



**UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET**

SRPSKO DRUŠTVO ZA PROUČAVANJE ZEMLJIŠTA



**UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET**

SIMPOZIJUM

NAVODNJAVANJE I ODVODNJAVANJE U SVETLU KLIMATSKIH PROMENA

VODNI RESURSI SRBIJE

**NJIHOVO RACIONALNO KORIŠĆENJE I ZAŠTITA U USLOVIMA
KLIMATSKIH PROMENA**

Tina Dašić

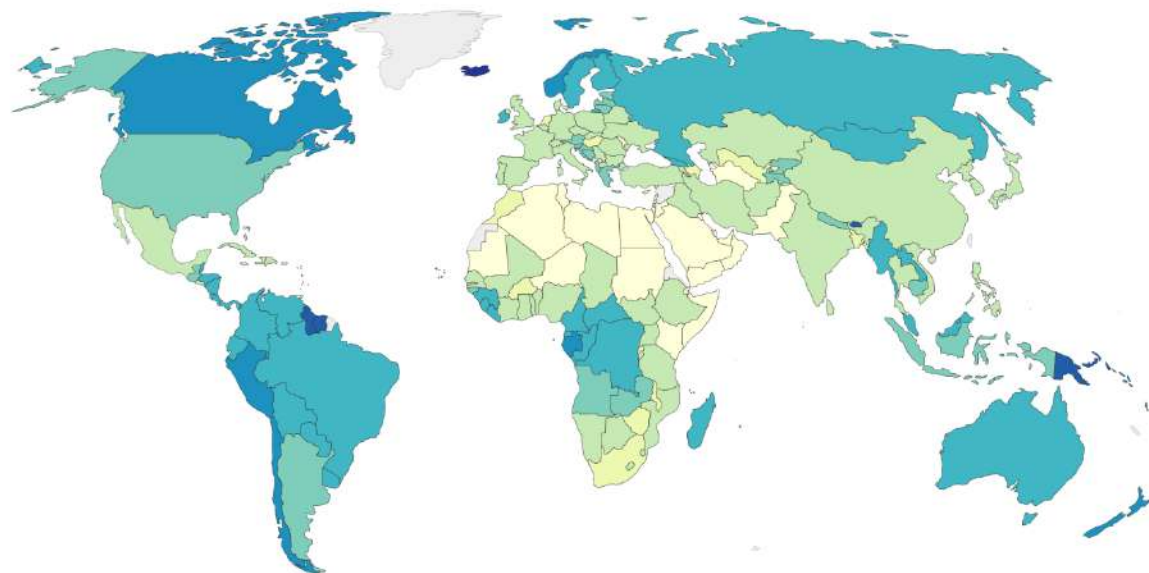
Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet

Srbija – zemlja siromašna domicilnim (vlastitim) vodama

Domicilne vode (bez KiM) – $405 \text{ m}^3/\text{s}$, odnosno $12,77 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{god}$
(podaci iz VOS-a) **1700 $\text{m}^3/\text{stan god}$**

Renewable freshwater resources per capita, 2014

Renewable internal freshwater resources flows refer to internal renewable resources (internal river flows and groundwater from rainfall) in the country.



Vlastiti vodni resursi ($\text{m}^3/\text{stan god}$)

Egipat, UAE, Katar < 20
Izraela, Jordan, Saud.Arab. 70-90

Island, Gvajana, Surinam >100 000

Mađarska, Holandija oko 600
Finska, Švedska oko 20 000

Hrvatska, BiH, Albanija,
Grčka, Slovenija, Austrija 5000-10000



Srbija – zemlja siromašna domicilnim (vlastitim) vodama

Domicilne vode (bez KiM) – $405 \text{ m}^3/\text{s}$, odnosno $12,77 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{god}$
(podaci iz VOS-a) **1700 m³/stan god**

Potrebe za vodom

40 - 50 m³/stan god – vodom najoskudnije zemlje - donji prag

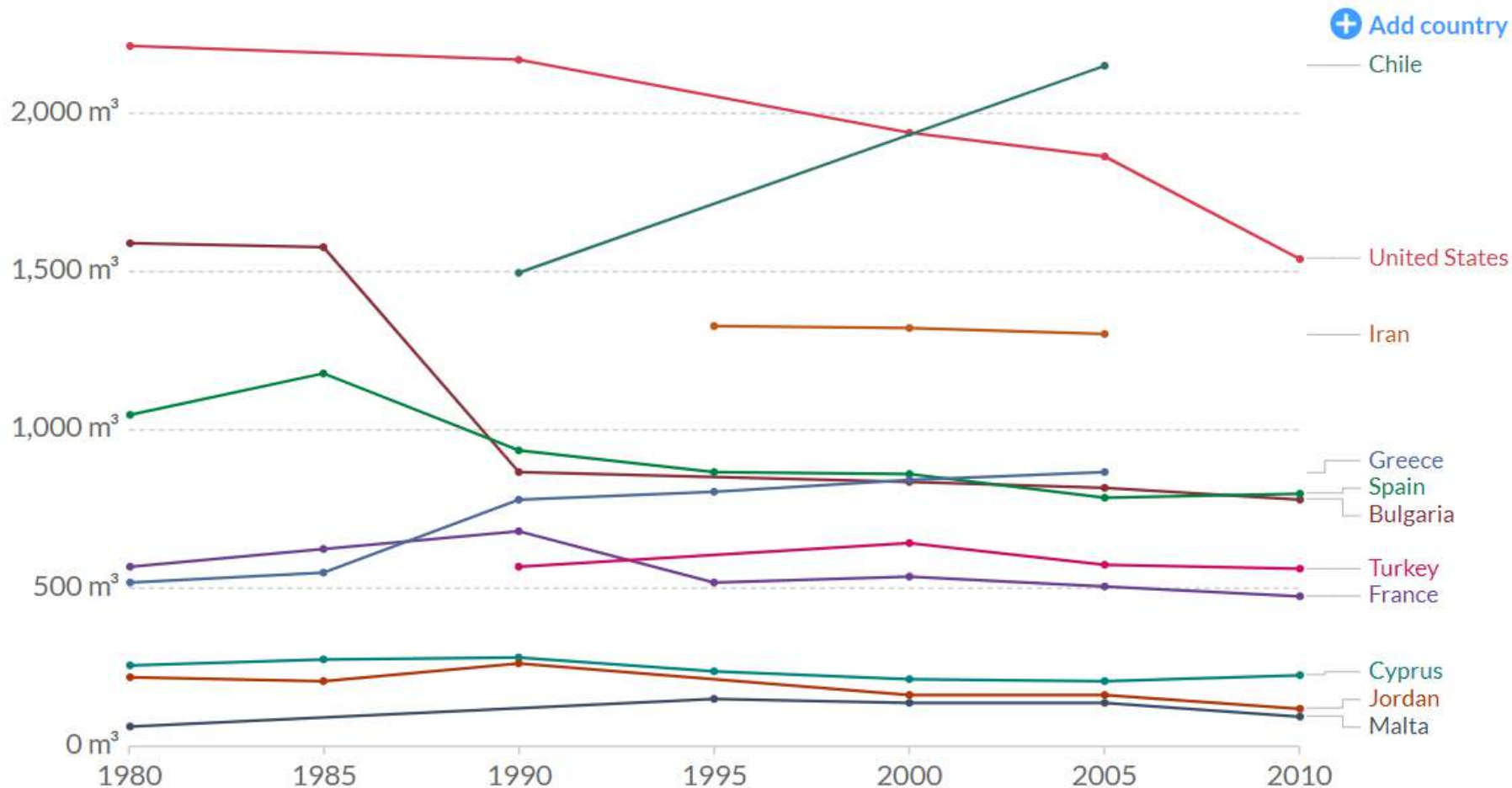
500 - 1000 m³/stan god - razvijene zemlje

> 1000 m³/stan god – vodom bogate zemlje + navodnjavanje

Donja granica domicilnih voda kojima se može obezbediti dugoročno zadovoljenje potreba jedne zemlje oko **2000 - 2500 m³/stan. god**

Water withdrawals per capita, 1980 to 2010

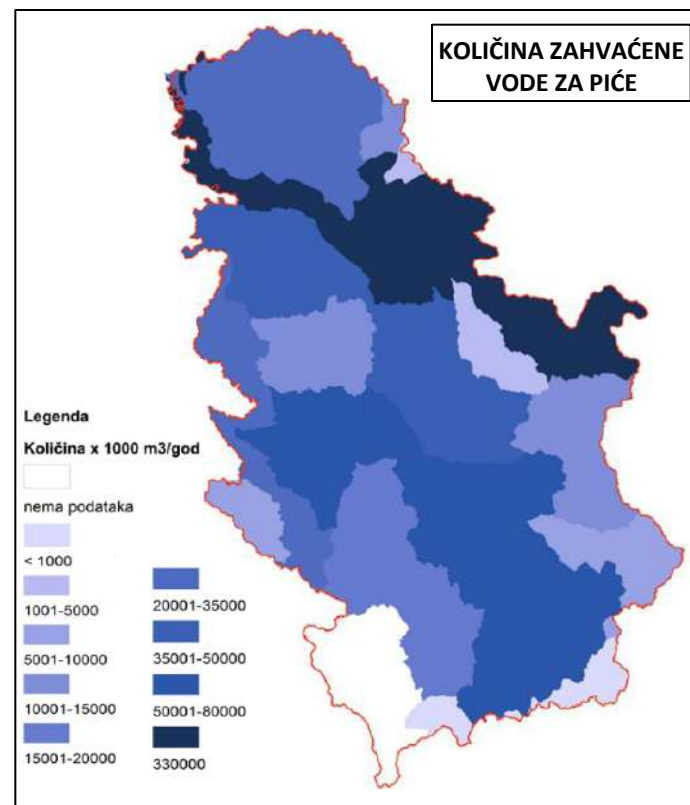
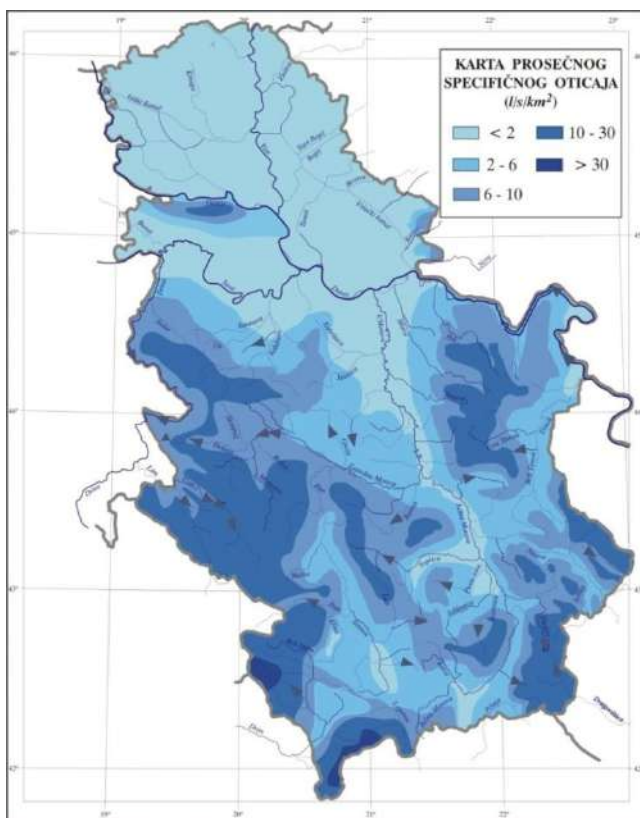
Total water withdrawals from agricultural, industrial and municipal purposes per capita, measured in cubic metres (m³) per year.



Source: UN Food and Agricultural Organization (FAO) AQUASTAT

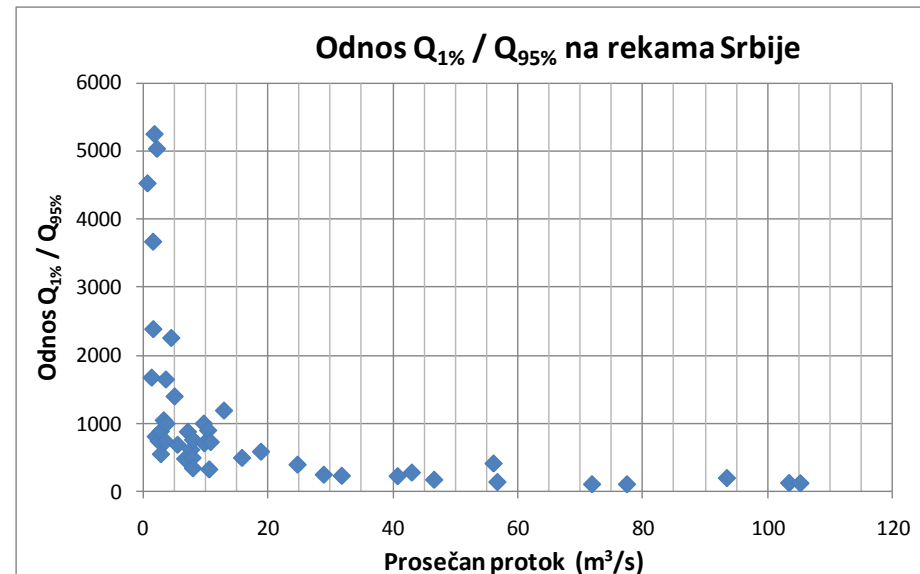
PROSTORNA NERAVNOMERNOST

- Moduli prosečnih godišnjih oticaja su veoma neravnomerni
- Prosečan specifični oticaj za državu iznosi oko $5,7 \text{ L/s}\cdot\text{km}^2$ uz izraženu prostornu neravnomernost (Vojvodina - domicilne vode $52 \text{ m}^3/\text{s}$, $< 800 \text{ m}^3/\text{stan god}$)
- Domaće vode najoskudnije tamo gde su najpotrebnije: u zoni velikih potrošačkih centara i tamo gde se nalaze najpovoljniji zemljišni resursi koje treba navodnjavati



VREMENSKA NERAVNOMERNOST

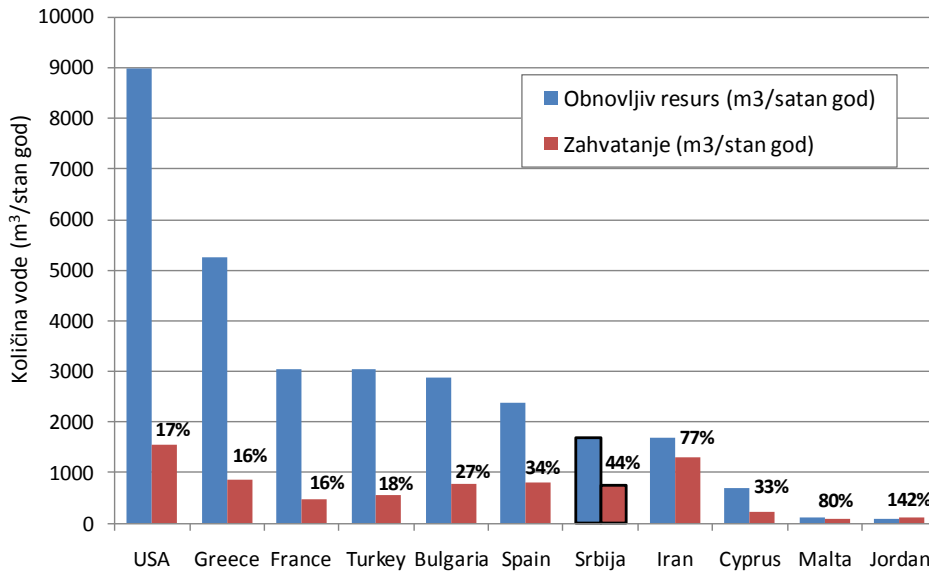
- Prosečan višegodišnji protok domaćih voda u Srbiji iznosi oko $405 \text{ m}^3/\text{s}$, ali se u malovodnim periodima spušta na manje od $50 \text{ m}^3/\text{s}$ ($220 \text{ m}^3/\text{stan god}$).
- Reke odlikuju bujični režimi - kod manjih reka $50\div 60\%$ godišnje količine voda protekne u bujičnim talasima, nakon kojih nastupe dugi malovodni periodi.
- Odnos između velikih voda verovatnoće prevazilaženja 1% i malih mesečnih voda obezbeđenosti 95% ($Q_{1\%}/Q_{95\%}$) na nizu vodotoka se penje na preko 1:2000 (jedan od najnepovoljnijih odnosa u Evropi).
- Specifična oticanja pri bujičnim velikim vodama čak do $20 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$, a na malim vodotocima u gradovima mogu biti još nepovoljnije



POTREBE ZA VODOM

- Ukupno godišnje zahvatanje voda (bez vode za HE) **600 – 750 m³/stan god** oko **44%** od ukupnih domicilnih voda

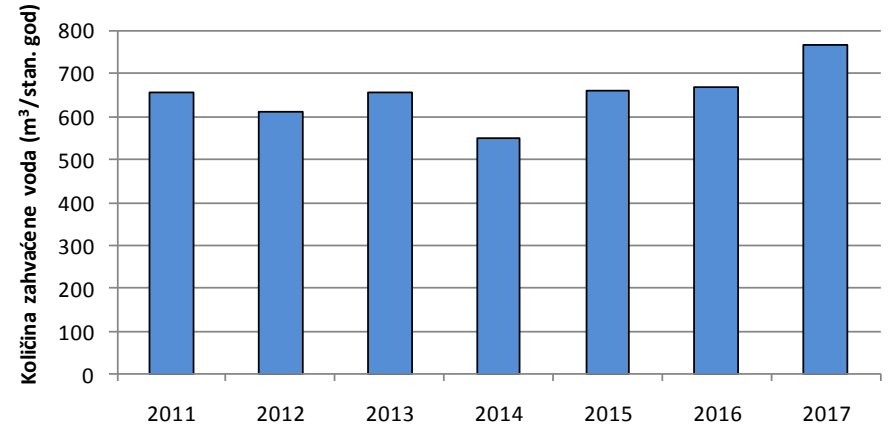
Odnos obnovljivih domicilnih voda i zahvaćene količine vode



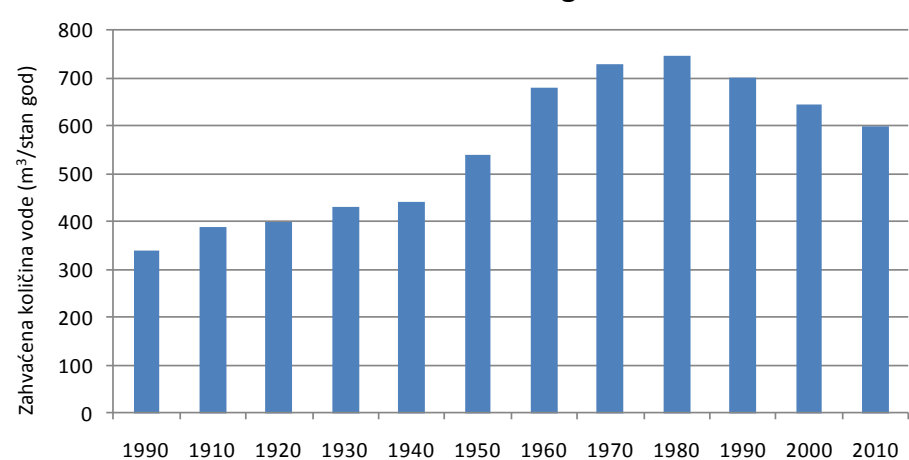
Ukupan vodni resurs na planeti
43000 km³/god

1970-ih 12 000 m³/stan god
2018 5 600 m³/stan god

Ukupno godišnje zahvatanje vode po stanovniku u Srbiji



Zahvaćena količina vode na globalnom nivou



Sources:

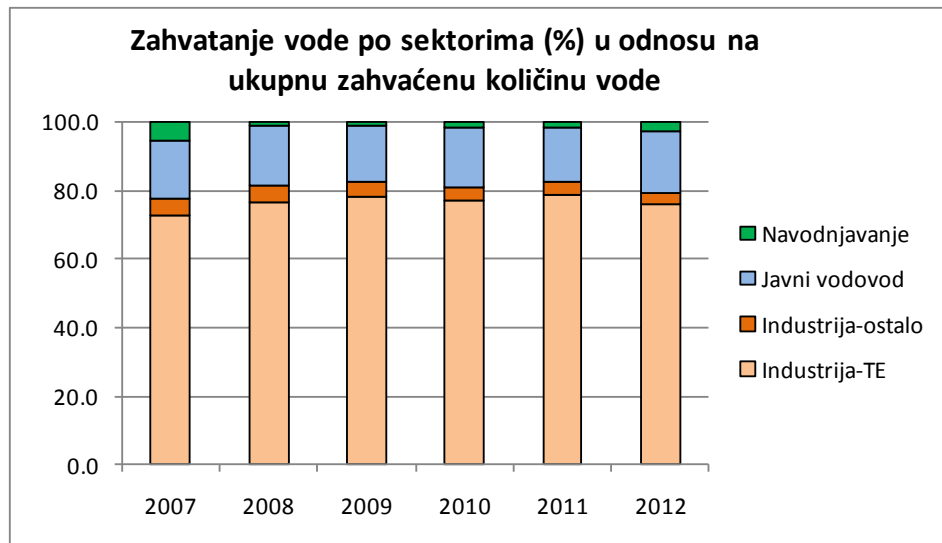
Agriculture, Industries, Municipalities:

Evaporation from artificial lakes/reservoirs:

FAO-AQUASTAT: 2010; I.A. Shiklomanov: 1900- 2000

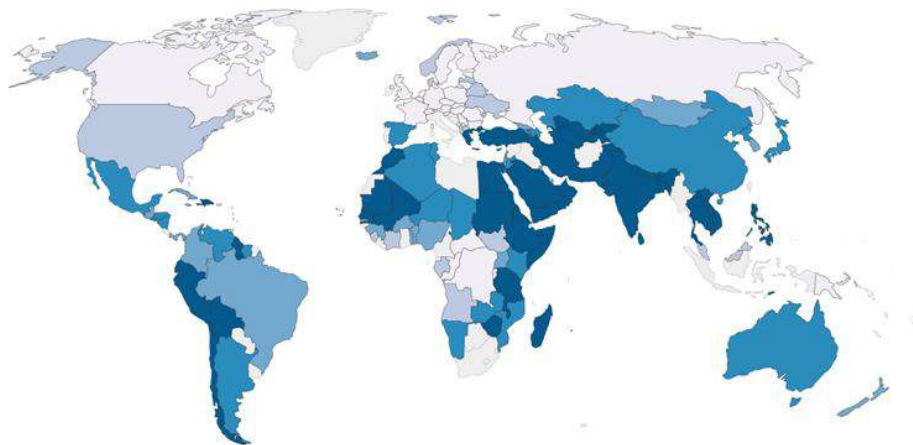
FAO-AQUASTAT

- Zahvatanje vode po sektorima:
 vodosnabdevanje \approx 16-18%
 industrija \approx 80%
 navodnjavanje 2-5%



Agricultural water as a share of total water withdrawals, 2006

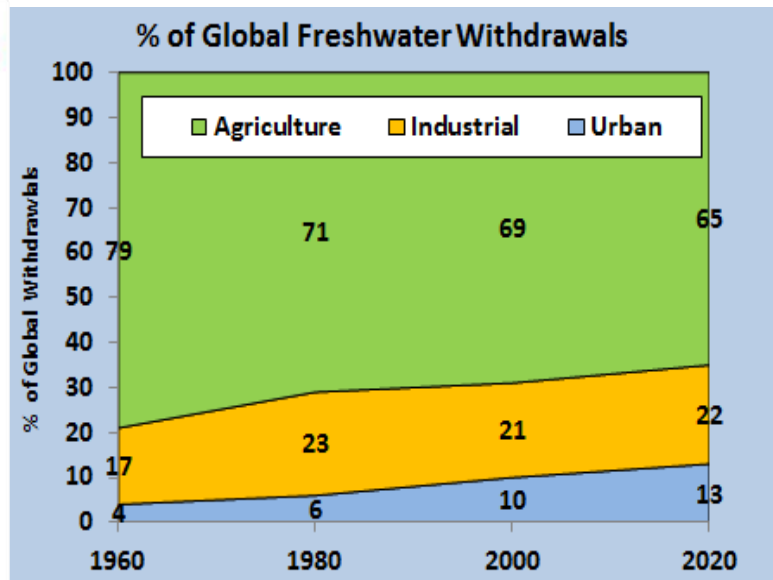
Agricultural water withdrawals as a percentage of total water withdrawals (which is the sum of water used for agriculture, industry and domestic purposes). Agricultural water is defined as the annual quantity of self-supplied water withdrawn for irrigation, livestock and aquaculture purposes.



Source: World Bank

OurWorldInData.org/water-access-resources-sanitation/ • CC BY

Our World in Data



Srbija mora računati sa korišćenjem tranzitnih voda sa svim opasnostima koje nosi takva strategija!

Ukupan vodni resurs (sa tranzitnim vodama) $5500 \text{ m}^3/\text{s} = 173,45 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{god}$

Odnos domicilne : tranzitne vode = 1 : 12

Sagledavajući njihove režime u prošlosti može se pretpostaviti da će se pogoršavati:

- povećavaju se velike vode delom zbog klimatskih promena, a delom zbog regulacionih radova i isključenja plavnih površina u uzvodnim zemljama
- male vode se smanjuju, i zbog klimatskih promena, a većim delom zbog sve većih zahvatanja vode u uzvodnim zemljama

Drina (Radalj) $< 45 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Q_{sr}=375 \text{ m}^3/\text{s}$), Tisa (N. Bečej) $< 120 \text{ m}^3/\text{s}$ ($770 \text{ m}^3/\text{s}$), Sava (S. Mitrovica) $< 200 \text{ m}^3/\text{s}$ ($1530 \text{ m}^3/\text{s}$), Dunav (Bezdan) oko $800 \text{ m}^3/\text{s}$ ($2270 \text{ m}^3/\text{s}$) \Rightarrow ranjivost kanalskih i drugih sistema koji se zasnivaju na korišćenju tranzitnih voda

Podzemne vode su vrlo oskudne i snose sudbinu površinskih voda.

Najveći deo podzemnih voda je iz aluvijalnih izdani (preko 40%) koje se prihranjuju iz reka, pa se u malovodnim periodima i njihovi iskoristivi kapaciteti jako smanjuju

Vojvodina - za snabdevanje naselja koristi se voda iz OVS

- izuzetno sporo obnavljanje
- zbog prekomerne eksploatacije došlo je do velikih obaranja nivoa podzemnih voda, na nekim mestima i preko 50÷60 m
- to se odražava na pogoršavanje kvaliteta te vode

VODA PRISUTNA NA SLIVU \neq VODA ISKORISTIVA KAO RESURS

Navedeni nepovoljni pokazatelji postaju znatno su nepovoljniji kada se razmatraju kroz prizmu dve kategorije voda:

- vode prisutne na slivu $V = \langle L, Q, K \rangle$ - geofizička kategorija
- vode koja ima svojstva koje je kvalifikuju kao vodni resurs $VR = \langle \langle V, US \rangle \rangle$

Da bi se voda mogla iskoristiti kao resurs moraju da budu zadovoljeni određeni uslovi (US)

$US = \langle \langle GU, HU, EU, SU, KU, ZU, MU, \dots \rangle \rangle$

GU - geotehnički uslovi;

HU - hidrograđevinski uslovi,

EU - ekonomski uslovi,

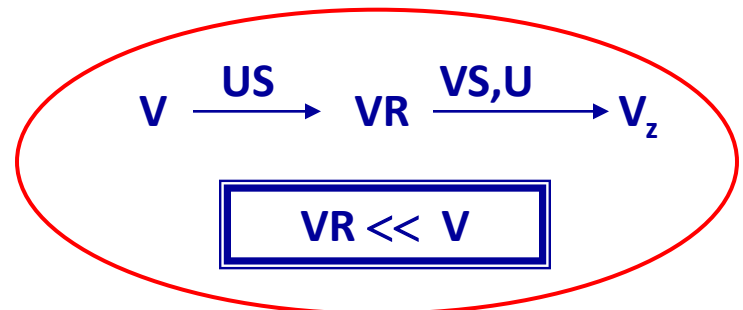
SU - uslovi vezani za socijalno i urbano okruženje,

KU - uslovi vezani za kulturološko okruženje,

ZU - uslovi zaštite ekosistema,

MU - uslovi iz međunarodnih obaveza, ...

Potrebe za vodom: $V_z = \langle L_z, Q_z, K_z \rangle$



UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA

Analize urađene za: osmotrene nizove i za tri buduća perioda prema dva scenarija emisije gasova staklene bašte.

TEMPERATURA VAZDUHA

- Trend povećanja temperature vazduha osmotren i nastavlja se u budućnosti
- Povećanje izraženije u letnjem periodu prema umerenom scenariju, odnosno krajem veka u zimskom periodu za scenario intenzivne emisije GSB
- Promene izraženije u južnim delovima

Osmotrene promene	Projekcije klime do kraja veka		
		RCP4.5	RCP8.5
0,5 – 1,5°C prosečno	bliska budućnost	0,6°C prosečno	1°C prosečno
	sredina veka	1,5°C prosečno	2°C prosečno
1,5 – 2°C u letnjem periodu	kraj veka	2°C prosečno	4,3°C prosečno

PADAVINE

- Osmotreno povećanje padavina uz značajnu prostornu i vremensku varijabilnost: povećanje izraženije u severnim i zapadnim delovima Srbije
povećanje u jesenjem periodu godine, leti smanjenje na najvećem delu teritorije
- Budući period: značajno variranje po prostoru i vremenu
u severnim delovima Srbije povećanje, a u južnim smanjenje
povećanje u prolećnom i zimskom periodu, značajno smanjenje u letnjem

Osmotrene promene	Projekcije klime do kraja veka		
		RCP4.5	RCP8.5
7 mm/dekadi Povećana varijabilnost	bliska budućnost	0,7% prosečno +4,5% - proleće -5,8% - leto	-1% prosečno +3,7% - proleće -4,6% - leto
	sredina veka	-1,4% prosečno +5,6% - proleće -14,3% - leto	3,8% prosečno +10,6 - zima -8% - leto
	kraj veka	2,3% prosečno +10% - zima -10,8% - leto	-4,5% prosečno +15,5% - zima -20,5 - leto

UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA NA VODNE RESURSE

POVRŠINSKE VODE

Srednji godišnji protoci – promene različite po prostoru (slivovima)

Unutargodišnje promene: protoci u malovodnom periodu dodatno se smanjuju

Promena srednjeg godišnjeg protoka (%)

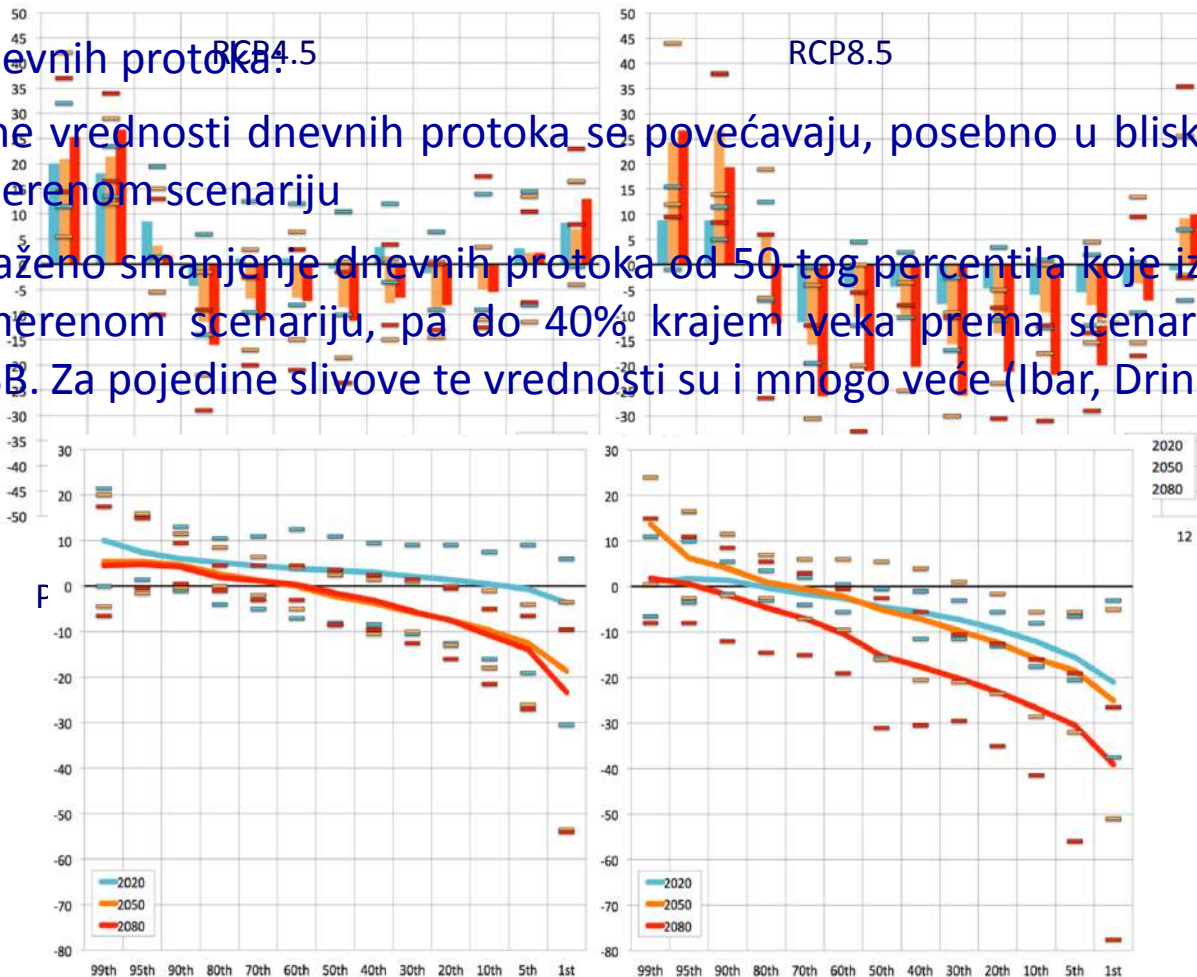
	RCP4.5			RCP8.5		
	2020	2050	2080	2020	2050	2080
Dunav	7	4	3	1	5	-1
Sava	8	7	3	-1	1	-9
Tisa	12	2	1	-2	2	-5
Tamiš	8	2	2	-2	1	-7
Drina	4	0	-1	-4	-4	-10
Kolubara	9	3	2	-1	1	-3
Velika Morava	2	-2	1	-2	-6	-11
Zapadna Morava	3	-2	0	-2	-6	-7
Južna Morava (donji tok)	4	-4	-1	-3	-5	-13
Južna Morava (gornji tok)	4	-5	1	-3	-6	-13
Ibar	2	-3	-3	-5	-8	-17
Timok	9	-2	-3	-2	3	-8

Unutargodišnje promene mesečnih protoka:

- protoci u malovodnom periodu (jun – oktobar) dodatno se smanjuju
- protoci u zimskom periodu decembar – mart povećavaju se, najviše za Tisu, Dunav i Tamiš

Promene dnevnih protoka:

- maksimalne vrednosti dnevnih protoka se povećavaju, posebno u bliskoj budućnosti prema umerenom scenariju
- veoma izraženo smanjenje dnevnih protoka od 50-tog percentila koje iznosi i do 20% prema umerenom scenariju, pa do 40% krajem veka prema scenariju intenzivne emisije GSB. Za pojedine slivove te vrednosti su i mnogo veće (Ibar, Drina).



PODZEMNE VODE

Uticao sagledan preko intenziteta prihranjivanja podzemnog akvifera.

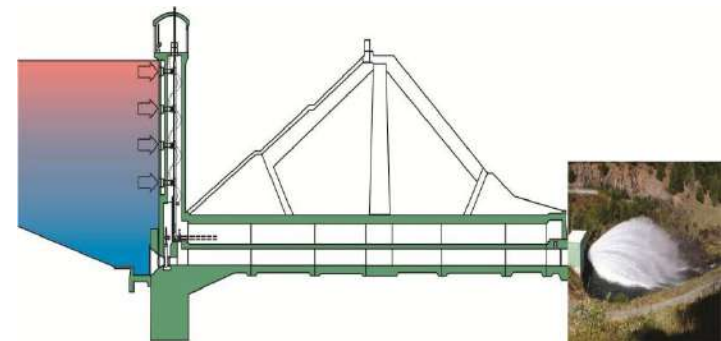
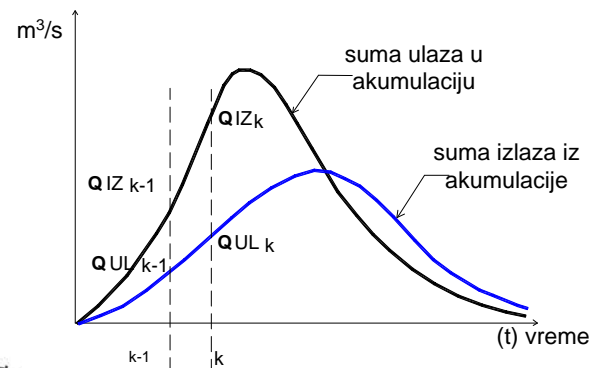
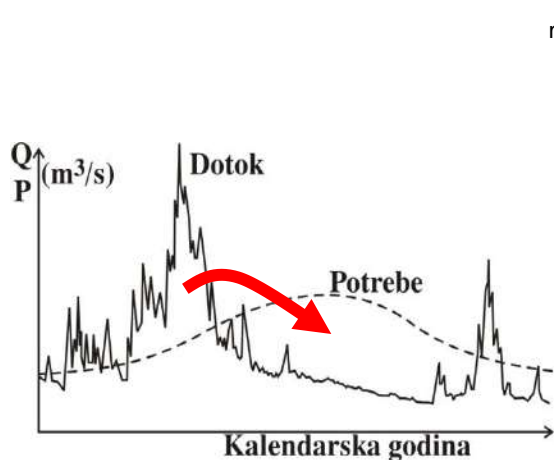
- Dolazi do smanjenja prosečnih vrednosti podzemnog vodnog resursa od 10% u bližoj budućnosti do 50% krajem veka
- Izraženije je u istočnim i jugoistočnim krajevima, nego u zapadnim i jugozapadnim
- Promene su najmanje izražene u zimskom periodu, a najizraženije u jesenjem i letnjem periodu

	2011-2040	2041-2070	2071-2100
	од исток/југоисток до запад/југозапад		
зима	од -10 до 5	од -30 до 0	од -70 до -15
пролеће	од -20 до -5	од -35 до -15	од -60 до -30
лето	од -15 до 10	од -40 до -15	од -75 до -35
јесен	од -30 до -8	од -65 до -30	од -75 до -50
просечно год.	од -15 до 0	од -35 до -10	од -70 до -40

MERE UBLAŽAVANJA NEGATIVNIH POSLEDICA KLIMATSKIH PROMENA

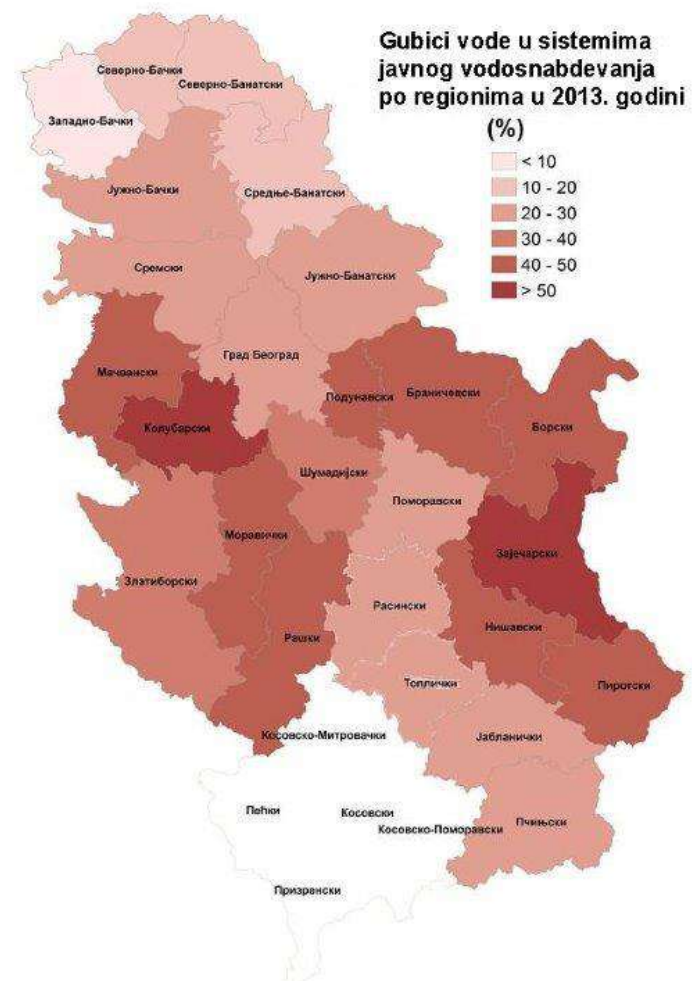
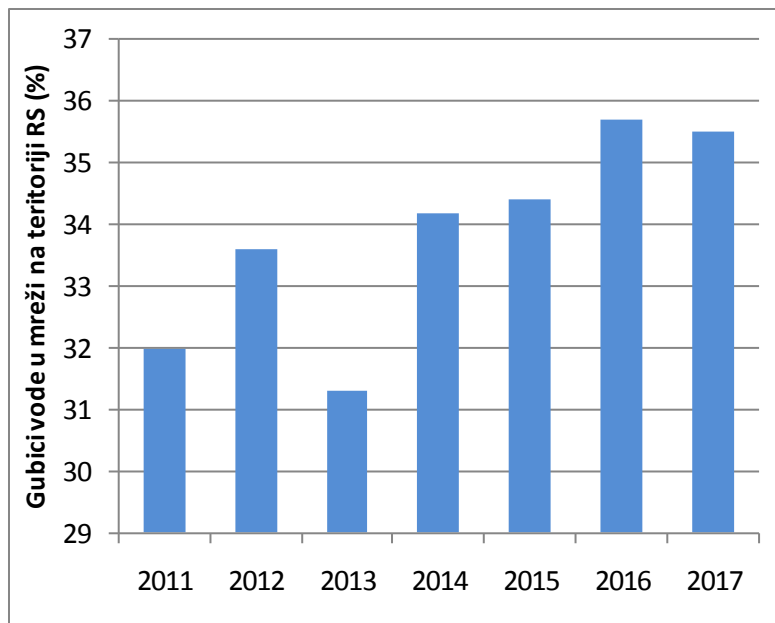
Izgradnja višenamenskih akumulacija kao dela integralnih vodoprivrednih sistema

- akumulacije mogu da izvrše vremensku preraspodelu voda
- njihov značaj povećava se sa povećavanjem relativne korisne zapremine
- mogu uticati na sve tri vodoprivredne oblasti:
 - obezbeđivanje neophodnih količina vode korisnicima
 - zaštita od velikih voda (aktivna odbrana od poplava)
 - ispuštanja vode u količini koja je potrebna nizvodnim vodenim ekosistemima, pri čemu je moguće i poboljšavanje parametara kvaliteta vode



Smanjenje gubitaka u vodovodnim sistemima

- mera koju treba sprovesti pre ili zajedno sa drugim merama
- uglavnom se ne zahtevaju tako velika investiciona ulaganja
- zbog racionalnijeg korišćenja i manjih gubitaka čuva se voda kao važan resurs



Određivanje stvarnog stepena zaštite branjenog područja (posebno u zonama velikih gradova i važnih tehnoloških sistema) ⇒ primena odgovarajućih mera aktivne i pasivne zaštite kako bi se ostvarili zahtevani stepeni zaštite ⇒ **Obezbediti dovoljno prostora za prihvatanje povećanih velikih voda** (nadvišenje nasipa, produbljivanje korita, proširivanje korita za veliku vodu, uklanjanje prepreka iz korita, formiranje retenzionih prostora idr)



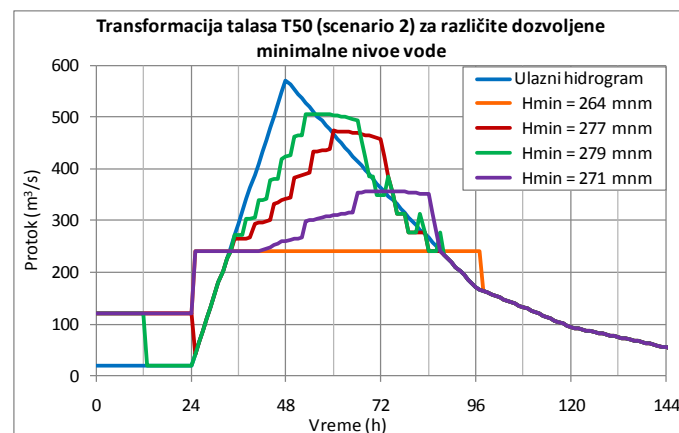
Izgradnja bujičnih pregrada, zajedno sa **antierozionim radovima** u slivu ⇒ smanje bujičnih poplava, količinu naplavina, zasipanja akumulacija.

Povećanje kapaciteta i efikasnosti sistema za odvodnjavanje - smanjenja šteta od poplava unutrašnjim vodama. Iz istih razloga, samo za urbana područja (naseljena mesta) značajno je **povećanje kapaciteta kanalizacionih sistema**, posebno sistema kišne kanalizacije.



Izgradnja srednjih i velikih hidroenergetskih objekata, koji bi bili deo integralnog korišćenja voda, zaštite voda i zaštite od voda i **malih hidroelektrana** uz postojeće vodoprivredne objekte.

Izrada i primena operativnih matematičkih modela za upravljanje akumulacijama omogućava fleksibilnije upravljanje korisnom zapreminom akumulacije, veću pouzdanost isporuke vode korisnicima i bolju zaštitu nizvodnog područja od poplava.



Hidrološki modeli za predviđanje protoka i sistemi za rano upozoravanje na moguće poplave imaju značajnu ulogu u borbi sa poplavama i smanjenju šteta od poplava jer se njihovom primenom dobija izvesna prednost u odnosu na prirodu i mogućnost pravovremenog reagovanja.

Zaštita vodnog zemljišta da bi se omogućile povremene intervencije u cilju povećanja stepena zaštite linijskih sistema zaštite.



Izgradnja postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u cilju zaštite kvaliteta vode, kada se očekuju duži malovodni periodi u kojima je kvalitet vode ugrožen zbog manjih protoka, većih temperatura vazduha i vode, a samim tim i smanjene koncentracije rastvorenog kiseonika.

Definisanje metodologije za određivanje ekološkog protoka i neophodnost ispuštanja odgovarajućih količina vode nizvodno od pregradnog objekta neophodno je da bi se obezbedio opstanak i razvoj akvatičnih sistema, ali i neometan život ljudi u naseljima kraj reke nizvodno od objekta.

Zaštita akumulacija od eutrofikacije veoma je važan zadatak jer su akumulacije nezamenljivi objekti koji integralni sistem čine upravljivim. Zbog toga je izuzetno važno da se sve akumulacije štite od procesa eutrofikacije, koji mogu da dovedu do njihove ekološke destrukcije, ali i do smanjenja njihove upotrebljivosti za vodoprivredne potrebe.

ZAKLJUČAK

- **Srbija – zemlja siromašna domicilnim (vlastitim) vodama**
- **Izražena je prostorna i vremenska neravnomernost voda**
- **Raspoloživ vodni resurs < voda prisutna na slivu**
- **Klimatske promene ⇒ još veća unutargodišnja neravnomernost**
- **Neophodno preduzeti niz mera kako bi se ublažile posledice**



**UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET**

SRPSKO DRUŠTVO ZA PROUČAVANJE ZEMLJIŠTA



**UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET**

HVALA NA PAŽNJI!