



Prijelazni instrument
Europske unije za Hrvatsku

STRATEGIJA PRILAGODBE KLIMATSKIM PROMJENAMA

*Jačanje kapaciteta Ministarstva zaštite okoliša i energetike
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.
1



Prijelazni instrument, Jačanje kapaciteta Ministarstva zaštite okoliša i energetike za prilagodbu klimatskim promjenama te priprema Nacrta Strategije prilagodbe klimatskim promjenama

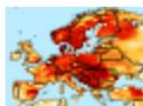
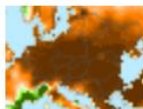
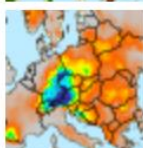
UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA UPRAVLJANJE VODNIM I MORSKIM RESURSIMA

dr. sc. Josip Rubinić, dipl. ing. građ.

Zagreb, 25. siječnja 2017. godine

SADRŽAJ:

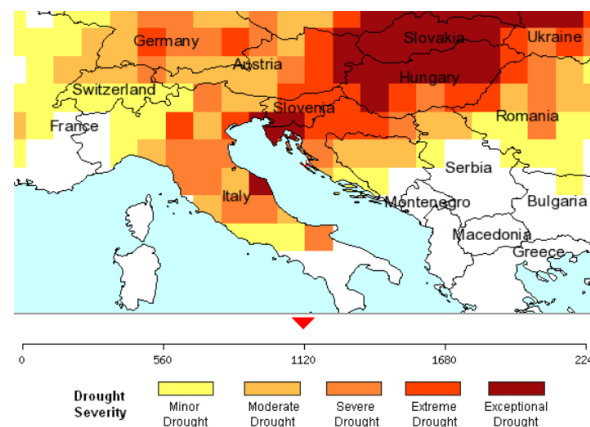
- **MODELIRANJE UTJECAJA** očekivanih klimatskih promjena na sektor **VODNIH RESURSA**:
 - Uvod
 - Općenito o primjenama modela u hidrološkim procjenama utjecaja klimatskih promjena
 - Iskustva prethodnih projekata
 - Promjene u vodnim sustavima **vodotoka**
 - Promjene u vodnim sustavima **jezera**
 - Promjene u vodnim sustavima **podzemnih voda**
 - Promjene u **priobalnim vodnosnicima**

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

UVOD

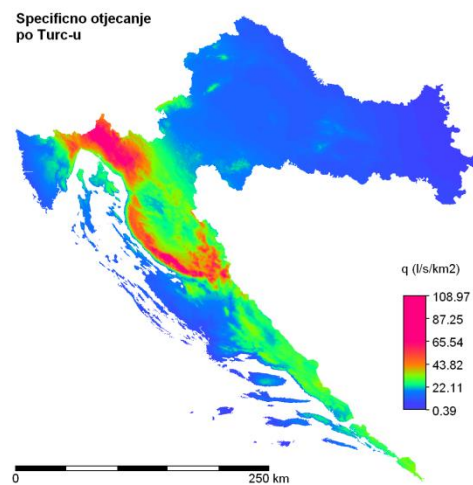
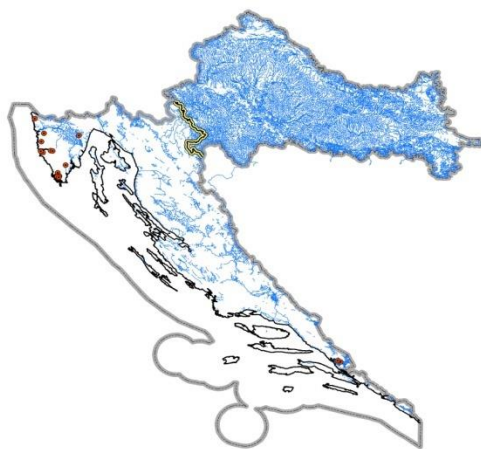
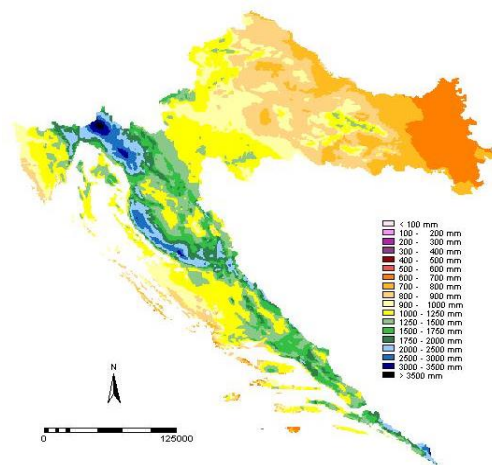
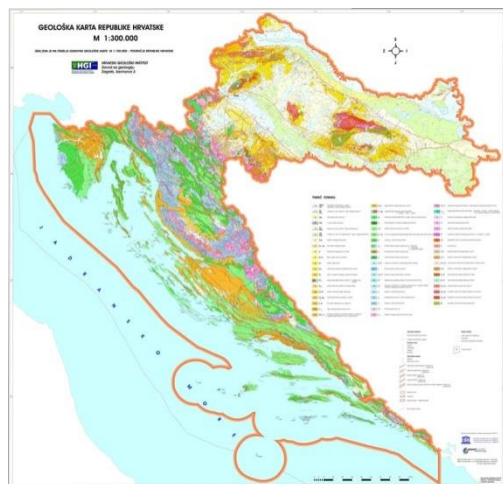


Ekstremne poplave 2014.



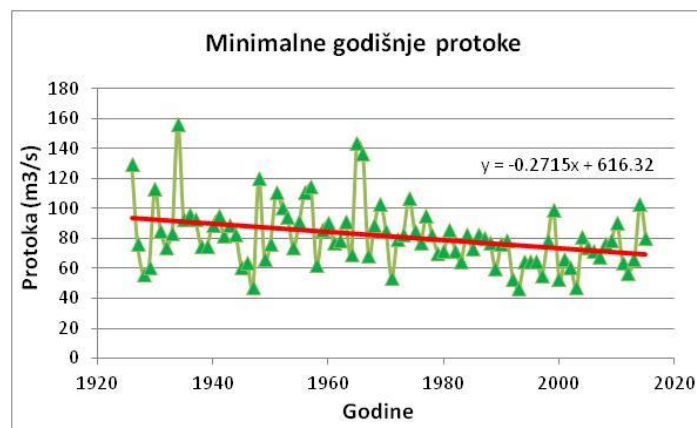
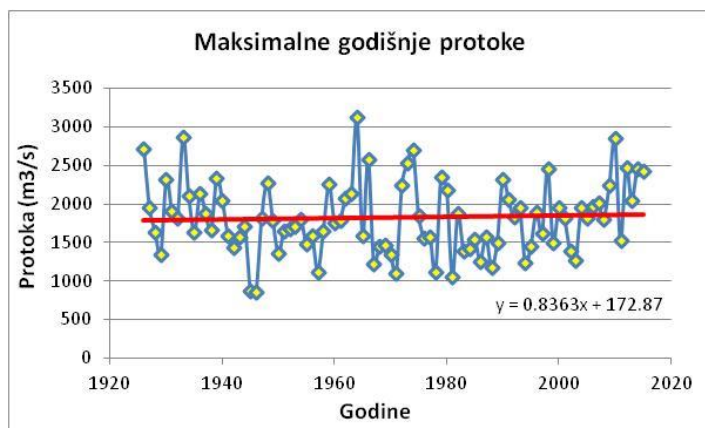
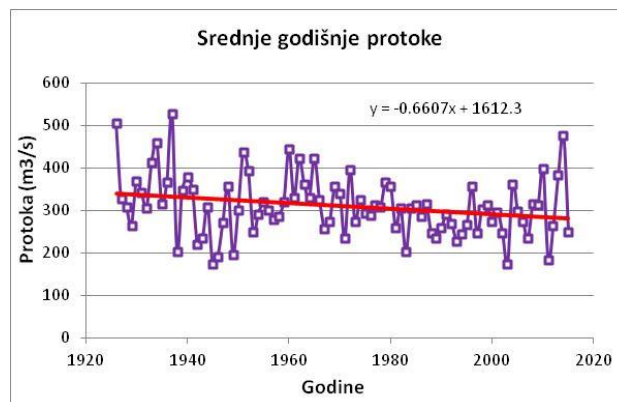
Ekstremna suša 2003., 2011.- **2012.** i 2015.g.

Velika prostorno vremenska
varijabilnost ekstremnih događaja

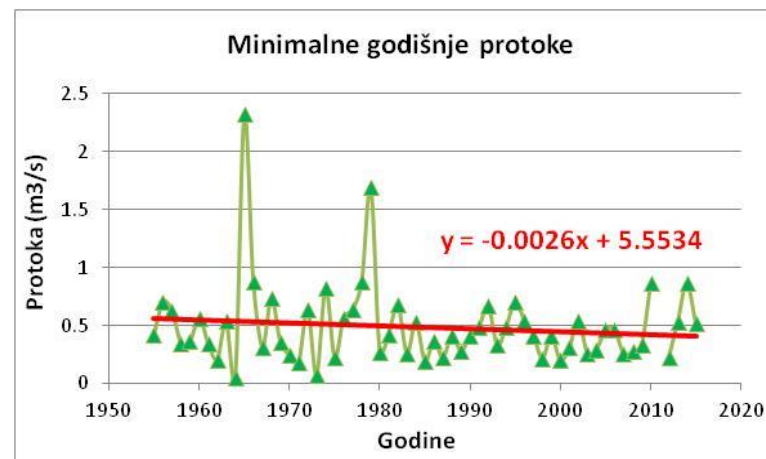
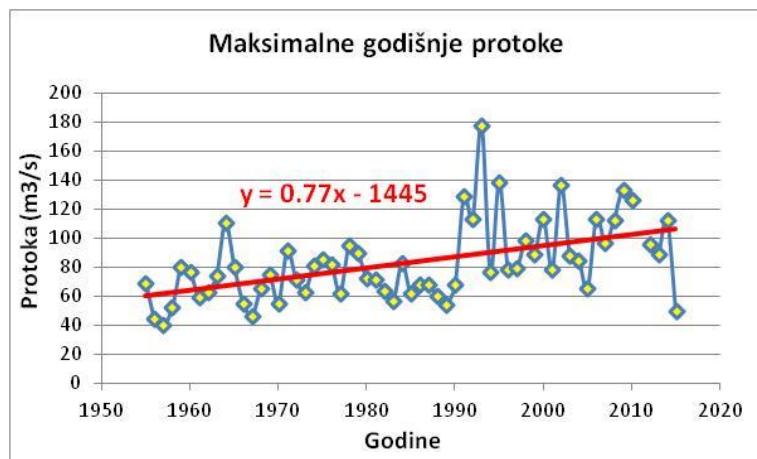
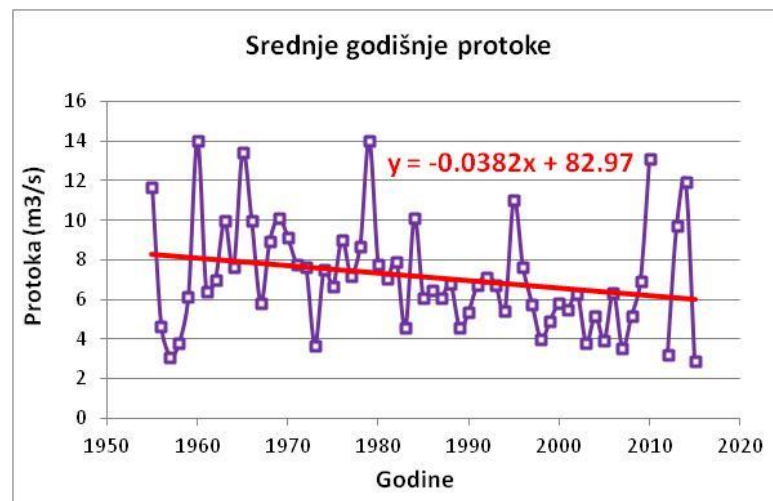


Prostor Hrvatske karakterizira i velika varijabilnost geoloških značajki, hidrografskih, oborinskih prilika i otjecanja

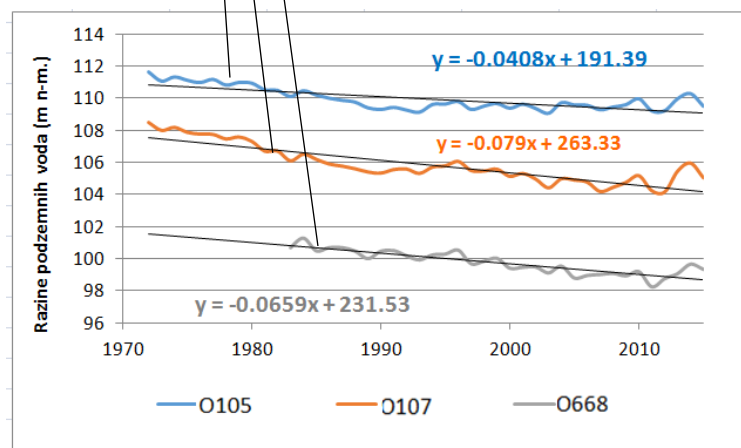
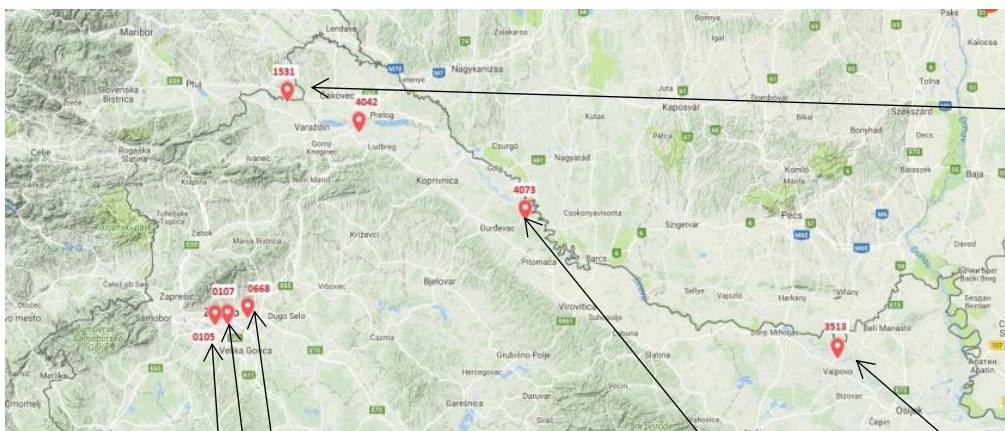
Pokazatelj stanja hidroloških prilika na duljoj vremenskoj skali – TRENDovi odražavaju klimatske i antropogene utjecaje



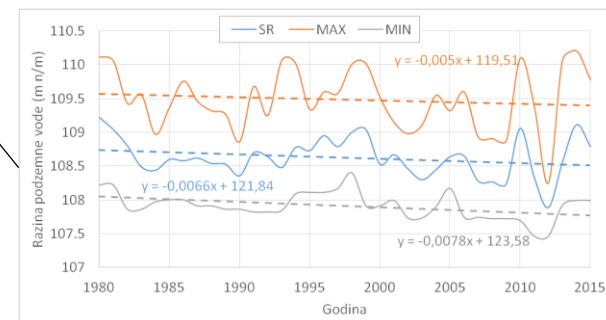
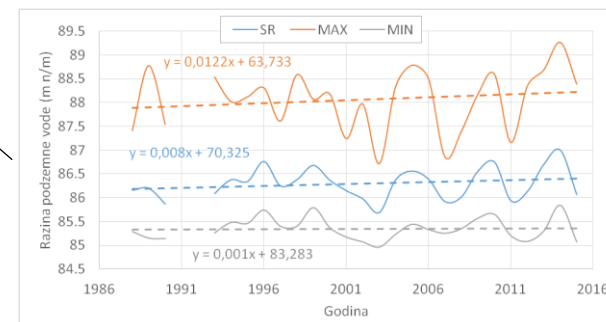
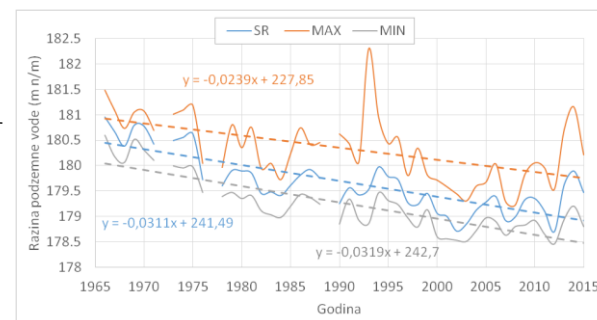
Sava – Zagreb (1926.- 2015.)



Mirna – Portonski most (1955.- 2015.)



Trendovi hoda razina podzemnih voda u
vodonosnicima s međuzrnskom poroznosti

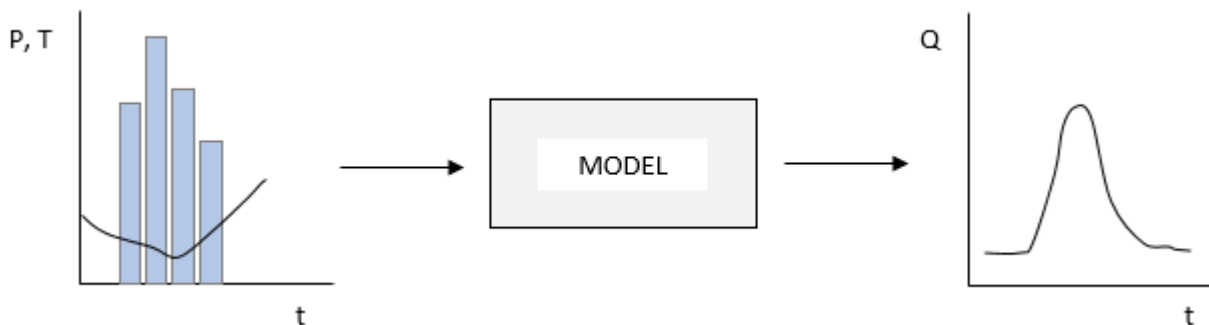


PRIMJENAMA MODELA U HIDROLOŠKIM PROCJENAMA UTJECAJA KLIMATSKIH PROMJENA

Osnovna namjena **modela** – **proučavanje i predviđanje hidroloških procesa i pojava.**

Model omogućava ispitivanje mogućih posljedica događaja koji se pod izvjesnim okolnostima mogu, ali ne moraju dogoditi.

Model koristi rezultate mjerenja kao **ulazne podatke** i za **verifikaciju** rezultata modeliranja.



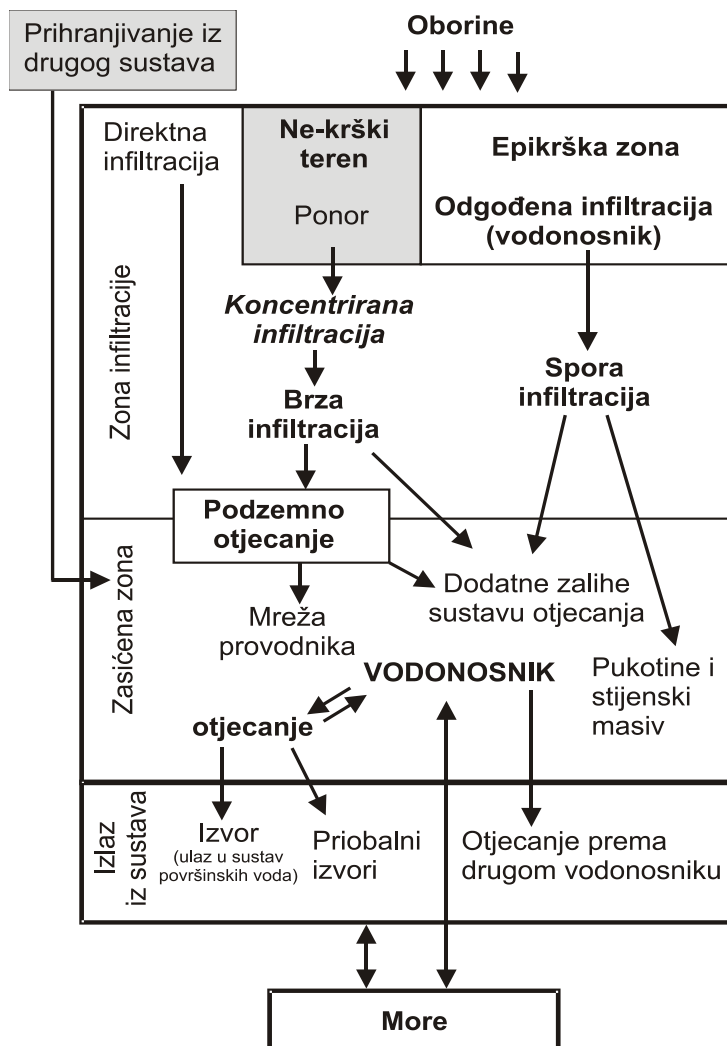


PRIMJENAMA MODELA U HIDROLOŠKIM PROCJENAMA UTJECAJA KLIMATSKIH PROMJENA

Tipologija **hidroloških modela**:

- pojednostavljeni empirijski modeli: jednostavni modeli trendova,
jednostavni modeli regionalnih analiza,
- matematički: -deterministički /parametarski (**hidrološko-hidraulički**,...
 - statistički : modeli stacionarnih vremenskih serija, regresijski,
neuronske mreže, regresijska stabla odlučivanja
 - hibridni...
- konceptualni (fizika procesa otjecanja) – TANK, SHE, **HEC-HMS**, MIKE, SHETRAN...

Združeni geofizički modeli: hidrološko – atmosferski, oceanografsko – atmosferski, ...



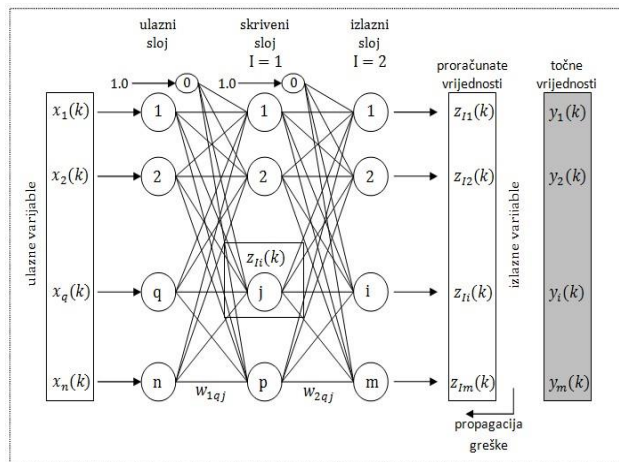
Opći konceptualni model prihranjivanja i djelovanja pojedinih dijelova krškog vodonosnika – dopunjeno (Rubinić, 2015) prema Bakalowicz-u (2004)

Takav sustav složeno pretočiti i u deterministički ili funkcionalni konceptualni model jer nedostaje informacija o puno parametara koji opisuju proces.

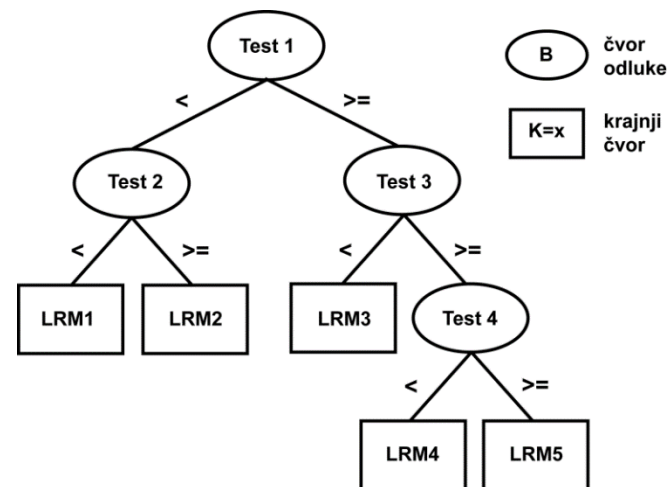
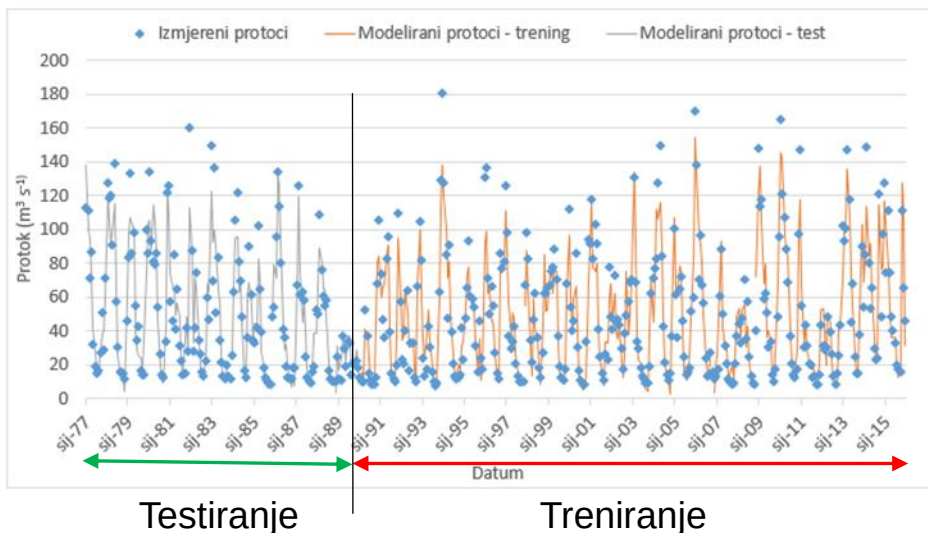
Puno jednostavnija primjena **statističkih modela novijih generacija** –
- metoda umjetne inteligencije /
strojnog učenja / dubinske analize podataka.

Primjeri korištenja **neuronskih mreža** i **regresijskih stabala odlučivanja**.

Stupanj raspoloživosti ulaznih podataka uvjetuje kakav će se model primijeniti.



Modeli **neuronskih mreža** – daju proračunate vrijednosti zavisne varijable – bez funkcionalnih odnosa nezavisnih varijabli

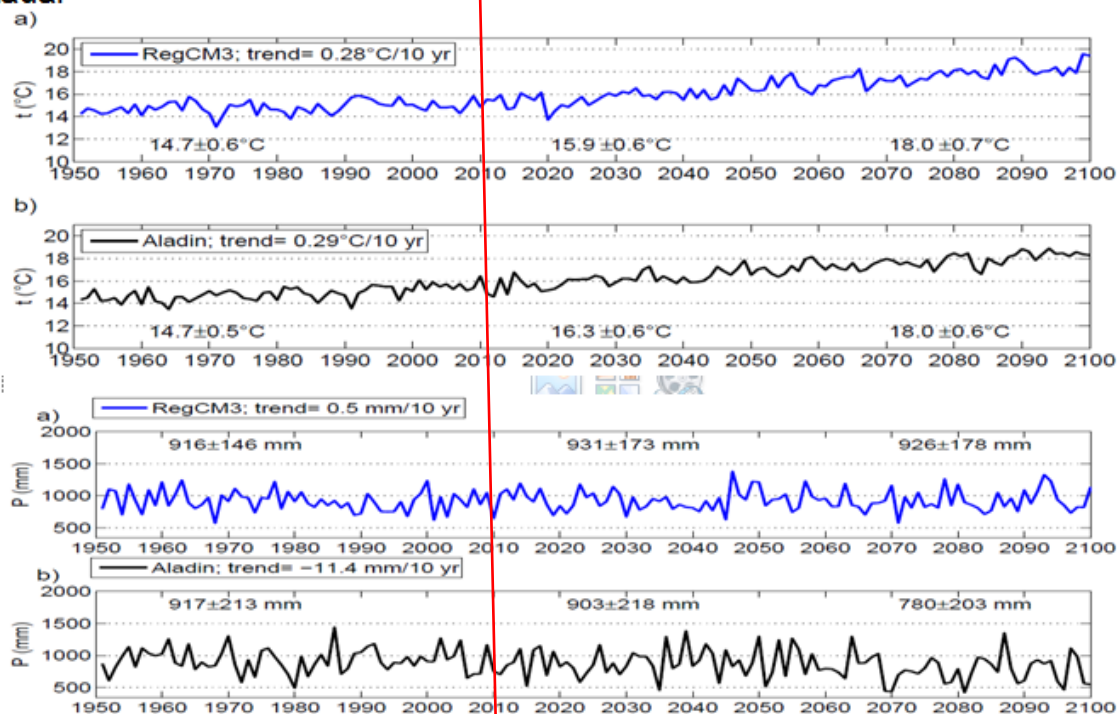


Modeli **regresijskih stabala odlučivanja** – proračunate vrijednosti zavisne varijable date kao familija jednadžbi zavisnih varijabli koje dominantno utječu na zavisnu varijablu

Razvoj i validacija identični u oba slučaja primjene modela

Osnovna podloga za hidrološka modeliranja mogućih utjecaja klimatskih promjena na vodne resurse – **povijesni i modelirani nizovi klimatoloških pokazatelja** - uglavnom mjesečnih i godišnjih temperatura zraka i količina oborina.

Zadar





Počeci istraživanja utjecaja CC na području Hrvatske na vodne resurse



United Nations
Environment
Programme



MEDITERRANEAN ACTION PLAN

First Meeting of the Task Team on
Implications of Climatic Changes
on Cres-Lošinj Islands

Rijeka, 2-3 March 1992

Rezultati dani u monografiji:

Jeftić L., Keckes S., Pernetta J.C., editors.
**Climatic change and the Mediterranean.
Environmental and societal impacts of climate
change and sea level rise in the Mediterranean
region.** Volume 2. xi, 564p. United Nations
Environment Programme, 1996.

UJEDINJENI NARODI - PROGRAM ZA OKOLIŠ
MEDITERANSKI AKCIONI PLAN
MINISTARSTVO GRADITELJSTVA I ZAŠTITE OKOLIŠA
ODJEL ZA JADRAN

UTJECAJ PREDVIĐENIH GLOBALNIH PROMJENA KLIME NA OTOČJE CRES-LOŠINJ

MINISTARSTVO GRADITELJSTVA I ZAŠTITE OKOLIŠA
ODJEL ZA JADRAN

Rijeka, 1993.

REZULTATI ANALIZA UTJECAJA CC NA VODNE RESURSE KOD RECENTNIH PRETHODNIH PROJEKATA

CCWaterS

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

Učesnici iz Hrvatske:

- Hrvatske vode
- Hrvatski geološki institut
- Građevinski fakultet Rijeka



Odabrana pilot područja u Hrvatskoj:

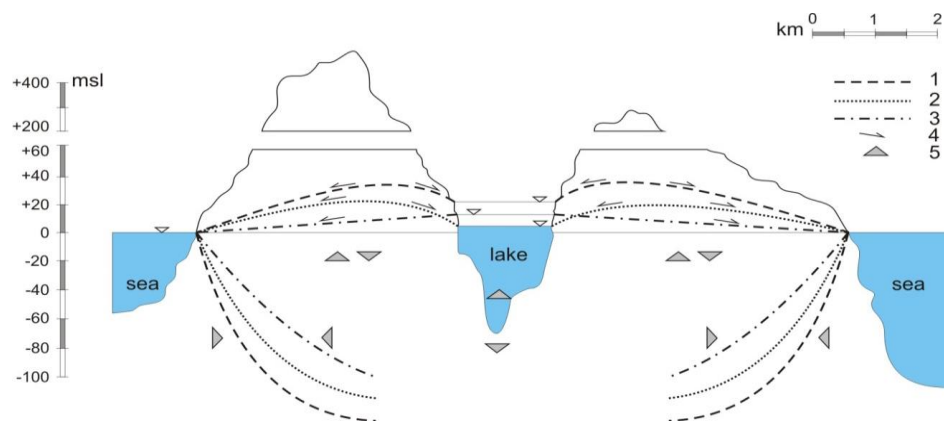
1. Bokanjačko blato kod Zadra
2. Vransko jezero na otoku Cresu
3. Blatsko polje na otoku Korčuli



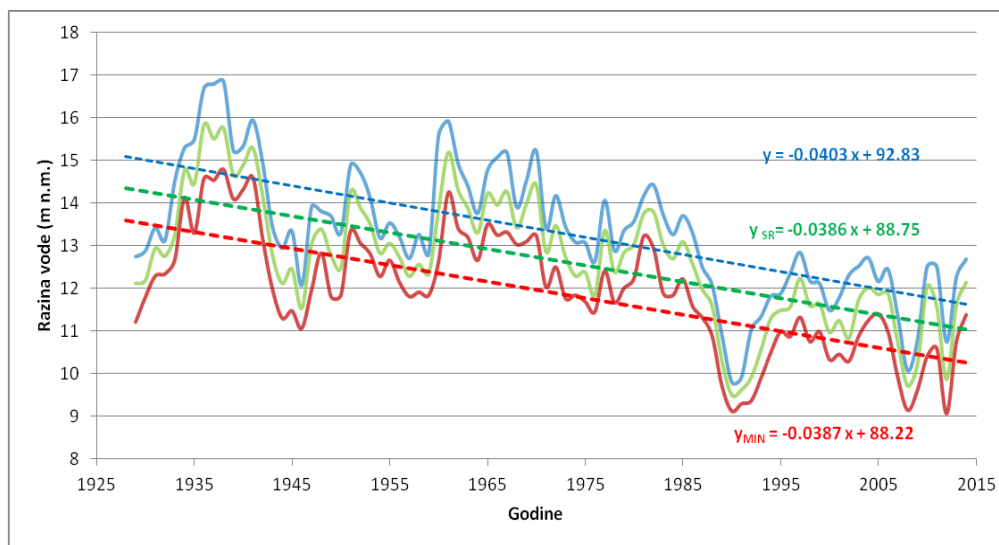
- U odnosu na ranije metode procjene klimatskih utjecaja na osnovi **produljivanja osmotrenih trendova karakterističnih veličina** – modeliranja u danim slučajevima provedena **analizom promjena vodne bilance** (hidrolozi) – uz generiranje nizova oborina i temperatura zraka (klimatolozi)

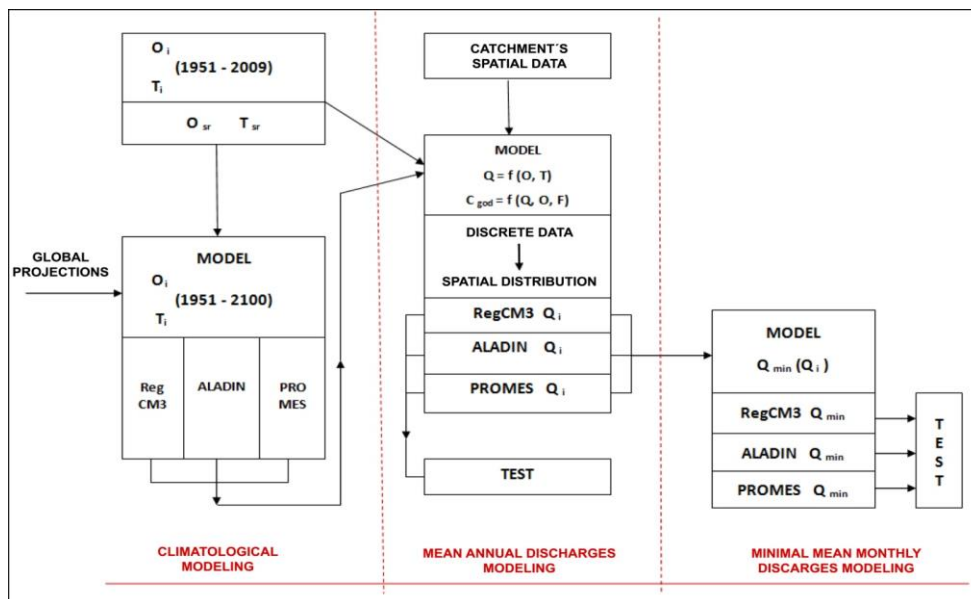


VRANSKO JEZERO NA CRESU



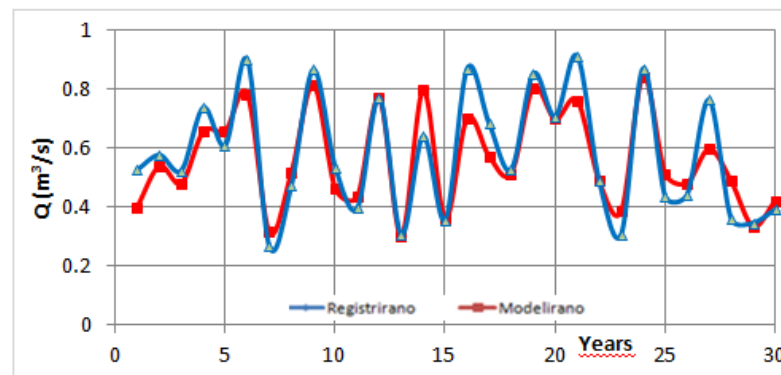
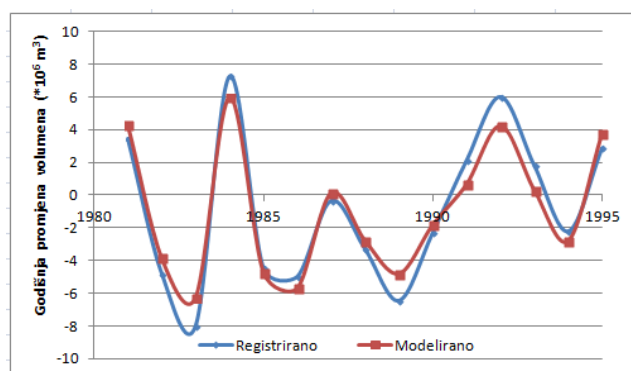
veljača, 1990.



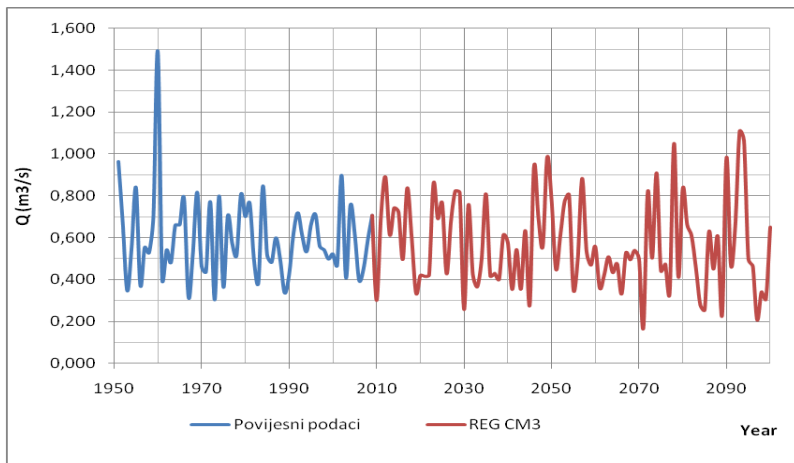


Shema provedenog modeliranja dotoka za prognozirane promjene temperatura zraka i oborina do 2100.g.

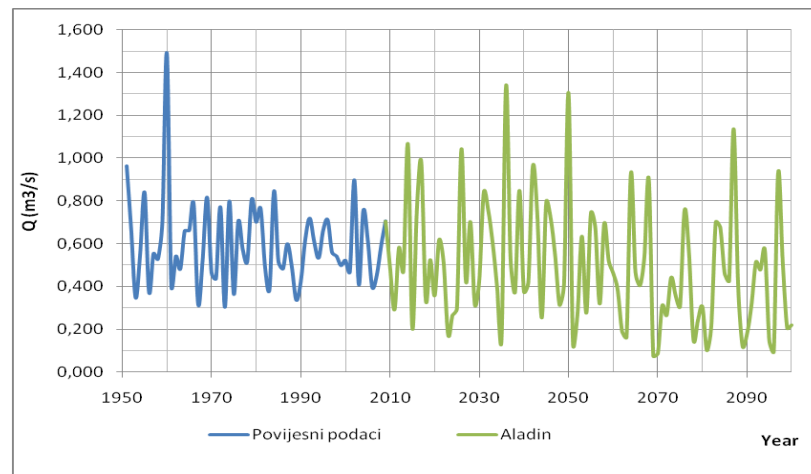
Testirano usporedbom s proračunatim dotocima za povijesni niz



Procjene srednjih godišnjih dotoka Vranskog jezera prema rezultatima klimatskih modeliranja



Modelirano prema Reg CM3



Prema Aladin



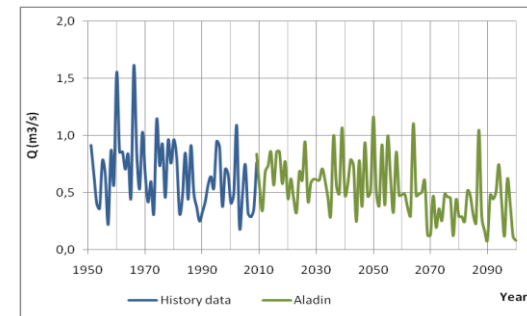
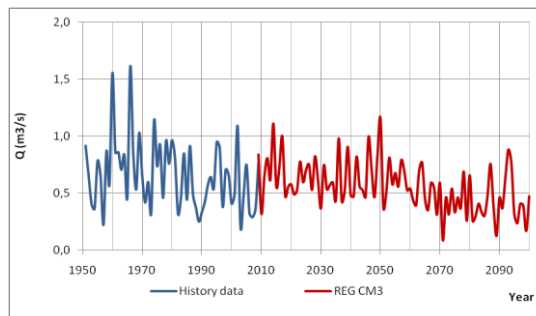
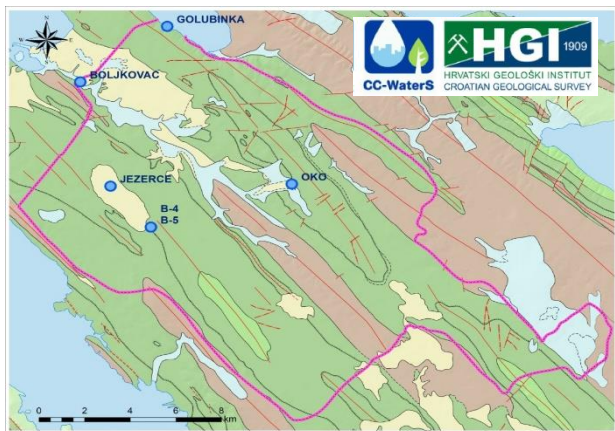
1990.

Vransko jezero na Cresu

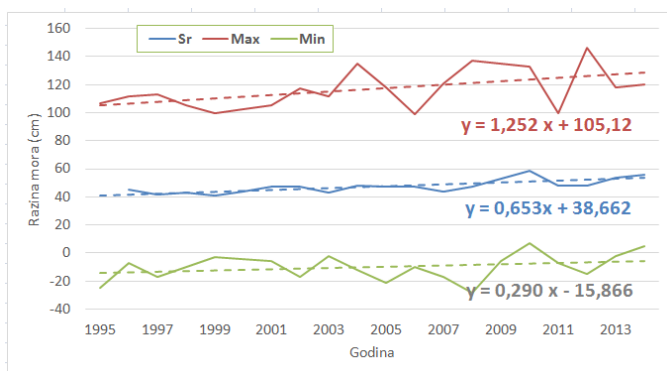
2007.



BOKANJAC – POLIČNIK KOD ZADRA

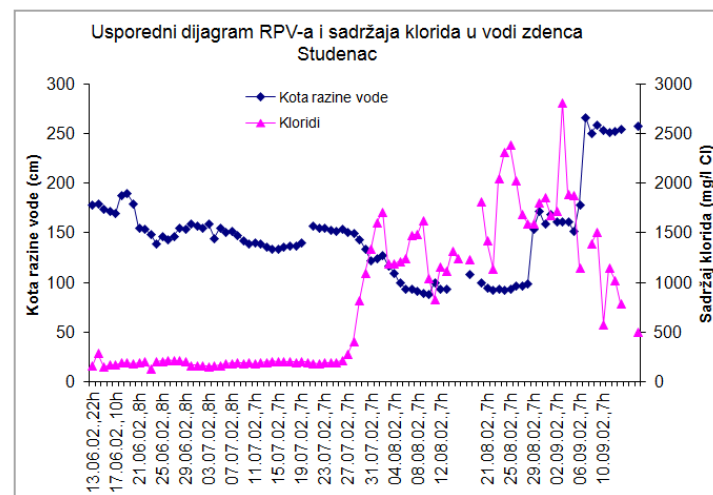
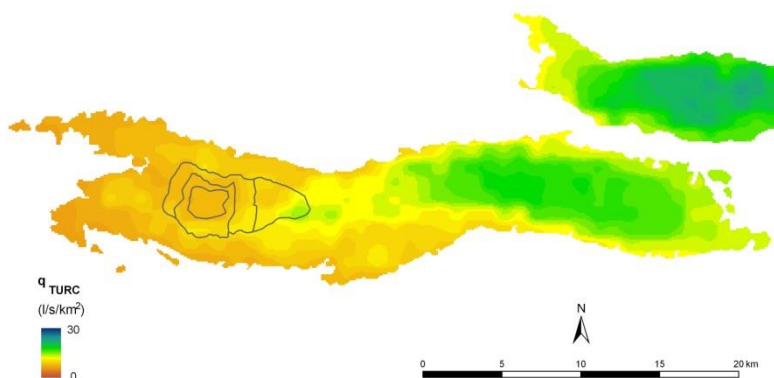
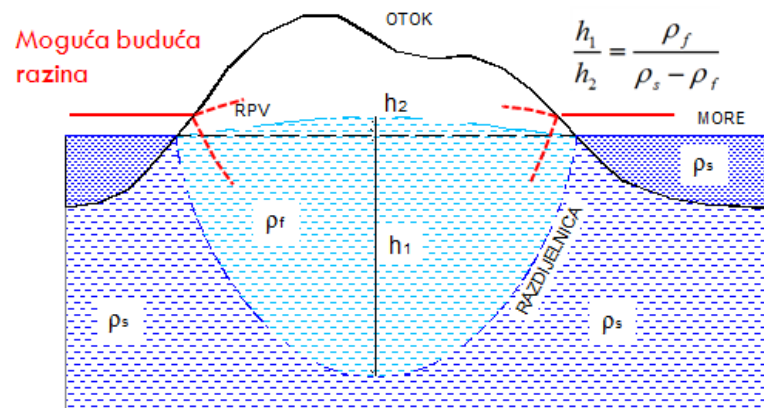


Generirane vrijednosti najmanjih srednjih mjesečnih protoka – očekuje se **pad i do ispod 100 l/s**, od dosadašnjih oko 200 l/s, gdje se s precrpljivanjem od 250-300 l/s pojedinih godina dolazi do pojava **povećanih zaslanjivanja podzemnih voda**

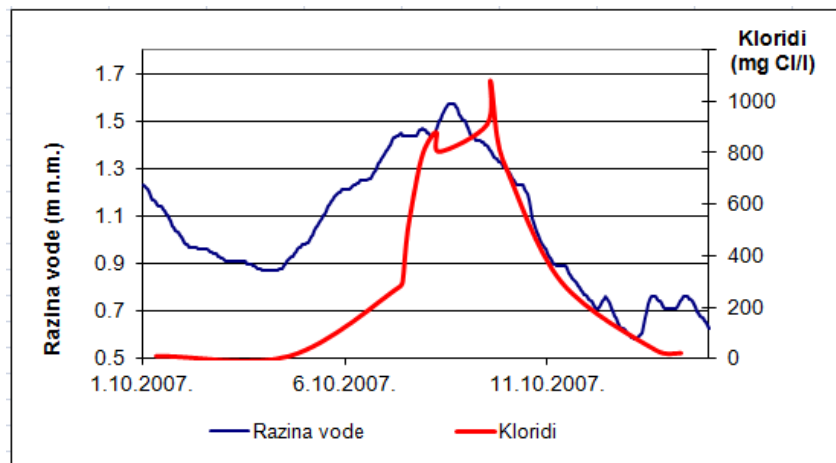
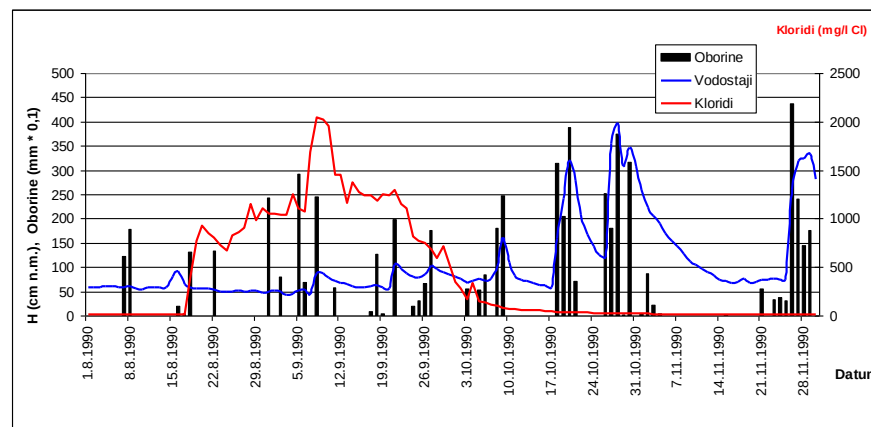
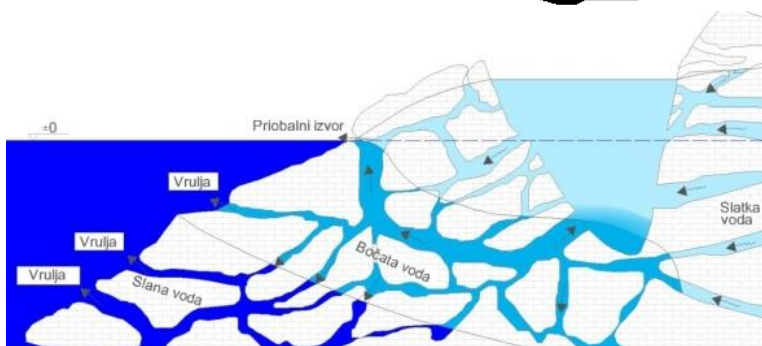
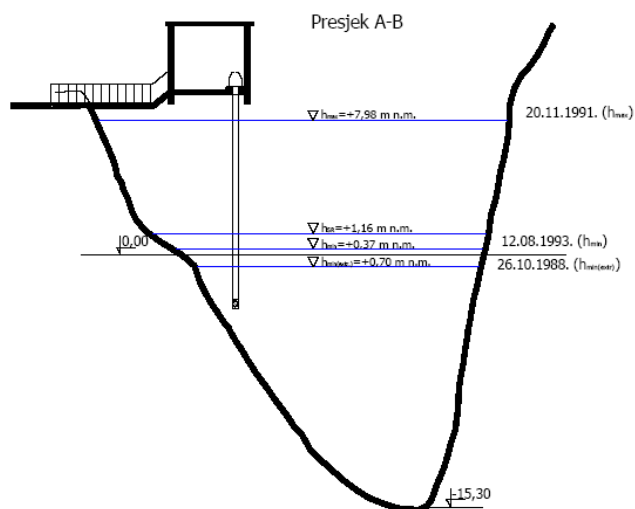


Golubinka – **evidentan trend porasta razina mora**

BLATSKO POLJE NA KORČULI



BUBIĆ JAMA – VODOZAHVAT TE PLOMIN



Umjetno podizanje razine mora u zoni utjecaja za oko 0,5 tijekom 10.2007.

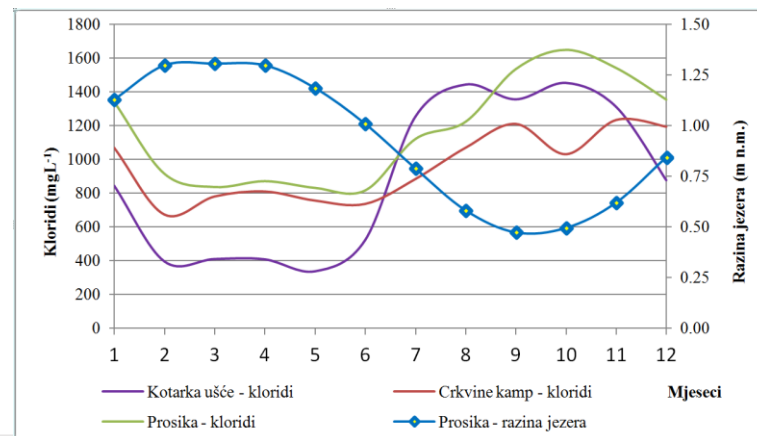
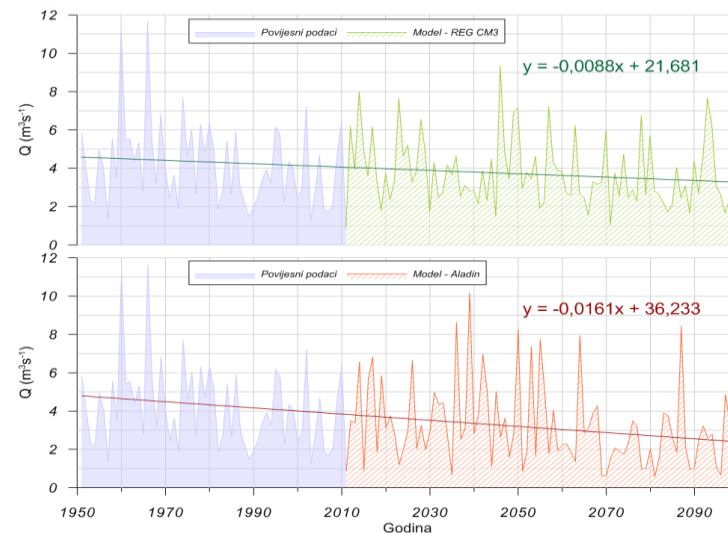


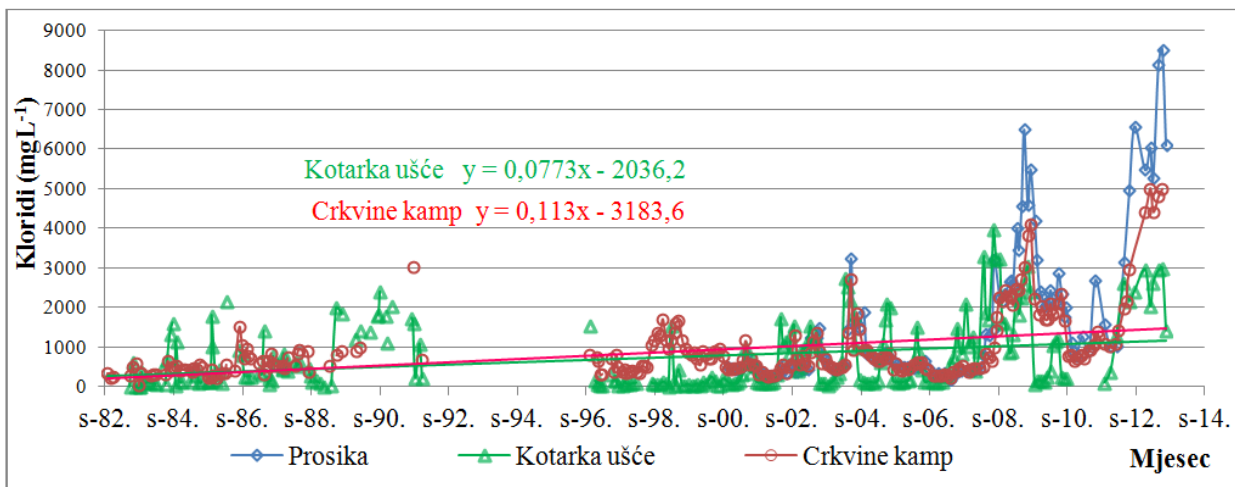
VRANSKO JEZERO KOD BIOGRADA n/M

(PP od 1999., Ramsarski lokalitet – od 2013.)

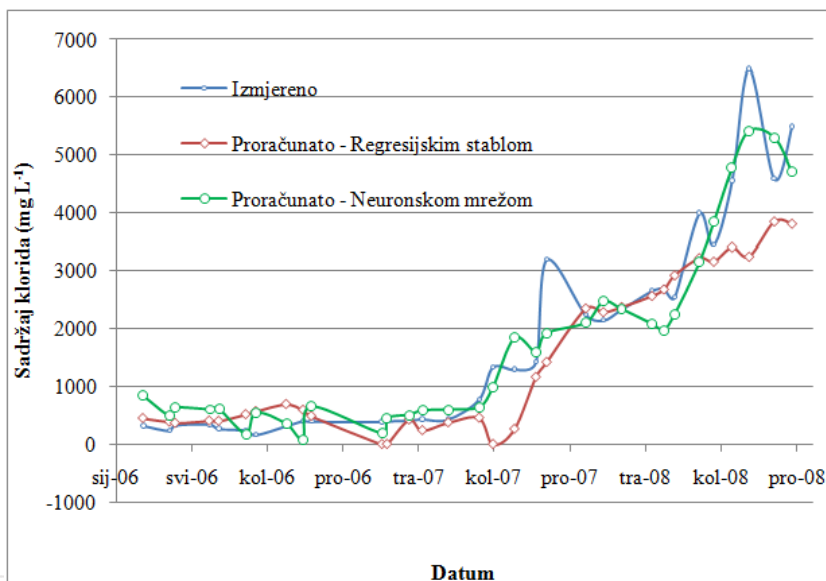


Kanal Prosika
iz 1770.g.





Zabilježeni sadržaj
klorida (1982.2012.)



Usporedni prikaz izmjerenih i
modelima regresijskoga stabla i
neuronskih mreža proračunatih
vrijednosti sadržaja klorida u
Vranskome jezeru na mjernoj postaji
Prosika ovisno o utjecajnim
hidrološkim čimbenicima, za testno
razdoblje (2006.-2008.)



REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO ZAŠTITE
OKOLIŠA I ENERGETIKE



eptisa
Adria d.o.o.

IZVORI VODOOPSKRBE U SLIVU MIRNE



Istarska županija
Upravni odjel za održivi razvoj
Odsjek za zaštitu prirode i okoliša



Građevinski fakultet
Sveučilišta u Rijeci
Zavod za hidrotehniku i geotehniku



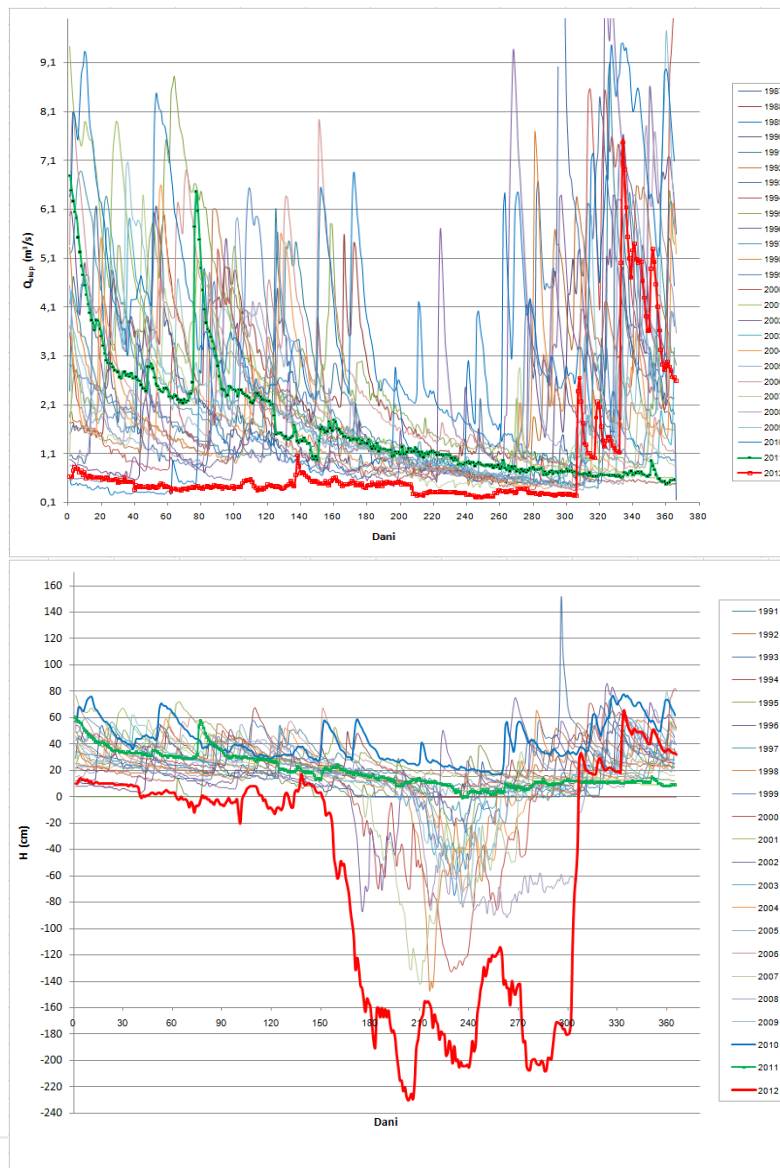
Istarski vodovod d.o.o.
Tim za uvođenje sustava
daljinskog očitavanja vodomjera



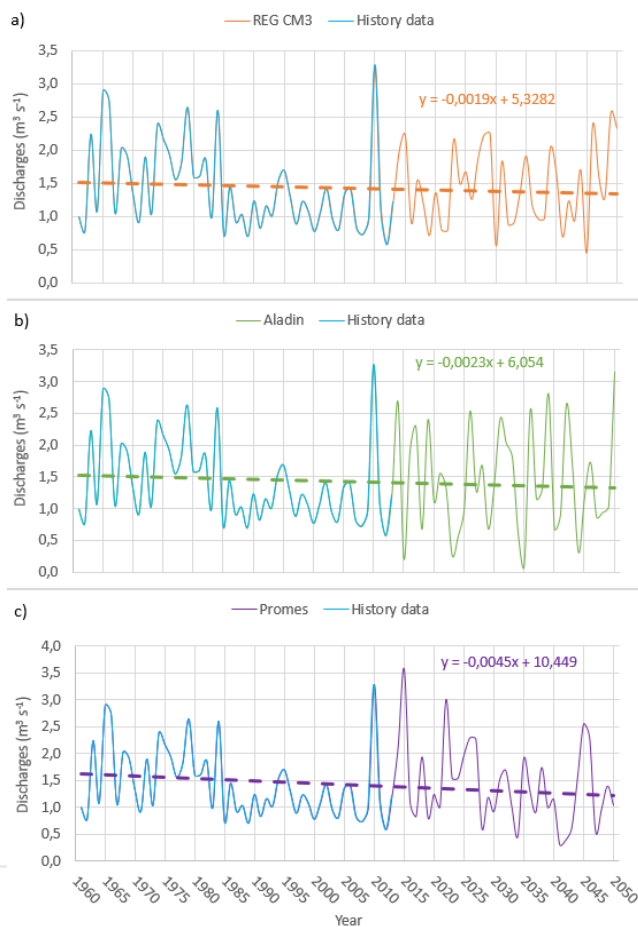
Hrvatski geološki institut
Zavod za hidrogeologiju i
inženjersku geologiju



Ekstremna suša 2011.-2012. –
redukcija u vodoopskrbi



IZVORI VODOOPSKRBE U SLIVU MIRNE

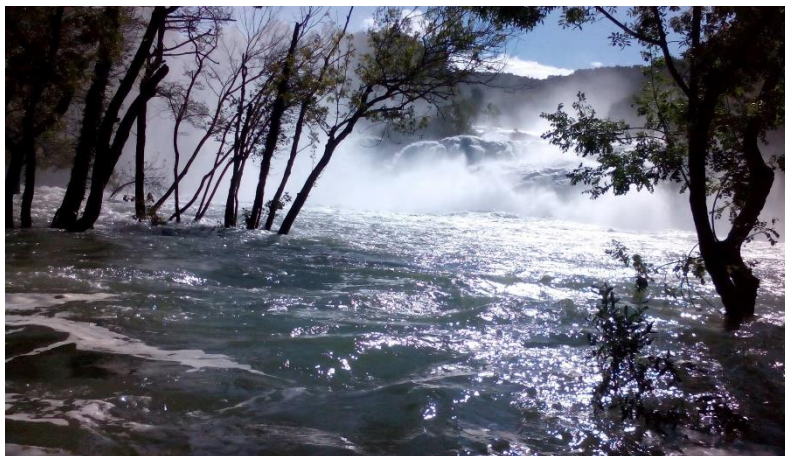


	Avg	Min	Max
	($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)
1961-1990	1.60	0.70	2.88
1961-2013	1.41	0.57	3.28
2021-2050/1961-1990	(%)	(%)	(%)
REGCM3	-8.6	-35.4	-11.3
ALADIN	-11.6	-82.1	9.6
PROMES	-15.6	-57.4	4.1

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 c) Aladin

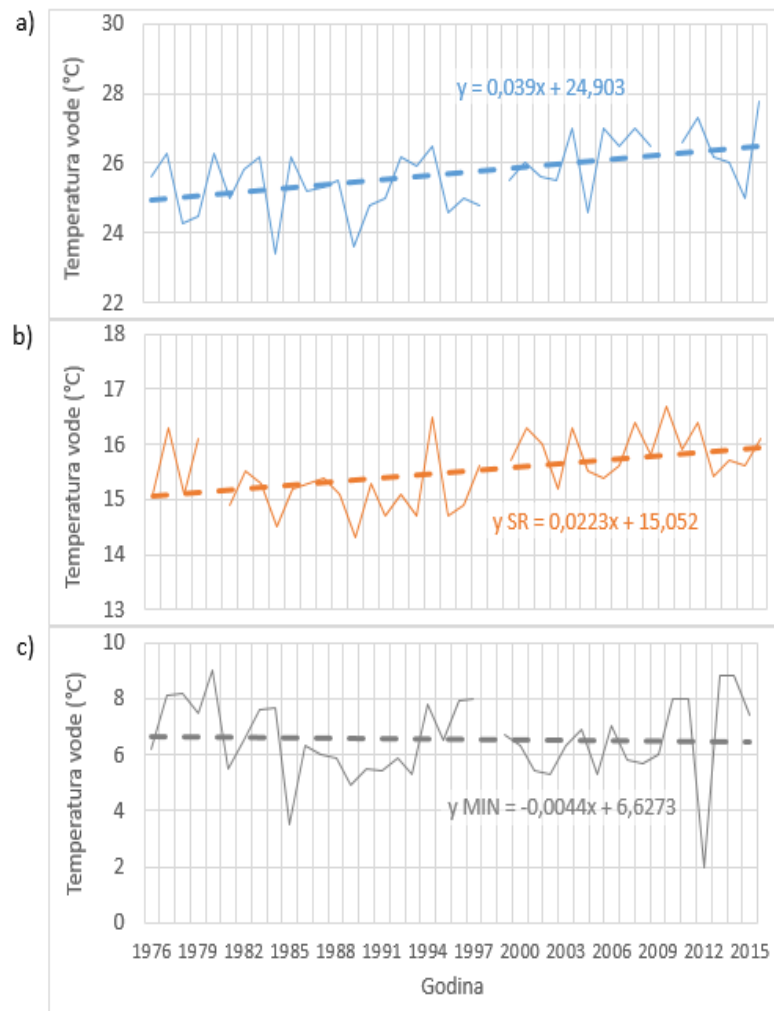


ISTRAŽIVANJA PROMJENA DOTOKA I TEMPERATURA VODE - NP KRKA

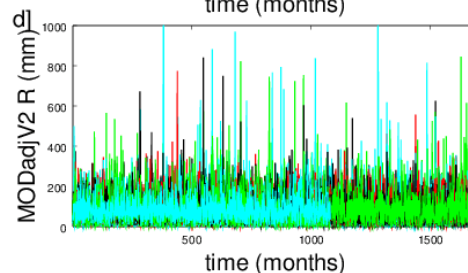
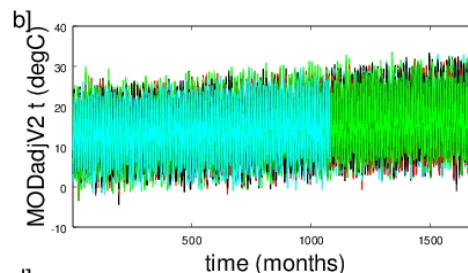


Krka - Skradinski buk – evidentan trend porasta karakterističnih godišnjih vrijednosti temperatura vode

Za obalni pojas donesen **Plan integralnog upravljanja obalnim područjem Šibensko-kninske županije** (Split, Program prioritetnih akcija:, 2016)

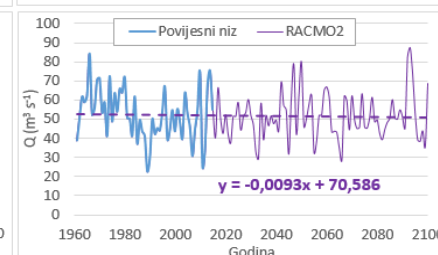
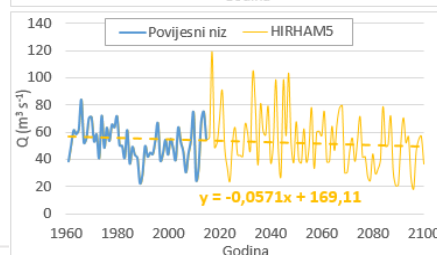
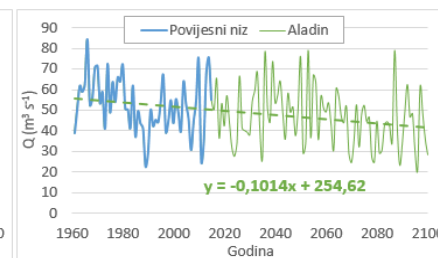
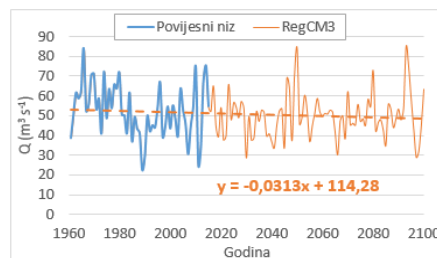


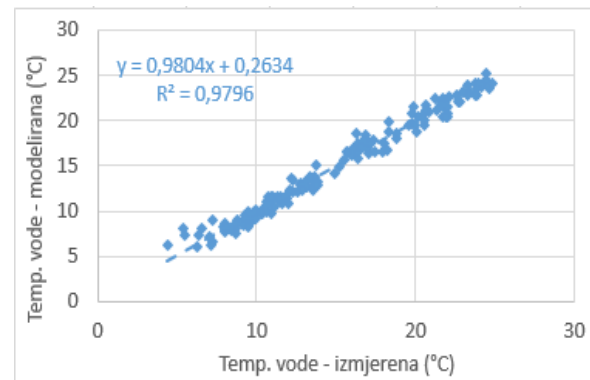
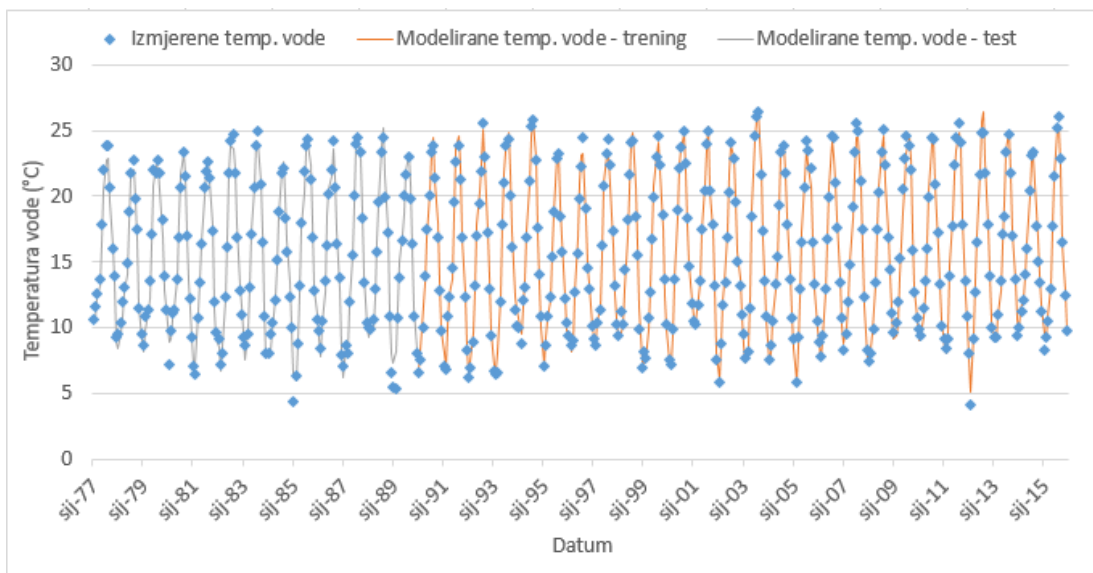
Model	Regionalni klimatski model	Rubni uvjeti iz globalnog klimatskog modela
1	ICTP-REGCM3	ECHAM5
2	CNRM-RM5.1 (Aladin)	ARPEGE
3	C4I-RCA3	HadCM3Q16
4	DMI-HIRHAM5	ARPEGE
5	DMI-HIRHAM5	ECHAM5
6	DMI-HIRHAM5	BCM
7	ETHZ-CLM	HadCM3Q0
8	KNMI-RACMO2	ECHAM5
9	METO-HC_HadRM3Q0	HadCM3Q0
10	METO-HC_HadRM3Q16	HadCM3Q16
11	METO-HC_HadRM3Q3	HadCM3Q3
12	MPI-M-REMO	ECHAM5
13	SMHI-RCA	BCM
14	SMHI-RCA	ECHAM5
15	SMHI-RCA	HadCM3Q3
16	UCLM-PROMES	HadCM3Q0
17	VMGO-RRCM	HadCM3Q0
18	METNO-HIRHAM	BCM
19	METNO-HIRHAM	HadCM3Q0
20	OURANOS-MRCC4.2.1	CGCM3



*Klimatološke projekcije
do 2100.
(DHMZ, Guettler)*

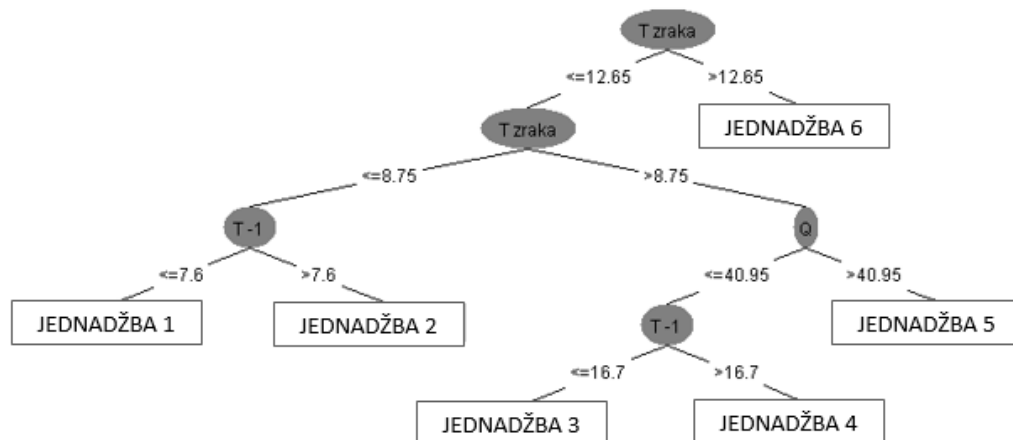
*Modelirani dotoci –
po modelu Reg. stabla*





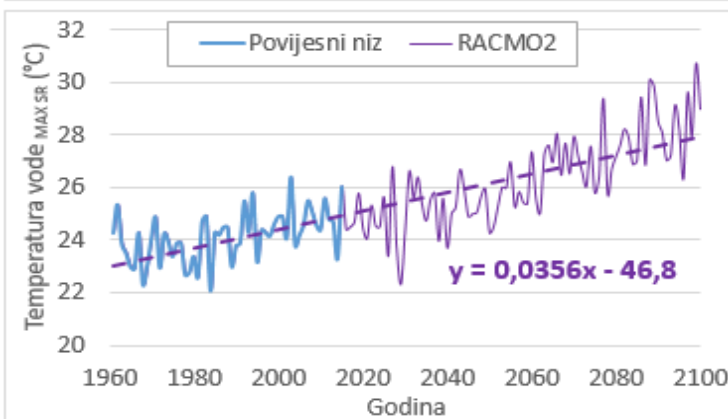
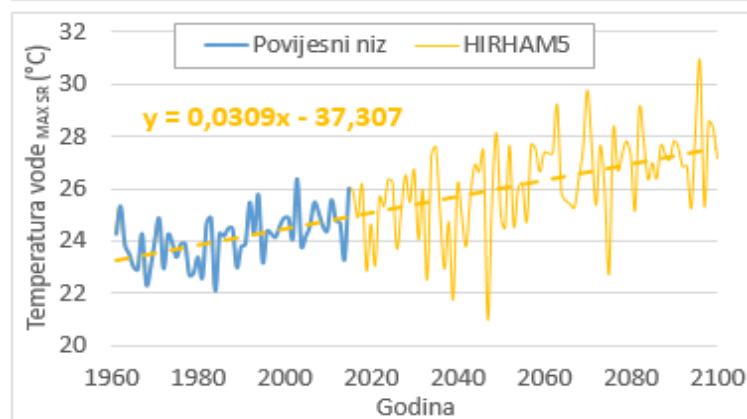
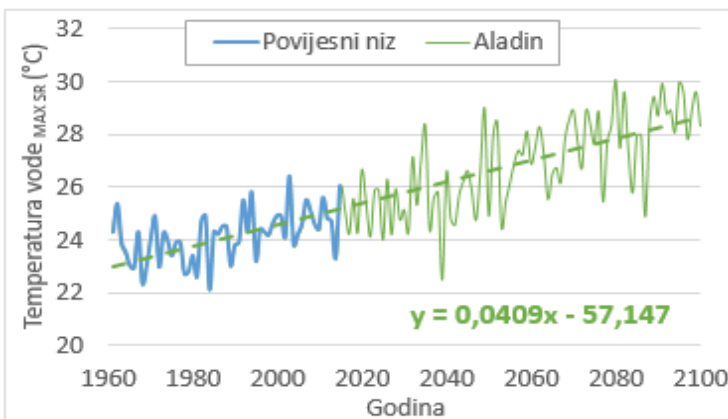
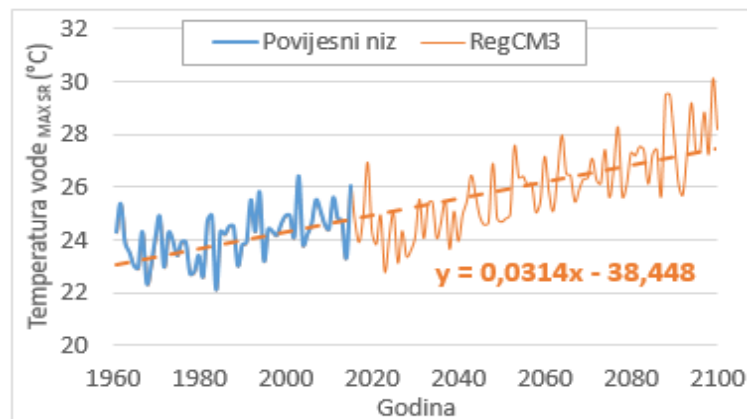
Grafički prikaz izmjerenih i modelom regresijskih stabla (Trees M5P) proračunatih vrijednosti srednjih mjesečnih temperatura vode za trenirano (1990.-2015.) i testirano razdoblje (1977.-1989.)

Modeliranje temperatura vode

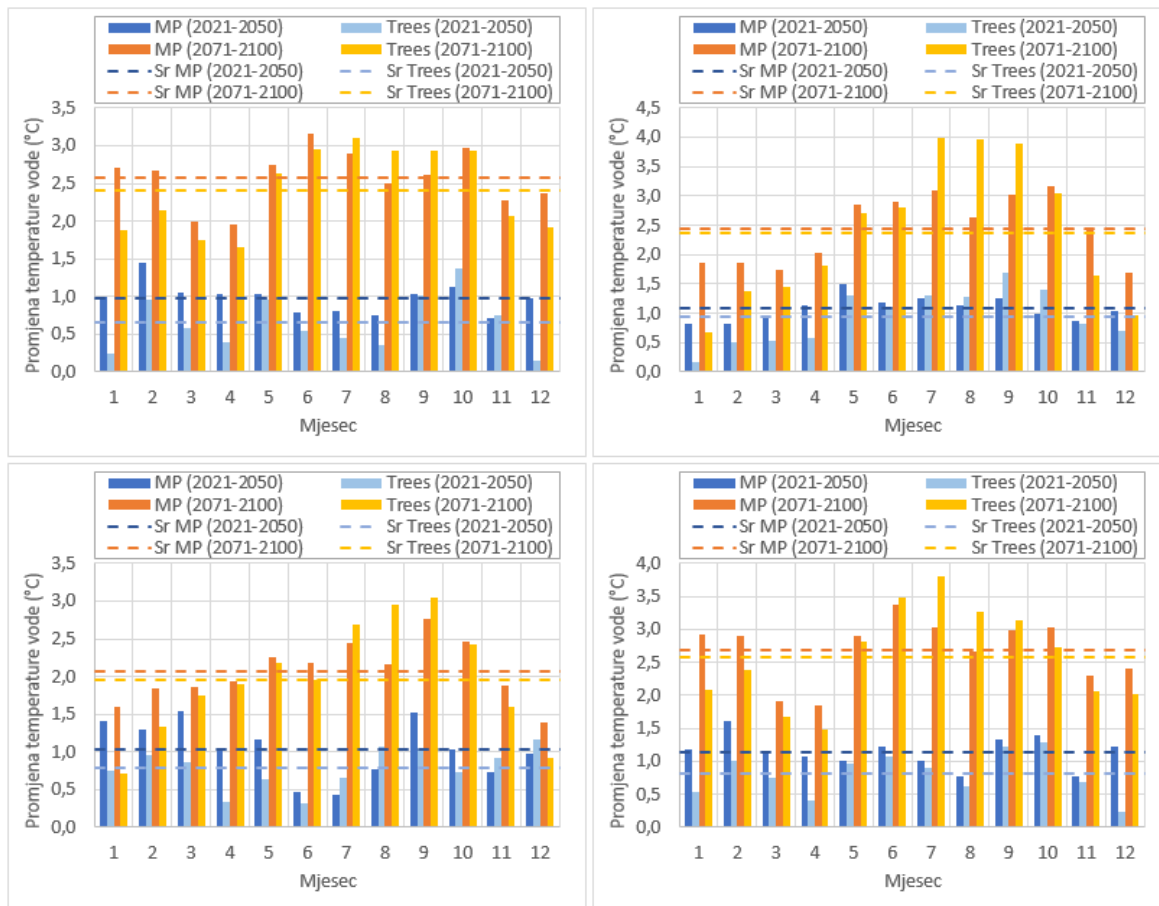


Jednadžba	Oblik jednadžbe - zavisna varijabla temperatura vode (°C)
JEDNADŽBA 1 =	$= -0.0088 * \text{Mjesec} + 0.4543 * T_{\text{zraka}} + 0.2456 * T_{-1} + 0.0343 * T_{2-5} - 0.0413 * T_{6-12} + 0.0067 * P_{-1} + 0.0028 * P_{2-5} - 0.0271 * P_{6-12} + 0.0103 * Q - 0.001 * Q_{2-5} + 0.038 * Q_{6-12} + 45.517$
JEDNADŽBA 2 =	$= -0.0088 * \text{Mjesec} + 0.5588 * T_{\text{zraka}} + 0.2529 * T_{-1} + 0.0343 * T_{2-5} - 0.0413 * T_{6-12} + 0.0026 * P + 0.0018 * P_{-1} + 0.0041 * P_{2-5} - 0.0151 * P_{6-12} + 0.0036 * Q - 0.0023 * Q_{2-5} + 0.0182 * Q_{6-12} + 45.862$
JEDNADŽBA 3 =	$= 0.0227 * \text{Mjesec} + 0.3126 * T_{\text{zraka}} + 0.3151 * T_{-1} + 0.0622 * T_{2-5} - 0.0749 * T_{6-12} + 0.001 * P + 0.0011 * P_{-1} + 0.002 * P_{2-5} - 0.0187 * P_{6-12} + 0.0021 * Q + 0.0084 * Q_{2-5} + 0.0078 * Q_{6-12} + 65.634$
JEDNADŽBA 4 =	$= -0.013 * \text{Mjesec} + 0.3126 * T_{\text{zraka}} + 0.3341 * T_{-1} + 0.0622 * T_{2-5} - 0.0749 * T_{6-12} + 0.0011 * P_{-1} + 0.002 * P_{2-5} - 0.0187 * P_{6-12} + 0.0021 * Q + 0.0084 * Q_{2-5} + 0.0078 * Q_{6-12} + 7.052$
JEDNADŽBA 5 =	$= -0.013 * \text{Mjesec} + 0.4353 * T_{\text{zraka}} + 0.2057 * T_{-1} + 0.0622 * T_{2-5} - 0.0205 * T_{6-12} + 0.0011 * P_{-1} - 0.0064 * P_{2-5} - 0.0145 * P_{6-12} + 0.0021 * Q + 0.0109 * Q_{2-5} + 0.0078 * Q_{6-12} + 6.283$
JEDNADŽBA 6 =	$= -0.0035 * \text{Mjesec} + 0.5391 * T_{\text{zraka}} + 0.371 * T_{-1} - 0.1598 * T_{2-5} + 0.0989 * T_{6-12} + 0.0041 * P_{-1} + 0.0007 * P_{2-5} - 0.0021 * P_{6-12} - 0.0115 * Q - 0.01 * Q_{-1} - 0.0005 * Q_{2-5} + 0.0024 * Q_{6-12} + 46.818$
Utjecajni čimbenici:	
T vode	Temperatura vode
Mjesec	Redni broj mjeseci u godini
T zraka	Temperatura zraka
T-1	Temperatura zraka – prethodni mjesec
T 2-5	Temperatura zraka – srednja između 2-5 mjeseci prije
T 6-12	Temperatura zraka – srednja između 6-12 mjeseci prije
P	Oborine
P-1	Oborine – prethodni mjesec
P 2-5	Oborine – srednje između 2-5 mjeseci prije
P 6-12	Oborine – srednje između 6-12 mjeseci prije
Q	Protoka
Q-1	Protoka – prethodni mjesec
Q 2-5	Protoka – srednja između 2-5 mjeseci prije
Q 6-12	Protoka – srednja između 6-12 mjeseci prije

Redni br.	Rangiranje utjecajnosti varijabli
1	Temperatura zraka
2	Temperatura zraka – prethodni mjesec
3	Redni broj mjeseci u godini
4	Temperatura zraka – srednja između 2-5 mjeseci prije
5	Temperatura zraka – srednja između 6-12 mjeseci prije
6	Protoka
7	Oborine
8	Oborine – srednje između 2-5 mjeseci prije
9	Protoka – prethodni mjesec
10	Oborine – prethodni mjesec
11	Oborine – srednje između 6-12 mjeseci prije
12	Protoka – srednja između 2-5 mjeseci prije
13	Protoka – srednja između 6-12 mjeseci prije



Prikaz povijesnih i prema različitim klimatskim modelima generiranih sintetičkih serija maksimalnih srednjih mjesečnih temp. vode postaje Skradinski buk gornji (1961.-2100.) s pripadajućim trendovima prema modelima a) REG CM3, b) Aladin, c) HIRHAM5 i d) RACMO2 (Trees M5P)



Prognozirane promjene/varijacije mogu imati utjecaj na akvatičke ekosustave i njihovu bioraznolikost (sedrotvorne zajednice, invazivne vrste – kao mjera prilagodbe nužno je smanjiti negativne antropogene utjecaje.

Unutargodišnja raspodjela promjene temperatura vode (u °C) generiranih srednjih mjesečnih temperatura vode za razdoblje 2021.-2050. i 2071.-2100. (Multilayer Perceptron i TreesM5P) u usporedbi sa srednjim mjesečnim temperaturama vode povijesnog niza (1976.-2015.) prema modelu a) REGCM3, b) Aladin, c) HIRHAM5 i d) RACMO2



MJERA ADAPTACIJE NA KLIMATSKE PROMJENE U DOMENI VODNIH RESURSA:

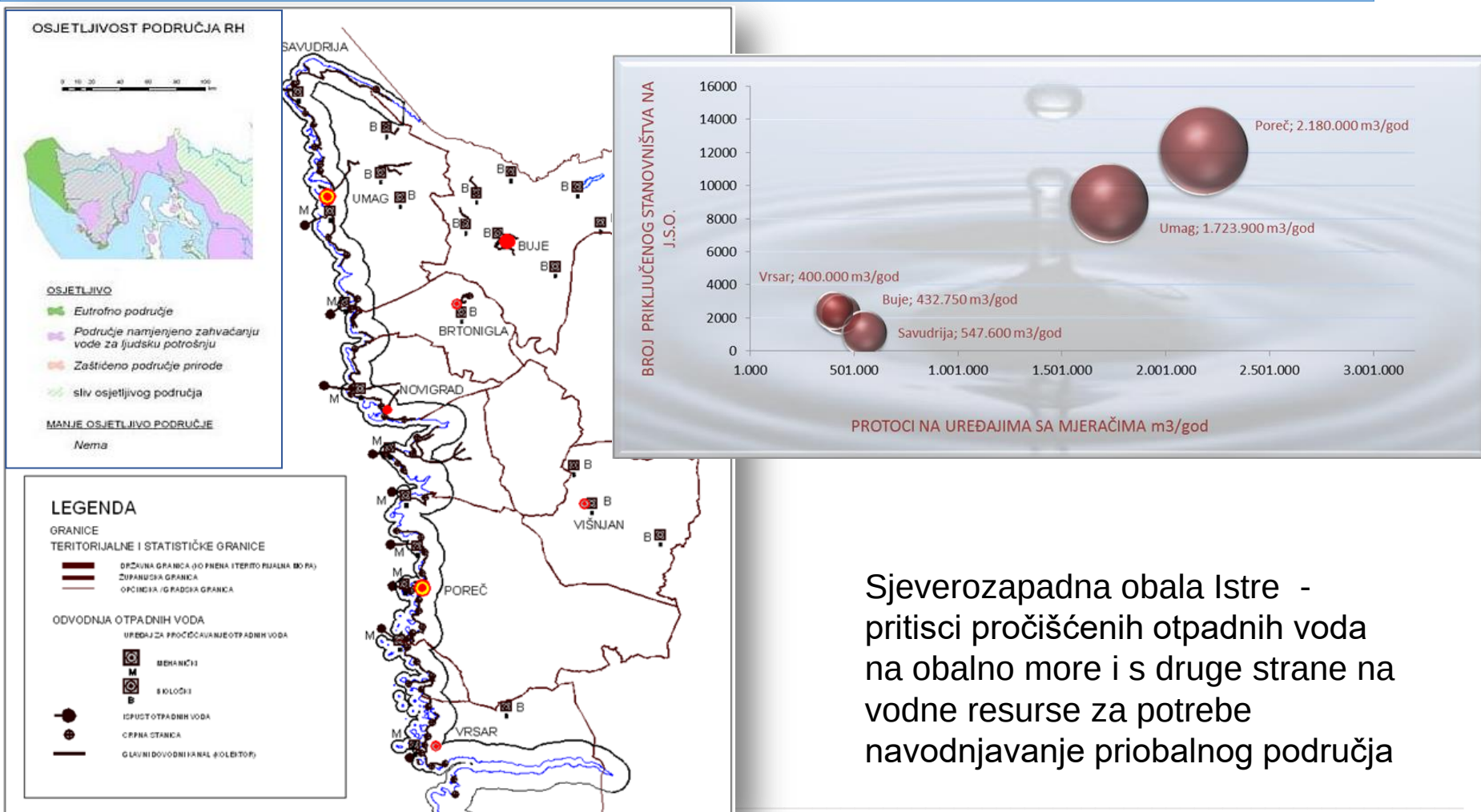
- Upravljačke mjere
- Strukturalna rješenja

Dijelom se i **prirodni vodni sustavi mogu vlastitim adaptivnim sposobnostima prilagoditi mogućim promjenama** u takvim reduktivnim uvjetima, mijenjajući pri tome kako same svoje hidrološke značajke, tako posljedično i značajke ekosustava ovisnih o vodi.

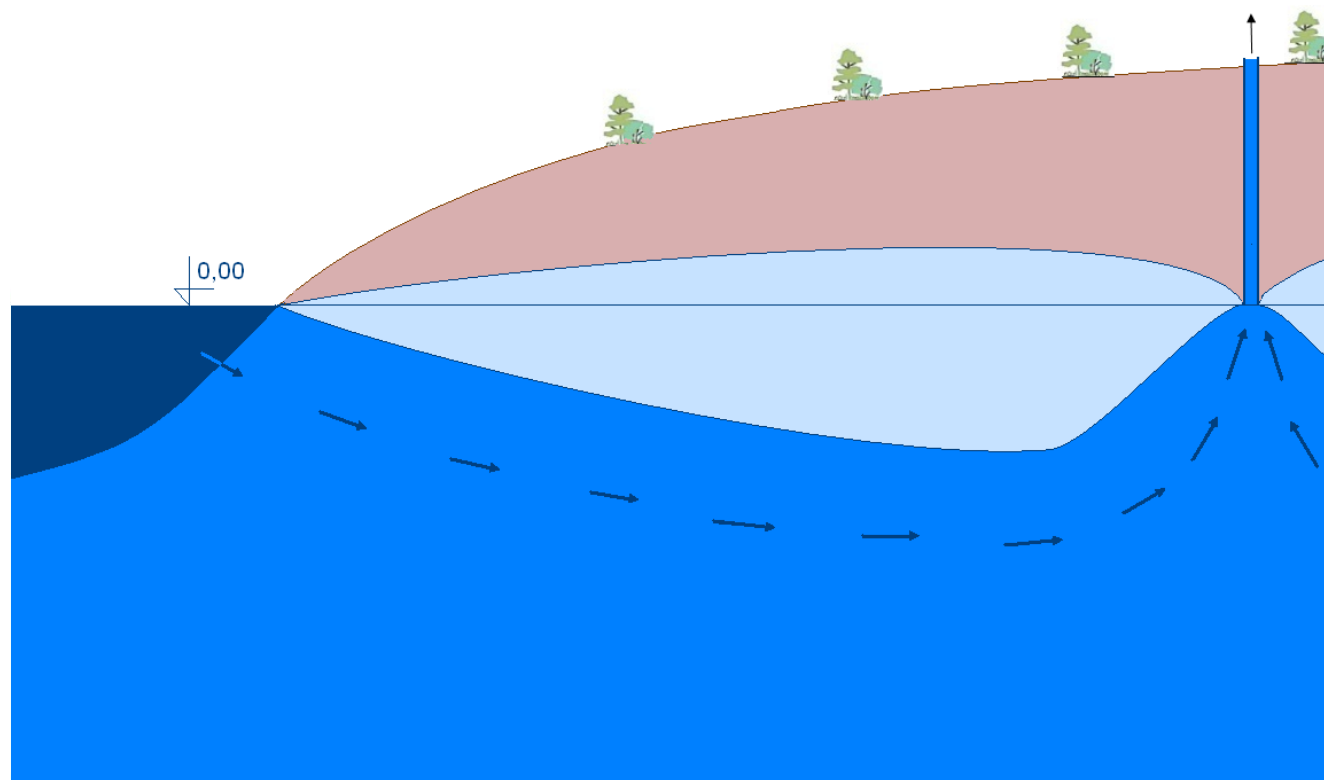
No, uspješnost prirodne adaptacije uvelike ovisi o **minimalizaciji negativnih dodatnih antropogenih utjecaja**.

Uz uobičajene **konvencionalne mjere** (smanjenje gubitaka u vodoopskrbnim sustavima, višekratno korištenje voda, osiguranje akumulacijskih objekata za sezonsko i godišnje izravnanje, osiguranje EPP, aktivno upravljanje vodnim zalihama...), ovisno o lokalnim uvjetima potreba razmatranja i **za sada nekonvencionalnih rješenja** (revitalizacija vodotoka za jačanje njihovih prihvatnih kapaciteta, urbani vodni sustavi vodnih zaliha (*low impact design, water sensitive cities*, umjetna prihranjivanja vodonosnika)...

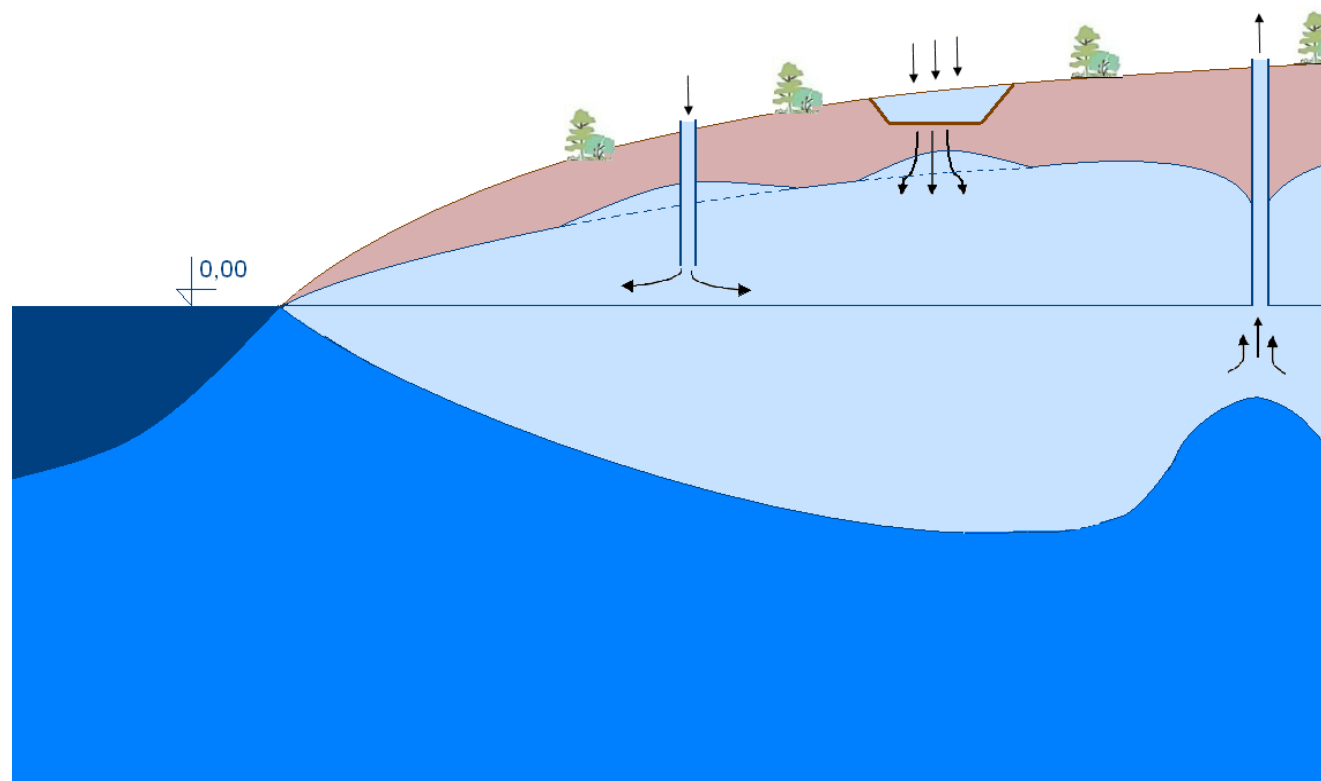
MJERA ADAPTACIJE NA CC – UMJETNO PRIHRANJIVANJE PRIOBALNIH VODONOSNIKA PROČIŠĆENOM OTPADNOM VODOM



Sjeverozapadna obala Istre -
pritisci pročišćenih otpadnih voda
na obalno more i s druge strane na
vodne resurse za potrebe
navodnjavanja priobalnog područja



STANJE PRECRPLJIVANJA VODONOSNIKA S PRODOROM SLANE VODE

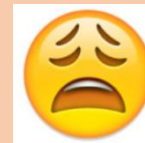


**INFILTRACIJA PROČIŠĆENIH OTPADNIH VODA U VODONOSNIK
INFILTRACIJSKIM BUNARIMA I POLJIMA**

UMJESTO ZAKLJUČAKA....

Globalno zatopljenje ????

KLIMATSKE VARIJACIJE!!!....



2012.

2017.

Vransko jezero kod Biograda n/M