



Prijelazni instrument
Europske unije za Hrvatsku

STRATEGIJA PRILAGODBE KLIMATSKIM PROMJENAMA

*Jačanje kapaciteta Ministarstva zaštite okoliša i prirode
za prilagodbu klimatskim promjenama te priprema
Nacrta Strategije prilagodbe klimatskim promjenama*

www.prilagodba-klimi.hr



REPUBLIKA HRVATSKA
MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I ENERGETIKE

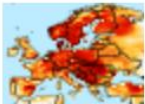
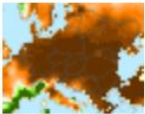
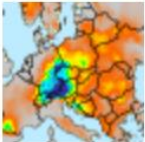
eptisa
Adria d.o.o.



Hidrologija i vodni resursi

dr.sc. Josip Rubinić, dipl.ing.građ.

Zagreb, 6.4. 2017. godine

-  2014 warmest year on record in Europe
-  European Drought in November 2011
-  Central European flooding 2013

Sadržaj prezentacije

1. Uvod
2. Vode središnje Hrvatske
3. Dosadašnje procjene utjecaja klimatskih promjena na vodne resurse
4. Rezultati projekta STRATEGIJA PRILAGODBE KLIM. PROMJENAMA
5. Preporuke za prilagodbu



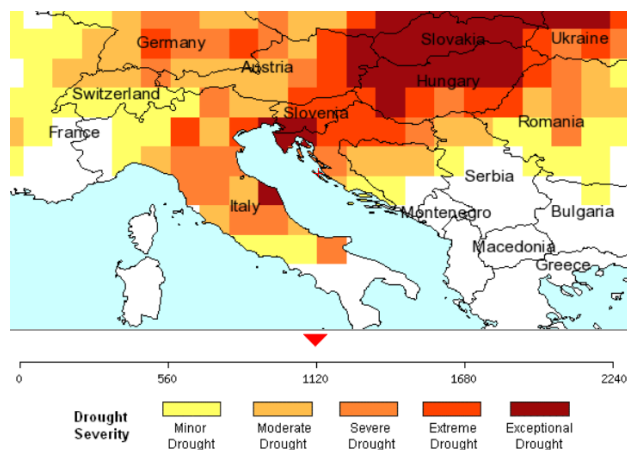
Poplava u Zagrebu 1964.



Male vode Save 2001 (Trninić i Bošnjak, 2009)



1. UVOD



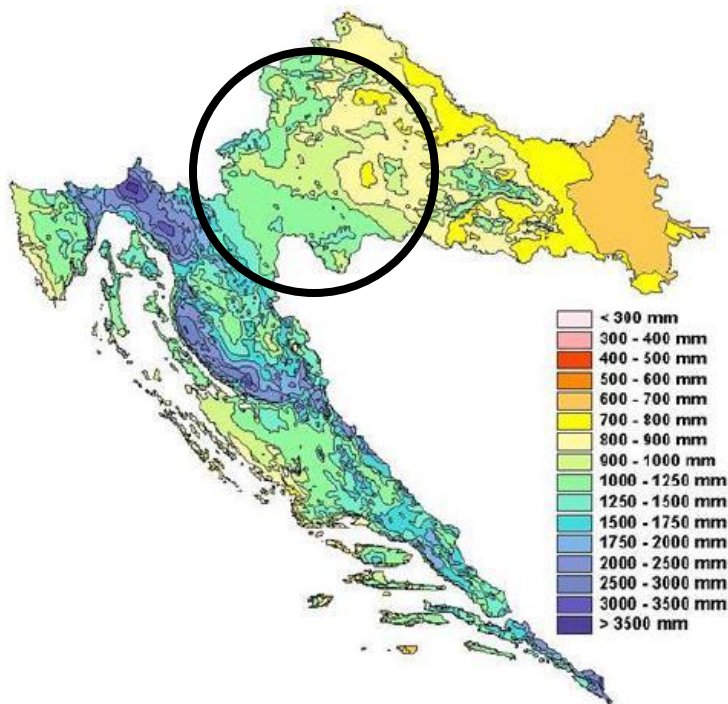
-Ekstremna suša 2003., 2011., 2012. i 2015.g.

- Ekstremne poplave 2014.



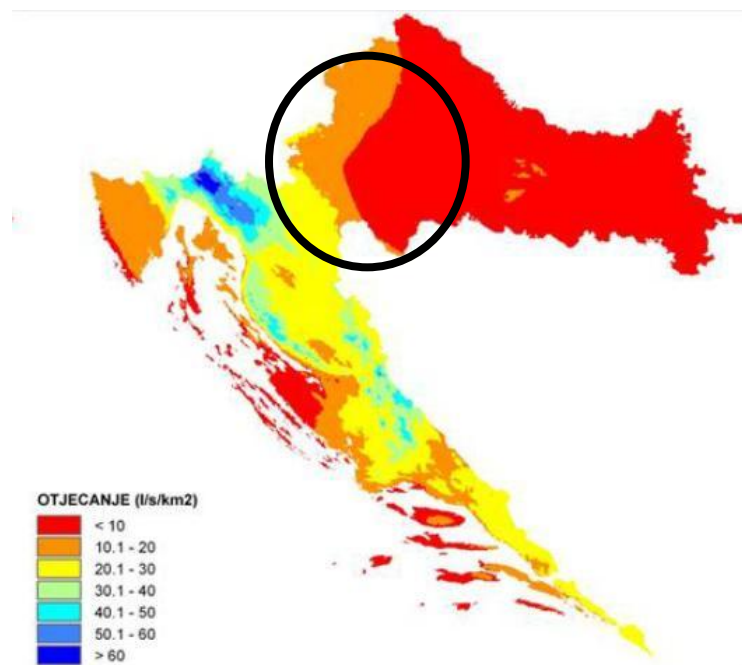


2. VODE SREDIŠNJE HRVATSKE

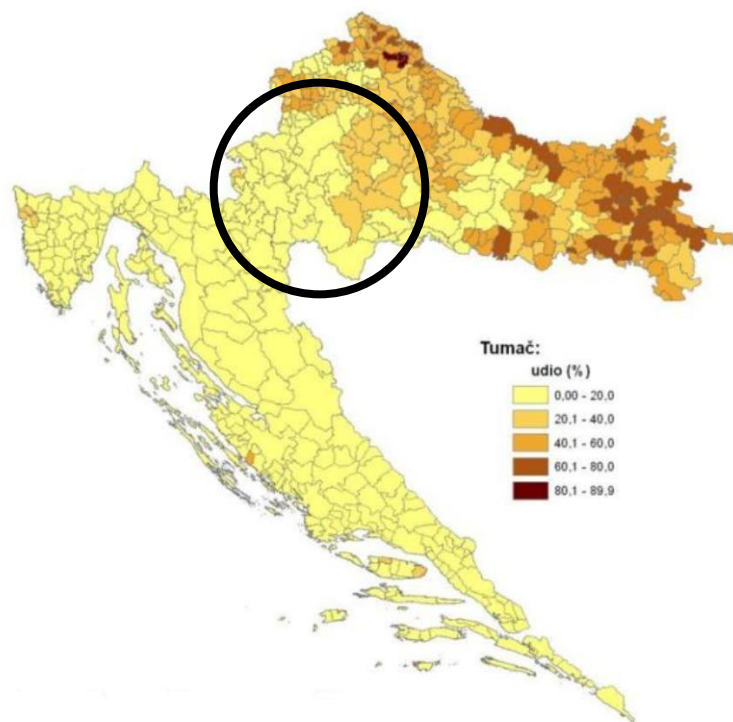


Prosječne godišnje oborine (mm)

Karta specifičnog otjecanja (l/s/km²)



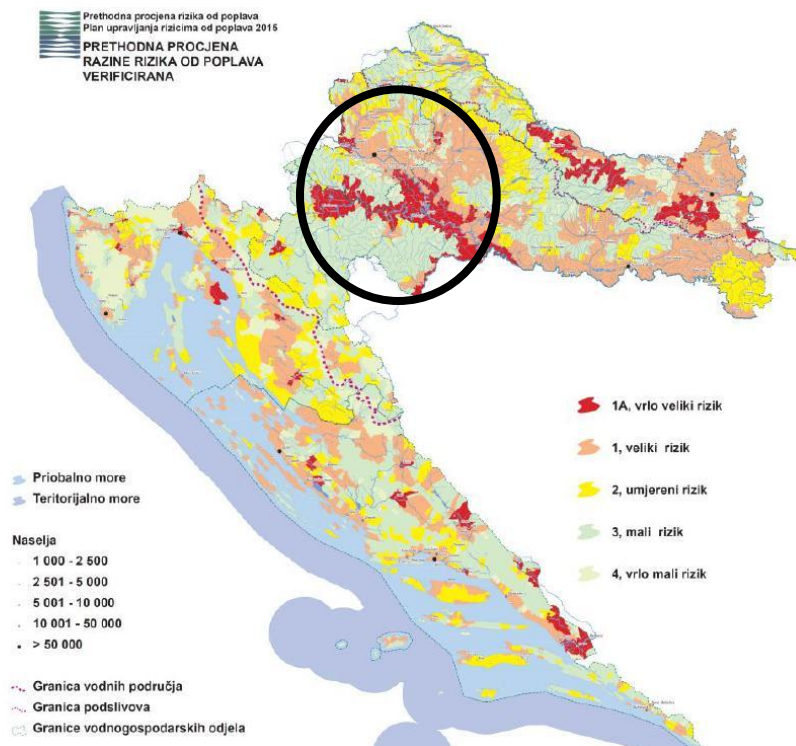
Izvor: Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021.



*Udjel obrađenog poljoprivrednog zemljišta
u ukupnoj površini po općinama (2012.)*

Izvor: Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021.

Prethodna procjena razine rizika od poplava

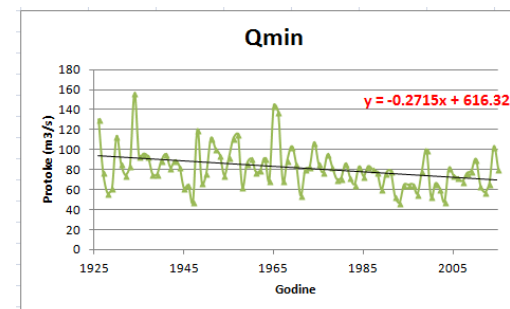
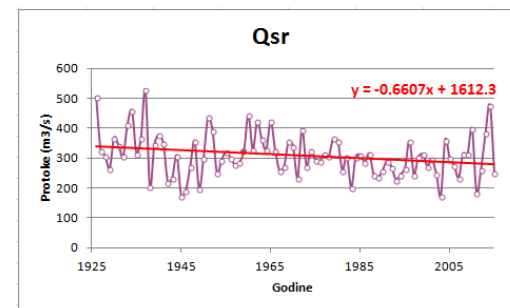
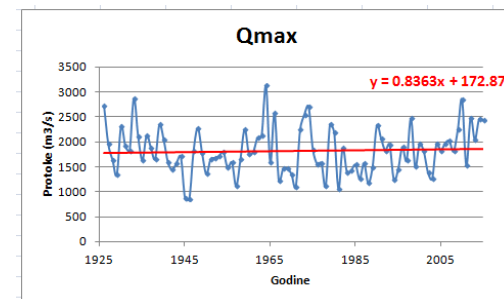




POVRŠINSKE VODE

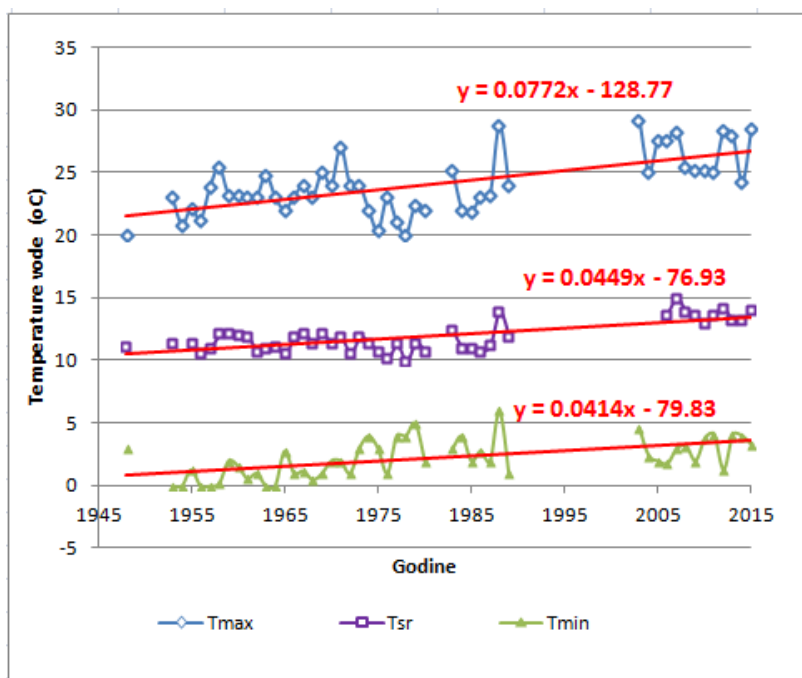


*Karakteristične protoke
rijeke Save na postaji
Zagreb (1926.-2015.)*

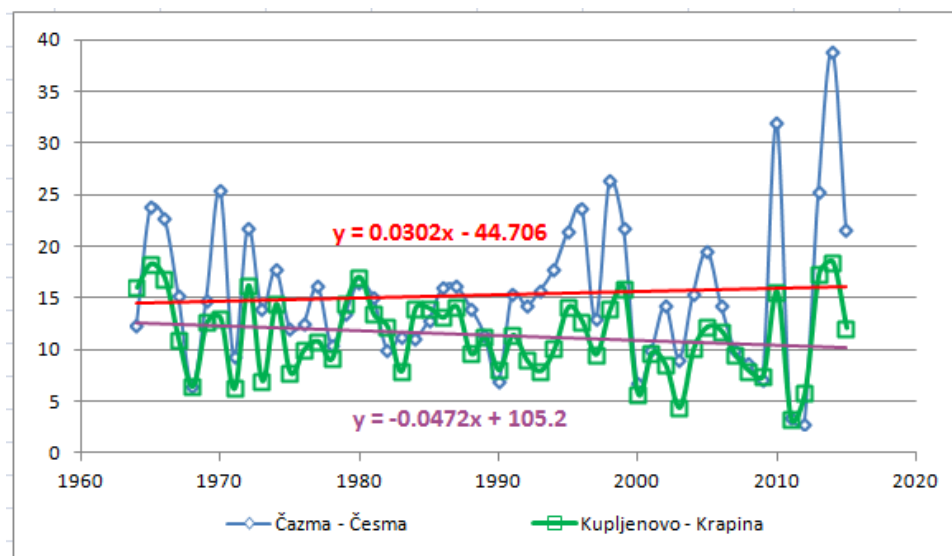




POVRŠINSKE VODE



Karakteristične temperature voda rijeke Save u Zagrebu (1926.-2015.)

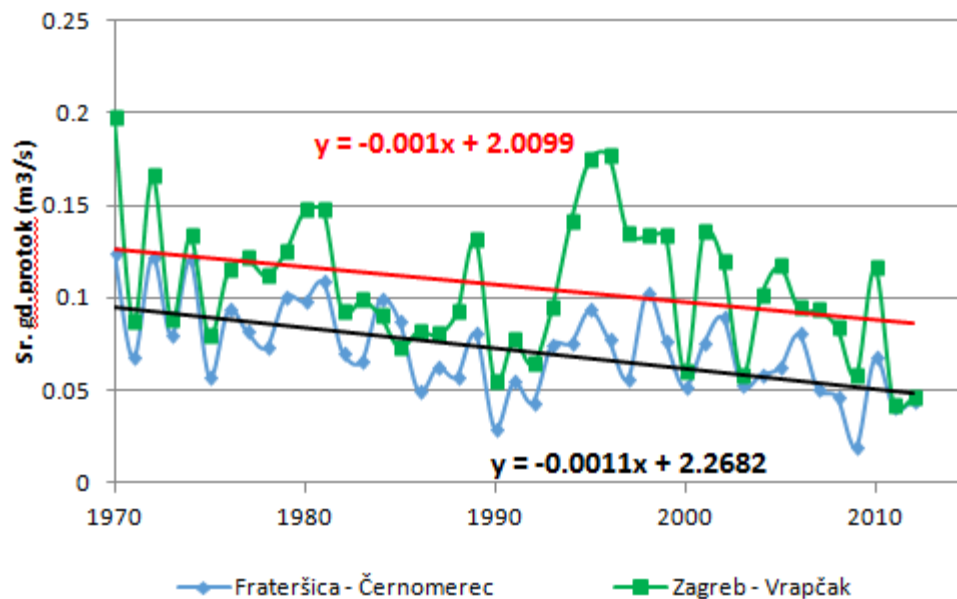


Usporedba srednjih godišnjih protoka s Česme i Krapine (1963.2015.)

POVRŠINSKE VODE

Primjer vodnih pojava – potoka čiji se sliv nalazi u PP Medvednica

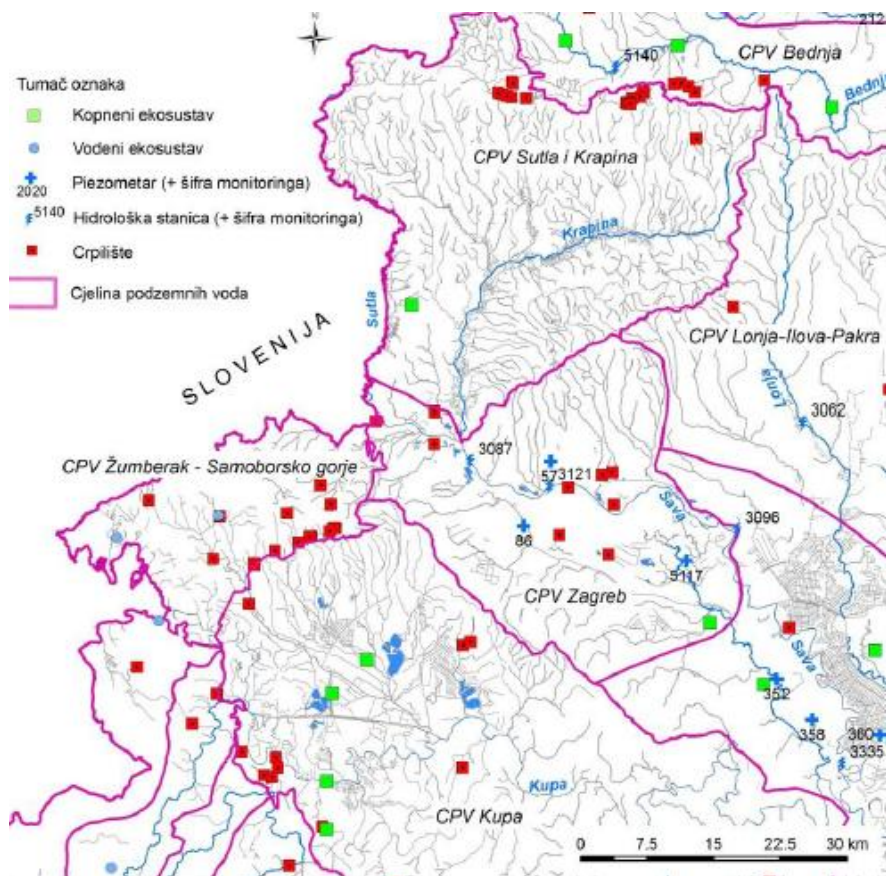
- karakterizira ih iznimno **velik gradijent trenda opadanja sr.god. protoka (oko 1%)**, što u kombinaciji s povećanim temperaturama rezultira smanjenjem prihvatne moći samopročišćavanja vodotoka



*Srednje godišnje protoke dvaju
medvedničkih potoka (1970.-2015.)*



PODZEMNE VODE



*Lokacije praćenja razina podzemnih voda
DHMZ-A*

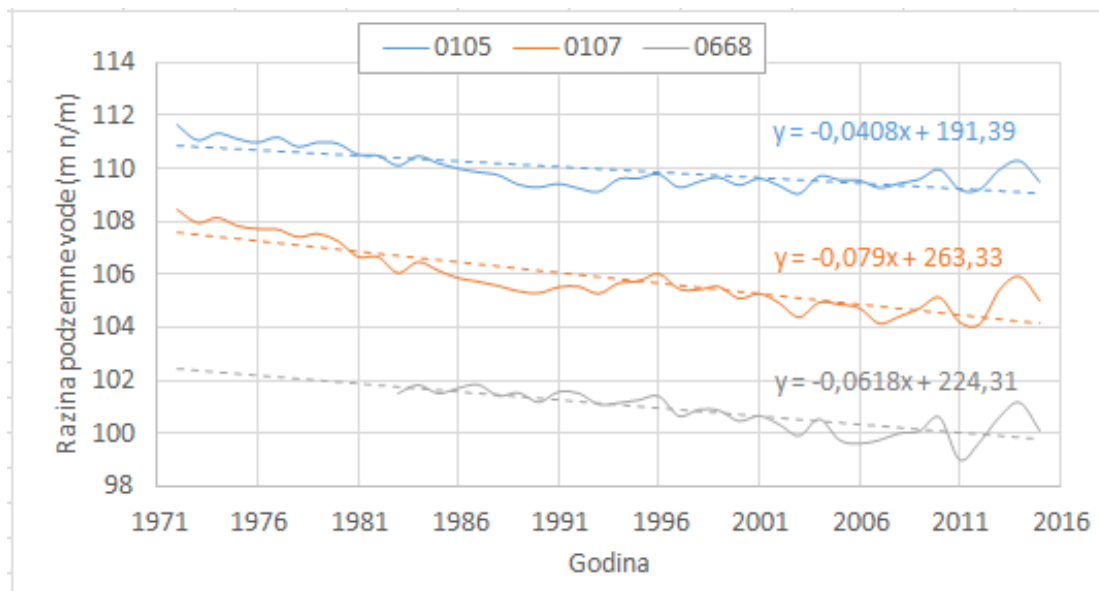
*Lokacije crpilišta javne vodoopskrbe u CPV ZAGREB
te na okolnom području (HGI, 2016)*



PODZEMNE VODE



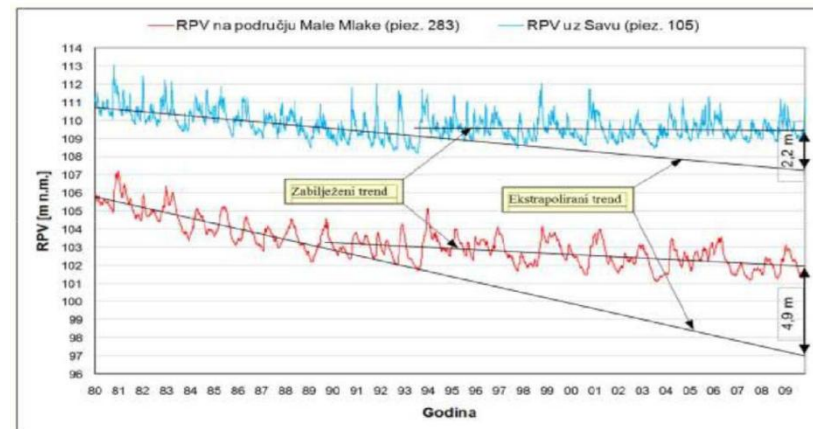
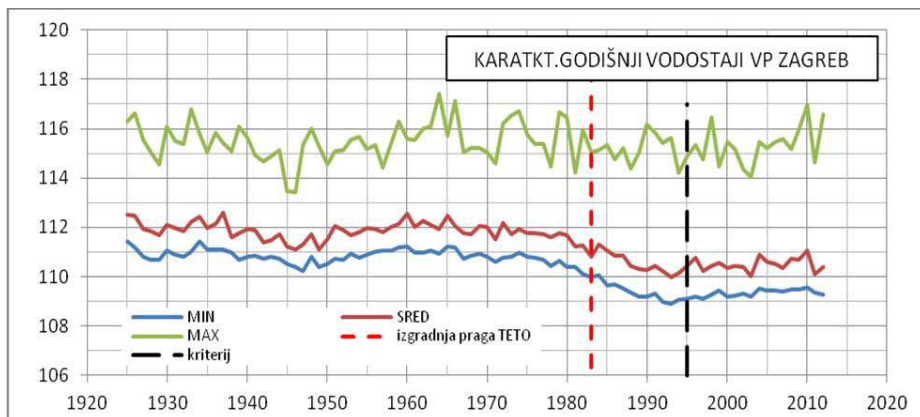
Lokacije odabranih pijezometara



Hod srednjih godišnjih razina podzemne vode (1972.- 2015).



PODZEMNE VODE

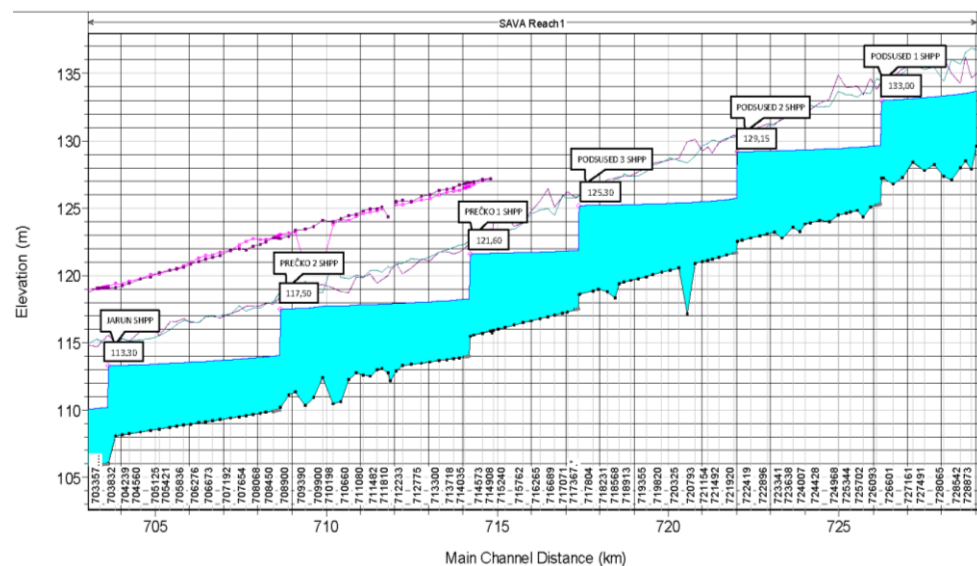


*Utjecaj praga TETO Zagreb na
kolebanja razina vode Save i
podzemnih voda (Elektroprojekt, 2014)*

ZAGREB NA SAVI

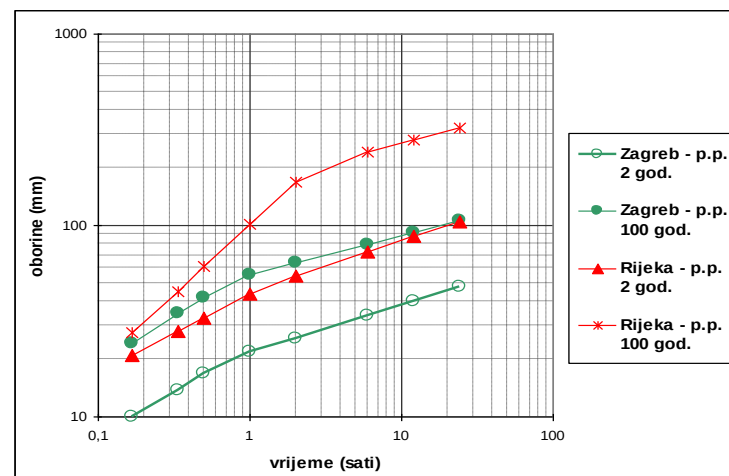
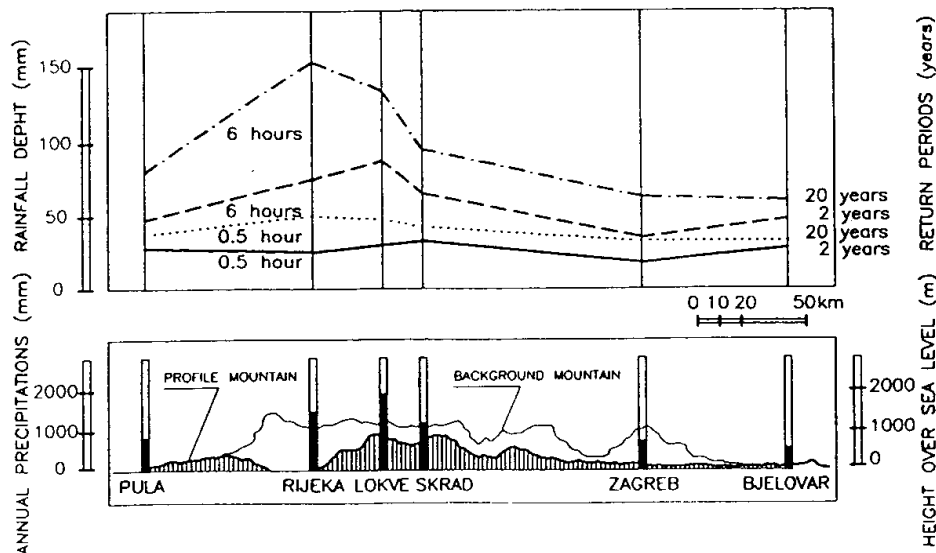


Program Sava (2014)





POJAVE JAKIH OBORINA I POPLAVNIH OBORINSKIH VODA



Usporedba kratkotrajnih jakih oborina 2 i 100-godišnjeg povratnog perioda Zagreba i Rijeke

Oborinski profil kratkotrajnih jakih oborina kroz Hrvatsku



REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I ENERGETIKE



eptisa
Adria d.o.o.



Zagreb 25.5.2014. (<http://rokaj.ba/40574>)



Poplava Vrapčaka na Jarunu 2.2014.).

Ovaj projekt financira Europska unija

Sadržaj ove publikacije je isključiva odgovornost Eptisa Adria d.o.o. i ne predstavlja nužno stav Europske unije.



REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I ENERGETIKE

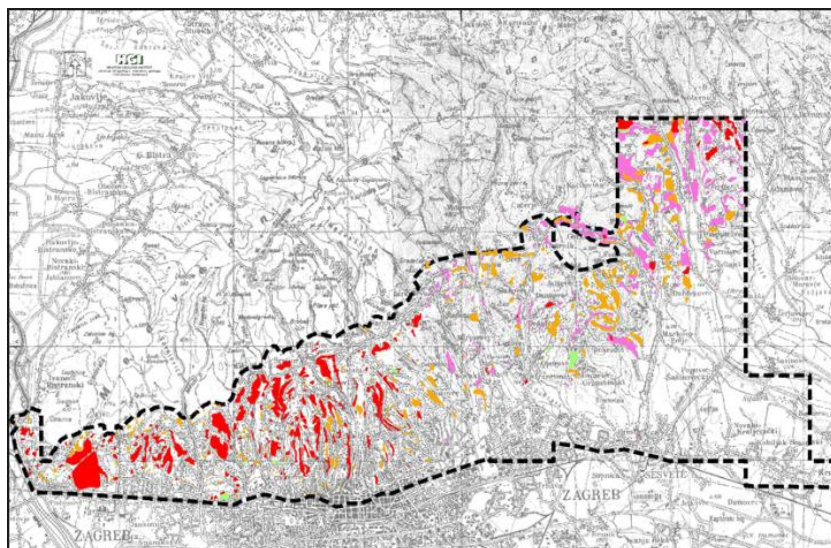


eptisa
Adria d.o.o.



Ovaj projekt financira Europska unija

Sadržaj ove publikacije je isključiva odgovornost Eptisa Adria d.o.o. i ne predstavlja nužno stav Europske unije.



Klizišta na području Zagreba (Miklin, HGI)
Crveno – aktivna, ljubičasto - inicijalna,
žuto – umirena, zeleno – sanirana klizišta)

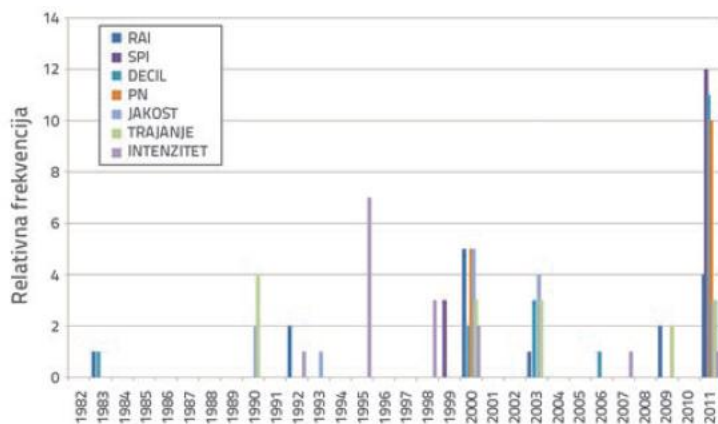
Intenzivne višednevne oborine –
jedan od okidača za pojavu klizanja



Klizište Kostanjev (Krkač, 2016)

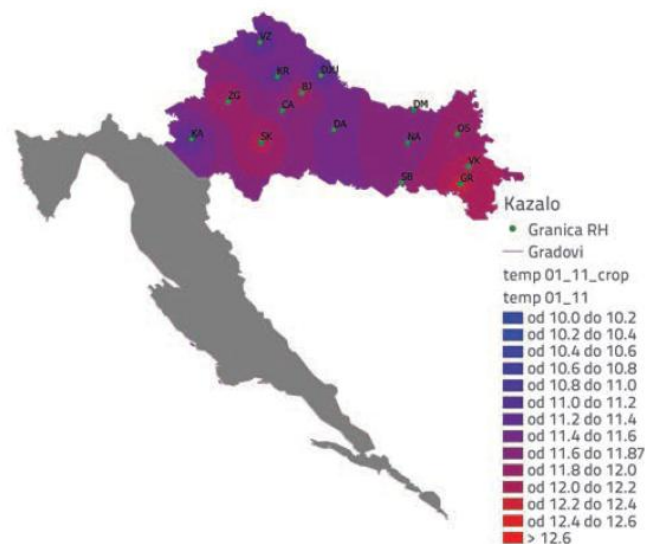
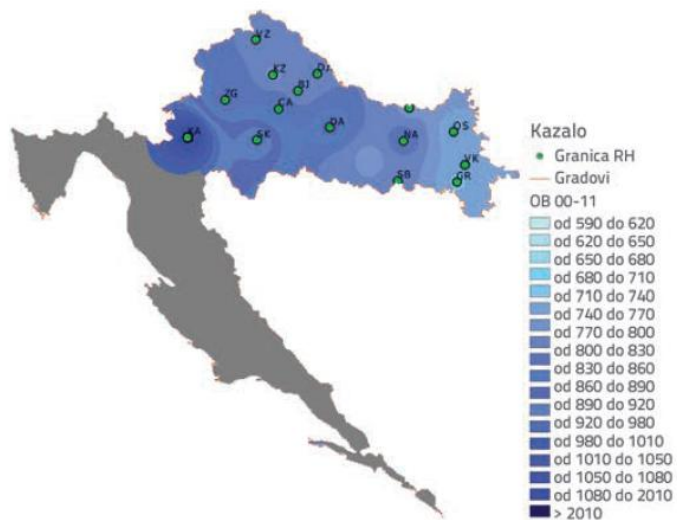


Klizište Trstenik u Čučerju (www.zagreb.hr)



Analiza sušnih godina prema različitim metodama za razdoblje 1981.-2011. (Tadić i sur., 2015) – ukazano na složenost pojave suše i njezina ocjenjivanja, ali i evidentno povećanje učestalosti njezine pojave na kontinentalnom dijelu Hrvatske.

Posebno se ističe 2011. kao izrazito sušna!





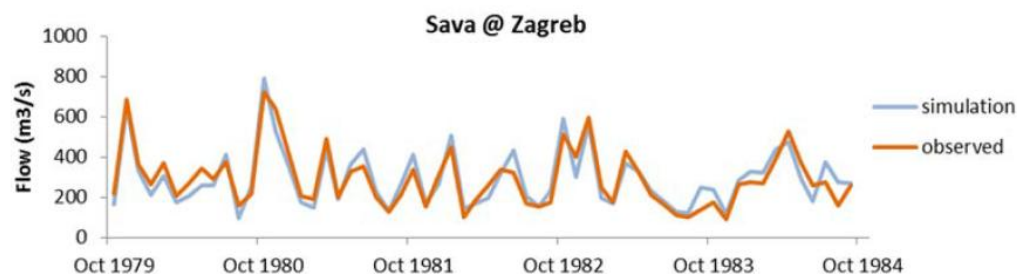
3. DOSADAŠNJE PROCJENE UTJECAJA KLIMATSKIH PROMJENA NA VODNE RESURSE

Iskustva s drugih područja

PLAN UPRAVLJANJA SLIVOM RIJEKE SAVE Međunarodna komisija za sliv rijeke Save

-The World Bank (2015)

<http://www.savacommission.org/srbmp/hr/nacrt>



Trust Fund for Environmentally &
Socially Sustainable Development



Water & Climate Adaptation Plan for the Sava River Basin

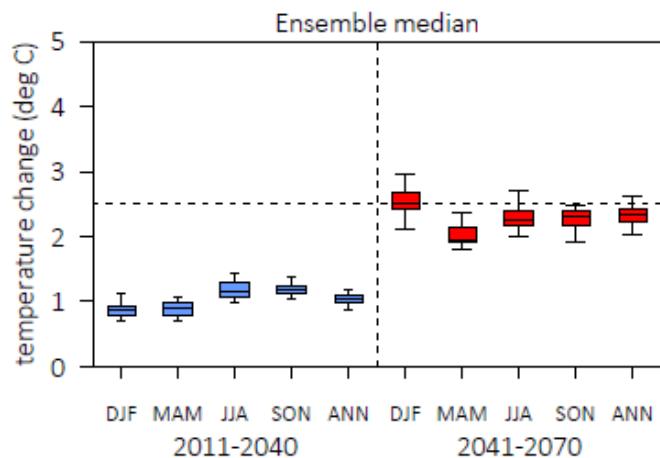


-Izrađen hidrološki
model HEC-HMS

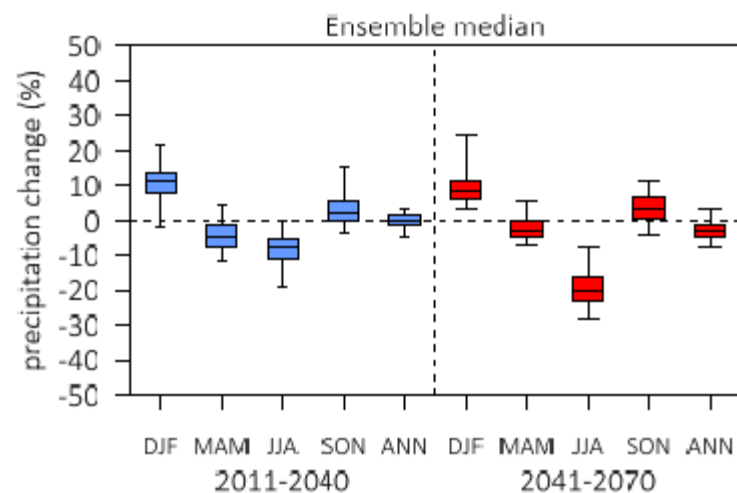
Table 4: The list of climate scenarios resulting from five GCM/RCM combinations

Climate model	GCM	RCM
CM1	ECHAM5r3	RACMO
CM2	ECHAM5r3	REMO
CM3	HadCM3Q0	CLM
CM4	HadCM3Q0	HadRM3Q0
CM5	ECHAM5r3	RegCM3

**Predviđeno / korišteno je
više klimatskih modela
(scenarija)**



Sezonska promjena temperature



Sezonska promjena oborine

Prikaz promjena u srednjim sezonskim i godišnjim protokama te visokim i niskim vodama (Q10 i Q 90)

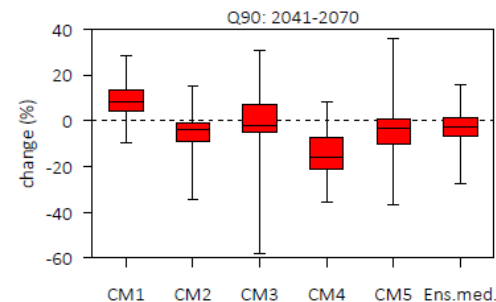
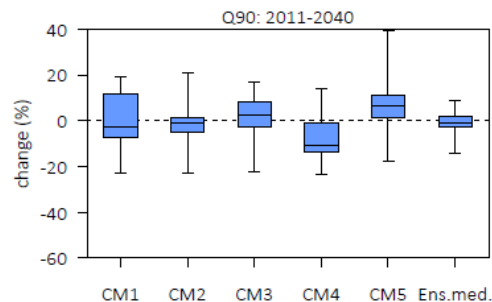
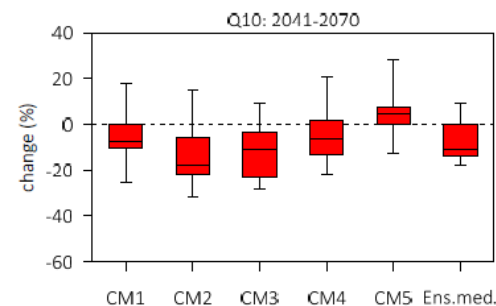
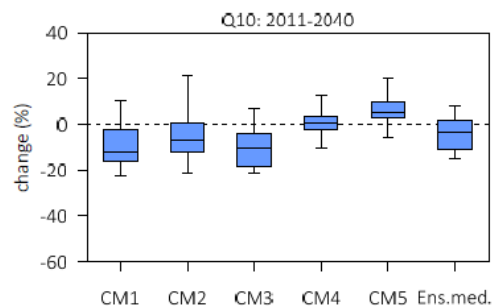
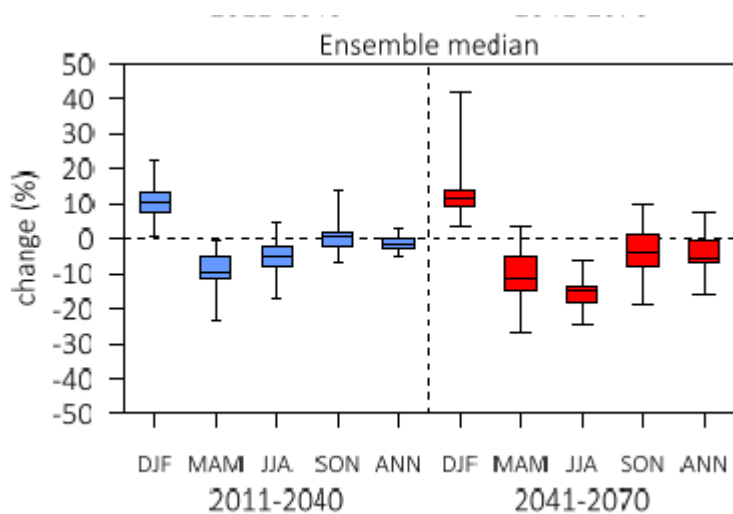


Figure 31: Change in high (Q10) and low (Q90) annual flows; box-and-whiskers indicate range of changes across 50 locations in the basin.



Projekt CCWaterS



CC-WaterS

<http://www.ccwaters.eu/>

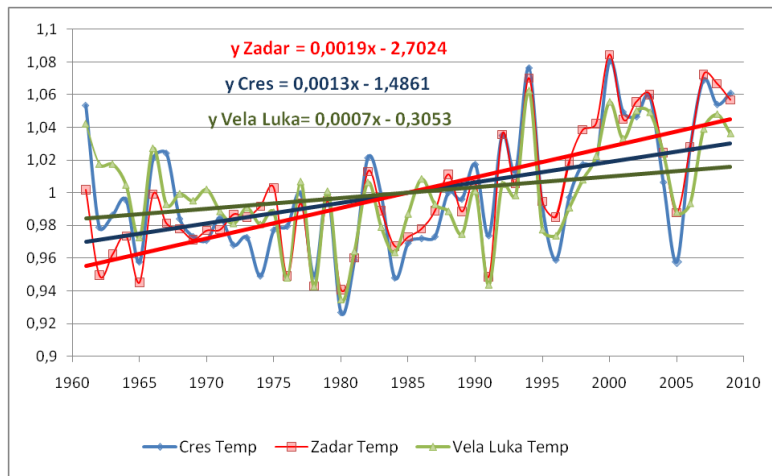
Učesnici iz Hrvatske:

- Hrvatske vode
- Hrvatski geološki institut
- Građevinski fakultet Rijeka

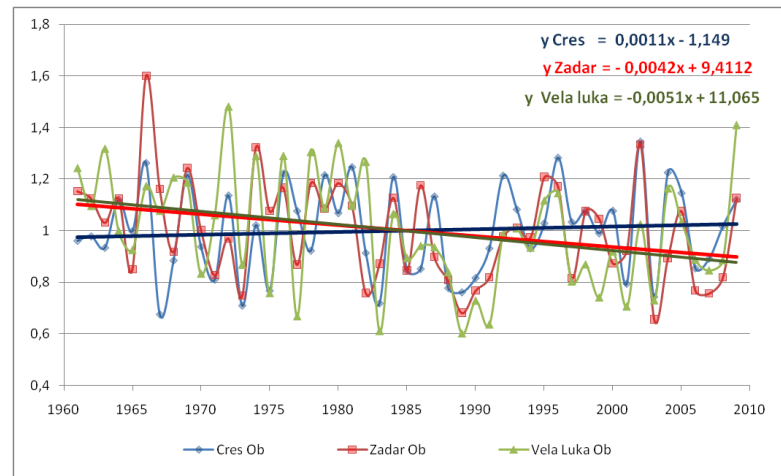


Odabrana pilot područja u Hrvatskoj:

- Bokanjačko blato kod Zadra
 - Vransko jezero na otoku Cresu
 - Blatsko polje na otoku Korčuli
- U odnosu na ranije metode procjene klimatskih utjecaja na osnovi **produljivanja osmotrenih trendova karakterističnih veličina** – modeliranja u danim slučajevima provedena **analizom promjena vodne bilance** (hidrolozi) – uz generiranje nizova oborina i temperatura zraka (klimatolozi)



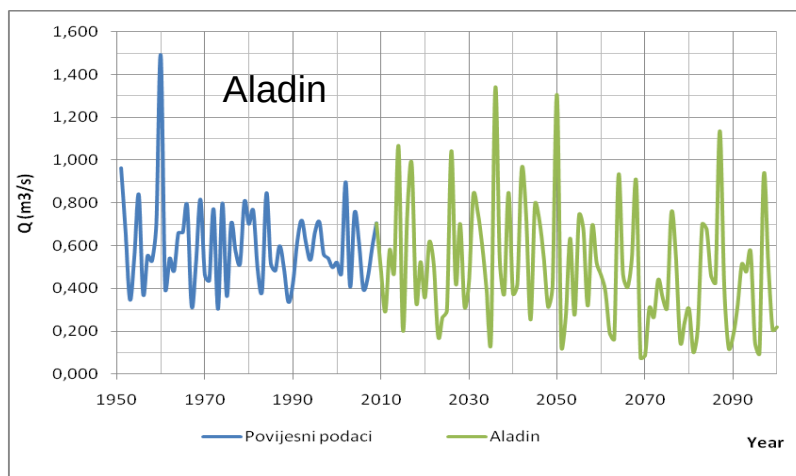
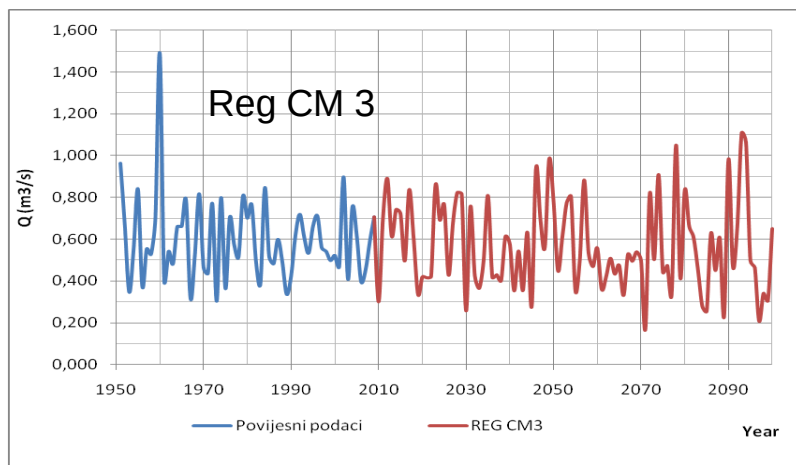
Hod normaliziranih temperatura



Hod normaliziranih oborina

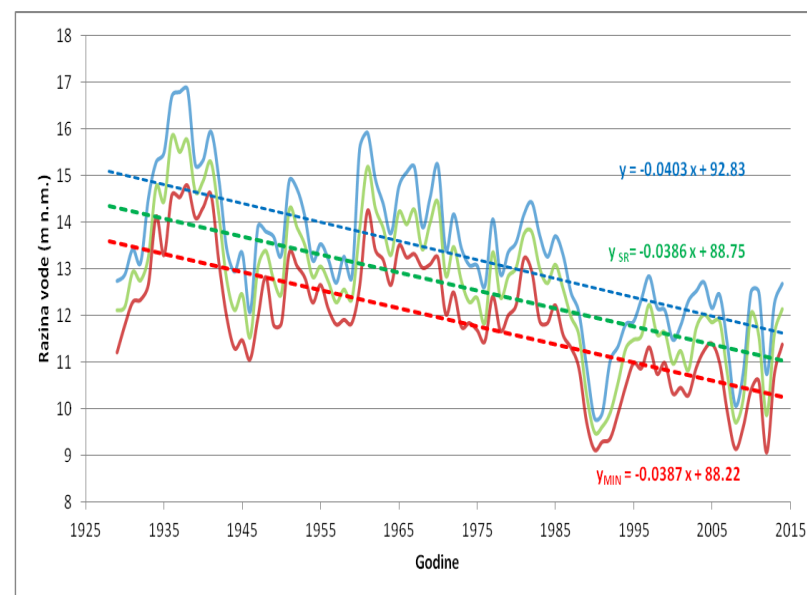
Za **prognozu mogućih hidroloških promjena/varijacija** korišteni su podaci o generiranim serijama sr.god.temp. zraka i god. količina oborina (DHMZ):

- za modele **RegCM3** i **Aladin** (2010.-2100.)
- za model **Promes** (2010.-2050.)

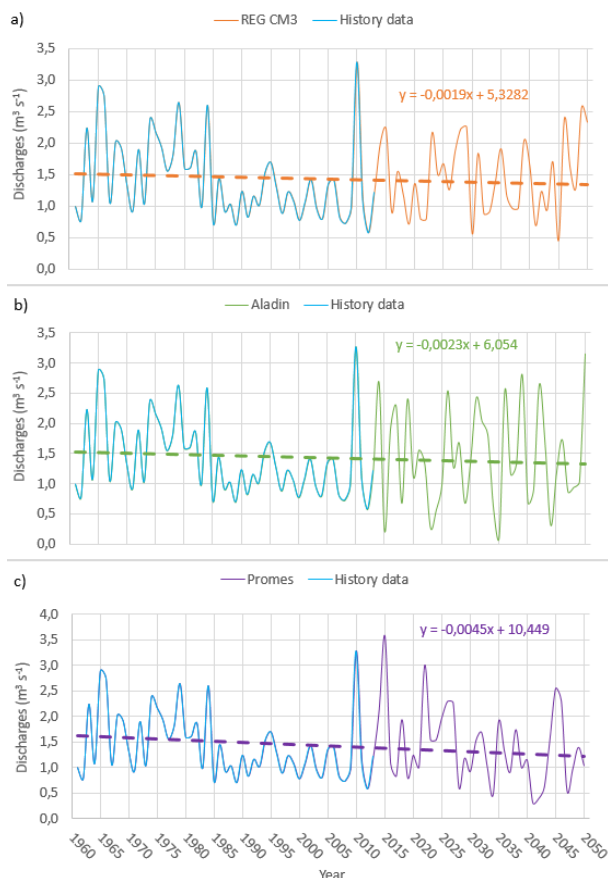


Hod najmanjih srednjih mjesečnih dotoka u slivu Vranskog jezera na otoku Cresu prema modelima RegCM3 i Aladin.

Smanjenje dotoka → veći rizik od zaslanjivanja



Projekt DRINKADRIA – Pilot područje krških izvora opskrbe vodom u slivu Mirne i Neretve (Građevinski fakultet Rijeka, 2015)



Prikaz povijesnih i prema različitim klimatskim modelima generiranih sintetičkih serija srednjih godišnjih protoka izvora u slivu Mirne (1961.-2050.) s pripadajućim trendovima prema modelima a) REG CM3, b) Promes i c) Aladin

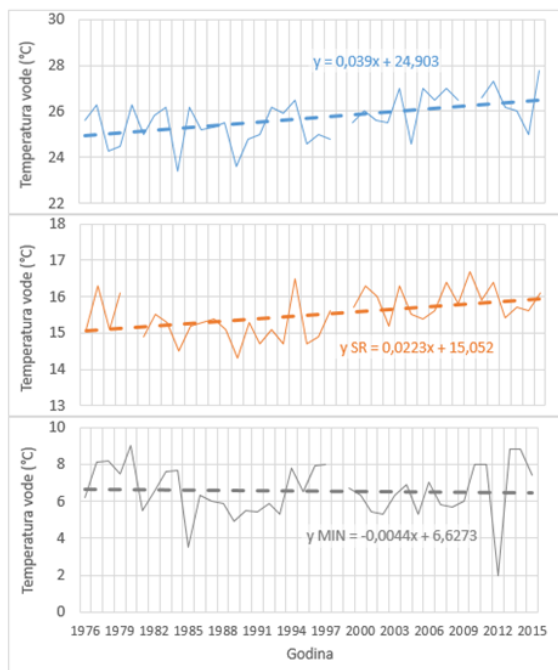
	Avg ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	Min ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	Max ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)
1961-1990	1.60	0.70	2.88
1961-2013	1.41	0.57	3.28
2021-2050/1961-1990	(%)	(%)	(%)
REGCM3	-8.6	-35.4	-11.3
ALADIN	-11.6	-82.1	9.6
PROMES	-15.6	-57.4	4.1



Projekt NP Krka

(Građevinski fakultet Rijeka, 2016)

- Modeliranje promjena temperatura vode na temelju predikcija klimatskih promjena i promjena vodnog režima primjenom modela strojnog učenja - umjetne inteligencije



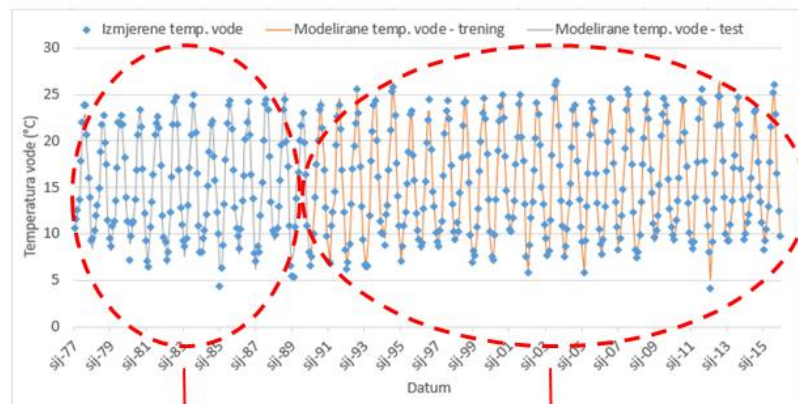
$3,9^{\circ}\text{C}/100\text{ god}$



$2,2^{\circ}\text{C}/100\text{ god}$

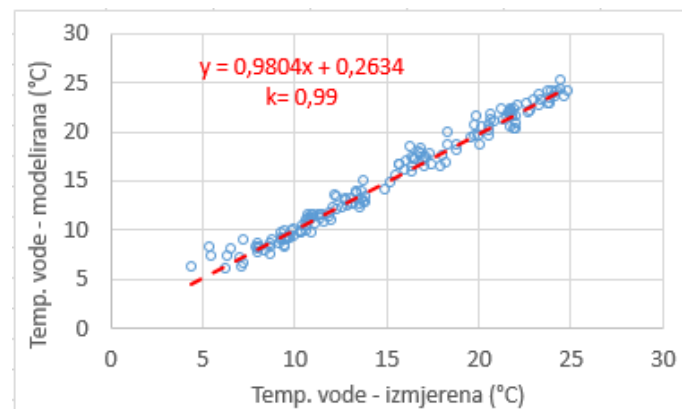


$0,4^{\circ}\text{C}/100\text{ god}$



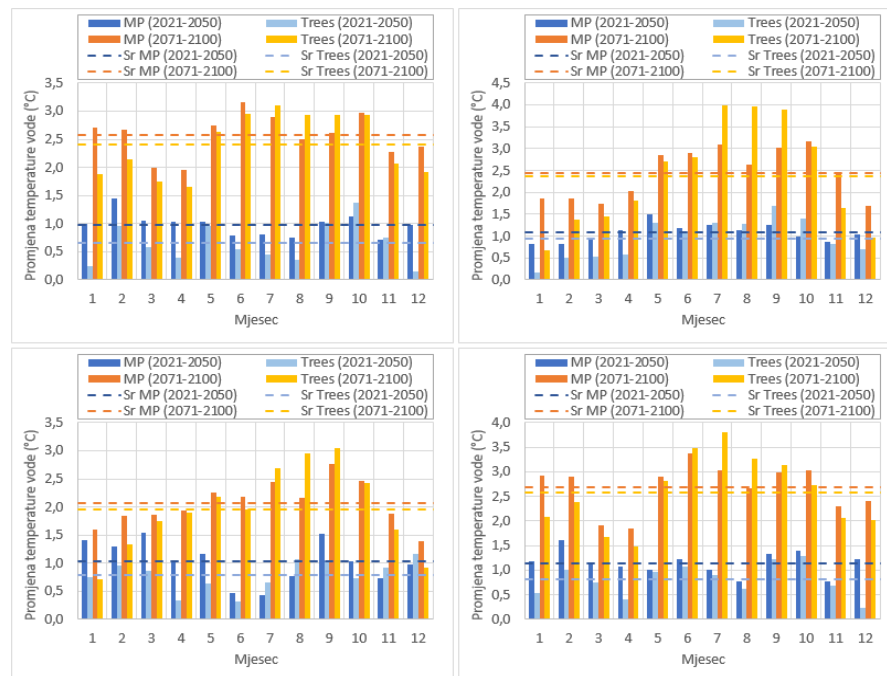
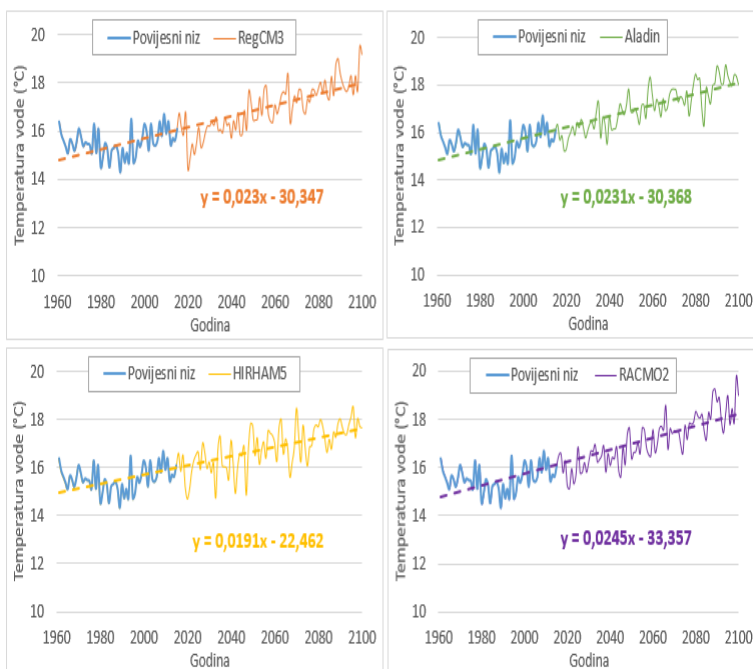
Testirani model

Trenirani model



Projekt NP Krka

Procjene unutargodišnjih promjena temperatura voda i njihovih godišnjih vrijednosti prema više odabranih modela



Rezultati ukazuju na značajan trend porasta sr.god. temperatura vode (do oko 2,5 oC, a posebno najvećih srednjih mjesečnih (do 4 oC)



Plan prilagodbe klimatskim promjenama grada Zagreba (EIHO, 2014)

-Provedene ocjene značajnosti utjecaja i vjerojatnosti njegova pojavljivanja.

Tablica 6.8. Procjena značajnosti utjecaja s obzirom na sve elemente održivosti

Mogući utjecaji klimatskih promjena	Značajnost utjecaja s obzirom na održivost			Ukupni procijenjeni utjecaj
	Gospodarski aspekti	Okolišni aspekti	Socijalni aspekti	
Toplinski valovi				
Suša				
Poplave				

Visoko značajan utjecaj Utjecaj srednjeg značaja Manje značajan utjecaj

Tablica 6.9. Procjena vjerojatnosti pojavljivanja utjecaja

		Vjerojatnost		
		niska	srednja	visoka
Utjecaji	Toplinski valovi			
	Suša			
	Poplave			

-Dan prijedlog provedbe ukupno 47 mjera prilagodbe, od toga 21 na sektor upravljanja vodama.

-Izdvojene 24 prioritetne mjere, od toga 8 iz sektora upravljanja vodama

4. Rezultati projekta STRATEGIJA PRILAGODBE KLIMATSKIM PROMJENAMA (MINISTARSTVO OKOLIŠA I ENERGETIKE – EPTISA – REZULTATI PROJEKTA)

Zagreb

Srednje mjesečne temperature zraka

P0 – referentno razdoblje (1971-2000)

P1 (2011.-2040.)

P2 (2041.-2070.)

Sr.god. **P1-P0**: od 0,5 (EC) do 1,7°C (HA)

Sr.god. **P2-P0**: od 1,5 (EC) do 3,0°C (HA)



Slika 1. Unutargodišnja raspodjela promjene temperatura zraka – Zagreb (u °C) generiranih srednjih mjesečnih temperatura zraka za razdoblje 2011.-2040. i 2041.-2070. u usporedbi sa generiranim srednjim mjesečnim temperaturama zraka povijesnog niza (1971.-2000.) prema modelu a) MP, b) BN, c) HA i d) EC

4. Rezultati projekta STRATEGIJA PRILAGODBE (MINISTARSTVO OKOLIŠA I ENERGETIKE – EPTISA – REZULTATI PROJEKTA)

Zagreb

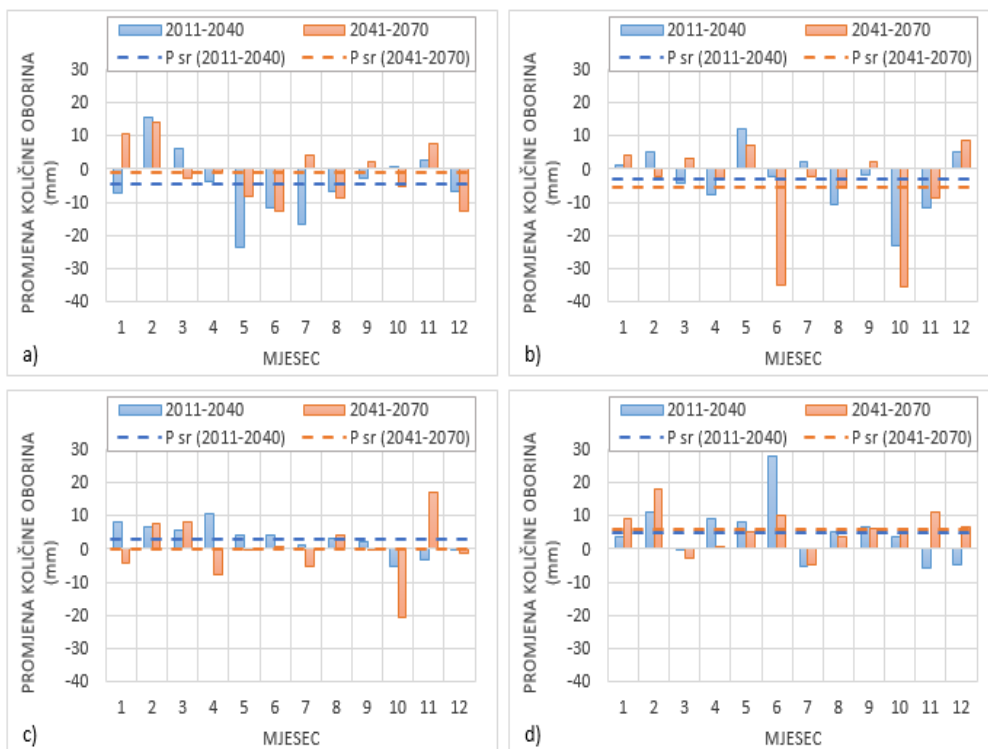
Srednje mjesečne oborine

P0 – referentno razdoblje (1971-2000)

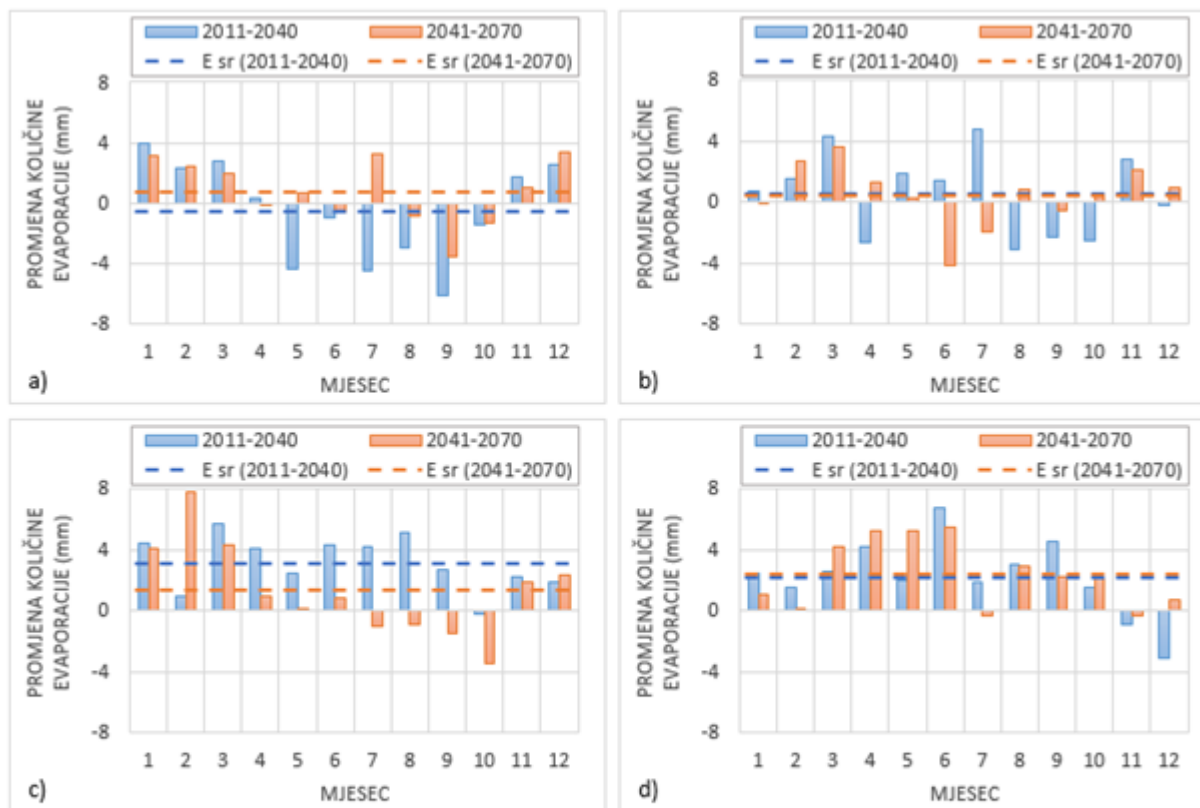
P1 (2011.-2040.)

P2 (2041.-2070.)

- Bez izraženijih trendova i promjena –na razini višegodišnjih prosjeka opadanje do oko 5 mm, no pojedinih mjeseci i do preko 30%



EVAPORACIJA:



Evaporacija

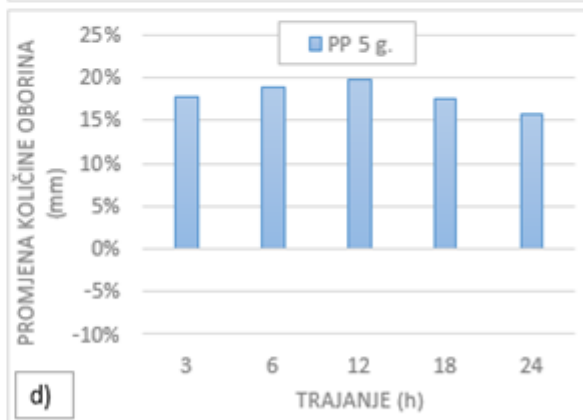
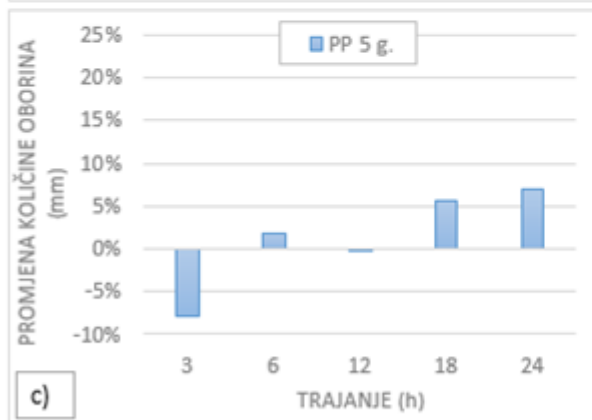
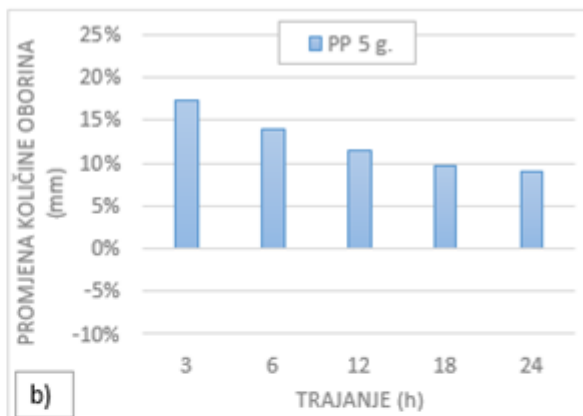
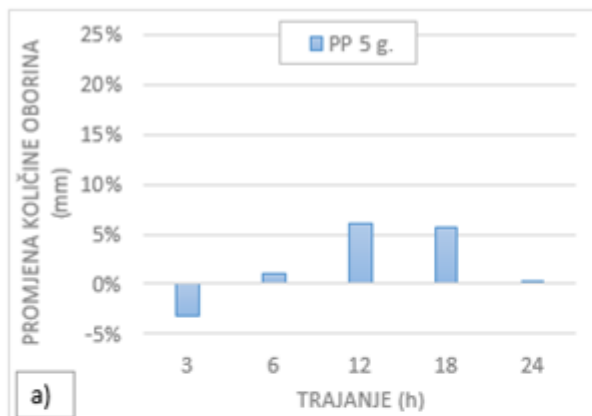
Sr.god. **P1-P0**: od -0,5 (MP) do 3,0 mm (HA)Sr.god. **P2-P0**: od 0,5 (CN) do 3,0 mm (EC)

Relativno male promjene (<2%)

Slika 11. Unutargodišnja raspodjela promjene količine evaporacije – Zagreb (u mm) generiranih srednjih mjesečnih količina evaporacije za razdoblje 2011.-2040. i 2041.-2070. u usporedbi sa generiranim srednjim mjesečnim količinama evaporacije povijesnog niza (1971.-2000.) prema modelu a) MP, b) CN, c) HA i d) EC



Zagreb



Promjene kratkotrajnih oborina:

PP 5 g.

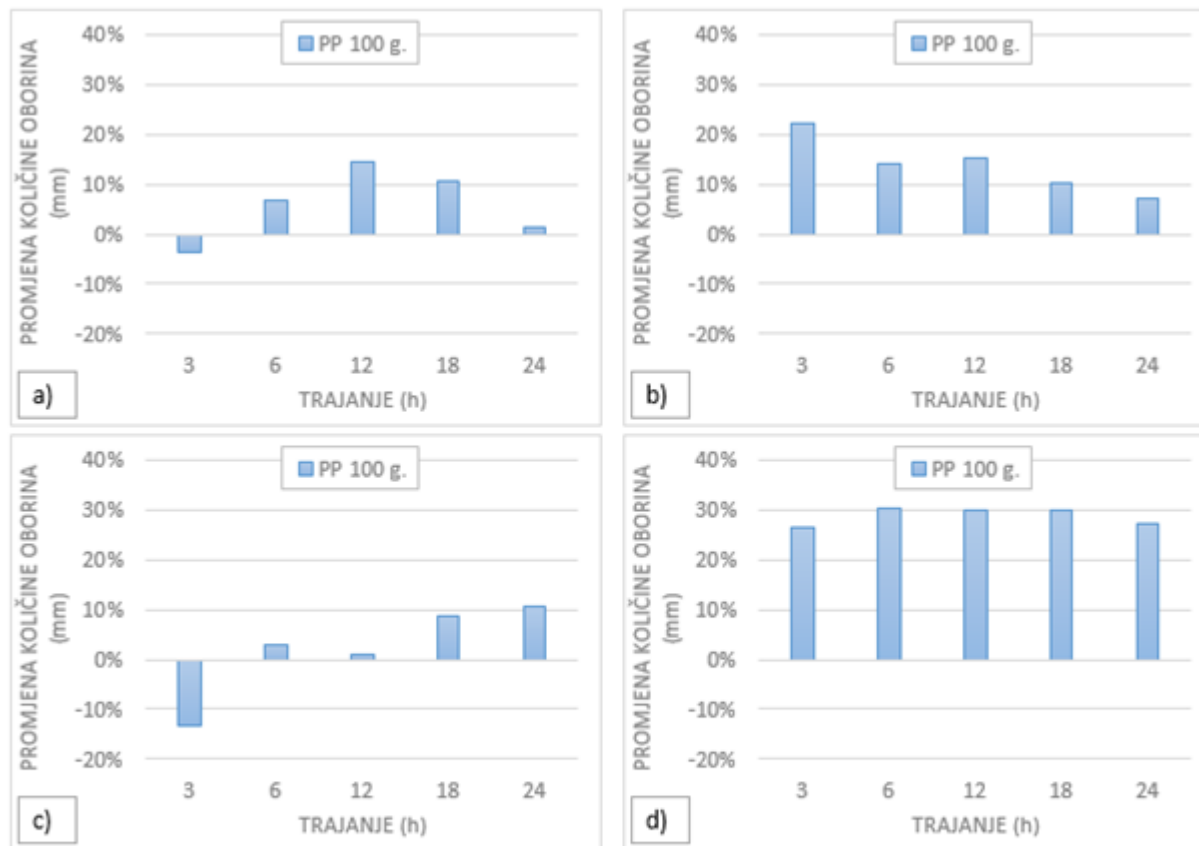
t = 3h od -7 do +18%

t = 12h od 0 do +20%

Slika 1. Prikaz promjene (%) vjerojatnosti pojavljivanja generiranih maksimalnih 3, 6, 12, 18 i 24-satnih godišnjih oborina za 5-godišnji povratni period za razdoblje 2017-2070 u odnosu na generirano povijesno razdoblje 1971-2016 po modelima a) MP, b) EC, c) HA i d) CN - Zagreb



Zagreb



Slika 1. Prikaz promjene (%) vjerojatnosti pojavljivanja generiranih maksimalnih 3, 6, 12, 18 i 24-satnih godišnjih oborina za 100-godišnji povratni period za razdoblje 2017-2070 u odnosu na generirano povijesno razdoblje 1971-2016 po modelima a) MP, b) EC, c) HA i d) CN - Zagreb

Promjene kratkotrajnih oborina:

PP 100 g.

t = 3h od -13 do +27%

t = 12h od +1 do +30%



5. PREPORUKE ZA PRILAGODBU

Procjene očekivanih promjene hidroloških značajki vodnih resursa uvjetovanih klimatskim promjenama govore o mogućim:

- smanjivanjima ukupno raspoloživih vodnih zaliha površinskih i podzemnih voda,
- intenziviranju pojava dugotrajnih ekstremnih suša i velikih voda,
- povećanju temperatura vode.

U takvim uvjetima **rastu i antropogeni pritisci na količinsko stanje i kakvoću voda**, što dodatno može ugroziti prirodne vodne sustave i uz njih vezane ekosustave.



5. PREPORUKE ZA PRILAGODBU - nastavak

Klimatske promjene traže i odgovarajuće odgovore:

- **upravljačke mjere** : - racionalizacija potrošnje vode i njezino višekratno korištenje,
 - favoriziranje korištenje alternativnih izvorišta voda,
 - prostorno-planske mjere u funkciji smanjivanja rizika i štetnih posljedica poplava na ugroženim područjima
 - monitoring i modeliranje projekcija mogućih promjena,
 - donošenje pravne regulative iz domene osiguranja prilagodbe klimatskim promjenama ...
- **strukturalne mjere/rješenja**: - smanjenje gubitaka iz sustava za opskrbu vodom,
 - izgradnja i revitalizacija objekata (akumulacija) za prostornu i vremensku preraspodjelu voda,
 - izgradnja pragova u koritu radi stabilizacije razina vode u koritu i okolnom vodonosniku
 - korištenje alternativnih izvorišta voda,
 - osiguranja prirodnih prostora i građevina s retencijskim prostorima za kontrolirane prihvate poplavnih voda,
 - kontrola oborinskog otjecanja na urbanim prostorima...

Polazišna mjera - nužno minimalizirati prisutne negativne antropogene pritiske

**RANJIVOST**

Komponenta sektora	Utjecaj klimatskih promjena	Ranjivost
Zaštita od štetnog djelovanja voda	Povećanje hidroloških ekstrema (V.V.) na slivovima vodotoka	Poplave na velikim slivovima
	Povećanje bujičnih provala i velikih voda na urbanim slivovima	Poplave na bujičnim slivovima i urbanim područjima
	Pojave značajnijih količina višemjesečnih oborina.	Pojave klizišta
Nedostatak vode	Duža i snažnija hidrološka suša	Redukcije u vodoopskrbi, Štete u poljoprivredi, proizvodnji energije... Ugroženost ekološki prihvatljivog protoka
	Povećanje temperature zraka i vode	Povećanje potrebe za vodom, Smanjenje mogućnosti samopročišćenja u vodotocima. Promjene u ekosustavima



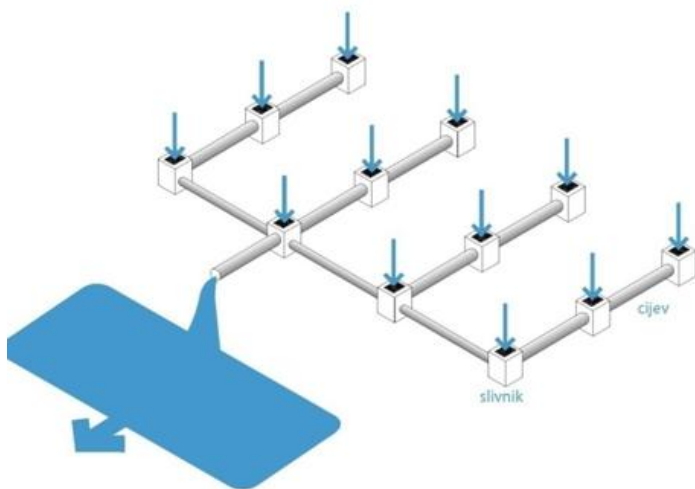
MJERE PRILAGODBE

Komponenta sektora	Ranjivost	Mjere prilagodbe
Zaštita od štetnog djelovanja voda	Poplave (slivovi vodotoka), Bujične vode, Klizišta	Strukturalne mjere - rekonstrukcija i izgradnja akumulacija, retencija, nasipa i stabilizacijSkih pragova... Nestrukturane mjere - razvoj modela, istraživanje, procjena rizika, prostorni planovi...
	Urbane velike vode	Integralna urbana odvodnja (zelene retencijske i infiltracijske zone, kišni vrtovi, zeleni krovovi, urbane retencije i akumulacije)

MJERE PRILAGODBE

tradicionalni pristup

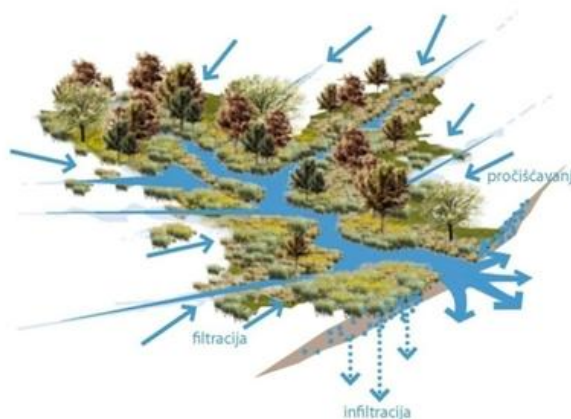
.... cijevima odvodi zagađenje
s jednog mjesta na drugo



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

integralni pristup

.... pročišćava oborinsku
vodu zelenim površinama
na izvoru - parkovima, ne cijevima !



integralno upravljanje oborinama: slivni pristup
uspори, rastereti, infiltriraj

Izvor: (Uzelac, 2014)

**MJERE PRILAGODBE**

Komponenta sektora	Ranjivost	Mjere prilagodbe
Smanjenje raspoloživih vodnih zaliha	Redukcije i smanjenje mogućnosti korištenja voda u vodoopskrbi i drugim vidovima korištenja voda	Izgradnja višenamjenskih sustava s akumulacijama i povećanje kapaciteta postojećih
	Smanjenje infiltracije vode u podzemlje	Optimalizacija korištenja postojećih vodnih resursa Smanjenje gubitaka Razvoj novih tehnologija korištenja voda
	Smanjenje razine podzemne vode	Višenamjensko korištenje voda
		Zaštita bioraznolikosti (mjere i objekti)
		Očuvanje i zaštita podzemnih voda
Povećanja temperatura vode	Smanjenje prihvatne sposobnosti akvatičkih prijemnika	Smanjenje učinaka antropogenih utjecaja u slivu
		Osiguranje EPP (ekološki prihvatljivog protoka/razine vode)
		Izgradnje sustava i objekata za kontrolu otjecanja tijekom kritičnih razdoblja

**MJERE PRILAGODBE**

Komponenta sektora	Ranjivost	Mjere prilagodbe
Smanjenje raspoloživih vodnih zaliha	Redukcije i smanjenje mogućnosti korištenja voda u vodoopskrbi i drugim vidovima korištenja voda	Izgradnja višenamjenskih sustava s akumulacijama i povećanje kapaciteta postojećih
	Smanjenje infiltracije vode u podzemlje	Optimalizacija korištenja postojećih vodnih resursa Smanjenje gubitaka Razvoj novih tehnologija korištenja voda
	Smanjenje razine podzemne vode	Višenamjensko korištenje voda
		Zaštita bioraznolikosti (mjere i objekti)
		Očuvanje i zaštita podzemnih voda
Povećanja temperatura vode	Smanjenje prihvatne sposobnosti akvatičkih prijemnika	Smanjenje učinaka antropogenih utjecaja u slivu
		Osiguranje EPP (ekološki prihvatljivog protoka/razine vode)
		Izgradnje sustava i objekata za kontrolu otjecanja tijekom kritičnih razdoblja



REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I ENERGETIKE



eptisa
Adria d.o.o.



Hvala na pažnji!