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

## NOVA STRATEGIJA I UPRAVLJANJE POPLAVNIM TALASOM

Poplavama se mora upravljati a za to je potrebno raspolagati pouzdanim modelima. Modeli predstavljaju alat za predviđanja (predikcija) poplavnih talasa i na osnovu tih predviđanja kako se organizovati, tj. odgovoriti na razorno dejstvo poplavnog talasa, odnosno kako preći, sa tradicionalnog i pasivnog pristupa odbrani od poplava na upravljanje poplavama u punom značenju.

Kombinacijom hidrauličkih modela i hidroloških analiza proticaja i vodostaja iz prošlosti moguće je razviti model, a sa time omogućiti pouzdanije predviđanje velikih voda u budućnosti i razviti nov pristup upravljanja poplavama.

Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders [www.swarm.ni.ac.rs](http://www.swarm.ni.ac.rs)

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



## GEODETSKE PODLOGE KAO OSNOVA ZA UPRAVLJANJE POPLAVAMA


Novu strategiju je omogućio napredak geoprostornih tehnologija (Global Positioning System -GPS), daljinskog očitavanja (Remote Sensing -RS) i Geografski informacijski sistem (GIS). U poslednjih nekoliko godina napredak je izuzetan napredak u pogledu tehnike snimanja LiDAR (Light Detection and Ranging) tehnologijom.






**MOBILNI SISTEM ZA SKENIRANJE**  
(Izvor: Ninkov T, 2013)

Strengthening of master curricula in water resources management  
for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

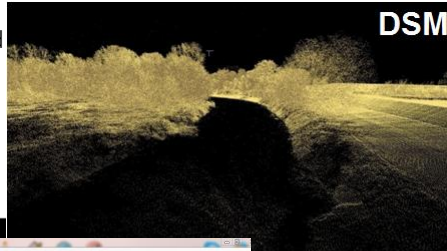

Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union 

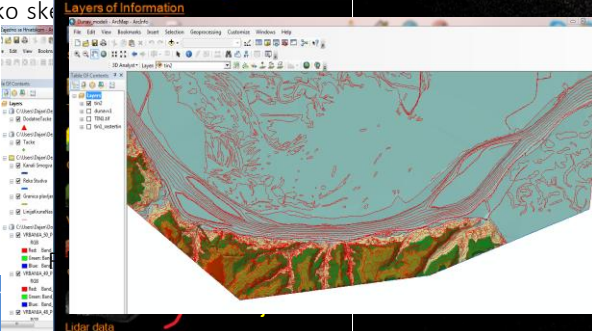


## GEODETSKE PODLOGE KAO OSNOVA ZA UPRAVLJANJE POPLAVAMA


**Izrada DMT-a :**

- digitalizacija postojećih geodetskih podloga
- klasične metode geodetskog merenja
- satelitski snimci
- aerofotogrametrija
- UAV tehnologija
- lasersko skeniranje







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



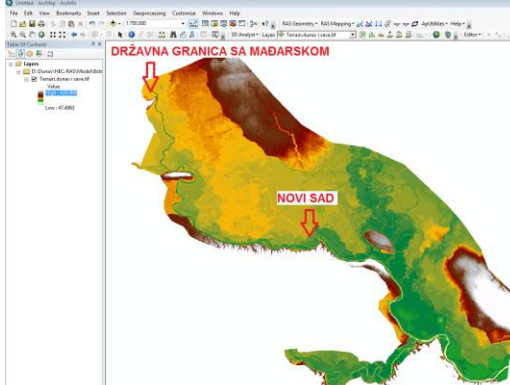
Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



## GEODETSKE PODLOGE KAO OSNOVA ZA UPRAVLJANJE POPLAVAMA


Napominje se da je površina za izradu hidrauličkog modela Dunava sa pritokama na području Srbije, od uliva Nere u Dunav do v.s. Beždan (1425,6 km) dužina 350 km a sa prosečnom širinom toka sa inundacijom od 1 km, oko 350-400 km<sup>2</sup>. Ceo hidraulički model Dunava u Srbiji sa pritokama je dužine 715 Km, a površina koja se analizira oko 600 km<sup>2</sup> !

Shodno tome istraživanja su bila usmerena na definisanje metodologije koja bi dala dovoljnu tačnost a sa druge strane omogućila da proračuni u hidrauličkom modelu traju što kraće.




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

www.swarm.ni.ac.rs

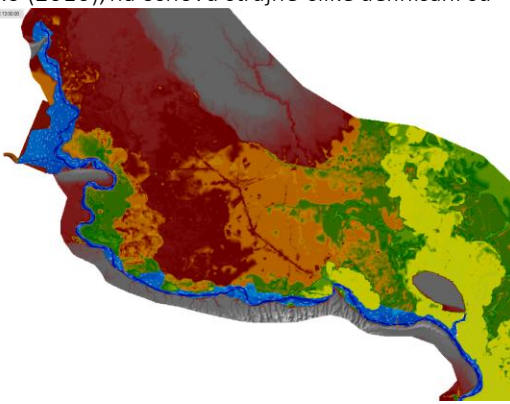
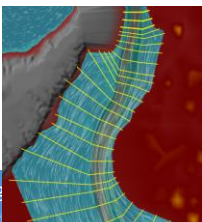


Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



## FORMULISANJE PRORAČUNSKOG (HIDRAULIČKOG) MODELA

Kod izrade hidrauličkog modela primenila se nova metodologija gde je prvo urađen 2D model u novom modulu HEC RAD 5.0 (2016), na osnovu strujne slike definisani su "izlomljeni" poprečni profili kroz koje je strujanje upravno i tako definisani profili su "uvučeni" u 1D HEC RAS. Na mestima kao što su oštri meandri (krivine) i ušća većih pritoka, inkorporiran je 2D hidraulički model. Odnosno ceo hidraulički model je kombinacija 1D/2D.

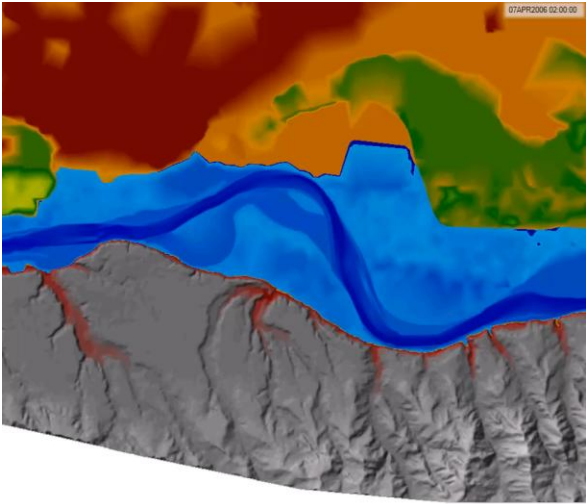
Strengthening of master curricula in water resources management  
for the Western Balkans HEIs and stakeholders

www.swarm.ni.ac.rs

swarm

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

FORMULISANJE PRORAČUNSKOG (HIDRAULIČKOG) MODELA



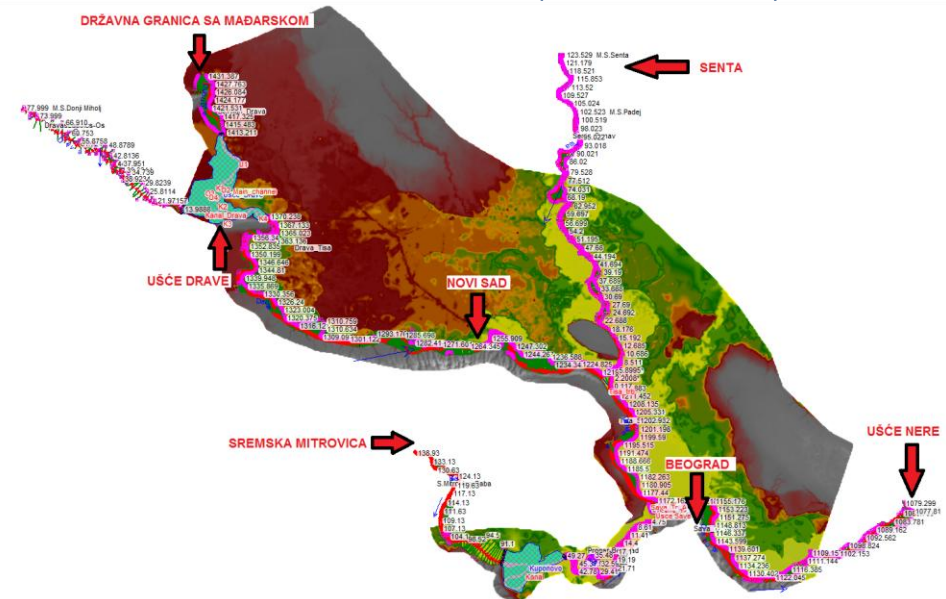
Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders

www.swarm.ni.ac.rs

swarm

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

FORMULISANJE PRORAČUNSKOG (HIDRAULIČKOG) MODELA



DRŽAVNA GRANICA SA MAĐARSKOM

SENJA

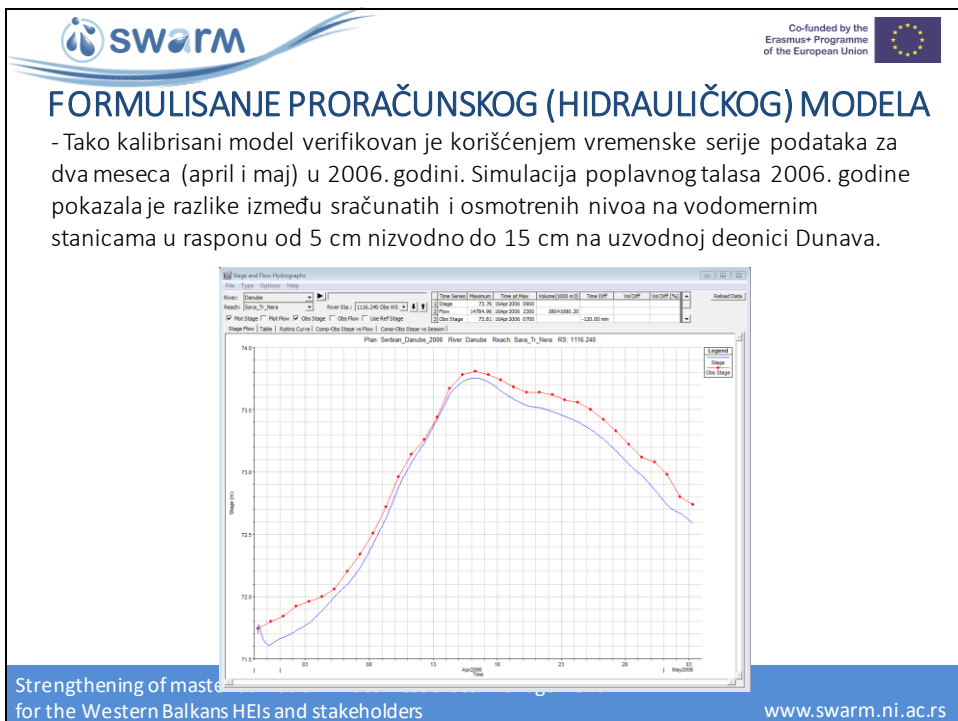
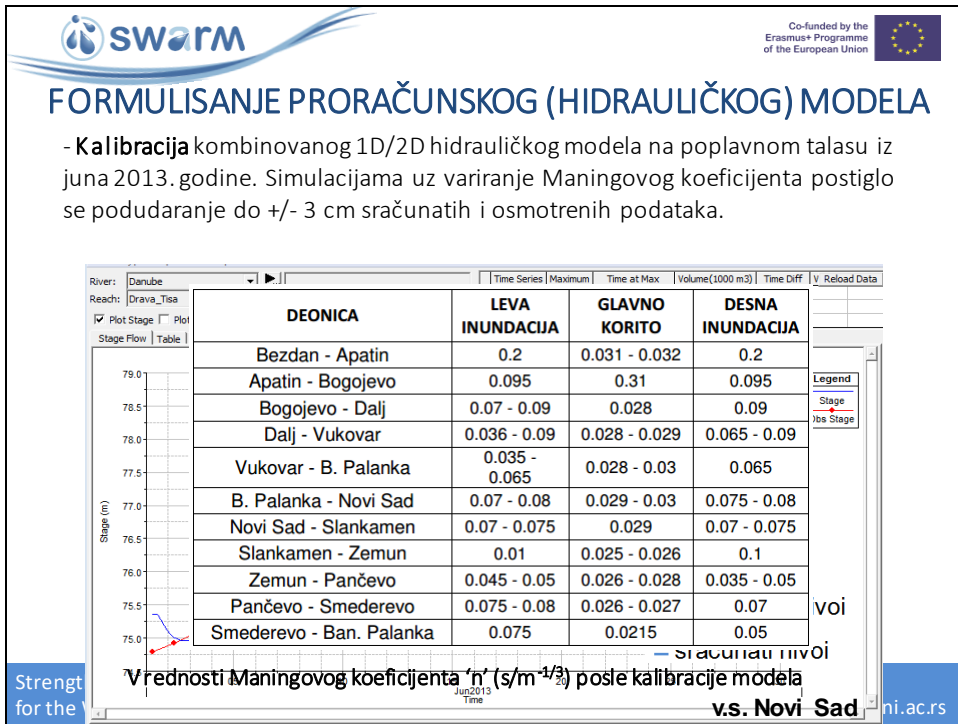
USĆE DRAVE

NOVI SAD

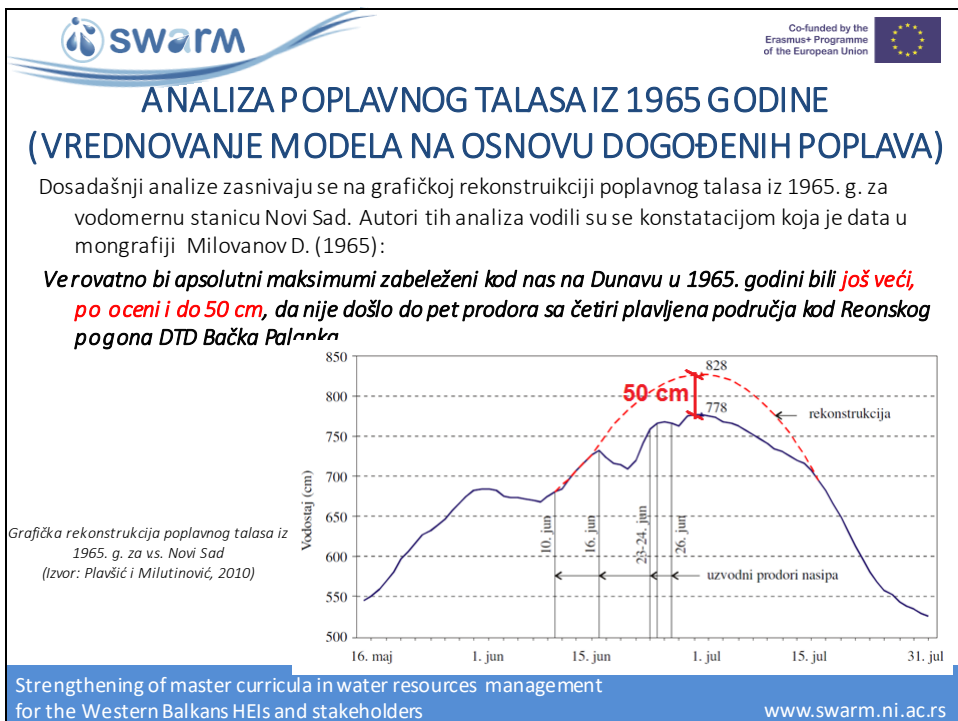
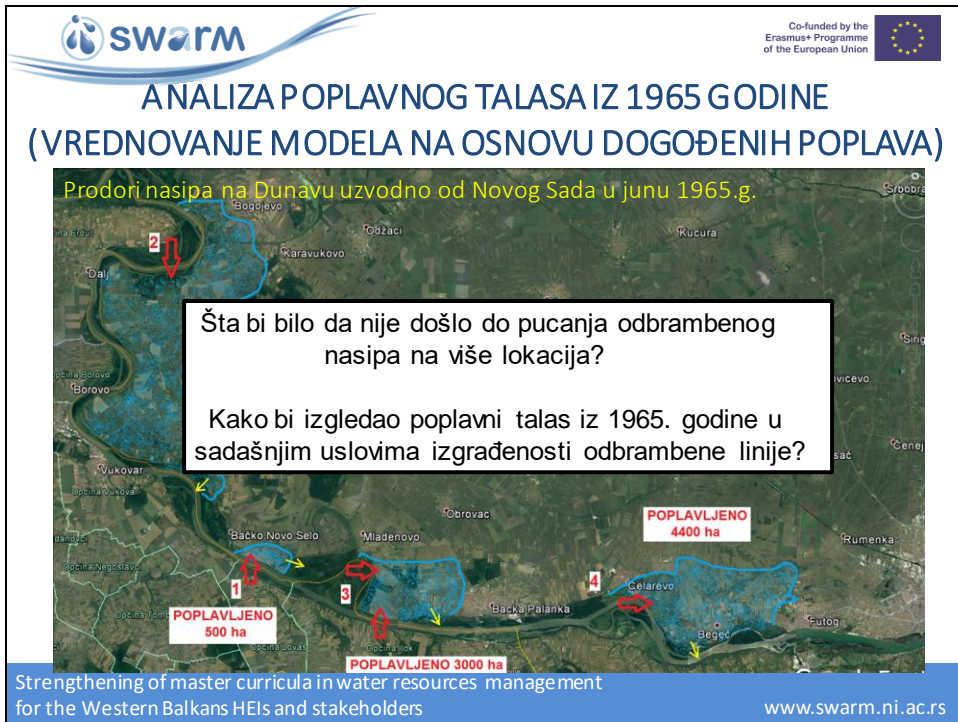
SREMSKA MITROVICA



BEOGRAD

USĆE NERE







## ANALIZA POPLAVNOG TALASA IZ 1965 GODINE (VREDNOVANJE MODELA NA OSNOVU DOGOĐENIH POPLAVA)

**-Simulacija poplavnog talasa**

Obzirom da 1965. g. nije bila izgrađena brana Đerdap I simulacija je urađena za slučaj bez uticaja uspora, prirodni režim.



Međutim, zbog mogućnosti da se poplavni talas iz 1965. g. ponovi pod sadašnjim graničnim uslovima, posle izgradnje brane Đerdap I, simulacija je izvršena i za taj slučaj.

Rezultati simulacije, prikazani kasnije, ukazuju da faktički nema značajnih uticaja brane Đerdap na maksimalne poplavne vode jer je ona i projektovana sa svojim otvorima da zadovolji prolazak 10 000 godišnje velike vode.

Za verifikaciju uticaja morfoloških promena izvršeno je upoređenje **izmerenog nivograma H(t)** 1965. g. kod v.s. Bezdan i **izračunatog preko hidrauličkog 1D/2D modela HEC RAS**. Razlika od **10 cm** za hidraulički model dugačak 349 km sa pritokama (Drava, Tisa, Sava, Morava) ukupno oko 550 km **je zanemarljiva**.

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

[www.swarm.ni.ac.rs](http://www.swarm.ni.ac.rs)

## ANALIZA POPLAVNOG TALASA IZ 1965 GODINE (VREDNOVANJE MODELA NA OSNOVU DOGOĐENIH POPLAVA)

Rezultati hidrauličkog proračuna

Rezultati hidrauličkog modela ukazuju da se najznačajniji prodor nasipa kod Kamarišta 16. juna desio prerano da bi značajnije uticao na maksimum kod Novog Sada koji se javio 29. Juna. Naročito kad se uzmu u obzir dve činjenice. Prvo da je već 20. juna otvoren nizvodno kod Kamarišta nasip da bi se voda vraćala u Dunav, drugo da je prodor nasipa kod Kamarišta udaljen  $1360 - 1254.98 = 105$  km od Novog Sada.

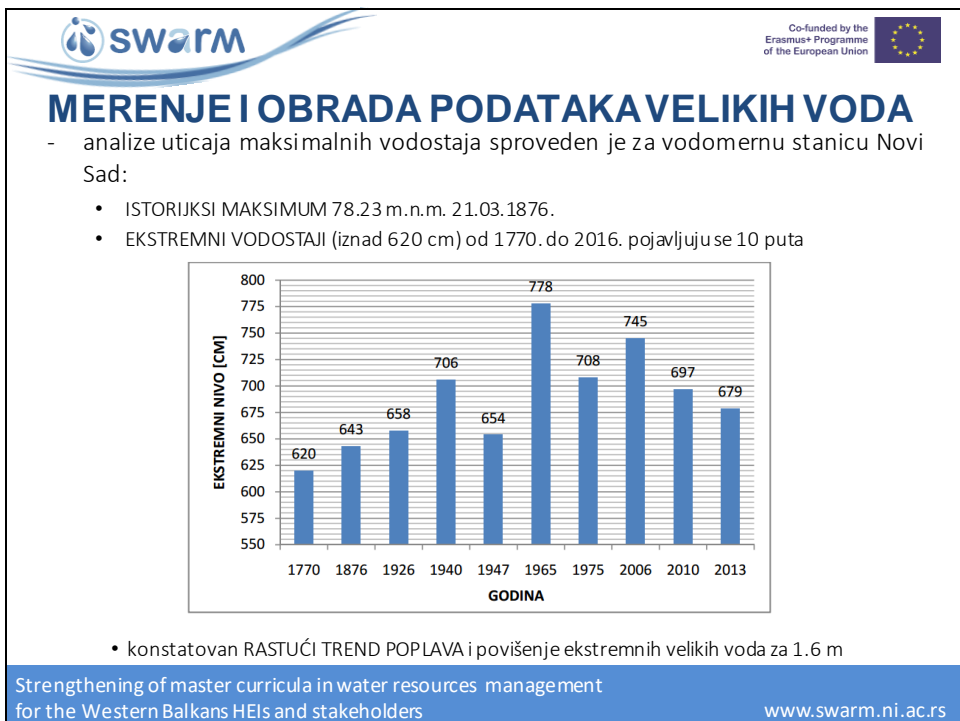
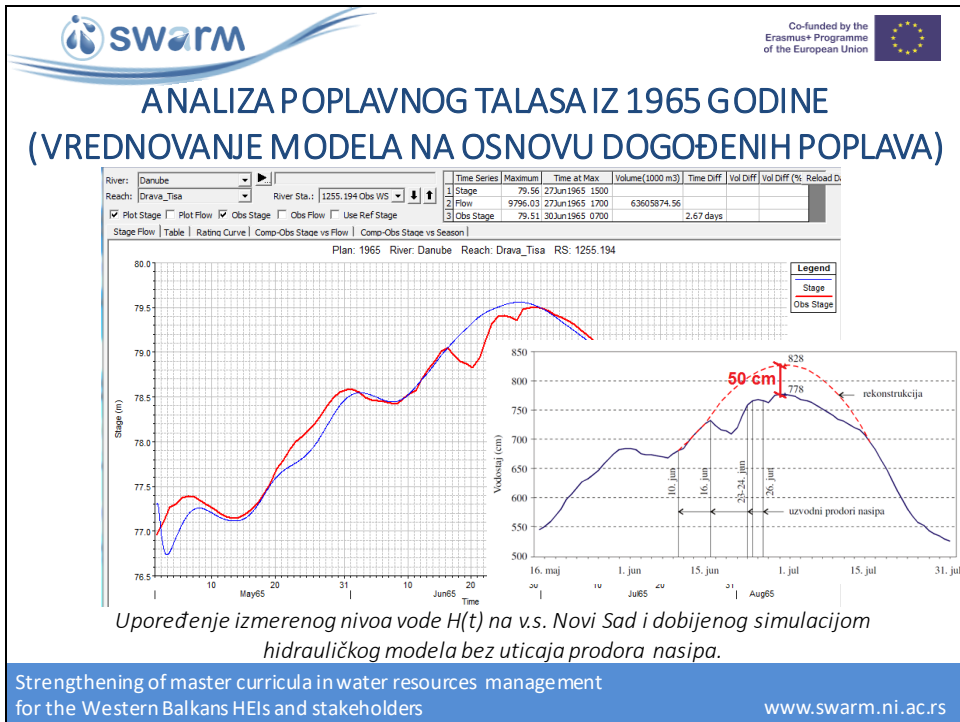
Isto važi i za prodore 22-24 juna kod Mladenova i 26 juna kod Čelareva. S tim da zbog manje zapremine poplavljenih retenzija njihov uticaj je još manji.

Prema hidrauličkom modelu, bez uticaja prodora nasipa i izlivanja u retenzije, maksimalni vodostaj kod v.s. Novi Sad bi bio u jutarnjim satima 29.06. oko 79.55 m.n.m. (+782 cm), **znači za svega +4 santimetra viši**.


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

[www.swarm.ni.ac.rs](http://www.swarm.ni.ac.rs)





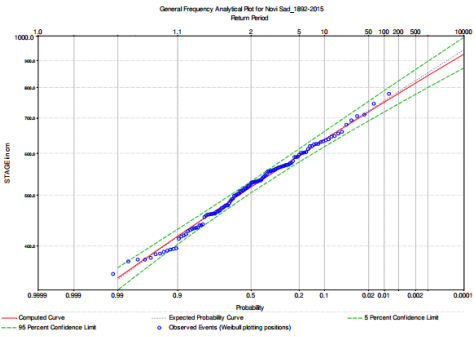
Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



## MERENJE I OBRADA PODATAKA VELIKIH VODA

### Obrada maksimalnih godišnjih vodostaja

- Prikupljeni podaci o maksimalnim godišnjim vodostajima i proticajima su dobijeni iz baze RHMZ-a kao i prikupljanjem iz starih godišnjaka i raznih studija.
- Analize nivoa i proticaja na vodomernim stanicama na toku Dunava izvršene su u softverskom paketu HEC-SSP 2.0. Analizirani su periodi od oko 100 godina a što se smatra dovoljnim statističkim nizom podataka za relevantne analize.




*Statistička analiza godišnjih  
maksimuma vodostaja (H) na v.s. Novi  
Sad od 1892-2015*

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

www.swarm.ni.ac.rs

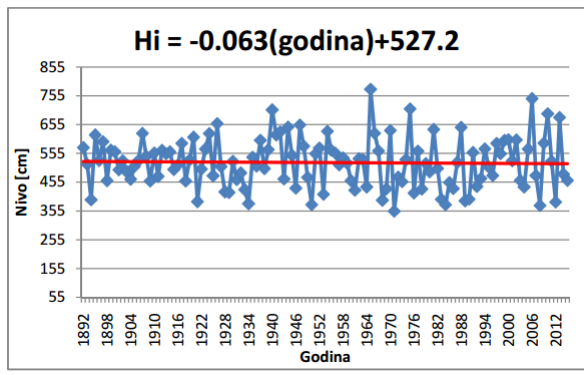
Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



## MERENJE I OBRADA PODATAKA VELIKIH VODA

### Obrada maksimalnih godišnjih vodostaja

- Analiza trenda nivoa za sve vodomerne stanice

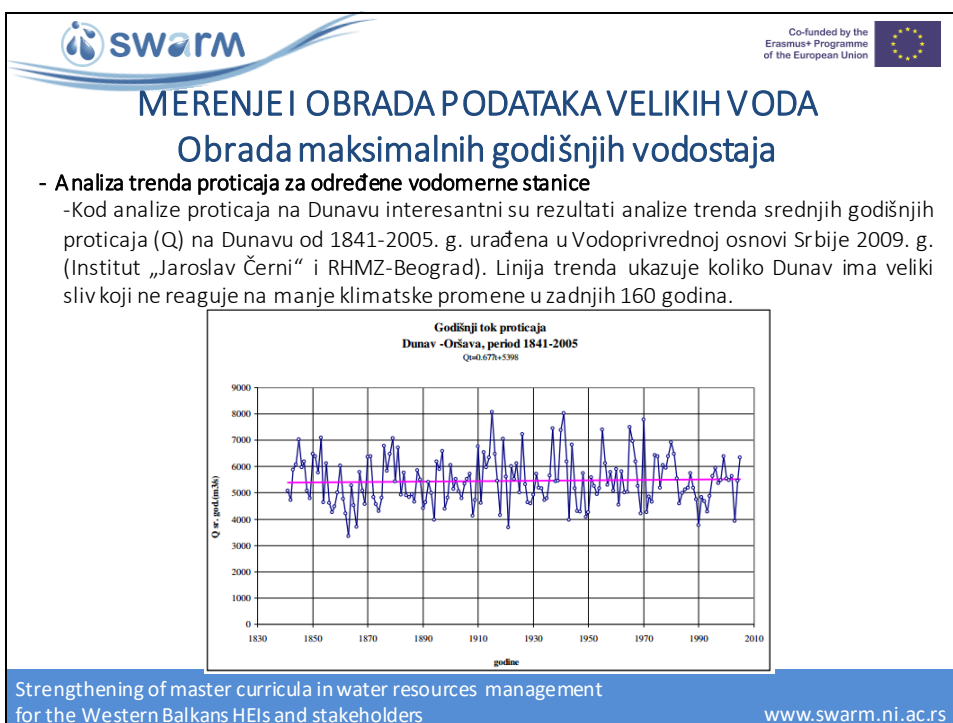
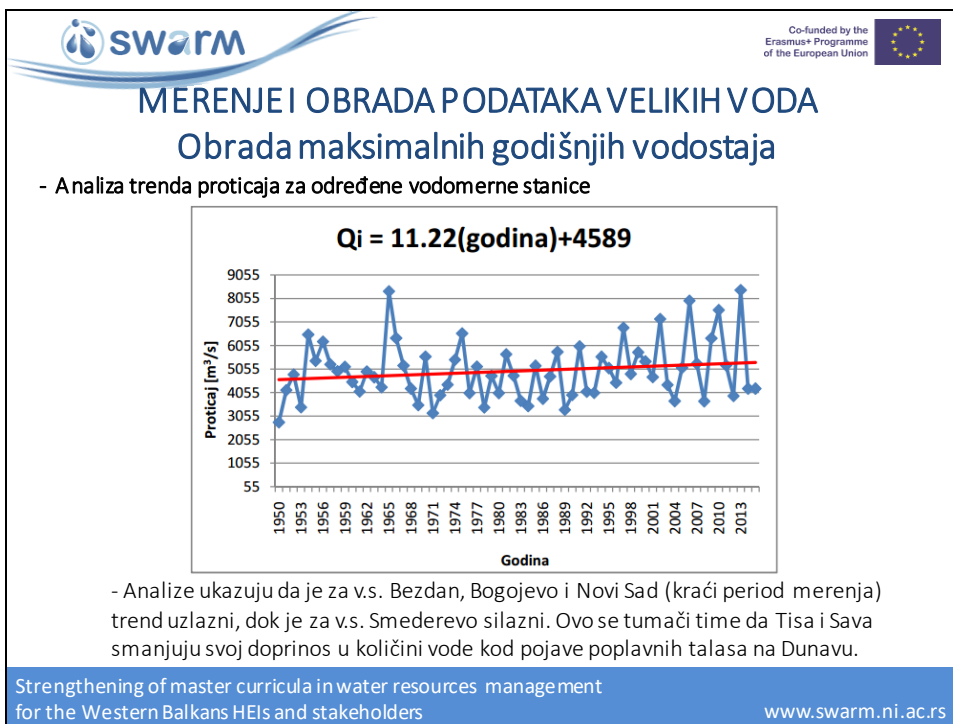




**$H_i = -0.063(\text{godina}) + 527.2$**

- nema trenda porasta → odabrani periodi v.s. predstavljaju homogen niz bez značajnijih uticaja promene morfologije tokom analiziranog perioda. Ovo ukazuje da velike reke kao Dunav nisu toliko podložne promenama.

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

www.swarm.ni.ac.rs



## MERENJE I OBRADA PODATAKA VELIKIH VODA MATEMATIČKA STATISTIKA PIKOVA

*Merodavna velika voda (MVV) je nivo ili proticaj na koji se projektuje neki hidrotehnički objekat, a da pri toj koti ili proticaju taj objekat ima funkcionalnu stabilnost.*

“Vrlo čest slučaj kod velikih reka je da čak 20-40% godišnjih maksimuma nije čak ni izašlo iz glavnog (minor) korita. Veliko je pitanje da li se za tu godinu može reći da je bilo poplavnog talasa.”



*Ako se posmatra uzorak koji je sastavljen samo iz poplava (pikova) onda se može reći da je velika voda verovatnoće  $p=1\%$  nivo koji reka prosečno (ne mora u svakom uzorku od 100 da se pojavi) od 100 poplava jedanput prevaziđe.*

*Do sadašnja definicija MVV je bila da je to onaj nivo koji reka prosečno (ne mora da se pojavi u svakih sto godina) jedanput u 100 godina prevaziđe.*

Iz prethodnog razloga se termin 100 godišnja velika voda dobijena iz uzorka godišnjih maksimuma treba p smatrati sa rezervom, odnosno treba se izvršiti i analiza uzorka pikova i onda tek doneti zaključak o MVV.

Takođe treba ispitati dužinu vremenskih serija uzoraka godišnjih maksimuma.

Strengthening of master curricula in water resources management  
for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

## MERENJE I OBRADA PODATAKA VELIKIH VODA MATEMATIČKA STATISTIKA PIKOVA


Početak analize ekstremnih velikih voda Poisson-ovom raspodelom

Eksponecijalna jednoparametarska funkcija (spec. slučaj Gama raspodele)

Modifikovana jednoparametarska eksponen. raspodela (uvodi se element broja poplava u nekom vremenskom intervalu)

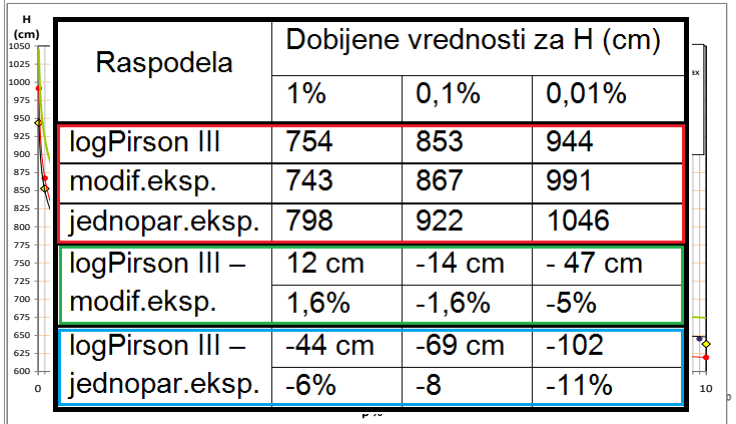
Strengthening of master curricula in water resources management  
for the Western Balkans HEIs and stakeholders www.swarm.ni.ac.rs

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



## MERENJE I OBRADA PODATAKA VELIKIH VODA

- Prikaz uporednih rezultata obrade uzorka godišnjih maksimuma i „pikova“ iznad 550 cm za v.s. Novi Sad



Raspodela	Dobijene vrednosti za H (cm)		
	1%	0,1%	0,01%
logPirson III	754	853	944
modif.eksp.	743	867	991
jednpar.eksp.	798	922	1046
logPirson III –	12 cm	-14 cm	- 47 cm
modif.eksp.	1,6%	-1,6%	-5%
logPirson III –	-44 cm	-69 cm	-102
jednpar.eksp.	-6%	-8	-11%

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

[www.swarm.ni.ac.rs](http://www.swarm.ni.ac.rs)

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



## MERENJE I OBRADA PODATAKA VELIKIH VODA PROBABLE MAXIMUM FLOOD (PMF)

- Sredinom osamdesetih godina uveden je pojam „verovatno maksimalna poplava“ (Probable Maximum Flood - PMF) koji se vrlo često izjednačava sa 1000 godišnjom velikom vodom.


- „PMF je poplava koja proizlazi iz najnepovoljnije moguće kombinacije, pljuska, akumulacije snega, nagle promene temperature i zasićenosti zemljišta vlagom.“, (Canadian Dam Safety Association, 1995)

- Vrlo često se u javnosti stvara lažni utisak da ako je nasip ili brana dimenzionisana PMF da je objekat u potpunosti siguran na prihvat bilo kog poplavnog talasa i da smo maksimalno sigurni na bilo kakve poplave.


- Kod izračunavanja PMF treba imati na umu da vremenske serije merenih podataka oko 100 godina mogu da daju pouzdane podatke za povratni period do 1000 godina, dok bi za povratni period od 10 000 godina greška mogla da iznosi i do 25% (Smith, 1998).

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

[www.swarm.ni.ac.rs](http://www.swarm.ni.ac.rs)



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



## MERENJE I OBRADA PODATAKA VELIKIH VODA ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Vodometna stanica	Period (god.)	„0“ vodometra (m.n.J.m.)	metoda	Izračunati nivoi H (cm)			Zvaničan podatak MVV (1947-1967) (cm) i zabeleženo H <sub>isp.</sub>
				1%	0,1%	0,01%	
Bezdán	1916-2015	80.64	LPT3	781	858	921	MVV= 801 H <sub>isp.</sub> = (24.06.1965.)
			hidr. model	795	911	1019	776
Apatin	1920-2015	78.84	LPT3	855	951	1038	MVV= 864 H <sub>isp.</sub> = (24.06.1965.)
			hidr. model	863	978	1085	825
Bogojevo	1920-2015	77.46	LPT3	854	967	1070	MVV= 859 H <sub>isp.</sub> = (15.06.1965.)
			hidr. model	854	974	1085	817
B. Planaka	1920-2015	73.97	LPT3	801	922	1038	MVV= 818 H <sub>isp.</sub> = (26.06.1965.)
			hidr. model	796	911	1019	790
Novi Sad	1916-2015	71.73	LPT3	781	901	1017	MVV= 805 H <sub>isp.</sub> = (28.06.1965.)
			hidr. model	773	892	1002	778
			„pikova“	743	867	991	
Stankamen	1923-2015	69.68	LPT3	823	957	1092	
			hidr. model	813	939	1052	
Zemun	1920-2015	67.87	LPT3	816	934	1047	MVV= 820 H <sub>isp.</sub> = (16.04.2006)
			hidr. model	792	898	996	783
Pančevo	1919-2015	67.33	LPT3	817	932	1042	MVV= 834 H <sub>isp.</sub> = (16.04.2006)
			hidr. model	781	885	983	777
Smederevo	1921-2015	65.36	LPT3	844	943	1035	MVV= 844 H <sub>isp.</sub> = (16.04.2006)
			hidr. model	-	-	-	845
			„pikova“	883	1048	1212	

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

www.swarm.ni.ac.rs



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



## RETENZIJA KAO MERA ZA UPRAVLJANJE POPLAVAMA

- tri veštačke retenzije na uzvodnom delu Tise






- zapremina retenzije ima dominantni uticaj na deformaciju poplavnog talasa ali na smanjenja “špica” poplavnog talasa veliki uticaj ima i vreme kad je otvorena retenzija



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


www.swarm.ni.ac.rs





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

## RETenZIJA KAO MERA ZA UPRAVLJANJE POPLAVAMA

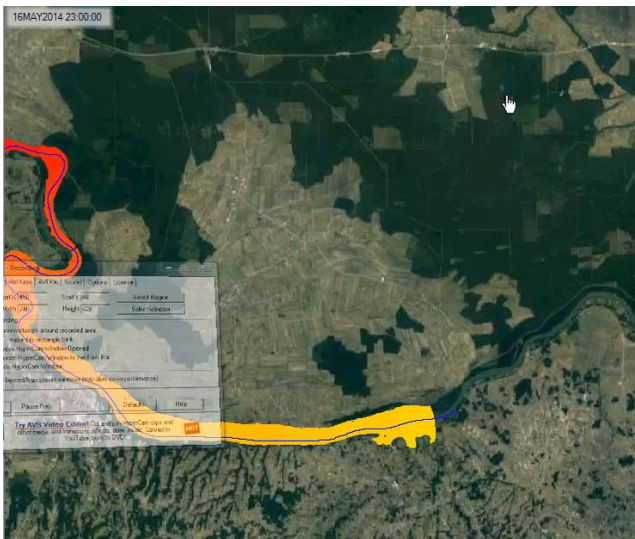
- nakon prodora reke Save u maju 2014. godine stvorili su se uslovi za istraživanja u kojima je napravljen 1D model korita Save za prihvat velikih voda i 2D model retenzionog (plavljenog) prostora.





Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders [www.swarm.ni.ac.rs](http://www.swarm.ni.ac.rs)

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

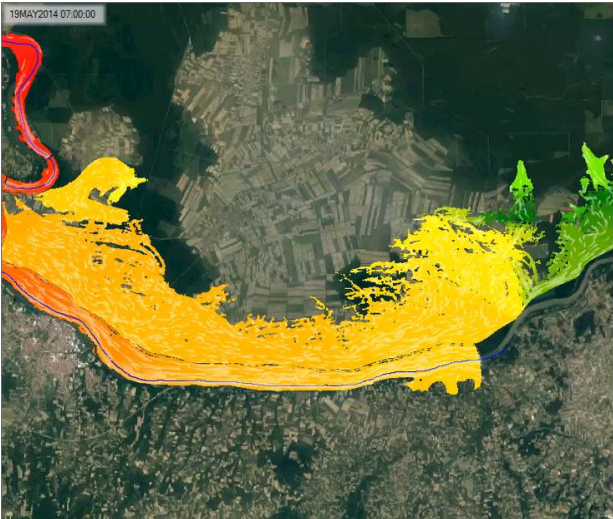
## RETenZIJA KAO MERA ZA UPRAVLJANJE POPLAVAMA





Strengthening of master curricula in water resources management for the Western Balkans HEIs and stakeholders [www.swarm.ni.ac.rs](http://www.swarm.ni.ac.rs)


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

## REtenzija kao mera za upravljanje poplavama



Strengthening of master curricula in water resources management  
 for the Western Balkans HEIs and stakeholders [www.swarm.ni.ac.rs](http://www.swarm.ni.ac.rs)


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

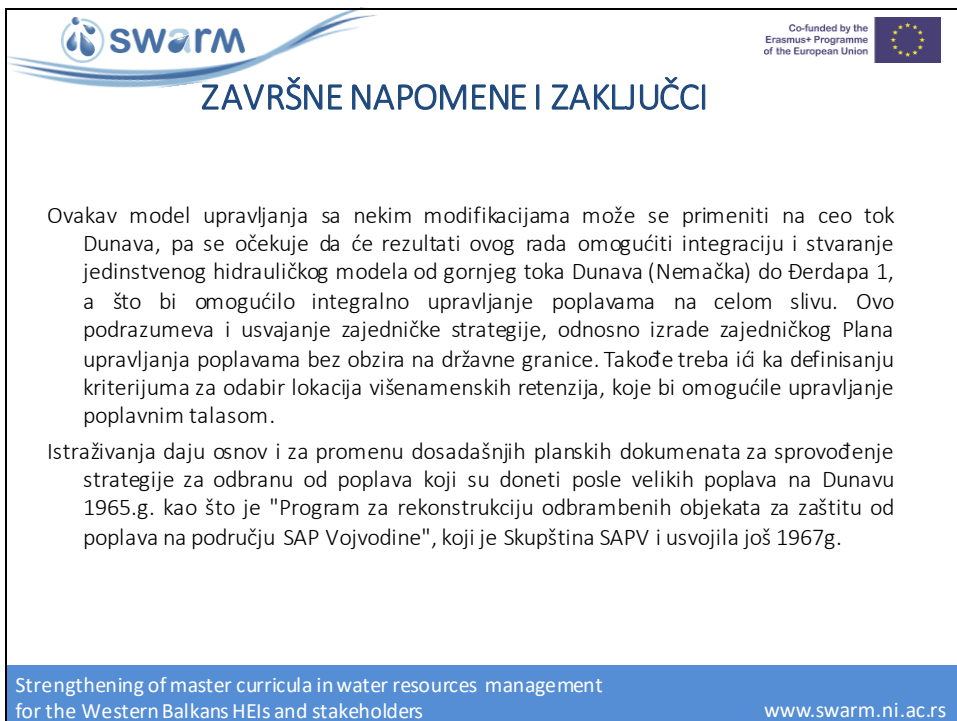
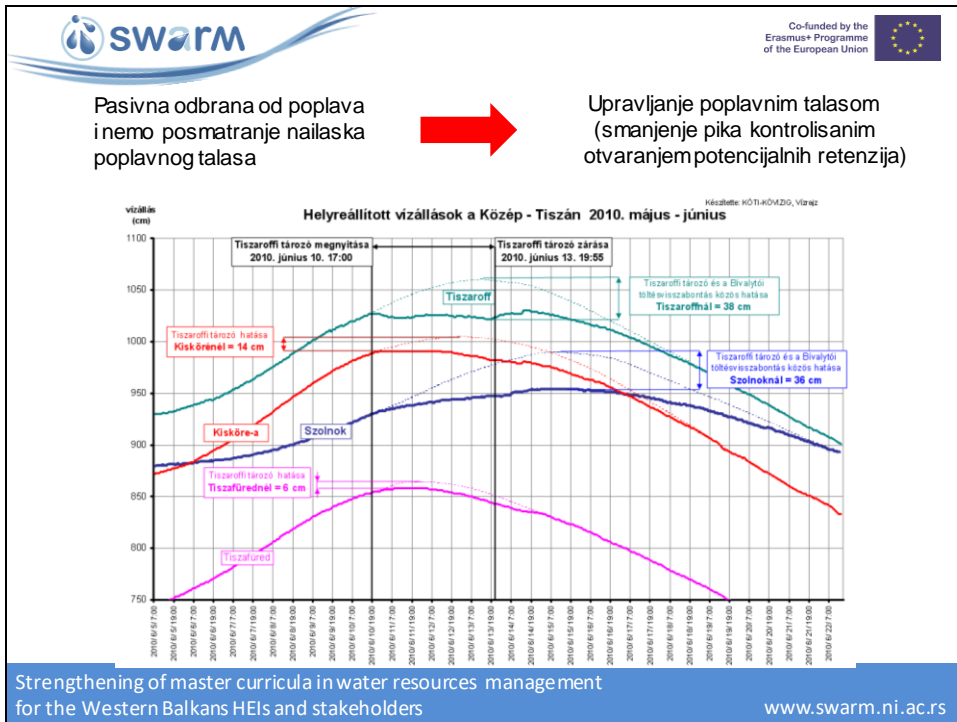
## ZAVRŠNE NAPOMENE I ZAKLJUČCI

Poplavama se mora upravljati a za to je potrebno raspolagati pouzdanim modelima. Modeli predstavljaju alat za predviđanja (predikcija) poplavnih talasa i na osnovu tih predviđanja kako se organizovati, tj. odgovoriti na razorno dejstvo poplavnog talasa, odnosno kako preći, sa tradicionalnog i pasivnog pristupa odbrani od poplava na upravljanje poplavama u punom značenju.

Kombinovani 1D/2D hidraulički model za tok Dunava kroz Srbiju, predstavlja pouzdan alat za upravljanje poplavnim talasom koji omogućava simulaciju mogućeg scenarija.

Kao preduslov za tačnost hidrauličkog modela je i izrada preciznih modela terena DTM.

Strengthening of master curricula in water resources management  
 for the Western Balkans HEIs and stakeholders [www.swarm.ni.ac.rs](http://www.swarm.ni.ac.rs)





# HVALA NA PAŽNJI

doc. Dr Slobodan Kolaković

*Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu*  
*Kolakovic.s@uns.ac.rs*

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

[www.swarm.ni.ac.rs](http://www.swarm.ni.ac.rs)