



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



URBAN FLOOD ANALYSIS AND MAPPING

NINO KRVAVICA

University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering



Training for WB teaching staff at UNIRIFCE

23.03.2022.



This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

University of Nis



www.swarm.ni.ac.rs

Strengthening of master curricula in water resources
management for the Western Balkans HEIs and stakeholders

Project number: 597888-EPP-1-2018-1-RS-EPPKA2-CBHE-JP



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



URBAN FLOOD ANALYSIS AND MAPPING

Nino Krvavica
Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

University of Nis



www.swarm.ni.ac.rs

Strengthening of master curricula in water resources
management for the Western Balkans HEIs and stakeholders

Project number: 597888-EPP-1-2018-1-RS-EPPKA2-CBHE-JP

Rezultati za pilot područja Šibenika i Vodica

Adriadapt

Finalna radionica | ABS Centar | 15. lipnja 2021.

OKVIR I AUTORI

Analiza ranjivosti obalne infrastrukture na klimatske promjene te definiranje i izvođenje podataka za analizu ranjivosti – projekt Adriadapt

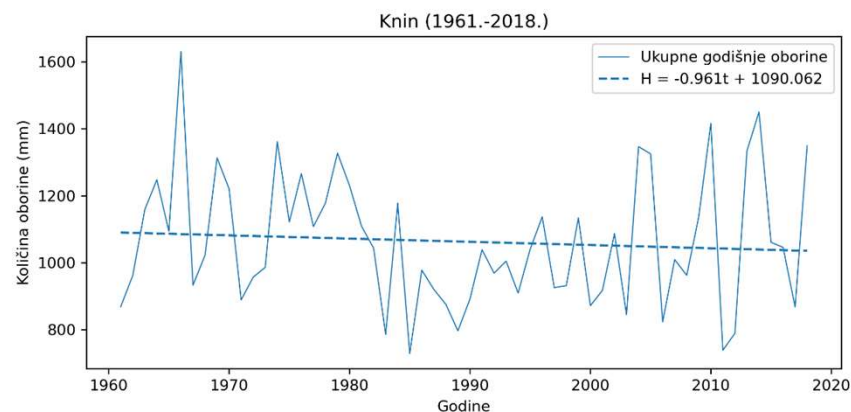
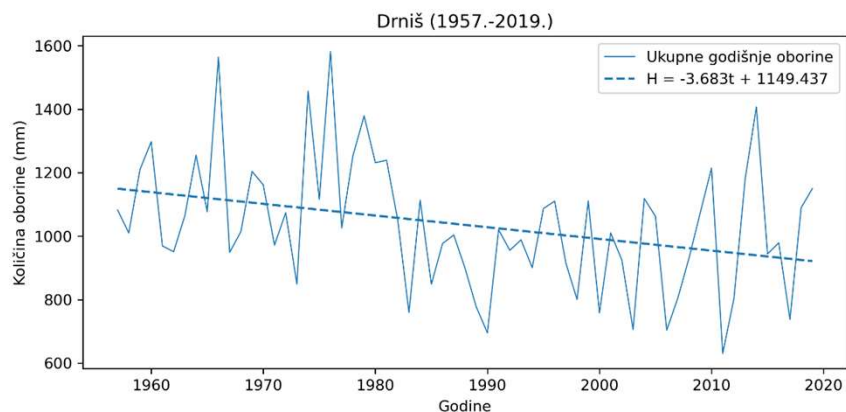
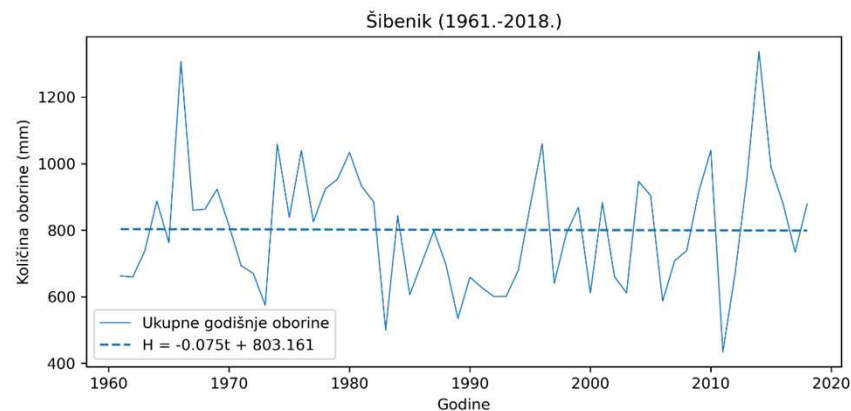
Izvršitelj:	Građevinski fakultet u Rijeci
Voditelj studije:	dr. sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ.
Zamjenik voditelja studije:	<u>dr. sc. Nino Krvavica, dipl. ing. građ.</u>
Izradili:	dr. sc. Igor Ružić, dipl. ing. građ. dr. sc. Nino Krvavica, dipl. ing. građ. dr. sc. Josip Rubinić, dipl. ing. građ. Maja Radišić, mag. ing. aedif. Andrea Tadić, mag. ing. aedif. dr. sc. Goran Lončar, dipl. ing. građ. Milvana Arko – Pijevac, dipl. ing. biol. dr.sc. Darija Vukić Lušić, dipl. sanit. ing.

SADRŽAJ

- Klimatološke i hidrološke analize i projekcije
- Hidrološko-hidraulička analiza površinskih tokova
- Numerički model valovanja, strujanja i pronosa onečišćenja mora
- Statistička analiza višegodišnjih oscilacija razine mora
- Kakvoća mora u akvatoriju Šibenika i Vodica
- Utjecaj klimatskih promjena na biološko stanje u akvatoriju Šibenika i Vodica
- Zaključak i preporuke

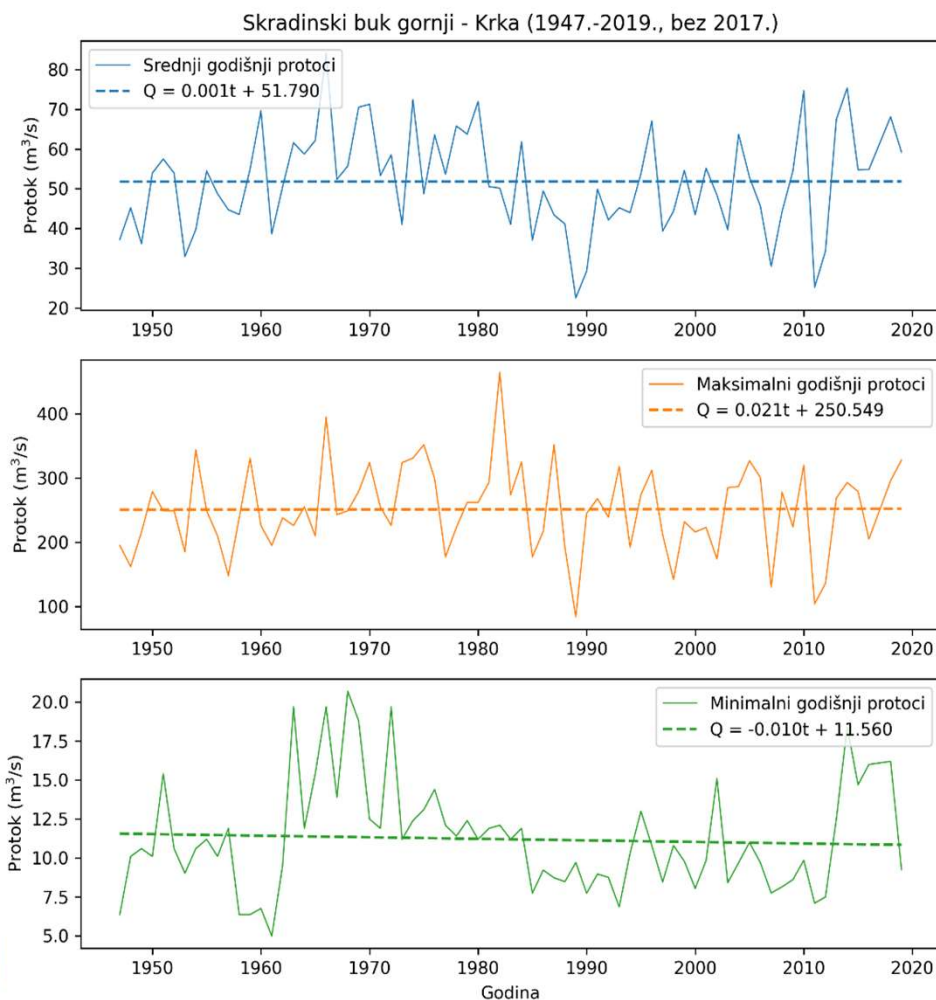
KLIMATOLOŠKE I HIDROLOŠKE ANALIZE

- Postojeće klimatološke prilike – oborine
- **Opadajući trend godišnjih količina oborina**



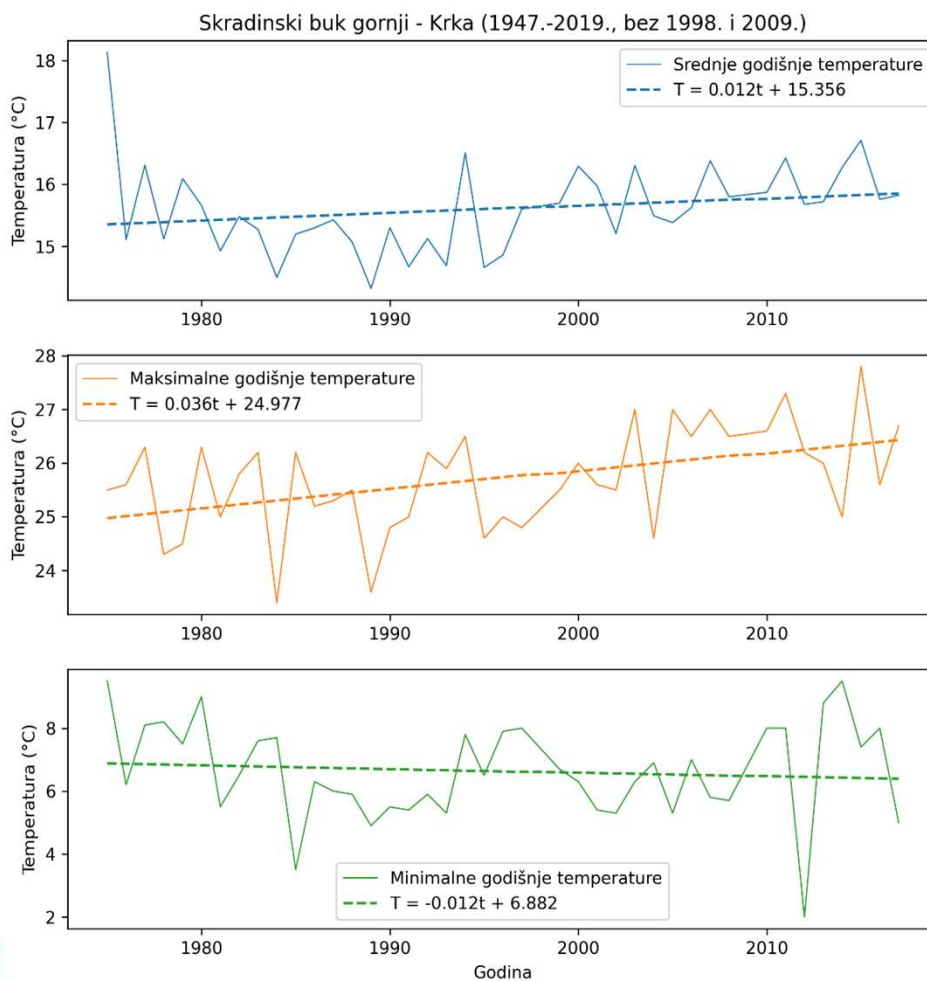
KLIMATOLOŠKE I HIDROLOŠKE ANALIZE

- Postojeće hidrološke prilike – protoci rijeke Krke
- **Blagi trend opadanja minimalnih protoka**
- **Blagi trend rasta srednjih i maksimalnih protoka**



KLIMATOLOŠKE I HIDROLOŠKE ANALIZE

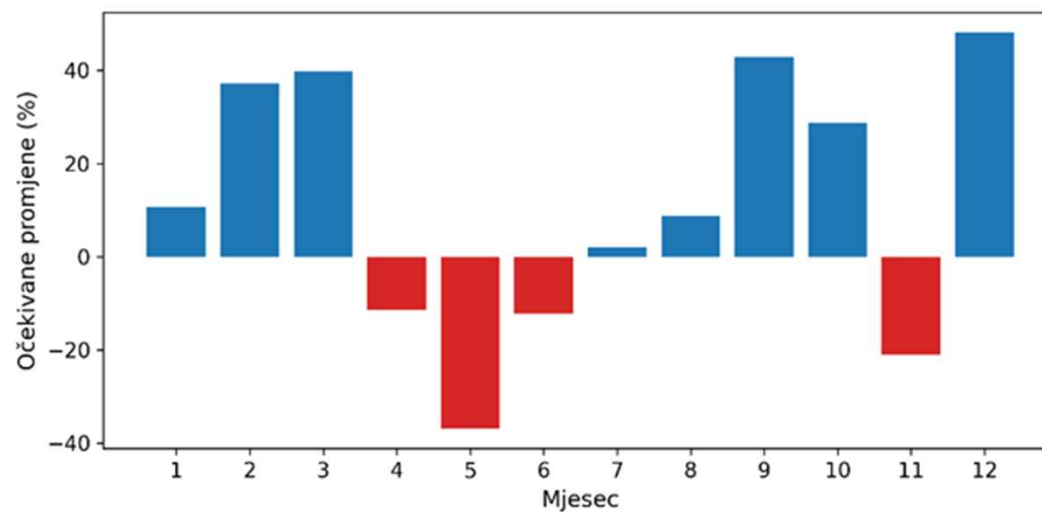
- Postojeće hidrološke prilike – temperature rijeke Krke
- **Izražen trend rasta srednjih i maksimalnih temperature vode**
- Blagi trend pada minimalnih temperature vode



KLIMATOLOŠKE I HIDROLOŠKE PROJEKCIJE

- Projekcije klimatoloških i hidroloških prilika

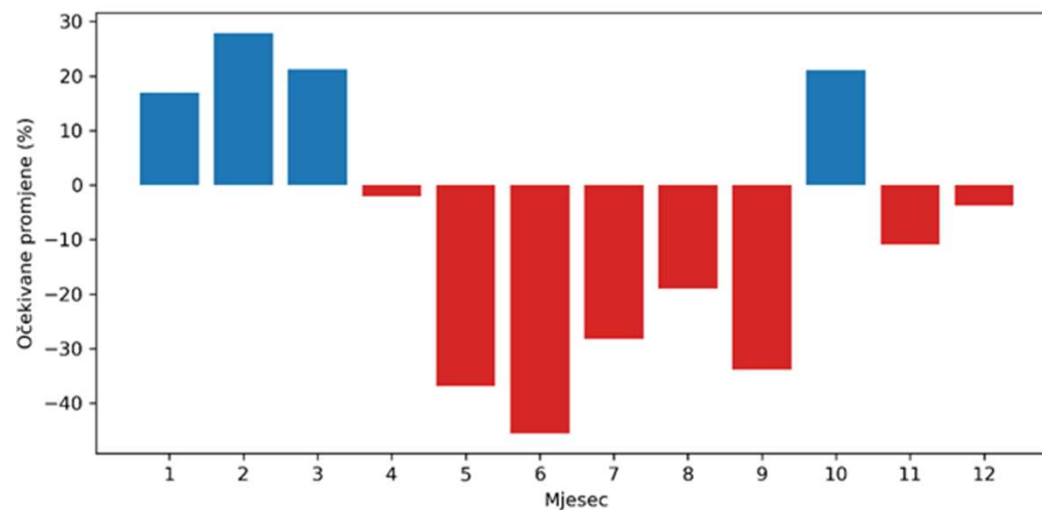
Srednjih mjesečne **oborine**
(2071-2100) vs. (1991-2020)



KLIMATOLOŠKE I HIDROLOŠKE PROJEKCIJE

- Projekcije klimatoloških i hidroloških prilika

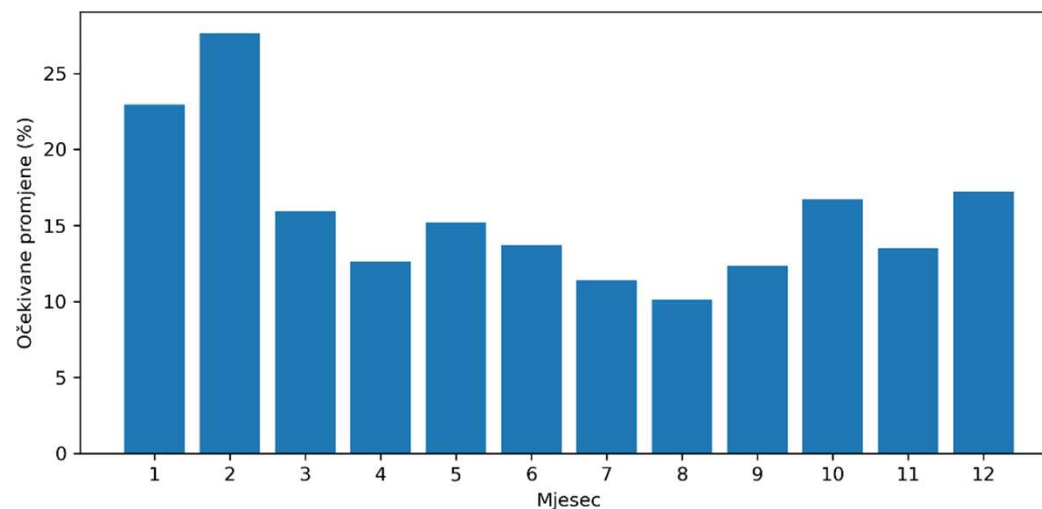
Srednjih mjesečne **protoke**
(2071-2100) vs. (1991-2020)



KLIMATOLOŠKE I HIDROLOŠKE PROJEKCIJE

- Projekcije klimatoloških i hidroloških prilika

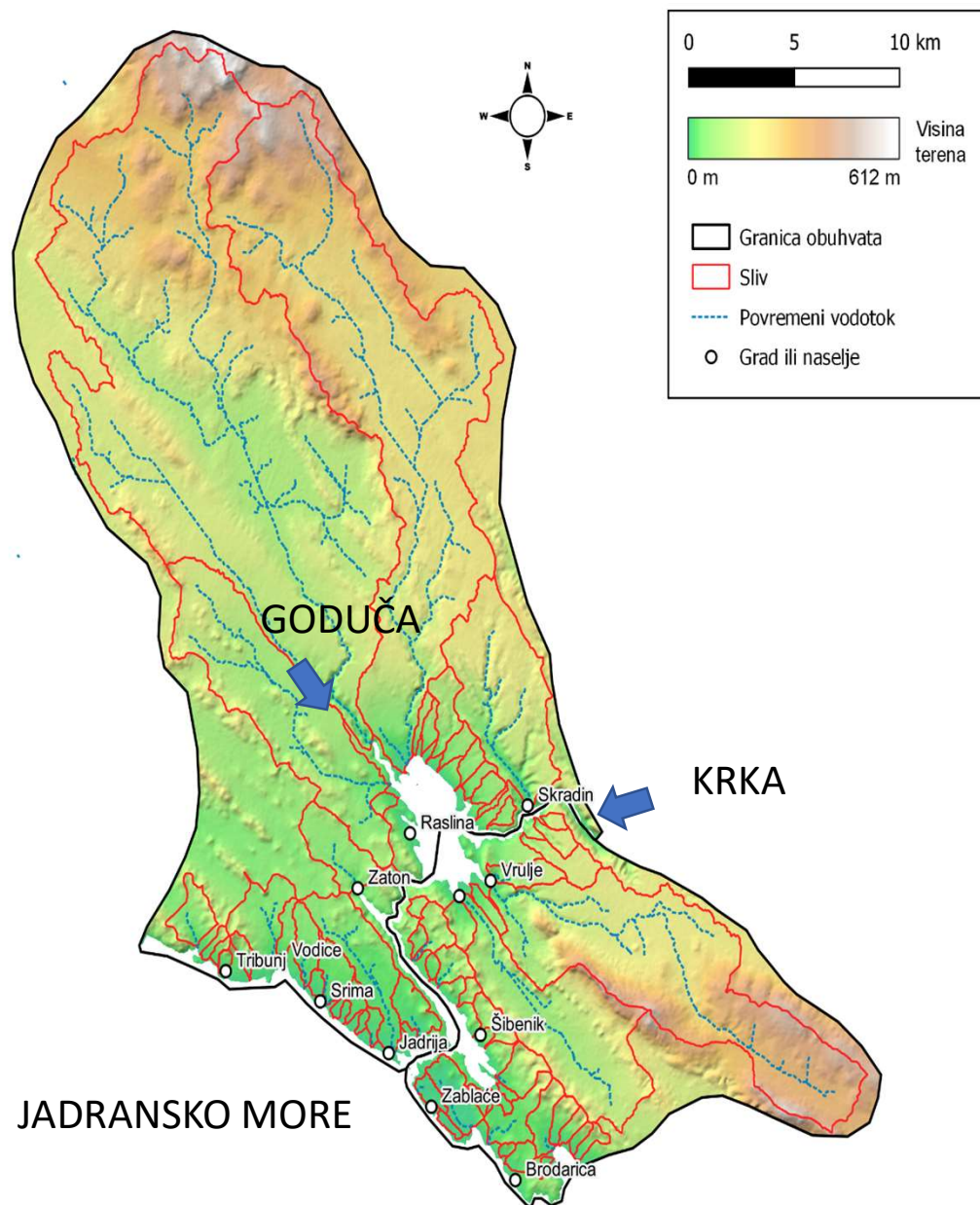
Srednjih mjesečne
temperature vode
(2071-2100) vs. (1991-2020)



HIDROLOŠKO- HIDRAULIČKA ANALIZA POVRŠINSKIH TOKOVA

MAKRO RAZINA

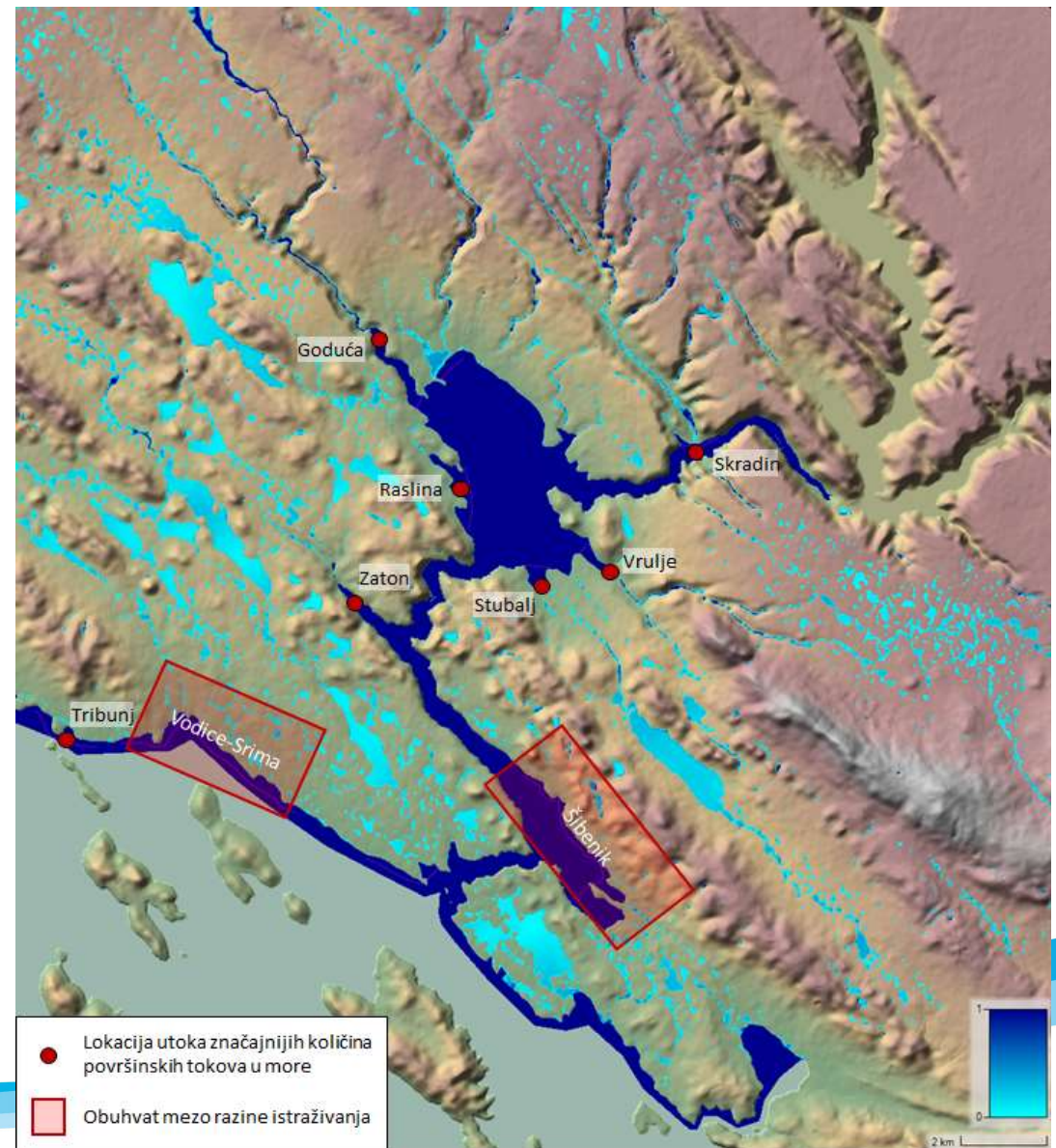
- Analiza sadašnjih i budućih dotoka rijeke Krke, bujice Goduča te ostalih manjih bujičnih i površinskih tokova
- Simulacija za razdoblje 2007. - 2009.
- Projekcije za 2100.



HIDROLOŠKO- HIDRAULIČKA ANALIZA POVRŠINSKIH TOKOVA

MAKRO RAZINA

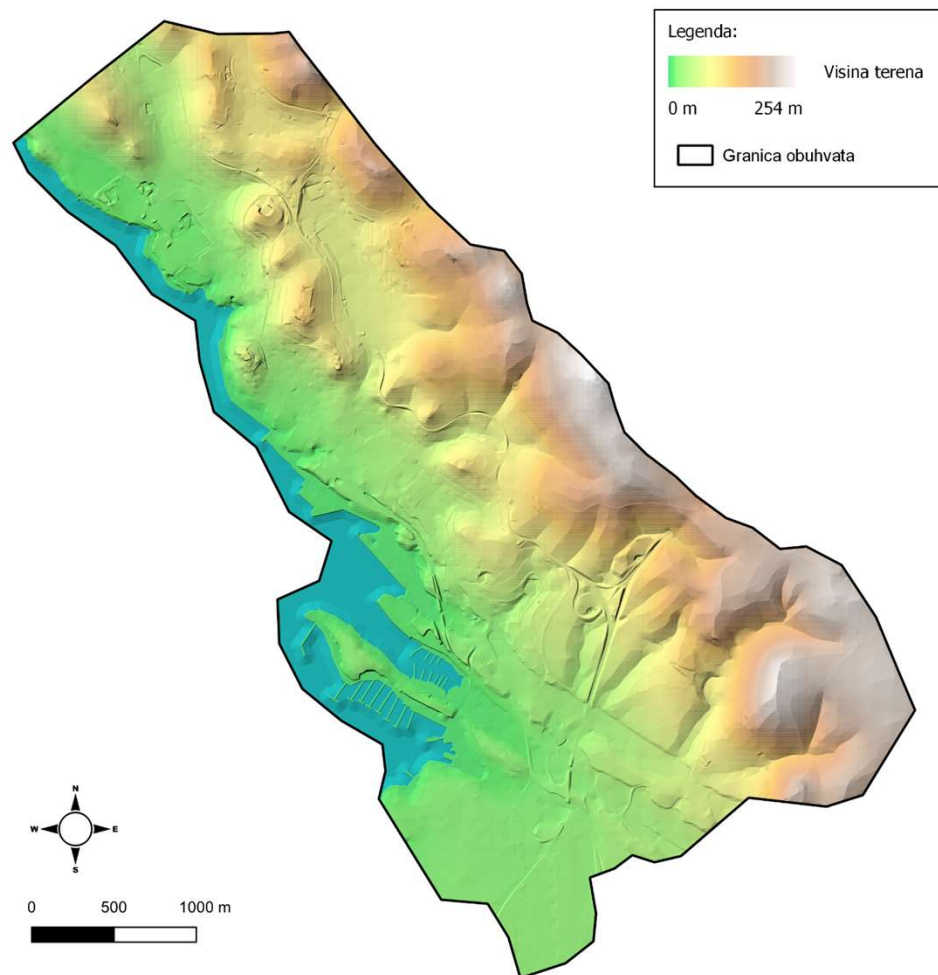
- Identificirane lokacije najznačajnijih utoka površinskih tokova u priobalne vode te njihove količine



MEZO RAZINA: ŠIBENIK

Važnost točnih podloga:

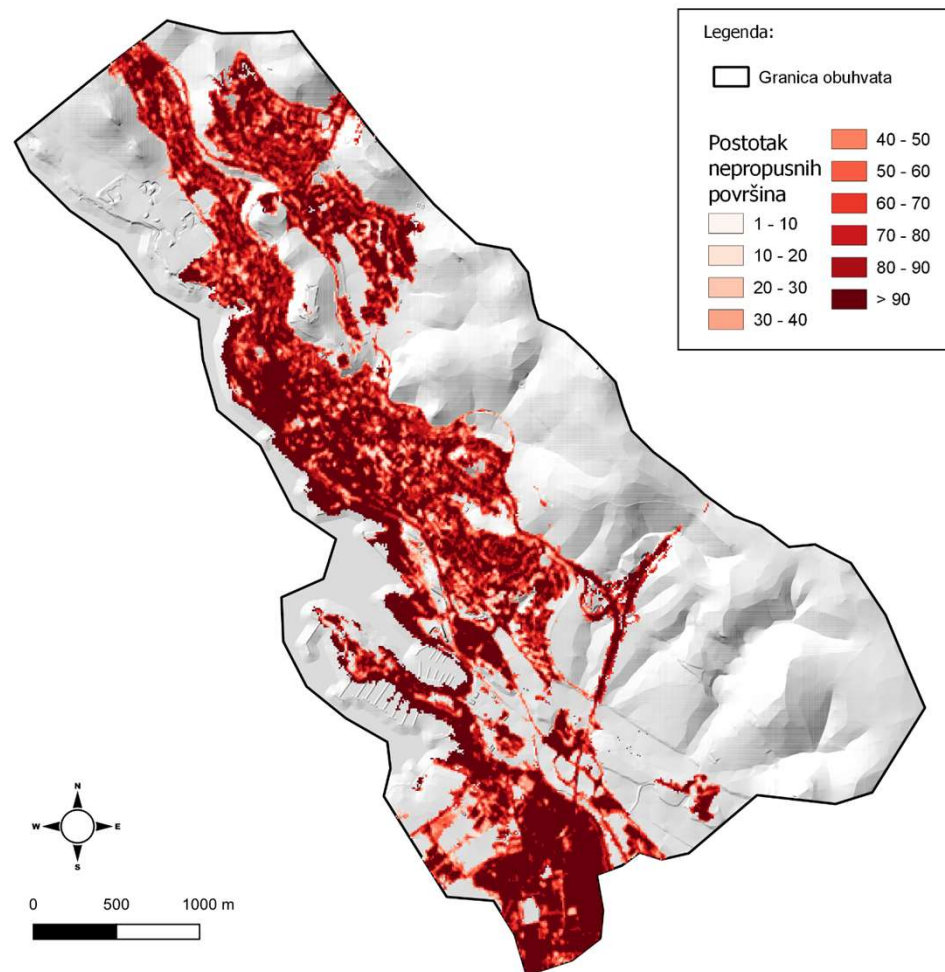
- **Digitalni model reljefa**
- Namjena i korištenje zemljišta
- Npropusne površine
- Hrapavost podloge

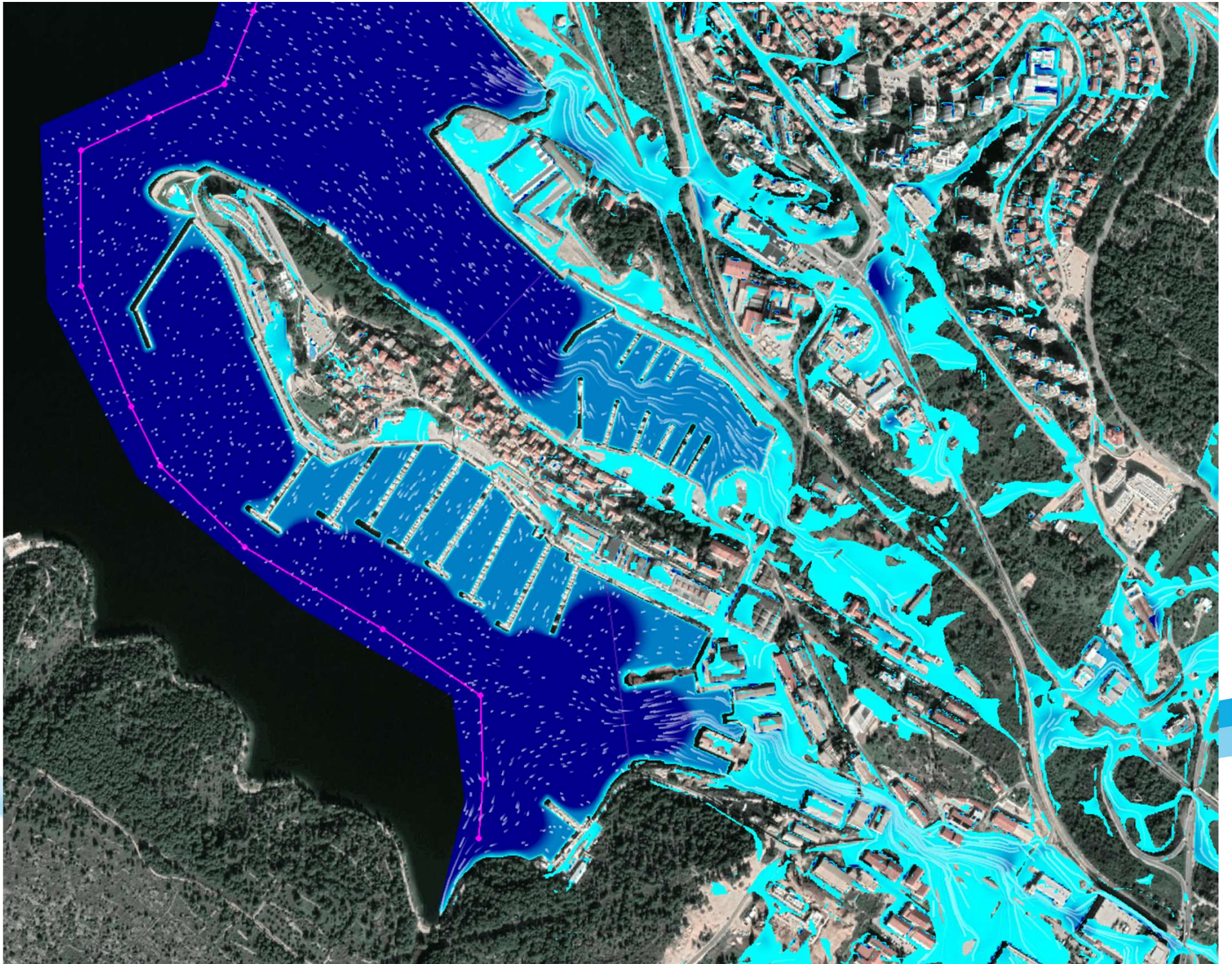


MEZO RAZINA: ŠIBENIK

Važnost točnih podloga:

- Digitalni model reljefa
- Namjena i korištenje zemljišta
- **Nepropusne površine**
- Hrapavost podloge

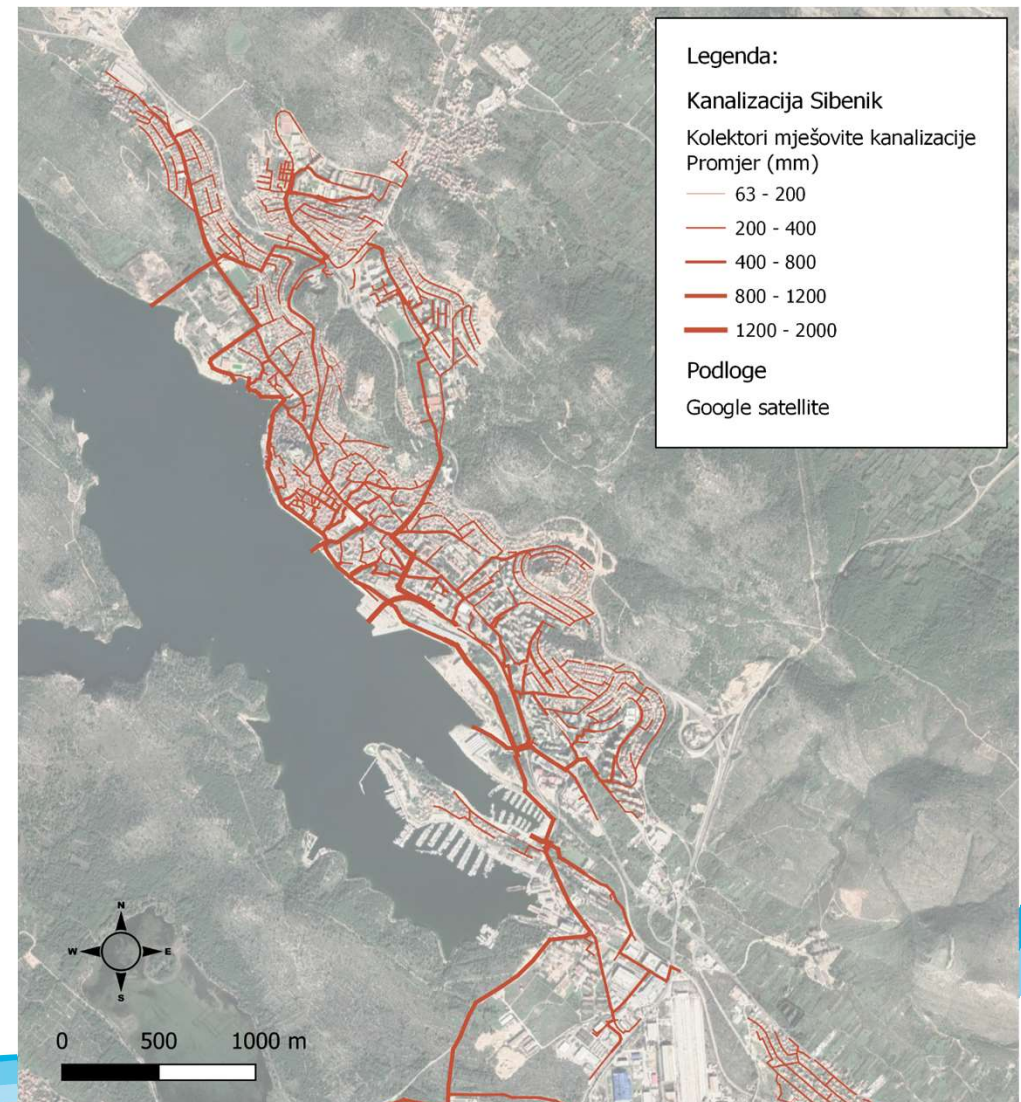




MEZO RAZINA: ŠIBENIK

Kanalizacijski sustav

- Mješoviti tip



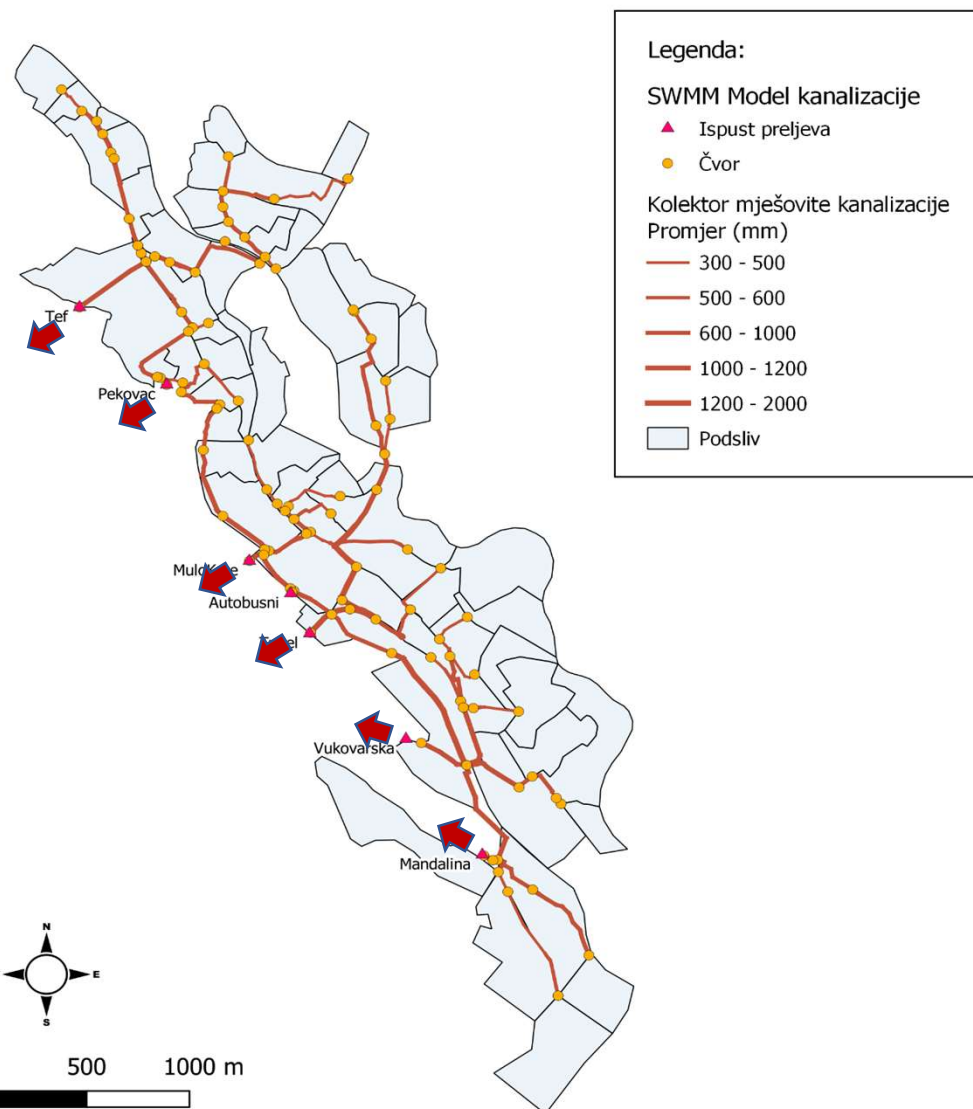
MEZO RAZINA: ŠIBENIK

Kanalizacijski sustav

- Mješoviti tip

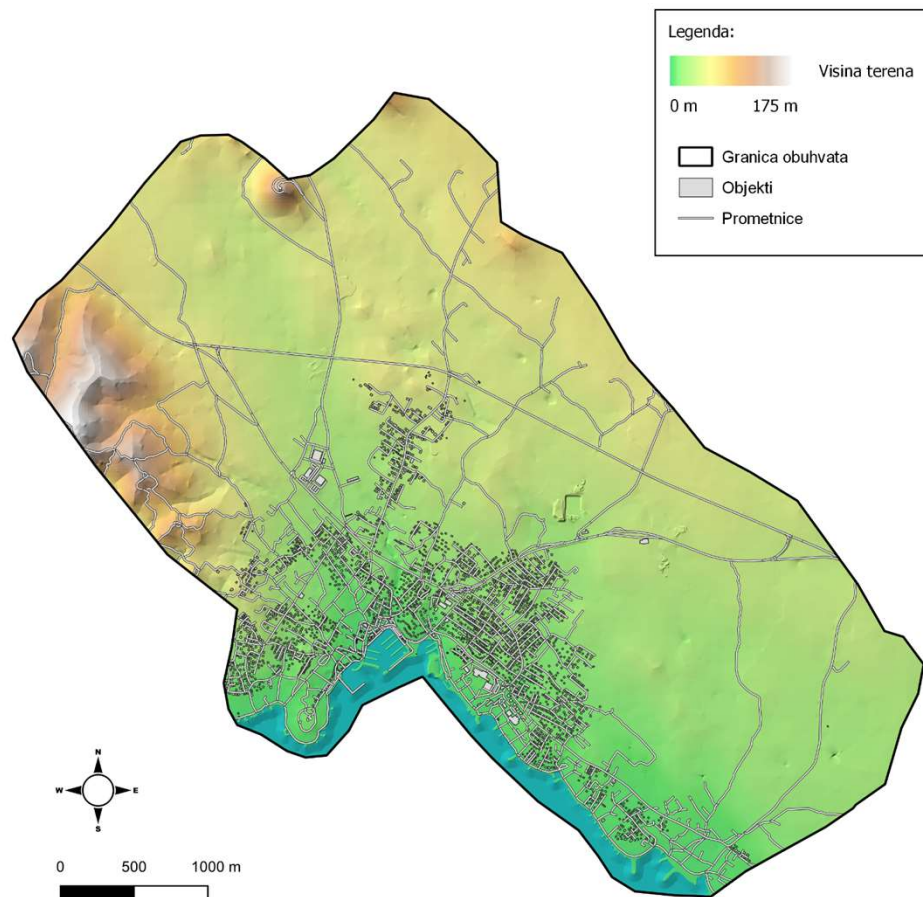
Matematički model kanalizacijskog sustava

- **Analiza ispusta iz kišnih preljeva**

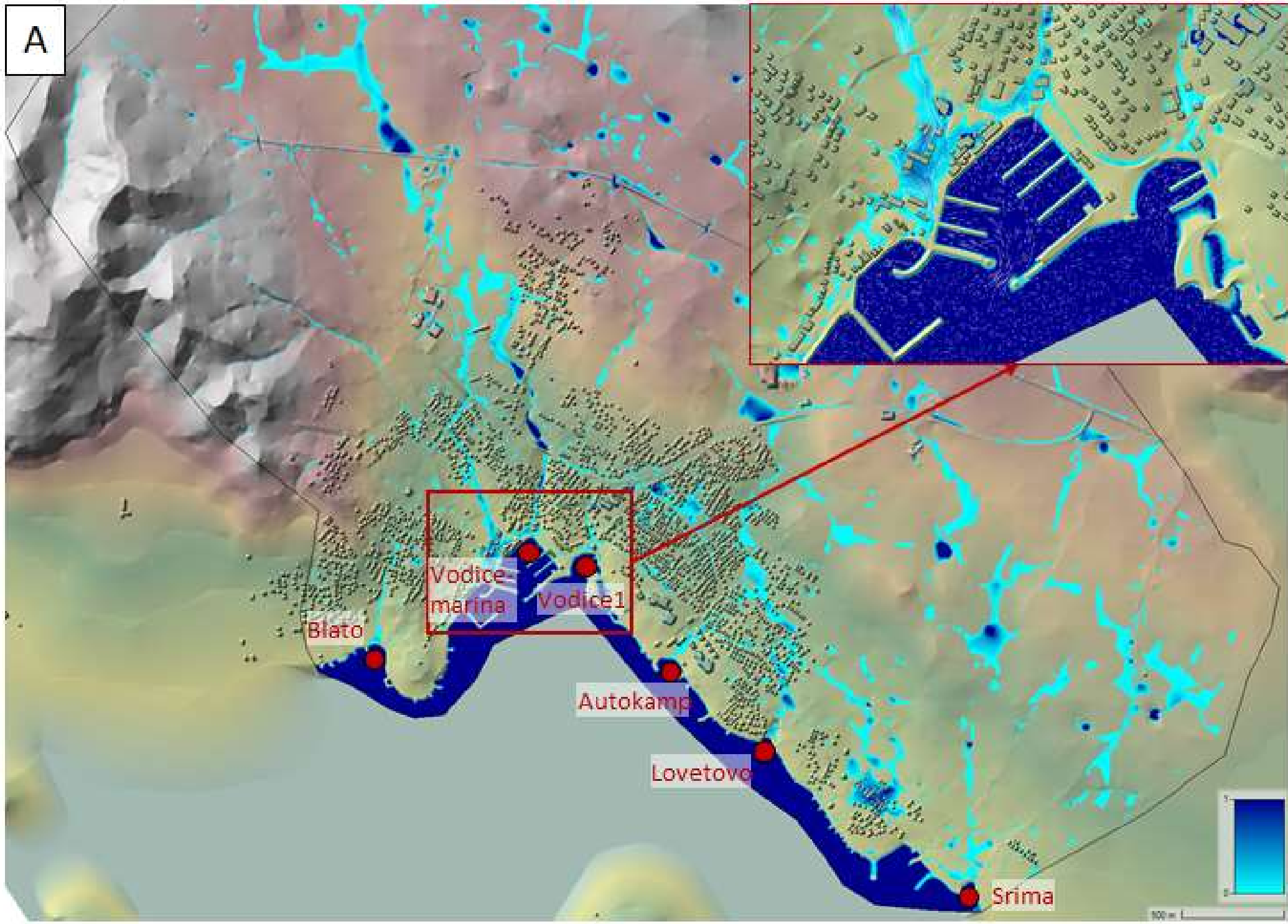


MEZO RAZINA: VODICE

Analiza površinskih tokova



A

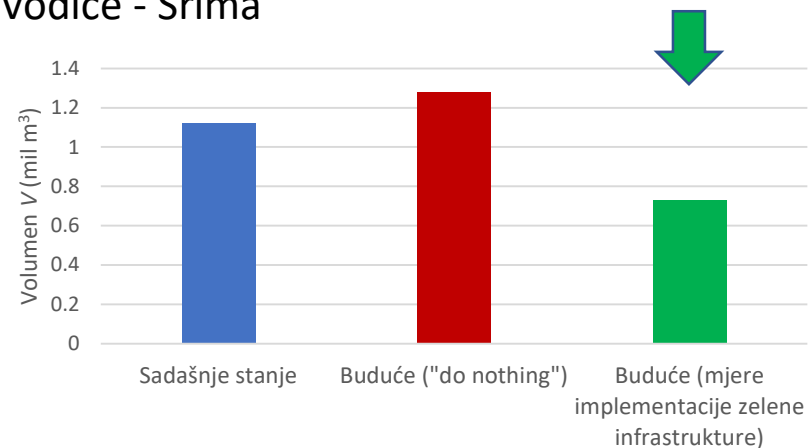


MEZO RAZINA

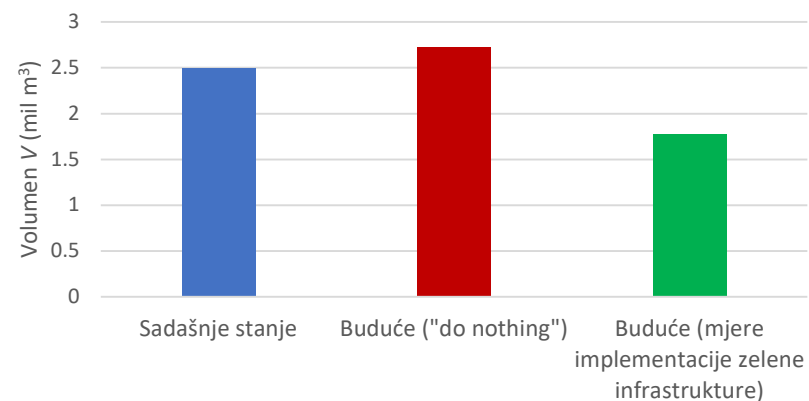
Analiza godišnjeg volumena onečišćenih površinskih voda s urbaniziranih površina koje utječu u priobalno more

50% urbaniziranih površina u zelene!

Vodice - Srima

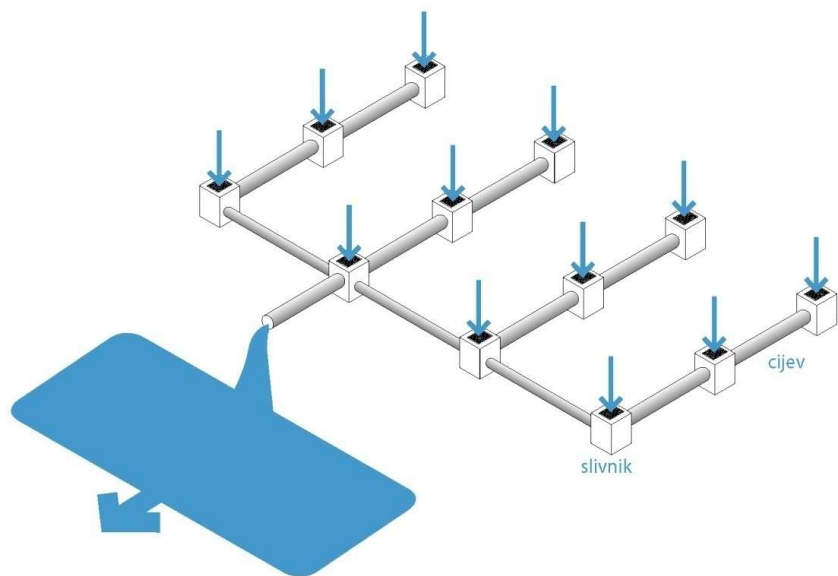


Šibenik



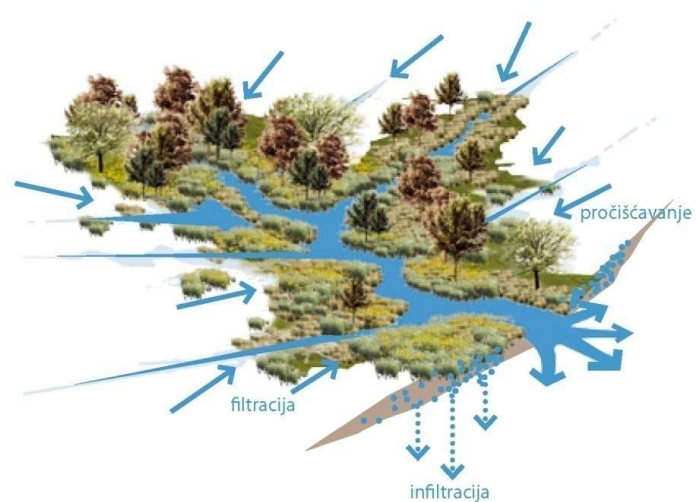
ZELENA INFRASTRUKTURA

Tradicionalni pristup



tradicionalno upravljanje oborinske odvodnje:
"oborinska odvodnja = cijev" - što dalje što brže

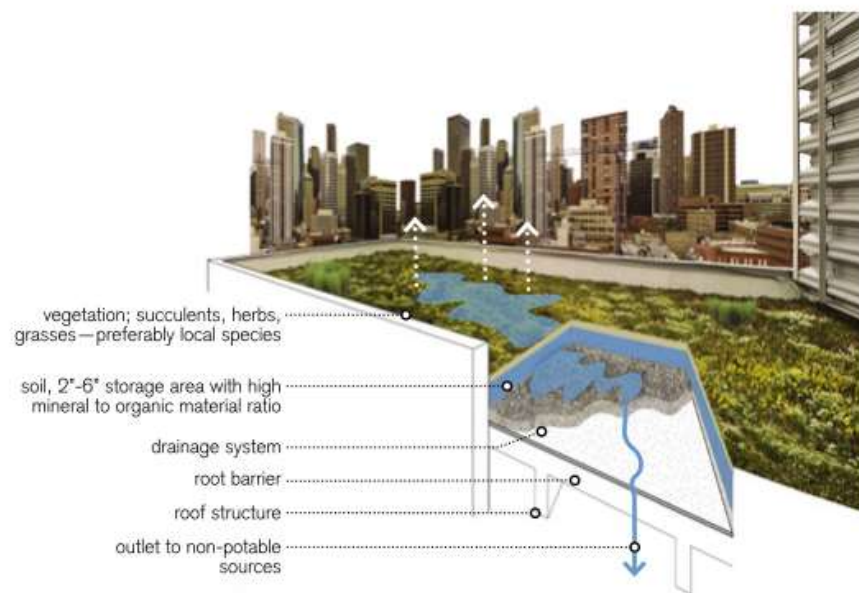
Integralni pristup



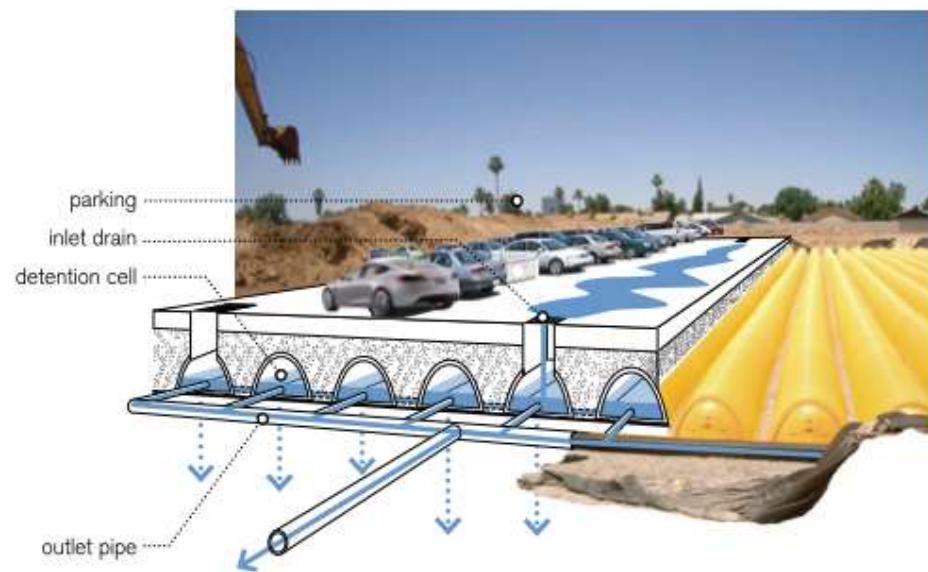
integralno upravljanje oborinama: slivni pristup
uspóri, rastereti, infiltriraj

ZELENA INFRASTRUKTURA

Zeleni krovovi

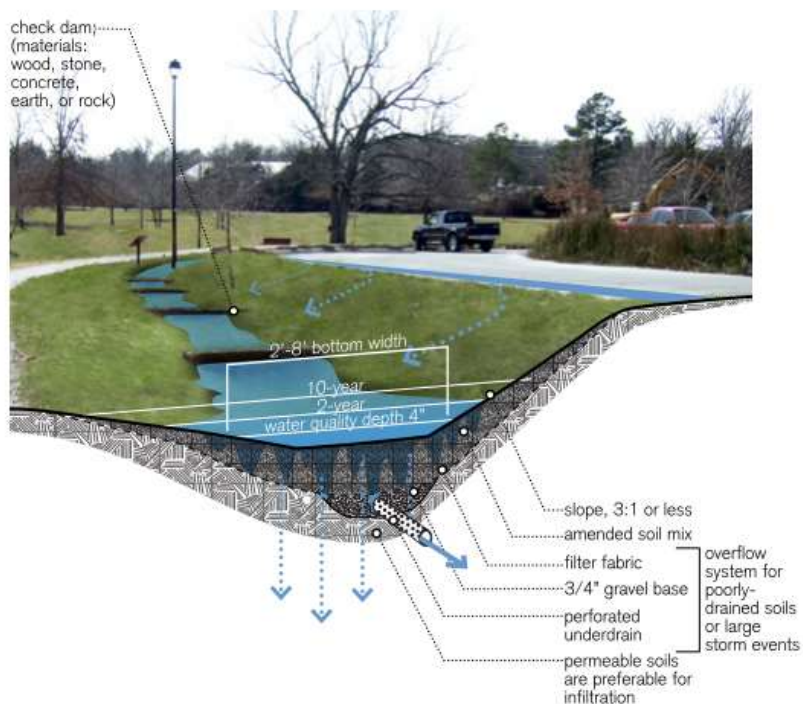


Podzemne retencije

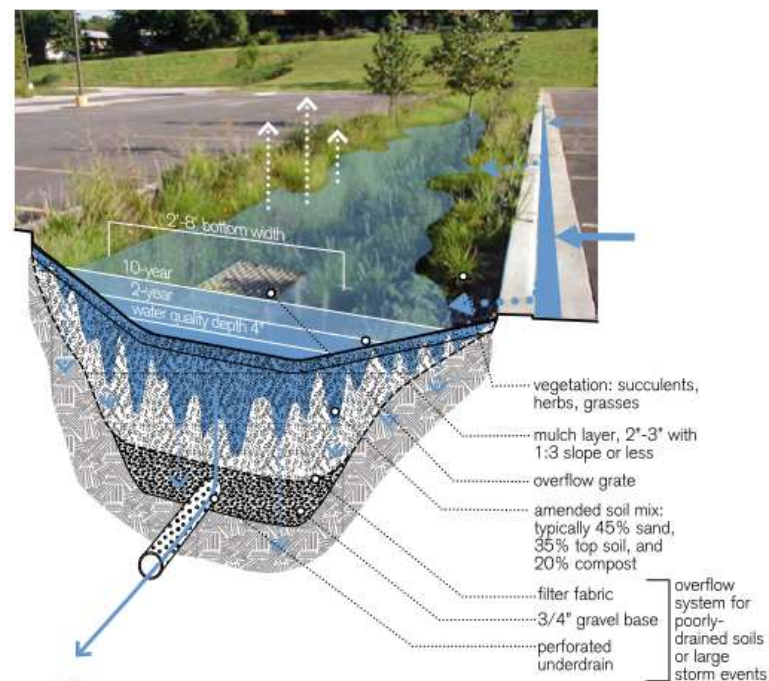


ZELENA INFRASTRUKTURA

Vegetacijski jarci



Bioretencije



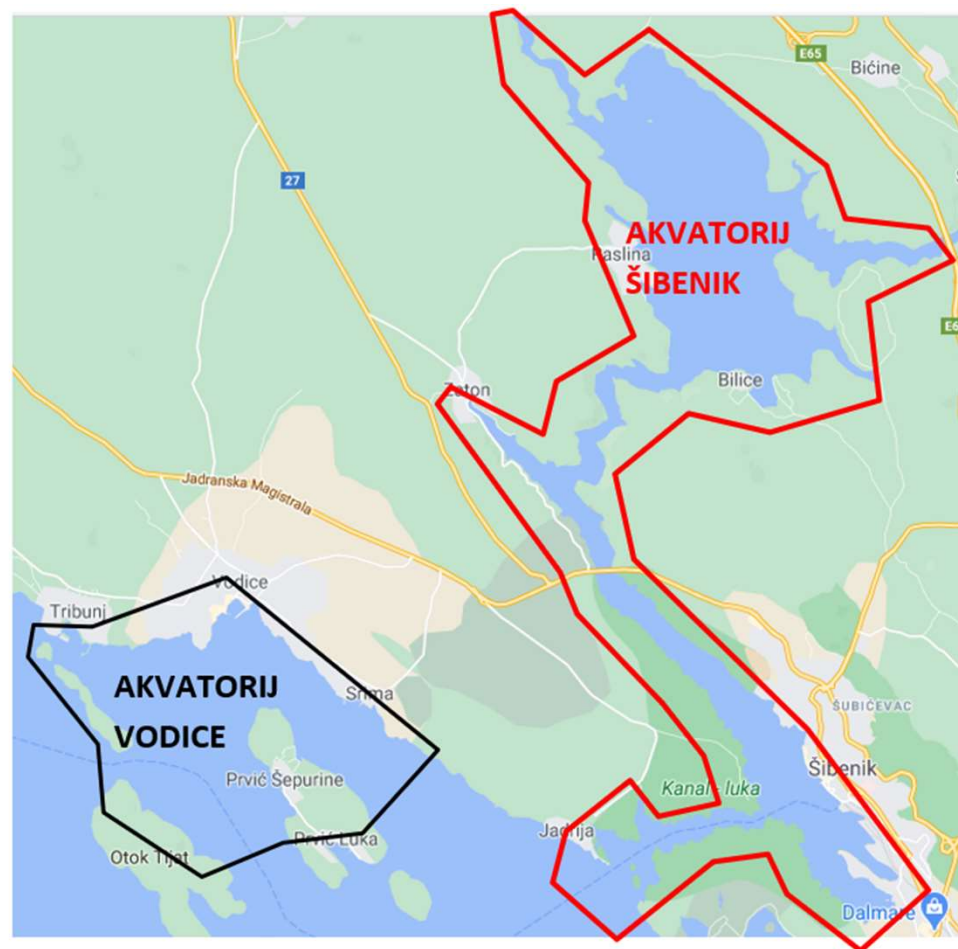
ZELENA INFRASTRUKTURA



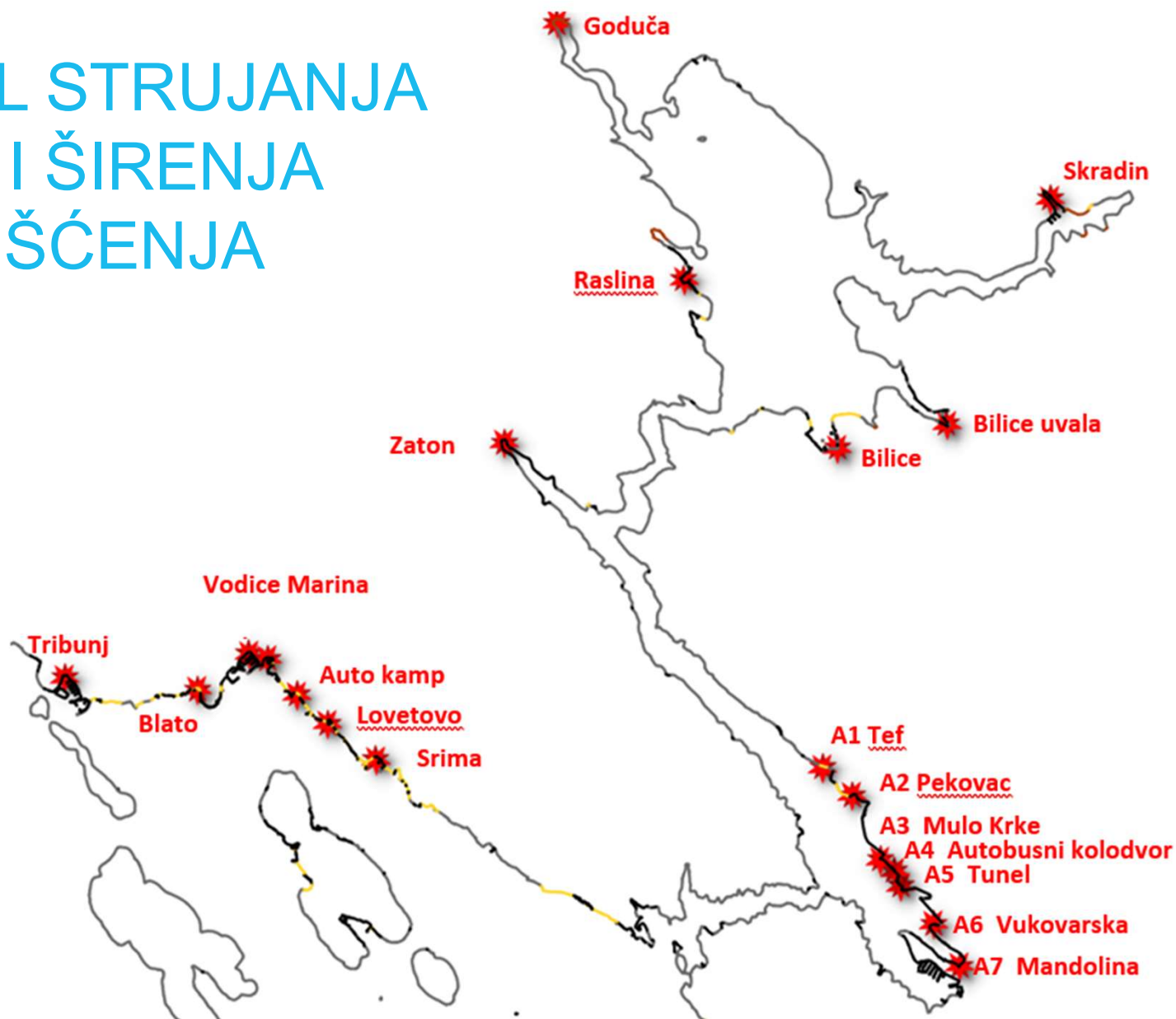
PRIMJER DOBRE PRAKSE: PULA

MODEL STRUJANJA MORA I ŠIRENJA ONEČIŠĆENJA

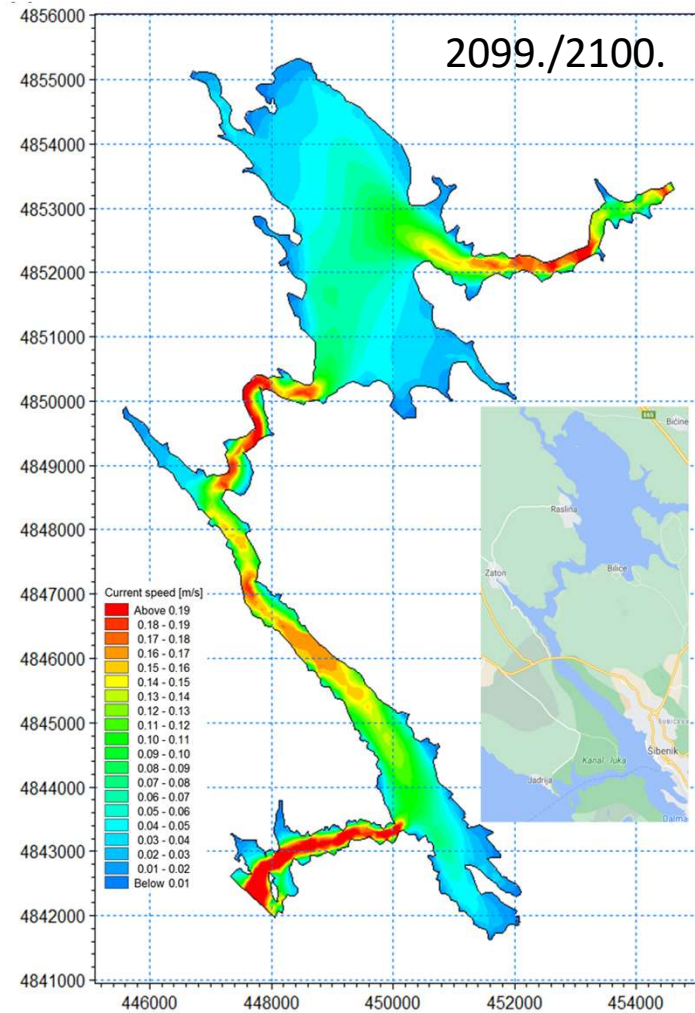
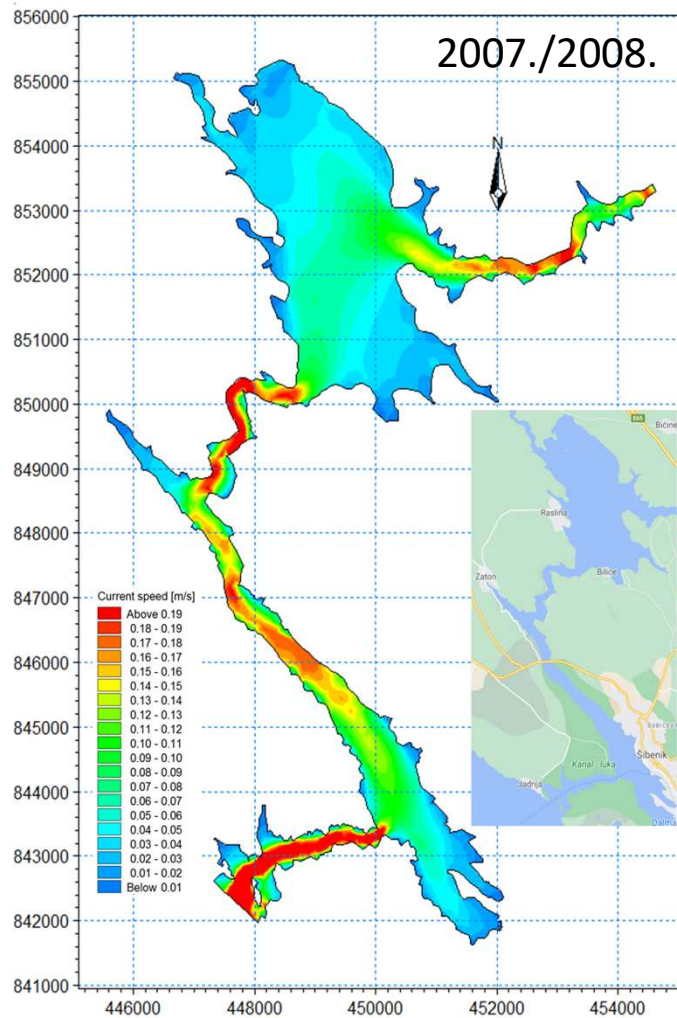
- Akvatorij Šibenik
- Akvatorij Vodice
- Kontinuirana simulacija za razdoblje studeni 2007. do siječanj 2009.
- Simulacija za projekciju do 2100. godine



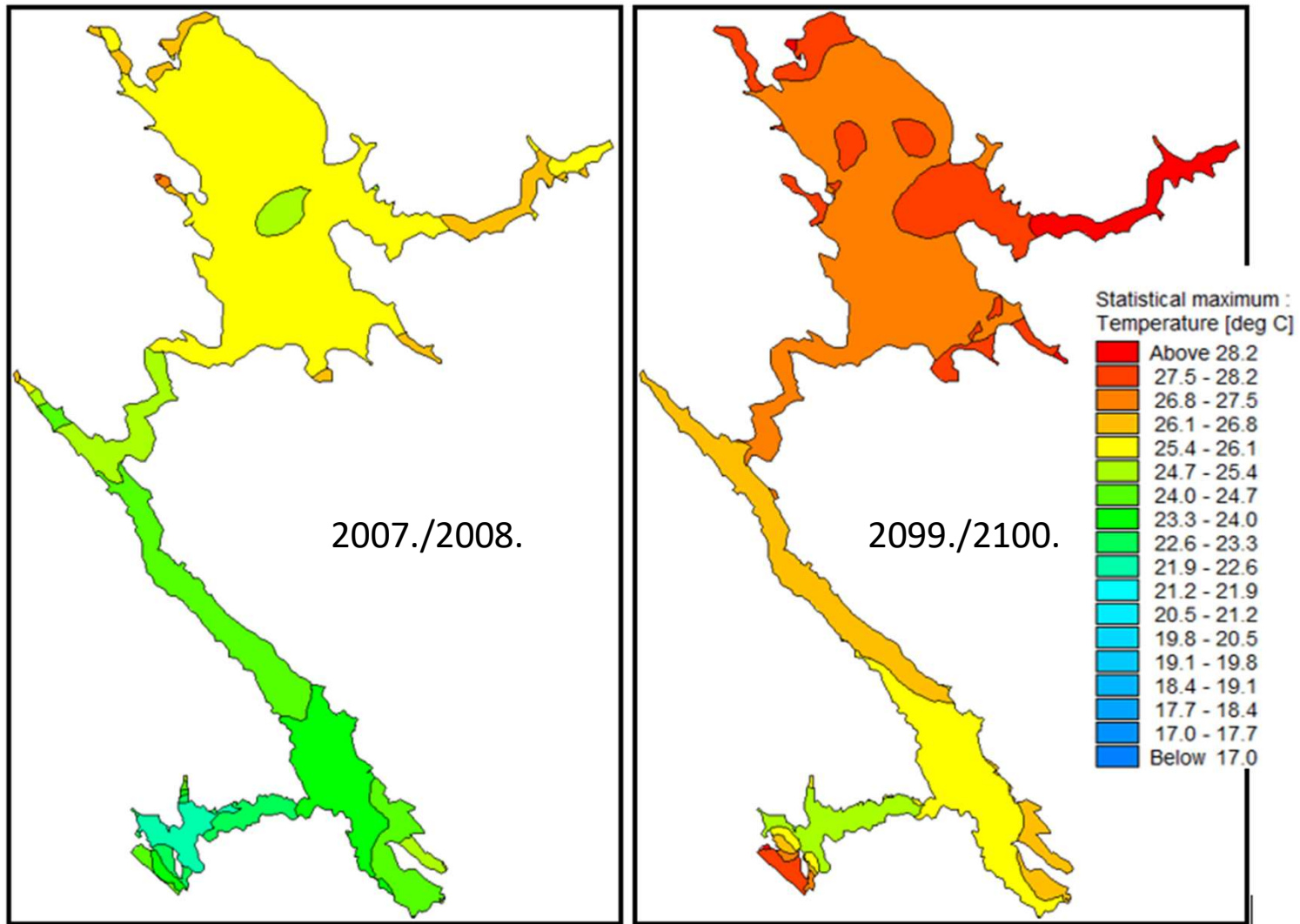
MODEL STRUJANJA MORA I ŠIRENJA ONEČIŠĆENJA



Strujanje mora u površinskom sloju



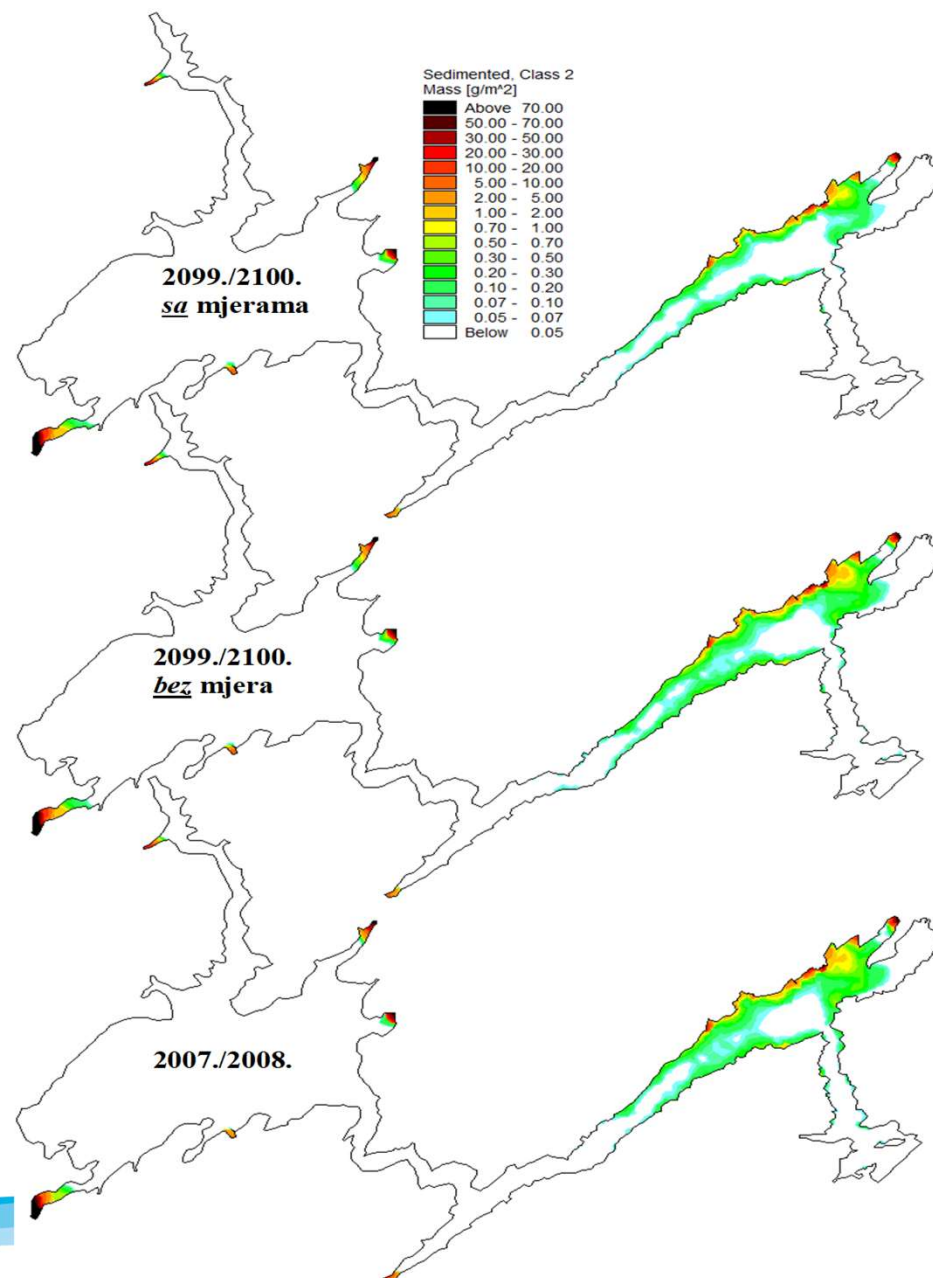
Maksimalne temperature mora



MODEL STRUJANJA MORA I ŠIRENJA ONEČIŠĆENJA

Širenje onečišćenja za tri scenarija:

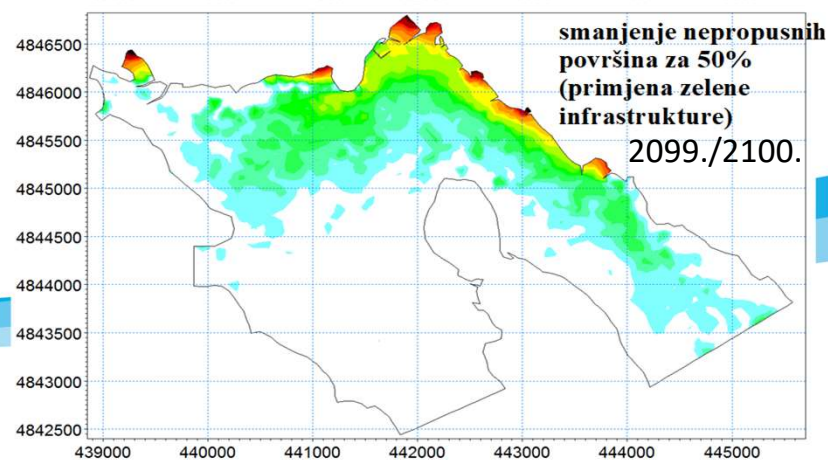
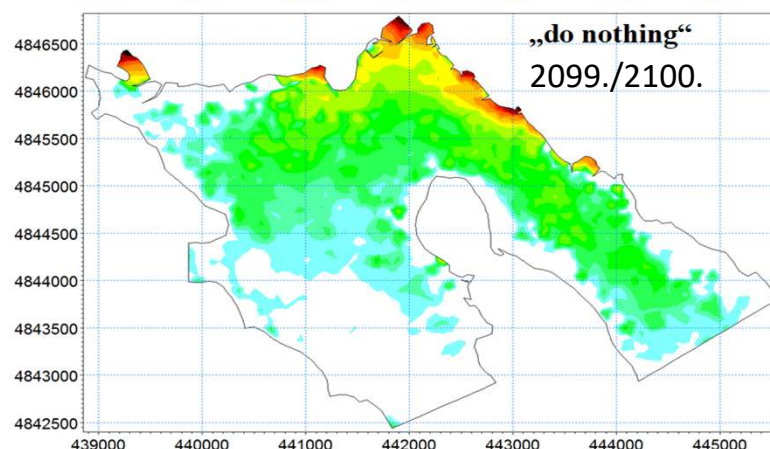
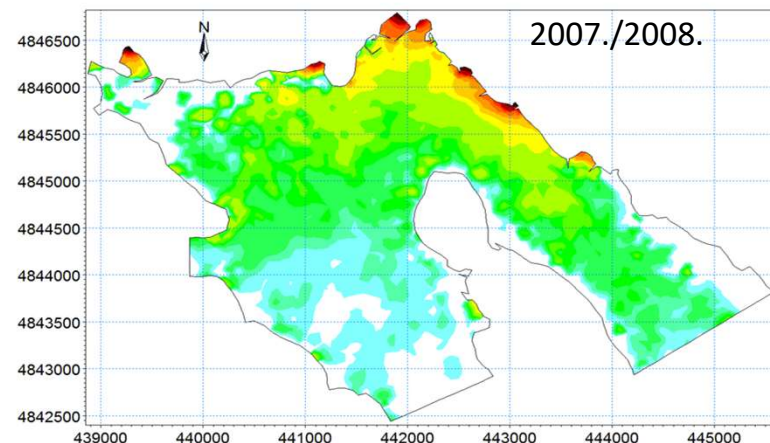
- 2007./2008.
- 2099./2100. bez mjera
- 2099./2100. sa mjerama
(zelena infrastruktura)



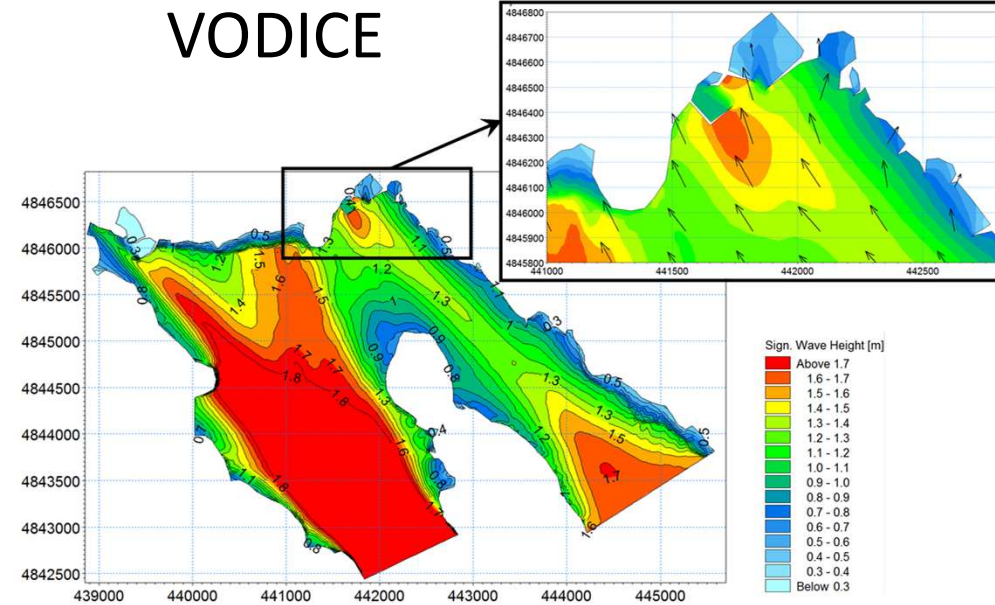
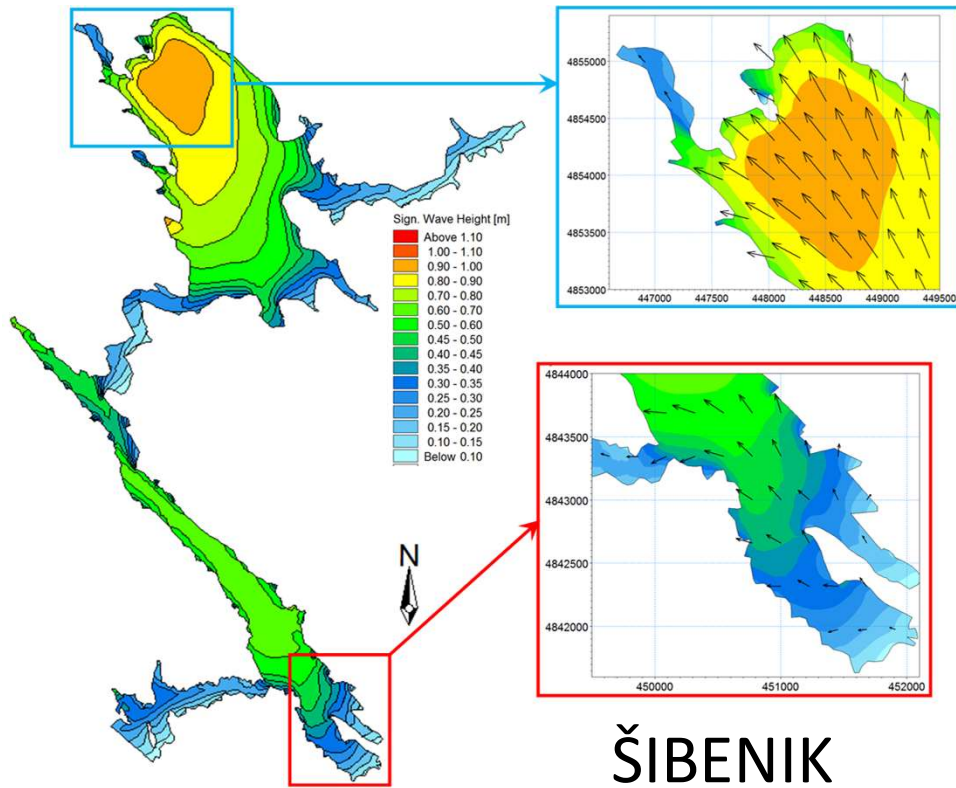
MODEL STRUJANJA MORA I ŠIRENJA ONEČIŠĆENJA

Širenje onečišćenja za tri scenarija:

- 2007./2008.
- 2099./2100. bez mjera
- 2099./2100. sa mjerama
(zelena infrastruktura)

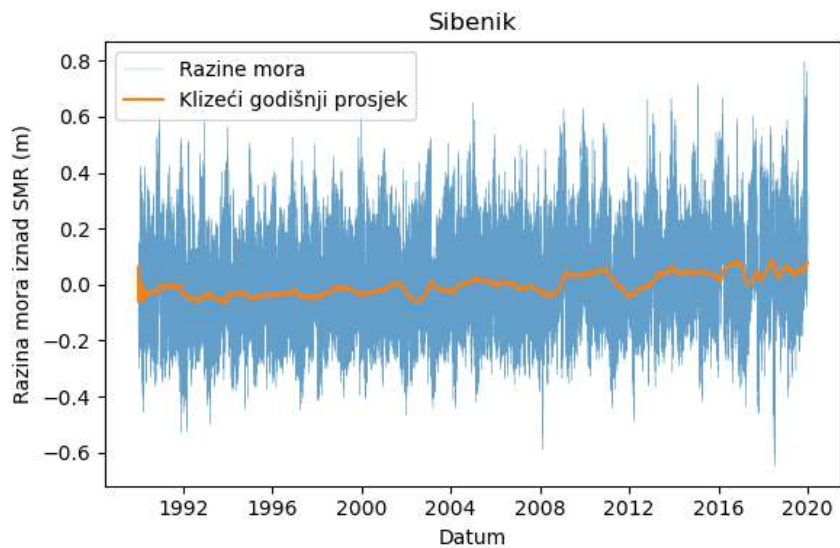


MODEL VALOVANJA



RAZINE MORA

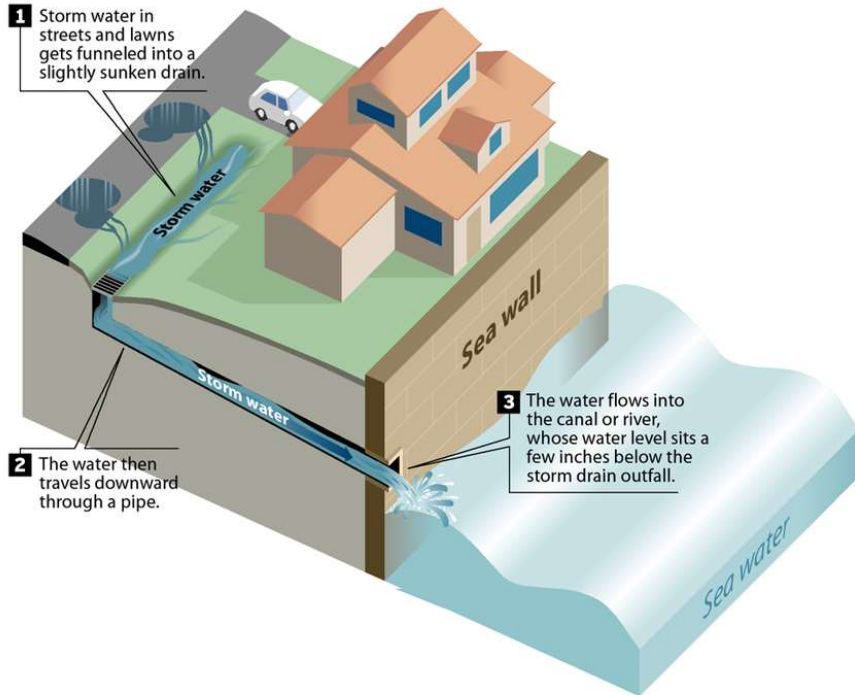
- Statistička analiza višegodišnjih oscilacija razine mora



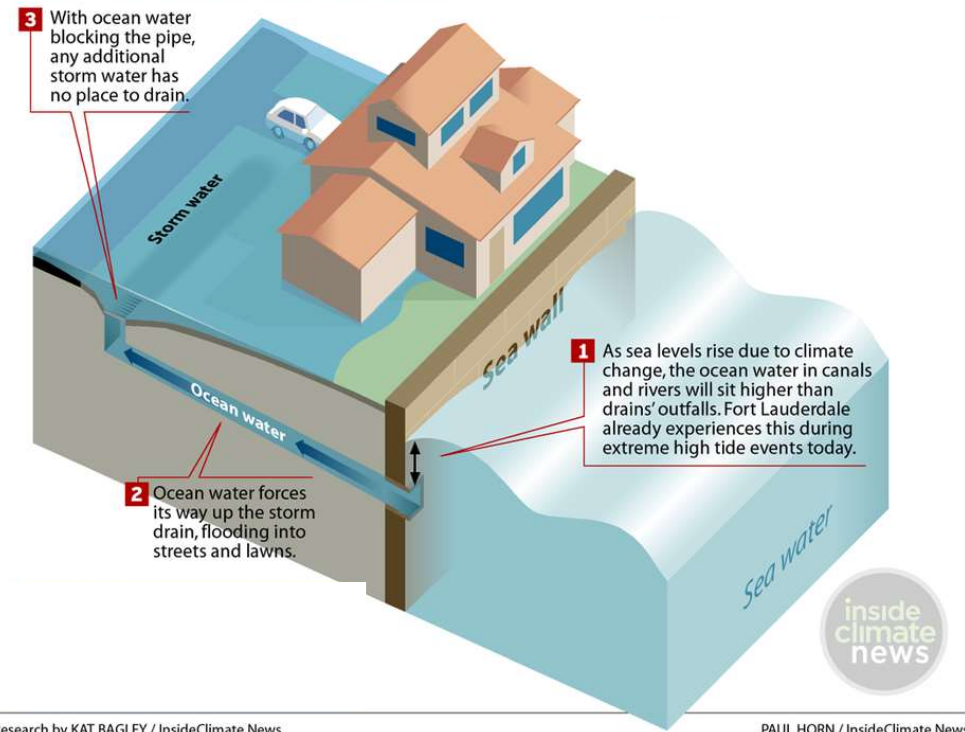
Razdioba	GEV		
Scenarij	2020.	2050.	2100.
PP (god.)	Razina mora (cm iznad SRM HVD71)		
2	61	78 - 99	91 - 175
5	69	86 - 107	99 - 183
10	74	91 - 112	104 - 188
25	80	97 - 118	110 - 194
50	85	102 - 123	115 - 199
100	89	106 - 127	119 - 203
250	95	112 - 133	125 - 209
500	100	117 - 138	130 - 214
1000	104	121 - 142	134 - 218

SLOŽENE POPLAVE

HOW IT WAS DESIGNED TO WORK



HOW THE SYSTEM FAILS AS SEAS RISE



Research by KAT BAGLEY / InsideClimate News

PAUL HORN / InsideClimate News

SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET

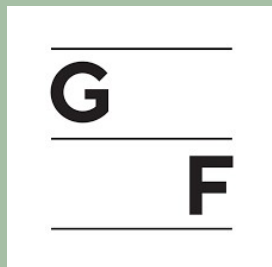
Sveučilišni diplomski studij
Urbano inženjerstvo
Urbani vodni sustavi

Amalija Zubić
JMBAG: 0114028016

**Hidrološko-hidraulička analiza učinkovitosti održivog sustava
odvodnje oborinskih voda na području grada Šibenika**

Diplomski rad

Rijeka, rujan 2021.



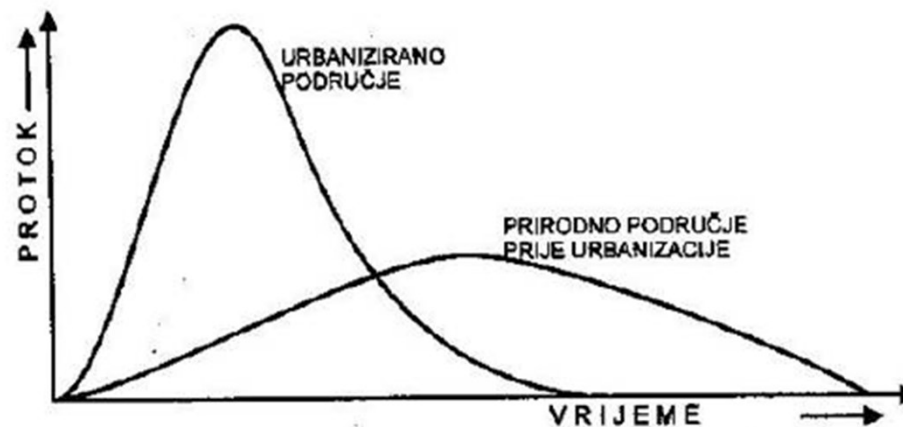


Sadržaj

- 1. UVOD**
- 2. OPIS PODRUČJA ISTRAŽIVANJA**
- 3. GEODETSKE, KLIMATOLOŠKE I METEOROLOŠKE KARAKTERISTIKE**
 - 3.1. Model terena
 - 3.2. Pokrov zemljišta
 - 3.3. Kanalizacijski sustav
 - 3.4. Klimatološke značajke područja
- 4. METODOLOGIJA**
 - 4.1. Procjena detaljnog pokrova zemljišta
 - 4.2. Topografske karakteristike sliva
 - 4.3. Hidrološka obrada oborina
 - 4.4. Hidrološko-hidraulički proračun
- 5. REZULTATI HIDROLOŠKO-HIDRAULIČKE ANALIZE**
 - 5.1. Postojeće stanje
 - 5.2. Implementacija zelene infrastrukture
 - 5.3. Usporedba rezultata
 - 5.3.1. Količine oborinske vode
 - 5.3.2. Kakvoća oborinske vode
- 6. Zelena infrastruktura**
- 7. Diskusija**
- 8. Zaključak**

Uvod

- urbane oborinske vode koje otječu izgrađenim površinama danas predstavljaju jedan od značajnijih izvora nekontroliranog zagađenja vodnih resursa
- urbanizacija dovodi do promjene hidrograma otjecanja



- cilj ovog rada bio je prikazati koliko zelene površine u urbanim sredinama pozitivno utječu na oborinske vode te sam okoliš



Opis područja istraživanja

- Šibenik je glavni grad sjeverne Dalmacije te glavni grad Šibensko-kninske županije
- reljef je okarakteriziran s vrlo razvedenom obalom, širokim pojasom zaleđa primorsko-dinarskog krša Zagore, brdsko planinskim prostorom sa zavalom Plavno te kanjonom rijeke Krke i Čikole





Analizirano područje vrlo je blizu obale, na nadmorskim visinama između **2** i **24** metara.

Na analiziranom području prevladavaju površine komercijalne namjene, a vrlo malo je zelenih površina.

Geodetske, klimatološke i meteorološke podloge



Digitalna ortofoto snimka

Kompletna topografija snimljenog područja u ortogonalnoj projekciji.

Digitalni model reljefa

Nadmorske visine gole zemljine površine bez građevina i vegetacije.

POSTOJEĆI KANALIZACIJSKI SUSTAV

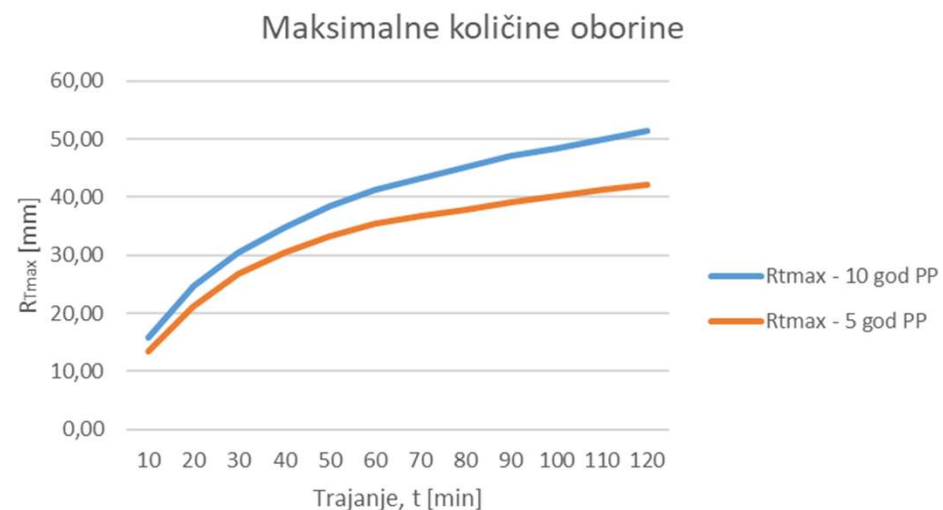
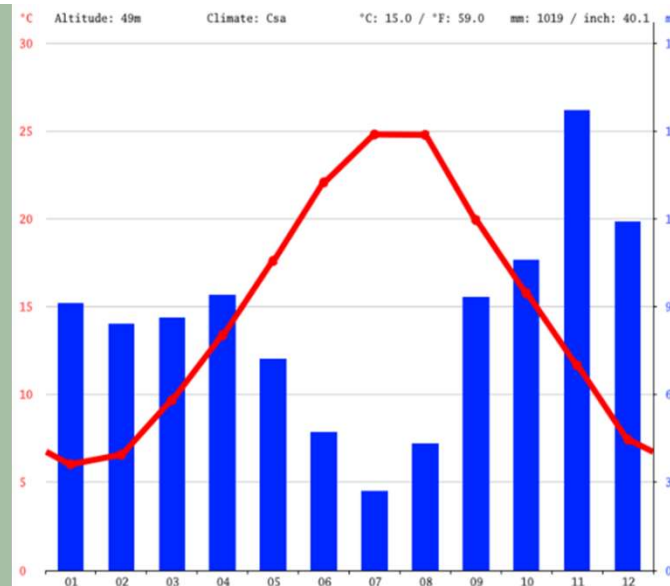
Spada u mješoviti tip
kanalizacijskog sustava,
ali za potrebe ovog rada
pretpostavljeno je da se
radi o razdjelnom
kanalizacijskom
sustavu.



KLIMATOLOŠKE ZNAČAJKE PODRUČJA

Klima je na području Šibenika umjerenjena, blaga i općenito topla. Prosječna temperatura iznosi **15 °C**, a oborine godišnje iznose **1019 mm**.

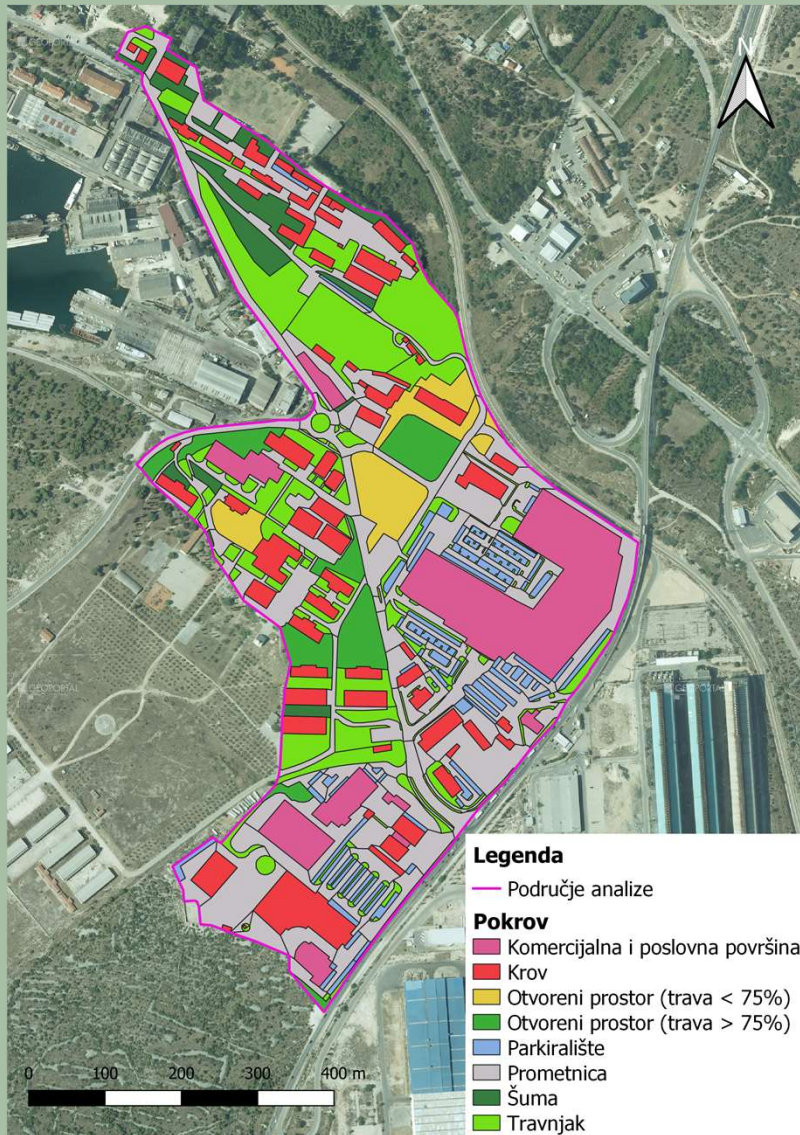
Za potrebe ovog rada korišteni su podaci procijenjene očekivane godišnje maksimalne količine oborine trajanja **2 h** za povratno razdoblje od **5 i 10** godina (podaci se odnose na grad Split).

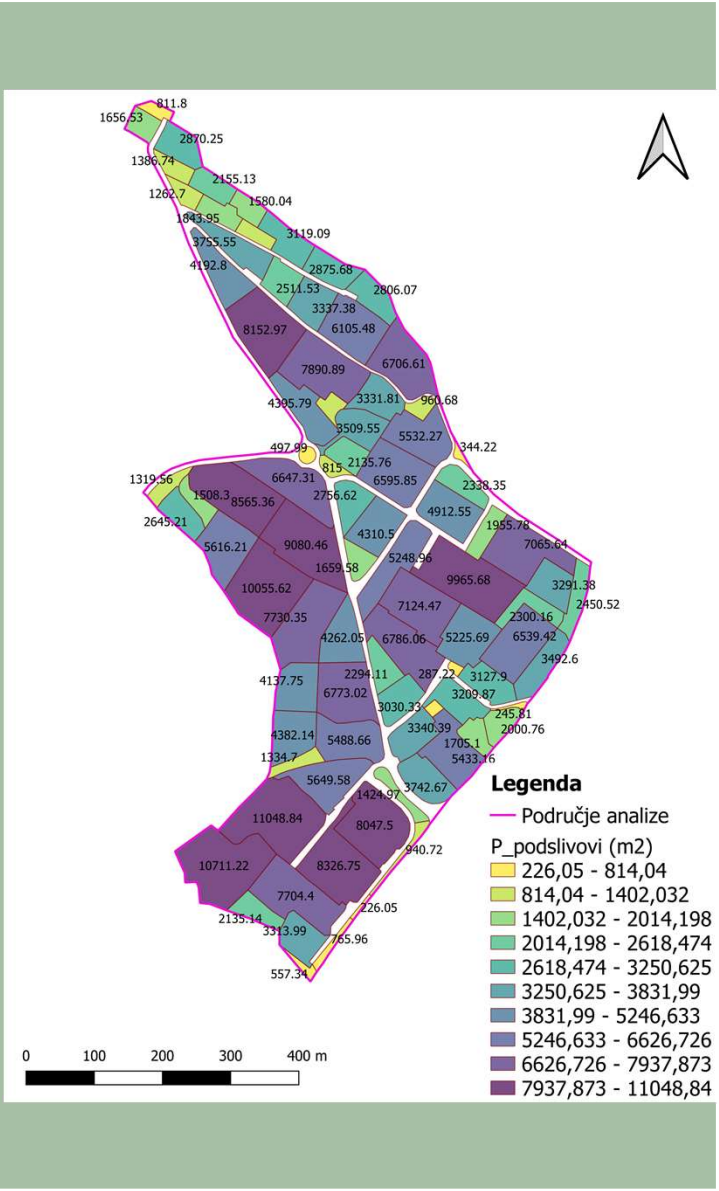


Metodologija

Procjena detaljnog pokrova zemljišta

Određene su SCS klase pokrova zemljišta i njihove CN vrijednosti.

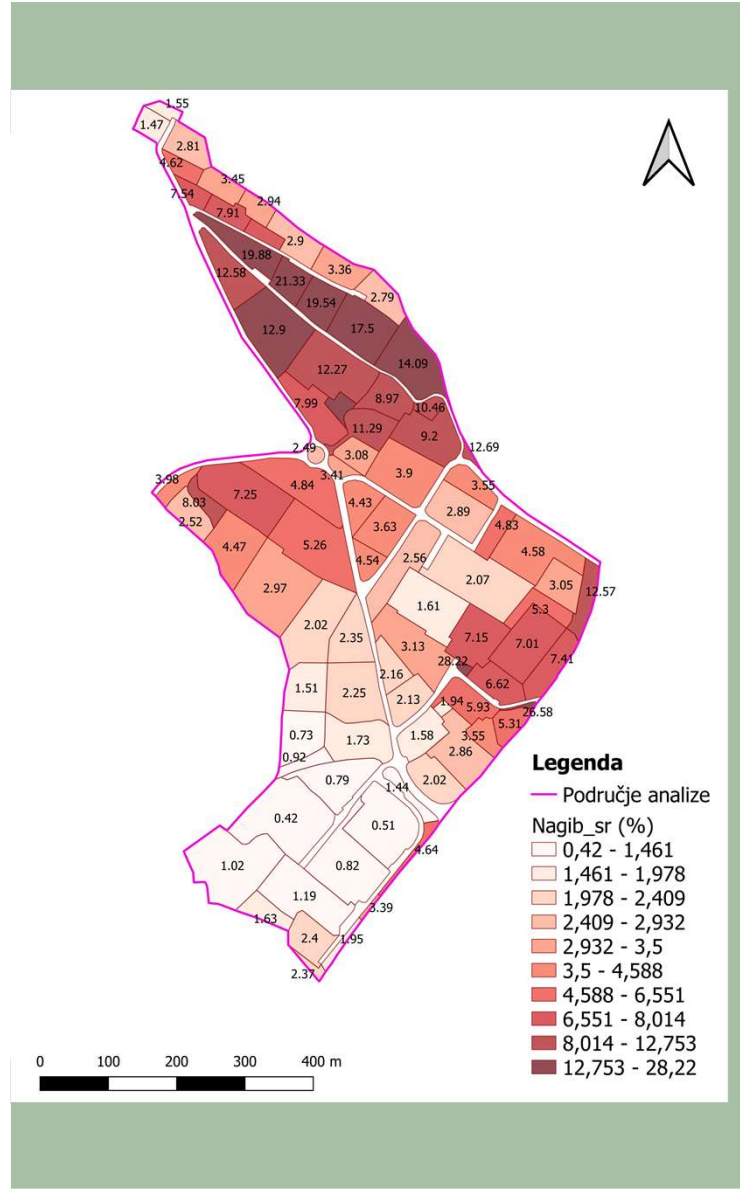


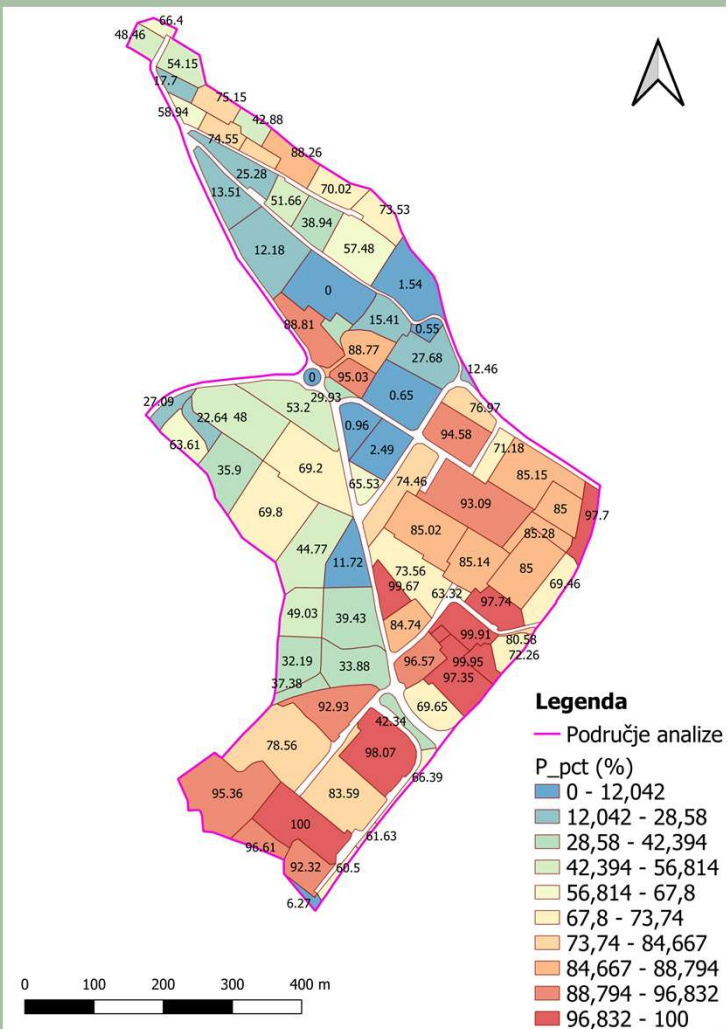


Topografske karakteristike sliva

Površine podslivova kreću se od **226,1** do **11048,8 m²**.

Najmanja vrijednost srednjeg nagiba podsliva je **0,4%**, dok najveća iznosi **28,2%**.

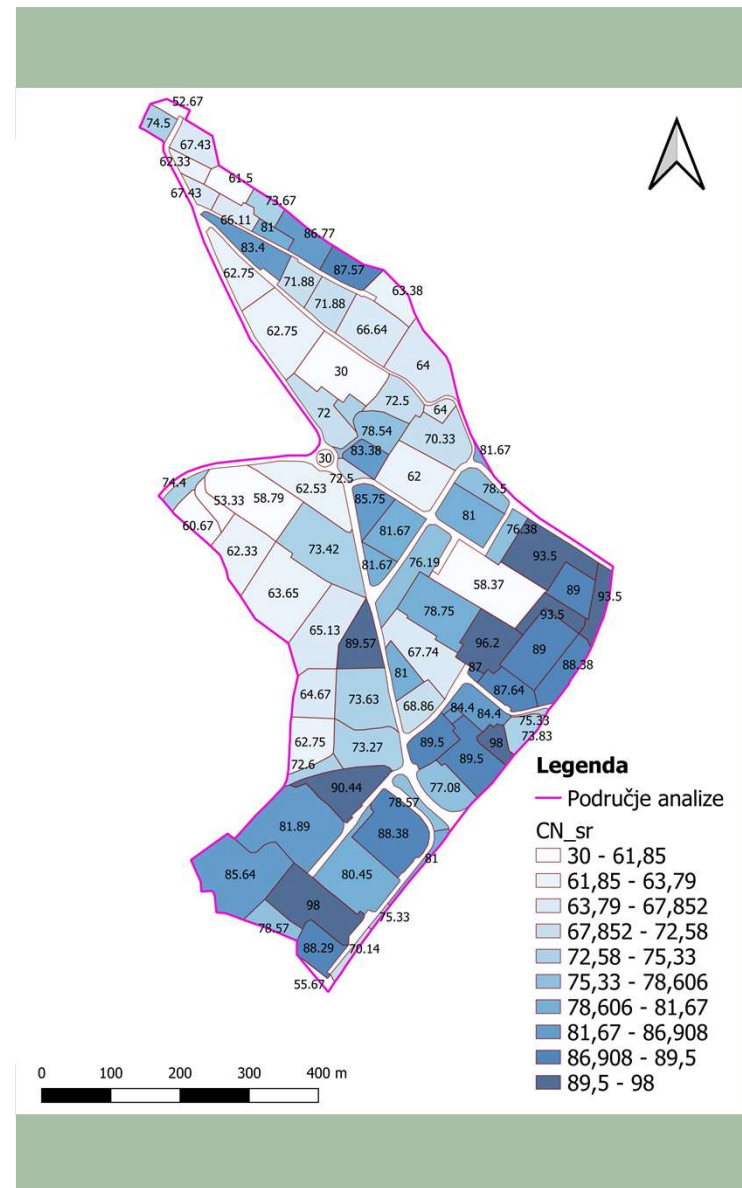




Topografske karakteristike sliva

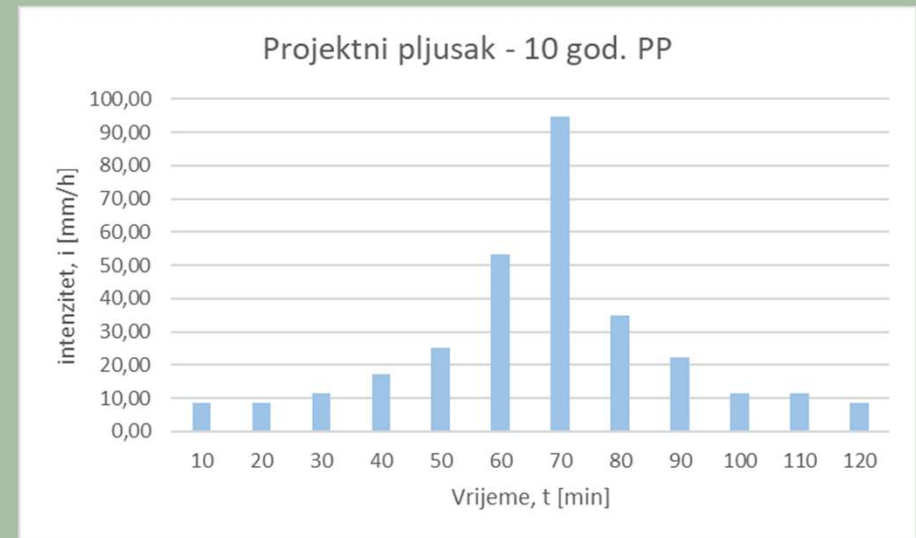
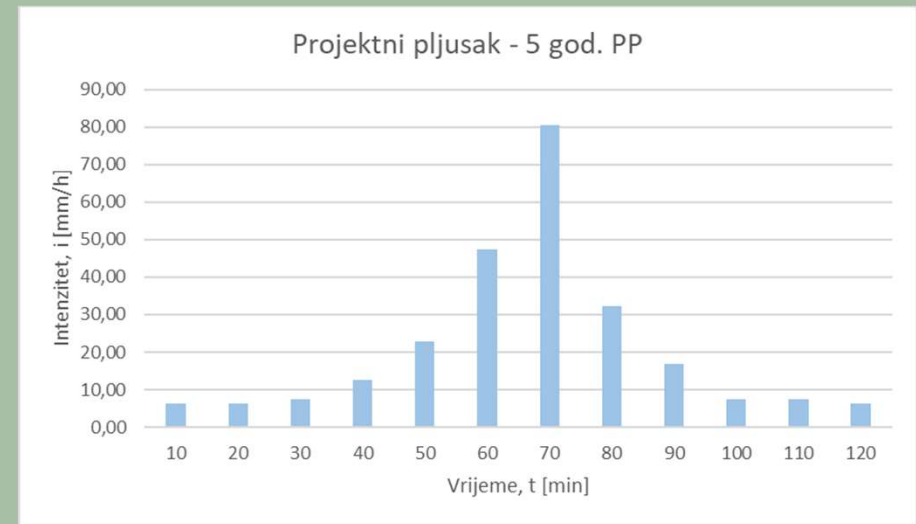
Više od 70% podslivova ima udio nepropusnih površina **veći od 50%**.

Najmanja srednja vrijednost CN broja iznosi **30**, a najveća **98**.



Hidrološka obrada oborina

Iz procijenjenih maksimalnih količina oborina za trajanje od 10 do 120 minuta za povratno razdoblje od 5 i 10 godina konstruiran je projektni pljusak. Dobiven je metodom izmjeničnih blokova.



Hidrološko-hidraulički proračun

Dobiveni podaci iz programa QGIS prebacuju se u SWMM program gdje je konstruiran detaljan model sustava odvodnje oborinskih voda.

Sustav odvodnje oborinskih voda dimenzioniran je za oborinu 5-god. povratnog razdoblja.

U dobiveni hidrološki model implementirana je zelena infrastruktura.



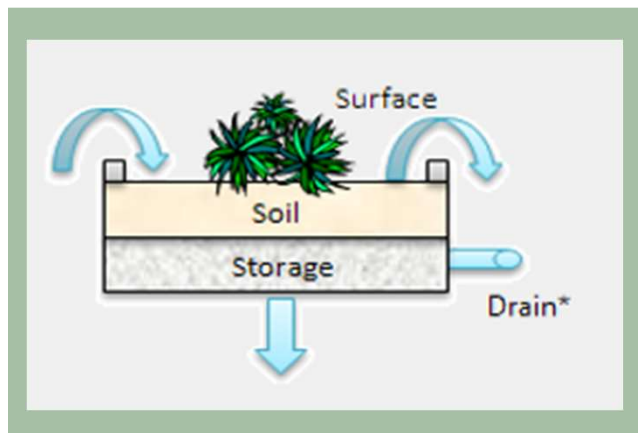
Hidrološko-hidraulički proračun

Površina obuhvata na kojem su implementirani LID elementi iznosi **11,57 ha**, što čini nešto više od **30%** ukupnog obuhvata analiziranog područja.

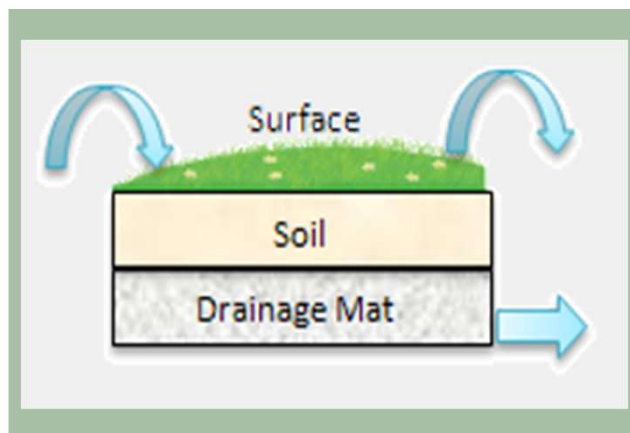
Sa ukupno **27** podslivova oborinska voda otječe u LID elemente.



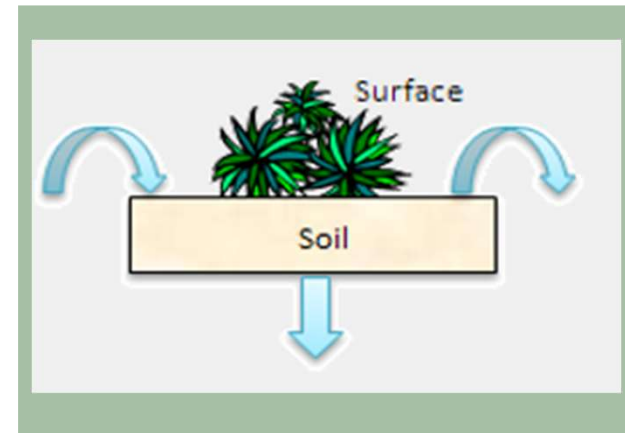
Shematski prikazi LID elemenata



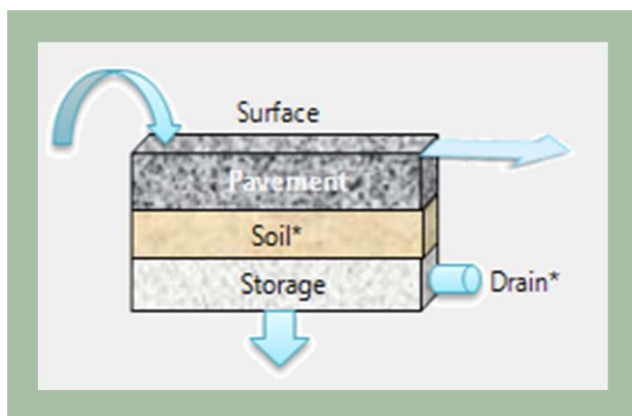
Bioretencija



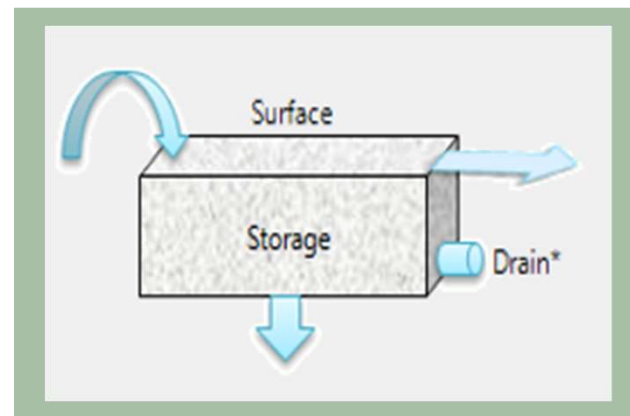
Zeleni krov



Kišni vrt



Propusni kolnik



Infiltracijski rov

Hidrološko-hidraulički proračun

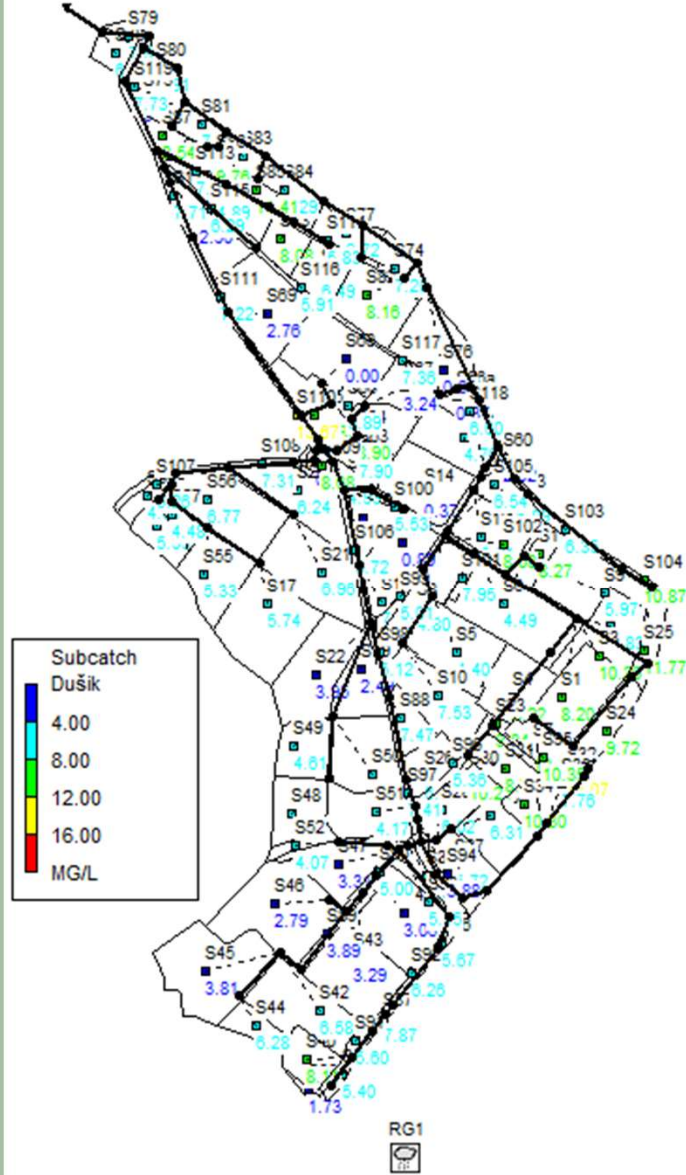
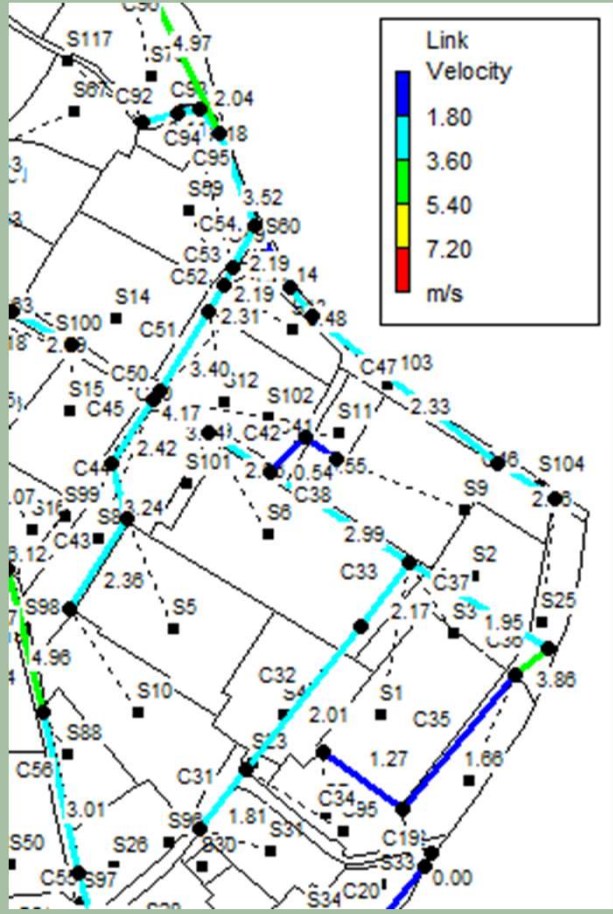
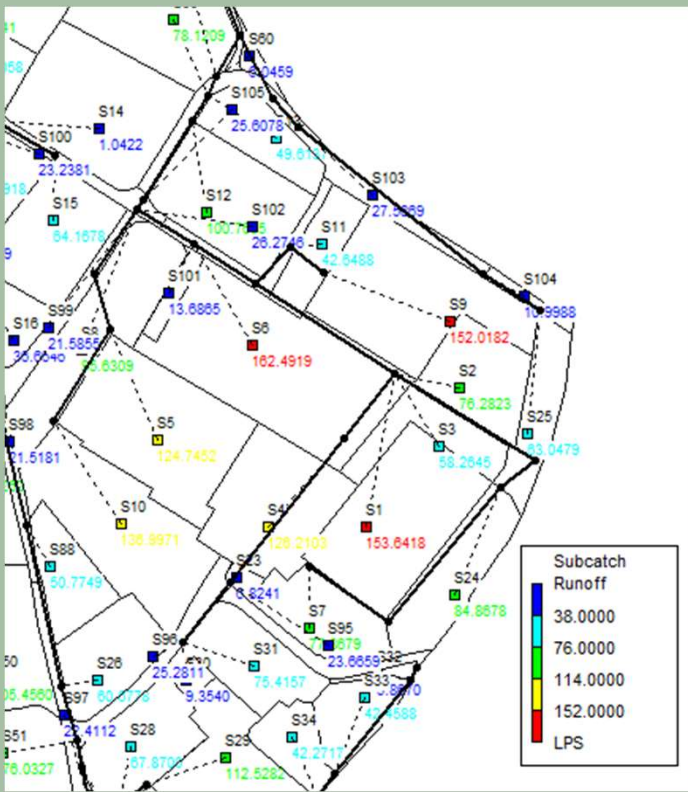
Zadnji korak u SWMM programu bio je **definiranje onečišćenja** u modelu sa i bez zelene infrastrukture kako bi se u kasnijoj fazi mogla procijeniti kakvoća vode

Onečišćujuće tvari	Koncentracija onečišćujuće tvari u oborini [mg/L]
Dušik (N)	8
Ukupne suspendirane tvari (TSS)	0,12
Olovo (Pb)	0,05

	Statistika učinkovitosti uklanjanja onečišćenja [%]		
	Dušik (N)	Olovo (Pb)	TSS
Bioretencija	59	46	80
Infiltracijski rov	89	42	76
Propusni kolnik	89	42	76
Kišni vrt	80	31	60,5
Zeleni krov	85	56	68

Rezultati hidrološko-hidrauličke analize

Postojeće stanje



RG1
100

Rezultati hidrološko-hidrauličke analize

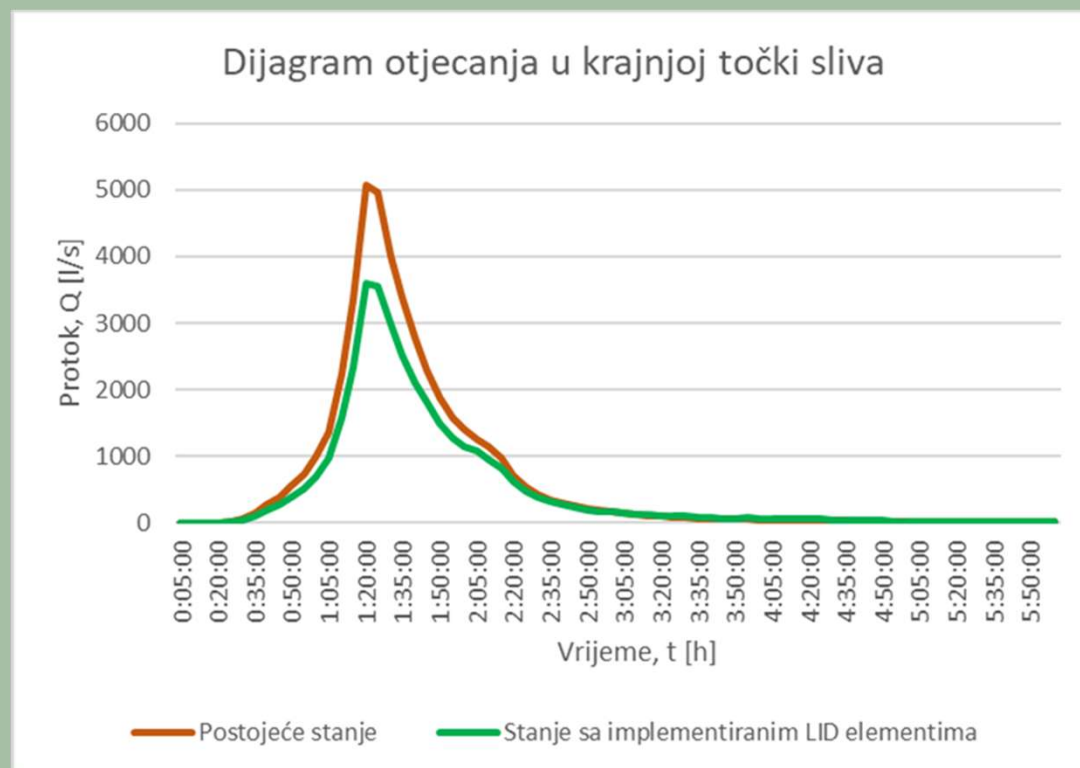
Implementacija zelene infrastrukture

LID elementi		Bioretencija	Bio	LID elementi		Kišni vrt	Kišni vrt 2	Zeleni krov	Propusni kolnik
Površina	Visina berme [mm]	150,00		Površina	Visina berme [mm]	250,00	400,00	75,00	12,00
	Volumen frakcije vegetacije	0,10			Volumen frakcije vegetacije	0,15	0,15	0,15	0,00
	Hrapavost (Manningov koeficijent - n)	0,10			Hrapavost (Manningov koeficijent - n)	0,10	0,10	0,05	0,012
	Nagib površine [%]	1,00			Nagib površine [%]	1,00	1,00	1,00	1,00
Tlo	Debljina [mm]	600,00		Kolnik	Debljina [mm]	-	-	-	150,00
	Porozitet	0,45			Postotak šupljina	-	-	-	0,15
	Kapacitet polja	0,15			Ne propusna površina	-	-	-	0,00
	Točka uvenuća	0,05			Provodljivost [mm/h]	-	-	-	10000,00
Tlo	Provodljivost [mm/h]	50,00		Tlo	Debljina [mm]	700,00	1200,00	100,00	-
	Nagib provodljivosti	35,00			Porozitet	0,45	0,50	0,50	-
	Usisna glava	60,00			Kapacitet polja	0,15	0,20	0,20	-
					Točka uvenuća	0,10	0,10	0,10	-
					Provodljivost [mm/h]	70,00	100,00	2000,00	-
					Nagib provodljivosti	35,00	45,00	40,00	-
					Usisna glava	60,00	80,00	75,00	-
Skladište	Debljina [mm]	150,00		Skladište	Debljina [mm]	-	-	-	600,00
	Postotak šupljina	0,30			Postotak šupljina	-	-	-	0,30
	Koeficijent infiltracije	8,00			Koeficijent infiltracije	-	-	-	8,00
	Faktor začepljenja	0,00							
Drenaža	Koeficijent otjecanja	0,60		Drenažni sloj	Debljina [mm]	-	-	40,00	-
	EkspONENT otjecanja	0,50			Postotak šupljina	-	-	0,30	-
	Udaljenost od dna [mm]	6,00			Hrapavost (Manningov koeficijent - n)	-	-	0,02	-

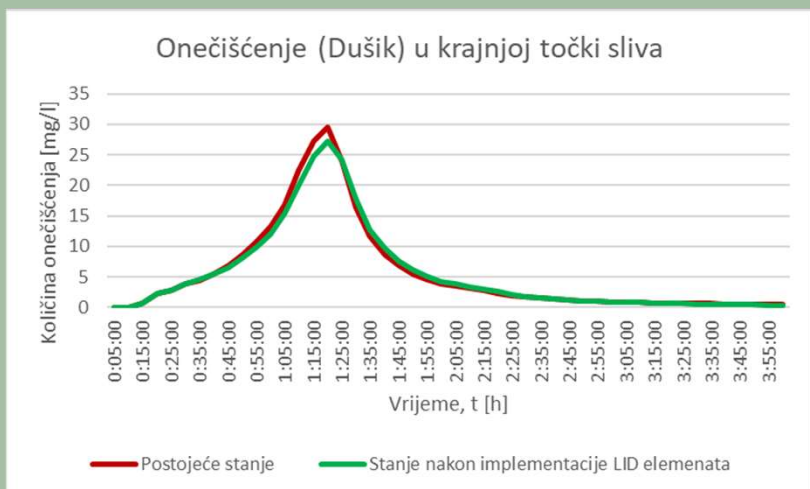
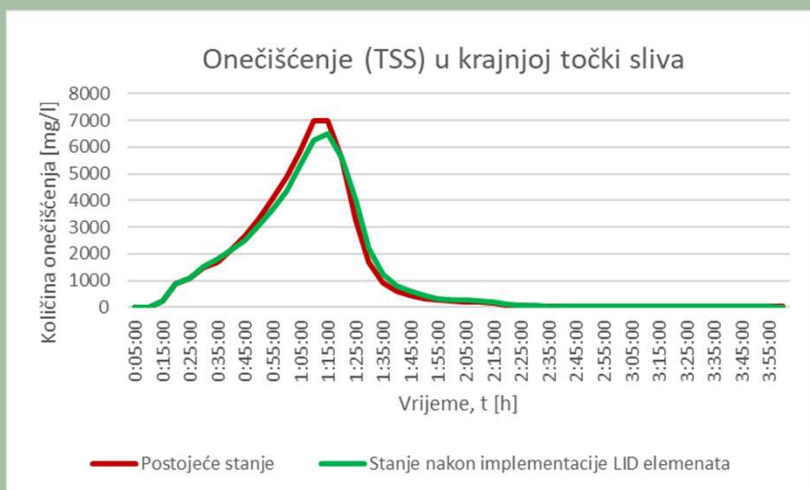
Rezultati hidrološko-hidrauličke analize

Usporedba rezultata – Količine oborinske vode

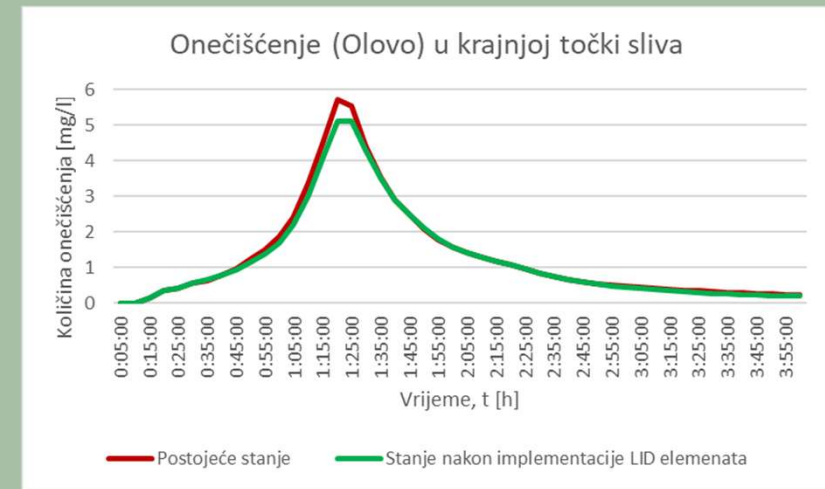
PODSLIVОВИ	SMANJENJE VRŠNOG PROTOKA [%]
S18 (Bioretencija 1)	100
S1 (Zeleni krov)	100
S15 (Kišni vrt)	100
S31 (Propusni kolnik)	93,34
S28 (Infiltracijski rov)	76,15
CIJEVI	
C33	51,77
C54	79,69
C64	71,18
ČVOR	
O1	29,02



Kakvoća oborinske vode

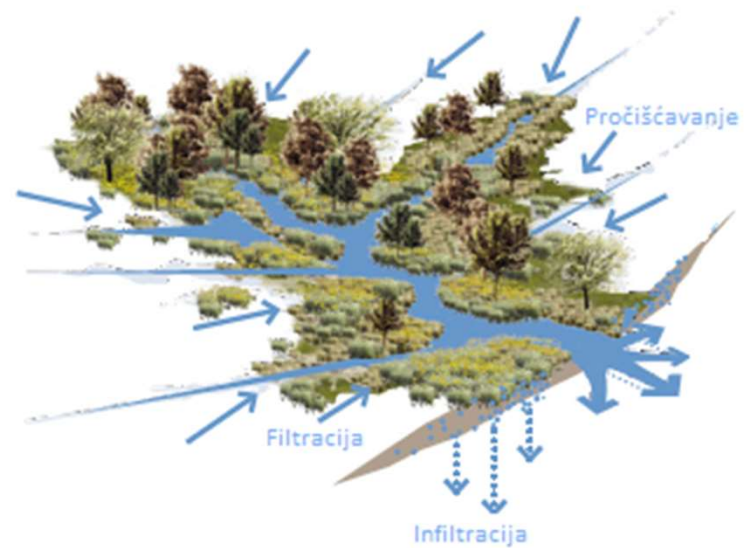
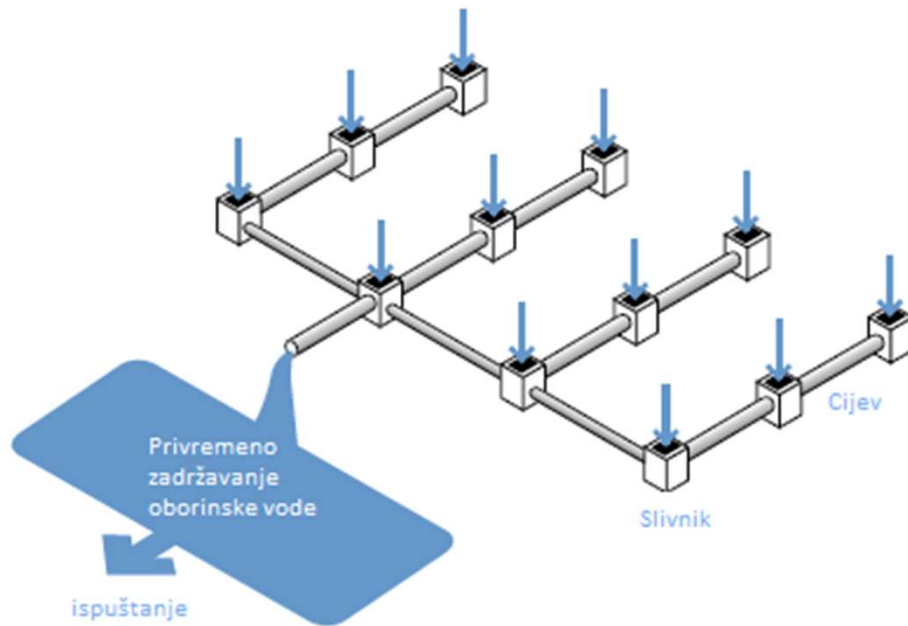


PODSLIVOVI	SMANJENJE ONEČIŠĆUJUĆE TVARI [%]		
	Ukupne suspenzirane tvari (TSS)	Dušik (N)	Olovo (Pb)
S18 (Bioretencija 1)	100	100	100
S1 (Zeleni krov)	100	100	100
S15 (Kišni vrt)	100	100	100
S31 (Propusni kolnik)	100	100	100
S28 (Infiltracijski rov)	11,55	9	9
CIJEVI			
C33	37,23	30,89	33,18
C54	40,75	39,4	32,04
C64	67,43	73,25	77,7
ČVOR			
O1	7,13	7,97	10,68



Zelena infrastruktura

Za razliku od konvencionalnog upravljanja oborinskim vodama gdje dolazi do prijenosa problema s jednog mjesta na drugo, kod LID pristupa za upravljanje oborinskim vodama potiče se filtracija, infiltracija, a time i pročišćavanje oborinskih voda



Diskusija

Meteorološka ograničenja:

- 1) Nedostupnost podataka o oborinama
 - 2) Nedostupnost podataka za onečišćujuću tvar (Olovo)
 - 3) Nedostupnost vrijednosti koeficijenta ispiranja eksponencijalne funkcije
- obzirom na vrlo mali udio LID elemenata u ukupnom slivu, dolazi do značajnog smanjenja vršnog protoka te u nešto manjoj mjeri dolazi do smanjenja onečišćenja oborinske vode
 - valja istaknuti kako je za implementaciju zelene infrastrukture potreban niz detaljnih analiza kojima će se provjeriti izvedivost istih



Zaključak

Neki od pozitivnih učinaka zelene infrastrukture u urbanim sredinama:

- 1) Povećanje upojnih, vodopropusnih površina
- 2) Povećanje kvalitete izgrađenog okoliša
- 3) Smanjenje toplinskih otoka
- 4) Povećanje kakvoće zraka



Literatura

[1] Rubinić, J., Infrastrukturalni komunalni vodni sustavi, Predavanje iz kolegija Urbani vodni sustavi, 2021.

[2] https://hr.wikipedia.org/wiki/Datoteka:Croatia_location_map.svg, 20.7.2021.

[3] <https://www.sibenik-tourism.hr/stranice/sibenik-danas/60.html>, 20.7.2021.

[4] <https://www.sibensko-kninska-zupanija.hr/stranica/opi-podaci/70>, 2.9.2021

[5] <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>, 2.8.2021.

[6] <https://www.qgis.org/en/site/>, 2.9.2021.

[7] <https://geoportal.dgu.hr/>, 20.8.2021.

[8] Sartor, J.D. and Boyd, G.B., Water Pollution Aspects of Street Surface Contaminants. EPA-R2-72-081 (NTIS PB-214408), U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 1972.

[9] <http://grad.hr/nastava/hidrotehnika/gf/odvodnja/predavanja/SCS%20metoda.pdf> 20.7.2021.

[10] Krvavica, N., Inženjerska obrada oborina, Vježbe iz kolegija Urbani vodni sustavi, 2021.

[11] <https://en.climate-data.org/europe/croatia/sibenik/sibenik-27960/> 20.7.2021.

[12] Ožanić, N., Rubinić, J., Milković, J., Problemi urbane odvodnje pri pojavama ekstremnih oborina. Zbornik radova Znanstvenog skupa Andrija Mohorovičić - 140. obljetnica rođenja (ur. A. Bajić), 417-425, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 1998.

[13] Gaume, E., Bain, V., Bernardara, P., Newinger, O., Burbuc, M., Beteman, A., Blaškovičová, L., Blöschl, G., Borga, M., Dumitrescu, A., Daliakopoulus, I., Garcia, J., Irimescu, A., Kohnova, S., Koutrouless, A., Marchi, L., Matreata, S., Medina, V., Preciso, E., Sempere-Tores, D., Stancalie, G., Szolgyai, J., Tsanis, I., Velasco, D., Viglione, A., A compilation of data on European flash floods. Journal of Hydrology, 367 (1-2), 70-78, 2009.

[14] MZOIP, Sixth National Communication and First Biennial Report of the Republic of Croatia under the United Nation Framework Convention on the Climate Change. Republic of Croatia Ministry of Environmental and Nature Protection (MZOIP), Zagreb, 2014.

[15] Cindrić, K., Nimac I., Gajić-Čapka, M., Rubinić J., Vremenske promjene kratkotrajih jakih oborina u razdoblju 1955.-2010. za Split i Varaždin; 2014.

[16] EEA, Impacts of Europe's changing climate: - 2008 indicator-based assessment. Joint EEA-JRC-WHO Report, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark (http://ec.europa.eu/dgs/jrc/downloads/jrc_reference_report_2008_09_climate_change.pdf), 2008.

[17] Berlengi G. i Margeta J., Preporuke za jačanje otpornosti obala na utjecaje klimatskih promjena, 2017.

[18] <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>, 2.8.2021.

[19] University of Arkansas Community Design Center (UACDC), Low Impact Development (a design manual for urban areas), University of Arkansas Community Design Center, Fayetteville (Arkansas), 2010.

[20] EPA, Storm Water Management Model Reference Manual Volume III – Water Quality, United States Environmental Protection Agency, 2016.

Hvala na pažnji!



SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
HIDROTEHNIKA
INŽENJERSTVO OBALNIH GRAĐEVINA

PROCJENA OPASNOSTI OD SLOŽENIH POPLAVA U
CENTRU GRADA RIJEKE USLIJED KOMBINIRANOG
DJELOVANJA MORA I RIJEKE

DIPLOMSKI RAD

RIJEKA, RUJAN 2020.

0114027804 MARTA MARIJA BILIĆ

SADRŽAJ



1. Uvod



2. Poplave



3. Urbane poplave



4. EU Direktiva o poplavama



5. Karte opasnosti i rizika od poplava



6. Složene poplave



7. Opis područja



8. Postojeće analize opasnosti od poplava u gradu Rijeci



9. Metodologija proračuna



10. Rezultati



11. Zaključak



12. Literatura

1. UVOD



Poplave su prirodne pojave s velikim posljedicama, direktnim i indirektnim, negativnim i rijetko pozitivnim za društvo i okoliš [1]



Za urbane sredine izrađuju se matematički simulacijski modeli poplava te se izrađuju karte opasnosti i planovi upravljanja poplavnim rizicima. Unutar zemalja Europske unije, poplavama se upravlja sukladno Direktivi o poplavama (Direktiva 2007/60/EZ o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima) [3].



Cilj ovog diplomskog rada je napraviti procjenu opasnosti od složenih poplava u centru grada Rijeke putem izrade karata opasnosti od poplava za tri poplavna scenarija i jedan ekstremni događaj.

2. POPLAVE

Poplave mogu uzrokovati prirodne pojave, antropogene aktivnosti ili njihova kombinacija.

**Riječne (fluvijalne)
poplave**

**Kišne (pluvijalne)
poplave**

Bujične poplave

Obalne poplave

3. URBANE POPLAVE



Urbane poplave su rezultat ljudskih zahvata na nekom području i najčešće se javljaju kod intenzivnih oborina kratkog trajanja [1].



Postoje urbane poplave **kišnog porijekla** i urbane poplave **riječnog porijekla** [3].

4. EU DIREKTIVA O POPLAVAMA

Direktiva Europskog parlamenta i vijeća o
procjeni i upravljanju rizicima od poplava
(2007/60/EZ) [5]



EU Direktiva o poplavama u
Hrvatskoj provodi se sukladno
smjernicama Hrvatskih voda

5. KARTE OPASNOSTI I RIZIKA OD POPLAVA



Temelj upravljanja poplavnim rizicima

KARTE OPASNOSTI

- Prikaz mogućnosti razvoja određenih poplavnih scenarija za različite vrijednosti pojavljivanja
- Tri scenarija: mala, srednja i velika vjerojatnost pojavljivanja
- Bitno je odrediti ciljanu skupinu, mjerilo karte, vrstu i scenarije poplava, dubinu vode, brzinu toka... [6]

KARTE RIZIKA

- Rizik je kombinacija vjerojatnosti pojave poplavnog događaja i mogućih štetnih posljedica poplave
- Kartiraju se informacije o potencijalnim štetnim posljedicama na ljudsko zdravlje, okoliš, gospodarstvo i kulturnu baštinu

6. SLOŽENE POPLAVE USLIJED KOMBINIRANOG DJELOVANJA MORA I RIJEKE



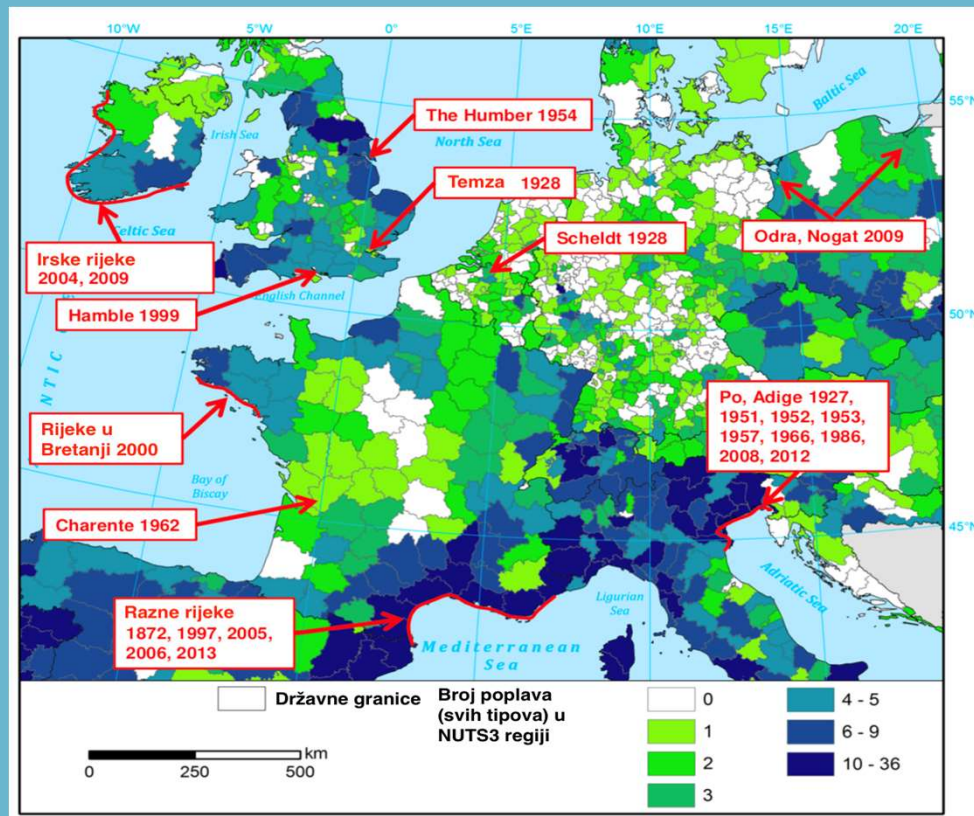
Nastaju kada se veliki protok u rijekama pojavi istovremeno s olujnim usporom s mora.



Istovremena pojava oluje 10-god. povratnog perioda i velike vode u rijeci povratnog perioda 10 god. neće se dogoditi svakih tih 10 god., već je povratni period takvog događaja puno veći.



Povijesni podaci o poplavnim događajima u Europi prepoznaju 23 složene poplave koje su se dogodile između 1870. i 2016. godine, a najviše (njih 9) se dogodilo na najsjevnijoj obali Jadranskog mora [2].



Slika 1. Prikaz složenih poplava između 1870. i 2016. godine [2].

7. OPIS PODRUČJA



Slika 2. Položaj Republike Hrvatske na karti među zemljama članicama EU [7].



Slika 3. Položaj grada Rijeke na karti Republike Hrvatske [8].

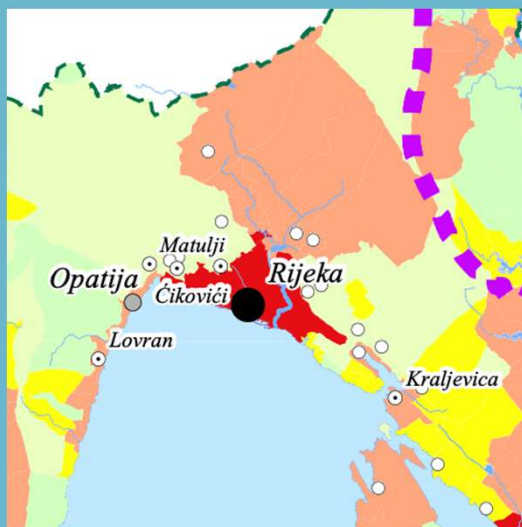


Slika 4. Područje novog korita Rječine, Delte i Mrtvog kanala [9].

8. POSTOJEĆE ANALIZE OPASNOSTI OD POPLAVA U GRADU RIJECI



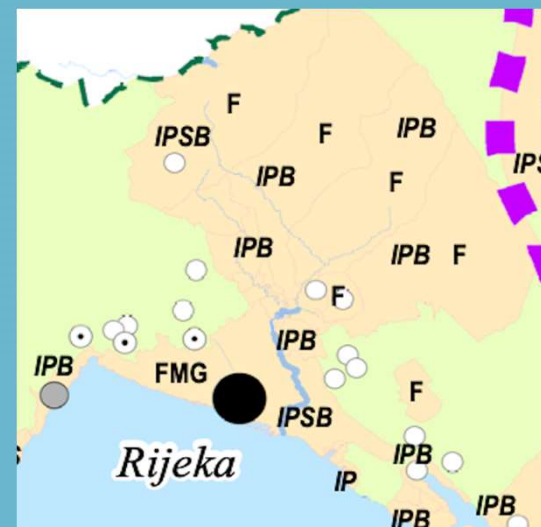
Prethodna procjena rizika od poplava



Slika 5. Riječko područje na karti prethodne procjene rizika od poplava- vrlo veliki rizik 1A [10].



Slika 6. Riječko područje na karti prethodne procjene područja značajnih rizika od poplava- nacionalno područje značajnog rizika [10].



Slika 7. Riječko područje na karti uzroka i mehanizama plavljenja [10].

Karte opasnosti od poplava



Slika 8. Karta opasnosti od poplava po vjerojatnosti pojavljivanja za grad Rijeku [10].



Slika 9. Karta opasnosti od poplava za veliku vjerojatnost pojavljivanja za grad Rijeku [10].



Slika 10. Karta opasnosti od poplava za srednju vjerojatnost pojavljivanja za grad Rijeku [10].



Slika 11. Karta opasnosti od poplava za malu vjerojatnost pojavljivanja za grad Rijeku [10].

9. METODOLOGIJA PRORAČUNA

Izrada karata opasnosti od složenih poplava u centru grada Rijeke



Generiranje modela terena

- Na temelju HOK-a, topografske karte i DOF-a u QGIS-u
- Profili Mrtvog kanala i korita Rječine dodani u HEC-RAS-u

Hidrološka analiza Rječine

- Preuzeta iz [9]
- Iz protoka i volumena za određene povratne periode konstruirani su Goodrichovi hidrogrami.

Razine mora

- Preuzete iz [9]
- Morske mijene zanemarene
- Za ekstremni događaj je na 1000-god. razinu mora dodano još 60 cm

Hidraulički proračun

- HEC-RAS
- Uzvodni rubni uvjet- Rječina
- Nizvodni rubni uvjet- more
- Trajanje simulacije 298 h
- Tri poplavna scenarija, 7 simulacija

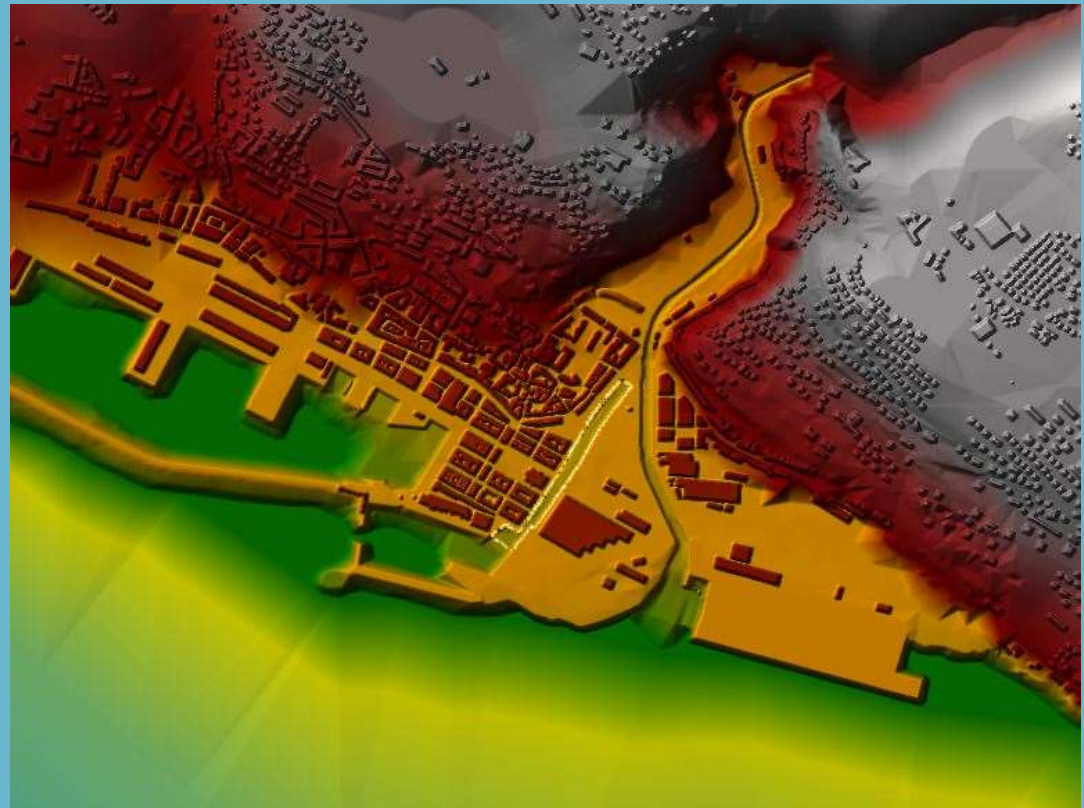
Karte opasnosti od složenih poplava u centru grada Rijeke

Tablica 1 prikazuje scenarije visoke, srednje i niske vjerojatnosti poplave i povratne periode mora i Rječine uzete za svaku simulaciju.

	Povratni period (g)	
	More	Rječina
Visoka vjerojatnost	10	25
	25	10
Srednja vjerojatnost	25	100
	100	25
Niska vjerojatnost	100	1000
	1000	100
Ekstremni događaj	1000+60 cm	1000

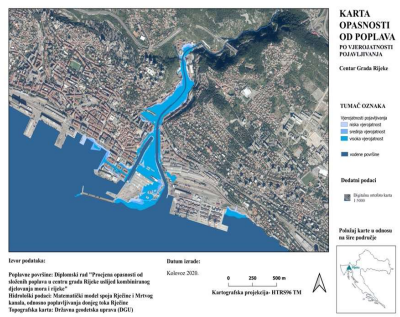
- 10. REZULTATI

- MODEL TERENA

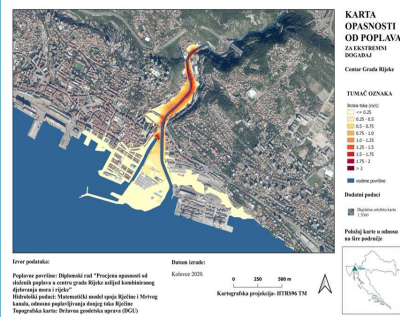


Slika 12. Model terena centra grada Rijeke iz HEC-RAS-a.

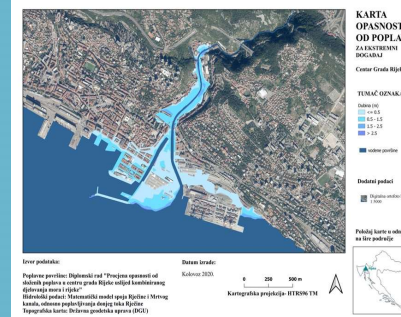
• KARTE OPASNOSTI OD SLOŽENIH POPLAVA



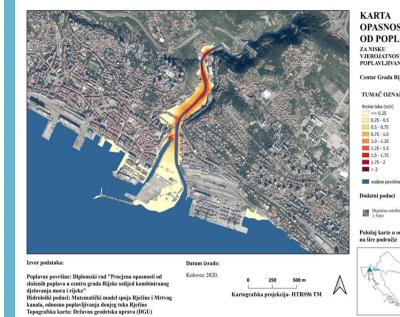
Slika 13. Karta opasnosti od poplava po vjerojatnosti pojavljivanja.



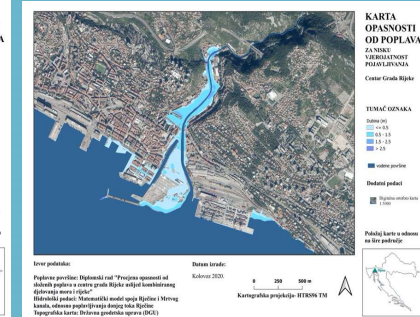
Slika 14. Karta opasnosti od poplava za ekstremni događaj sa prikazanim brzinama toka.



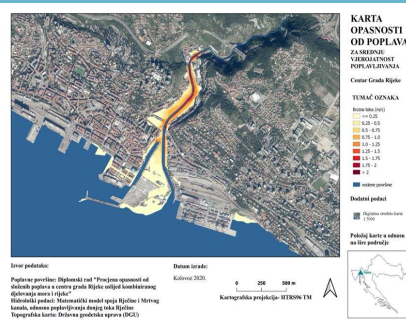
Slika 15. Karta opasnosti od poplava za ekstremni događaj sa prikazanim dubinama vode.



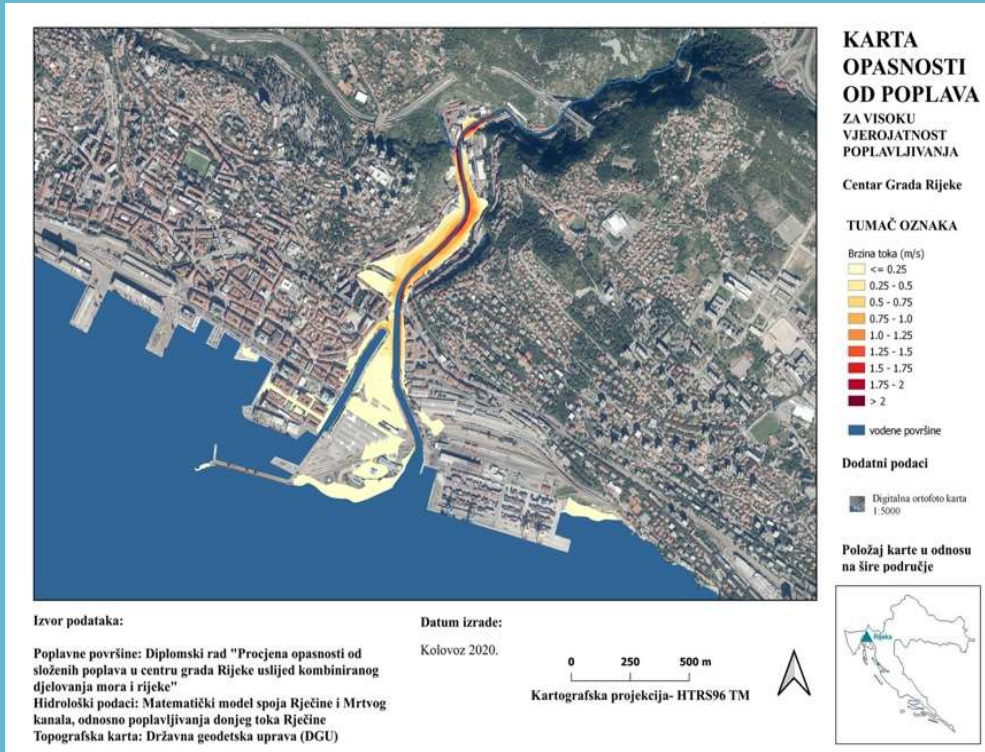
Slika 16. Karta opasnosti od poplava za nisku vjerojatnost pojavljivanja sa prikazanim brzinama toka.



Slika 17. Karta opasnosti od poplava za nisku vjerojatnost pojavljivanja sa prikazanim dubinama vode.



- KARTE OPASNOSTI OD SLOŽENIH POPLAVA

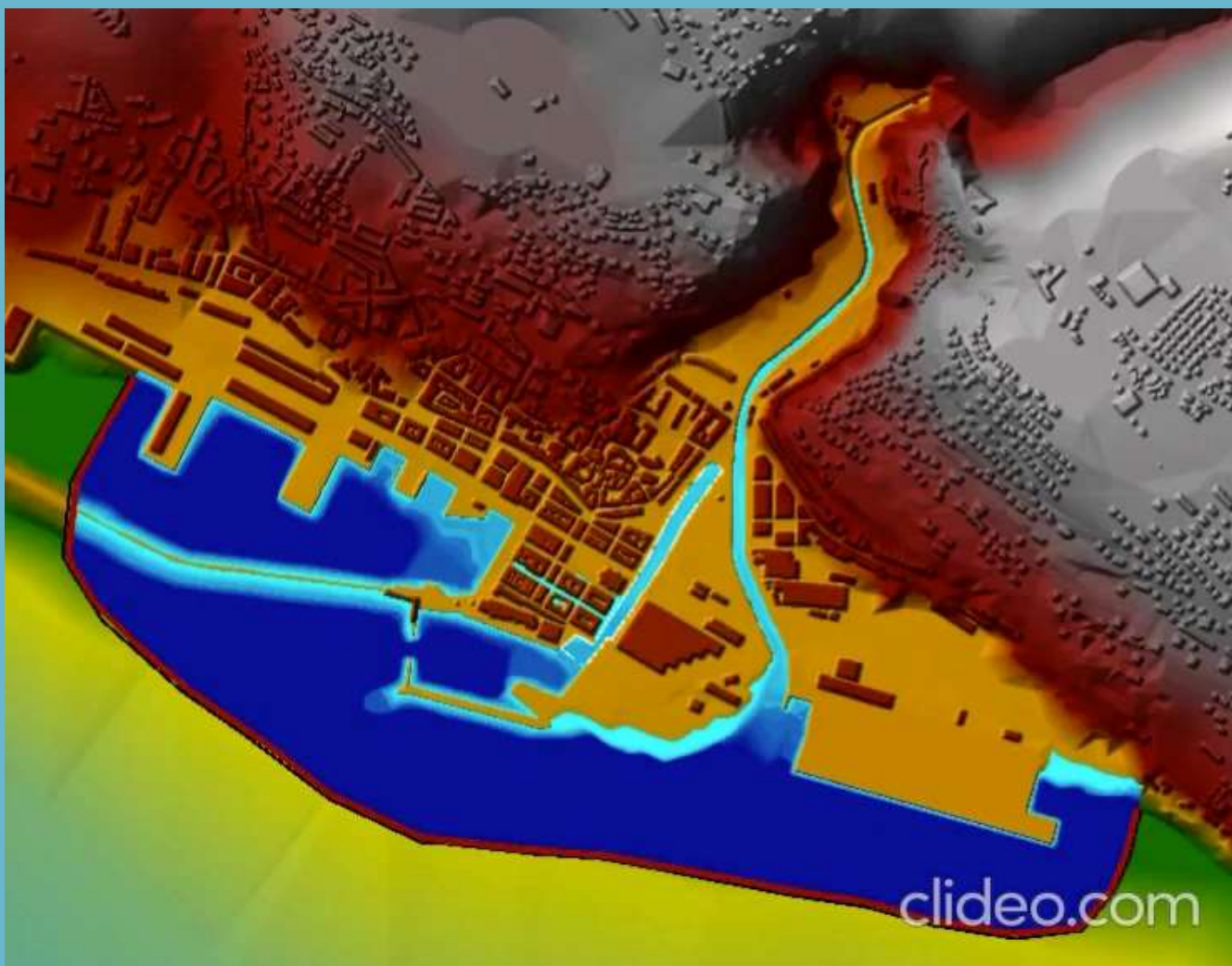


Slika 22. Karta opasnosti od poplava za visoku vjerojatnost pojavljivanja sa prikazanim brzinama toka.



Slika 23. Karta opasnosti od poplava za visoku vjerojatnost pojavljivanja sa prikazanim dubinama vode.

Simulacija
opasnosti od
poplava za visoku
vjerovatnost
pojavljivanja sa
prikazanim
dubinama vode



11. ZAKLJUČAK

- U sklopu EU Direktive o poplavama izrađena je prethodna procjena rizika od poplava te je riječko područje svrstano u kategoriju vrlo visokog (1A) rizika od poplava. Karte opasnosti prikazuju riječko područje kao sklono plavljenju, pogotovo u predjelu korita rijeke Rječine
- Na temelju izrađenih simulacija za tri poplavna scenarija i jedan ekstremni događaj, napravljene su karte opasnosti od poplava za centar grada Rijeke
- Prikazom brzina toka i dubina vode na kartama, očigledno je da je riječko područje ugroženo poplavama uzrokovanim i rijekom i morem
- Iako je za svaki poplavni scenarij jednom uzeto more kao dominantan uzrok poplave, a u drugoj simulaciji rijeka kao dominantan uzrok, najveće plavljenje se i dalje događa oko korita Rječine, gdje se razvijaju i najveće brzine toka
- Izradom karata opasnosti u sklopu diplomskog rada dokazano je da postoji realna opasnost od složenih poplava u centru grada Rijeke, te bi se trebalo dalje nastaviti sa izradom karata rizika od poplava i plana upravljanja poplavnim rizicima za grad Rijeku
- Konačni rezultat plana upravljanja poplavnim rizicima trebao bi staviti naglasak na sprečavanje, zaštitu, pripravnost, sustave ranog upozorenja i prognoze poplava da bi se što bolje i efikasnije upravljalo istima.



Hvala na pažnji!



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Thank you for your attention!

Strengthening of master curricula in water resources management
for the Western Balkans HEIs and stakeholders

www.swarm.ni.ac.rs