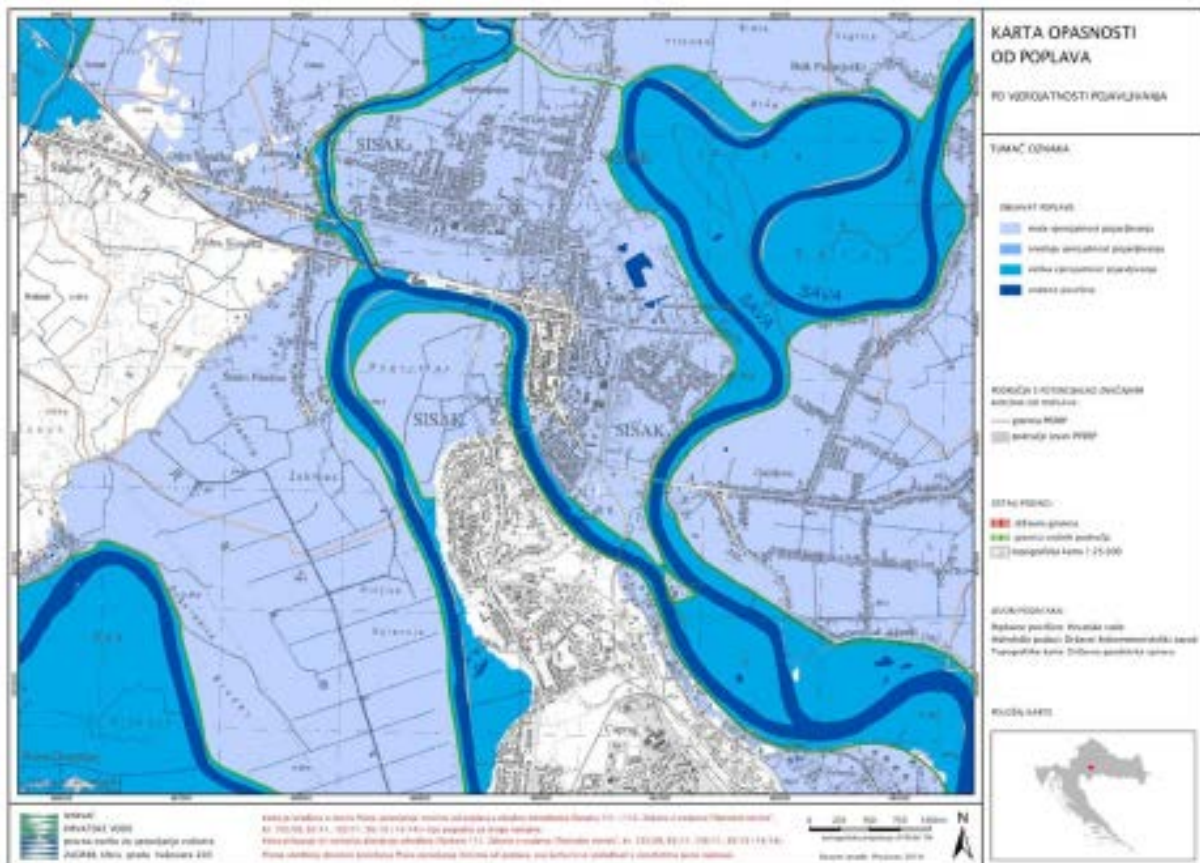
Prirodne poplave koje se pojavljuju u Hrvatskoj mogu se svrstati u nekoliko osnovnih skupina:

- riječne poplave zbog obilnih kiša i/ili naglog topljenja snijega,
- bujične poplave manjih vodotoka zbog kratkotrajnih kiša visokih intenziteta,
- poplave na krškim poljima zbog obilnih kiša i/ili naglog topljenja snijega, te nedovoljnih propusnih kapaciteta prirodnih ponora,
- poplave unutarnjih voda na ravničarskim površinama,
- ledene poplave,
- poplave uzrokovane visokim razinama mora uslijed olujnih uspora i šćiga,
- umjetne (akcidentne) poplave zbog eventualnih proboja brana i nasipa, aktiviranja klizišta, neprimjerenih gradnji i slično

Za potrebe procjene preliminarne opasnosti od poplava korišteni su podaci o opasnosti od poplava iz Prethodne procjene rizika od poplava 2013. godine te karte opasnosti od poplava, izrađene u prvom planskom ciklusu upravljanja rizicima od poplava. Karte opasnosti od poplava prikazuju obuhvat i dubine vode za poplave velike, srednje i male vjerojatnosti pojavljivanja (povratna

razdoblja 25, 100 i 1000 godina) na područjima prethodno definiranih potencijalno značajnih rizika od poplava, a određene su korištenjem digitalnog modela terena. Jedinstvene poplavne linije za pojedine scenarije određene su kao anvelopne poplavne linije različitih izvora i mehanizama plavljenja.

Pored navedenog, podaci o potencijalnom riziku od erozije ukazuju na mogućnost dodatnih štetnih posljedica velikovodnih događaja i oborina visokog intenziteta, kao što su gubitci tla, pojave klizišta, bujica i naplavina, a u slučaju šumskih požara značajno pogoršanje praktično svih uvjeta otjecanja.



Slika 5.1: Primjer karte opasnosti od fluvijalnih poplava

5.2.7. Postojeći sustavi zaštite od poplava

Na području rijeke Dunav okosnicu smanjenja rizika od poplava predstavljaju područja predviđena za prihvat i tečenje velikih voda, poglavito širokih inundacija i retencija kao i obrambeni nasipi uz vodotoke. Određeni dijelovi tog sustava imaju nižu razinu sigurnosti od potrebne, a pojedini dijelovi nisu dovršeni pa se kontinuirano radi na njihovom dovršenju. Na Jadaranskom vodnom području problematika zaštite od poplava vezana je uz zaštitu urbanih sredina, turističkih područja, prometnica i poljoprivrednih površina od bujičnih poplava, a kao posebna specifičnost ističe se odvodnja krških polja. S druge strane, problematika pluvijalnih poplava do sada nije bila detaljnije sagledana, a kao najveći izazov ističu se problemi urbane odvodnje, posebno u priobalju, gdje su sustavi odvodnje pod značajnim utjecajem morskih razina.

5.2.8. Receptori rizika od poplava

Stanovništvo

Za potrebe procjene, korištena su dva izvora podataka o stanovništvu: statistički podaci o broju stanovnika u naseljima prema popisu stanovništva iz 2011. godine te podaci prikupljeni za Plan upravljanja vodnim područjima 2016.- 2021. koji se odnose na lokacije na kojima se nalaze veće koncentracije pripadnika ranjivijeg dijela populacije (bolnice, starački domovi, osnovne škole i dječji vrtići). S obzirom na to da se neki od elemenata korištenih za analizu u prostornom smislu obuhvatom razlikuju od naselja, za njih je broj stanovnika određen na osnovu prostorne disagregacije, korištenjem dostupnih informacija. Prosječni broj stanovnika na elementu za analizu iznosi 489. Kako na ukupno 1.886 elemenata nema stanovnika, prosječni broj stanovnika na „naseljenom“ elementu povećava se na 623.

Okoliš

Utjecaj poplava na okoliš može biti višestruk i višedimenzionalan. U kontekstu preliminarne procjene, pod štetnim posljedicama poplava na okoliš se prvenstveno promatra narušavanje stanja okoliša uslijed incidentnog zagađenja vode i posredno, poplavljenog područja. S obzirom na prostorni položaj relevantnih zaštićenih područja te ekološko i kemijsko stanje vodnih tijela, na ovom nivou razrade nije moguće odrediti dijelove Hrvatske koji bi mogli biti izloženi plavljenju zagađenim vodama bez značajnijih negativnih posljedica. U analizi preliminarne rizika kao najveće moguće štetne posljedice poplava adresirane su poplave IED i SEVESO postrojenja te naselja kao područja na kojima osim ljudskih žrtava i materijalnih šteta može doći do značajnijeg emitiranja zagađenja u vodeni okoliš.

Kulturna dobra

Hrvatske vode i Ministarstvo kulture su započele s realizacijom akcijskog plana koji ima dva cilja: dopunu Registra zaštićenih područja područjima kulturne baštine za koje je održavanje i poboljšanje stanja voda bitan element njihove zaštite te stvaranje okvira za procjenu rizika od plavljenja kulturnih dobara. Registar je aktivan sadržaj koji se mijenja i nadopunjuje svakodnevno s obzirom na nove postupke utvrđivanja svojstva kulturnog dobra, revizije i promjene ostalih važnih podataka. Dostupni podaci su prostorno određeni na nivou naselja i sistematizirani prema vrsti na kulturno-povijesne cjeline, kulturne krajolike i pojedinačna kulturna dobra. S obzirom na način na koji su sistematizirani dostupni podaci te uzimajući u obzir prostorni raspored kulturnih dobara, a imajući u vidu dostupnost podataka, analizom je utvrđeno da moguće štetne posljedice na kulturnu baštinu značajno utječu na ukupni rizik od poplava na područjima naselja na kojima je 9 ili više nepokretnih kulturnih dobara te na područjima s UNESCO-ovog Popisa svjetske kulturne baštine.

Gospodarstvo

U sklopu preliminarne procjene gospodarske aktivnosti su promatrane kroz: poslovna i proizvodna područja, uključujući i urbana, transportnu infrastrukturu, veća industrijska postrojenja (IED i SEVESO), gradilišta i mjesta eksploatacije mineralnih sirovina te poljoprivredne površine. Gospodarske i poslovne aktivnosti provode na vrlo širokim područjima, vrlo su kompleksne te se područja na kojima se provode ne mogu jednoznačno definirati. Također, osim utjecaja na

gospodarstvo, poplave na takvim područjima najčešće značajno utječu i na druge aspekte - zagađenje okoliša, ljudske žrtve te širok dijapazon indirektnih šteta.

Za potrebe preliminarne procjene većina informacija izvedena je iz prostornog sloja zemljišnog pokrova te Registra IED i SEVESO postrojenja, koja su od izuzetnog značaja ne samo sa stanovišta mogućeg utjecaja na okoliš nego i kao najznačajniji industrijski pogoni sa stanovišta ekonomskih aktivnosti pa su u analizi adresirana oba aspekta štetnih posljedica poplava.

5.2.9. Procjena klimatskih promjena

Na osnovu rezultata modeliranja klimatskih promjena, zaključeno je da je utjecaj klimatskih promjena na rizike od poplava relevantan na cijelom teritoriju Hrvatske, te klimatske promjene trebaju pažljivo biti uzete u obzir u svim aspektima upravljanja rizicima od poplava. Pri tome, rezultati modela ukazuju da se, generalno gledajući, nepovoljni efekti klimatskih promjena na rizike od poplava povećavaju:

- od sjeveroistoka prema jugozapadu te
- na morskoj obali gdje se superponiraju meteorološki efekti sa efektima podizanja razine mora (što je također jedna od predviđenih posljedica klimatskih promjena).

Također, rezultati su pokazali da je:

- na cijelom području Hrvatske, odnosno na oba vodna područja, značajan trend porasta mjesečne oborine za veljaču,
- na jadranskom vodnom području, također značajan i rastući trend maksimalne dnevne oborine za veljaču.

S obzirom na karakter prethodne procjene rizika od poplava i nemogućnosti da se na tom nivou pouzdano razluče, kvantificiraju i ocijene različiti aspekti geneze svih vrsta poplava, samim tim niti utjecaj klimatskih poplava na rizike od poplava nije mogao biti procijenjen za pojedinačne puteve nastajanja poplava. Radi toga je utjecaj klimatskih promjena na rizike od poplava definiran na osnovu stručne procjene najsignifikantnijih rezultata modela koji su agregirani težinskim razvrstavanjem, te uspoređeni s već opaženim trendovima na meteorološkim stanicama. Pri tome su uzeti u obzir sljedeći aspekti:

- različite geneze različitih tipova poplava (do moguće razine razlučivosti),
- dva IPCC scenarija: RCP4.5 i RCP8.5 s različitim rubnim uvjetima (EC-EARTH, HadGEM2-ES, CNRM-CM5 i MPI-ESM-MR),
- dva vremenska razdoblja (2011. - 2040. godina i 2041. - 2070. godina) s različitim hitnošću poduzimanja aktivnosti na smanjenju rizika od poplava,
- unutargodišnji / sezonalni raspored oborina te utjecaj promjene temperature na snježni pokrivač,
- mogućnost superponiranja različitih efekata klimatskih promjena (more, rijeke,...),
- mogućnost nastanka kaskadnih efekata (šumski požari, poplave),
- razlike u mogućnosti izbora mjera za smanjenje rizika od poplava (more i kopno)

Područje Hrvatske klasificirano je u sljedeće klase, prema utjecaju klimatskih promjena na rizike od poplava:

- značajno povećanje rizika od poplava i
 - umjereno povećanje rizika od poplava,
- dok područja na kojima je moguće zanemariti utjecaj klimatskih promjena na rizike od poplava ne postoje.

5.2.10. Procjena preliminarnog rizika u PFRA 2018

Kako bi se osigurala komplementarnost procjene rizika od pluvijalnih poplava s procjenom rizika napravljenom u sklopu PFRA, primijeniti će se ista matrica, ali s različitim težinskim faktorima. Stoga se u nastavku opisuje procjena preliminarnog rizika provedena za svaki element u sklopu PFRA, a koja je prilagođena:

- principu predostrožnosti,
- kompleksnosti različitih fenomena plavljenja,
- različitoj pouzdanosti i prostornoj razlučivosti dostupnih relevantnih podataka,
- iskustvu djelatnika sustava za obranu od poplava,
- načelima upravljanja rizicima od poplava u Hrvatskoj,
- ostalim upravljačkim aspektima koji nisu direktno vezani za kvantifikaciju rizika od poplava, te
- namjeni procjene - određivanju područja potencijalno značajnih rizika od poplava za koje se izrađuje Plan upravljanja rizicima od poplava.

Procjena preliminarnog rizika od poplava zasniva se na općoj definiciji rizika kao kombinacije vjerojatnosti pojave događaja i intenziteta njegove štetne posljedice:

$$R = p \cdot I$$

gdje je : R - rizik

p - vjerojatnost događaja

I - intenzitet štetne posljedice događaja

Preliminarne vjerojatnosti su definirane na sljedeći način:

- Velika vjerojatnost (intenzitet 3):
 - Obuhvat scenarija velike vjerojatnosti poplavlivanja, svi izvori plavljenja (Plan upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021.)
 - Učestalo plavljena područja (Prethodna procjena rizika od poplava 2013.)
- Srednja vjerojatnost (intenzitet 2):
 - Scenarij srednje vjerojatnosti poplavlivanja, svi izvori plavljenja (Plan upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021.)
- Mala vjerojatnost (intenzitet 1):
 - Scenarij male vjerojatnosti poplavlivanja, svi izvori plavljenja (Plan upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021.),
 - Potencijalno plavljena područja (Prethodna procjena rizika od poplava 2013.),
 - Visoke razine mora (Prethodna procjena rizika od poplava 2013.).

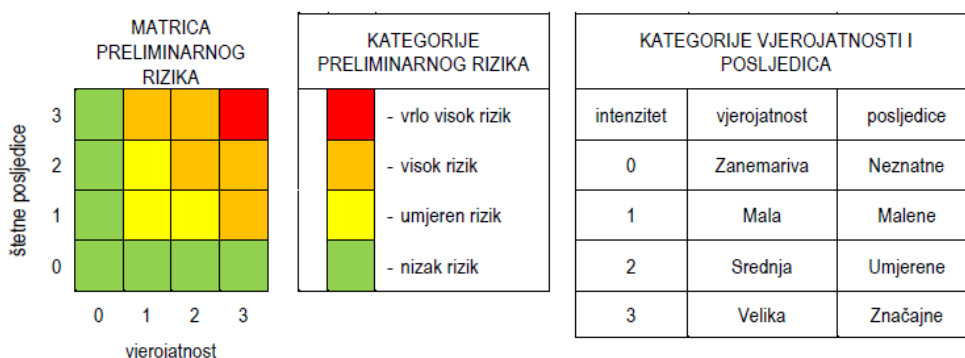
Pri tome nije uzet u obzir kumulativni utjecaj pojava događaja različitih vjerojatnosti. Na ostalim područjima, smatra se da je vjerojatnost pojave zanemariva (intenzitet 0).

Moguće štetne posljedice su definirane na sljedeći način, imajući u vidu ljudsko zdravlje, okoliš i gospodarstvo:

- značajne moguće štetne posljedice (intenzitet 3):
 - lokacije sa ranjivijom populacijom (bolnice, starački domovi, vrtići, osnovne škole),
 - urbana područja (cjelovita i nepovezana),
 - EPRTTR i SEVESO postrojenja, te
 - proizvodne i poslovne jedinice.
- umjerene moguće štetne posljedice (intenzitet 2):
 - cestovna (autoceste) i željeznička mreža sa pripadajućim građevinama,
 - lučke površine i zračne luke,
 - gradilišta i mjesta eksploatacije mineralnih sirovina.
- male moguće štetne posljedice (intenzitet 1):
 - poljoprivredne površine,
 - urbane zelene površine i sportsko-rekreacijske površine.

Na ostalim područjima, smatra se da su moguće štetne posljedice zanemarive odnosno da receptori nisu ranjivi (intenzitet 0).

Preliminarni rizik od poplava je normiran, korištenjem matrice rizika prilagođene kontekstu.



Slika 5.2: Matrica preliminarnog rizika

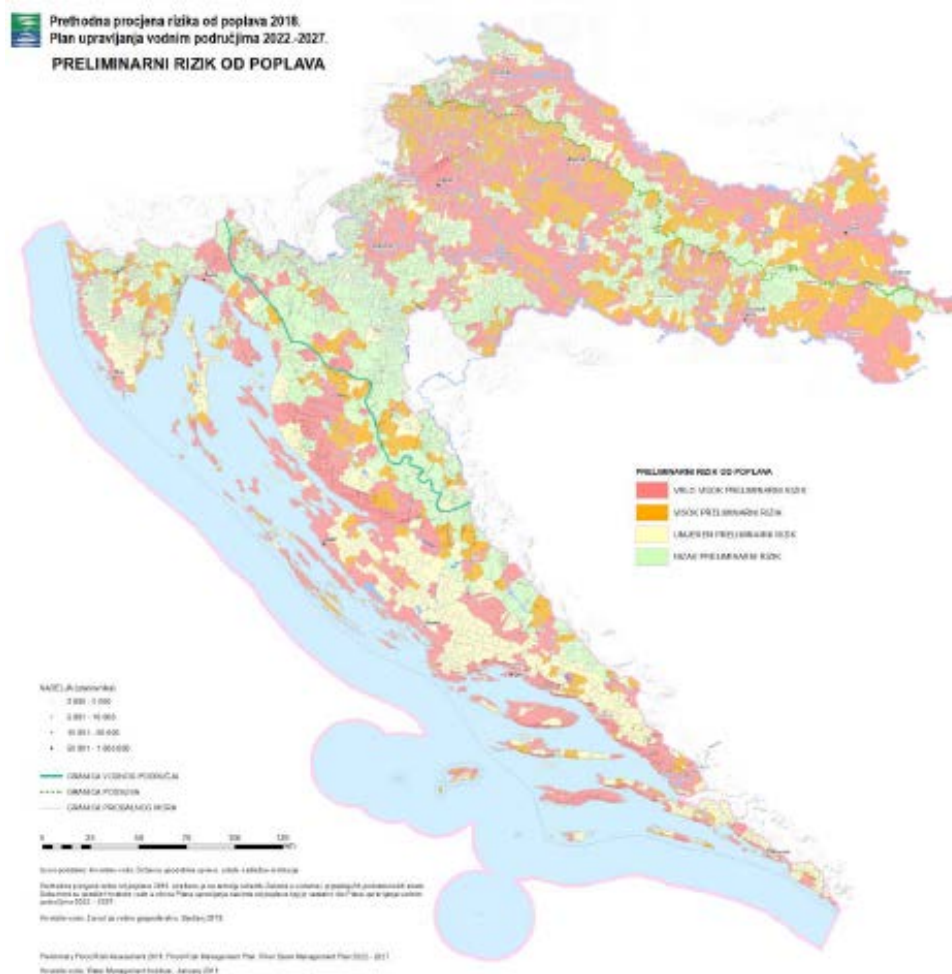
Kako bi se sagledali i ostali relevantni aspekti rizika od poplava koje nije bilo moguće direktno uključiti u proračun, u drugom koraku je provedena korekcija procijenjenog preliminarnog rizika uzimajući u obzir kulturnu baštinu, buduće razvojne aktivnosti, klimatske promjene, zabilježene poplavne događaje odnosno efikasnost sustava za upravljanje rizicima, na sljedeći način:

- ukoliko je na nekom području (elementu) nakon 2011. godine zabilježeno više od jednog poplavnog događaja, preliminarni rizik od poplava za odgovarajući element je određen kao vrlo visok
- ukoliko se na nekom području (elementu) pojavi bilo koji od sljedećih slučajeva:
 - zabilježen jedan poplavni događaj od 2011. godine,
 - procijenjeno da je utjecaj klimatskih promjena na povećanje rizika značajan,
 - da moguće štetne posljedice na kulturnu baštinu značajno povećavaju ukupni rizik od poplava, te da
 - postoje indicacije da su buduće razvojne aktivnosti povećane ili vrlo velike,

preliminarni rizik od poplava se povećava za jednu kategoriju, u odnosu na rezultate proračuna preliminarnog rizika.

Na taj način je procijenjen konačni preliminarni rizik od poplava koji predstavlja polaznu osnovu za proces verifikacije. Dakle na nivou Hrvatske prijedlogom područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava (vrlo visoki i visoki potencijalni rizik) je obuhvaćeno:

- 33.006 km², odnosno 58 % površine,
- 3.710.437, odnosno 87 % stanovnika,
- 3.583, odnosno 41 % elemenata za analizu.



Slika 5.3: Prikaz rezultata preliminarne procjene rizika od poplava

5.2.11. Prijedlog metodologije određivanja područja s potencijalno značajnim rizikom od poplava uzrokovanih jakim oborinama za cijelo područje Republike Hrvatske

Jedan od glavnih ciljeva ovog projekta je razviti alate i metode za procjenu rizika od obilnih oborina u različitim kategoriziranim uvjetima i načinima korištenja zemljišta na odabranim pilot područjima. S obzirom na rastući rizik od poplava te sve veće troškove kako bi se sustavi odvodnje učinili održivim, ulažu se znatni naponi na izradu kvalitetnih modela koji će na dovoljno precizan način ukazati na potencijalno najugroženija područja. Da bi se to i ostvarilo potrebno je raspolagati podacima ne samo o oborini i topografiji, već i ostalim prirodnim i društveno-ekonomskim

karakteristikama područja čija razina mora odgovarati prethodno spomenutim razinama modela (planski i projektni nivo), a primjena pojedinih metoda analize rizika često je ograničena kvalitetom ulaznih podataka, što može rezultirati i lošim predviđanjima posljedica poplava. Stoga je nužno posvetiti veliku pozornost upravo pripremi podataka kako bi se mogla primijeniti ona metoda koja će dati razumne rezultate.

Kako bi se procjena rizika od pluvijalnih poplava uklopila u postojeću matricu rizika iz PFRA, kao osnovna prostorna jedinica s kojom se računa usvojeno je naselje. Za ostala područja vjerojatnost pojave šteta, a time i rizika je zanemariva. Također, poštovana je raspodijela intenziteta u razrede 0, 1, 2 i 3 (zanemariva, mala, srednja i velika vjerojatnost pojave i posljedica). Parametri koji se kategoriziraju su karakteristike sliva s jedne strane i vjerojatnost pojave obilnih oborina s druge strane. Radi jednostavnosti parametrima se dodijeljuju vrijednosti 0 ili 1.

Ključni parametri sliva su topografski uvjeti, zemljišni pokrov i vrsta tla. Svi podaci (DEM, CLC, Soil sealing/imperviousness) su dostupni na <https://www.copernicus.eu/en/access-data/conventional-data-access-hubs>.



Slika 5.4: Projekt Copernicus

Prethodno je iznesena problematika vezano uz topografske podloge pa se radi pojednostavljenja i dobivanja generalnog uvida u potencijalno ugrožena područja predlaže za analizu rizika na nacionalnoj razini nekim od konceptualnih modela odrediti topografske uvjete odnosno područja depresija, područja s izrazito malim padom sliva i lokacije na kojima nastaju izraziti lomovi terena (podnožja brda), budući da se u takvim zonama može očekivati nagli dotok oborinskih voda, a samim time i potencijalno duže zadržavanje oborinske vode. Te je podatke potrebno preklopiti s podacima o oborini, a koji se dobivaju statističkom obradom podataka o ukupno paloj 24-satnoj oborini na mjerodavnim meteorološkim stanicama DHMZ-a, za najmanje 30-godišnji niz podataka.

Za izradu matrice preliminarnog rizika od pluvijalnih poplava na nacionalnom nivou predlaže se sljedeći način rangiranja osjetljivosti područja:

- topografski uvjeti
 - 0 – područja izraženog nagiba (brdska područja)
 - 1 – područja izrazito malog nagiba, ravničarska područja, depresije, podnožja brda
- pokrov tla
 - 0 – CLC klase 3, 4, 5 (šumska, močvarna i vodna područja)
 - 1 – CLC klase 1 i 2 (izgrađena i poljoprivredna područja)
- vrsta tla
 - 0 – tla propusnosti do 70%
 - 1 – slabo propusno i nepropusno tlo, izgrađene površine

Osjetljivost nekog područja na pojavu obilnih oborina prema tome se kreće u rasponu od 0 – neosjetljiva područja do 3 - vrlo osjetljiva područja.

S druge strane, raspodjela oborina kategorizirana je prema vjerojatnosti pojave na:

- 0 - vrlo velika vjerojatnost
- 1 - velika vjerojatnost
- 2 - srednja vjerojatnost
- 3 - mala vjerojatnost

Množenjem faktora osjetljivosti s faktorom vjerojatnosti dobivaju se vrijednosti od 0 do 9, sukladno matrici PFRA. Ukoliko je riječ o priobalnom području odnosno uvjetima visoke razine mora, uvodi se korekcija preliminarnog rizika povećanjem za 1 kategoriju više budući da je u takvim uvjetima otežano otjecanje oborinskih voda odnosno rad kanalizacijskog sustava. Preklapanjem odabranih slojeva dobiva se informacija o tome koja su naselja odnosno njihovi dijelovi potencijalno izloženi većem riziku odnosno za koja je područja potrebno izraditi detaljnu analizu rizika. Proračun šteta potom je moguće provesti na osnovu prethodno zabilježenih šteta, stručnom procjenom ili nekom od postojećih metodologija proračuna šteta.

Uobičajeni koraci u provedbi ovakve analize su sljedeći :

- Definiranje obuhvata analize (osnovna prostorna jedinica je naselje)
- Analiza fizičko-geografskih karakteristika područja (analiza topografskih uvjeta, analiza zemljišnog pokrova te vrste, načina obrade i korištenja zemljišta)
- Kategorizacija područja s obzirom na fizičko-geografske karakteristike (analiza osjetljivost)
- Statistička analiza maksimalnih dnevnih oborina za najmanje tridesetogodišnji niz opažanja (analiza vjerojatnosti)
- Kategorizacija područja prema matrici rizika i eventualne korekcije

5.3. Prijedlog metoda i pristupa za procjenu rizika od poplava

5.3.1. Metodologija izrade karata opasnosti od pluvijalnih poplava

Karte opasnosti od poplava uobičajeno prikazuju prostorni obuhvat poplave te raspodijelu dubina i brzina, a koriste se za potrebe prostornog planiranja, upravljanja rizicima od poplava i informiranje javnosti. U skladu s Direktivom o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima, karte opasnosti od poplava trebaju ukazati na ona područja koja bi mogla biti poplavljena za najmanje tri scenarija: za malu, srednju i veliku vjerojatnost pojave.

Hrvatske vode su u sklopu provedbe Direktive o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima izradile karte opasnosti od fluvijalnih poplava te je nastavno potrebno izraditi karte opasnosti istih vjerojatnosti uslijed pluvijalnih poplava. Za hidrološko-hidrauličko modeliranje na svakom slivnom području može se odabrati drukčija metoda, međutim rezultati svakog modela i prateće karte opasnosti i rizika moraju biti međusobno usklađene i usporedive odnosno unificirane po pitanju

- razine: mala, srednja ili velika (opasnost/ šteta/ rizik),
- kartografske podloge: ortofoto karta, HOK, TK i
- grafike: boje, simboli i sl. (mjerilo ovisi o namjeni karte)

Vezano za kategorizaciju opasnosti, predlaže se vjerojatnost pojave poplave 0.01 (100-godišnji povratni period) usvojiti kao malu, 0.05 (20-godišnji povratni period) kao srednju i 0.2 (5-godišnji povratni period) kao veliku vjerojatnost pojave. Pored navedenog, poželjno je razraditi i jedan scenarij ekstremne pojave, npr. pojava poplave 100-godišnjeg povratnog perioda uz istovremeno otkazivanje funkcioniranja kanalizacijskog sustava.

Ovisno o svojoj namjeni odnosno ciljnom korisniku, karte mogu biti izrađene u standardnoj analognoj verziji odgovarajućeg formata ili dane u nekom od digitalnih formata (bilo offline - pdf, jpg i sl. ili online).

Kartografska podloga trebala bi biti jednostavna i svima čitljiva te se stoga predlaže koristiti aktualnu ortofoto kartu, a mjerilo prikaza trebalo bi odgovarati interesnoj skupni kojoj je namijenjeno. Npr. ukoliko je riječ o kartama namijenjenim lokalnom stanovništvu, mjerilo treba biti krupnije kako bi se na njemu mogli uočiti detalji, a poželjno je naznačiti jasnim simbolom svima prepoznatljive građevine (npr. crkve, trgovačke centre i sl.) radi lakše orijentacije. Isto tako, korisno je naznačiti lokacije raspoloživih hitnih službi (bolnica, ambulanti, vatrogasnih jedinica i sl.) kako bi stanovništvo u što kraćem vremenu moglo donijeti odgovarajuće odluke.

S druge strane, za potrebe prostornog planiranja, upravljanja rizicima i slično tj. kada je potrebno raspolagati većim brojem podataka temeljem kojih je potrebno donijeti određene odluke, karte opasnosti potrebno je prikazati s većim stupnjem detaljnosti, a karte moraju biti dostupne u digitalnom formatu kao grafički prikaz i kao baza podataka s nizom adekvatnih atributa.

Radi usklađenosti s PFRA i standardiziranja karata predlaže se usvojiti jedinstveno mjerilo karata na nacionalnom nivou (1:25000), prikaz na ortofoto podlozi, uz primjenu iste RGB ljestvice boja obuhvata i dubina kao za fluvijalne poplave (velika vjerojatnost RGB R: 0,G: 0,B: 127, srednja RGB

R: 0,G: 169,B: 230, mala RGB R: 115,G: 178,B: 255). Predlaže se klasifikacija dubina i brzina prema donjim tablicama.

Tablica 5.1: Klasifikacija dubina

Klasa dubina PFRA	Max. dubina vode PFRA (m)	Klasa dubina RAINMAN	Max. dubina vode RAINMAN (m)	opasnost	ocjena
1	<0.1	1	< 0.1	zanemariva	1
2	0.1 - 0.25	2	0.1 - 0.25	mala	2
3	0.25 – 0.5	3	0.25 – 0.5	srednja	3
4	0.5 – 0.75	4	> 0.5	velika	4
5	0.75 – 1.0				
6	1.0-1.25				
7	1.25 – 1.5				
8	> 1.5				

Tablica 5.2: Klasifikacija brzina

Klasa brzine	Max.brzina vode (m/s)	opasnost	ocjena
1	< 0.5	zanemariva	1
2	0.5 - 1	mala	2
3	1 - 2	srednja	3
4	> 2	velika	4

Za izradu karata opasnosti na lokalnoj razini mjerilo ovisi o veličini područja koje se modelira, kao i o namjeni modela odnosno ciljnoj grupi. Svaka karta mora sadržavati jasan naslov, ikonu položaja područja unutar Republike Hrvatske odnosno županije/grada/općine, vezu listova, prikaz koordinatne mreže s napomenom primijenjenog koordinatnog sustava, oznaku sjevera, legendu i sastavnicu (datum i mjesto izrade, izrađivač).

Procedura izrade karata opasnosti za područje koje je ocijenjeno kao ono s neprihvatljivo visokim rizikom od poplave može biti sljedeća:

- definiranje područja obuhvata analize ovisno o namjeni i nivou analize/karte
- prikupljanje podataka o prethodnim poplavnim događajima i rekognisciranje terena uz izradu izvještaja
- odabir metode za analizu opasnosti sukladno namjeni i dostupnim podacima (preporuke dostupne na <https://rainman-toolbox.eu/hr/>)
- analiza opasnosti i provjera rezultata temeljem povijesnih zapisa
- grafički prikaz rezultata (izrada karata)
- izrada tumača i prezentacija metodologije i rezultata krajnjem korisniku

5.3.2. Metodologije za izradu karata rizika od poplava uzrokovanih kišama

Sukladno Direktivi 2007/60/EC Europskog parlamenta i vijeća od 23. listopada 2007. godine o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima, rizik od poplava (R) definira se kao umnožak vjerojatnosti poplavnog događaja (P) i potencijalnih štetnih posljedica (C) poplavnog događaja na zdravlje ljudi,

okoliš, gospodarske aktivnosti i kulturnu baštinu. Pri tome štetne posljedice ovise o ranjivosti (V), osjetljivosti (S) i izloženosti (E).

Direktiva o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima pod naslovom „Karte rizika od poplava“ formalno zahtijeva kartiranje ranjivosti za sljedeće četiri kategorije: stanovništvo, materijalna dobra i gospodarske aktivnosti, postrojenja koja mogu uzrokovati štetne posljedice na okoliš te kulturna dobra. Podaci o naseljenim područjima dostupni su na <https://land.copernicus.eu/user-corner/technicallibrary/hrl-imperviousness-technical-document-prod-2015> Za identifikaciju poslovnih i industrijskih zona potrebno je sagledati prostorne planove županija te podatke iz ministarstava i gospodarskih komora. Poligoni prometne infrastrukture mogu se preuzeti iz baze <https://www.openstreetmap.org> Za definiciju ostalih važnih zona (kulturna baština) potrebno je sagledati prostorne planove županija te podatke iz Ministarstva kulture. Poljoprivredne površine mogu se preuzeti iz Corine Land Cover datoteke, koja je dostupna na <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>.

Podloga za izradu karata rizika su prethodno izrađene karte opasnosti na koje je potrebno nanijeti kategorije ranjivosti. Na lokalnoj razini, za kvalitetnu procjenu potrebno je raditi na razini pojedinačnog objekta, a podatke o njihovoj namjeni zatražiti od nadležnog ureda JLS ili izvršiti obilazak terena. Ukoliko to nije moguće, objekte se može identificirati korištenjem baze podataka OpenStreetMap, GoogleMaps i sl.

Procjena osjetljivosti (S) se uobičajeno vrši s obzirom na niz varijabli (na primjer obilnu oborinu, eroziju tla, pojavu klizišta, obustavu prometa i slično), ali je u skladu s projektnim zadatkom u okviru ovog projekta provedena isključivo za pojavu obilnih oborina i štetne posljedice na zdravlje ljudi, gospodarske aktivnosti, kulturnu baštinu i okoliš.

Svaki prostorni element kategorizira se s obzirom na osjetljivost u četiri klase, a za svaki element vrši se procjena ranjivosti (V) preklapanjem s rezultatnim kartama opasnosti (E) odnosno klasama dubina i brzina. Pri tome je za klase objekata 1 i 2 uveden dodatni parametar, a to je umnožak dubine i brzine – ukoliko je ta vrijednost iznad $0,8 \text{ m}^2/\text{s}$, elementu se automatski dodjeljuje najveća vrijednost štete (16). Konačno, procjena rizika (R) daje se s obzirom na vjerojatnost pojave.

Tablica 5.3: *Klasifikacija osjetljivosti prostornih elemenata*

Klasa objekta	element	osjetljivost	ocjena
1	parkovi, šume, livade i slično	zanemariva	1
2	pomoćni objekti (kiosci, terase, vrtno sjenice, nadstrešnice, sportski tereni i sl.)	mala	2
3	stambeni objekti, javne ustanove, gospodarski objekti, škole i fakulteti, lokalne i županijske prometnice	srednja	3
4	vrtići, domovi za starije i nemoćne, objekti hitnih službi, podzemne garaže i podvožnjaci, ključna infrastruktura i prometnice, kulturna baština	velika	4

Tablica 5.4: Klasifikacija štetnih posljedica

šteta				ocjena
4	8	12	16	3
3	6	9	12	2
2	4	6	8	1
1	2	3	4	0

Prema tome, za izradu karata rizika temeljem prethodno izrađenih karata opasnosti od pluvijalnih poplava potrebno je:

- izvršiti kategorizaciju prostornih elemenata (stanovništvo, gospodarstvo, kulturna baština, okoliš)
- definirati varijable s obzirom na koje se vrši procjena osjetljivosti
- izvršiti procjenu osjetljivosti za odabrane varijable (klasifikacija šteta)

5.3.3. Metodologije za procjenu rizika od plavljenja

Poplavni rizik je ekonomska kategorija i predstavlja očekivanu prosječnu godišnju štetu koja se može očekivati za neko potencijalno ugroženo područje. Uobičajeno je da se štetne posljedice poplava razvrstavaju na direktne štete, nastale uslijed neposrednog kontakta vode s materijalnim dobrima i indirektne štete, u koje se ubrajaju štete uzrokovane prekidom ekonomskih i drugih aktivnosti, potreba za provođenjem aktivnosti spašavanja, sanacija terena i sl. kao i svi drugi troškovi i štete koji se ne mogu svrstati u direktne. Također, štete mogu biti financijski mjerljive (koristi se za ona materijalna dobra za koja postoji tržište) i nemjerljive (npr. ljudski životi, ekološke štete i sl.).

Prvi korak predstavlja odabir pristupa, koji prvenstveno ovisi o raspoloživim resursima i podacima. Po odabiru metodologije pristupa se određivanju kategorija šteta koje će se razmatrati. Sljedeći korak odnosi se na prikupljanje i pripremu podataka o četiri osnovna čimbenika koji utječu na veličinu šteta: karakteristikama poplave (obuhvat, dubina i brzina vode), materijalnim dobrima izloženim riziku, vrijednosti te osjetljivosti tih dobara na poplave.

Izračun i kartiranje šteta se provodi zasebno za svaki razmatrani poplavni događaj i za pojedine prostorne elemente, čime se dobiva prostorna raspodjela rizika. Konačno, zbrajanjem svih rizika po svim prostornim elementima dobiva se svukupni poplavni rizik na predmetnom području.

Tablica 5.5: Vjerojatnost pojave poplavnog događaja

Povratno razdoblje T (god)	Vjerojatnost p (-)	intenzitet	ocjena
*	*	zanemariva	0
100	0.01	mala	1
20	0.05	srednja	2
5	0.2	velika	3

Tablica 5.6: Procjena rizika

rizik				ocjena
0	3	6	9	vrlo visok
0	2	4	6	visok
0	1	2	3	umjeren
0	0	0	0	nizak

5.4. Prijedlog mjera za smanjenje rizika od poplava uzrokovanih jakim oborinama za urbana i ruralna područja

Općenito, mjere koje se mogu poduzeti u cilju smanjenja rizika od poplava mogu se podijeliti na građevinske i negrađevinske, iako je ta klasifikacija podložna raspravama jer pojam „negrađevinska“ ne znači nužno da za njenu provedbu nije potrebno građenje. Smatra se da građevinske mjere upravljanja rizicima od poplava obuhvaćaju mjere izgradnje i održavanja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (sukladno Zakonu o vodama: 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14) dok negrađevinske mjere obuhvaćaju sve mjere koje prema gornjoj definiciji nisu građevinske, premda mogu uključivati gradnju. Po nekim klasifikacijama određene tzv. „zeleno-infrastrukturne“ mjere se smatraju negrađevinskim mjerama, premda zahtijevaju značajne građevinske radove na regulacijskim i zaštitnim vodnim građevinama. Nijedna građevinska mjera za zaštitu od poplava nije apsolutno sigurna jer uvijek postoji preostali rizik. Za upravljanje preostalim rizikom potrebne su negrađevinske mjere. Njihova je dodatna prednost dugoročna održivost te manji troškovi upravljanja i održavanja.

Građevinske mjere upravljanja rizicima od poplava obuhvaćaju mjere izgradnje i održavanja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina. Sukladno Zakonu o vodama (153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14) to su: nasipi, obaloutvrde, umjetna korita vodotoka, odteretni i lateralni kanali, odvodni tuneli, brane s akumulacijama, ustave, retencije i druge pripadajuće im građevine, crpne stanice za obranu od poplava, vodne stepenice, slapišta, građevine za zaštitu od erozija i bujica i druge građevine pripadajuće ovim građevinama. Uz to, građevinskim mjerama može se smatrati i dio neposrednih mjera redovne i izvanredne obrane od poplava te dio radnji nakon prestanka redovite obrane od poplava koje uključuju građevinske radove.

Negrađevinske mjere upravljanja rizicima od poplava su primarno usmjerene na smanjenje ranjivosti od poplava odnosno potencijalnih šteta od poplavnih događaja. Neke od njih su:

- mjere prostornog planiranja, kojim se definira korištenje i namjena zemljišta pa se prema tome može definirati i područja za prihvata voda ili pak dati smjernice o gradnji unutar zona koje su pod značajnim rizikom od poplava
- mjere prilagodbe načina gradnje lokalnim uvjetima (građenje objekata otpornih na poplave)
- preventivne mjere (pregled i održavanje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina, osiguranje predviđenog retencijskog prostora za prihvata velikih vodnih valova i slično)
- informiranje i razvijanje svijesti stanovništva o rizicima od poplava, poduzimanju mjera u slučaju pojave istih te uspostavljena procedura za upozoravanje javnosti, emitiranje informacija i uputa i poruka na medijima

- uspostava i očuvanje prirodnih sustava i zelene infrastrukture kojima se štiti, vraća ili u nekim slučajevima oponaša prirodni ciklus kopnenih voda (restauracija prirodnih krajolika kao što su šume, poplavne površine i močvare u cilju privremenog zadržavanja poplavne vode i smanjenja vršne vrijednosti protoka)
- sustavi za prognoziranje poplava i uzbunjivanje, uspostava hidrološkog monitoringa, izrada hidrološko-hidrauličkih modela, uspostava i održavanje informacijskih sustava i prateće infrastrukture za upozoravanje na poplave
- neposredna obrana od poplava koja uključuje definiranje smjernica i operativnih pravila, upravljanje rizicima u kriznim situacijama, upravljanje postojećim elementima sustava obrane od poplava (regulacijskim i zaštitnim vodnim građevinama), definiranje uloga, protokola i komunikacijskih linija, procjenu i sanaciju nastalih šteta te izradu detaljnih izvještaja s geodetskim snimanjem poplavnih linija i slično

Radne skupine Rainman projekta prepoznale su niz mjera za smanjenje rizika od pluvijalnih poplava te ih uvrstile u Katalog mjera <http://rainman-toolbox.eu/tools-methods/risk-reduction-measures/catalogue-of-measures/>, koji može pomoći lokalnim i regionalnim vlastima i zainteresiranim dionicima da pronađu i odaberu one mjere koje smatraju prikladnim, ovisno o situaciji. Katalog obuhvaća mjere smanjenja rizika pomoću instrumenata regionalnog prostornog planiranja, preventivne mjere za urbana područja i privatne građevine, koncepte zadržavanja i infiltracije vode, mjere optimizacije upravljanja sustavima obrane od poplava (retencije), mjere meteorološkog i hidrološkog prognoziranja, uzbunjivanja i hitnih intervencija te ostale mjere.

Tablica 5.7: Kategorije mjera za smanjenje rizika od pluvijalnih poplava

Vrsta mjere	oznaka
agrotehničke mjere	A
šumske mjere	F
mjere u kućanstvima	H
hidromorfološke mjere	R
urbane mjere	U
mjere prostornog planiranja, modeliranja i monitoringa	S
sudjelovanje javnosti	P

Predloženo je oko stotinjak mjera, koje se međusobno razlikuju po tipu (strukturne, nestrukturne), sektoru na koji se odnose (infrastruktura, objekti, vodotoci, planiranje i odlučivanje...), namjeni (prevencija, zaštita, sanacija i dr.), kao i vremenu potrebnom za realizaciju odnosno vremenu kroz koji su primjenjive. Pri tome se pojedine mjere istovremeno mogu odnositi na više sektora i imati interakciju s ostalim mjerama.

Tablica 5.8: Popis mjera iz Kataloga

ID	opis
A	Zaštita i očuvanje postojećih livada i pašnjaka
	Mali nasipi i jame (izvođenje nasipa na brazdama)
	Odvodni jarci; udoline
	Lokalne subvencije i dobrovoljni sporazumi o djelovanju koji premašuju obvezne upravljačke standarde
	Zaštita, sanacija i pomlađivanje šuma, naročito na padinama
	Pošumljavanje na izvorišnim područjima i na brdskim padinama
	Suhe retencije i depresije bilo kojeg kapaciteta
	Stavljanje poljoprivrednih površina i šumskih cesta van funkcije
	Upravljanje oborinskim vodama u decentraliziranim sustavima
	Uspostava i razmatranje lokalnog i regionalnog planiranja korištenja zemljišta
	Propusni pločnici/površine
	Održivi urbani sustavi odvodnje oborinskih voda za sakupljanje, preusmjeravanje i zadržavanje vode od površinskog otjecanja
	Jedinice za podizanje otpadne vode
	Vodonepropusnost prolaza za cijevi
	Koncepti i planovi po slivnim područjima; suradnja među općinama
	Izrada operativnih propisa za građevine ugrožene pluvijalnim poplavama: komercijalna i industrijska postrojenja
	Razvoj i provedba učinkovitih planova postupanja u izvanrednim situacijama, njihovo ažuriranje
	Pružanje informacija kao materijala za čitanje
	Osiguranje od prirodnih opasnosti za zgrade
F	Priprema gredica u grubom tlu
	Podjela polja u manje cjeline; uzgoj u pojasevima
	Izbjegavanje građenja u zonama opasnosti: prevencija određivanjem specifičnih travnatih zona u razvojnim ili prostornim planovima
	Bijeli spremnici
	Osigurati preduvjete za provedbu planova za postupanje u kriznim situacijama
H	Trajno zatavljanje nasada
	Odgovarajuće projektiranje neasfaltiranih cesta i prijelaza preko vodotoka u šumama
	Tampon-zone priobalne vegetacije i područja s hidrofilnim uređajima za pročišćavanje za zaštitu vodnih tijela od onečišćenja
	Izbjegavanje građenja u zonama opasnosti: odgovarajuće lociranje kuća (nekretnina)
	Plava i zelena infrastruktura
	Sustavi protupoplavnih pregrada
	Protupovratni ventili
	Prethodno definiranje putova otjecanja kroz pomoćne zgrade
	Promicanje i provedba mjera zaštite imovine
	Provedba mjera na građevinama za zaštitu od poplava i sustavu odvodnje prije i neposredno nakon događaja
	Procjena i uklanjanje šteta u okolišu od poplava
	Komunikacijske aktivnosti u obrazovanju
	Kontakt osobe i vrijeme za konzultacije s građanima

ID	opis
LP	Plodored, sjetva međuusjeva, pokrovni usjevi
	Male retencije
	Revitalizacija poplavnih područja i šuma na poplavnim područjima, priroda sukcesija
	Mjere predostrožnosti pri odobravanju građevinskih dozvola
	Vodonepropusnost dijelova zgrada koji dosežu do tla; crni spremnici
	Uspostava i rad sustava monitoringa i prognostičkih modela
	Vizualizacija i objašnjenje specifične situacije rizika na terenu
P	Pretvaranje obradivog zemljišta u travnjak / bjelogoričnu šumu ili nasade drvenastih kultura kratkih ophodnji
	Podzemni spremnici
	Skladištenje zaliha vreća s pijeskom, dasaka, poklopaca i zaklopaca
	Propusti - prikladno hidrauličko projektiranje
R	Brazde
	Procesi okrupnjavanja zemljišta
	Smanjivanje rizika tijekom postupaka sječe i sanacije
	Revitalizacija močvarnih područja
	Formiranje inundacijskih zona
	Formiranje i održavanje retencijskih područja na urbanim područjima
	Upojni zdenci
	Uzdignuto prizemlje
	Procjena i uklanjanje šteta od poplava na građevinama i infrastrukturi
	Provedba i korištenje sustava ranog upozoravanja, uključujući prikupljanje i procjenu dopunskih informacija
	Razmatranje pluvijale poplave kao katastrofe za mjere predostrožnosti civilne zaštite i čitavog sustava upravljanja u kriznim situacijama
S	Poljoprivreda bez obrade ili mala obrada tla uključujući malčiranje i izravno sijanje i obradu tla u trakama
	Formiranje terasa
	Infiltracijski pojasevi (trava) i tampon zone (trajna vegetacija)
	Uzgoj na padinama; izbjegavanje brazda i traka na nizbrdici
	Stabilizacija putova otjecanja
	Pregrade (regulacijske brane)
	Ugovori o zakupu zemljišta koji uključuju njegovu zaštitu
	Povećavanje retencijskog kapaciteta postojećih kanala i poplavnih područja njihovom revitalizacijom
	Uređivanje bujičnih potoka i slivnika
	Nasipi orijentirani na elevaciju
	Nasipi na zavojima korita vodotoka, strukture od kamenja
	Građevine za zadržavanje nanosa i debrisa (bazeni za "hvatanje" nanosa, drvene grablje, rešetke za otpad)
	Linijske mjere zaštite
	Izbjegavanje građenja u zonama opasnosti: prilagodba/izmjena prostornih planova/premještanje građevinskih zona
	Zeleni krovovi
Infiltracijski jarci/polja; jarci sa zasađenim stablima za oborinsku odvodnju	

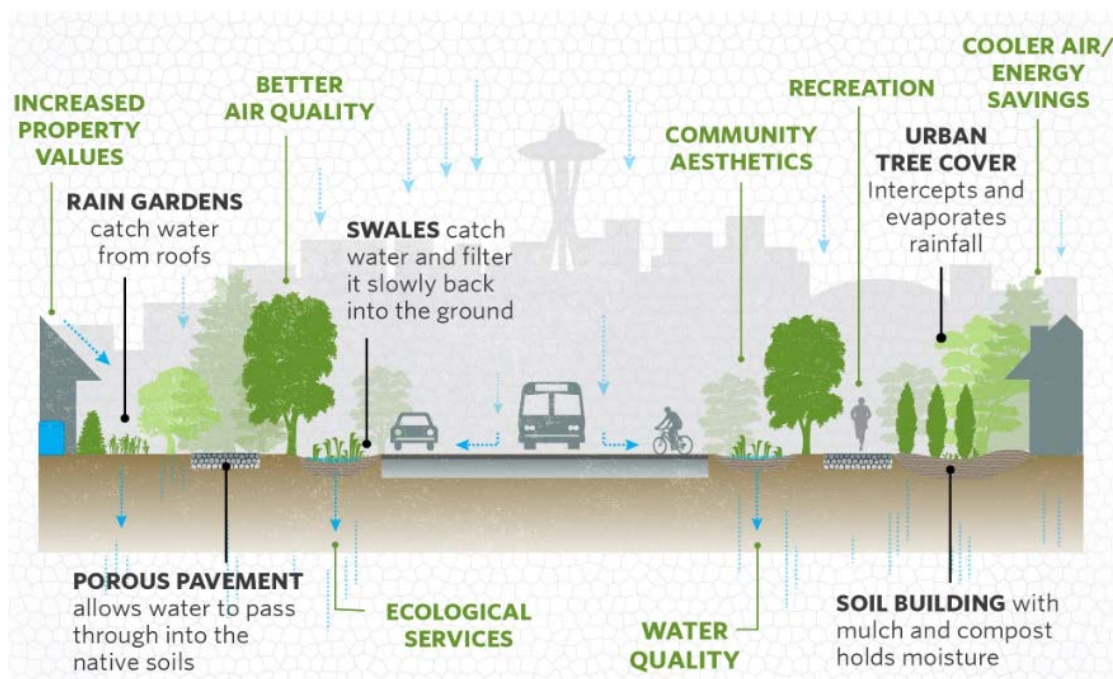
ID	opis
	Uzdignuti svjetlarnici i ulazi u podrum
	Preseljenje i premještanje
	Geokompozit koji upija vodu
	Interaktivni oblici komuniciranja i sudjelovanja
	Potvrde o zaštiti od poplava za zgrade
U	Identificiranje, izrada karata i određivanje područja pod rizikom
	Strateški dokumenti
	Neizorani okrajci između dvije oranice
	Dobro stanje šuma
	Izbjegavanje građenja u zonama opasnosti: odbijanje izdavanja građevinske dozvole
	Višefunkcionalne prometne i parkirališne površine namijenjene kao trasa za otjecanje ili kao privremeno poplavljeno retencijsko područje
	Kišni vrtovi, bioretencijska polja
	Upojni bazeni, procjedni bazeni
	Zidovi i brane za zaštitu područja pod visokim rizikom
	Svjetlarnici, prozori za zaštitu od poplava, prozorske zaštite i kapci, vodilice s vodonepropusnim brtvama
	Suradnja unutar zajednice
	Prekogranična suradnja

S obzirom na karakteristike pluvijalnih poplava (naglašena vremenska i prostorna varijabilnost, vrlo malo vremena za reakciju) fokus treba staviti na mjere prevencije. Pri tome je nadležnost za provedbu pojedinih mjera prevencije djelomično na službenim osobama (npr. mjere prostornog planiranja, mjere upozoravanja i sl.), a djelomično na privatnim (npr. projektiranje ili rekonstrukcija građevina tako da budu otporne na poplave, transfer rizika ugovaranjem osiguranja i sl.).

Jedna od ključnih mjera svakako je prostorno planiranje. Budući da je prostor vrijedan i ograničen resurs kojeg dijeli veći broj korisnika, prostorno planiranje ima za cilj organizirati njegovo racionalno i optimalno korištenje. U Republici Hrvatskoj krovna institucija koja se bavi prostornim planiranjem je Zavod za prostorni razvoj u sklopu Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja (<http://hzpr.hr/>). Zavod za prostorni razvoj između ostalog izrađuje i koordinira izradu i provedbu Strategije prostornog razvoja RH i drugih planova koje donosi Sabor i Vlada, vođenje i razvoj informacijskog sustava prostornog uređenja, obavljanje stručnih poslova i pomoć pri izradi prostornih planova u suradnji s raznim tijelima državne uprave. Osim Zavoda, na nižim razinama (u županijama i gradovima) postoje uredi koji rade na prostornim planovima. Prema Zakonu o prostornom uređenju, prostorni planovi su hijerarhijski posloženi na planove državne, područne i lokalne razine i moraju biti međusobno usklađeni. Važeći, ali i nekadašnji prostorni planovi čuvaju se u arhivama ne samo kako bi se vidjelo kako se područje razvijala tijekom vremena već i kako bi mogli biti konzultirani tijekom pojedinih radova pa u kontekstu pluvijalnih poplava mogu ukazati na početne prirodne i topografske uvjete odvodnje, ugrađena rješenja te postupni razvoj sustava zaštite.

Najveći problem svakako su izgrađeni dijelovi naselja odnosno postojeće vrijednosti izložene pojavi obilnih oborina pa je glavni izazov njihova prilagodba pluvijalnim poplavama odnosno reorganizacija i prenamjena (npr. postupna zamjena mješovitog kanalizacijskog sustava razdjelnim). Iako u stručnoj literaturi postoji niz inženjerskih mjera za smanjenje negativnog utjecaja obilnih oborina, poplave nikako ne smiju biti sagledane isključivo kroz inženjerski pristup već već je u cjelokupni proces potrebno integrirati široki spektar stručnjaka i dionika – od lokalne zajednice, javnih poduzeća, klimatologa, biologa itd. do krajobraznih arhitekata, inženjera i urbanista.

Odabir optimalnog rješenja također ne treba sagledavati isključivo inženjerski već i kroz troškove implementacije, učinke po okoliš i društvo. Posljednjih dvadesetak godina postupno se u praksu uvode tzv. “održivi sustavi urbane odvodnje oborinskih voda” (engl. SUDS – sustainable urban drainage systems) kojima se u sustav odvodnje dodaju elementi kojima se djelomično oponašaju prirodne hidrološke pojave na slivu (bioretencije, kišni vrtovi, infiltracijski jarci, zeleni krovovi i dr.). Na taj se način povećava infiltracija, evaporacija, omogućava privremeno zadržavanje dijela oborine na mjestu njihova nastanka i postiže smanjenje vršnog opterećenja.



Slika 5.5: *Elementi zelene infrastrukture u urbanom okruženju* (izvor: <https://www.washingtonnature.org/cities/stormwater/green-infrastructure-infographic>)

Na neizgrađenim dijelovima, prostorno-planskim mjerama je moguće rezervirati prostor za prihvat oborinskih voda (npr. za izgradnju retencija), ali je moguće i propisati optimalni način korištenja i obrade zemljišta kako bi se moguće negativne posljedice obilnih oborina (npr. erozija tla, klizanje i sl.) svele na najmanju moguću razinu. Nadalje, preporuka je da se u prostorne planove ugrađuju mjere i efekti adaptacije klimatskim promjenama, što se posebno odnosi na priobalna područja na kojima se očekuje porast razina mora i njihov negativan utjecaj na vrijednu kulturnu baštinu (npr. na Grad Trogir, Dioklecijanovu palaču u Splitu, Eufrazijevu baziliku u Poreču...).

6. TESTIRANJE DEFINIRANIH METODA

6.1. Generalne postavke

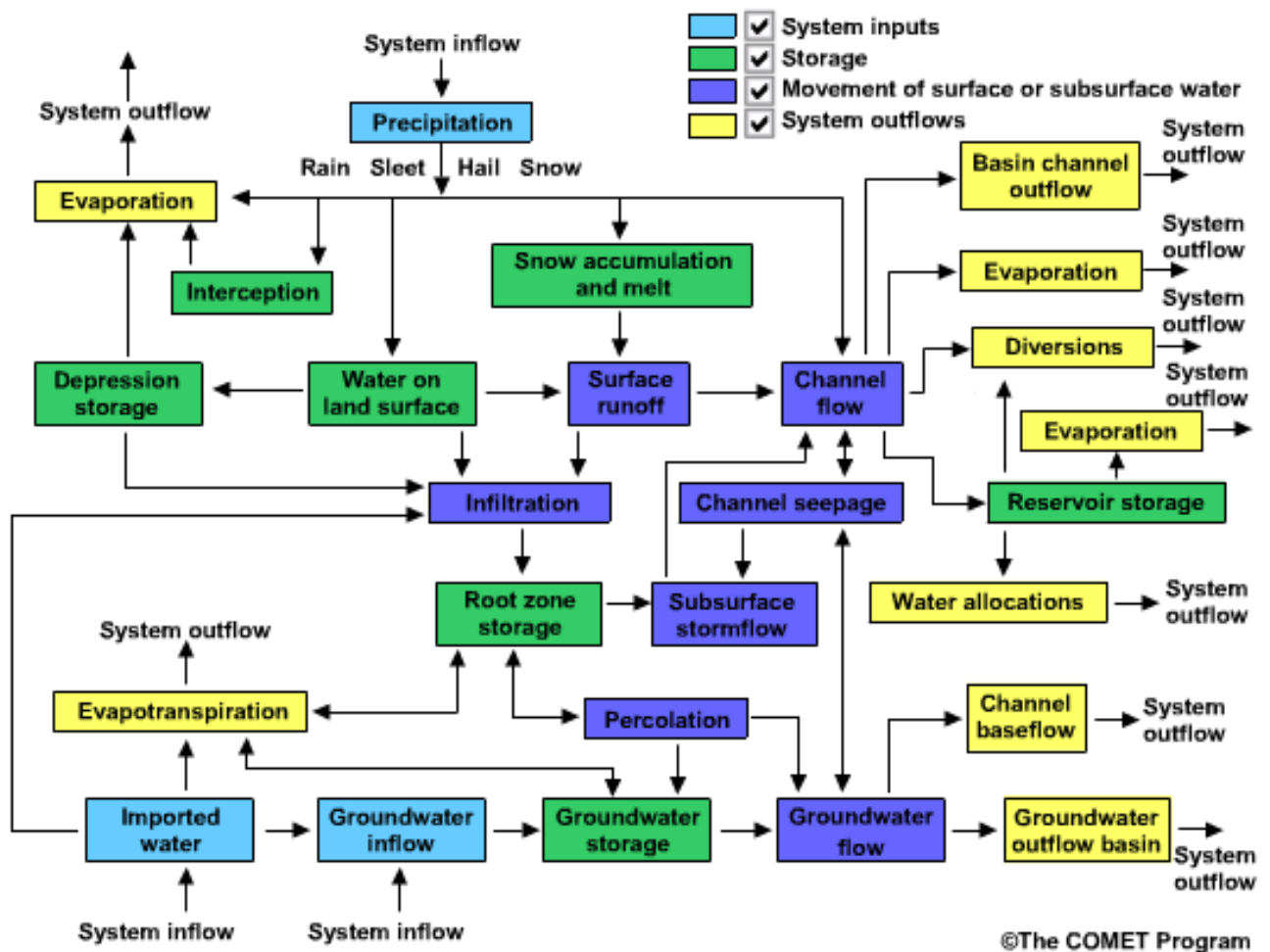
Analiza rizika na odabranim pilot područjima provodi se u dvije faze. U prvoj fazi provodi se preliminarna analiza primjenom GIS alata na temelju zabilježenih vatrogasnih intervencija vezanih uz tehničke intervencije uslijed pojave obilnih oborina. Rezultat analize su žarišne za koje se u drugoj fazi izrađuju detaljne analize primjenom hidrološko-hidrauličkih modela.

Za provedbu prve faze potrebni su podaci o obuhvatu i vatrogasnim intervencijama. Na rezultat u većoj mjeri utječe kvaliteta podataka o provedenim intervencijama, a manje duljina njegova niza budući da se stanje u prostoru neprestano mijenja. Za pilot područja dostupni podaci odnose se na otprilike petogodišnje razdoblje (2012.-2019. za Zagreb, 2014.-2018. za Umag). Najvažniji korak pri tome predstavlja odabir reprezentativnog skupa podataka budući da podaci mogu potjecati iz različitih izvora (JVP, DVD, komunalne službe i sl.), biti razvijeni na različitim platformama (niz različitih vrsta zapisa: .txt, .shp, .xls itd.), sadržavati kontradiktorne ili pak nedovoljno precizne podatke (npr. „prirodna nepogoda – poplava“ ne upućuje radi li se o izlivanje iz korita ili o obilnoj oborini) i slično. Pogreške se mogu generirati i prilikom spajanja podataka ukoliko njihove prostorne koordinate nisu usporedive, a stanje se dodatno pogoršava ako su prostorni koordinatni sustavi s vremenom doživjeli nezavisne promjene (ažuriranja i redefinicije). Imajući na umu da ne postoji procedura za sustavno i učinkovito ispravljanje mogućih prostornih pogrešaka u podacima, ovaj dio zadatka u načelu je mukotrpan, dugotrajan i skup.

Rezultat prve faze je karta gustoće intervencija na nekom području koja ukazuje na žarišne točke u određenoj razvojnoj fazi područja, ali ne daje podatak o rezultatnoj dubini i brzini vode, kao niti projekciju budućeg stanja, što je velik nedostatak ukoliko su karte namijenjene npr. tijelima nadležnim za prostorno planiranje, urbanistima, investitorima. Stoga je za oba pilot područja preliminarna procjena nadopunjena 2D modelom grublje razine, kojim se nastojalo ostvariti podudaranje poplavnih područja s lokacijama intervencija. Podloga za izradu modela terena bio je dostupni DMR, dok su podaci o namjeni i korištenju odnosno zemljišnom pokrovu preuzeti iz CLC baze. S obzirom na namjenu ovog modela, zadan je raster podataka veličine 25x25 m, izostavljeni su podaci o objektima koji zbog velike domene bitno usporavaju proračun, a zadana je oborina konstantnog intenziteta, jednoliko raspoređena po slivu. Na osnovu rezultata prve faze Naručitelj je odabrao žarišne lokacije za koje je u nastavku provedeno hidrološko-hidrauličko modeliranje.

S obzirom da su odabrana žarišna područja znatno manjeg obuhvata, u drugoj je fazi moguće s većim stupnjem detaljnosti izraditi karte opasnosti i rizika. Kako je ranije navedeno, hidrološko-hidraulički modeli se temelje na rješavanju sustava parcijalnih diferencijalnih jednadžbi, pri čemu hidrološki moduli simuliraju procese otjecanja oborine, a hidraulički moduli nestacionarno tečenje vode unutar domene predmetnog područja. Shema jednog kompleksnog hidrološkog modela prikazana je na sljedećoj slici. Vidljivo je da je za izradu takvog modela potrebno raspolagati znatnim resursima, kako u pogledu ulaznih podataka tako i programske podrške.

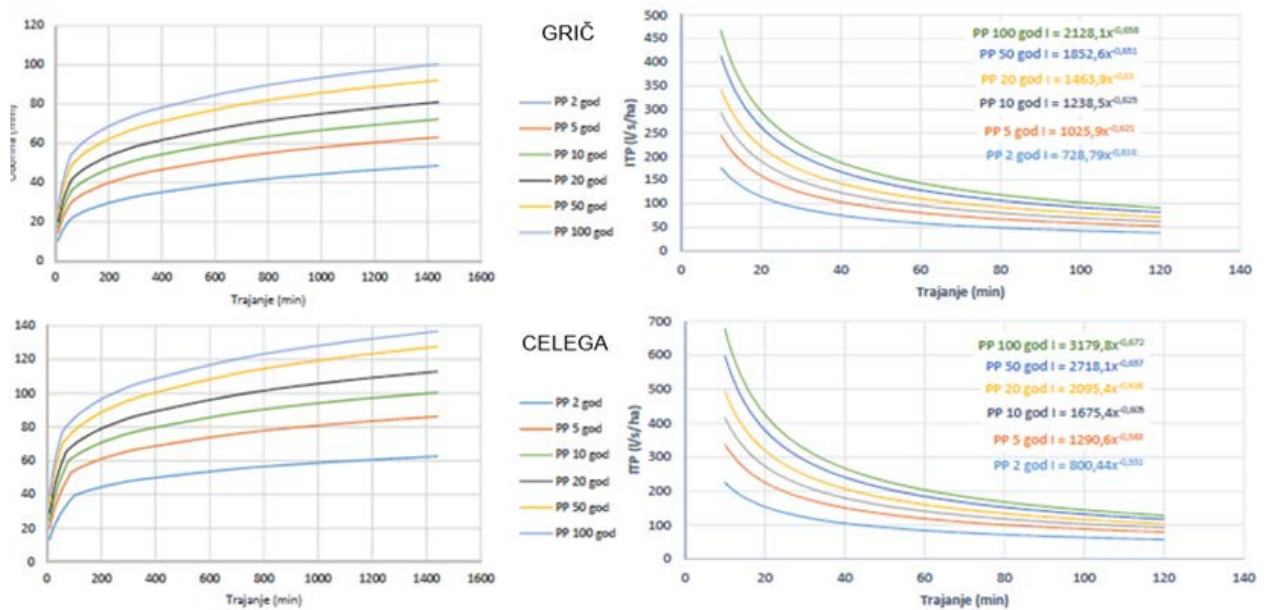
General Components of a Complex Hydrologic Model System



Slika 6.1: Shema složenog hidrološkog modela ("The source of this material is the COMET® Website at <http://meted.ucar.edu/> of the University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), sponsored in part through cooperative agreement(s) with the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), U.S. Department of Commerce (DOC). ©1997-2017 University Corporation for Atmospheric Research. All Rights Reserved.")

Međutim, s obzirom na opseg i kvalitetu ulaznih podataka za oba odabrana pilot područja, model je pojednostavljen te su uvedene određene pretpostavke. Pri tome je za dobar ishod modela ključno napraviti kvalitetan model terena te pažljivo odabrati domenu proračuna kako bi se oni proveli u razumnom vremenu, ali s dovoljnim stupnjem detaljnosti. Za proračune je korišten program HEC-RAS, koji je javno dostupan, ima osiguranu korisničku podršku i široku bazu korisnika te se konstantno nadograđuje. Od podloga, program zahtijeva digitalni model terena, karte pokrova i namjene zemljišta te podatke o oborini u obliku hijetograma. Površinu sliva preporuča se ograničiti na 10 km², kako bi bila u skladu s veličinom proračunske ćelije koja pak mora biti dovoljno mala da vjerno prezentira dinamiku tečenja (odabrano 5-10 m). Najveći nedostaci programa su nemogućnost simulacije prostorno varijabilne oborine i nemogućnost integracije sustava odvodnje. Posljednje u konkretnom slučaju nije bilo presudno s obzirom da nismo niti raspolagali podacima vezano uz rad kanalizacijskog sustava pa je simulacija površinskog tečenja provedena smanjenjem hijetograma pale oborine na temelju podataka o kapacitetu kanalizacijskog sustava, svedenom na trajanje kišne epizode koja se simulira.

U „Analizi oborina na pilot područjima u Istri i Zagrebu“ za modeliranje je predloženo korištenje oborina zadanih u obliku projektnog pljuska. Za odabrane lokacije na pilot područjima usvojeni su bezdimenzionalni oblici pljuska za projektiranje za postaje Pula (reprezent priobalnog područja Istre) i Zagreb-Grič (reprezent zapadnog i centralnog dijela Zagreba). Kako bi se ovi hijetogrami mogli koristiti za proračun otjecanja, potrebno im je dodijeliti pripadajuće trajanje te prosječni intenzitet oborine. Za određeno trajanje oborine i povratni period, odgovarajući intenzitet određuje se iz HTP/ITP krivulja.



Slika 6.2: Grafički prikaz noveliranih HTP/ITP krivulja za pilot područja

Važno je naglasiti da trajanje oborine ne treba unaprijed definirati već je potrebno simulirati niz oborina različitog trajanja, a kao mjerodavno odabrati ono koje daje najnepovoljniji slučaj temeljem kojeg se nastavno definiraju pragovi uzbunjivanja. Za potrebe ove studije, u cilju definiranja smjernica za izradu karata opasnosti i rizika od poplava usvojena su pojednostavljena pa je tako trajanje oborine fiksirano na 120 minuta. Proračuni su provedeni za povratne periode od 5 godina za veliku, 20 godina za srednju te 100 godina za malu vjerojatnost pojave. Ekstremna vjerojatnost zadana je kao mala vjerojatnost uz istovremeno otkazivanje funkcionalnosti kanalizacijskog sustava (nema redukcije hijetograma) odnosno pojave ekstremno visokih morskih razina.

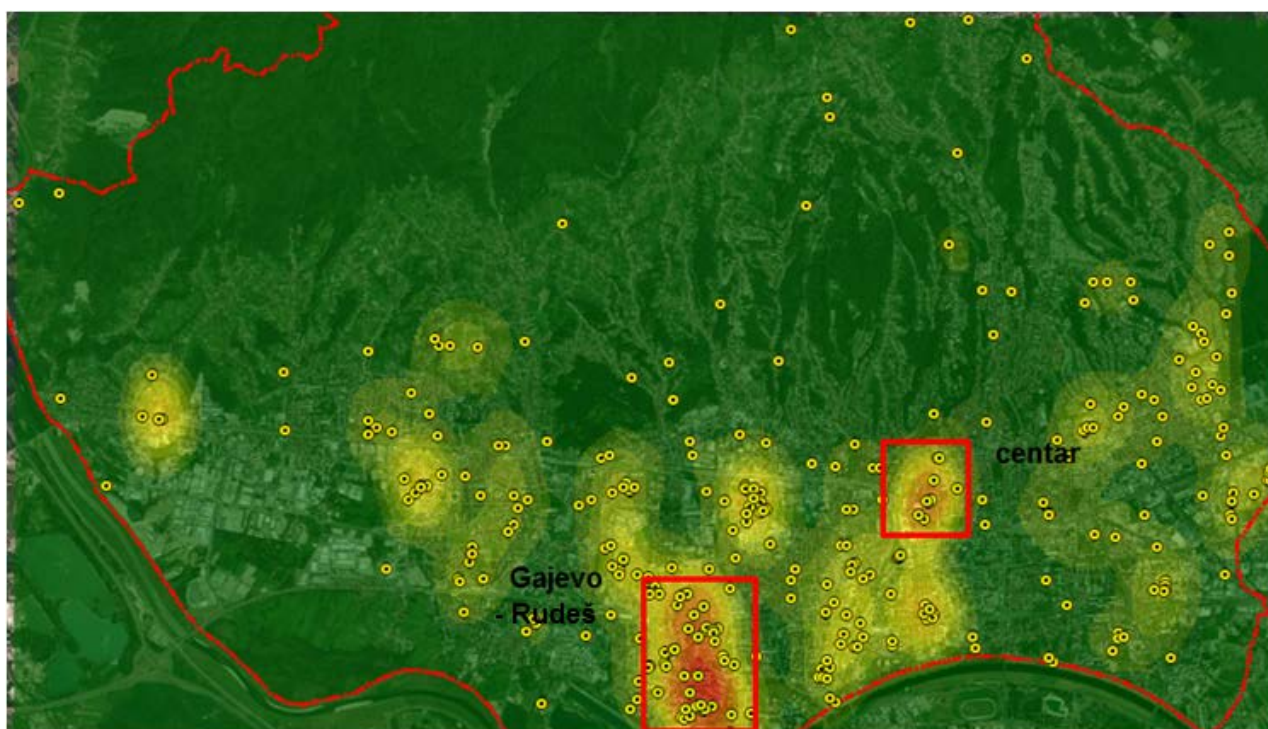
6.2. Pilot područje Zagreb

6.2.1. Preliminarna analiza

Kako je opisano u prethodnom poglavlju, preliminarna analiza počiva na podacima o provedenim intervencijama uslijed obilnih oborina. Iz dostupnih izvještaja JVP Zagreb odabrani su podaci koji su georeferencirani, a odnose se na razdoblje 2012.-2019. Kako bi se analizom obuhvatile isključivo pluvijalne poplave, odabrane su samo one intervencije čiji je uzrok bila jaka kiša, a za koje istovremeno nije bilo izvještaja obrane od poplava u Hrvatskim vodama.

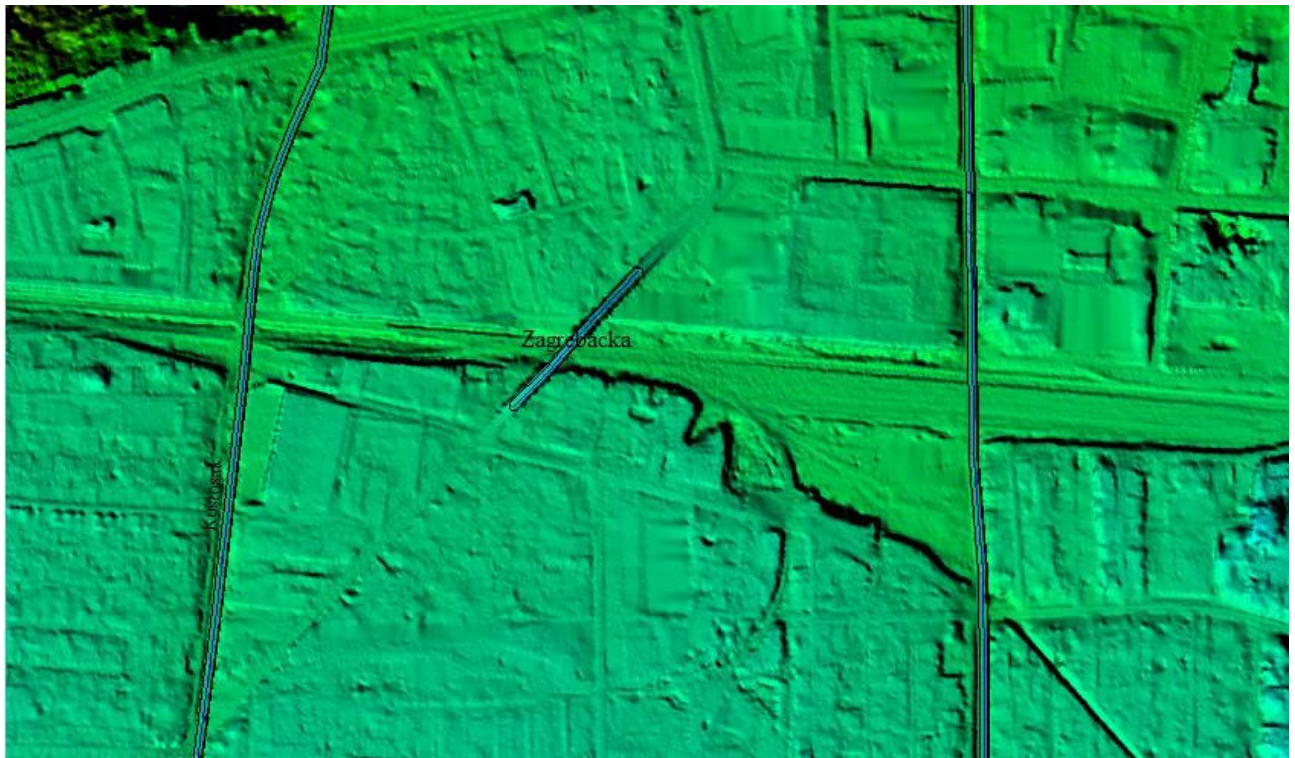
Iz prikaza je vidljivo da je najveći broj intervencija zabilježen u centralnom i istočnom dijelu grada, što je očekivano s obzirom na generalni pad terena (prema jugoistoku), visinske lomove i koeficijent izgrađenosti prostora kao i činjenice da je gotovo cijeli sjeverni dio sliva nenaseljen (Park prirode Medvednica).

GIS alatima određena je gustoća intervencija, a rezultati su pokazali da su najproblematičnija područja na prijelazu iz brdskog dijela sliva u nizinski (tu su ujedno i ušća vodotoka u kanalizaciju) te na lokacijama podvožnjaka (Škorpikova, Miramarska, Savska). Uočavaju se i dvije jače žarišne lokacije – područje naselja Gajevo i Rudeš, neposredno uzvodno od ušća Vrapčaka u Savu te dio centra grada omeđen Gundulićevom, Vodnikovom, Kačićevom i Ilicom.



Slika 6.3: Preliminarna karta rizika za pilot područje Zagreba, temeljena na podacima o vatrogasnim intervencijama izazvanim obilnim oborinama u razdoblju 2012.-2019.

U cilju potvrde ovih rezultata na osnovu LiDAR snimke napravljen je model terena, koji je potom dorađen, prvenstveno usijecanjem vodotokova i područja značajnijih denivelacija (podvožnjaci i sl.), koji su prema poplavnim izvještajima mjesta na kojima se pri svakoj jačoj kiši zadržava značajna količina vode. Iz Topografske osnove grada Zagreba 2018. preuzeti su podaci o namjeni i korištenju zemljišta, inicijalni gubitci i objekti su u ovoj fazi zanemareni, a rad kanalizacijskog sustava pretpostavljen. U skladu s razinom kvalitete ostalih ulaznih podataka zadana je oborina trajanja 120 minuta, jednoliko raspoređena na cijelom slivnom području, uz primjenu faktora redukcije.



Slika 6.4: Model terena zagrebačkog pilot područja te prikaz dorade modela urezivanjem vodotoka i podvožnjaka

- | | |
|-----------------|---|
| LULType | |
| 5100A | - obradivo zemljište – oranica |
| 5100B | - obradivo zemljište – livada |
| 5100C | - obradivo zemljište – voćnjaci i vinogradi |
| 5100D | - neobradivo |
| 5100E | - park |
| 5100F | - šumsko zemljište – šuma |
| 5100G | - šumsko zemljište – šikara |
| 5200 | - neplodno zemljište |
| 5300A | - izgrađene površine – javne |
| 5300B | - izgrađene površine – gospodarske |
| 5300C | - izgrađene površine – prometne |
| 5300D | - dvorište |
| 5300E | - izgrađene površine - objekti |
| 5300F | - izgrađene površine - groblje |
| 5400 | - površine intenzivne gospodarske djelatnosti |
| 5500 | - površine posebne namjene |
| ObjectType | |
| 2100A | - stambeni i mješoviti objekti |
| 2100B | - javni objekti |
| 2200 | - gospodarski objekti |
| 2300A | - kulturno-povijesni objekti |
| 2300B | - vjerski objekti |
| 2400 | - ostali objekti |
| 2500 | - objekti posebne namjene |
| TrafficAreaType | |
| 4100 | - cestovni promet |
| 4200A | - željeznički promet |
| 4200B | - tramvajski promet |
| 4300 | - zračni promet |
| WaterType | |
| 6100A | - vode tekućice |
| 6100B | - vode stajaćice |



Slika 6.5: Slojevi Topografske osnove Grada Zagreba 2018.

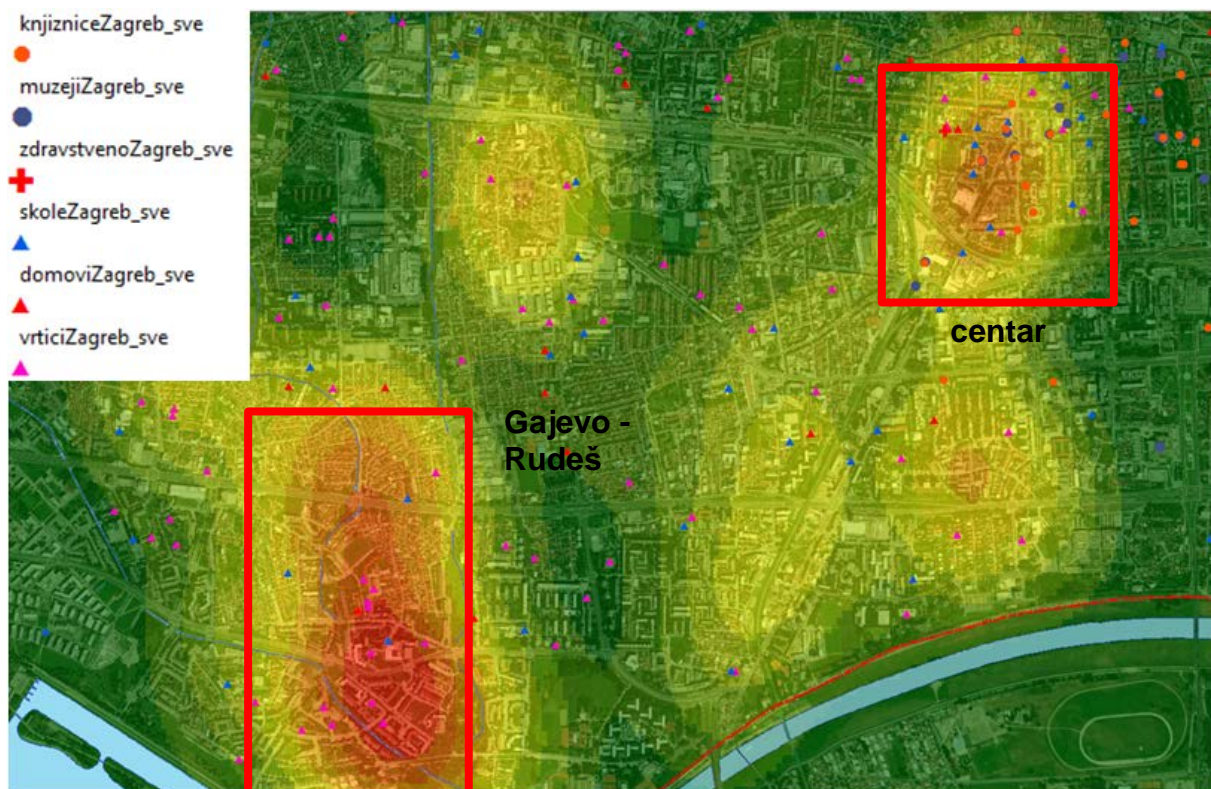
Generalna slika ukazuje na relativno dobro podudaranje rezultata s lokacijama vatrogasnih intervencija. Očekivano, najveći je udio dubina do 0,50 m, a veće dubine ostvarene su uglavnom u zoni denivelacija i prirodnih depresija.



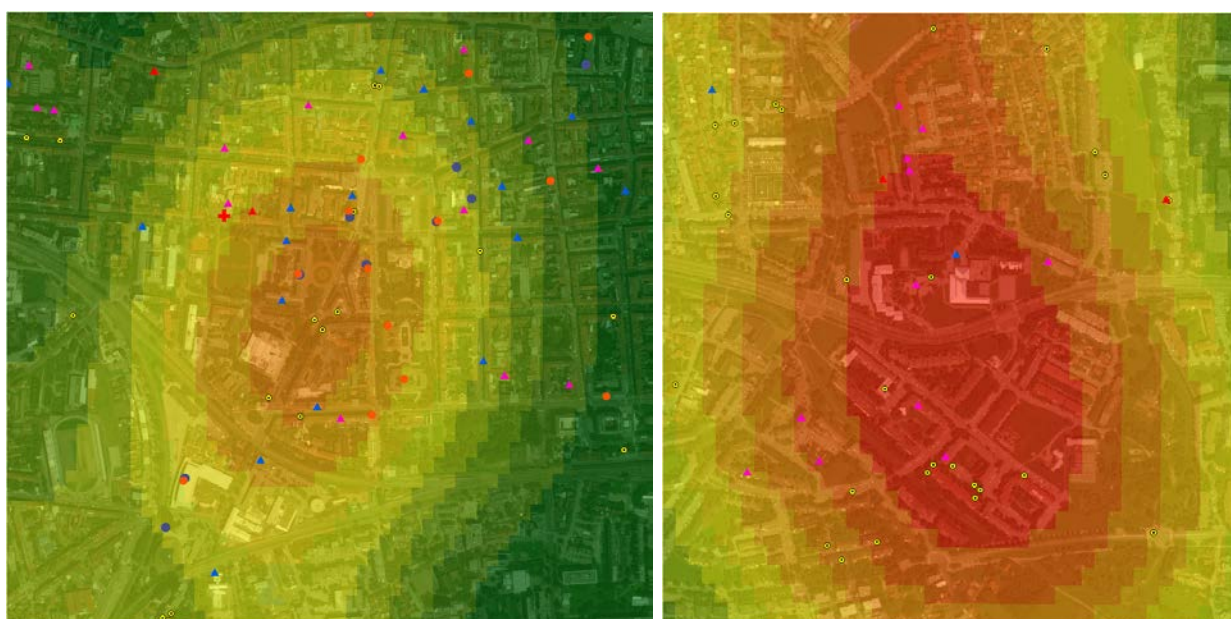
Slika 6.6: Prva faza modeliranja: usporedba rezultatnih dubina i lokacija intervencija u razdoblju 2012.-2019.

6.2.2. Odabir kritičnih lokacija

Preklapanje rezultata preliminarne analize s infrastrukturom ZIPP-a, u prvom redu objektima društvene namjene s većim broj potencijalno ugroženih korisnika (domovi za starije i nemoćne, ustanove za osobe s poteškoćama, dječji vrtići i slično), objektima hitnih službi (bolnice, vatrogasne i policijske postaje i sl.) te objektima kulturne i povijesne vrijednosti (muzeji, crkve, arhivi i sl.) može poslužiti kao smjernica za odabir kritičnih lokacija.



Slika 6.7: Preklapanje podataka o intervencijama s kritičnom infrastrukturom



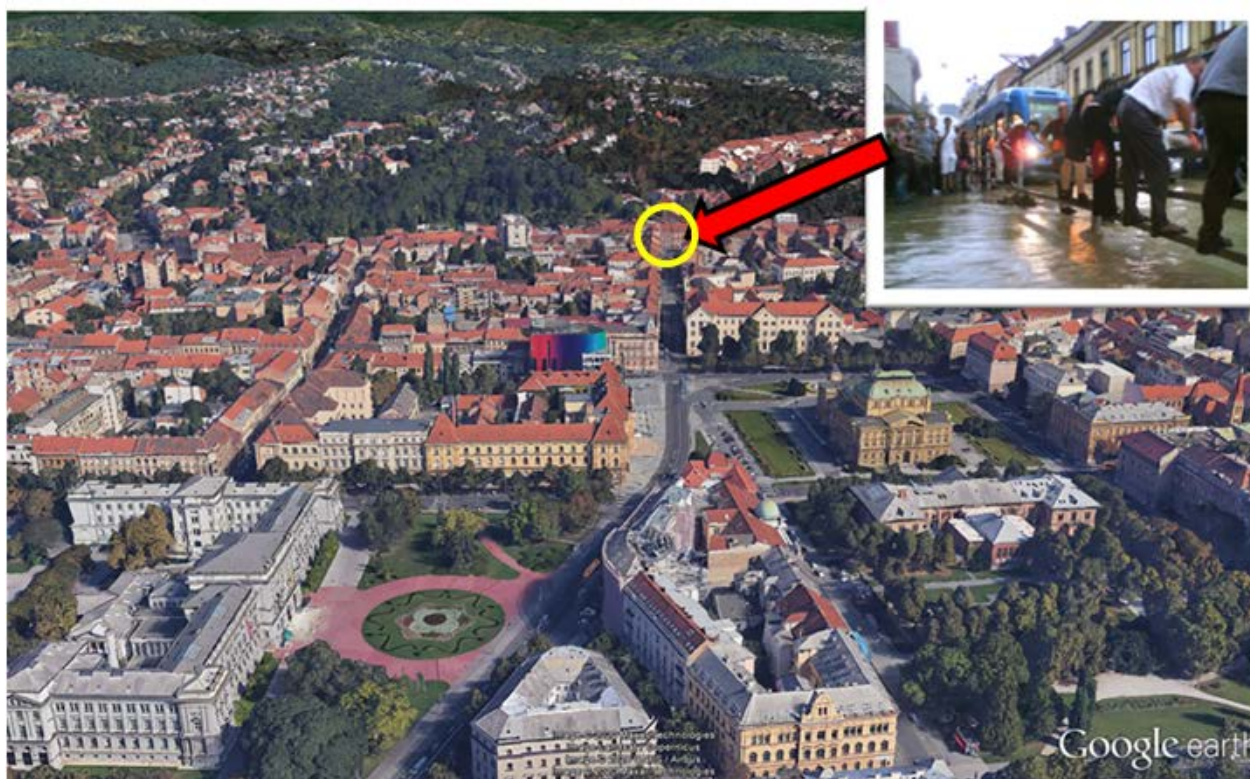
Slika 6.8: Žarišne lokacije na pilot području Zagreba (lijevo: centar, desno: Gajevo - Rudeš)

Generalno se može ustvrditi da je najveći broj ovakvih objekata smješten u centru grada, što je posljedica povijesnog razvoja prostora. Samim time su i štetne posljedice odnosno rizik veći. Ukoliko se razmotre uže dva navedena područja, može se zaključiti da su u centru grada najizloženije škole, knjižnice i muzeji, a tek onda domovi za starije i nemoćne te vrtići. Obrnuto vrijedi za područje Gajeva i Rudeša, gdje je veći udio vrtića i osnovnih škola, iznimno malen broj domova za starije, knjižnica i sl., dok bolnica, muzeja i sličnih ustanova nema.

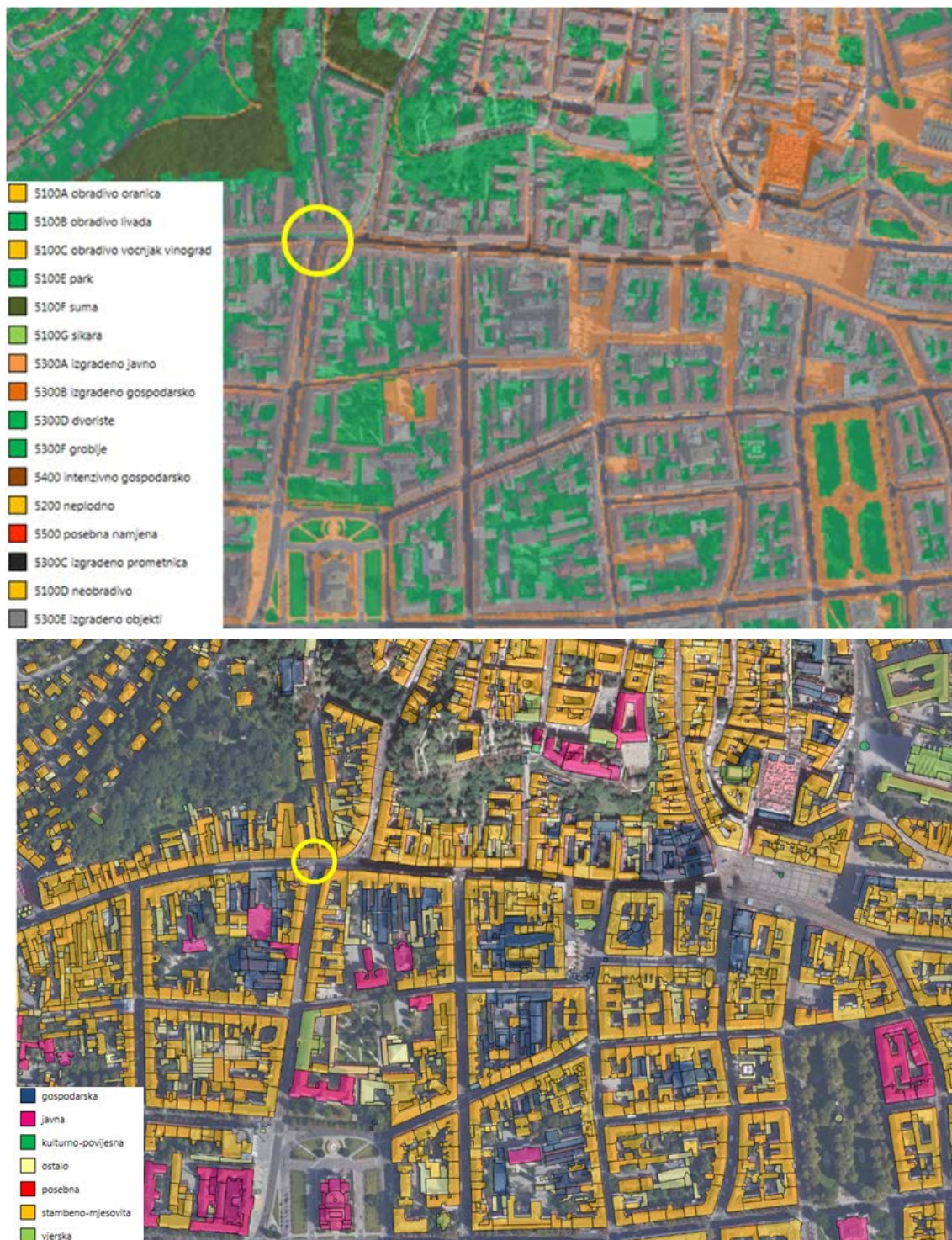
Važno je naglasiti u kontekstu ovakve analize da i sami GIS alati omogućavaju da se pojedinim elementima dade veći težinski udio. Tako na primjer, intervencija u jednoj bolnici ili jednom dječjem vrtiću može imati daleko veću težinu od intervencije u pojedinačnom kućanstvu ili na javnoj površini. Samim time i rezultirajuća karta rizika može biti znatno drukčija. Međutim, budući da je prostor odnosno njegov sadržaj iznimno dinamična komponenta cjelokupne analize, u konkretnom slučaju svim je elementima pridružena ista težina, a analiza rizika određena obzirom na trenutne sadržaje.

6.2.3. Detaljna analiza

Naručitelj je za daljnju analizu odabrao područje centra s obzirom da je riječ o prostoru na kojem je smješten velik broj javnih sadržaja (muzeji, kazališta, škole, hoteli, trgovine itd.) i kroz koji se odvija značajan promet. Područje je omeđeno Gundulićevom ulicom na istoku, Medulićevom na zapadu, Klaićevom odnosno Hebrangovom ulicom na jugu te prirodnom vododjelnicom na sjeveru.

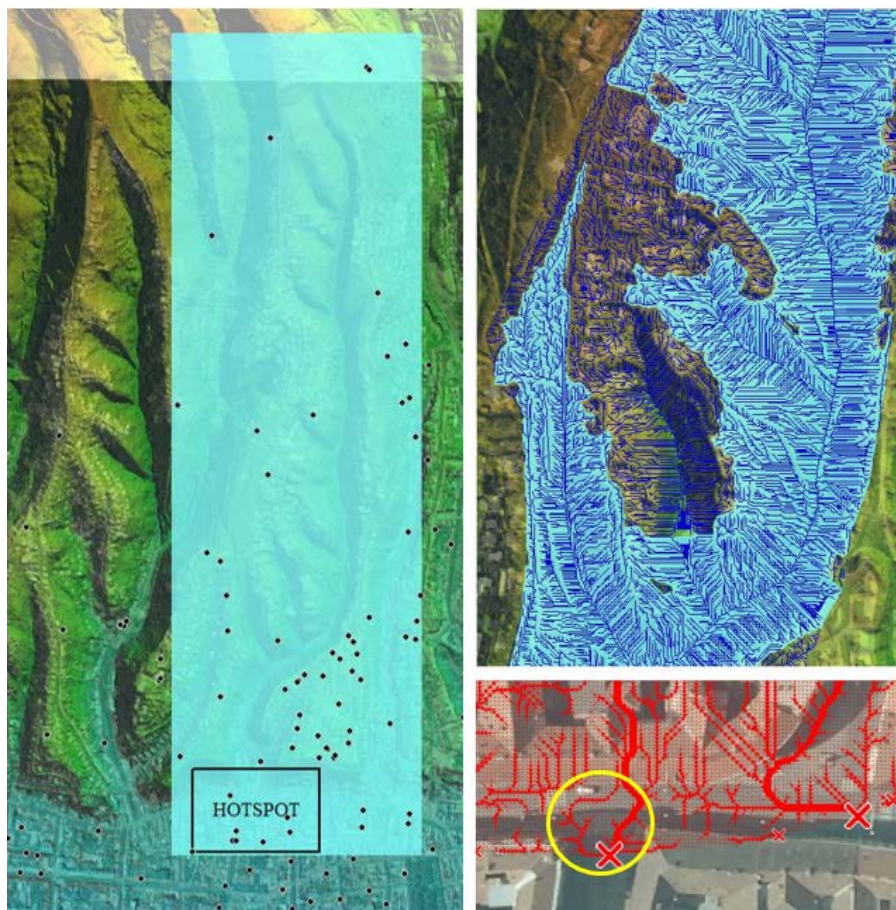


Slika 6.9: Područje detaljne analize na pilot području Zagreb



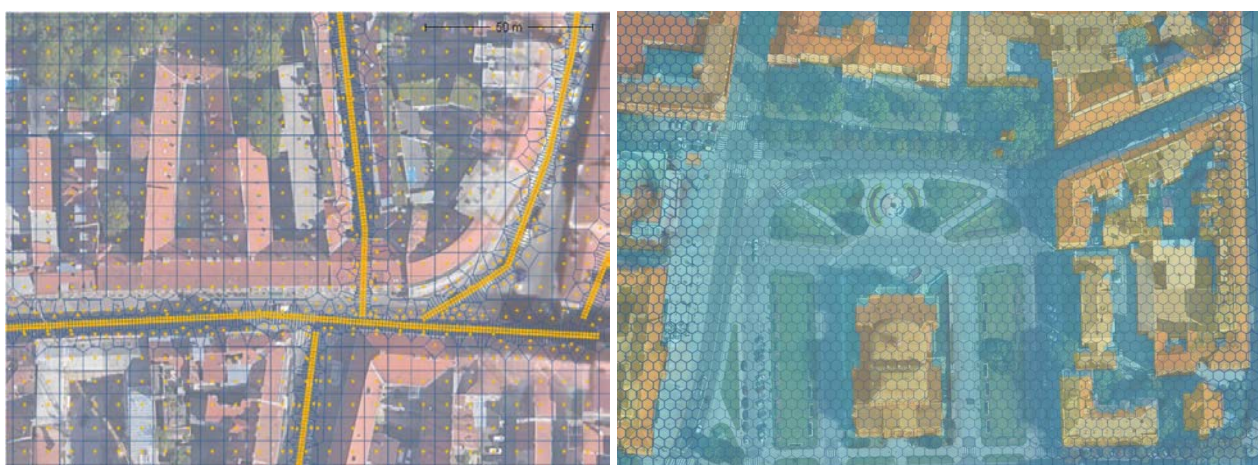
Slika 6.10: Korištenje i namjena prostora na odabranoj lokaciji

Iz prethodnih poplavnih izvještaja i raspoložive fotodokumentacije utvrđeno je da je najviše problema vezano uz obilne oborine na tom području bilo u Frankopanskoj ulici, koja je jedno od važnijih gradskih prometnih čvorišta. Kako je vidljivo iz naredne slike, ovom području gravitira značajan dio voda s nižih obronaka Medvednice. GIS analizama određeno je pripadno slivno područje te dominantne staze tečenja.



Slika 6.11: Područje detaljne analize

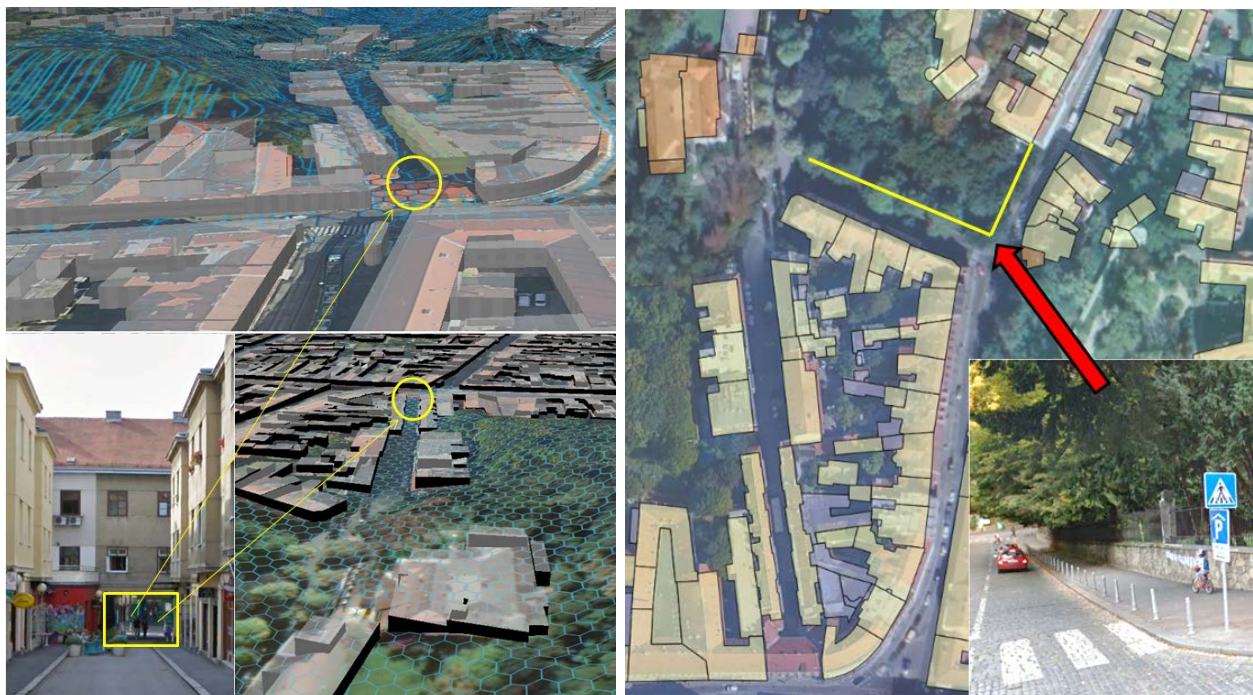
Ključni korak u ovoj fazi predstavlja izrada reprezentativnog modela terena te njegova prostorna diskretizacija. S obzirom na veličinu slivnog područja, za proračun su usvojene ćelije dimenzija 7x7 m jer se finija rezolucija pokazala s jedne strane vremenski zahtjevnom, a s druge nesukladnom razini kvalitete ostalih podataka.



Slika 6.12: Vrste diskretizacijskih mreža - kvadratna i heksagonalna

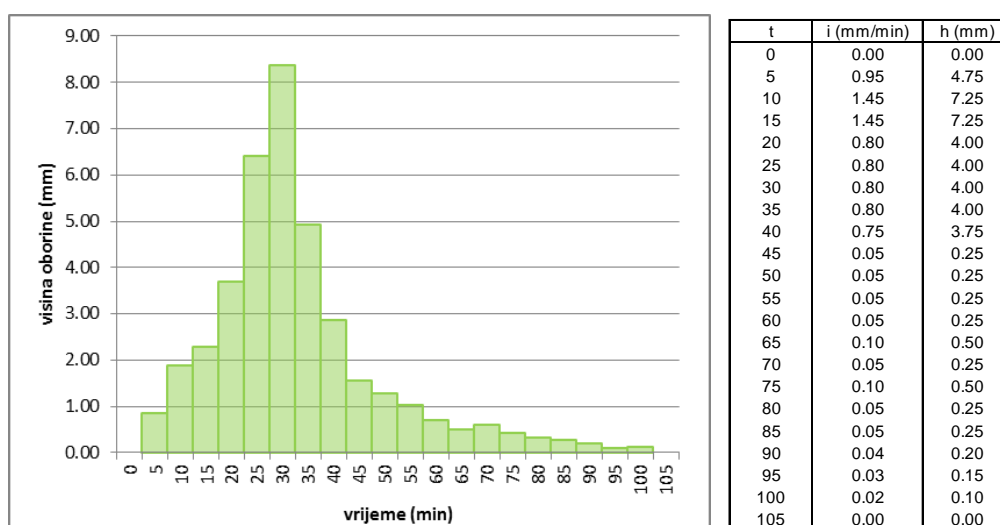
Također, baza topografskih podataka temeljem koje je izgrađen model terena ne sadrži neke od podataka koji mogu znatno utjecati na smjer tečenja. Problem zorno ilustrira naredena slika. Na slici je prikazan je model terena s objektima iz Topografske baze. Obilaskom terena utvrđeno je da

Dežmanova ulica ima direktan izlaz na llicu, pa je objekt iznad prolaza potrebno ukloniti kako bi se omogućilo otjecanje kroz Dežmanov prolaz. Nešto sjevernije od ove lokacije nalazi se dvorište ograđeno zidom prosječne visine 1,20 m, koji također nije unesen u topografsku bazu, a realno mijenja smjer otjecanja. Postoji i niz drugih detalja o kojima valja voditi računa pri modeliranju odnosno pri odabiru veličine prostora koji se obrađuje (npr. krovšta i sl.).



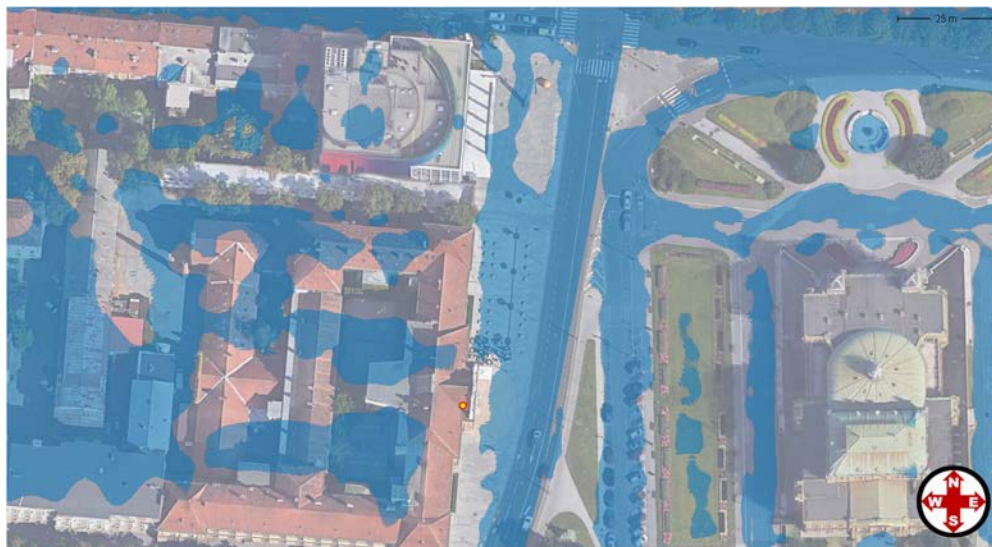
Slika 6.13: Objekti na odabranoj lokaciji (modifikacija)

Na modelu je provedena simulacija kišne epizode 27. lipnja 2009. godine. Prema podacima iz „Analize oborina na pilot područjima u Istri i Zagrebu“, na stanici Grič zabilježeno je ukupno 42,2 mm oborine, koja je pala tijekom cca 100 minuta. Oborina je zadana u obliku projektog pljuska, u vremenskim koracima od 5 minuta.



Slika 6.14: Hijetogram kiše 27.lipnja 2009.

U novinskim napisima navodi se da je nevjericom praćeno jakom kišom i grmljavinom počelo oko 18 sati te da pojedini dijelovi kanalizacijskog sustava nisu mogli kapacitirati svu oborinu pa se voda zadržavala na površini. U nekim dijelovima grada bio je otežan promet, a mnogi tramvaji su stajali. Rezultati modela pokazali su relativno dobro podudaranje s podacima o intervencijama.



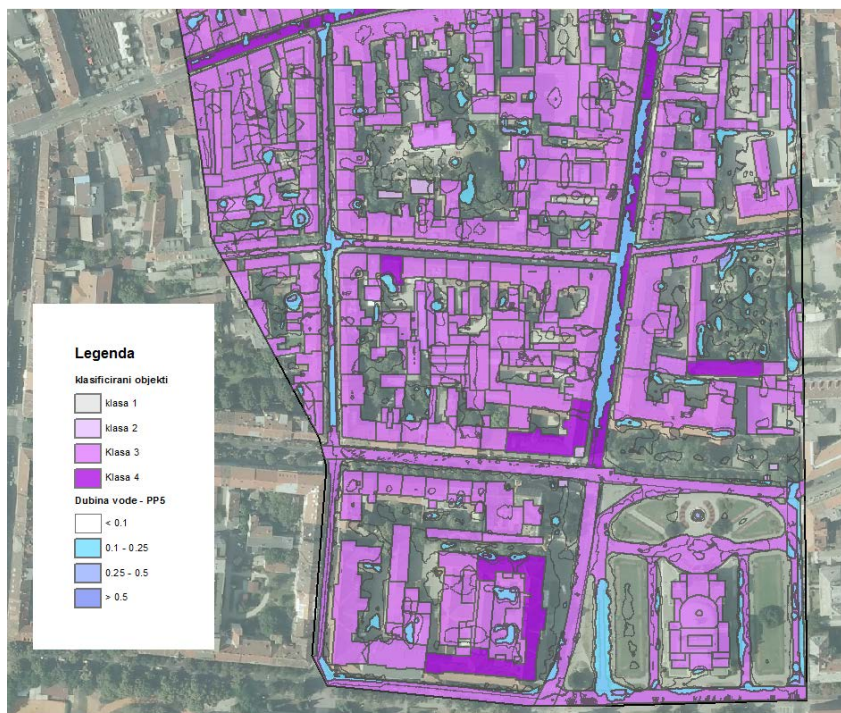
Slika 6.15: Rezultati simulacije kišne epizode 27.6.2009.

Na modelu su potom razrađeni scenariji za povratna razdoblja od 5, 20 i 100 godina te jedan ekstremni scenarij (100 g.p.p. i otkazivanje sustava odvodnje). Zadane su očekivane visine oborina prema podacima iz „Analize oborina na pilot područjima u Istri i Zagrebu“ za stanicu Grič.

Tablica 6.1: Očekivane visine oborina na stanici Grič

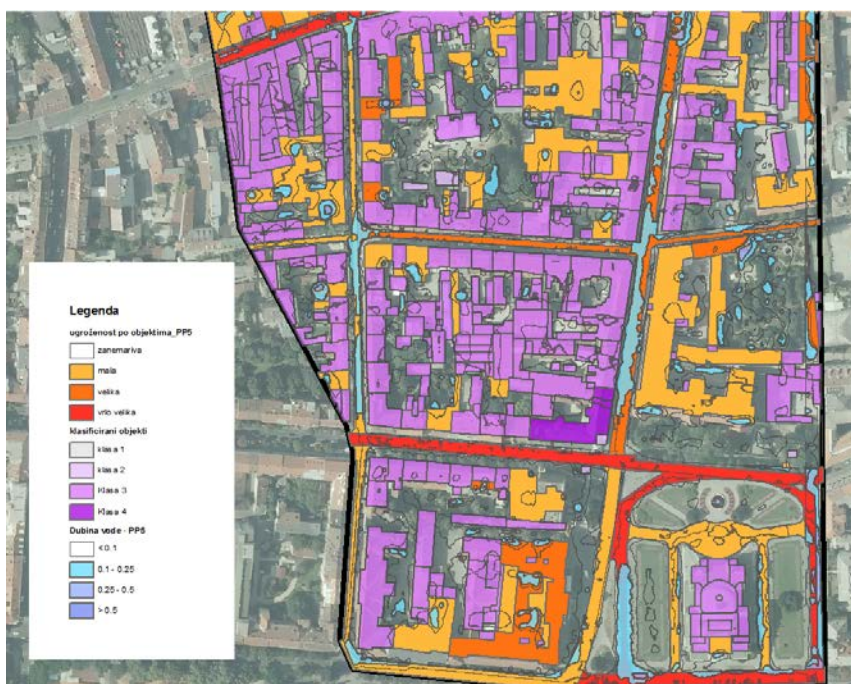
trajanje kiše (t)		GRIČ					
min	sati	2	5	10	20	50	100
10	0.17	10.41	14.43	17.27	20.13	24.05	27.15
20	0.33	13.84	19.17	22.89	26.62	31.67	35.63
30	0.50	16.34	22.63	27.00	31.34	37.20	41.76
40	0.67	18.39	25.46	30.35	35.19	41.70	46.75
50	0.83	20.15	27.90	33.23	38.51	45.56	51.02
60	1.00	21.72	30.06	35.79	41.44	48.85	54.47
90	1.50	24.21	33.05	39.31	45.21	52.98	58.89
120	2.00	26.02	35.35	41.87	48.04	56.12	62.25
150	2.50	27.53	37.24	43.98	50.35	58.68	64.98
180	3.00	28.82	38.86	45.78	52.33	60.86	67.30
210	3.50	29.96	40.28	47.36	54.05	62.77	69.33
240	4.00	30.98	41.56	48.77	55.60	64.47	71.14
300	5.00	32.77	43.78	51.22	58.28	67.41	74.26
360	6.00	34.31	45.69	53.32	60.56	69.92	76.92
420	7.00	35.67	47.36	55.16	62.56	72.11	79.24
480	8.00	36.89	48.86	56.80	64.35	74.06	81.30
540	9.00	38.00	50.23	58.29	65.96	75.83	83.16
600	10.00	39.02	51.48	59.66	67.44	77.44	84.87
660	11.00	39.97	52.64	60.92	68.81	78.94	86.44
720	12.00	40.85	53.72	62.10	70.09	80.32	87.90
780	13.00	41.68	54.73	63.20	71.28	81.62	89.27
840	14.00	42.47	55.69	64.24	72.40	82.84	90.55
900	15.00	43.21	56.59	65.22	73.46	83.99	91.76
960	16.00	43.92	57.45	66.15	74.47	85.08	92.91
1020	17.00	44.60	58.27	67.04	75.43	86.12	94.00
1080	18.00	45.24	59.06	67.89	76.34	87.11	95.04
1140	19.00	45.86	59.81	68.70	77.22	88.06	96.04
1200	20.00	46.46	60.53	69.48	78.06	88.97	96.99
1260	21.00	47.03	61.22	70.23	78.86	89.84	97.91
1320	22.00	47.59	61.89	70.95	79.64	90.68	98.79
1380	23.00	48.12	62.54	71.65	80.39	91.49	99.64
1440	24.00	48.64	63.16	72.32	81.11	92.27	100.46

Izlazni rezultati mogu se prikazati u vidu plohe vodnih lica, rastera dubina, brzina, trajanja itd. Za potrebe izrade karata opasnosti odabran je raster najvećih ostvarenih dubina (anvelopa).



Slika 6.16: Izvod iz karte opasnosti od pluvijalnih poplava za veliku vjerojatnost pojave

Preklapanjem karata opasnosti s podacima o namjeni i korištenju prostora, kako je opisano u poglavlju 5.3.2., dobivaju se karte rizika od poplava. Objekti su raspoređeni u četiri klase s obzirom na potencijal štete: klasa 1 predstavlja zanemariv, klasa 2 mali, klasa 3 srednji, a klasa 4 veliki potencijal.

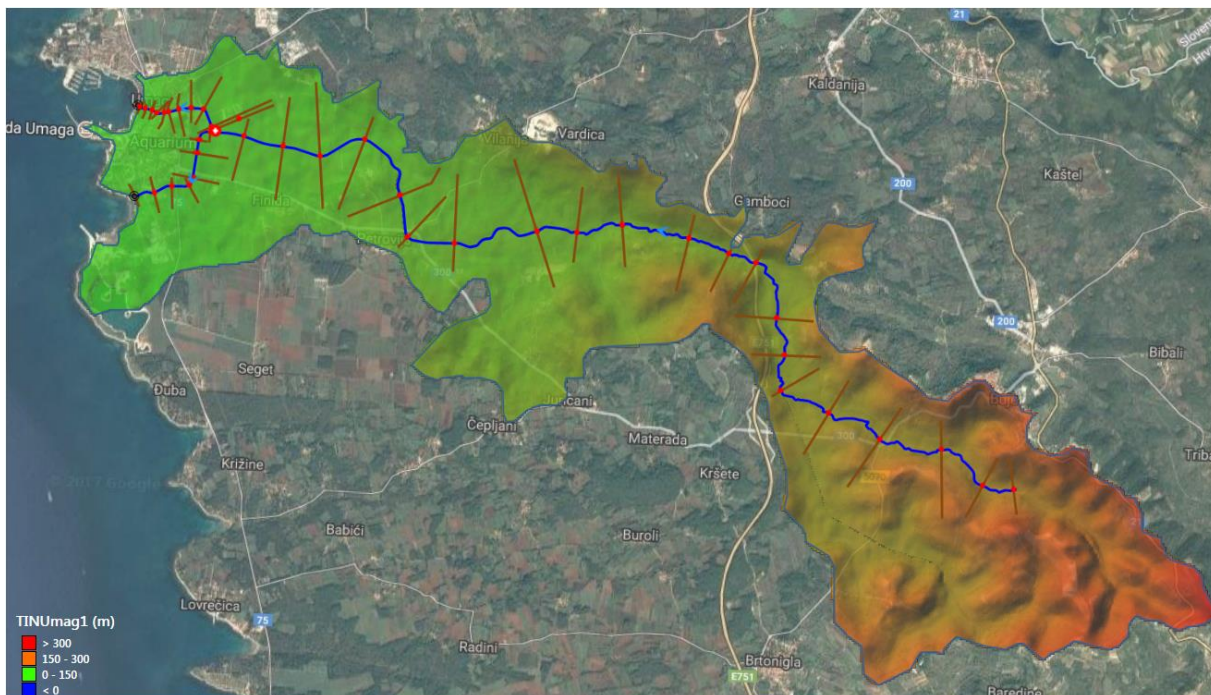


Slika 6.17: Izvod iz karte rizika od pluvijalnih poplava za veliku vjerojatnost pojave

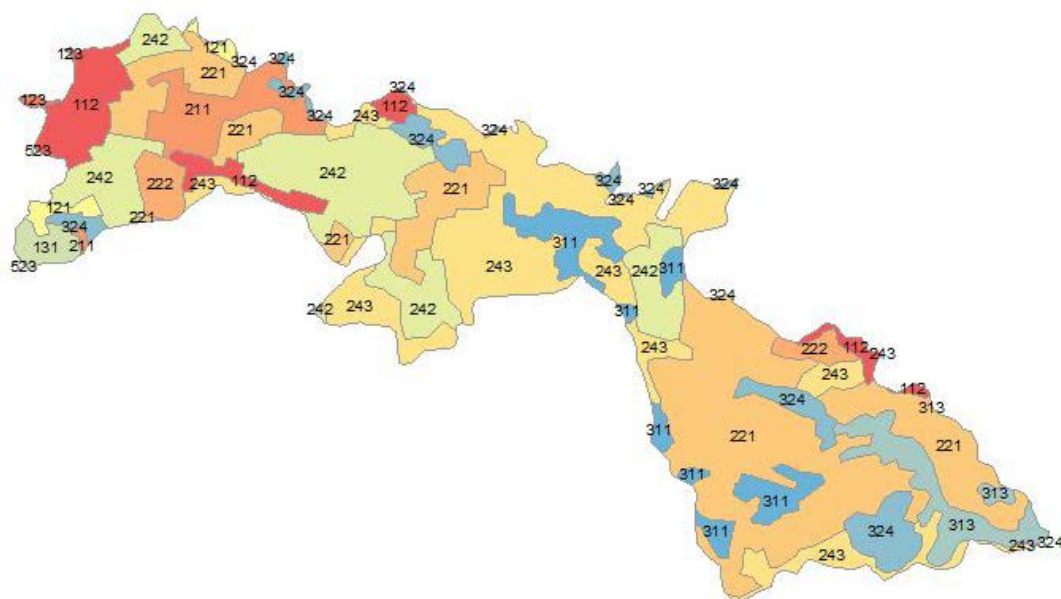
6.3. Sliv Umaškog potoka

6.3.1. Preliminarna analiza

Za područje Umaga ne raspolažemo LiDAR snimkom niti bazom infrastrukturnih podataka kao za područje Zagreba. Stoga je za izradu modela terena korišten model terena s <https://scihub.copernicus.eu/>. I ovaj model terena je dorađen u smislu usijecanja vodotoka putem kojih se sliv rasterećuje, a parametri korita preuzeti su dijelom iz DMR podloga, dijelom iz dostupne projektne dokumentacije, a jednim dijelom su i procijenjeni.



Slika 6.18: Model terena sliva Umaškog potoka



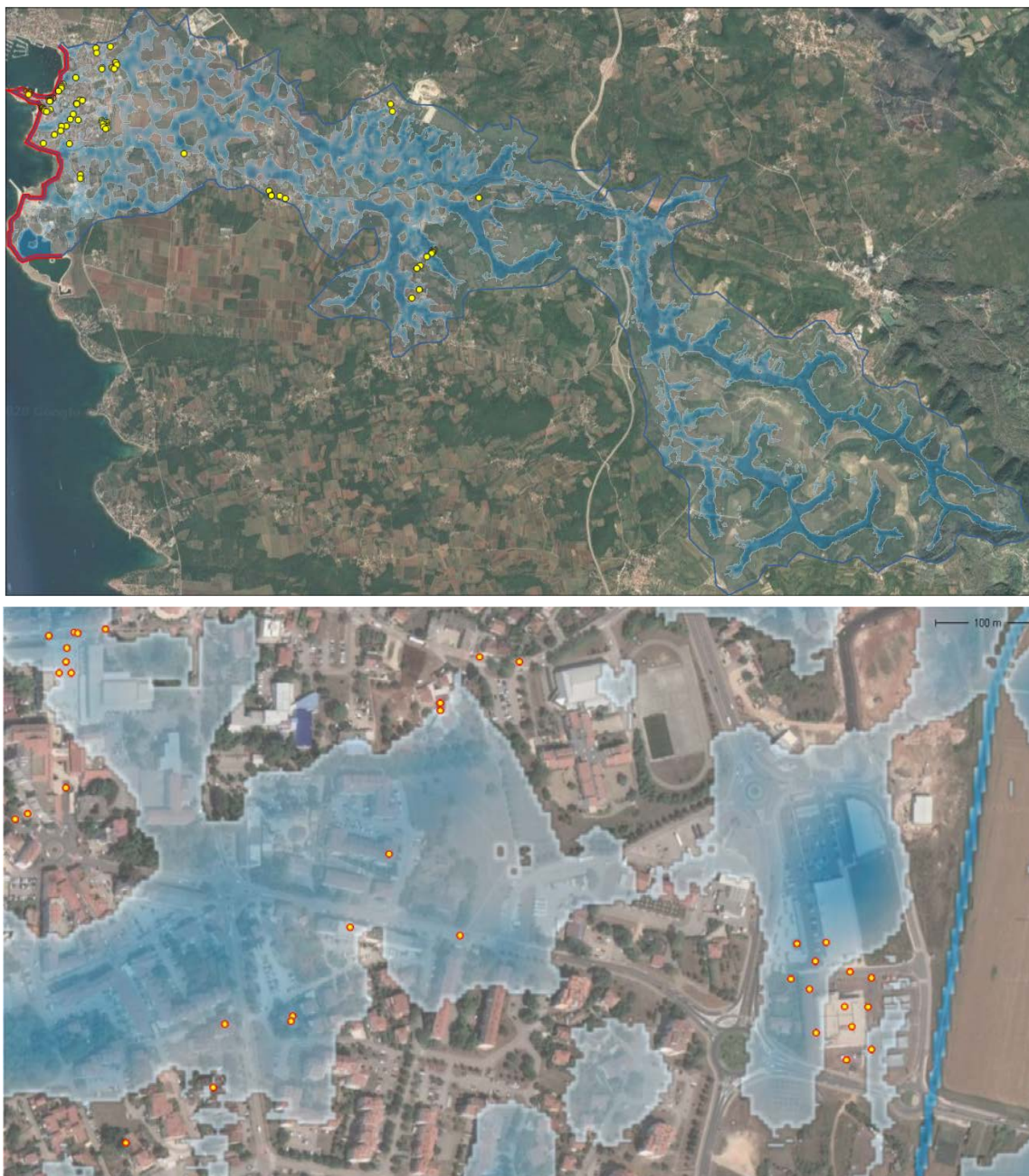
Slika 6.19: CLC slojevi na slivu Umaškog potoka

Za potrebe preliminarne analize dobiveni su podaci o intervencijama JVP Umag koja je nadležna za područje sliva Umaškog potoka. Dostupni podaci odnose se na razdoblje 2014.-2018. Iz izvještaja je uočeno da je veći broj intervencija zabilježen dana 15.10.2014. i 13.11.2017., a izvještajima je obuhvaćen i znatan broj intervencija izvan područja obuhvata odnosno na širem području Umaga. Izvještaji daju podatak o lokaciji i datumu, ali su uzroci poplavlivanja (fluvijalne ili pluvijalne poplave, poplave mora, tehnički kvar itd.), kao i posljedice, nepoznati. Ova činjenica ujedno predstavlja i najveći nedostatak ovakve procjene. Korištenjem GIS alata dobivena je preliminarna karta rizika, iz koje se uočava jedna veća žarišna lokacija, unutar samog grada Umaga te dvije manje, uzvodnije u slivu, na području naselja Donji Picudo i Petrovija.



Slika 6.20: Preliminarna karta rizika za pilot područje Umaga

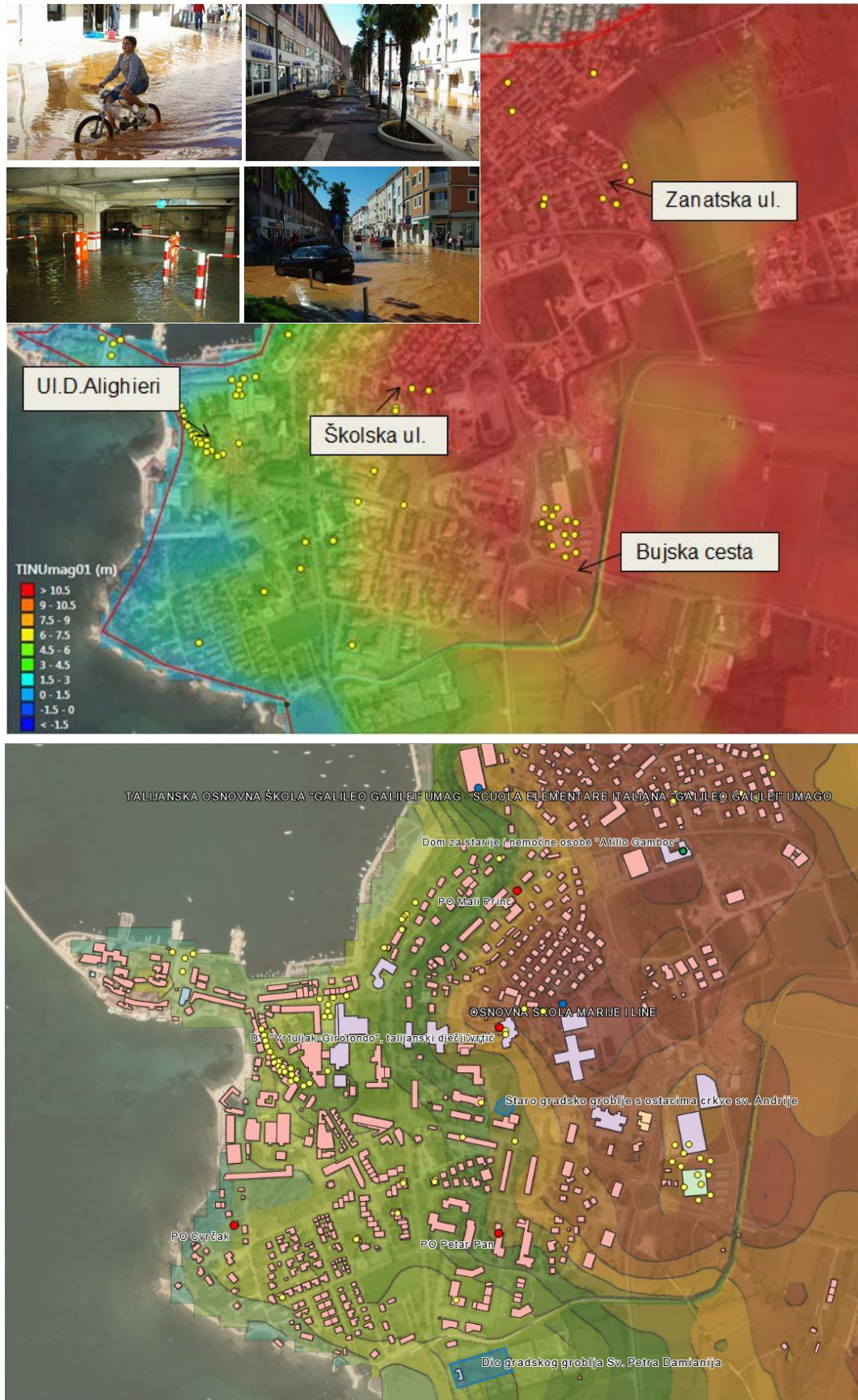
Dodatno je izvršena simulacija 2D nestacionarnog tečenja u HEC-RAS modelu. S obzirom na namjenu preliminarne analize, terena je u modelu prezentiran ćelijama u rasteru 25x25 m. Zadana je oborina trajanja 120 minuta, jednoliko raspoređena na cijelom slivnom području, uz primjenu faktora redukcije oborine. Rad kanalizacijskog sustava u ovoj fazi je zanemaren. Vidljivo je da se lokacije intervencijau određenoj mjeri poklapaju s rezultatima modela. Razlike proizlaze najvjerojatnije uslijed prenamjene prostora (izgradnja gospodarskih zona), izvedbe regulacijskih zahvata (Južni krak, nadsvođenje dionica vodotoka i sl.). Za daljnju analizu Naručitelj je odabrao područje grada Umaga.



Slika 6.21: Prva faza modeliranja: usporedba rezultatnih dubina i lokacija intervencija u razdoblju 2014.-2018.

6.3.2. Odabir kritičnih lokacija

Na području Umaga, najveći broj intervencija u razdoblju 2014.-2018. zabilježen je u samom centru grada (Ulica Dante Alighierija, Trgovačka ulica), zatim u Školskoj i Zanatskoj ulici te na području trgovačke zone uz Bujsku cestu na ulazu u grad. Na temelju dostupnih poplavnih izvještaja nije se moglo pouzdano ustvrditi da su intervencije u Ulici Dante Alighierija posljedica isključivo obilnih oborina pa su iste izbačene iz daljnje analize.



Slika 6.22: Vatrogasne intervencije na području Grada Umaga u razdoblju 2014.-2018.

Nakon poplave 2010. na području grada Umaga izvedena je regulacija južnog kraka Umaškog potoka, s nadsvođenjem pojedinih dionica (uz groblje) i izgradnjom razdjelne građevine na spoju glavnog toka i južnog kraka, čime je povećana sigurnost grada od poplavlivanja. Veći stupanj sigurnosti planira se postići izgradnjom retencije „Ljublanija” uzvodnije u slivu.

Gledajući strukturu ugroženih sadržaja na području grada, vidljivo je da su objekti društvene namjene s ranjivim skupinama (vrtići, domovi i slično) smješteni na rubnim dijelovima, dok se u samom centru, gdje je ujedno zabilježen najveći broj intervencija nalaze uglavnom objekti uslužnih djelatnosti (banke, trgovine, restorani i slično).



Slika 6.23: Namjena objekata na razmatranom području

6.3.3. Detaljna analiza

Za odabrano područje Umaga prethodno izrađen model terena je diskretiziran prostornom mrežom 7x7 m i dopunjen je objektima iz Open Street Map baze. Podaci iz CLC baze morali su biti dorađeni ručno budući da su na ovoj razini bili pregrubi. Budući da su detalji vezano uz rad kanalizacijskog sustava nepoznati, njegov je utjecaj procijenjen.

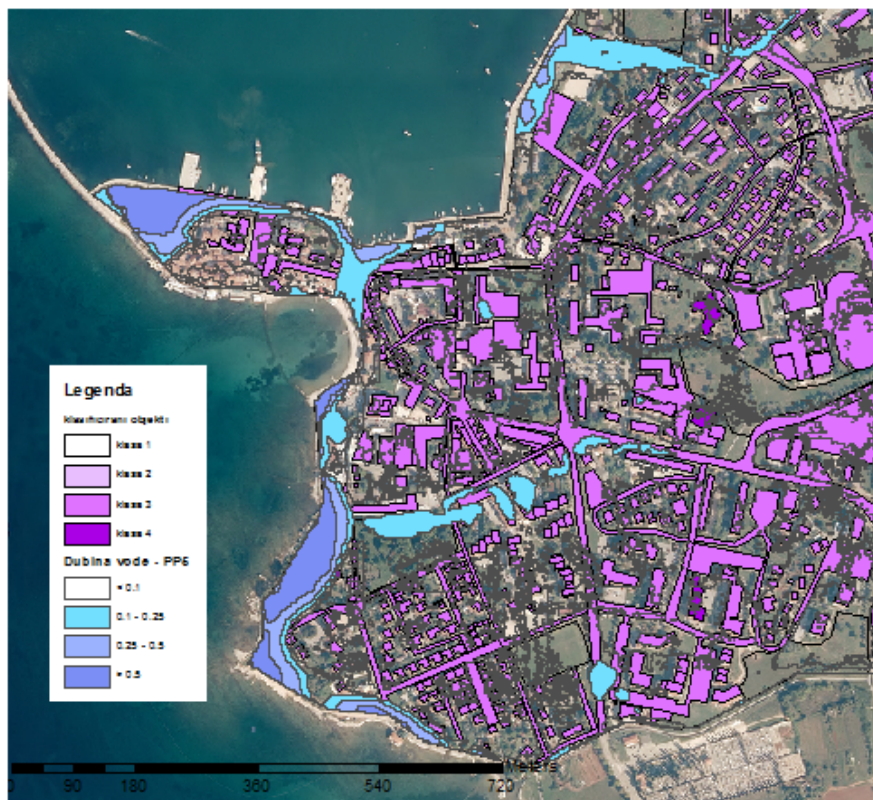


Slika 6.24: Prostorna diskretizacija odabrane lokacije

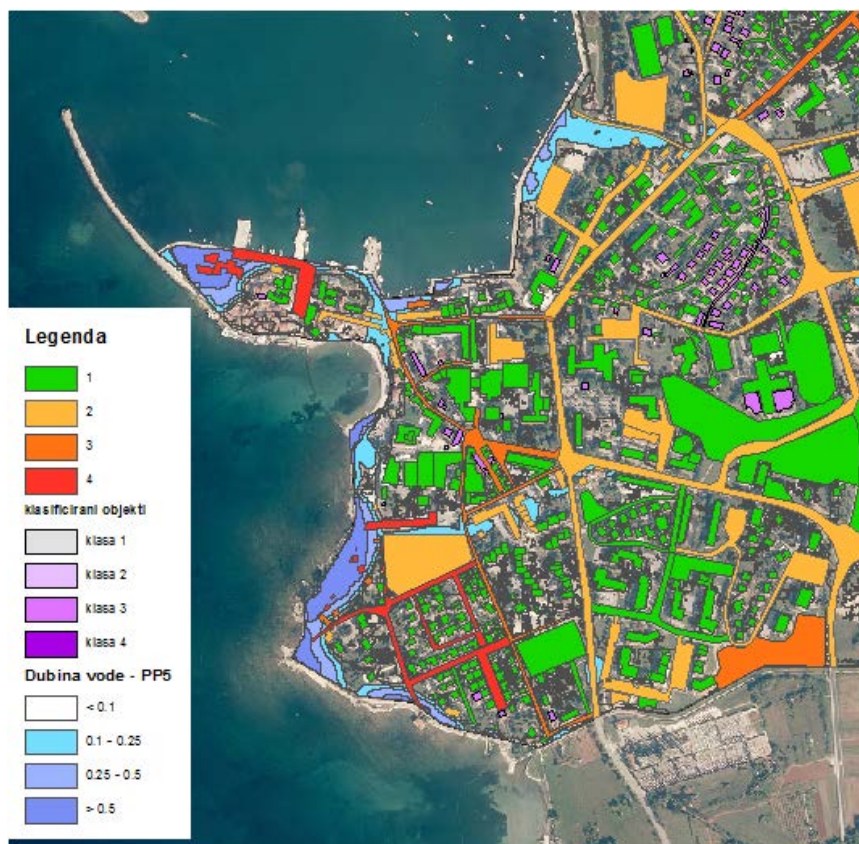
Hidrološko-hidraulički model izrađen je u HEC-RAS-u, gdje su zadani scenariji istih vjerojatnosti pojave kao na pilot području Zagreba. Iz „Analiza oborina na pilot područjima u Istri i Zagrebu“ su preuzeti podaci o očekivanoj visini oborine trajanja 120 minuta na klimatološkoj postaji Celega. Oborina je zadana u obliku projektnog pljuska, za 5, 20, 100 godišnje povratno razdoblje, a scenarij ekstremnog događaja je kombinacija 100-godišnje oborine uz zakazivanje rada kanalizacijskog sustava i porast razine mora s 1,06 m n.m. na 1,51 m n.m.

Tablica 6.2: Očekivane visine oborina na klimatološkoj postaji Celega prema noveliranim HTP odnosima

trajanje kiše (t)		CELEGA					
min	sati	2	5	10	20	50	100
10	0.17	13.37	19.94	24.46	28.92	34.87	39.48
20	0.33	18.52	27.18	33.00	38.63	45.98	51.55
30	0.50	22.40	32.59	39.32	45.76	54.05	60.26
40	0.67	25.64	37.06	44.53	51.60	60.63	67.31
50	0.83	28.47	40.95	49.04	56.64	66.27	73.35
60	1.00	31.01	44.43	53.06	61.12	70.79	77.83
90	1.50	37.51	53.05	61.30	68.32	76.33	83.64
120	2.00	40.62	55.80	64.53	71.98	80.52	88.01



Slika 6.25: Izvod iz karte opasnosti od pluvijalnih poplava za veliku vjerojatnost pojave

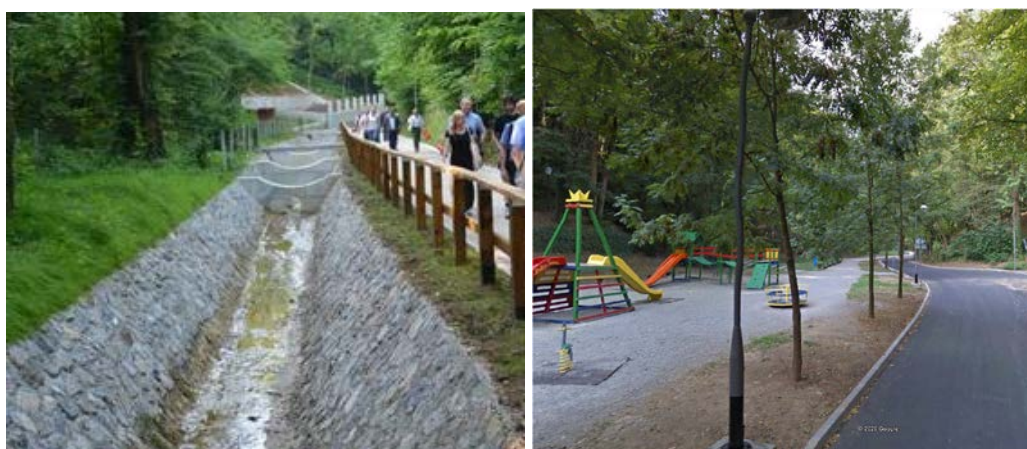


Slika 6.26: Izvod iz karte rizika od pluvijalnih poplava za veliku vjerojatnost pojave

6.4. Prijedlog mjera za smanjenje rizika od pluvijalnih poplava

6.4.1. Pilot područje Zagreb

Kako je navedeno u opisu područja, kritičnoj lokaciji gravitira značajan dio sliva s nižih obronaka Medvednice. Stoga se kao prva mjera smanjenja rizika nameće mjera zadržavanja oborine uzvodnije u slivu. Za povećanje otpornosti sustava odvodnje oborinskih voda s urbanih područja preporučuju se u svijetu sve češće korištene LID metode, kojima se oborinske vode zbrinjavaju (reteniraju, akumuliraju, infiltriraju) što bliže mjestu njihova formiranja. Stoga je dan prijedlog da se u uzvodnom dijelu sliva, na neizgrađenom dijelu područja postave podzemne retencije koje imaju svrhu prikupiti oborinske vode, privremeno ih retenirati odnosno produljiti staze otjecanja i na taj način smanjiti vršno opterećenje u prometnoj i gusto naseljenoj gradskoj zoni (mjera U13).



Slika 6.27: Pogled na uzvodni dio sliva (Dubravkin put) i proširenje na spoju s ulicom Tuškanac



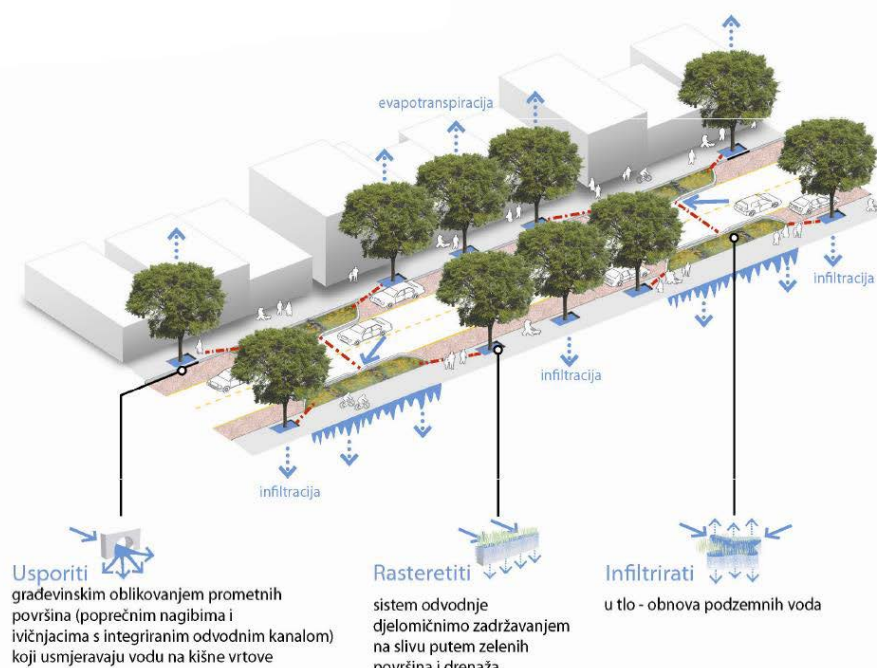
Slika 6.28: Primjer ugradnje podzemnih rezervoara u gradskim prostorima – primjer Bangkoka (izvor: TED)

Nadalje, iz rezultata je uočeno da se dio oborina zadržava unutar dvorišta gradskih blokova, koji su često u funkciji parkirališta i skladišnih prostora. U cilju poboljšanja hidroloških uvjeta na takvim mikrolokacijama predlaže se ugradnja adekvatnih sustava odvodnje (mjera U09), koji mogu biti kombinirani i s različitim vegetativnim gradnjama u cilju povećanja infiltracije i evapotranspiracije, kao i s mjerama zamjene standardnih krovovišta zelenim krovovima (mjera U04).



Slika 6.29: Primjena mjera zelene infrastrukture na smanjenje rizika na odabranom području

Također, na parkirališnim površinama uz centralne gradske prometnice potrebno je preispitati mogućnost uvođenja zelenih elemenata u sustave odvodnje (mjere U09, U12).



Slika 6.30: Integralni pristup sustavu urbane odvodnje

6.4.2. Pilot područje Umag

Promatrano područje Grada Umaga karakterizira uglavnom individualna izgradnja odnosno obiteljske kuće s okućnicama i vrtovima, dok su višestambene zgrade prisutne u manjoj mjeri. Nadalje, riječ je o priobalnom području koje karakterizira prisutnost složenog utjecaja kolebanja razine mora na otjecanje, kako na dnevnoj tako i na višegodišnjoj vremenskoj skali. U kontekstu klimatskih promjena i tendencije porasta razine mora, problematika pluvijalnih poplava u ovakvim područjima dobiva dodatnu težinu.

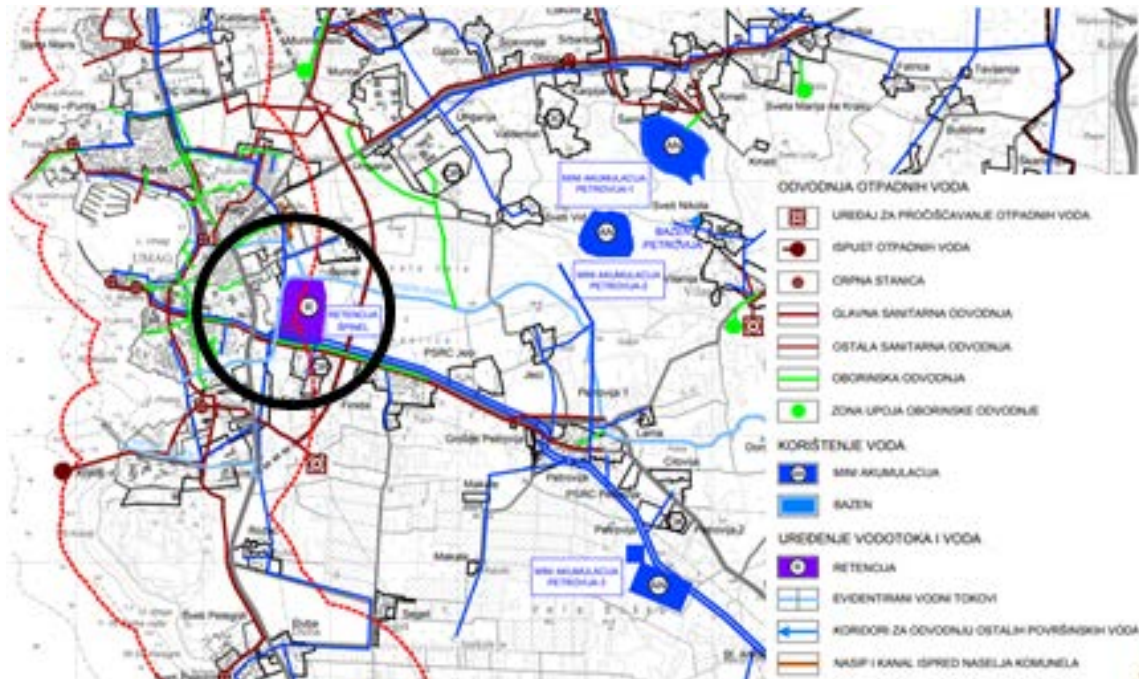
Promatrajući samo odabranu mikrolokaciju i generalni smjer rasprostiranja vode može se zaključiti da su za smanjenje rizika na odabranoj lokaciji optimalne mjere kojima se vode zadržavaju na mjestu njihova nastanka, izgradnjom detencija, sustava infiltracije, polupropusnih prometnih površina i slično (mjere U01, U04). Nadalje, budući da su u neposrednom prostoru smještene dvije odgojno-obrazovne ustanove (škola i vrtić), vrlo je korisno povezati ove strukturne mjere s mjerama edukacije o opasnostima od poplava (mjere P04 i P05) i načina na koji možemo smanjiti rizik od poplava kroz praktičan rad (npr. izgradnjom zelenih krovova ili kišnih vrtova u okruhu škole – mjere U04, U01, U02).



Slika 6.31: Mjere smanjenja otjecanja na odabranoj lokaciji

Gledajući šire područje Umaga, na temelju digitalnog modela terena utvrđeno je da u njegovu zaleđu postoji velik broj prirodnih depresija bez mogućnosti gravitacijskog površinskog odvodnjavanja. Dodatne nepovoljne okolnosti su sastav tla, koji onemogućava infiltraciju većih količina oborina te visoka razina podzemnih voda. Zbog toga je nužno jačati otpornost takvih

sustava na način da se oni dopunjuju retencijskim prostorima, a da se novi hidromelioracijski sustavi planiraju tako da se vodi računa o oborinskim vodama kao mogućem resursu za osiguranje vode za navodnjavanje (mjera R02). Osim prethodno spomenute retencije Ljubljanija, koja je u funkciji redukcije protoka Umaškog potoka odnosno zaštite nizvodnog dijela sliva, prostornim planom Grada Umaga predviđena je izgradnja retencije Špinel neposredno uz Južni krak Umaškog potoka.



Slika 6.32: Prostorni plan Grada Umaga predviđa prostor za izgradnju retencija

Također, na širem području sliva Umaškog potoka primjerene su i mjere revitalizacije vodotoka (mjera R03) te niza agrotehničkih mjera u uzvodnom dijelu sliva koje će pridonijeti smanjenju erozije tla i smanjenju otjecanja.



Slika 6.33: Mjere revitalizacije vodotoka i zaštite od erozije

6.4.3. Zaključci i preporuke

Uvidom u karakteristike odabranih pilot područja uočene su značajne razlike kako u karakteristikama poplava tako i u odgovoru područja na njihove posljedice. Na zagrebačkom

području kao ograničavajuć faktor u sprečavanju negativnih posljedica pluvijalnih poplava identificiran je visoki koeficijent izgrađenosti, dok je za umaško područje to visoka razina mora odnosno njezin utjecaj na sustave odvodnje. S obzirom na sam karakter kratkotrajnih obilnih oborina, naglasak se stavlja na preventivu, u prvom redu na prostorno planiranje. Budući da je prostor vrijedan i ograničen resurs kojeg dijeli veći broj korisnika, prostorno planiranje ima za cilj organizirati njegovo racionalno i optimalno korištenje.

Na zagrebačkom području rješenja bazirana na reteniranju većih količina vode primjenjiva su samo u pribrdskim zonama dok je na području gradske jezgre naglasak na mjerama prilagodbe pluvijalnim poplavama odnosno reorganizaciji i prenamjeni pojedinih prostornih elemenata (npr. postupna zamjena mješovitog kanalizacijskog sustava razdjelnim, prilagodba načina gradnje i sl.). Odabir optimalnog rješenja pri tome treba sagledati kroz troškove implementacije te učinke po okoliš i društvo. Za područje Umaga vrijede iste preporuke, a očekuje se njihova lakša implementacija s obzirom na veći udio individualne izgradnje i veći broj zelenih površina koje je moguće adekvatno iskoristiti.

Posljednjih dvadesetak godina postupno se u praksu uvode tzv. "održivi sustavi urbane odvodnje oborinskih voda" (engl. SUDS – sustainable urban drainage systems), kojima se u sustav odvodnje dodaju elementi kojima se djelomično oponašaju prirodne hidrološke pojave na slivu (bioretencije, kišni vrtovi, infiltracijski jarci, zeleni krovovi i dr.). Na taj se način povećava infiltracija, evaporacija, omogućava privremeno zadržavanje dijela oborine na mjestu njihova nastanka i postiže smanjenje vršnog opterećenja.

Na neizgrađenim dijelovima sliva, prostorno-planskim mjerama je moguće rezervirati prostor za prihvat oborinskih voda (npr. za izgradnju retencija), ali i propisati optimalni način korištenja i obrade zemljišta kako bi se moguće negativne posljedice obilnih oborina (npr. erozija tla, klizanje i sl.) svele na najmanju moguću razinu. Nadalje, preporuka je da se u prostorne planove ugrađuju mjere i efekti adaptacije klimatskim promjenama, što se posebno odnosi na priobalna područja na kojima se očekuje porast razina mora i njihov negativan utjecaj na vrijednu kulturnu baštinu (npr. na Grad Trogir, Dioklecijanovu palaču u Splitu, Eufrazijevu baziliku u Poreču...).

Za uspješnu provedbu navedenih mjera neophodno je definirati nadležnosti u upravljanju sustavom upravljanja rizicima od poplava, razviti zakonski okvir i dati tehničke smjernice za njihovu implementaciju.

7. UNAPREĐENJE SUSTAVA PROGNOZIRANJA I UPOZORAVANJA

7.1. Sustav prognoziranja i upozoravanja u Republici Hrvatskoj

Rana najava i upozorenje je definirano kao pravodobna i točna informacija, izdana od strane službene institucije, koja će omogućiti da se poduzmu određene radnje u cilju izbjegavanja ili smanjenja rizika od opasne prirodne pojave te pripremu za učinkovito djelovanje nakon što opasna pojava prođe (ISDR, 2004.). Sustav rane najave i upozorenja mora sadržavati sljedeće elemente:

- poznavanje rizika (informacije o mogućim opasnim pojavama te procjena osjetljivosti društva i ljudi na određenu opasnu pojavu),
- stalno praćenje i priprema prognoza, a prema potrebi i objava upozorenja,
- izdavanje pravodobnih, pouzdanih i razumljivih upozorenja te
- planiranje, priprema i edukacija u cilju smanjenja mogućih posljedica od opasnih prirodnih pojava

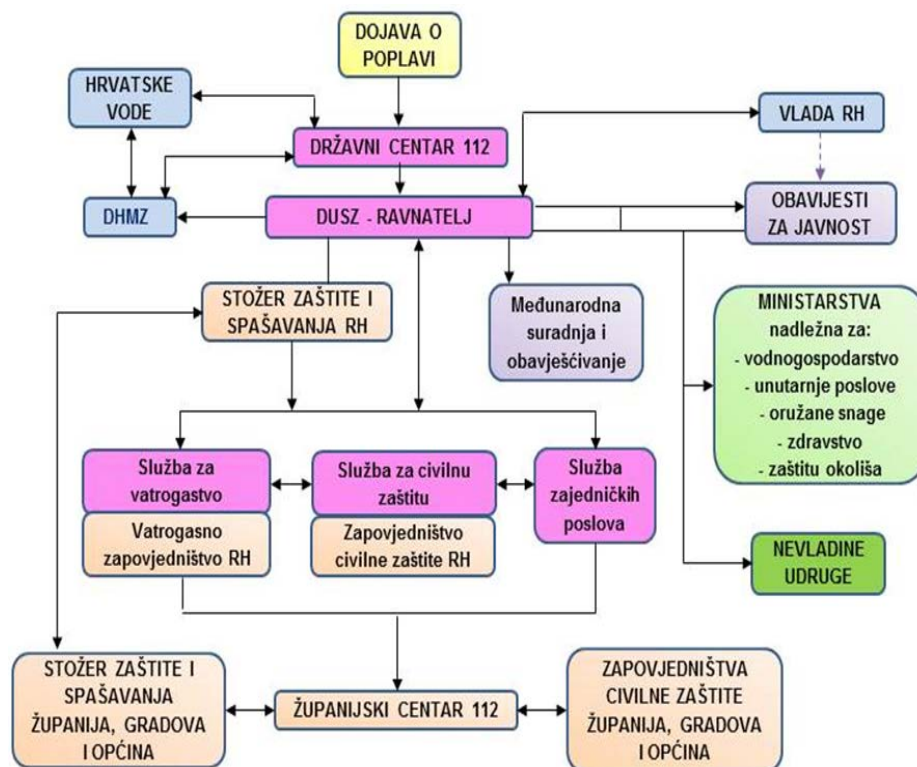
Mora biti zasnovan na jasnim planovima, uključivati suradnju svih relevantnih institucija odgovornih za različite segmente sustava (Ministarstvo unutarnjih poslova, Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, različite zdravstvene organizacije, mediji i sl.) te omogućavati suradnju na svim nivoima (od nacionalnog do lokalnog). Sustav rane najave i upozorenja na opasne prirodne pojave zahtijeva i široko multidisciplinarno znanje zasnovano na znanosti i razvoju suvremenih tehnologija.

Upozorenja na opasne vremenske pojave koja izdaje DHMZ su jedine službeno važeće informacije u izvanrednim okolnostima. Pod pojmom opasne vremenske pojave podrazumijevaju se sve pojave koje mogu ugroziti ljudsko zdravlje i živote te materijalna dobra. Ove informacije dostupne su javnosti putem mrežnih stranica DHMZ-a, a dijelom i na besplatnim aplikacijama za mobilne telefone HRTmeteo i NIS te u informativnim emisijama na radiju i televiziji.

Hrvatska ima dugu tradiciju i razrađenu praksu operativne obrane od poplava u sklopu koje se za svaki velikovodni ili poplavni događaj, sukladno kriterijima, prikuplja i priprema niz podataka i informacija koje se odnose na nadležnosti Hrvatskih voda. Ovaj sustav se stalno dorađuje i dopunjava novim informacijama o poplavnim događajima koje se pohranjuju u Registar poplavnih događaja, kako bi se efikasnije prikupljale što pouzdanije informacije o svim bitnim aspektima poplavnih događaja. U suradnji s civilnom zaštitom, koristi se sustav za satelitsko snimanje poplavnih događaja Copernicus (Copernicus Emergency Management Service, European Union, 2012-2019, <https://emergency.copernicus.eu/>), a kako bi se proširila dostupnost informacija, Registar je povezan s geoportalom Hrvatskih voda (<http://geoportal.voda.hr/>). Omogućeno je i generiranje dokumenata o poplavnim događajima, što povećava čitljivost i iskoristivost prikupljenih podataka, kao i uključivanje dodatnih informacija (fotografije, službena izvješća i drugo).

Temeljni dokument na osnovu kojega se planiraju sve neophodne predradnje i neposredne aktivnosti u slučaju pojave poplava je Državni plan obrane od poplava. Pored detaljne organizacijske razrade aktivnosti i nositelja aktivnosti za pojedina područja, Državni plan obrane od poplava razrađuje i mjere prevencije, ranog upozorenja, planiranja, studijskih poslova i praćenja vodnih režima.

Slijedom Državnog plana obrane od poplava, DHMZ je u obvezi redovito motriti hidrološke i meteorološke pojave, provoditi mjerenja velikih protoka kod pojava poplavnih voda, izrađivati izvještaje o količini i vrsti oborina na području zahvaćenom oborinama, izrađivati vremenske prognoze, prognoze količina oborina te prognoze veličine i vremena nailaska vodnog vala. Na temelju prikupljenih podataka, u Glavnom centru obrane od poplava Hrvatskih voda formiraju se dnevni izvještaji te se distribuiraju službama nadležnim za operativnu obranu od poplava, a prema potrebi i nadležnim službama susjednih država i javnosti.



Slika 7.1: Organizacijska shema

Uzbunjivanje i obavješćivanje stanovništva provodi središnje tijelo državne uprave nadležno za poslove civilne zaštite, koje također koordinira postupke svih subjekata uključenih u jedinstveni sustav uzbunjivanja u Republici Hrvatskoj (<https://civilna-zastita.gov.hr/zastita-i-spasavanje/90>). Operativno djelovanje u izvanrednim događajima uzrokovanih ekstremnim vremenskim uvjetima uključuje:

- pravovremeno dostavljanje informacija relevantnih institucija o upozorenjima o mogućem nastanku ekstremnog vremenskog događaja, vrsti događaja te područjima koja će najvjerojatnije biti zahvaćena,
- informiranje građana o mjerama i postupcima za zaštitu zdravlja, života i imovine (koristi se sustav javnog uzbunjivanja, lokalne radio stanice, Internet, te drugi pogodni načini prenošenje uputa o postupcima bitnim za preživljavanje tijekom trajanja događaja i mjerama koje treba provesti nakon njegovog okončanja),
- savjete o provođenju mjera osobne i uzajamne zaštite,
- pripravnost žurnih službi, sukladno njihovim funkcionalnim područjima,
- aktivnosti čelnika jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave,

- aktiviranje stožera zaštite i spašavanja i zapovjedništava civilne zaštite jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave,
- djelovanje drugih operativnih snaga zaštite i spašavanja, sukladno planovima zaštite i spašavanja, zahtjevima čelnika jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave, uz usklađivanje stožera zaštite i spašavanja.

Pored prethodnog pregleda operativnih aktivnosti, Državna uprava za zaštitu i spašavanje u suradnji s drugim središnjim tijelima državne uprave, upravnim organizacijama i znanstvenim ustanovama:

- razmatra procedure za pribavljanje upozorenja o mogućnostima nastajanja izvanrednih događaja uzrokovanih ekstremnim vremenskim uvjetima, njihovom dostavljanju i korištenju
- donosi standardne operativne postupke i upute za postupanje građana na strategijskoj razini sustava zaštite i spašavanja.

Prethodne podatke i mjere su nositelji planiranja zaštite i spašavanja na operativnim i taktičkim razinama sustava dužni primjenjivati tijekom izrade vlastitih planova zaštite i spašavanja, planova civilne zaštite i standardnih operativnih postupaka.

7.2. Prijedlog meteorološko - hidrološkog unapređenja sustava prognoziranja

U okviru mreže meteoroloških postaja u Hrvatskoj djeluje sustav za praćenje klime temeljen na svakodnevnom prikupljanju klimatoloških podataka (termini 7 h, 14 h i 21 h) s 30 glavnih meteoroloških postaja. Tako prikupljeni podaci, uz dan zakašnjenja, kompatibilni su s postojećim dugogodišnjim nizovima klimatoloških podataka koji su nastali na temelju istovrsnih klimatoloških motrenja. Operativni sustav praćenja klime u Hrvatskoj ima sljedeće komponente:

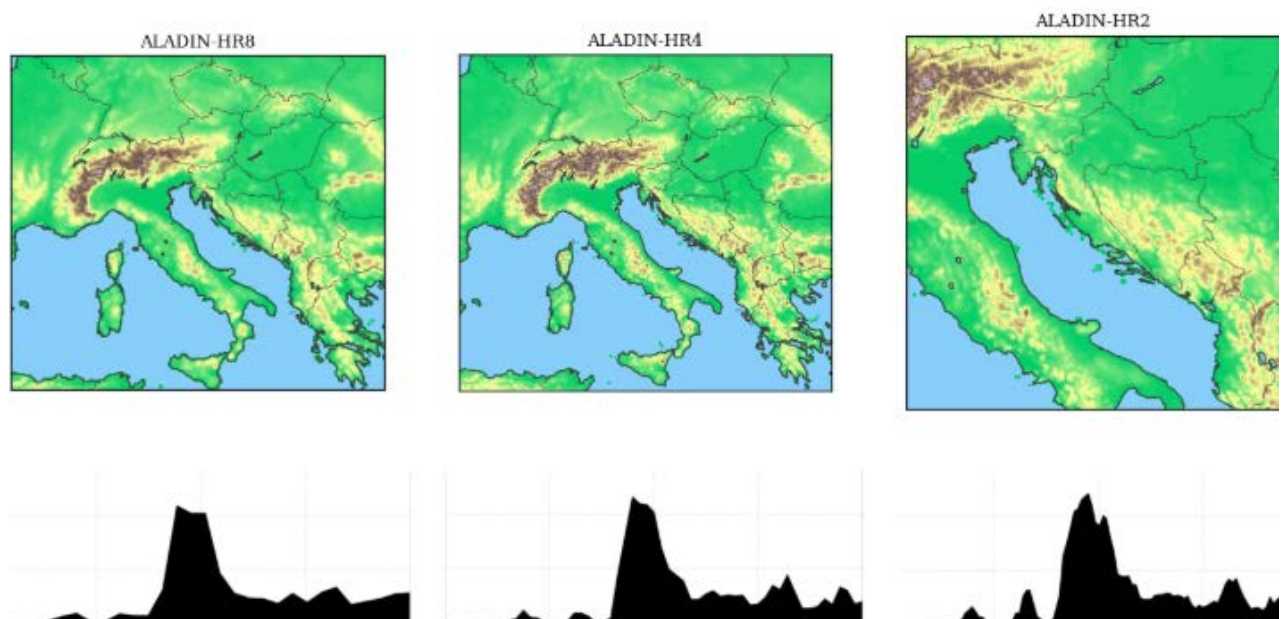
- meteorološka motrenja (opažanja i mjerenja) na 30 glavnih meteoroloških postaja
- dostava klimatoloških podataka u približno realnom vremenu pomoću HRKLIMA izvješća svaki dan do 9 sati za klimatološke termine prethodnog dana
- kontrola podataka
- pohranjivanje podataka na računalnom sustavu DHMZ-a u obliku privremenih mjesečnih izvješća
- mjesečne analize klimatoloških podataka s izradom ocjene za svaki mjesec usporedbom klimatoloških podataka dotičnog mjeseca s višegodišnjim prosjekom za razdoblje 1961.— 1990. godina
- ocjene klimatskih anomalija na razini godišnjih doba (sezona) i godine kao cjeline
- redovito mjesečno, sezonsko i godišnje izvještavanje javnosti, korisnika i stručnih krugova o ocjeni klime putem javnih glasila i stručnih biltena te mrežnim stranicama DHMZ-a.

Hrvatska je od 1995. članica ALADIN programa suradnje (Aire Limitée Adaptation Dynamique Développement InterNational - numerički modelski sustav za kratkoročnu prognozu vremena visoke razlučivosti), a prognoze hrvatskom verzijom modela (ALADIN/HR) izrađuju se u Državnom hidrometeorološkom zavodu od 2000. godine. Na DHMZ-u postoji nekoliko operativnih konfiguracija ALADIN/HR modela koje se prvenstveno razlikuju po razlučivosti mreže modela (od 8

km do 2 km), satnoj dostupnosti (do 72 sata unaprijed) i vremenskom koraku (novi proračun prognoze svakih 3 odnosno 6 h).

Da bi se numeričkim modelom proračunala prognoza za idućih nekoliko dana unaprijed potrebno je poznavati trenutno stanje atmosfere odnosno početne uvjete koji se određuju metodom asimilacije podataka. U postupku asimilacije podataka koriste se brojna meteorološka mjerenja i motrenja nad područjem Hrvatske i okolnih zemalja: prizemna mjerenja (na 2 m i 10 m), avionska mjerenja, mjerenja polarnih i geostacionarnih satelita te mjerenja meteorološkim balonom (radiosondažna mjerenja). Budući da je u modelu ALADIN/HR područje prognoziranja prostorno ograničeno, za proračun su potrebni i meteorološki uvjeti izvan njegove domene (rubni uvjeti) koji se dobivaju od globalnog prognostičkog modela IFS Europskog centra za srednjoročne prognoze vremena ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts; prognoza za narednih 10 dana, u intervalima od 3 h do 6 h, prostorne razlučivosti 25 km).

Povećanjem razlučivosti modela moguće je točnije i detaljnije prognozirati buduće stanje atmosfere. Na donjoj slici prikazana su područja (domene) za koje se radi proračun prognoze modelom ALADIN/HR te vertikalni presjek kroz planinu Velebit u tri konfiguracije modela na različitim horizontalnim razlučivostima. Kao što je sa slike vidljivo finija razlučivost modela pruža točniji opis orografije te omogućuje znatno bolju prognozu orografski utjecanih procesa (npr. prognozu vjetra). Na sličan način, veća razlučivost modela bolje reprezentira i druge fizikalne procese u modelu.






Slika 7.2: Područja (domene) za koje se radi proračun prognoze modelom ALADIN/HR te vertikalni presjek kroz planinu Velebit u tri konfiguracije modela na različitim horizontalnim razlučivostima.

Produkti ALADIN modela su prognostičke karte meteoroloških polja pri tlu i na vertikalnim nivoima do vrha stratosfere, prostorni i vremenski vertikalni presjeci meteoroloških parametara, meteogrami (vremenski hodovi meteoroloških parametara), ASCII datoteke, XML i tablice prognoziranih veličina te GRIB datoteke prognostičkih polja.

Hrvatske vode od DHMZ-a zaprimaju podatke o prognoziranoj oborini preko ALADINHR4 modela. Riječ je o prognoziranim oborinama (kiša, snijeg, ukupno), temperaturi, vlažnosti, vjetru i naoblaci u rasteru 4x4 km, a dostupni su za 72 sata unaprijed. Format datoteka je ASCII. Osim navedenog, putem DHMZ-a zaprimaju se i podaci globalnog modela ECMWF (isti parametri).

S obzirom na karakter i pojavnost kratkotrajnih obilnih oborina, za razliku od mjera obrane od poplava na vodotocima, koje se proglašavaju u ovisnosti o mjenim kvantitativnim pokazateljima (vodostaj), upozorenja u svrhu obrane od poplava uslijed jakih oborina se ovisno o pristupu proglašavaju u ovisnosti o:

a) mjenim i prognoziranim kvantitativnim pokazateljima (kumulativna mjerena količina oborine u danom trenutku i prognozirana u zadanom narednom vremenskom okviru)

RAINFALL VALUES (mm)	MEANING	DISSEMINATION	WARNING
Rainfall observation is 7.5mm to 15mm within 1 hour is expected to fall and most likely to continue for the next 3 hours.	Community AWARENESS FLOODING IS POSSIBLE in low-lying areas and areas near the river channel.	This will be disseminated thru SMS, Facebook, Twitter and website	Advisory 
Rainfall observation is more than 15mm up to 30mm within 1 hour and most likely to continue or if continuous rainfall for the past 3 hours is more than 45mm to 65mm.	Community PREPAREDNESS FLOODING IS THREATENING	This will be disseminated thru SMS, Facebook, Twitter and website	Alert 
Rainfall observation is more than 30mm within 1 hour or if continuous rainfall for the past 3 hours is >65mm	Community RESPONSE SERIOUS FLOODING IS EXPECTED Take necessary precautionary measures	This will be disseminated thru SMS, Facebook, Twitter and website	Action 

Disclaimer: Rainfall threshold values are arbitrary and may vary depending on the area of concern. These will be refined as soon as more data become available. (Revised: Aug 09, 2012)

(izvor: <http://icerph2.blogspot.com/2013/06/dost-pagasa-heavy-rainfall-warning-level.html>)

ili

b) prognoziranim kvantitativnim (kumulativna količina oborine u zadanom vremenskom okviru) i kvalitativnim pokazateljima (vjerojatnost pojave). Npr. proglašava se alarm ako je najava jednaka ili veća od kumulativno 30 mm kiše u sat vremena, 40 mm kiše kroz tri sata ili 50 mm kroz šest sati, pri čemu se gradacija upozorenja vrši na osnovu vjerojatnosti pojave

	Storm duration (h)		
	1	3	6
Central London	37.3	48.4	67.4
Manchester	32.5	42.2	58.5
Birmingham	31.6	42.1	60.4
Newcastle	26.3	38.2	61.2
Bristol	31.5	43.8	66.3
Cardiff	31.2	43.9	67.7
Plymouth	32.6	46.2	71.8
Glasgow	24.1	35.4	57.6
ERA thresholds (mm)	30	40	50

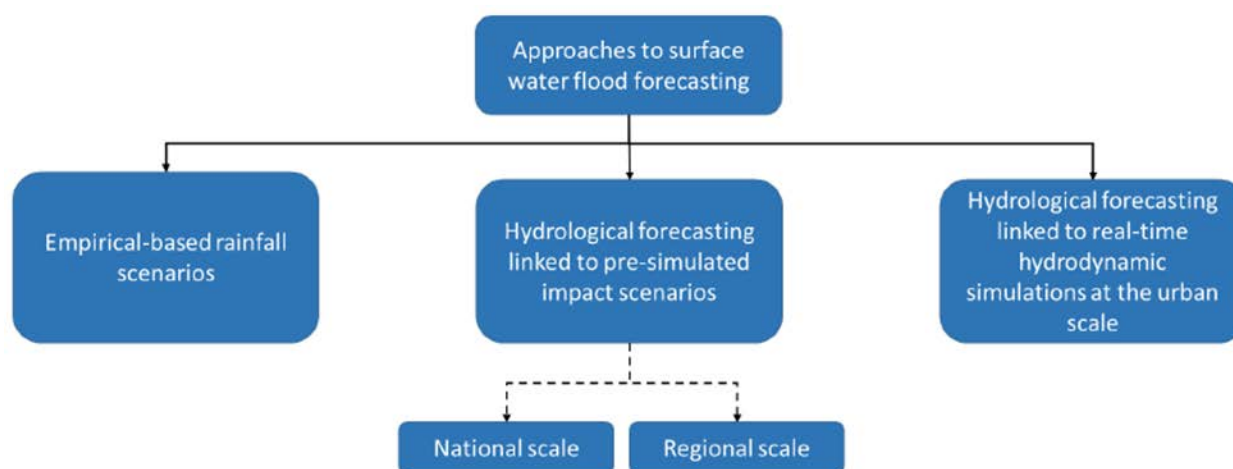
- Advisory alert – 10% probability
- Early alert – 20% probability
- Imminent alert – 40% probability

(izvor: https://www.researchgate.net/publication/255271281_The_effectiveness_of_Extreme_Rainfall_Alerts_in_predicting_surface_water_flooding_in_England_and_Wales)

Na osnovu prognoziranih i ostvarenih oborina moguće je u narednom koraku za pilot područja Zagreba i Umaga izraditi anvelopne plohe rastera 4x4 km te pratiti točnost meteorološke prognoze. Navedeno može poslužiti kao dobar indikator za definiranje pragova za pojedine stupnjeve upozorenja i prateće akcijske planove i operativne procedure, a sustavnim radom na meteorološkom prognostičkom modelu prikupiti će se značajniji broj podataka čime će model konvergirati većoj točnosti pa će sukladno tome i odgovor odnosno mjere smanjenja rizika biti primjerenije.

Također, neophodno je uspostaviti vezu između mjerenih meteoroloških pokazatelja, topografskih uvjeta na terenu i rezultatnih poplavnih događaja. Načelno, pristupi prognozi površinskog plavljenja uslijed jakih oborina mogu se klasificirati kako slijedi:

- empirijski pristup – prognoza površinskog plavljenja proizlazi iz procjene utjecaja mjerene ili prognozirane količine oborina, a bazira se na povijesnim podacima o dokazano pluvijalnom plavljenju.
- hidrološka prognoza vezana na unaprijed izvršene simulacije - proizlazi iz procjene utjecaja mjerene ili prognozirane količine oborina, a bazira se na katalogu sastavljenom od rezultata unaprijed provedenih hidrauličkih simulacija primijenjenim na nacionalnoj ili regionalnoj razini.
- hidrološka prognoza vezana na hidrodinamičke simulacije u stvarnom vremenu – proizlazi iz simulacija koje se vrše u stvarnom vremenu, a kao ulaz se koriste stvarne zabilježene i/ili prognozirane oborine.



(izvor: <https://www.sepa.org.uk/media/483861/towards-improved-surface-water-flood-forecasts-for-scotland-a-review-final-report.pdf>)

Ukoliko razvoje krene u smjeru hidrauličkog modeliranja otjedanja, jednom uspostavljen i verificiran model treba održavati, a svaki novi zahvat u prostoru kao i izradu i provedbu prostornih planova valorizirati kroz postavljen model kako bi se u konačnici osigurala objava pravovremenih i prostorno ograničenih upozorenja. Na osnovu tako uspostavljenog modela Hrvatske vode mogu samostalno ili uz pomoć konzultanata dati interpretaciju prognoziranih oborina u smislu njihovih reperkusija na terenu te temeljem toga izraditi akcijske planove. Kontinuirano vođenje ovakve baze

omogućiti će kvalitetnije definiranje pragova odnosno unapređenje cjelokupnog sustava upozoravanja.

Vezano za unapređenje modela u segmentu meteoroloških podloga, predlaže se provedba detaljne regionalizacije kratkotrajnih količina oborine na čitavom području Hrvatske te kontinuirano prikupljanje podataka s meteoroloških postaja kao i uspoređivanje prognoza s realnim događajima, a temeljem čega će biti moguće unaprijediti prognostičke modele.

7.3. Prijedlog aktivnosti neposredno prije i za vrijeme poplavnog događaja

Javne vatrogasne postrojbe u svojim svakodnevnim zadaćama vezano za zaprimanje dojava i intervencije, u centru veze između ostalog prikupljaju podatke o svim intervencijama uslijed obilnih oborina (na otvorenom prostoru i u objektima) na svom području te postupaju prema Zakonu o vatrogastvu i pripadajućim pravilnicima. Informacije u vezi najave nevremena dolaze preko ŽC 112 odnosno od DHMZ-a putem fax-a ili e-maila. Potom se prema potrebi putem SMSProfi web aplikacije obavještavaju određena dobrovoljna vatrogasna društva (ili prema potrebi svi) s porukom u kojoj je navedena opasnost te kako trebaju postupiti (biti u pripravnosti ili otići u vatrogasna spremišta i biti spremni za intervenciju). Standardni operativni postupak u ovom trenutku ne postoji. Uspostava SOP-a osigurava da svi uključeni sudionici izvršavaju isti postupak na jednak način, čime se ujedno stvara podloga za lakše donošenje odluka u pogledu primjene određenih mjera, nabavke opreme, osiguranja ljudskih resursa, edukaciju, kontrolu i slično te se preporuča njegovo što skorije donošenje.

Plan intervencija nije unaprijed određen već se na svaku situaciju vezano za najavu jakog nevremena te mogućnosti jakih oborina i poplava, u pripravnost se stavlja određeni broj dobrovoljnih vatrogasnih društava (ili prema potrebi svi DVD-i) koji imaju na raspolaganju opremu. Tijekom velikog nevremena na intervenciju se poziva onoliko dobrovoljnih vatrogasnih društava koliko je potrebno da se u što kraćem roku riješi veliki broj intervencija.

Plan hitnih intervencija sadrži interventne mjere (Akcijske planove) koje su povezane s konkretnim fazama aktivacije. Općenito, ti akcijski planovi su „smjernice“ pri pojavi obilnih oborina, a kako je pojava obilne oborine vrlo dinamičan proces koji znatno varira ne samo vremenski već i lokalno, učinkovitost pojedinih mjera treba redovito provjeravati, prilagođavati i nadopunjavati. Nadalje, može imati smisla provesti mjere i u vrijeme kada nije propisano akcijskim planom. Preporučuje se da se u svakom slučaju dokumentiraju eventualne zamjenske mjere. Time se pomaže u praćenju događaja (pojave) ili revidiranju planova nakon događaja. Važno je provoditi redovne kontrole kako bi se osiguralo da su sve mjere točno odrađene.

Specifičnost je ovih događaja da su vrlo kratkog trajanja tako da se gradacija mjera veže uz najavu oborina odnosno njen intenzitet i trajanje. Prognozirana oborina se pridružuje prethodno definiranom pragu uz koji se vežu lokacije s povećanim rizikom od poplave na kojima su ugroženi ljudi i materijalna dobra, uvjetovano kombinacijom dubine i brzine toka na privilegiranim smjerovima tečenja.

S obzirom na predloženi ustroj sustava zaštite od pluvijalnih poplava u kojem je osnovna teritorijalna jedinica u sustavu JLS, prema utvrđenom pragu temeljenom na prognostičkom modelu čiju intepretaciju daju Hrvatske vode, na lokalnoj razini organizaciju i upravljanje procesom preuzima operativni centar iz sustava civilne zaštite (razina JLS). Nakon što voditelj stožera proglaši pripremno stanje pristupa se provedbi mjera sukladno utvrđenom (prognoziranom) pragu. U centar se pozivaju preostali članovi operativnog tima za vođenje cjelokupnog postupka, provodi se identifikacija potencijalno ugroženih lokacija i pokreće postupak obavještanja preostalih dionika koji se, sukladno prethodno utvrđenim odgovornostima, uključuju po razini (pragu) događaja i po lokacijama angažmana.

Postupak kreće tako da se:

- a) obavještavaju voditelji timova o lokacijama na kojima se mogu očekivati intervencija i upoznavaju s najavljenim pragom
- b) voditelji timova organiziraju kompletiranje tima za provedbu mjera i podršku pričuvnog dijela tima (uvjetovano mogućim promjenama prognoznih veličina – pragova)
- c) timovi provode preventivne mjere sukladno planskom dokumentu kojim se reguliraju svi postupci (eventualni obilazak lokacije, lokalno predviđeni zahvati i dr.)
- d) timovi vrše pripremu materijalno – tehničkih sredstava (MTS) u slučaju potrebe provedbe interventnih aktivnosti (sukladno prognoziranom pragu) uz provjeru mogućnosti korištenja drugog dijela MTS (uvjetovano mogućim odstupanjem prognoze u odnosu na polazne vrijednosti)
- e) provode aktivne mjere zaštite tijekom poplavnog događaja (ukoliko se pokaže nužnim)
- f) provode sanaciju stanja po završetku
- g) voditelj stožera proglašava završetak provedbe mjera
- h) voditelji timova podnose izvještaj o samom događaju, poduzetim mjerama i drugim bitnim čimbenicima koji ga karakteriziraju.

8. NAUČENE LEKCIJE I PRIJEDLOG UNAPREĐENJA

8.1. Uočeni problemi i nedostaci tijekom realizacije projekta

Za potrebe studije prikupljen je niz prostornih i projektnih podloga, iz različitih izvora i različitog stupnja pouzdanosti, što direktno utječe na kvalitetu izlaznih sadržaja. Neki od podataka su verificirani i javno dostupni, dok se neki naplaćuju, a trajanje obrade zahtjeva može biti značajno. Također, dostupne su mnoge otvorene baze podataka, ali je njihove podatke potrebno provjeriti odnosno uzeti s određenom rezervom (uglavnom služe za grube procjene). Ključnim nedostatkom tijekom izrade projekta pokazala se nedostupnost podataka o kanalizacijskoj mreži, koja znatno utječe na rezultate modela.

Za analizu rizika od ključne su važnosti podaci o topografskim uvjetima, a razina detaljnosti tih podataka u direktnoj je vezi s odabirom domene proračuna. Manja domena omogućava preciznije modeliranje i unos podataka koji znatno utječu na rezultate (npr. detalji izvedbe ograde, visina zidova, način izvedbe krova i sl.), a koje nije niti moguće niti razumno sagledati na većim modelima. Sam odabir metodologije određivanja rizika ovisi o njegovoj namjeni odnosno ciljnim korisnicima (lokalni, regionalni, nacionalni nivo), dostupnim programima (besplatni ili licencirani) i njihovim mogućnostima (da li je moguće simulirati različite vrste tečenja, integrirati LID rješenja i slično).

8.2. Prijedlog unapređenja upravljanja rizicima od poplava uzrokovanih jakim kišama

U cilju unapređenja, u narednom razdoblju preporuča se izraditi LiDAR snimke za čitavo područje Republike Hrvatske te uspostaviti procedure za centralizirano, sistematizirano i redovito prikupljanje podataka o postojećoj i planiranoj vodnoj i komunalnoj infrastrukturi te podataka o provedenim intervencijama dobrovoljnih i javnovatrogasnih postrojbi vezano za obilne oborine.

Nadalje, neophodno je uspostaviti vezu između mjerenih meteoroloških pokazatelja, topografskih uvjeta na terenu i rezultatnih poplavnih događaja, a koja će biti osnova za kalibraciju modela odnosno analizu rizika. Jednom uspostavljen i verificiran model potom treba održavati, stalno dopunjavati temeljem novih spoznaja i podataka o provedenim aktivnostima (samopodešavajući model), a svaki novi zahvat u prostoru kao i izradu i provedbu prostornih planova valorizirati kroz postavljen model.

Vezano za unapređenje modela u segmentu meteoroloških podloga, predlaže se provedba detaljne regionalizacije kratkotrajnih količina oborine na čitavom području Hrvatske. Provedene regionalne analize pokazale su da je nužna sveobuhvatnija analiza kratkotrajnih jakih oborina u Hrvatskoj, pri čemu je takvu obradu nužno provesti na njenom cjelokupnom prostoru, uzimajući u obzir sve ombrografske postaje za koje postoje na raspolaganju raspoloživi nizovi ombrografskih podataka duljine od najmanje 30 godina. Očekuje se da bi iskustva s provedbom regionalizacije na odabranim pilot područjima mogla primijeniti i na regionalnim obradama na čitavom području Hrvatske, pa i šire.

POPIS LITERATURE

- (1) „Analiza oborina na pilot područjima u Istri i Zagrebu“, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci i DHMZ, Rijeka, veljača 2019.
- (2) „Identifying urban areas prone to flash floods using GIS - preliminary results“ (Marzena Wicht and Katarzyna Osinska – Skotak; Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., doi:10.5194/hess-2016-518, 2016)
- (3) „Can urban pluvial flooding be predicted by open spatial data and weather data?“ (S. Gaitan, N.C. van de Giesen, J.A.E. ten Veldhuis, objavljen u časopisu „Environmental Modelling & Software, no. 85“ 2016.)
- (4) „Gis-based methodology for pluvial flood hazard analysis: a case study in the urban area of Rome“ (Cristina Di Salvo, Giancarlo Ciotoli, Gian Paolo Cavinato, Francesco Pennica, Francesco Leone, Angelo Corazza, Gianluca Ferri, konferencija „Resilience of art cities to flooding: Success and failure of the Italian experience“, 2014.god.)
- (5) „A multi-model approach to the simulation of large scale karst flows“ (C. Makropoulou, D. Koutsoyiannis, M. Stanić, S. Djordjević, D. Prodanović, T. Dašić, S. Prohaska, Č. Maksimović and H. Wheeler, objavljen u „Journal of Hydrology“, 2008.god.)
- (6) „Enhanced DEM-based flow path delineation methods for urban flood modelling“ (J. P. Leitão, D. Prodanović, S. Boonya-aroonnet and Č. Maksimović, objavljen u „Journal of Hydroinformatics“, 15.2.2013.)
- (7) „Assessing urban potential flooding risk and identifying effective risk-reduction measures“ (Frédéric Cherqui, Ali Belmeziti, Damien Granger, Antoine Sourdril, Pascal Le Gauffre, objavljen u časopisu „Science of the Total Environment“, 514 (2015.)
- (8) „The metropolis research. Experimental models and decision-making processes for the adaptive environmental design in climate change“ (Valeria D’Ambrosio, Ferdinando Di Martino, objavljen u časopisu UPLanD – Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design, 1(1), 187-217, 2016.)
- (9) „Flood Adaptation Measures Applicable in the Design of Urban Public Spaces: Proposal for a Conceptual Framework“ (Maria Matos Silva and João Pedro Costa, objavljen u časopisu „Water“ 2016, 8, 284; doi:10.3390/w8070284)
- (10) „Urban Vulnerability Indicators - A joint report of ETC-CCA and ETC-SIA 01/2012“ (Rob Swart, Jaime Fons, Willemien Geertsema, Bert van Hove, Mirko Gregor, Miroslav Havranek, Cor Jacobs, Aleksandra Kazmierczak, Kerstin Krellenberg, Christian Kuhlicke, and Lasse Peltonen)
- (11) „Flood inundation maps using an advanced visualization algorithm for 1D/1D models“ (J. Leandro, S. Djordjević, A.S. Chen, D. A. Savić, Conference Paper, January 2009.)
- (12) „Overland flow and pathway analysis for modelling of urban pluvial flooding“, Č. Maksimovic, D. Prodanovic, Surajate Boonya-aroonnet, João P. Leitão, S. Đorđević, Richard Allitt, objavljen u „Journal of Hydraulic Research“ Vol. 47, No. 4 (2009), pp. 512–523)
- (13) „Pluvial (rain-related) flooding in urban areas: the invisible hazard“ (Donald Houston, Alan Werritty, David Bassett, Alistair Geddes, Andrew Hoolachan and Marion McMillan, ISBN: 978-1-85935-863-4 (pdf) - The Joseph Rowntree Foundation 2011.)

- (14) „Utjecaj algoritama za uklanjanje depresija na pouzdanost digitalnog modela reljefa“ (Sanja Šamanović, doktorski rad, 2014.)
- (15) „An uncertain business: Mapping flood hazards caused by heavy rain“, Sauer, Axel; Körte, Lisa; Ortlepp, Regine, 2018

Popis priloga:

- Prilog 1: Karta pregledne situacije zagrebačkog pilot područja
- Prilog 2: Karta klasifikacije osjetljivosti prostornih elemenata zagrebačkog pilot područja
- Prilog 3: Karta klasifikacije dubina za 5 godišnje povratno razdoblje zagrebačkog pilot područja
- Prilog 4: Karta klasifikacije dubina za 20 godišnje povratno razdoblje zagrebačkog pilot područja
- Prilog 5: Karta klasifikacije dubina za 100 godišnje povratno razdoblje – ekstremni scenarij zagrebačkog pilot područja
- Prilog 6: Karta klasifikacije dubina za 100 godišnje ekstremno povratno razdoblje zagrebačkog pilot područja
- Prilog 7: Karta šteta za 5 godišnje povratno razdoblje zagrebačkog pilot područja
- Prilog 8: Karta šteta za 20 godišnje povratno razdoblje zagrebačkog pilot područja
- Prilog 9: Karta šteta za 100 godišnje povratno razdoblje zagrebačkog pilot područja
- Prilog 10: Karta šteta za 100 godišnje povratno razdoblje – ekstremni scenarij zagrebačkog pilot područja
- Prilog 11: Karta rizika za 5 godišnje povratno razdoblje zagrebačkog pilot područja
- Prilog 12: Karta rizika za 20 godišnje povratno razdoblje zagrebačkog pilot područja
- Prilog 13: Karta rizika za 100 godišnje povratno razdoblje zagrebačkog pilot područja
- Prilog 14: Karta rizika za 100 godišnje povratno razdoblje – ekstremni scenarij zagrebačkog pilot područja
- Prilog 15: Karta pregledne situacije umaškog pilot područja
- Prilog 16: Karta klasifikacije osjetljivosti prostornih elemenata umaškog pilot područja
- Prilog 17: Karta klasifikacije dubina za 5 godišnje povratno razdoblje umaškog pilot područja
- Prilog 18: Karta klasifikacije dubina za 20 godišnje povratno razdoblje umaškog pilot područja
- Prilog 19: Karta klasifikacije dubina za 100 godišnje povratno razdoblje umaškog pilot područja
- Prilog 20: Karta klasifikacije dubina za 100 godišnje povratno razdoblje – ekstremni scenarij umaškog pilot područja
- Prilog 21: Karta šteta za 5 godišnje povratno razdoblje umaškog pilot područja
- Prilog 22: Karta šteta za 20 godišnje povratno razdoblje umaškog pilot područja
- Prilog 23: Karta šteta za 100 godišnje povratno razdoblje umaškog pilot područja
- Prilog 24: Karta šteta za 100 godišnje povratno razdoblje – ekstremni scenarij umaškog pilot područja
- Prilog 25: Karta rizika za 5 godišnje povratno razdoblje umaškog pilot područja

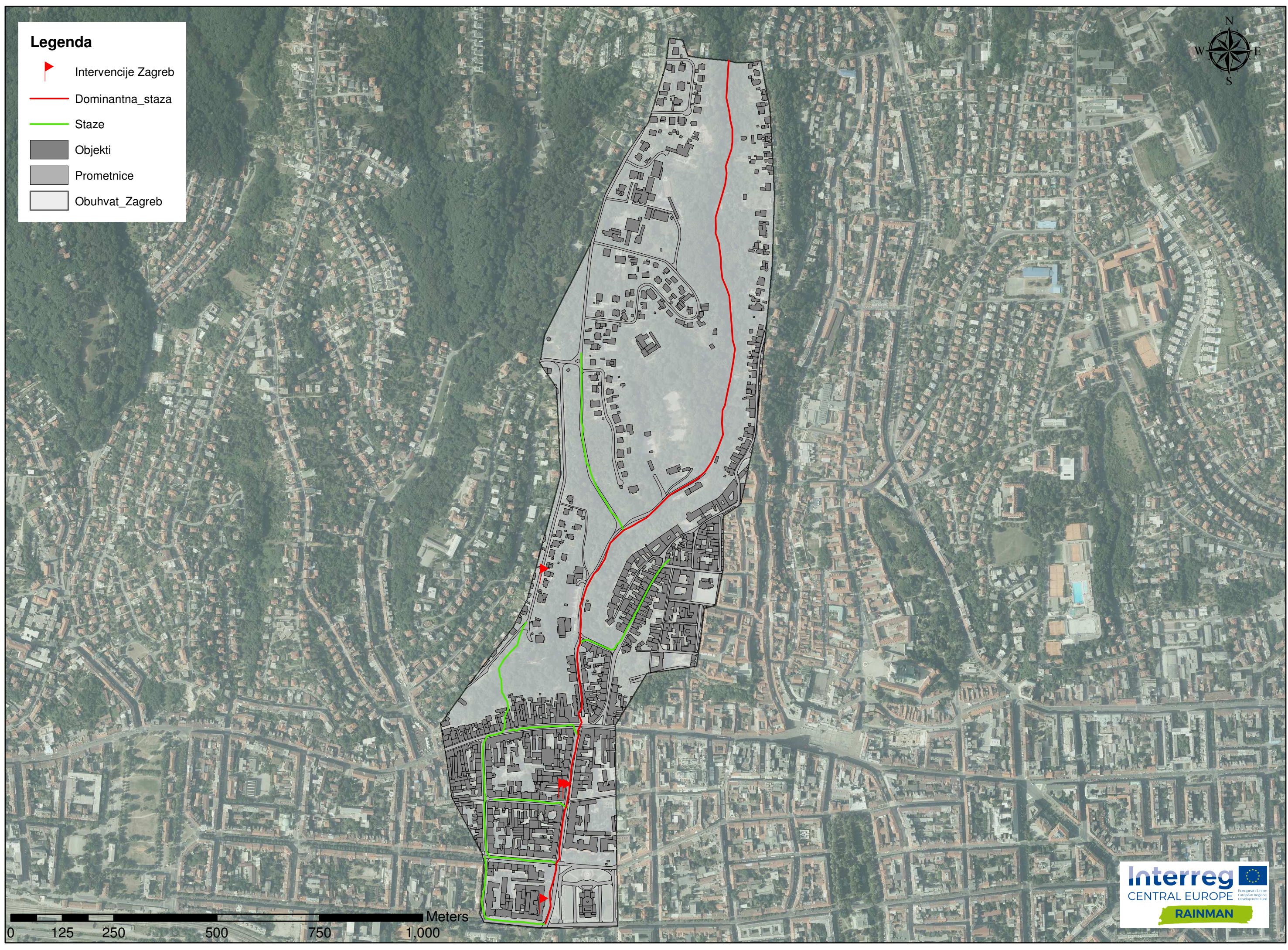
Prilog 26: Karta rizika za 20 godišnje povratno razdoblje umaškog pilot područja

Prilog 27: Karta rizika za 100 godišnje povratno razdoblje umaškog pilot područja

Prilog 28: Karta rizika za 100 godišnje povratno razdoblje – ekstremni scenarij umaškog pilot područja

Legenda

-  Intervencije Zagreb
-  Dominantna_staza
-  Staze
-  Objekti
-  Prometnice
-  Obuhvat_Zagreb



Legenda

-  klasa 1
-  klasa 2
-  Klasa 3
-  Klasa 4







Interreg 
CENTRAL EUROPE European Union
European Regional
Development Fund
RAINMAN



Legenda

dubina vode (m) - PP5





-  < 0.1
-  0.1 - 0.25
-  0.25 - 0.5
-  < 0.5





Legenda

dubina vode (m) -





-  < 0.1
-  0.1 - 0.25
-  0.25 - 0.5
-  > 0.5





Legenda

dubina vode (m) - PP100





-  < 0.1
-  0.1 - 0.25
-  0.25 - 0.5
-  > 0.5





Legenda

dubina vode (m) - PP100ext

-  < 0.1
-  0.1 - 0.25
-  0.25 - 0.5
-  > 0.5

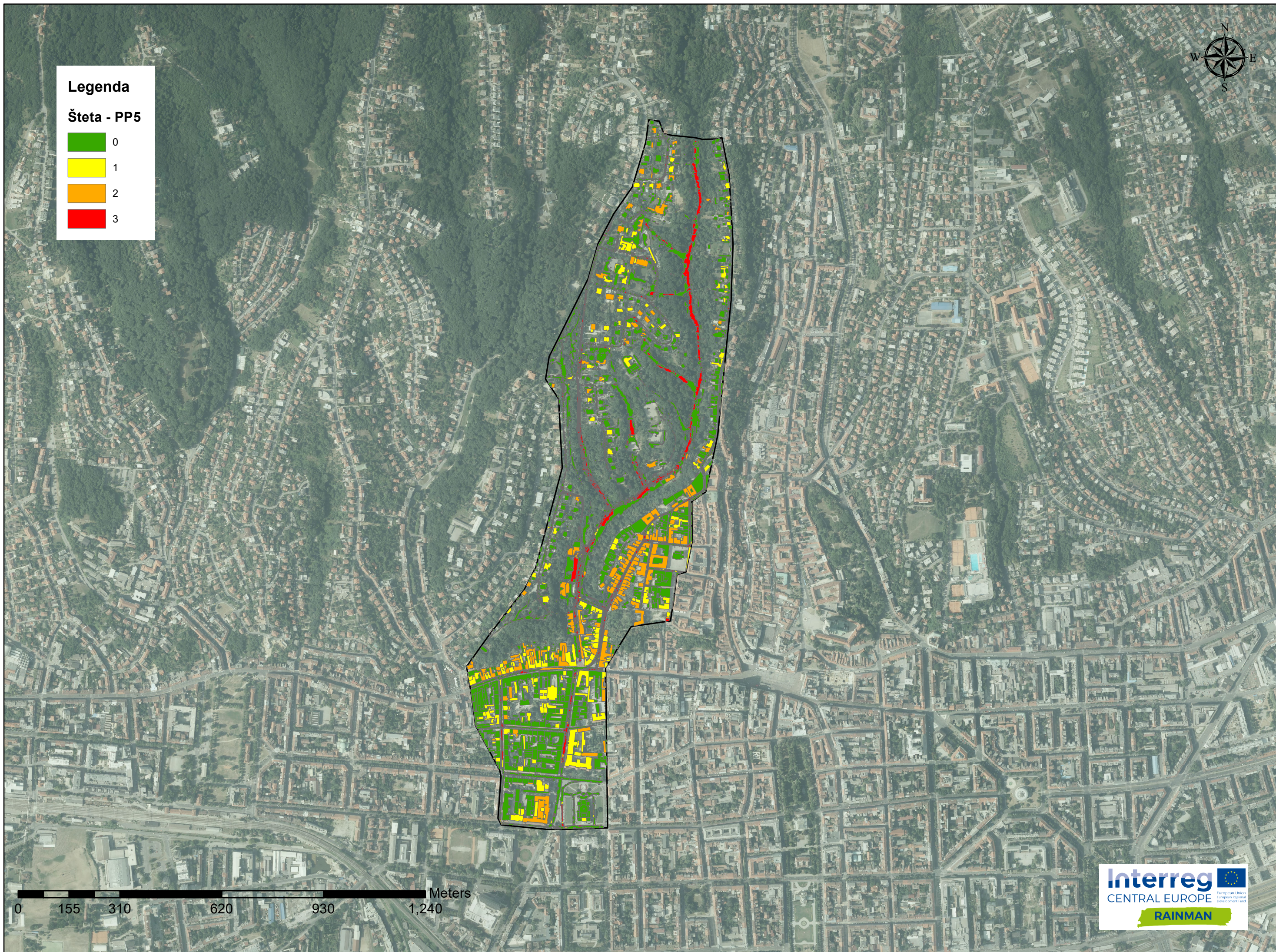




Legenda

Šteta - PP5





- 0
- 1
- 2
- 3

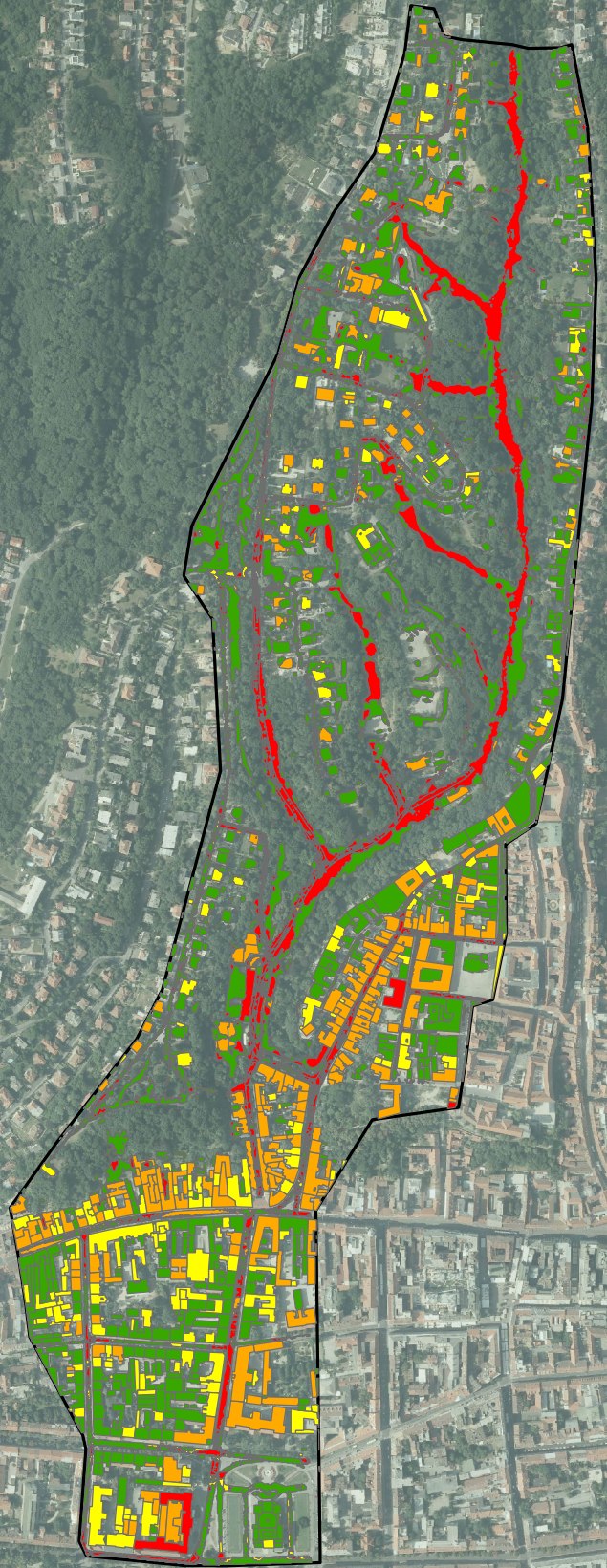




Legenda

Šteta - PP20

	0
	1
	2
	3



Interreg 
CENTRAL EUROPE European Union
European Regional
Development Fund

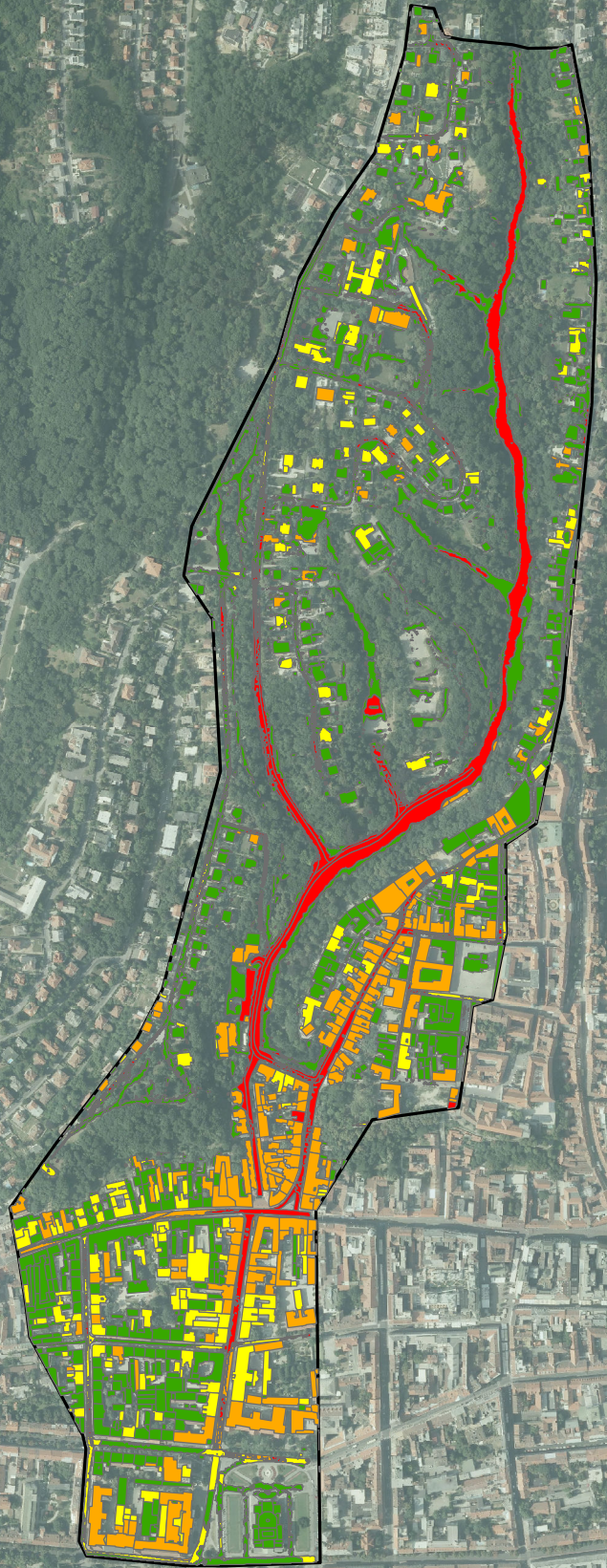
RAINMAN



Legenda

Šteta - PP100

- 0
- 1
- 2
- 3







Interreg
CENTRAL EUROPE European Union
European Regional
Development Fund

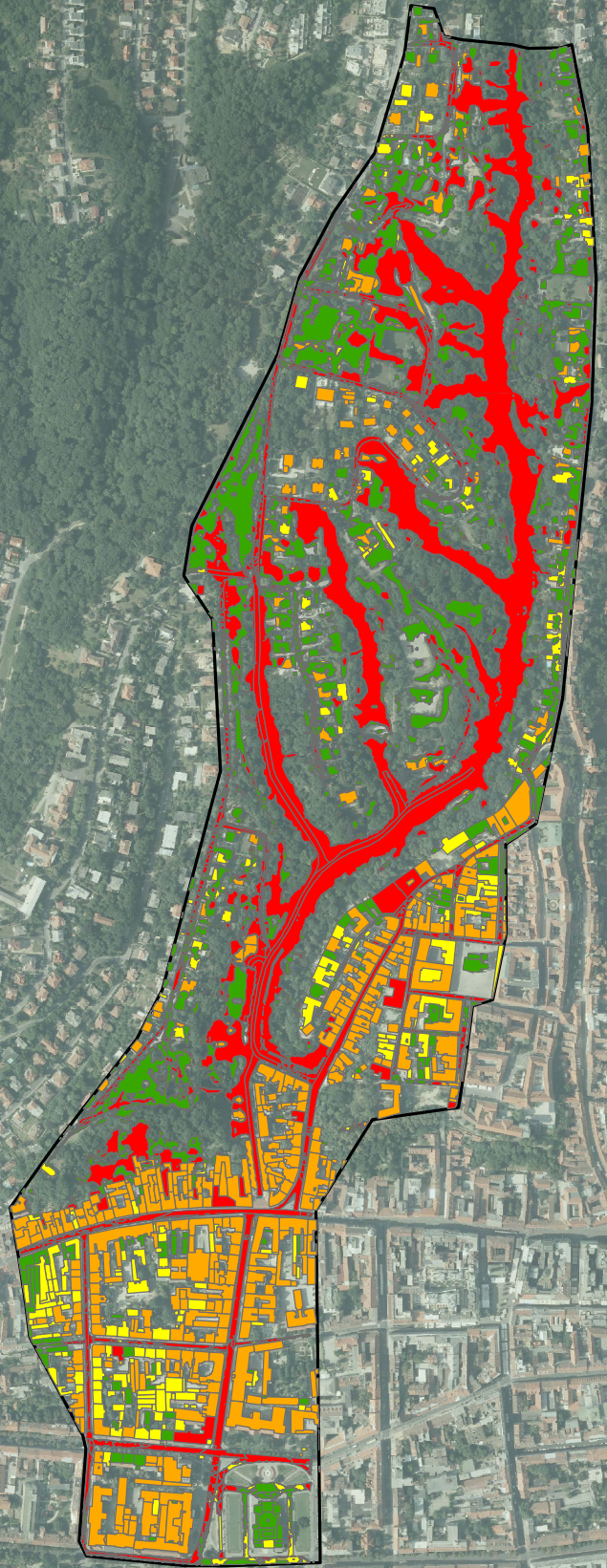
RAINMAN



Legenda

Šteta - PP100e

	0
	1
	2
	3



Interreg 
CENTRAL EUROPE European Union
European Regional
Development Fund

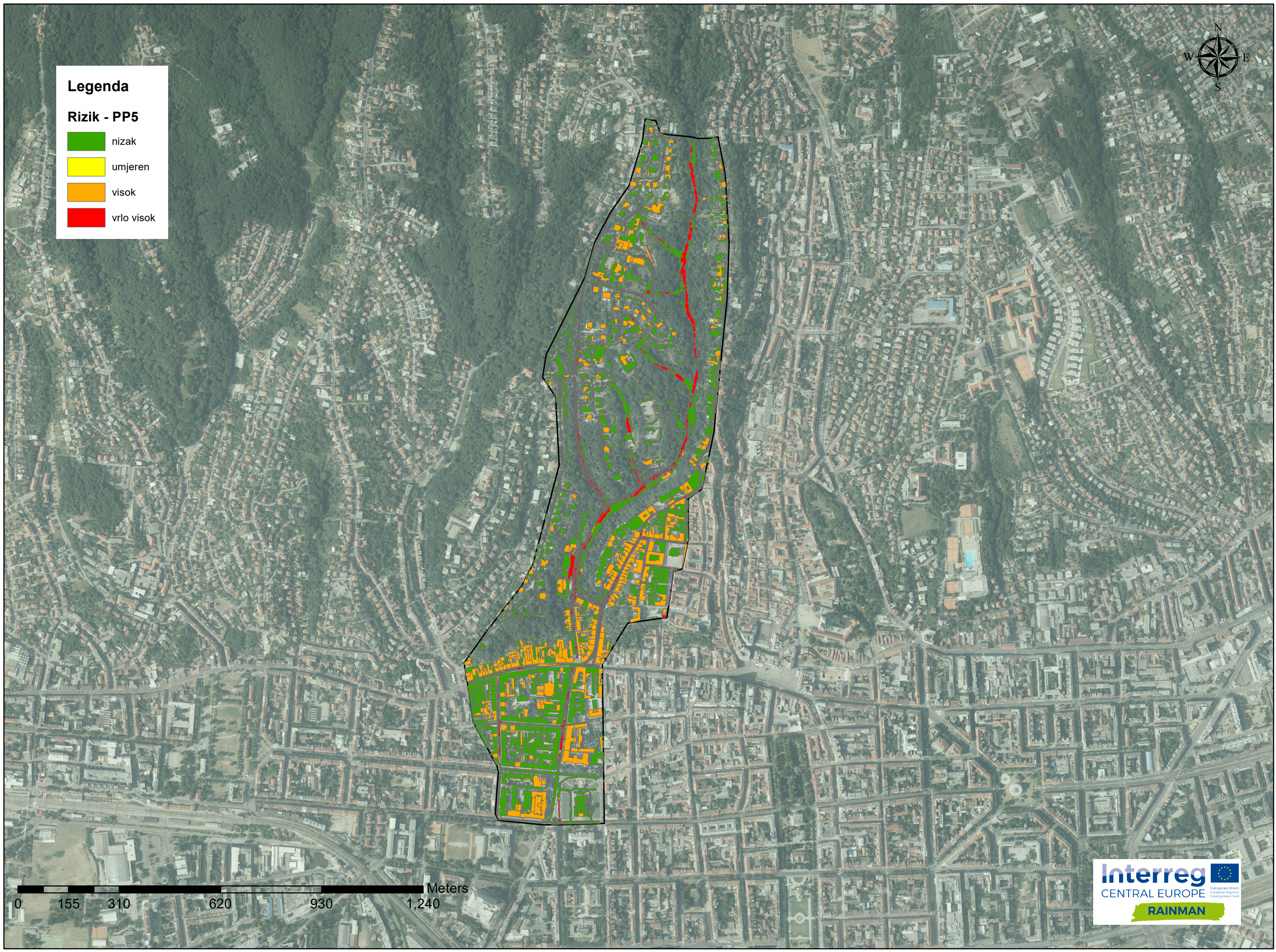
RAINMAN



Legenda

Rizik - PP5

- nizak
- umjeren
- visok
- vrlo visok

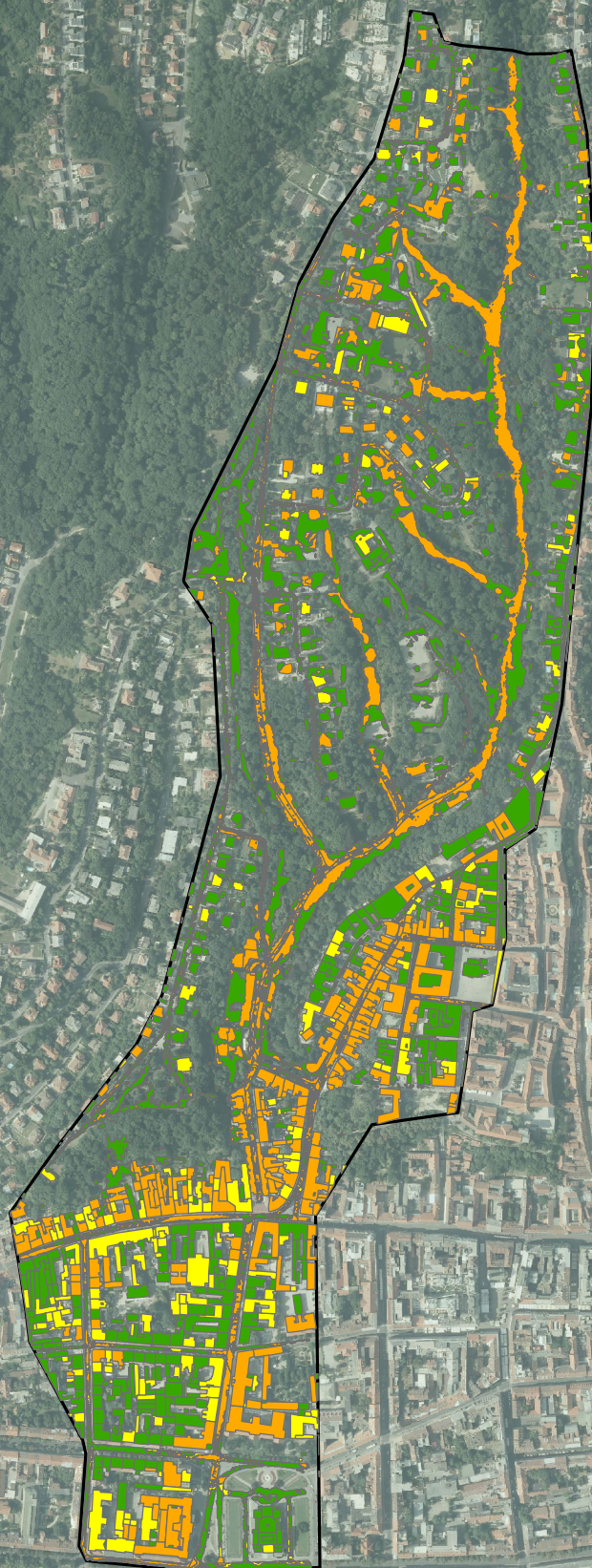




Legenda

Rizik - PP20

- nizak
- umjeren
- visok
- vrlo visok

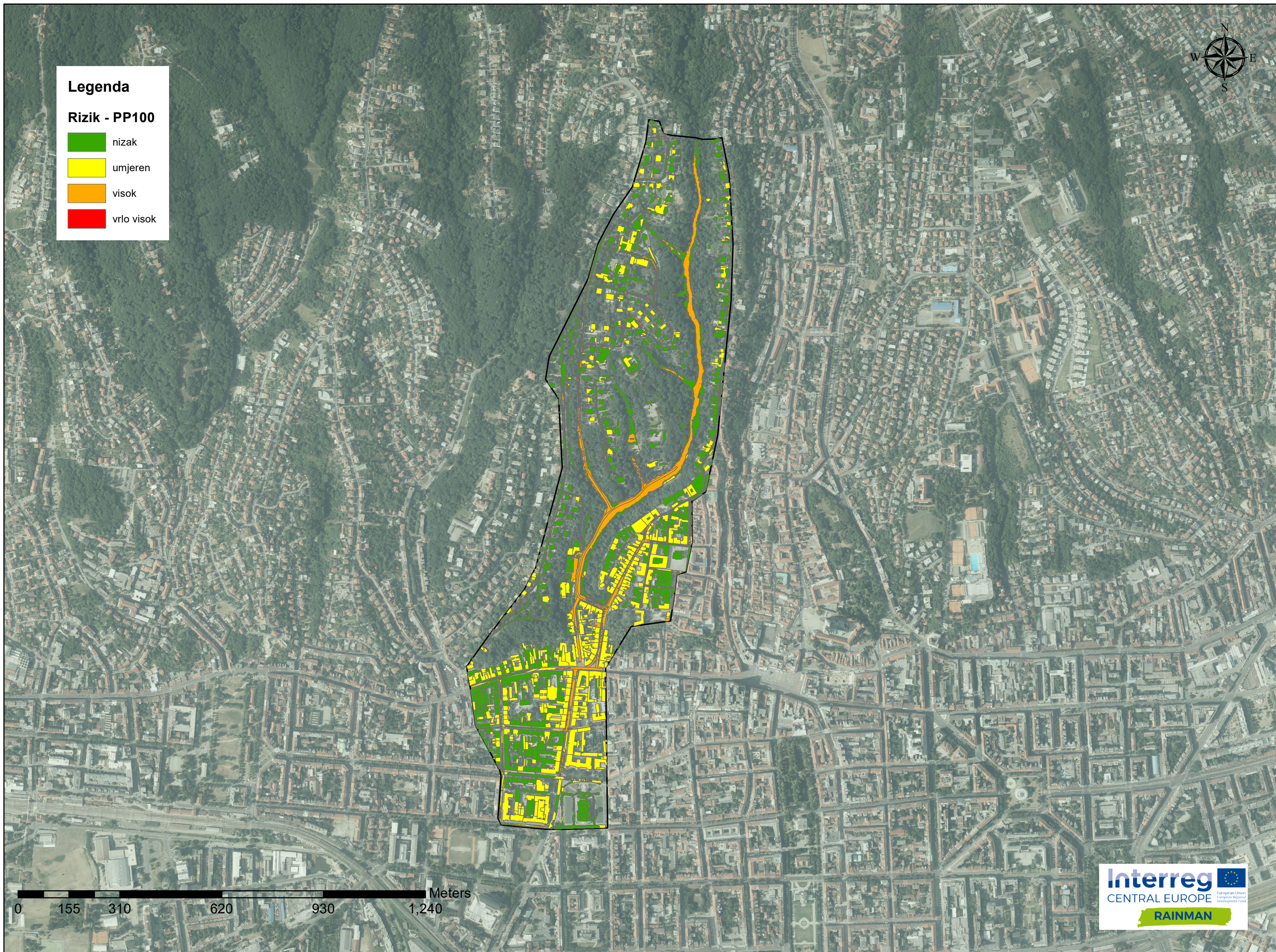




Legenda

Rizik - PP100

- nizak
- umjeren
- visok
- vrlo visok





Legenda




Rizik - PP100e

- nizak
- umjeren
- visok
- vrlo visok





Legenda

-  Intervencije Umag
-  Objekti Umag
-  Obuhvat Umag



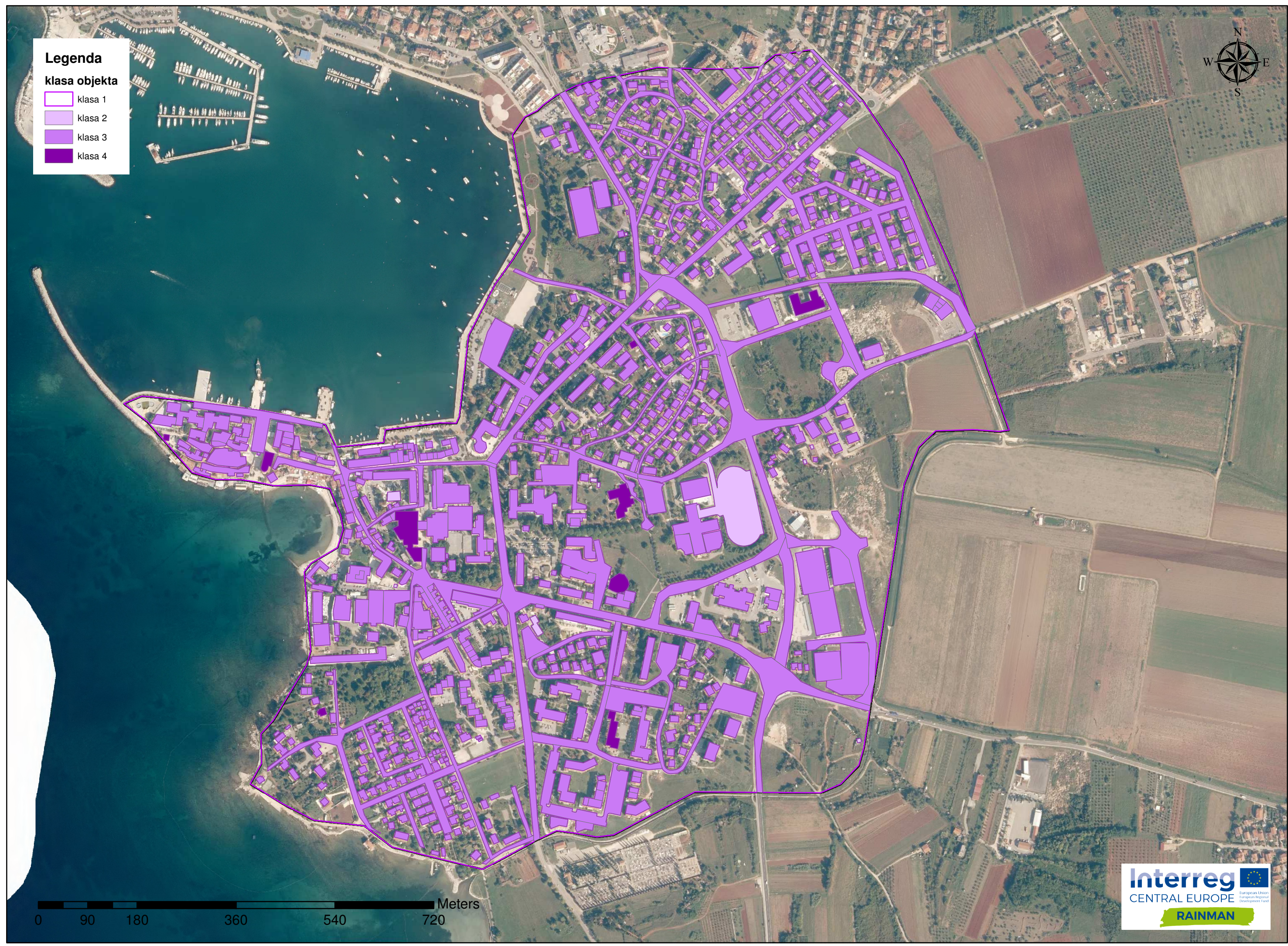
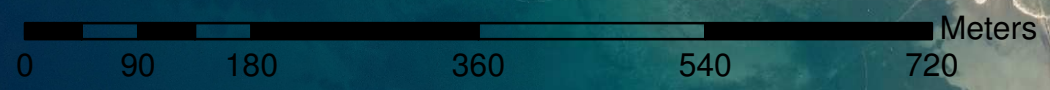
0 87.5 175 350 525 700 Meters

Interreg 
CENTRAL EUROPE European Union
European Regional
Development Fund
RAINMAN

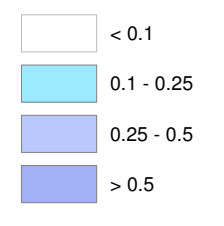
Legenda

klasa objekta

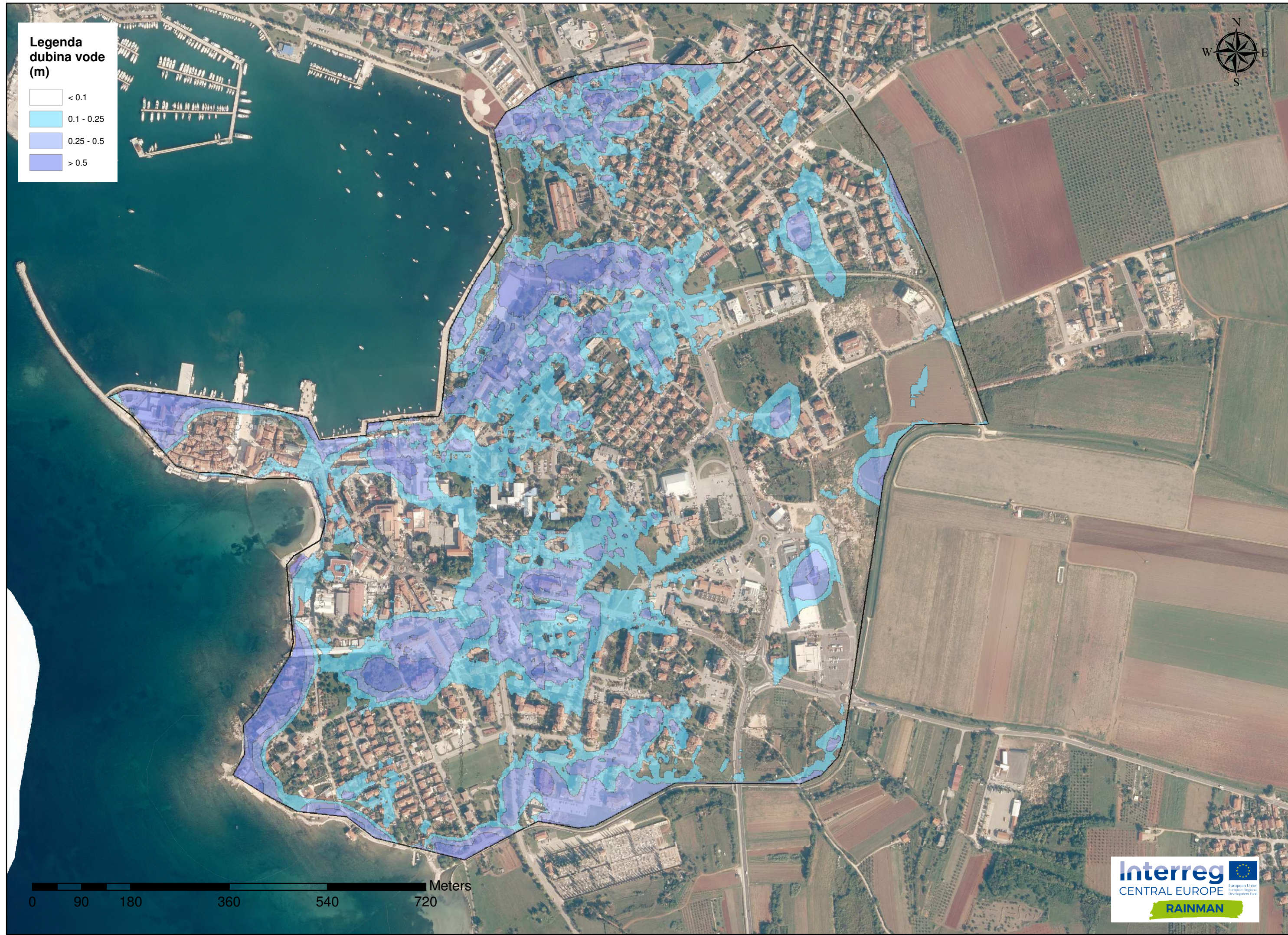
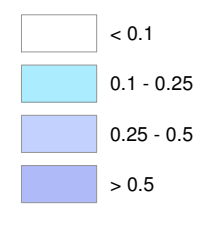
- klasa 1
- klasa 2
- klasa 3
- klasa 4



**Legenda
dubina vode
(m)**



**Legenda
dubina vode
(m)**

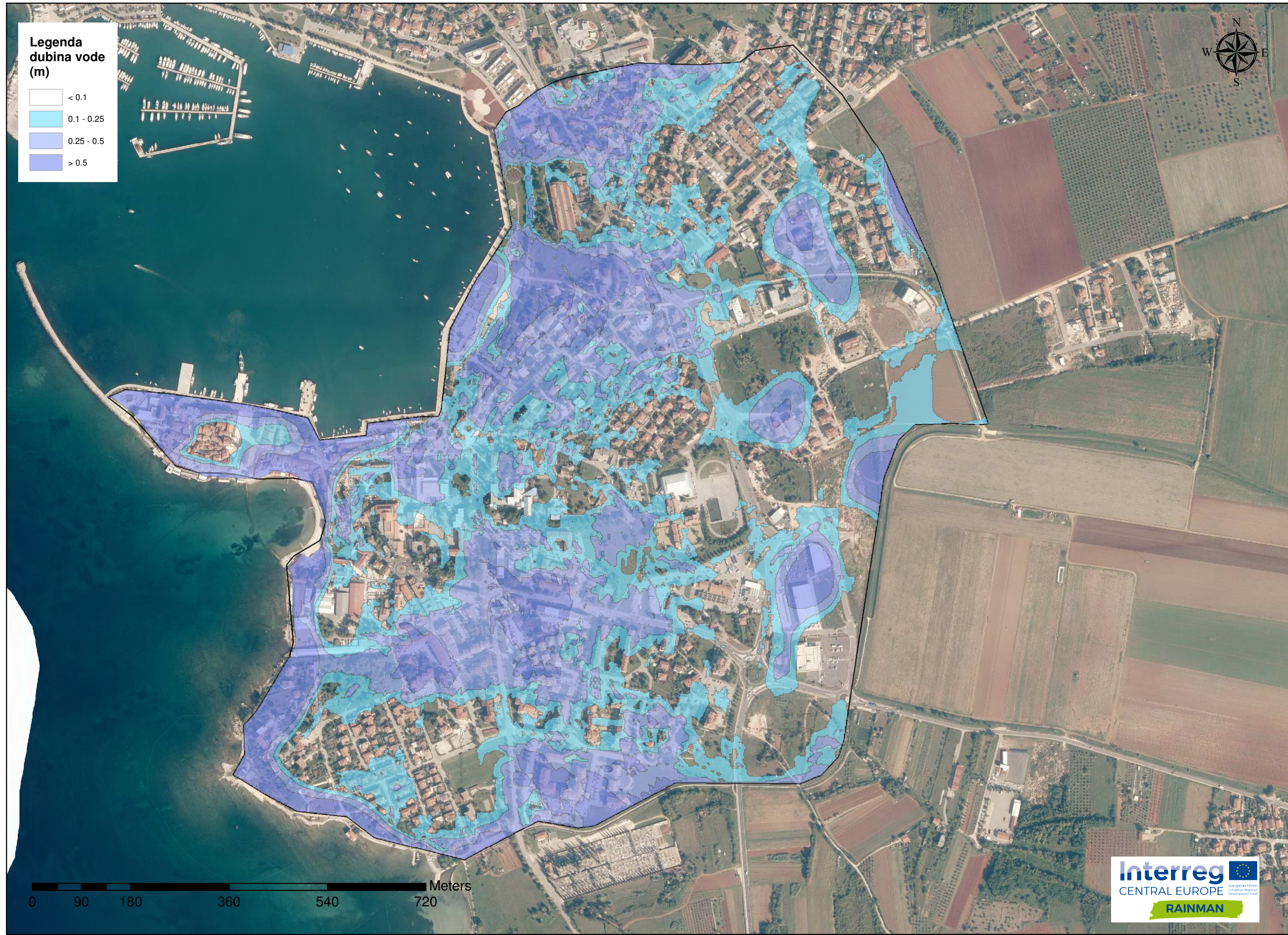
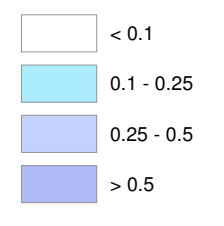


**Legenda
dubina vode
(m)**

- < 0.1
- 0.1 - 0.25
- 0.25 - 0.5
- > 0.5







**Legenda
dubina vode
(m)**





Legenda

Šteta - PP5

	0
	1
	2
	3







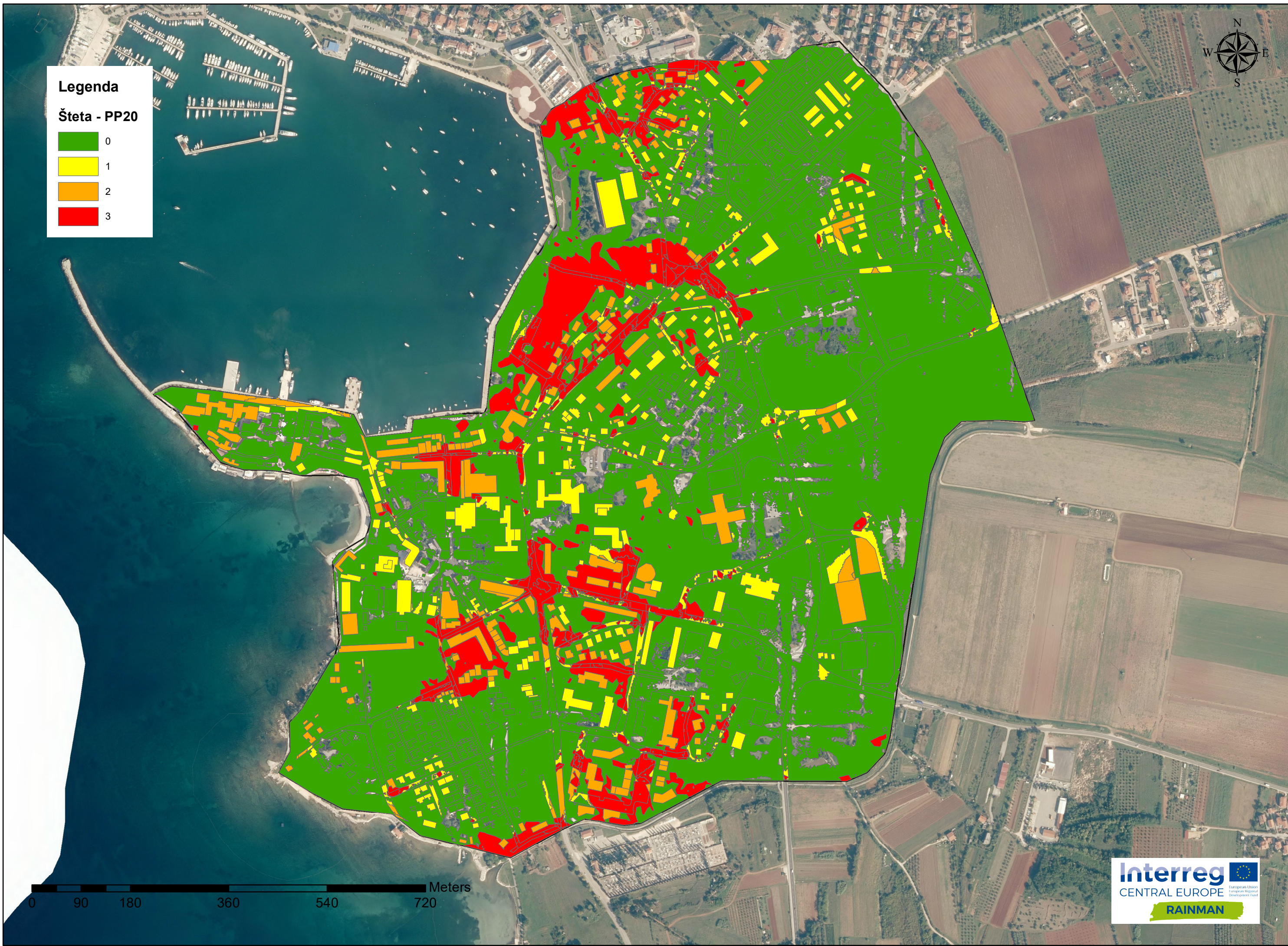
0 90 180 360 540 720 Meters



Legenda

Šteta - PP20

	0
	1
	2
	3







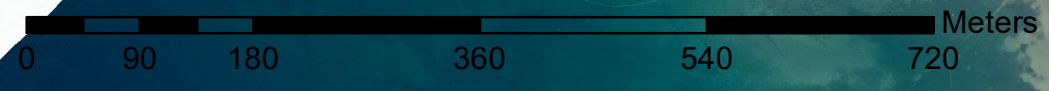
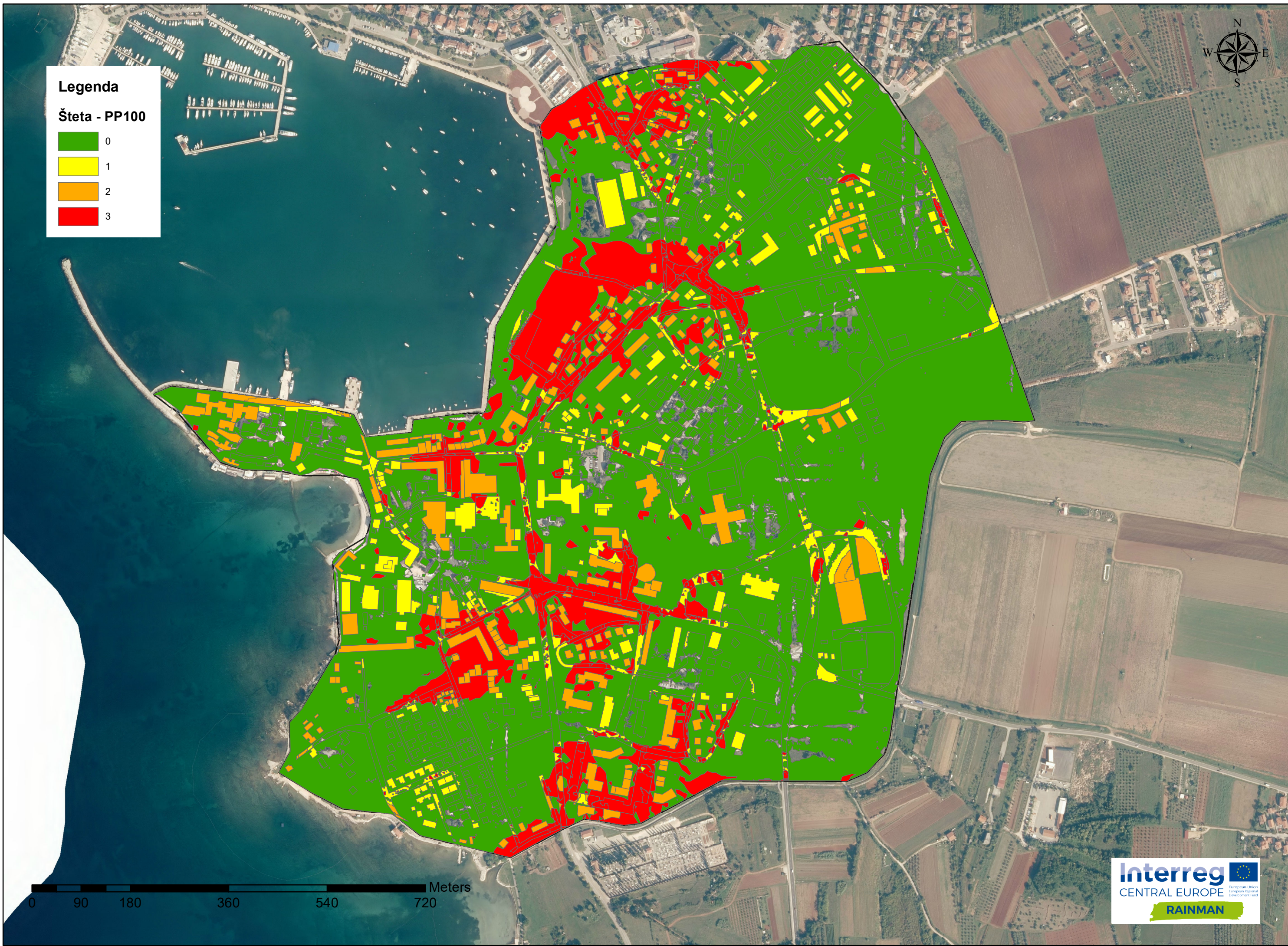
0 90 180 360 540 720 Meters



Legenda

Šteta - PP100

	0
	1
	2
	3



Interreg 
CENTRAL EUROPE European Union
European Regional
Development Fund

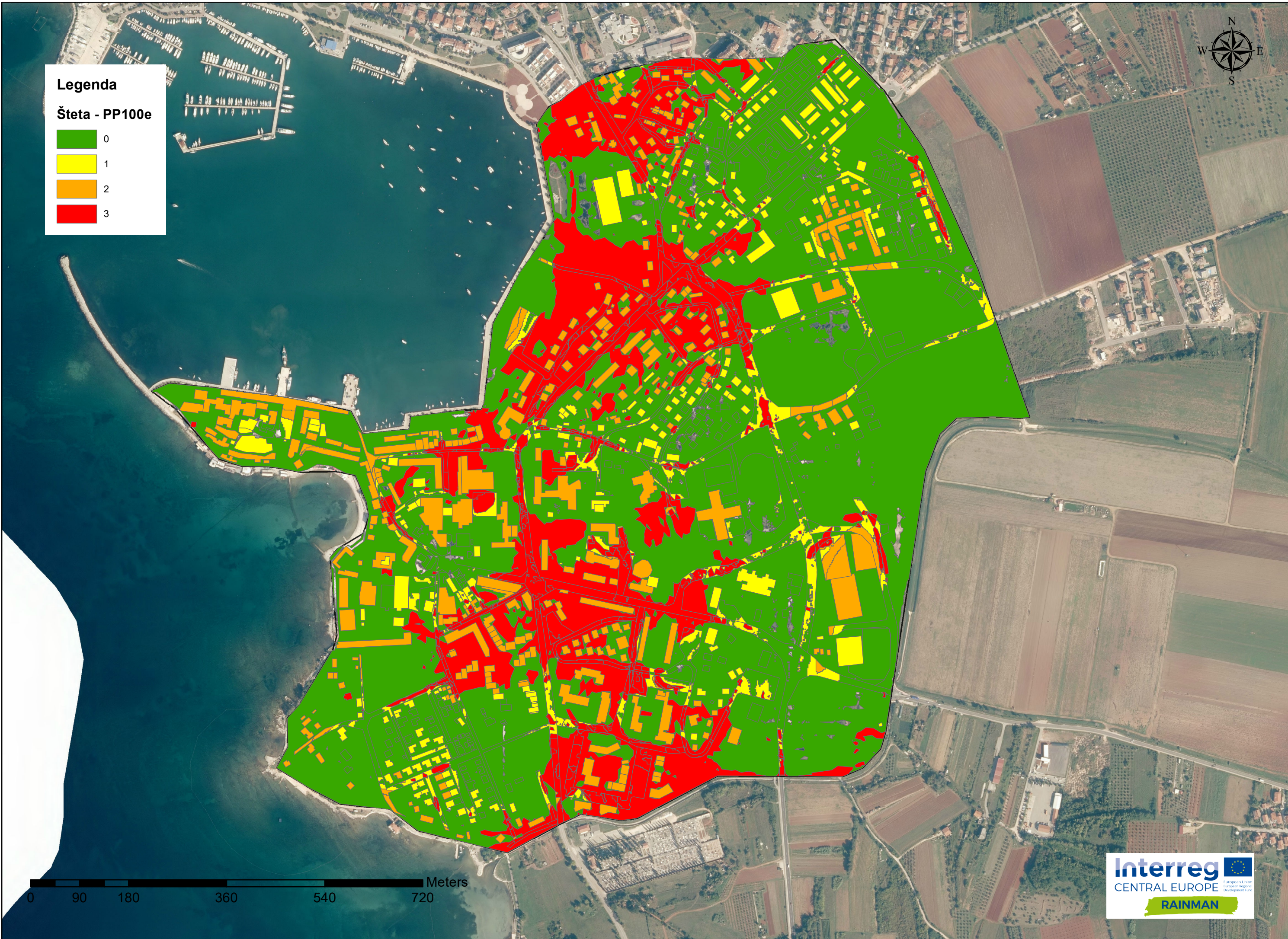
RAINMAN



Legenda

Šteta - PP100e

	0
	1
	2
	3

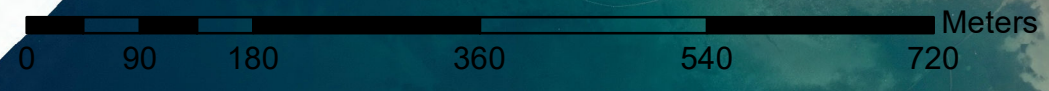
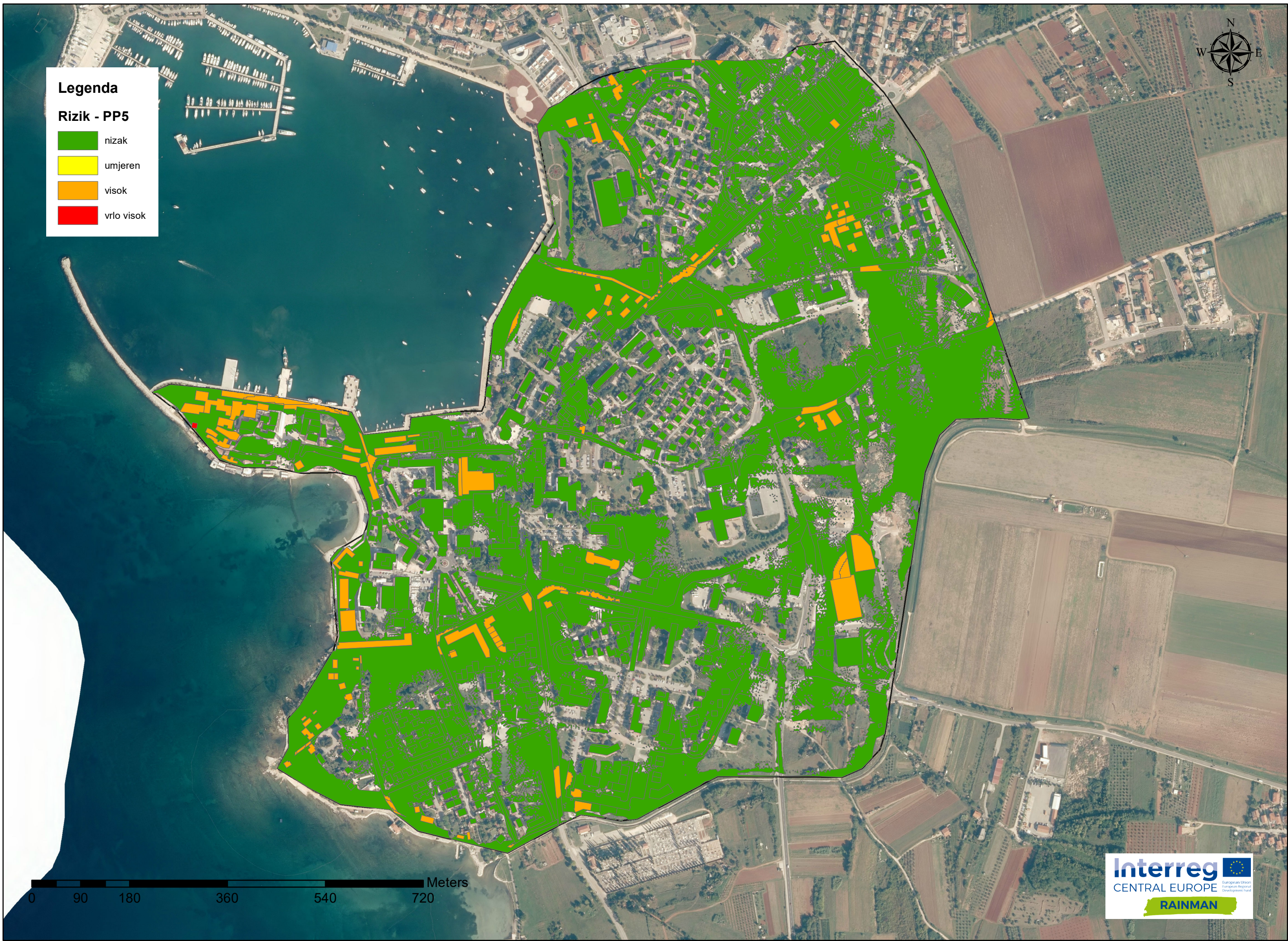




Legenda

Rizik - PP5

- nizak
- umjeren
- visok
- vrlo visok

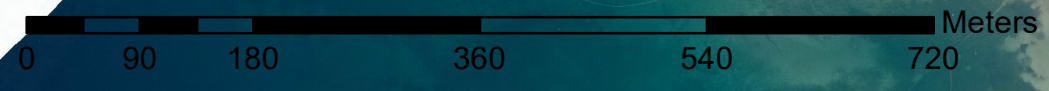
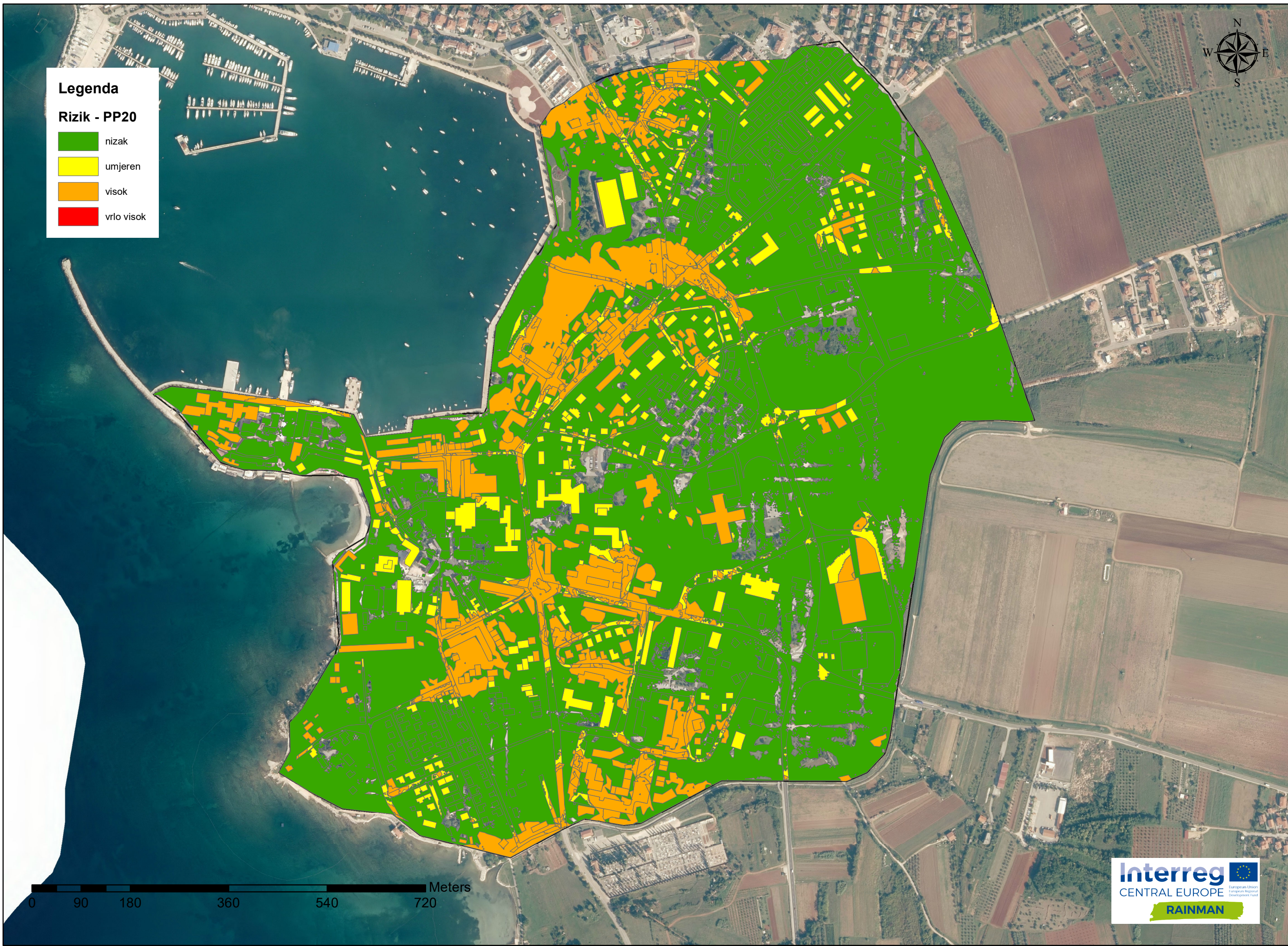




Legenda

Rizik - PP20

- nizak
- umjeren
- visok
- vrlo visok

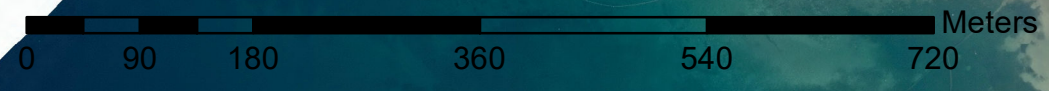
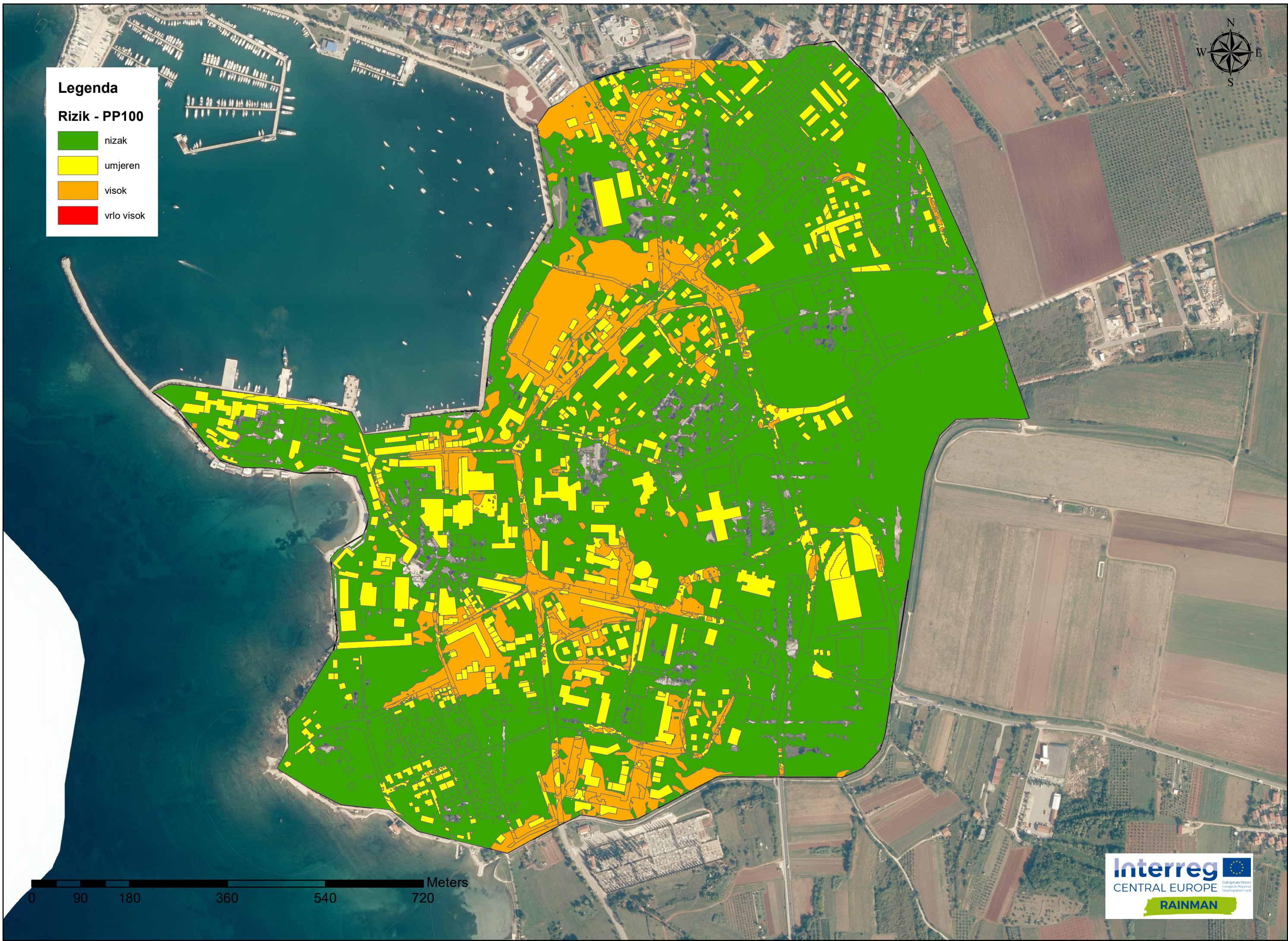




Legenda

Rizik - PP100

- nizak
- umjeren
- visok
- vrlo visok





Legenda

Rizik -PP100e

- nizak
- umjeren
- visok
- vrlo visok

