



# PROGRAM SAVETOVANJA

I

# KNJIGA APSTRAKATA



# 20. savetovanje SDHI i SDH

1-2. april 2024. Beograd

Ponedjeljak, 01. april 2024.		
08:30-09:00	REGISTRACIJA	
	SESIIJA 1 (Sala 1)	
09:00-09:05	OTVARANJE – Jasna Plavšić i Nenad Jaćimović	
09:05-09:30	UVODNO PREDAVANJE - Dubravka Pokrajac: Uopštene jednačine za tečenje u plitkim oblastima strujanja	
09:30-09:55	UVODNO PREDAVANJE - Zoran Kapelan: Digitalne tehnologije i resenja za efikasnije upravljanje vodama	
09:55-10:00	Pauza	
	<b>SESIIJA 2-A (Sala 1)</b> <b>Predsedavajući: Slobodan Đorđević</b>	<b>SESIIJA 2-B (Sala 2)</b> <b>Predsedavajuća: Jasna Plavšić</b>
10:00-10:15	Integration of health indicators and quantification of benefits from BGS - based urban interventions, Wenfei Huo, Tasos Temenos, Stanislava Bošković and Čedo Maksimović	Long-Term Trend Analysis of River Flow in Montenegro, Milena Ostojić, Olga Čalasan, Ivana Čipranić i Goran Sekulić
10:15-10:30	Slušanje zajednice: implikacije kulturnih i socijalnih vrednosti na upravljanje urbanim rešenjima zasnovanim na prirodi - australijska i srpska perspektiva, Veljko Prodanović i Anja Randelović	Odgovor na izazove u odbrani od poplava na bujičnim vodotocima u Srbiji: Sistem ranog upozoravanja na poplave na slivu Kolubare, Marija Ivkovic, Darko Janjić, Vladimir Beljinac, Vladislav Kecović, Nikola Jovanovic, Luka Stojadinović, Ivan Marisavljević, Vladimir Milivojevic, Nikola Milivojevic, Jasna Plavšić, Dušan Prodanović, Dragutin Pavlović, Nenad Jaćimović i Slavimir Stevanovic
10:30-10:45	Razvoj numeričkog modela transporta vode i toplote kroz nezasićenu poroznu sredinu sa primenom na zelenim krovovima, Filip Stanić, Milica Sedak, Željko Vasilić i Anja Randelović	Praćenje stanja vlažnosti u slivu korišćenjem dijagrama marginalnih raspodela dnevnih protoka, Vladislava Mihailović, Borislava Blagojević i Jasna Plavšić
10:45-11:00	Life Cycle Analysis of Porous Pavement Blocks, Nevena Anđelić, Zorana Naunović, Vladana Rajaković-Ognjanović i Aleksandar Savić	Uticaj podataka o nameni zemljišta na procenu merodavnih velikih voda i efekata mera za njihovo ublaženje, Jovana Vićanović, Andrijana Todorovic, Nikola Rosić i Jasna Plavšić
11:00-11:30	Pauza	
	<b>SESIIJA 3-A (Sala 1)</b> <b>Predsedavajući: Dušan Prodanović</b>	<b>SESIIJA 3-B (Sala 2)</b> <b>Predsedavajuća: Borislava Blagojević</b>
11:30-11:45	Poređenje rezultata fizičkog i numeričkog modeliranja strujanja na evakuacionim objektima visokih brana, Robert Ljubičić, Budo Zindović, Predrag Vojt, Danica Starinac, Dimitrije Mladenović, Bojan Milovanović, Radomir Kapor i Ljubodrag Savić	Analiza osetljivosti rezultata proračuna šteta od poplava na promenu parametara računskog modela – Primer sliva reke Tamnave, Jelena Čupeljić, Nikola Rosić, Andrijana Todorović, Laddaporn Ruangpan, Jasna Plavšić i Ranko Pudar

**Ponedjeljak, 01. april 2024.**

11:45-12:00	Pristup zasnovan na podacima za predikciju rečnog protoka primenom mašinskog učenja, Luka Vinokić, Milan Dotlić, Veljko Prodanović i Milan Stojković	Procena protoka u domenu velikih voda na hidrološkoj stanici Bezdan, Aleksa Kolašinac, Lazar Delić, Matija Matić, Jovana Janjić, Nikola Kovačević, Ivana Dmitrović, Radivoje Tomašević, Mira Ivljanin, Samir Čatović i Dejana Đorđević
12:00-12:15	Arduino kao platforma za hidrauličko hidrološka istraživanja, Predrag Vojt, Robert Ljubičić i Dušan Prodanović	Rekonstrukcija hidrograma poplavnih talasa na hidrološkoj stanici Prijedor, Petar Praštalo i Dejana Đorđević
12:15-12:30	Virtuelna stvarnost u obrazovanju o vodi: Studija slučaja gubitaka u cevima, Aleksandar Đorđević, Milan Gocić, Milica Ćirić, Vuk Milošević i Borislava Blagojević	Uspostavljanje krive protoka, Predrag Vojt, Luka Stojadinović, Marija Ivković i Dragutin Pavlović
Pauza - Ručak		
<b>SESIJA 4 (Sala 1)</b>		
14:00-14:25	UVODNO PREDAVANJE – Zoran Vojinović: Nature-Based Solutions for Water Security and Climate Adaptation: Current and Future Research Directions	
14:25-14:30	Pauza	
	<b>SESIJA 5-A (Sala 1)</b> <b>Predsedavajući: Zoran Kapelan</b>	<b>SESIJA 5-B (Sala 2)</b> <b>Predsedavajuća: Andrijana Todorović</b>
14:30-14:45	WEPASS Project - Making the Iron Gate Dams passable for migratory fish, Nevena Cvijanović	Novi numerički model infiltracije kao kombinacija konceptualnog i fizički zasnovanog pristupa, Filip Stanić, Nenad Jaćimović, Zeljko Vasilić i Anja Ranđelović
14:45-15:00	Merenje protoka na prilazima cevnih turbina uz pomoć EM senzora brzine: Unapređenje metodologije proračuna merne nesigurnosti, Damjan Ivetić i Dušan Prodanović	Kalibracija krive protoka ponorske zone u Gatačkom polju, Tamara Sudar, Nenad Jaćimović i Nikola Rosić
15:00-15:15	Hidraulička modelska ispitivanja prelivne brane velikog specifičnog protoka – primer brane Makhool, Danica Starinac, Dimitrije Mladenović, Predrag Vojt, Dalibor Drašković, Ljubodrag Savić, Radomir Kapor, Robert Ljubičić i Budo Zindović	Poređenje uticaja prirodne regulacije vodotoka korišćenjem hidrauličkih modela različite složenosti, Anica Milanović, Petar Praštalo i Žana Topalović
15:15-15:30	Merenje protoka na prilazima cevnih turbina uz pomoć EM senzora brzine: Hidraulička analiza izmerenih polja brzina, Damjan Ivetić, Dušan Prodanović, Miloš Milašinović i Igor Pisić	Primena Geografskog informacionog sistema (GIS) za proračun srednjih voda, Jelica Protić, Andrijana Todorović i Milica Marković
15:30-16:00	Pauza	
	<b>SESIJA 6-A (Sala 1)</b> <b>Predsedavajuća: Dubravka Pokrajac</b>	<b>SESIJA 6-B (Sala 2)</b> <b>Predsedavajući: Zoran Vojinović</b>
16:00-16:15	Merenje brzina tečenja i protoka u otvorenim kanalima primenom softverskog alata SSIMS-Flow, Robert Ljubičić, Nikola Rosić i Budo Zindović	Uspostavljanje osmatračke mreže za ranu najavu i upozorenja od poplava, Predrag Vojt, Milan Rula, Vukašin Ćirković i Marija Ivković
16:15-16:30	Ispitivanje uticaja hidroelektrane kao graničnog uslova na rezultate hidrauličkog modela, Snežana Filipović, Miloš Milašinović, Dušan Prodanović i Nikola Milivojević	Metode za asimilaciju podataka u hidrološkim modelima: primena i ograničenja, Miloš Milašinović, Luka Stojadinović, Dušan Prodanović i Nikola Milivojević

**Ponedjeljak, 01. april 2024.**

16:30-16:45	Stress in the Foundation of the Side Spillways of the "Pambukovica" Dam, Katarina Nikolić, Bojan Milovanović, Vladan Kuzmanović i Ljubodrag Savić	Problematika konfiguracije 1D hidrodinamičkog modela na slivovima male i srednje veličine, Ivan Marisavljević, Ognjen Prohaska, Marija Milovanović, Marija Ivković i Vladimir Milivojević
16:45-17:00	Hidraulička modelska ispitivanja ulazne građevine i praga u koritu reke - primer HE Una Kostela, Danica Starinac, Dimitrije Mladenović, Predrag Vojt, Ljubodrag Savic, Radomir Kapor, Budo Zindovic i Irvina Numić	Metode za asimilaciju podataka u hidrološkim modelima: primer sistema RNU Kolubara, Luka Stojadinović, Miloš Milašinović, Marija Ivković i Nikola Milivojević
19:00 –	<b>SVEČANA VEČERA (SALA 1)</b>	

## Utorak, 02. april 2024.

Utorak, 02. april 2024.		
	<b>SESIJA 7 (Sala 1)</b>	
09:00-09:25	UVODNO PREDAVANJE – Dragan Savić: Digitalizacija u vodoprivredi	
09:25-09:50	UVODNO PREDAVANJE – Ana Mijić: An exploratory bottom-up resilience assessment framework for integrated water systems	
09:50-10:00	Pauza	
	<b>SESIJA 8-A (Sala 1) Predsedavajući: Nenad Jaćimović</b>	<b>SESIJA 8-A (Sala 2) Predsedavajući: Marko Ivetić</b>
10:00-10:15	Dimenzionisanje gravitacionih sistema za odvođenje otpadne vode iz objekata primenom standarda SRPS EN 12056, Matija Stipić, Marijana Milić, Goran Jeftenić i Danilo Stipić	Inovativna eksperimentalna metoda za određivanje vodoprovodljivosti visokopropusnih poroznih materijala, Ognjen Govedarica, Filip Stanić, Nenad Jaćimović, Branislava Lekić i Anja Randelović
10:15-10:30	Da li su vertikalni zeleni sistemi budućnost urbanih voda? Pregled najnovijih saznanja iz oblasti zelenih zidova za vodni menadžment, Veljko Prodanovic	Simulation study on the impact and benefits of plant species on the environment and non-communicable diseases in Shanghai, Yulin (Lisa) Liu, Cedo Maksimovic, Stanislava Boskovic, Wenfei Huo
10:30-10:45	Mogućnosti za merenje debljine vodenog filma na površini kolovoza, Dušan Prodanović, Damjan Ivetić i Miloš Milašinović	Validation of the relationship between instantaneous air temperature and LST from Landsat 8 and 9 OLI data, Zihan Liang, Čedo Maksimović and Stanislava Bošković Quantification of Impacts of "Blue-Green Solutions" on improvement of air quality in urban areas, Siqi Chu, Cedo Maksimovic and Stanislava Bošković
10:45-11:00	Kombinovanje metoda za merenje protoka u kanalizacionim sistemima u cilju smanjenja merne nesigurnosti usled lokalnih uslova strujanja, Damjan Ivetić, Dusan Prodanović, Nemanja Rak, Miloš Milašinović i Robert Ljubičić	Prosumption Management of Solar Panels for Water Source Heat Pumps using Pump Storage Technology, Eguono Omo-Aghoja, Čedo Maksimović, Stanislava Bošković, Nataša Djurić, Ranko Božović, Dragan Brnjoš, Nataša Tučić and Tijana Kozić
11:00-11:15	Analiza procesnih alternativa za liniju mulja sa budućeg PPOV „Veliko Selo“, Žarko Sretenović, Natalija Pavlović, David Mitrinović, Fabian Fenoglio, Zorana Naunovic, Aleksandar Đukić i Miodrag Popović	Quantification of impact and benefits of vegetation species used in BGS based landscape and urban environment, Zhuoqun Wang, Marija Janjić, Stanislava Bošković and Čedo Maksimović Blending" Blue Green/Nature Based Solutions with Green Harbour concept for innovative Blue Green Harbour Solutions, Olga Gkologianni, Cedo Maksimovic and Stanislava Boskovic
11:15-11:45	Pauza	
	<b>SESIJA 9 (Sala 1) Predsedavajući: Dragan Savić</b>	
11:45-12:00	Morski talasi - teorija, merenja, simulacije, Teodor Vrećica	
12:00-12:15	Korišćenje polu-analitičkih rešenja za analizu rezultata testa vodoprovodljivosti sa dva rezervoara, Filip Stanić, Ognjen Govedarica, Nenad Jaćimović, Branislava Lekić i Anja Randelović	
12:15-12:30	Primena VOF numeričke metode za modeliranje strujanja na glatkim i stepenastim brzotocima, Robert Ljubičić, Budo Zindović, Radomir Kapor i Ljubodrag Savić	
12:30-12:45	Hidraulički proračun mreža pod pritiskom primenom TRIBAL ΔQ metode u uslovima potrošnje koja zavisi od pritiska, Zeljko Vasilic i Milos Stanic	

**Utorak, 02. april 2024.**

12:45-13:00	Interactions of Danube River thermal regime and water quality with euPOLIS Case Study in Belgrade monitoring and modelling program, Lauren Longfellow, Čedo Maksimović, Stanislava Bošković, Anja Randelović, Branislava Jovanović i Vladana Rajaković
13:00-13:15	Potentials of contaminants adsorption by bone char for setting up environmental remediation guidance in Serbia, Ziyi Yang, Geoff Fowler, Čedo Maksimović and Dragana Đorđević
13:15-13:20	ZATVARANJE SAVETOVANJA

## SESIJA 2A

### Integration of health indicators and quantification of benefits from BGS-based urban interventions

Wenfei Huo, Anastasios Temenos, Aikaterini Angeli, Stanislava Bošković, Čedo Maksimović

**ABSTRACT:** Blue-green solutions benefit human health by mitigating the negative impact of urbanization and climate change. Establishing various indicators and their implementation in full-scale cases on how BGS influence human well-being requires a comprehensive study and integration of the results of monitoring both environmental conditions and impacts on human beings with advanced models for quantification of impacts. Building upon concepts within the existing framework of the Nature-Based Solutions (NBS) or Blue Green Solutions (BGS) linked to health theory, this study aims to investigate and quantify the benefits brought about by urban green spaces using integrating wearable devices to quantify the impact of BGS on human health. An example of this impact is to investigate the changes in heart rate among park users in the “healthy environment areas” and establish connections between these changes and the local environmental conditions. The initial research was conducted at the demo site of the HEART project (<https://www.heart-project.eu/>), the Pedion of Areos Park in Athens. The heart rate data of two participants engaged in walking activities within the park were recorded through wearable devices. By analyzing the associations between the local environmental condition characterized by factors like the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), air pollutants, and air temperature with heart rate, this study reveals initial SIGNS OF the positive impact of BGS on human health. The outcomes of quantitative statistical analysis indicate that temperature significantly influences heart rate, while the impact of air pollutants on heart rate is not clearly evidenced here. It requires a bigger sample which is forthcoming. The result from spatial analysis further confirms a significant correlation between the increase in NDVI and the reduction in Land Surface Temperature (LST), particularly during the spring season. These research findings demonstrate that heart rate can serve as an effective health indicator to quantify the benefits of BGS. While the generalizability of study results might have limitations, it offers initial insights into the influence of urban green spaces on human health. With larger sample sizes, diversified datasets such as GeoHealth data with health status, age, and gender, and long-term observations, we can gain a better understanding of these positive impacts, thus providing stronger scientific foundations for urban planning and design. This work is in progress and will be reported once more evidence becomes available from the local monitoring program.

**Keywords:** Nature-Based Solutions, Blue-Green Solutions, Indicators, Health and Well-being, Wearable Devices, Initial monitoring results

### Slušanje zajednice: implikacije kulturnih i socijalnih vrednosti na upravljanje urbanim rešenjima zasnovanim na prirodi - australijska i srpska perspektiva

Veljko Prodanović i Anja Randelović

**APSTRAKT:** Potrebe i očekivanja zajednica prema njihovim urbanim prirodnim okruženjima često variraju, stoga strategije upravljanja pejzažem često mogu biti sklone neuspehu u odsustvu socijalnih i kulturnih razmatranja. Na donosiocima politika je da istraže i pokušaju da pomire različite percepcije zajednice prema prirodnom i izgrađenom okruženju za pravednije upravljanje. Ovo je od posebnog interesa prilikom planiranja i upravljanja rešenjima zasnovanim na prirodi (NBS) za zaštitu urbanog biodiverziteta i vodnih resursa. Ovaj rad razmotra ovu problematiku iz dve perspektive, kroz istraživanja u Srbiji i Australiji, i daje paralele između saznanja. U okviru istraživanja smo razmatrali izazov razumevanja ljudskih vrednosti, percepcija i ponašanja u višeslojnom urbanom ekosistemu koji uključuje vodotokove, NBS, zelene otvorene prostore i izgrađeno okruženje. U Australiji rezultati su pokazali da korisnici uviđaju značaj urbanog plavo-zelenog okruženja različito, dok su dominantne naturalističke (ekološke), humanističke (rekreativne) i utilitarne (dobrobit) vrednosti. Zeleni, javni prostori su visoko cenjeni za rekreativne svrhe, ali postoji snažan osećaj brige za okolinu u zajednici, sa visokim nivoom pismenosti o vodi. Primetili smo da lokalni NBS sistemi, prvenstveno dizajnirani za upravljanje vodom, mogu zadovoljiti neke važne vrednosti korisnika (npr. naturalističke), međutim NBS sistemi mogu nedostajati dalje isporuke humanističkih i utilitarnih vrednosti zbog loše integracije sa rekreativnim i kulturnim prostorima. U Srbiji, sa druge strane, je tek u povoju mapiranje i integracija potreba i očekivanja zajednica od urbanih javnih prostora u plansku dokumentaciju: uočava se nizak nivo ekološke svesti i pismenosti, ali i velika potreba za implementacijom prirodom-inspirisanih rešenja zbog njihove funkcije u zaštiti od vode i uticaja na mikroklimu. Među sociološkim i kulturnim aspektima očekivanja od NBS-a, u Srbiji su dominantni mogućnost rekreacije, osećaj sigurnosti i estetika prostora, odn. vraćanje javnih prostora građanima na korišćenje.

Zaključili smo da razvoj NBS sistema treba da uključi sociokulturna razmatranja i vrednosti zajednice, pronalazeći kontekstualno specifičnu ravnotežu između elemenata biodiverziteta i potreba zajednice. Razlike između verovanja i ponašanja korisnika ne izazivaju velike izazove za upravljanje, pod uslovom da donosioci odluka iskoriste ove razlike za optimizaciju upravljačkih akcija.

**Gljučne reči:** Urbano planiranje, Nature-based solutions, Urbana hidrologija

## SESIJA 2A

### Razvoj numeričkog modela transporta vode i toplote kroz nezasićenu poroznu sredinu sa primenom na zelenim krovovima

Filip Stanić, Milica Sedak, Željko Vasilić i Anja Randelović

**APSTRAKT:** Prirodom inspirisana rešenja za cilj imaju unapređivanje kvaliteta života u urbanim sredinama oponašanjem prirodnih uslova pre urbanizacije. Jedan od najčešće primenjivanih tipova ovih rešenja su zeleni krovovi koji nakon kiše retenziraju određenu količinu vode unutar supstrata, koja delom isparava a delom je koriste biljke, dok se preostala količina sa određenim zakašnjenjem drenira u kišnu kanalizaciju značajno ublaženim intenzitetom. Osim ublaženja kišnog oticaja, zeleni krovovi imaju i funkciju termoregulatora koja je posebno značajna u letnjim mesecima kada se nakon kiše ili zalivanja usled povećane vlažnosti supstrata smanjuje njegova temperatura a samim tim i temperatura krovne konstrukcije. Za adekvatnu analizu ovih funkcija neophodno je upariti fizički zasnovane modele transporta vode i toplote kroz nezasićenu poroznu sredinu. Ovakvi modeli najčešće podrazumevaju iterativni proračun koji zahteva dosta računarskog vremena zbog čega se u slučaju dugih kontinualnih simulacija često zamenjuju konceptualnim modelima veće efikasnosti ali manje tačnosti. U ovom radu su prikazani efikasni fizički zasnovani modeli transporta koji ne koriste iterativne algoritme za numeričko rešavanje nelinearnih parcijalnih diferencijalnih jednačina već ih linearizacijom flukseva uz pomoć Taylor-ovog reda transformišu u sisteme linearnih jednačina. Evapotranspiracija koja povezuje dva pomenuta transportna procesa takođe je modelirana. Validacija predstavljenog numeričkog modela transporta vode i toplote obavljena je poređenjem simuliranih vrednosti sa osmotrenim podacima preuzetim iz literature, a zatim je na hipotetičkom primeru ekstenzivnog i intenzivnog zelenog krova sprovedena analiza uticaja debljine supstrata i navodnjavanja na ublaženje maksimalnog dreniranog oticaja i temperature krovne konstrukcije. Može se zaključiti da sa porastom debljine supstrata raste retenzioni kapacitet zelenog krova, ublažava se drenirani oticaj kao i temperaturne oscilacije unutar supstrata. Takođe, navodnjavanje ima bitnu ulogu u pogledu termoregulacije jer povećava vlažnost supstrata čime se direktno utiče na smanjenje temperature.

**Gljučne reči:** zeleni krovovi, nezasićena porozna sredina, infiltracija, transport toplote, numerički model

### Life Cycle Analysis of Porous Pavement Blocks

Nevena Anđelić, Zorana Naunović, Vladana Rajaković-Ognjanović i Aleksandar Savić

**APSTRAKT:** Porozni pločnici koji su predmet ove analize životnog ciklusa proučavaju se u okviru istraživačkog projekta „Zero-Waste Concept for Flood Resilient Cities (Ø-Waste-Water)”. Ø-Waste-Water je interdisciplinarni projekat koji se bavi naprednim i novim strategijama koje predlažu adekvatne održive mere urbane drenaže za bolje upravljanje poplavama u gradovima. Cilj je da se istraži komunalni i industrijski otpad koji nastaje u Srbiji pogodan za proizvodnju građevinskog materijala specifičnog za multifunkcionalne porozne ploče (za smanjenje površinskog oticanja, zaštitu od urbanih poplava i istovremeno uklanjanje zagađivača). Analiza životnog ciklusa je metodologija za procenu uticaja na životnu sredinu povezanih sa svim fazama životnog ciklusa komercijalnog proizvoda, procesa ili usluge. Na primer, u slučaju proizvedenog proizvoda, uticaji na životnu sredinu se procenjuju od faze ekstrakcije i prerade sirovina, preko proizvodnje, distribucije i upotrebe proizvoda, do reciklaže ili konačnog odlaganja materijala koji ga čine.

**Gljučne reči:** Porozni pločnici, Zero-Waste-Water, Urbana drenaža



## SESIJA 2B

### Long-Term Trend Analysis of River Flow in Montenegro

Milena Ostojić, Olga Čalasan, Ivana Čipranić i Goran Sekulić

**APSTRAKT:** Analiza godišnjih protoka vodotoka ima suštinski značaj u vodoprivredi, ne samo zbog potrebe za efikasnim korišćenjem voda u raznovrsne svrhe, već i kao ključni element u istraživanju uticaja klimatskih promjena na vodne resurse. Ovaj rad daje pregled trendova godišnjih protoka za rijeke u Crnoj Gori, fokusirajući se na ključne primjere koji rasvijetljavaju osnovne uzroke varijabilnosti u protoku. Rad ukazuje na uzajamnu vezu između protoka i klimatskih promjena (koje se ogledaju u promjenama temperature i padavinskih režima). Korišćeni su standardni statistički testovi za analizu trendova. Cilj analize bio je poređenje dugoročnih trendova srednjih godišnjih protoka sa odgovarajućim trendovima temperature i padavina. Rezultati pružaju osnovu za izvođenje zaključaka o međusobnoj povezanosti parametara klime i hidroloških veličina. U kontekstu rastuće zabrinutosti zbog globalne krize vode, ovim radom se ističe neophodnost implementacije održivih praksi upravljanja vodama, posebno u regionima osjetljivim na promjene vodnih režima. Analizom dugoročnih trendova, kao i uočavanjem povezanosti između klimatskih parametara i hidroloških veličina, radom se nastoje informisati donosioci odluka kako bi mogli obezbjediti dugoročnu održivost vodnih resursa pred izvjesnim promjenama klime.

**Ključne reči:** Proticaji, Analiza trenda, Klimatske promjene

### Odgovor na izazove u odbrani od poplava na bujičnim vodotocima u Srbiji: Sistem ranog upozoravanja na poplave na slivu Kolubare

Marija Ivkovic, Darko Janjić, Vladimir Beljinac, Vladislav Kecović, Nikola Jovanovic, Luka Stojadinović, Ivan Marisavljević, Vladimir Milivojevic, Nikola Milivojevic, Jasna Plavšić, Dušan Prodanović, Dragutin Pavlović, Nenad Jaćimović i Slavimir Stevanovic

**APSTRAKT:** Sliv reke Kolubare, zbog svojih geografskih i hidroloških karakteristika, često je podložan bujičnim poplavama. Prošlost je zabeležila brojna izlivanja reke Kolubare i njenih pritoka, čak i na područjima sa izgrađenom zaštitnom vodnom infrastrukturom. Ovi događaji su prouzrokovali značajne štete u naseljima, energetskim kompleksima, rudnicima, saobraćajnoj infrastrukturi, privrednim objektima i poljoprivrednim površinama. Katastrofalne poplave u maju 2014. godine, koje su rezultirale i ljudskim žrtvama, naglasile su potrebu za unapređenjem zaštite od poplava u slivu Kolubare. Zbog dugog perioda implementacije zaštitnih mera, bilo je neophodno usvojiti strateški pristup, faze realizacije i prioritete. Nakon poplava 2014. godine, JVP "Srbijavode" iniciralo je izradu ekspertize i rekonstrukcije poplavnog talasa, a zatim izradu Studije unapređenja zaštite od štetnog delovanja voda na slivu Kolubare. Ova studija ukazala je na visok rizik od novih poplava i šteta na celom slivu. Polazeći od postojećeg hidrometeorološkog sistema na slivu Kolubare i uzimajući u obzir visok stepen rizika za ljudske živote u slučaju poplava, JVP "Srbijavode" je izrazilo interesovanje za razvoj sistema rane najave i upozorenja u saradnji sa drugim relevantnim subjektima, posebno sa RHMZ. Sistem rane najave se sastoji od više komponenti: osmatračke mreže, softverskih komponenti za upravljanje podacima, matematičkih modela, proračunskih servisa, alata za korisnike i upravljačkog centra. Izgradnja ovog sistema planirana je kroz više faza. Nakon uspešne realizacije sistema na pilot slivu reke Tamnave u toku je razvoj sistema za celokupan sliv Kolubare. Nakon završetka poslednje faze projekta, očekuje se značajno smanjenje rizika od poplava na slivu Kolubare kao i brža i efikasnija reakcija na potencijalne poplave. Očekuje se da će ovaj sistem biti implementiran i na drugim slivovima koji su podložni brzim koncentracijama oticaja, kao što je sliv Zapadne Morave.

**Ključne reči:** Poplave, Kolubara, EWS odbrana

### Praćenje stanja vlažnosti u slivu korišćenjem dijagrama marginalnih raspodela dnevnih protoka

Vladislava Mihailović, Borislava Blagojević i Jasna Plavšić

**APSTRAKT:** Praćenje stanja vlažnosti u slivu predstavlja jedan od osnovnih zadataka operativne hidrologije. Umesto merenja i simulacije brojnih parametara koji utiču na stanje vlažnosti, kao što su padavine, vlažnost zemljišta i slično, ili dijagrama pokazatelja stanja vlažnosti, u radu je prikazana mogućnost korišćenja dijagrama marginalnih raspodela dnevnih protoka. Dijagrami su konstruisani na osnovu dnevnih protoka u periodu 1961-1990. i 1991-2020. godina, na nekoliko stanica osmatračke mreže površinskih voda Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije. U okviru dijagrama definisane su zone vlažnosti koje opisuju opseg malih, srednjih i velikih voda. Prikazani su primeri osmotrenih godišnjih hidrograma nanetih na dijagrame marginalnih raspodela dnevnih protoka konstruisanih za oba perioda. Analizirane su razlike u stanju vlažnosti koje se javljaju u odnosu na definisane zone u oba perioda. Ukazano je na potrebu da se dijagrami marginalnih raspodela, tj. zone vlažnosti, periodično ažuriraju.

**Ključne reči:** dnevni protoci, periodičnost, marginalne raspodele, zone uslova vlažnosti, operativna hidrologija

## SESIJA 2B

### Uticaj podataka o nameni zemljišta na procenu merodavnih velikih voda i efekata mera za njihovo ublaženje

Jovana Vićanović, Andrijana Todorovic, Nikola Rosić i Jasna Plavšić

**APSTRAKT:** Jedan od najvećih izazova u hidrologiji, ali i zadatak sa kojim se inženjeri u praksi najčešće susreću, jeste procena merodavnih velikih voda na hidrološki neizučeniim slivovima, kao i procena efekata različitih mera za njihovo ublažavanje. Proračun velikih voda se najčešće zasniva na primeni hidroloških modela (t.j., modela padavine-otica) sa računskim kišama, pri čemu se pretpostavlja da je povratni period dobijenih vršnih protoka hidrograma jednak povratnom periodu usvojenih računskih kiša. Modeli za neizučene slivove odlikuju se jednostavnom strukturom, i parametrima čije se vrednosti mogu proceniti na osnovu karakteristika sliva (bez kalibracije). Najčešće se u praksi ovi modeli sastoje od SCS-CN metode za proračun efektivne kiše, i nekog od sintetičkih jediničnih hidrograma za transformaciju efektivne kiše u direktan oticaj, dok se ostali procesi (npr. bazni oticaj ili evapotranspiracija) zanemaruju. Ovako procenjene velike vode praćene su neizvesnostima koje, između ostalog, potiču i od podloga koje se koriste za formiranje modela. U ovom radu analizirane su neizvesnosti koja potiču od različitih podataka o nameni zemljišta, pre svega neizvesnosti usled nepoznavanja stanja šuma na slivu, što utiče na vrednosti CN broja. Poređeni su rezultati procenjenih merodavnih velikih voda različite verovatnoće pojave dobijene korišćenjem CORINE podloga uz pretpostavljeno stanje šuma na slivu, i detaljnije geoprostorne podloge koje pokazuju oblasti gde se nalaze degradirane šume. Sve analize su urađene primenom semi-distribuiranog modela koji je razvijen za sliv reke Likodre uzvodno od grada Krupnja. U radu su dodatno prikazani i efekti melioracija šuma i pošumljavanja na ublažavanje velikih voda u Krupnju.

**Ključne reči:** hidrološko modeliranje, računске velike vode, pošumljavanje, neizučeni slivovi, neizvesnosti SCS-CN metoda

## SESIJA 3A

### **Poređenje rezultata fizičkog i numeričkog modeliranja strujanja na evakuacionim objektima visokih brana**

Robert Ljubičić, Budo Zindović, Predrag Vojt, Danica Starinac, Dimitrije Mladenović, Bojan Milovanović, Radomir Kapor i Ljubodrag Savić

**APSTRAKT:** Primena fizičkih hidrauličkih modela je česta tokom projektovanja kapitalnih hidrotehničkih objekata jer omogućava projektantima mogućnost provere rezultata proračuna i uvid u složene hidrauličke fenomene, kao i optimizaciju projektovanog rešenja i procenu rizika. Međutim, izmena pojedinih delova fizičkog modela može biti dugotrajna i skupa, te postoji interes da se ponašanje projektovanog rešenja što tačnije i potpunije proceni pre početka izrade fizičkog modela. Stalan porast računarskih kapaciteta omogućava primenu složenih numeričkih modela tokom projektovanja, koji, do određene mere, mogu predvideti ponašanje objekta odnosno rezultate koji će kasnije biti dobijeni fizičkim modeliranjem. Primenom VOF (volume-of-fluid) metode korišćenjem softvera FLOW-3D HYDRO, u ovom radu analizirane su makroskopske hidrauličke karakteristike projektovanog rešenja prelivne brane sa glatkim brzotokom i umirujućim bazenom. Na osnovu projekta fizičkog modela kreiran je i analiziran nekalibrirani trodimenzionalni numerički model radi poređenja računskih i izmerenih karakteristika strujanja: (1) krive protoka preлива, (2) dubina i brzina u umirujućem bazenu, (3) dužine hidrauličkog skoka, (4) pritisaka na dno bazena i (5) sila na stabilizacione elemente u bazenu. Poređenje sa rezultatima fizičkog modela ukazuje na zadovoljavajuću tačnost kod procene krive protoka preлива (1-3%), prihvatljivu tačnost procene vremenski osrednjenih dubina (1-5%) i lokalnih brzina i pritisaka (5-15%), ali i na veoma ograničene mogućnosti procene fluktuacionih komponenti pritisaka i brzina. Uprkos optimističnim rezultatima evidentna je važnost fizičkog modeliranja, dok je primena numeričkih modela najadekvatnija kao podrška u fazama konceptualizacije i optimizacije projektovanog rešenja.

**Gljučne reči:** Hidrotehnički objekat, Računska hidraulika, Numerički model, Merenja

### **Pristup zasnovan na podacima za predikciju rečnog protoka primenom mašinskog učenja**

Luka Vinokić, Milan Dotlić, Veljko Prodanović i Milan Stojković

Poplave su jedne od najučestalijih prirodnih nepogoda koje ostavljaju značajne posledice, između kojih neretko bude i gubitak ljudskih života. Na odbranu od poplava i ublažavanje njihovog negativnog uticaja znatno utiče rana prognoza protoka na rečnim profilima. Predikcija protoka na nekoliko vremenskih koraka u napred daje vremena za odabir najboljih respozivnih mera, što omogućava efektivno upravljanje poplavnim talasom. Mašinsko učenje (Machine Learning) je u poslednjim godinama počelo da se primenjuje u predikciji protoka, kao efikasnija metoda u odnosu na tradicionalne metode. Umesto kompleksnih fizičkih zakonitosti, mašinsko učenje daje rešenje za predikciju protoka izborom hiperparametara matematičkog modela veštačke inteligencije, treniranjem istog nad ulaznim podacima, i verifikaciju na setu podataka koji nije korišćen tokom treniranja modela. Postoje dva pristupa mašinskom učenju, pristup zasnovan na modelu (model-centric) i pristup zasnovan na podacima (data-centric). U prvom je stavljen akcenat na pravljenje najboljeg modela za neki set podataka, dok se drugi bazira na sistematičnom odabiru i unapređenju ulaznih podataka. S obzirom da često ne postoje adekvatni podaci za predikciju protoka, u ovom radu je fokus na drugom pristupu, gde se vrši dopuna i korekcija padavina korišćenjem satelitskih osmotrenih izvora. Nakon unapređenja podataka o padavinama, razvija se rekurentna neuronska mreža, tačnije Long Short-Term Memory neural network (LSTM) koja omogućava prognozu protoka na nekoliko vremenskih koraka unapred na bazi meteorološki podataka (padavine i temperature vazduha) i merenih protoka na hidrološkoj stanici. Osim što LSTM neuronske mreže mogu dobro da modeluju vremenske serije protoka kao nestacionarne procese, one takođe imaju sposobnost da sagledaju nagle promene u protocima, što ih čini pouzdanim za predviđanje ovih vremenskih serija. Predložena metodologija razvijena je za sliv reke Lim, na hidrološkoj stanici Prijepolje.

**Gljučne reči:** predikcija protoka, mašinsko učenje, data-centric pristup LSTM, reka Lim

## SESIJA 3A

### **Arduino kao platforma za hidrauličko hidrološka istraživanja**

Predrag Vojt, Robert Ljubičić i Dušan Prodanović

**APSTRAKT:** Otvorene platforme za Internet stvari (IOT) poslednjih godina su preplavile sve moguće medije. Većina IOT uređaja radi na Arduino platformi pa odatle i ideja da se sublimira kako sve to možemo iskoristiti u hidrauličko hidrološkim istraživanjima. Mozak Arduina je jedan mali mikrokontroler koji se programira da nam završava željeni zadatak. Posao Arduina može biti da daljinski prebaci izmerene podatke na server na internetu, što mu tada daje epitet IOT uređaja, ili recimo da lokalno snimi podatke koji bi se kasnije obrađivali u kancelariji. U principu zadaci za Arduino su ograničeni samo maštom, tako da ga ovo svrstava u super moćnu platformu za istraživače kako svih struka tako i u našem slučaju za hidrauličko hidrološka istraživanja. U radu će biti prikazani do sada izrađeni primeri a i neki sintetički primeri projekata koji imaju ideološku vezu za naša istraživanja.

**Ključne reči:** arduino, merenja, internet stvari, hidrologija, hidraulika

### **Virtuelna stvarnost u obrazovanju o vodi: Studija slučaja gubitaka u cevima**

Aleksandar Đorđević, Milan Gocić, Milica Ćirić, Vuk Milošević i Borislava Blagojević

**APSTRAKT:** Nove tehnologije značajno utiču na obrazovni pejzaž, podstičući prelazak sa tradicionalnih na inovativne pristupe u obrazovnom procesu. Uspešno usvajanje tehnologije u obrazovanju zahteva inkluzivan pristup, s obzirom na različite potrebe studenata i nastavnika. Tehnologije proširene stvarnosti (AR) i virtuelne realnosti (VR) nude impresivna iskustva u procesu učenja, simulirajući scenarije iz stvarnog sveta i pružajući studentima praksu, na primer u inženjerstvu i obrazovanju o vodi. Razvijanje obrazovnog sadržaja za laboratorijske vežbe iz oblasti dinamike fluida kroz projekat WATERLINE u okviru Horizon Europe pozitivan je korak ka unapređenju obrazovanja o vodi. Prezentovani specijalizovani obrazovni sadržaji mogu ukazivati na posvećenost inovacijama u nastavnim metodama. Time se omogućava nastavnicima da integrišu najnovija dostignuća u dinamici fluida u nastavne planove i programe, osiguravajući da studenti dobiju savremeno i relevantno znanje.

**Ključne reči:** virtuelna realnost, okruženje za učenje, obrazovanje o vodi

### **Analiza osetljivosti rezultata proračuna šteta od poplava na promenu parametara računskog modela – Primer sliva reke Tamnave**

Jelena Čupeljić, Nikola Rosić, Andrijana Todorović, Laddaporn Ruangpan, Jasna Plavšić i Ranko Pudar

**APSTRAKT:** U radu se analizira računski model za procenu šteta od poplava primenjen na sliv reke Tamnave. Modelom se uzimaju u obzir četiri receptijenta rizika: stanovništvo, građevinski objekti, poljoprivredni usevi i saobraćajnice. Za sve četiri kategorije razvijen je računski postupak koji je implementiran u programskom paketu QGIS. Proračun šteta se zasniva na primeni globalnih funkcija šteta koje definišu zavisnost novčanim vrednostima izraženih šteta od najvećeg nivoa slobodne površine vode za vreme poplavnog događaja. Pored prostornog rasporeda najvećih nivoa i oblika funkcija šteta, pri korišćenju modela neophodno je definisati i način za prostornu diskretizaciju oblasti od interesa. Osnovni cilj ovog rada jeste da se pokaže, kako na izračunate štete mogu uticati neizvesnosti u pogledu definisanja vrednosti parametara modela. Tako će se u radu dati osvrt na uticaj hidrološki i hidrauličkih analiza za određivanje merodavnih nivoa odnosno uticaj različitih načina prostorne diskretizacije na rezultate proračuna šteta.

**Ključne reči:** Rizik od poplava, Analiza osetljivosti, reka Tamnava

### **Procena protoka u domenu velikih voda na hidrološkoj stanici Bezdan**

Aleksa Kolašinac, Lazar Delić, Matija Matić, Jovana Janjić, Nikola Kovačević, Ivana Dmitrović, Radivoje Tomašević, Mira Ivljanin, Samir Čatović i Dejana Đorđević

**APSTRAKT:** U ovom radu se za procenu protoka koriste metode Ekersa i razmene količine kretanja koje su do sada detaljno testirane na osnovu rezultata laboratorijskih oglada u kanalima sa poprečnim presekom jednostavne geometrije (dvogubo pravougaono ili trapezno korito) ili na deonicama vodotoka sa uređenim koritom (dvogubo trapezno korito). Prema saznanjima autora, ove metode još uvek nisu u značajnijem obimu proverene u prirodnim koritima. Hidrološka stanica Bezdan na reci Dunav ima prihvatljiv fond merenja protoka u domenu velikih voda i pruža mogućnost za poređenje i validaciju dve metode. Na ovoj hidrološkoj stanici mereni su protoci tokom tri poplavna talasa: u julu 2009. godine (dva merenja), junu 2010. (jedno merenje) i junu 2013. (četiri merenja). Svi izmereni protoci veći su od 6000 m<sup>3</sup>/s. Merenja je obavio RHMZ Srbije pomoću ADCP uređaja. Pošto ovaj uređaj tokom merenja snima dubine, moguće je rekonstruisati deo poprečnog preseka pod vodom u onom njegovom delu u kojem je čamac sa opremom mogao da obavi merenja (u plitkim zonama merenje je nepouzđano, a postoji i opasnost od oštećenja opreme). Delovi poprečnog preseka izvan osnovnog korita rekonstruisani su na osnovu satelitskih snimaka za poznate položaje mernih preseka. Na osnovu ovako određene geometrije korita za veliku vodu i zabeleženih vodostaja izračunati su protoci primenom ove dve metode i upoređeni su sa merenjima.

**Ključne reči:** rečno korito, metod Ekersa, model razmene količine kretanja, validacija, ADCP uređaj

### **Rekonstrukcija hidrograma poplavnih talasa na hidrološkoj stanici Prijedor**

Petar Praštalo i Dejana Đorđević

**APSTRAKT:** Rekonstrukcija hidrograma poplavnih talasa na osnovu zabeleženih nivograma u profilima hidroloških stanica nije uvek moguća, bilo zbog prekida u radu hidrološke stanice tokom prolaska poplavnog talasa, bilo zbog nepouzđane ekstrapolacije krive protoka u domenu velikih voda. Savremene, fizički zasnovane metode, kao što je metoda razmene količine kretanja (MRKK), pružaju mogućnost preciznije procene protoka velikih voda. Ova metoda mogla bi da se primeni za ekstrapolaciju krive protoka i rekonstrukciju talasa velikih voda u profilima hidroloških stanica. Hidrološka stanica Prijedor na reci Sani raspolaže sa podacima zabeleženim tokom poplavnih talasa u poslednjih dvadeset godina. Ovi podaci mogu da se iskoriste za proveru MRKK u uslovima složene geometrije korita za veliku vodu. Tako proverena metoda može da se iskoristi za rekonstrukciju hidrograma poplavnih talasa u slučajevima kada ekstrapolacija krive protoka primenom tradicionalnih metoda nije pouzđana. U ovom radu će se iskoristiti raspoloživa kriva protoka za kalibraciju MRKK, a nivogrami snimljeni tokom četiri poplavna talasa iz 2010. godine za proveru modela. Nakon toga, MRKK će se iskoristiti za popunu nedostajućih podataka na hidrogramima poplavnih talasa iz 2014. godine.

**Ključne reči:** kriva protoka, velika voda, ekstrapolacija, merenje, metoda razmene količine kretanja

## SESIJA 3B

### Uspostavljanje krive protoka

Predrag Vojt, Luka Stojadinović, Marija Ivković i Dragutin Pavlović

**APSTRAKT:** Posledice katastrofalnih poplava u maju 2014. godine, kada su zabeležene i ljudske žrtve, ukazale su na neophodnost unapređenja zaštite od poplava u slivu Kolubare. Studijom unapređenja zaštite definisana je strateška koncepcija unapređenja zaštite od štetnog dejstva voda na celom slivu, zasnovana na dominantnoj primeni aktivnih mera zaštite. Jedna od mera je primenom nestrukturnih mera, od kojih poseban značaj ima razvoj sistema hidrometeorološke rane najave i upozorenja. U dosadašnjim uslovima sa nedovoljnim stepenom zaštite Obrenovca, pravovremene i pouzdane hidrološke prognoze imaju poseban značaj. Razvojem savremenog sistema rane najave i upozorenja može se podići stepen spremnosti za efikasan odgovor na poplavni događaj i ublažavanje posledica poplava na slivu Kolubare. Savremeni sistem rane najave i upozorenja je neophodan za pravovremenu najavu o neposrednoj opasnosti od poplavnog događaja i donošenje odluka za preduzimanje mera zaštite stanovništva i infrastrukture. Kroz faze realizacije će se obezbediti kontinuirani razvoj RNU „Kolubara“ do nivoa koji je u skladu sa postavljenim ciljevima. RNU „Kolubara“ treba da prikuplja meteorološke i hidrološke podatke na slivu Kolubare koji se osmatraju na postojećim stanicama državne osmatračke mreže i podatke koji će se osmatrati na stanicama u okviru dopunske mreže stanica. Na osnovu ovih podataka i spregnutih hidrološko-hidrauličkih proračuna RNU „Kolubara“ treba da ispuni dva osnovna zadatka: rekonstrukciju stanja u slivu i prognozu hidrološkog stanja. Do sada je izgrađen osmatrački sistem na slivu tamnave koji je u upotrebi. Aktivne su tri hidrološke stanice dopunske mreže i tri hidrološke stanice državne osmatračke mreže. Za tri nove dopunske hidrološke stanice potrebno je uspostaviti krive protoka. U radu će biti prikazane procedure, standardi i realna situacija (kada ne raspoložemo velikom količinom osmotrenih vrednosti) ustostavljanja krive protoka.

**Ključne reči:** kriva protoka, merenja, protok, vodostaj, hidrološka stanica

### **WEPASS Project - Making the Iron Gate Dams passable for migratory fish**

Nevena Cvijanović, Nenad Bogdanović i Miodrag Milovanović

**ABSTRACT:** The Danube River is obstructed by 83 continuity interruptions, out of which 65 dams are used for hydropower (ICPDR 2022a). The Iron Gate 1 and 2 dams remain significant river continuity interruption on the main stem of the Danube River, representing impenetrable obstacles for migratory fish species. The absence of fish passage at these dams has resulted in loss of genetic diversity, non-accessibility of habitats and diminishing populations. Thus, restoration of fish passage at the Iron Gate Dams has been classified as being of “utmost priority” in the Danube River Basin Management Plan. The European Commission established the “Pilot Project: Making the Iron Gates Dams passable for Danube Sturgeon” to conduct a feasibility study analysing the options to establish fish migration at the Iron Gates. Knowledge about fish behaviour and movements in the vicinity of these river structures is required to build effective up-and downstream fish passage facilities to allow the migration of fish species. To gain insight in the approach routes and aggregation areas, a refined approach to acoustic telemetry in combination with the hydraulic modelling is employed to support migration facilitation. This paper presents the initial results obtained within the Pilot Project.

**Keywords:** fish passages, Iron Gates, acoustic telemetry, hydraulic modelling

### **Merenje protoka na prilazima cevnih turbina uz pomoć EM senzora brzine: Unapređenje metodologije proračuna merne nesigurnosti**

Damjan Ivetić i Dušan Prodanović

**APSTRAKT:** U periodu od 2020. do 2023. godine inovativni sistem za merenje protoka na prilazima cevnih turbina, na bazi elektromagnetnih senzora (EM) brzine, je korišćen na 6 (od 10) agregata HE Đerdap 2. Merenja protoka su deo šireg skupa aktivnosti sa ciljem definisanja hidrauličke efikasnosti agregata, pre i posle revitalizacije. Međutim, upravo je merenje protoka tehnički najzahtevniji zadatak gde su i same merne nesigurnosti veće nego kod merenja ostalih hidrauličkih ali i električnih veličina. Kompleksnost mernog procesa, kao i veći broj merila različitih fizičkih veličina, koji funkcionišu na različitim radnim principam, diktira i složenost postupka proračuna merne nesigurnosti. Pored EM senzora, u mernom procesu se koriste i dva redundantna akustična Dopler senzora brzine, merila položaja rama i merila nivoa. Sva merenja su sinhronizovana sa lokalnim SCADA sistemom, tako da se u konačnom obračunu protoka, koriste i odgovarajući podaci o radu turbine. Originalno je, na osnovu standardizovane procedure za procenu nesigurnosti u merenju protoka u otvorenim tokovima pomoću hidrometrijskih krila, razvijena specifična procedura za određivanje merne nesigurnosti protoka dobijenog primenom inovativnog mernog sistema. Međutim, iskustva sa terena su ukazala da je varijacija nivoa slobodne površine, tokom jedne merne sesije, zanemarljiva, pa je predložena nova procedura za proračun merne nesigurnosti koja se oslanja na standardizovanu metodu obračuna nesigurnosti pri merenju protoka u zatvorenim tokovima, primenom hidrometrijskih krila. U ovom radu je predstavljena novorazvijena metoda, a posebno su apostrofirani razlike u odnosu na prethodno korišćen pristup. Analizirani su i rezultati dobijeni za merenja sprovedena u 2023. godine, sa osvrtom na dominantne komponente merne nesigurnosti.

**Ključne reči:** Merna nesigurnost, Merenje protoka, Merenje brzina, Elektromagnetni senzori, Hidroelektrane

## SESIJA 5A

### **Hidraulička modelska ispitivanja prelivne brane velikog specifičnog protoka – primer brane Makhool**

Danica Starinac, Dimitrije Mladenović, Predrag Vojt, Dalibor Drašković, Ljubodrag Savić, Radomir Kapor, Robert Ljubičić and Budo Zindović

**APSTRAKT:** Predmet ovog rada su hidraulička ispitivanja na parcijalnom fizičkom modelu brane Makhool, urađenom u razmeri 1:40, u Froude-ovoj sličnosti. Glavni evakuacioni objekat sastoji se od čeonog preлива (16 prelivnih polja sa segmentnim ustavama) i umirujućeg bazena. Kontura preлива prati oblik preлива praktičnog profila, koji se na nizvodnom kraju glatkom krivinom spaja sa linijom slapišta. Na nizvodnom delu preлива su postavljeni zubi za razbijanje mlaza pre upuštanja u slapište, dok su u slapištu projektovana dva reda zuba za umirenje energije. Računska vrednost proticaja po jednom prelivnom polju iznosi 1.171 m<sup>3</sup>/s pri koti 150,00 mnm (KNU), odnosno 1.500 m<sup>3</sup>/s pri koti 152,60 mnm (KMU). Hidraulička modelska ispitivanja urađena su na parcijalnom hidrauličkom modelu, koji je obuhvatio tri prelivna polja (dva cela i po jednu polovinu susednih prelivnih polja). Osnovna pitanja koje je trebalo rešiti primenom hidrauličkog modela su kapaciteti i dimenzije evakuacionih objekata, kao i obezbeđivanje zadovoljavajućih uslova tečenja u svim delovima evakuacionog objekta. Na modelu su ispitana dva alternativna rešenja, od kojih je povoljnije usvojeno kao konačno. Cilj ovog rada je ukazivanje na probleme na koje se može naići pri projektovanju sličnih objekata, a koji se mogu uspešno analizirati primenom fizičkog modela.

**Ključne reči:** hidraulički model, parcijalni model, brana, preliv, slapište

### **Merenje protoka na prilazima cevni turbina uz pomoć EM senzora brzine: Hidraulička analiza izmerenih polja brzina**

Damjan Ivetić, Dušan Prodanović, Miloš Milašinović i Igor Pisić

**APSTRAKT:** U okviru postupka revitalizacije cevni agregata na HE Đerdap 2, projektovan je i primenjen inovativni sistem za merenje protoka na turbinama metodom brzina-proticajni presek. Okosnicu sistema čine 15 elektro magnetnih (EM) senzora brzina, horizontalno postavljenih na čelični ram koji se podiže po celom proticajnom preseku. Imajući u vidu da se radi o novorazvijenim merilima brzine, redudantna merenja brzina se vrše preko dva ADV (eng. Acoustic Doppler Velocimeter) merila. U sklopu svakog merenja protoka, odnosno jedne merne sesije, pomoću EM senzora se snimi (mapira) celokupno polje brzina, i to za sve tri komponente vektora, dok preko ADV senzora se beleže redudantni podaci o rasporedu sve tri komponente brzine u dve vertikala proticajnog preseka. Razvijena su dva režima merenja: inkrementalni, kao primarni, gde se ram podiže u inkrementima i zadržava na izabranim kotama u periodu od minimum 10 minuta, i kontinualni gde se ram podiže konstantnom brzinom po celom proticajnom preseku. Merni sistem je u periodu od 2020-2023 godine, primenjen na 6 (od 10) agregata HE Đerdap 2, beležeći protoke pri različitim uslovima rada i koristeći oba režima merenja. U ovom radu se daje poseban osvrt na hidrauličku analizu izmerenih polja brzina. Razmatraju se karakteristike u rasporedu sve tri komponente vektora brzina pri različitim radnim protocima, različitim uslovima rada susednih agregata kao i za različite položaje agregata u sklopu dispozicije HE Đerdap 2.

**Ključne reči:** Merenje protoka, Merenje brzina, Hidroelektrane, Raspored brzina



## SESIJA 5B

### Novi numerički model infiltracije kao kombinacija konceptualnog i fizički zasnovanog pristupa

Filip Stanić, Nenad Jaćimović, Zeljko Vasilić i Anja Ranđelović

**APSTRAKT:** Hidrološki modeli koriste metode različitog nivoa složenosti za proračun infiltracije koja se najtačnije opisuje Richards-ovom jednačinom. S obzirom da ova nelinearna parcijalna diferencijalna jednačina nema analitičko rešenje, za njeno rešavanje se koriste numerički modeli koji najčešće podrazumevaju iterativni proračun uz značajan utrošak računarskog vremena. Zbog toga se ovi modeli u slučaju dugih kontinuiranih simulacija često zamenjuju jednostavnijim konceptualnim modelima manje tačnosti ali veće efikasnosti. U cilju pronalaženja kompromisnog rešenja u pogledu tačnosti i efikasnosti, ovde je predstavljen novi numerički model infiltracije zasnovan na kombinaciji konceptualnog i fizički zasnovanog pristupa. Ovaj model podrazumeva prostornu i vremensku diskretizaciju, pri čemu se računске ćelije po vertikali tretiraju kao kaskadno raspoređeni rezervoari gde izlaz iz jednog rezervoara predstavlja ulaz u njemu nizvodni rezervoar. Ako se izlazni fluks iz svakog rezervoara predstavi uz pomoć Taylor-ovog reda, promena stanja (stepena vlažnosti) u toku računskog koraka u svakom rezervoaru može se opisati analitičkim izrazom koji formom podseća na onaj za linearni rezervoar. Glavna razlika je u tome što su u ovom slučaju i) parametri modela promenljivi po vremenu i prostoru i zavise od prethodnog stanja u rezervoaru, ii) osim gravitacije i kapilarne sile su uzete u obzir pri proračunu izlaznog fluksa iz rezervoara. Konačno, kombinovanjem analitičkih izraza za svaki od rezervoara dobija se tridijagonalni sistem linearnih jednačina koji formom podseća na Ross-ov numerički model. S obzirom da su oba modela fizički zasnovana i ne koriste iteracije pri proračunu, njihovi rezultati su međusobno poređeni u cilju pronalaženja tačnijeg i robusnijeg rešenja. Rezultati jasno ukazuju na to da je novorazvijeni numerički model infiltracije zbog svoje polu-analitičke prirode manje osetljiv na promenu računskog koraka od Ross-ovog modela, pa je samim tim i prikladniji za praktičnu primenu jer može da koristi krupniju vremensku diskretizaciju.

**Ključne reči:** infiltracija, (ne)zasićena porozna sredina, Richards-ova jednačina, linearni rezervoar, Ross-ov numerički model

### Kalibracija krive protoka ponorske zone u Gatačkom polju

Tamara Sudar, Nenad Jaćimović i Nikola Rosić

**APSTRAKT:** Za analizu i modeliranje površinskih, a posebno i podzemnih tokova u karstnim područjima, neophodno je raspolagati rezultatima veoma detaljnih terenskih istraživanja, različitih opita, kao i dovoljno dugačkim serijama osmatranja različitih hidroloških veličina na dovoljnom broju mjernih stanica. Jedno od rijetkih područja na našim prostorima koje je tako sistematski ispitivano je područje Istočne Hercegovine – Gatačko polje. Režim poplava Gatačkog polja (u opštem slučaju svih karstnih polja) je, između ostalog, određen kapacitetom ponora, čiji propusni kapacitet u rijetkim slučajevima zavisi samo od nivoa vode u polju. Za vrijeme intenzivnih padavina i poplava kapacitet „gutanja” ponora najčešće se smanjuje usljed visokog nivoa podzemnih voda u okolnom masivu karsta. U ovom radu je izvršena kalibracija krive „gutanja” ponorske zone u Malom Gatačkom polju, koju čini grupa ponora različitih kapaciteta. Ova kriva se mijenja u toku vremena pod raznim uticajima, npr. nanosa i stanja - nivoa podzemne vode u zaleđu stijenskog masiva, te ju je potrebno preispitivati na osnovu novih osmotrenih podataka. Zbog brojnih nepoznanica u vezi sa nizvodnim uticajima, izmjene režima rijeke Mušnice i dostupnih podataka o izmjenjenim nivoima u Malom Gatačkom polju, u ovom radu kalibrisan je samo prelivni dio krive poniranja. Dobijena su solidna poklapanja osmotrenih i modeliranih nivoa, a da bi se dobila potpuna kriva poniranja, potrebno je raspolagati sa znatno dužim nizom osmatranja, kako bi se u obzir uzeli svi hidraulički scenariji u dovoljno dugom vremenskom periodu.

**Ključne reči:** Karst, Gatačko polje, Kriva poniranja

### **Poređenje uticaja prirodne regulacije vodotoka korišćenjem hidrauličkih modela različite složenosti**

Anica Milanović, Petar Praštalo i Žana Topalović

**APSTRAKT:** U inženjerskoj praksi obično se koriste linijski modeli tečenja i klasičan vid regulacije vodotoka bez uzimanja u obzir mogućnosti primjene prirodne regulacije i rijetko primjenom kombinovanog linijskog i ravanskog ili samo ravanskog modela tečenja. Korišćenjem složenijih modela kao što su ravanski ili kombinovani linijsko - ravanski modeli tečenja očekuje se realnija strujna slika koja može promijeniti tehničko rješenje regulacije vodotoka u cilju odbrane od poplava. U ovom radu izvršeno je poređenje uticaja prirodne regulacije dionice rijeke Drinjače u blizini mjesta Šehovići (Republika Srpska/BiH) u hidrauličkom modelu HEC-RAS primjenom modela različite složenosti. Primjenjena prirodna regulacija vodotoka je modelirana korišćenjem tri modela različite složenosti, i to linijski, kombinovani linijsko-ravanski i ravanski model tečenja. Na osnovu rezultata ovih modela, izvršen je izbor eventualnih dodatnih mjera prirodne regulacije te izveden zaključak o značaju kompleksnosti primjenjenog modela tečenja pri regulisanju vodotoka prirodom inspirisanim rješenjima.

**Ključne reči:** Prirodna regulacija vodotoka, Modeli tečenja, Rijeka Drinjača, HEC-RAS

### **Primena Geografskog informacionog sistema (GIS) za proračun srednjih voda**

Jelica Protić, Andrijana Todorovic i Milica Marković

**APSTRAKT:** U ovom radu prikazana je metodologija za određivanje prosečnih protoka na proizvoljnim profilima reka, uključujući i neizučene profile gde nisu dostupni podaci sa hidroloških stanica. Prikazana metodologija omogućava određivanje srednjih protoka na više profila istovremeno, bez gubitka performansi ili značajnog usporavanja procesa sa uključivanjem dodatnih profila u analizu. Metodologija se zasniva na primeni GIS alata, na kartu sa hidrografskom mrežom i kartu specifičnih oticaja. Prvi korak je izdvajanje deonice reka, tako da duž jedne deonice nema promena protoka, odnosno ulivanja pritoka. Drugim rečima, vodotoci su podeljeni na ušćima. Nakon toga se definišu granice slivnih površina svake izdvojene deonice. Preklapanjem slivova sa kartom specifičnih oticaja primenom GIS alata, računaju se prosečni specifični oticaji na svakom slivu, a samim tim i ukupan dotok sa te površine. Sumiranjem sopstvenih protoka svake deonice sa svim uzvodnim deonicama i pritokama, dobijeni su ukupni protoci u profilima vodotoka. Za sumiranje protoka korišćeni su alati u okviru Oracle baze podataka i PL/SQL programski jezik. Ova metodologija je primenjena za proračun srednjih protoka na 208 profila u slivu reke Kolubare. Rezultati proračuna su provereni (1) poređenjem sa prosečnim protocima na lokacijama hidroloških stanica, i (2) primenom regionalne hidrološke analize. Rezultati na slivu reke Kolubare pokazuju veoma dobro slaganje sa prosečnim protocima na lokacijama hidroloških stanica (prosečno relativno odstupanje iznosi oko 3%). Ovi rezultati pokazuju da se prikazana metodologija može primeniti i na druge slivove ili regione, uz napomenu da njena primena zahteva pouzdane podloge. Ukoliko precizne podloge nisu na raspolaganju (npr. orijentisana hidrografska mreža), korekcije postojećih podloga mogu da zahtevaju i značajan angažman ljudskih resursa.

**Ključne reči:** ArcGIS, Delineacija sliva, Prosečni protoci, Regionalne hidrološke analize, Specifični oticaji, Vodoprivredne analize

## SESIJA 6A

### Merenje brzina tečenja i protoka u otvorenim kanalima primenom softverskog alata SSIMS-Flow

Robert Ljubičić, Nikola Rosić i Budo Zindović

**APSTRAKT:** Popularnost metoda merenja brzina i protoka vode korišćenjem video zapisa u neprekidnom je usponu u protekle dve decenije, čemu u najvećoj meri doprinose pristupačnost potrebnog hardvera i ubrzani razvoj metoda i softvera za obradu podataka. Za razliku od primene u laboratorijskim uslovima, kod otvorenih tokova prisutna je znatna raznolikost korišćenog hardvera, ali i uslova u kojima se podaci prikupljaju. Istraživači i inženjeri su tokom obrade podataka neretko prinuđeni na korišćenje većeg broja softverskih alata, što ograničava prihvatanje ovih novih tehnologija i ponovljivost dobijenih rezultata. U ovom radu prikazan je besplatan softverski alat otvorenog kôda SSIMS-Flow koji omogućava rukovanje video zapisima, korekciju geometrijskih izobličenja kamere, stabilizaciju i ortorektifikaciju video zapisa, akcentovanje trasera, i konačno merenje brzina tečenja i procenu protoka u otvorenim tokovima. Merenje brzina zasnovano je na primeni metode optičkog toka i naročitih tehnika prostornog i vremenskog filtriranja, čija sprega omogućava postizanje adekvatne tačnosti u širokom spektru mogućih uslova tečenja. Primena alata SSIMS-Flow prikazana je na primeru pet slučajeva sa različitim uslovima tečenja – sa fiksnih i pokretnih kamera, sa i bez čestica trasera na slobodnoj površini, kao i u uslovima srednjih i ekstremnih protoka. Dobijeni rezultati ukazuju na visoku tačnost i robusnost korišćenih metoda, dok softverski alat SSIMS-Flow omogućava jednostavan i intuitivan pristup svim neophodnim koracima tokom obrade i analize podataka.

**Gljučne reči:** otvoreni kanali, merenje brzine, merenje protoka, optički tok, kamera

### Ispitivanje uticaja hidroelektrane kao graničnog uslova na rezultate hidrauličkog modela

Snežana Filipović, Miloš Milašinović, Dušan Prodanović i Nikola Milivojević

**APSTRAKT:** Operativno upravljanje složenim hidroenergetskim sistemima zahteva primenu različitih alata kao podrške pri donošenju odluka. U slučajevima velikih reka, uticaj hidroelektrane (uspor) se može prostirati na dugačkoj uzvodnoj deonici. Za određivanje optimalnog dnevnog upravljanja hidroelektranom (HE) moraju se sagledati efekti potencijalnih upravljačkih odluka na celokupnu rečnu deonicu koja je pod uticajem rada HE (zbog odbrane od poplava, regulisanja plovidbe i slično). Tada je nepohodno koristiti hidraulički model rečne deonice. Kako bi se rezultati modela smatrali verodostojnim i poslužili kao podrška u odlučivanju, jedan od neophodnih koraka je pravilna implementacija graničnih uslova. Hidroelektrana predstavlja složen granični uslov. Plan rada HE (npr. u narednih 24 časa) najčešće je dat u vidu planiranog protoka koji se ispušta kroz turbine (ili u vidu planirane snage na agregatima). U slučajevima kada se hidroelektrana postavlja kao nizvodni granični uslov u modelu, zadavanjem hidrograma na nizvodnom kraju modela, ne mogu se pravilno simulirati efekti uspora. Kako bi se poboljšala implementacija graničnog uslova HE neophodno je zadati nivogram ili vezu između protoka i nivoa kao nizvodni granični uslov. U ovom radu, na osnovu istorijskih podataka, analizira se efekat zadavanja različitih graničnih uslova koji predstavljaju HE u hidrauličkom modelu (HEC-RAS) Dunava uzvodno od HE Đerdap 1. Obzirom na složenost rada HE, analizom je utvrđeno da je praktično nemoguće uspostaviti jednoznačnu vezu između protoka kroz turbine i nivoa uz HE i predlaže se upotreba tehnika mašinskog učenja u savladavanju ovog problema.

**Gljučne reči:** HE Đerdap 1, Granični uslov, HEC-RAS, Dunav, Mašinsko učenje

### Naprezanja u temelju bočnog preliva brane "PAMBUKOVICA"

Katarina Nikolić, Bojan Milovanović, Vladan Kuzmanović i Ljubodrag Savić

**APSTRAKT:** U radu se prikazuju i upoređuju postupci za analizu napona u temelju bočnog preliva. Analiziraju se postupci zasnovani na metodi Fiktivnih štapova i metodi Elastičnog poluprostora. Upoređuju se rezultati proračuna istog objekta, bočnog preliva na brani „Pambukovica“, sa posebnim osvrtom na uočene razlike u dobijenim rezultatima. U radu su date i preporuke za izradu projekta oskultacija, kojima bi se rezultati dobijeni proračunima potvrdili ili opovrgli merenjima na izvedenom objektu.

**Gljučne reči:** Bočni preliv, Fiktivni štapovi, Elastični poluprostor

## SESIJA 6A

### **Hidraulička modelska ispitivanja ulazne građevine i praga u koritu reke - primer HE Una Kostela**

Danica Starinac, Dimitrije Mladenović, Predrag Vojt, Ljubodrag Savic, Radomir Kapor, Budo Zindovic i Irvina Numić

**APSTRAKT:** Postojeća HE Una Kostela je protočna elektrana derivacionog tipa, puštena u pogon 1954. godine. Prvobitno je bila opremljena sa četiri agregata od po 1,5 MW (16 m<sup>3</sup>/s). Hidroelektrana ne poseduje akumulaciju u smislu mogućnosti regulisanja protoka na nivou dana ili duže. Sastoji se iz sledećih objekata: prelivnog praga sa muljnim ispustom, ulazne građevine, dovodnog tunela, vodne komore sa bočnim prelivom, odvodnog kanala, mašinske zgrade i odvodne vade. Sa ciljem poboljšanja iskorišćenja potencijala na ovom delu rečnog toka, urađeni su projekti fleksibilnog nadvišenja prelivnog praga i projekti rekonstrukcije elektrane. Rekonstrukcija sa zamenom opreme dala je nove karakteristike elektrane kroz povećanje instalisanog protoka sa 64 m<sup>3</sup>/s na 88 m<sup>3</sup>/s i snage na  $4 \times 2,536 = 10,14$  MW, ali nadvišenje praga nije realizovano, pa nije bilo moguće ni postići povećanje vrednosti instalisanog protoka i snage u potpunosti. Paralelno, razmotreno je povećanje kapaciteta gradnjom dodatnog agregata nazvanog Una Anex. Tim projektom je definisana dodatna protočna elektrana derivacionog tipa sa instalisanim protokom od 50 m<sup>3</sup>/s, ulaznom građevinom koja je zajednička sa postojećim postrojenjem, dovodnim tunelom pod pritiskom i jednim Kaplanovim agregatom. Odvod vode je tunelom sa slobodnim tečenjem. Izlaz iz tunela je u neposrednoj blizini odvodne vade postojeće hidroelektrane. Sa ciljem sticanja uvida u hidrauličke uslove u jednom ovako kompleksnom sistemu u različitim uslovima, sprovedena su ispitivanja na fizičkom modelu u razmeri 1:30 (stacionarni uslovi), kao i ispitivanja na matematičkom modelu (nestacionarni uslovi). Ovaj rad ima za cilj da prikaže dobar primer zajedničke primene fizičkog i numeričkog modeliranja pri projektovanju objekata ovog tipa.

**Ključne reči:** Hidraulički model, Fizički model, Matematički model, Prag, Elektrana

## SESIJA 6-B

### Uspostavljanje osmatračke mreže za ranu najavu i upozorenja od poplava

Predrag Vojt, Milan Rula, Vukašin Ćirković i Marija Ivković

**APSTRAKT:** Posledice katastrofalnih poplava u maju 2014. godine, kada su zabeležene i ljudske žrtve, ukazale su na neophodnost unapređenja zaštite od poplava u slivu Kolubare. Studijom unapređenja zaštite definisana je strateška koncepcija unapređenja zaštite od štetnog dejstva voda na celom slivu, zasnovana na dominantnoj primeni aktivnih mera zaštite. Jedna od mera je primenom nestrukturnih mera, od kojih poseban značaj ima razvoj sistema hidrometeorološke rane najave i upozorenja. U dosadašnjim uslovima sa nedovoljnim stepenom zaštite Obrenovca, pravovremene i pouzdane hidrološke prognoze imaju poseban značaj. Razvojem savremenog sistema rane najave i upozorenja može se podići stepen spremnosti za efikasan odgovor na poplavni događaj i ublažavanje posledica poplava na slivu Kolubare. Savremeni sistem rane najave i upozorenja je neophodan za pravovremenu najavu o neposrednoj opasnosti od poplavnog događaja i donošenje odluka za preduzimanje mera zaštite stanovništva i infrastrukture. Kroz faze realizacije će se obezbediti kontinuirani razvoj RNU „Kolubara“ do nivoa koji je u skladu sa postavljenim ciljevima. RNU „Kolubara“ treba da prikuplja meteorološke i hidrološke podatke na slivu Kolubare koji se osmatraju na postojećim stanicama državne osmatračke mreže i podatke koji će se osmatrati na stanicama u okviru dopunske mreže stanica. Na osnovu ovih podataka i spregnutih hidrološko-hidrauličkih proračuna RNU „Kolubara“ treba da ispuni dva osnovna zadatka: rekonstrukciju stanja u slivu i prognozu hidrološkog stanja. Dopunska osmatračka mreži čini 26 stanica, 9 hidroloških i 17 padavinskih mernih mesta. Ovih 26 mernih mesta predstavljaju optimalnu konfiguraciju dopunske osmatračke mreže za ceo sliv reke Kolubare. Do sada je izgrađen osmatrački sistem na slivu Tamnave koji je u upotrebi. Aktivne su tri hidrološke stanice i četiri padavinske stanice dopunske mreže. U radu će biti prikazani planovi i izazovi u realizaciji uspostavljanja osmatračke mreže.

**Gljučne reči:** Osmatračka mreža, Hidrološka stanica, Padavinska stanica, Merenja, Osmatranje

### Metode za asimilaciju podataka u hidrološkim modelima: primena i ograničenja

Miloš Milašinović, Luka Stojadinović, Dušan Prodanović i Nikola Milivojević

**APSTRAKT:** Upravljanje rizikom od poplava, pored merenja nivoa, protoka i padavina na slivu, često zahteva alate za podršku u odlučivanju. Najčešće, ti alati se baziraju na hidrološkim modelima kojima se za predviđeni scenario (prognozirane padavine) vrši prognoza protoka i nivoa u rekama na osnovu kojih se mogu praviti planovi za odbranu od poplava. Modeli sa sobom nose dozu neizvesnosti koja je rezultat nepouzdanosti ulaznih podataka (npr. padavina kao pokretača procesa na slivu), procena trenutnog stanja na slivu (nivoi vode, vlažnost zemljišta, stanje snega ako ga ima i slično) i trenutnih parametara modela (hrapavosti u koritima reka, začepljenost propusta, stanja zelenog pokrivača i slično). Kako bi se ta nepouzdanost hidrološkog modela smanjila i omogućilo poboljšanje početnih uslova za prognozu protoka i nivoa u rekama primenjuju se metode asimilacije podataka. U ovom procesu, hidrološki model se pokreće za određeni broj prethodnih dana, za koji su dostupni izmereni podaci o hidrološkim veličinama (protoci i/ili nivoi kao i padavine na kišomerima). Tokom te simulacije stanje modela se koriguje kako bi se rezultati modela uskladili sa izmerenim podacima. Cilj ovog procesa je da se na kraju perioda asimilacije model dovede u stanje koje odgovara izmerenom i time omogući poboljšani početni uslov za dalju prognozu. U ovom radu analizira se primena standardnih metoda za asimilaciju podataka (EnKF, 3Dvar i 4Dvar) i praktična ograničenja ovih metoda. Ispitivanje je sprovedeno na hidrološkom modelu hipotetičkog sliva pokazujući da metoda 4Dvar ima najveći potencijal za primenu u hidrološkim modelima.

**Gljučne reči:** Prognoza poplava, EnKF, 3Dvar, 4Dvar

## SESIJA 6-B

### **Problematika konfiguracije 1D hidrodinamičkog modela na slivovima male i srednje veličine**

Ivan Marisavljević, Ognjen Prohaska, Marija Milovanović, Marija Ivković i Vladimir Milivojević

**APSTRAKT:** Pri hidrauličkom modeliranju tokova sa složenim tečenjem nailazi se na problem izlivanja vode iz glavnog korita i tečenja po inundacijama, kao i interakcijom sa različitim objektima u okviru plavne zone (mostovi i prilazni putevi, propusti i sl). U okviru jednodimenzionalnog hidrodinamičkog modela ove pojave se modeliraju kroz različite unutrašnje granične uslove, formiranjem paralelnih tokova i drugi objekti. Međutim, u slučajevima kada se 1D hidrodinamički model koristi u operativnoj upotrebi (npr. u sistemima rane najave), detaljno simuliranje svih pojava može usporiti izvršavanje modela do nivoa da model postaje operativno neupotrebljiv. Prema tome, potrebno je pronaći konfiguraciju 1D hidrodinamičkog modela koji će sa što manje dodatnih elemenata adekvatno simulirati složena tečenja. Predlaže se formiranje 2D hidrodinamičkog modela, na osnovu čijih rezultata je moguće odrediti najuticajnije pojave u transformaciji talasa. Na osnovu ovih zaključaka, moguće je odrediti optimalnu konfiguraciju 1D hidrodinamičkog modela kojim se postiže zadovoljavajuća tačnost modela uz prihvatljivo proračunsko vreme. U radu će se prikazati primena navedene metodologije na primeru reke Tamnave, u hidrauličkom modelu koji se koristi u Sistemu rane najave upozorenja Kolubara.

**Gljučne reči:** 1D hidrodinamički model, 2D hidrodinamički model, Transformacija talasa, Hidrauličko modeliranje

### **Metode za asimilaciju podataka u hidrološkim modelima: primer sistema RNU Kolubara**

Luka Stojadinović, Miloš Milašinović, Marija Ivković i Nikola Milivojević

**APSTRAKT:** Uloga sistema rane najave odbrane od poplava je da pruži informacije o prognoziranom nivoima duž rečnih tokova koji se dobijaju korišćenjem matematičkih modela. Prema tome, potrebno je obezbediti adekvatno početno stanje matematičkih modela za period prognoze. Početna stanja se obezbeđuju kroz proces asimilacije, gde se na osnovu razlike osmotrenih i modeliranih vrednosti u periodu pre prognoze vrše korekcije ulaznih podataka, stanja ili parametara modela. U ovom radu prikazaće se predložena metoda asimilacije za hidrološko – hidraulički model u okviru Sistema rane najave Kolubara koja se bazira na rešavanju optimizacionog problema korišćenjem genetskog algoritma.

**Gljučne reči:** Prognoza poplava, Asimilacija, Hidrološki model, Genetski algoritam

### **Dimenzionisanje gravitacionih sistema za odvođenje otpadne vode iz objekata primenom standarda SRPS EN 12056**

Matija Stipić, Marijana Milić, Goran Jeftenić i Danilo Stipić

**APSTRAKT:** Dimenzionisanje unutrašnjih instalacija kanalizacije u objektima u domaćoj projektantskoj praksi se najčešće radi primenom empirijskog obrasca Samgina ili primenom nemačkog propisa DIN 1986. Obe metode koriste primenu postupka verovatnoće u proračunu koji računa istovremenost oticaja iz sanitarnih uređaja. U Srbiji je tokom 2000-te godine prihvaćen evropski standard EN 12056 za dimenzionisanje gravitacionih sistema za odvođenje otpadnih voda iz objekata. U radu je dat prikaz sistema i konfiguracija unutrašnjih kanizacionih sistema u objektima kao i način dimenzionisanja kanizacionih cevi, po prihvaćenom standardu. Iako je u osnovi sličan nemačkom standardu, on nije našao širu primenu u praksi.

**Cljučne reči:** Unutrašnja kanalizacija, Dimenzionisanje cevi, Standard SRPS EN 12056

### **Da li su vertikalni zeleni sistemi budućnost urbanih voda? Pregled najnovijih saznanja iz oblasti zelenih zidova za vodni menadžment**

Veljko Prodanovic

**APSTRAKT:** Tradicionalno očekujemo da se prakse upravljanja kišnim vodama odvijaju na horizontalnom nivou koristeći sivu infrastrukturu i nedavno zelena, rešenja zasnovana na prirodi (NBS) kao što su kišni vrtovi, wetland-i, itd. Međutim, sa brzom urbanizacijom gradova, ima sve manje prostora za postavljanje ovih mera, pa ćemo uskoro biti primorani da idemo vertikalno. Zeleni zidovi (poznati i kao živi zidovi ili vertikalni vrtovi) trenutno se koriste kao popularan sistem zasnovan na prirodi za dodavanje biofizičkih i socijalnih vrednosti urbanim sredinama, promovišući hlađenje vazduha i zgrada, smanjenje buke, smanjenje zagađenja vazduha i donoseći opštu pogodnost i dobrobit. Međutim, to ima cenu visokih dnevnih potreba za vodom (do 20 L/m<sup>2</sup>) i značajnih troškova izgradnje i održavanja. Transformacija zelenih zidova u sistem za upravljanje urbanim vodama značajno bi povećala njihove koristi. Zeleni zidovi bi se transformisali iz potrošača vode u proizvođače vode zadržavajući i tretirajući kišni oticaj, prečišćavajući ga za naknadnu upotrebu unutar susedne zgrade (ispiranje toaleta) ili obližnjeg zelenog područja (navodnjavanje). Pored toga, ovi sistemi su optimalno dizajnirani kao hibridni sistemi koji koriste sivu vodu (efluent tuša i umivaonika) tokom suvih dana. To bi učinilo zelene zidove potpuno nezavisnim od mreže za pitku vodu. Svaki element hibridnog zelenog zida za ponovnu upotrebu urbane vode treba pažljivo optimizovati. Zemljište zelenog zida treba da ima dvostruku svrhu zadržavanja vode i uklanjanja zagađivača, dok je otporno na začepljenje. Biljke treba da imaju visoku vrednost pogodnosti, budu otporne na stres vode i opterećenje zagađenjem. Dizajn nosive strukture (veličina, dubina, položaj) treba pažljivo proceniti i dizajnirati za svrhu upravljanja vodom. Pored toga, zbog vertikalnog karaktera sistema, sve njegove komponente moraju biti lagane. Ovaj rad će detaljno raspravljati o tome kako se različiti elementi zelenog zida dizajniraju u takvom hibridnom sistemu zelenog zida, ukazujući na rezultate zadržavanja i uklanjanja zagađivača eksperimentalnih studija. Daće preporuke za ukupan dizajn, dimenzionisanje i održavanje.

**Cljučne reči:** Prirodom inspirisana rešenja, Otpadne vode, Kišnica, Tehnička voda

### **Mogućnosti za merenje debljine vodenog filma na površini kolovoza**

Dušan Prodanović, Damjan Ivetić i Miloš Milašinović

**APSTRAKT:** U projektu RESAFE (Road and Environmental Safety related to water – pavement interactions) koji se realizuje u okviru nacionalnog programa PRIZMA, jedan od ciljeva je izrada alata REST (Road and Environmental Safety Toolkit) za procenu sigurnosti puteva tokom kišnih epizoda u pogledu akvaplaninga kao i uticaj te vode na životnu sredinu. Važan element projekta je i eksperimentalna provera uticaja padavina na uslove na putu u laboratorijskim uslovima kao i u kontrolisanim terenskim uslovima. Pored poznavanja intenziteta padavina, debljina vodenog filma je jedna od ključnih veličina. Merenjima treba detektovati granicu akvaplaninga od oko 0,8 mm. Potreban opseg merenja debljine vodenog filma od 0,1 – 0,2 do 4 mm, sa rezolucijom boljom od 0,1 mm što isključuje mogućnosti primene „klasičnih“ sistema za merenje nivoa vode. U radu se daje pregled mogućih metoda za merenje debljine vodenog filma na površini kolovoza: optičke, radarske, kapacitivne i induktivne. Pored fizičkog principa merenja, u radu će se i za svaku od metoda navesti i njena ograničenja, faktore koji utiču na pouzdanost merenja (temperatura, prisustvo soli tokom zimskog perioda, zamrzavanje vodenog filma, uticaj saobraćaja i slično) kao i okvirna cena. Na kraju rada će se predložiti i metoda koja će se primenjivati u projektu RESAFE, s obzirom na striktna ograničenja budžeta.

**Cljučne reči:** Projekat RESAFE, Debljina vodenog filma, Akvaplaning

### **Kombinovanje metoda za merenje protoka u kanalizacionim sistemima u cilju smanjenja merne nesigurnosti usled lokalnih uslova strujanja**

Damjan Ivetić, Dusan Prodanović, Nemanja Rak, Miloš Milašinović i Robert Ljubičić

**APSTRAKT:** Podaci o protocima u kanalizacionim sistemima, su jedan od ključnih parametara za upravljanje radom sistema i planiranje daljeg razvoja. Usled prirode rada kanalizacionih sistema, kao i specifičnih, nepovoljnih hidrauličkih uslova koji se javljaju u mreži, obezbeđivanje pouzdanih podataka o protoku je često veoma zahtevan zadatak. Na tržištu su dostupne različite merne metode, gde svaka od njih ima svoj opseg primenljivosti, koji je određen samim mernim principom i tehničkim karakteristikama konkretnih uređaja. Određivanjem merne nesigurnosti definiše se kvantitativni indikator kvaliteta rezultata merenja. Za određivanje nesigurnosti protoka izmerenog u kanalizacionoj mreži, koriste se uglavnom preporuke iz odgovarajućih standarda i uputstava. Ispitivanjima korišćenih merila u kontrolisanim, laboratorijskim uslovima, definišu se vrednosti i funkcionalne zavisnosti za opisivanje komponenata merne nesigurnosti, koje se kasnije ekstrapoluju na terensku primenu ispitivanog merila. Međutim, na kvalitet izmerenih podataka na terenu, često značajno utiče i komponenta merne nesigurnosti koja se javlja usled uticaja lokalnih, specifičnih uslova strujanja na rad samog merila. Ova komponenta merne nesigurnosti se ne može opisati laboratorijskim eksperimentima, često se zanemara, dok sa druge strane ona može imati dominantan uticaj na kvalitet izmerenih podataka. U ovom radu se analizira jedan slučaj merenja protoka na ispustu kombinovanog kanalizacionog sistema u Beogradu, gde su primenjena dva merila protoka koja rade na različitim mernim principima, zbog ekstremnih hidrauličkih uslova. Predstavljen je postupak kombinovanja podataka sa dva merila sa ciljem definisanja najbolje procene vremenske serije protoka, kao i određivanja vremenske serije komponente merne nesigurnosti usled lokalnih uslova strujanja.

**Ključne reči:** Merna nesigurnost, Merenje protoka, Elektromagnetni senzori, Akustični Dopler senzori, Kanalizacioni sistemi

### **Razmatranje opcija za finalnu dispoziciju mulja sa budućeg PPOV „Veliko Selo“**

Žarko Sretenović, Natalija Pavlović, David Mitrović, Fabian Fenoglio, Zorana Naunovic, Aleksandar Đukić i Miodrag Popović

**APSTRAKT:** Krajnji nusproizvod procesa prečišćavanja otpadnih voda predstavlja mulj. U Republici Srbiji nešto više od polovine stanovnika priključeno je na kanalizacione sisteme. Broj izgrađenih i funkcionalnih postrojenja za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda (PPOV) je mali i ne zadovoljava realne potrebe. Tretman mulja predstavlja jedan od najvećih izazova i za funkcionalna PPOV. U proteklom periodu nije postojao jedinstven stav i regulativa u vezi sa upravljanjem komunalnim muljevima na teritoriji Republike Srbije. Dosadašnja praksa je najčešće podrazumevala odlaganje mulja na opštinske deponije ili u okviru prostora samih postrojenja. Za Beograd, kao glavni i najveći grad Srbije, planirana je izgradnja pet postrojenja, od kojih će najveće biti PPOV „Veliko Selo“ kapaciteta 1.500.000 ES, na kome će se vršiti prečišćavanje komunalnih otpadnih voda i tretman mulja sa Centralnog kanalizacionog sistema grada. U ovom radu razmatrane su alternative za tretman i finalnu dispoziciju mulja sa PPOV „Veliko Selo“. Analizirana je zakonska regulativa i strateški dokumenti Republike Srbije, kao i regulativa i preporuke EU u vezi sa dispozicijom i tretmanom mulja. Preliminarno su sagledane mogućnosti: upotrebe mulja u poljoprivredi i za druge namene, odlaganje mulja na deponije, kao i spaljivanje mulja. Pri razmatranju varijanti za tretman mulja, rukovodilo se principima cirkularne ekonomije i održivosti. To u konkretnom slučaju znači da su mulj i ostali nusproizvodi prečišćavanja otpadnih voda, koji su tretirani kao otpad, razmatrani kao resurs i da je analizirana mogućnost njihove dalje primene. Pored spaljivanja (insineracije) mulja na lokaciji PPOV, obrađena je i mogućnost ko-insineracije, odnosno spaljivanja mulja u pećima termoelektrana i cementara zajedno sa drugim materijama, izvan lokacije PPOV „Veliko Selo“. Zaključeno je da je insineracija muljeva na lokaciji PPOV „Veliko Selo“ najpogodnije rešenje.

**Ključne reči:** Muljevi, Upravljanje muljem, Prečišćavanje komunalnih otpadnih voda, PPOV „Veliko Selo“, Insineracija



## SESIJA 8-B

### **Inovativna eksperimentalna metoda za određivanje vodoprovodljivosti visokopropusnih poroznih materijala**

Ognjen Govedarica, Filip Stanić, Nenad Jaćimović, Branislava Lekić and Anja Randelović

**APSTRAKT:** Zbog klimatskih promena sve je češća pojava kiša velikog intenziteta i sve kraćeg trajanja. U isto vreme, rapidna urbanizacija u našim uslovima donosi povećanje vodonepropusnosti urbanih površina. Unapređenje se očekuje u primeni savremenih sistema za kanalizaciju i zbrinjavanje atmosferskih voda. Jedno od rešenja je smanjenje doticaja u kanalizacione kolektore uvođenjem polupropusne galanterije (od kaveroznih betona) za izgradnju urbanih površina (pešačkih staza, nisko opterećenih kolovoznih površina, krovova zgrada i sl.). Najvažniji parametar za modeliranje i projektovanje ovih inovativnih sistema, koji su zasnovani na interakciji porozne sredine i vode, je koeficijent filtracije pri zasićenju Ksat. Za određivanje koeficijenta filtracije koriste se terenske i laboratorijske metode. Terenske metode su robusne, brze i lake za izvođenje, ali zbog velikog broja pretpostavki i nepoznavanja svih karakteristika okolnog tla njihovi rezultati su manje pouzdani od laboratorijskih metoda. Za određivanje koeficijenta filtracije Ksat u laboratorijskim uslovima obično se koriste dve dobro uspostavljene metode u inženjerskoj praksi, test sa konstantnim nivoom i test sa promenljivim nivoom vode. Test sa konstantnim nivoom se primenjuje na poroznim materijalima veće propusne moći, a test sa promenljivim nivoom na poroznim materijalima je pogodniji za manje propusne materijale. Međutim, oba testa se suočavaju sa određenim ograničenjima kada se primenjuju na materijalima koji su većih dimenzija i imaju jako veliku propusnu moć. Kao rešenje ovog problema predložen je novi test vodoprovodljivosti u kojem se, usled inicijalno nametnute razlike u nivooima, voda kreće između dva međusobno povezana rezervoara prolazeći pri tom kroz uzorak poroznog materijala koji svojom vodoprovodljivošću prigušuje oscilacije nivooa u rezervoarima. Fokus ovog rada je pre svega na inoviranom postupku merenja koeficijenta filtracije i tehničkim karakteristikama aparature koja je za tu svrhu osmišljena.

**Ključne reči:** Porozni materijal, Koeficijent filtracije, Test sa dva rezervoara, Inovativna metoda

### **Simulation study on the impact and benefits of plant species on the environment and non-communicable diseases in Shanghai**

Yulin (Lisa) Liu, Cedo Maksimovic, Stanislava Boskovic, Wenfei Huo

**ABSTRACT:** Many previous studies have investigated the relationship between greeneries and the environment and/or human health, but the influences exerted by specific tree species were unclear. This study aims to find the benefits and impact of various tree species (the green part in a Blue-Green Solutions) on the environment (in the context of CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and air temperature), which in turn relates to the morbidity and intensity of non-communicable diseases within the community compound (Shanghai Songjiang District). Home visits and site investigations were carried out to collect demographic and geological information (See Appendix 6.2 for the questionnaire). The site has a total population of around 500 residents, with a distribution of 14 various tree species. i-Tree Design software was applied to predict the removal efficacy and efficiency of different species and ENVI-met was then utilized to model the layouts under the real scenarios and with adjustments. The results generated were referenced and recommendations were provided to adjust the selection and the arrangement of species. The impact of different tree species on the air temperature was not quite clear based on this study. Yet, the selection of tree species was found to influence the CO<sub>2</sub> and PM<sub>2.5</sub> levels on site. The results indicated that *Metasequoia glyptostroboides* (Dawn Redwood) and *Cinnamomum camphora* performed the best in PM<sub>2.5</sub> removal. Besides, the results showed that *Tilia tuan*, *Carpinus laxiflora*, and *Ulmus minor* own the strongest ability of CO<sub>2</sub> sequestration among the deciduous trees modeled. The recommended layout was modeled and simulated to prove the effectiveness of the reselection and rearrangement. The adjusted layout was predicted to remove an extra 1441.1kg CO<sub>2</sub> this year and 2876.6kg/year in the long run. For PM<sub>2.5</sub>, the removal rate would also grow by 2.56 kg/year for 2021 and by 6.23 in the future.

**Keywords:** Species, Non-communicable diseases, CO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>, Air temperature, Blue-Green Solutions

## SESIJA 8-B

### Validation of the relationship between instantaneous air temperature and LST from Landsat 8 and 9 OLI data

Zihan Liang, Čedo Maksimović and Stanislava Bošković

**ABSTRACT:** As urbanization continues to expand, the urban heat island effect is posing risks to human populations. Thermal comfort serves as a concept for evaluating the impact of the urban heat island effect on human perception, which can further facilitate the assessment of the environmental effects of natural-based solutions by contrasting thermal comfort changes. Instantaneous air temperature (Tai) plays a crucial role in thermal comfort assessment. However, ground-based sensors designed for precise measurements face economic challenges, prompting remote sensing technology to emerge as a viable alternative. This study used satellite images and remote sensing data to predict Tai under clear daylight conditions in Belgrade, Serbia as one of the project cities in euPOLIS. The statistical method based on Land Surface Temperature (LST) and the Temperature-Vegetation Index (TVX) method in forecasting Tai was explored using temperature data. The statistical method demonstrated a strong correlation in estimating Tai. The TVX approach yielded determination coefficients in Tai estimates that were lower than anticipated, due to the limited availability of comprehensive NDVI information. A relationship between LST and the lapse rate of Tai was also identified. Furthermore, the Tai prediction analysis results demonstrated significant heterogeneity at a macroscopic level while also indicating convergence at a microscopic level. The efficacy of the TVX approach in Tai prediction needs more empirical evidence. Further studies include utilising Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) within the research area and extrapolation of CFD model of the area to be used for quantification of impact of selected and newly planted vegetation on human health.

**Keywords:** Natural-Based Solution (NBS), Health and well-being, City micro-climate, Instantaneous air temperature, Land surface temperature (LST)

### Quantification of Impacts of "Blue-Green Solutions" on improvement of air quality in urban areas

Siqi Chu, Cedo Maksimovic, Stanislava Boskovic

**ABSTRACT:** Millions of Non-communicable diseases (NCD) deaths are caused by air pollution annually, in which air quality has a pivotal role. Recently, there has been raised interest in Blue Green Solution (BGS) to assist air quality problems. To date, only a limited number of studies of BGS improving NCD have been identified. However, much uncertainty still exists about the quantitative researches in air quality and NCD improvement by BGS intervention. The specific objective of this project was to quantitatively evaluate how the BGS intervention improves air quality and promotes the public health of the cardiovascular and respiratory disease population. The methodological approaches taken in this project are Computational Fluid Dynamics (CFD) and exposure impact assessment focusing on the Linear Park in Belgrade, Serbia. Fifteen scenarios are taken into account in CFD simulation, classified by wind direction and BGS layout. The results of this project indicate that the removal rate for weighted air pollutants reaches up to 5.04%, wind reduction obtain 0.5m/s effect under the west wind. Interestingly, results also showed that more BGS intervention does not indicate improved performance under specific scenarios. At most, 105 NCD cases can be lessened from cardiovascular and respiratory disease in local conditions. Overall NCD improvement is 10.32%, achieved in an increased BGS density scenario. These findings have significant implications for developing further BGS implementation on NCD groups. Further researches should be undertaken to investigate the quantitative effect of diverse tree species.

**Keywords:** Blue-Green Solution (BGS); Computational Fluid Dynamics (CFD); Air quality; Non-communicable diseases (NCD)

### Prosumption Management of Solar Panels for Water Source Heat Pumps using Pump Storage Technology

Eguono Omo-Aghoja, Čedo Maksimović, Stanislava Bošković, Nataša Djurić, Ranko Božović, Dragan Brnjoš, Nataša Tučić and Tijana Kozić

**ABSTRAKT:** Due to their high efficiencies, heat pumps have been widely recognised as a tool for decarbonising space heating, with significant research into improving their performance by combining with thermal solar panels (Jiang et al., 2022). This paper focuses on a proposed scheme where prosumption (production and consumption) management with pumped storage is used to redistribute the energy generated by PV panels in order to ensure that the heat pump demand is always met by either the PV panels, the energy recovered from pumped storage or a combination of both. Using MATLAB software, energy redistribution is conducted and the net lifecycle cost (LCC) of this proposed scheme is determined and compared against two different systems: a combination of electric boilers for heating and air conditioning for cooling, and the use of a heat

## SESIJA 8-B

pump supplied by electricity from the grid. In addition to capital, maintenance and utility costs, the social cost of carbon and profits obtained from selling excess energy to the grid are factored into obtaining the net LCC. Results show that the proposed scheme has a higher capital and maintenance cost than the other systems, however with sufficient profits made by selling excess electricity, it has the capability to lead to a lower net LCC. The results also highlight that the profitability of the system is dependent on the heat pump efficiency, available irradiation, and heating/cooling load profiles. Additionally, lower utility costs can lead to the WSHP supplied by electric grid system being cheaper than the proposed scheme.

**Keywords:** Heat Pumps, Photovoltaic Solar Panels, Prosumption, Pump Storage Hydroelectricity

### **Quantification of impact and benefits of vegetation species used in BGS based landscape and urban environment**

Zhuoqun Wang, Marija Janjić, Stanislava Bošković and Čedo Maksimović

**ABSTRACT:** Urbanization poses complex environmental challenges, with issues like air pollution and heat islands threatening human health. Vegetation can help address these problems through ecosystem services. This dissertation investigates the impact of different plant species within blue-green solutions on air quality and non-communicable diseases in cities. Formation and potential impact of particulate matter (PM) and ozone (O<sub>3</sub>) are modelled using ENVI-met. Simulations compare a conifer (*Picea abies*) and a deciduous tree (*Robinia pseudoacacia*) in an urban park. Through modelling different tree species in the study site, under the same meteorological conditions and pollutant concentration conditions, it is found that deciduous trees can reduce PM<sub>10</sub> is reduced up to 0.17 µg/m<sup>3</sup> and PM<sub>2.5</sub> up to 0.005 µg/m<sup>3</sup>. Lower PM decreases respiratory/cardiovascular risks. Ozone, which can also have negative impacts on human health human respiratory and cardiovascular systems, although it can partially be absorbed through plant stomata, literature review suggests the trees likely increases O<sub>3</sub> more through biogenic emissions. The study reveals nuances in vegetation's effects on pollutants. Deciduous trees appear optimal for lowering PM, but vegetation choices should consider potential O<sub>3</sub> increases. Despite limitations, the findings provide insights and some degree of quantification into interactions between plants, air quality, and human health. These supports designing tailored blue-green solutions using vegetation to improve urban sustainability.

**Keywords:** Blue-Green solutions, Particulate matter, Ozone, Health and well-being, Vegetation species

### **„Blending“ Blue Green/Nature Based Solutions with Green Harbour concept for innovative Blue Green Harbour Solutions**

Olga Gkologianni, Cedo Maksimovic and Stanislava Boskovic

**ABSTRACT:** This paper explores transforming industrial ports into green, vibrant community spaces, focusing on Mikrolimano, Greece, and Luštica Bay, Montenegro. It investigates the integration of nature-based solutions to apply blue-green practices in harbor projects, aiming to create sustainable and environmentally friendly urban areas. By reimagining ports as accessible green destinations that align human activity with nature, this study contributes to sustainable coastal development, enhancing resilience, livability, and ecological quality. Key interventions include the Seabin Project for debris collection, the deployment of Polehulas for biodiversity and water filtration, and the restoration of oyster reefs and eelgrass to improve water quality and reduce nutrient concentrations. Further, tree planting and cool pavements are proposed to reduce local heat, creating comfortable and attractive spaces for visitors. This multifaceted approach underscores the synergy of blending nature-based solutions with the Green Harbor concept, demonstrating significant environmental, social, and economic benefits.

**Keywords:** Natural based solutions

## SESIJA 9

### Morski talasi - teorija, merenja, simulacije

Teodor Vrećica

**APSTRAKT:** Glavni fokus mog rada je na površinskim vodenim talasima, koji nastaju usled delovanja vetra na površinu vode. Tokom svojih doktorskih i postdoktorskih studija, pokrio sam teme vezane za teoriju, merenje i modelovanje talasa. Glavni fokus tokom mojih doktorskih studija je bio na nelinearnim interakcijama talasa sa drugim talasima u vodama srednje dubine. Tokom postdoktorskih studija, glavni fokus je bio na primeni fotogrametrisjkih metoda za analizu karakteristika talasa. Pored toga, bavio sam se i in-situ i daljinskim merenjima talasa, njihovoj interakciji sa morskim strujama, i modelovanjem evolucije iz duboke u plitku vodu. Sve ove teme će biti predstavljene u kratkim crtama.

**Ključne reči:** Morski talasi, Nelinearnost, Merenja

### Korišćenje polu-analitičkih rešenja za analizu rezultata testa vodoprovodljivosti sa dva rezervoara

Filip Stanić, Ognjen Govedarica, Nenad Jaćimović, Branislava Lekić i Anja Randelović

**APSTRAKT:** U cilju stvaranja održivog sistema za odvodnjavanje u urbanim sredinama često se za kolovozne konstrukcije i parkinge koriste porozni asfalti i ploče koji svojom visokom vodoprovodljivošću ublažuju kišni oticaj. U svrhu određivanja vodoprovodljivosti ovih materijala u praksi se standardno koristi Darcy-jev test sa promenljivim nivoom za koji je nedavno pokazano da potcenjuje vrednosti koeficijenta filtracije kod visokoprpusnih materijala jer se zanemaruje uticaj inercije na kretanje vodene mase, kao i kvadratna komponenta Forchheimer-ovog zakona koji se u tom slučaju svodi na Darcy-jev linearni zakon. Kao rešenje ovog problema predložen je novi test vodoprovodljivosti u kojem se, usled početne razlike u nivoima, voda kreće između dva međusobno povezana rezervoara prolazeći pri tom kroz uzorak poroznog materijala koji svojom vodoprovodljivošću prigušuje oscilacije nivoa u rezervoarima. Da bi se matematički opisao fenomen prigušenih oscilacija usled prisustva poroznog materijala, neophodno je rešiti nelinearnu diferencijalnu jednačinu drugog reda koja nema kontinualno analitičko rešenje u vremenskom domenu. U ovom radu su prikazana dva polu-analitička rešenja ove jednačine zasnovana na različitim pretpostavkama, koja su primenljiva u diskretnom vremenskom domenu i zavise od kalibracionih parametara vodoprovodljivosti. Prvo rešenje zasniva se na pretpostavci da je zbirna sila pritiska i težine konstantna na veoma kratkom vremenskom intervalu, dok drugo unapređeno rešenje podrazumeva konstantnu apsolutnu vrednost fluksa na tom intervalu. Na osnovu poređenja ova dva rešenja sa rezultatima testa vodoprovodljivosti sa dva rezervoara primenjenog na uzorcima poroznih ploča, ustanovljeno je da pri dovoljno sitnoj vremenskoj diskretizaciji oba rešenja daju gotovo identične rezultate uz izuzetno dobro slaganje sa eksperimentalnim vrednostima. Međutim, korišćenje krupnijih računskih koraka značajno utiče na tačnost prvog rešenja gde su sračunate vrednosti nivoa značajno prigušene u odnosu na izmerene, dok su kod drugog rešenja vrednosti nivoa gotovo identične kao i pri sitnijoj diskretizaciji što ga čini robusnijim, primenljivijim u praksi i prikladnijim za implementaciju.

**Ključne reči:** Zasićena porozna sredina, Porozne ploče, Vodoprovodljivost, Prigušene oscilacije

### Primena VOF numeričke metode za modeliranje strujanja na glatkim i stepenastim brzotocima

Robert Ljubičić, Budo Zindović, Radomir Kapor i Ljubodrag Savić

**APSTRAKT:** Brzotoci su veza između ulaznih i disipacionih objekata evakuacionog trakta brana. Karakteriše ih naročita raznolikost u pogledu oblika u osnovi, nagiba dna i složenosti geometrije konture, što predstavlja poseban izazov za razumevanje i predviđanje njihovih hidrauličkih karakteristika. U proteklih nekoliko decenija je razvijen značajan broj analitičkih i empirijskih postupaka za predviđanje karakteristika strujanja za uobičajene tipove brzotoka – glatke i stepenaste, prizmatične i neprizmatične. Međutim, tačnost tih postupaka značajno varira u zavisnosti od stepena sličnosti razmatranog brzotoka sa onim pomoću kog su ti postupci razvijeni. Savremeni računarski kapaciteti omogućavaju alternativan pristup putem numeričkog modeliranja strujanja u brzotocima. VOF (volume-of-fluid) je jedna takva numerička metoda za modeliranje strujanja fluida, posebno efikasna kod opisivanja strujanja tečnosti sa slobodnom površinom. U ovom radu izvršena je analiza tačnosti ravanske (2D) VOF metode za procenu karakteristika jednolikog tečenja „čiste vode“ i predviđanje disipacije energije u glatkim i stepenastim brzotocima nagiba dna 1:2. Analizom su obuhvaćena tri jedinična protoka ( $q = 8, 16, 24 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ ) i do šest rezolucija računске mreže pri svakom od protoka. Kod stepenastih brzotoka, utvrđeno je da na tačnost rezultata prvenstveno utiče rezolucija mreže u odnosu visine stepenika i dubine tečenja mlaza. Pokazano je da postoji optimalna rezolucija mreže kada su odstupanja u odnosu na referentne vrednosti najmanja, a pri kojoj greška procene dubine jednolikog tečenja iznosi 2-5%, odnosno greška procene rezidualne energije 5-10%. Kod glatkih brzotoka, tačnost u velikoj meri zavisi i od zadatih konturnih uslova. Ishod numeričkog modeliranja ukazuje na potencijalno visoku tačnost VOF metode za modeliranje strujanja u brzotocima, i doprinosi boljem razumevanju uticaja numeričkih parametara i rezolucije mreže na pouzdanost dobijenih rezultata.

**Ključne reči:** Stepenasti brzotok, hidrotehnički objekat, Računska hidraulika, Numerički model

## SESIJA 9

### Hidraulički proračun mreža pod pritiskom primenom TRIBAL $\Delta Q$ metode u uslovima potrošnje koja zavisi od pritiska

Zeljko Vasilic i Milos Stanic

**APSTRAKT:** Hidraulički proračun u mrežama pod pritiskom se najčešće sprovodi pod pretpostavkom fiksne čvorne potrošnje koja ne zavisi od pritiska, u literaturi pristup poznat kao DDA (eng. Demand Driven Approach). Ova pretpostavka je opravdana ukoliko je sistem u mogućnosti da u svakom trenutku zadovolji minimalne pritiske pri kojima se ta čvorna potrošnja može i ostvariti (npr. prilikom dimenzionisanja sistema). U određenim slučajevima, kao što su pucanja cevi ili povećana potrošnja vode u sistemu, doći će očekivano do pada pritiska u mreži ispod minimalnih što posledično uzrokuje nemogućnost sistema da zadovolji fiksne čvorne potrošnje. U ovim slučajevima upotreba DDA pristupa rešavanju hidraulike sistema nije opravdana jer neće rezultovati realnom procenom pritiska i protoka u mreži, niti je moguće proceniti koji deo čvorne potrošnje se zaista može zadovoljiti. Za prevazilaženje ovog ograničenja DDA pristupa, u proračun se mora uvesti funkcionalna zavisnost potrošnje od pritiska. Ovaj pristup, poznat kao PDA (eng. Pressure Driven Approach) u obzir uzima smanjenje čvorne potrošnje sa smanjenjem pritiska u čvoru. U ovom radu je PDA pristup implementiran u originalnu TRIBAL- $\Delta Q$  metodu za proračun mreža pod pritiskom, koja koristi formulaciju metode prstenova za rešavanje osnovnih jednačina koje opisuju tečenje u mrežama pod pritiskom. Validacija rezultata proračuna unapređene TRIBAL- $\Delta Q$  metode je izvršena poređenjem sa referentnim EPANET 2.2 softverom, zasnovanim na formulaciji metode čvorova, koji je u praksi prihvaćen kao standard za hidraulički proračun mreža pod pritiskom. Metoda je testirana na nekoliko mreže različite složenosti i preliminarni rezultati sa analizom osetljivosti pokazuju da TRIBAL- $\Delta Q$  metoda u uslovima potrošnje koja zavisi od pritiska ostvaruje istu preciznost i numeričku stabilnost proračuna kao referentna metoda EPANET 2.2 softvera.

**Ključne reči:** Hidraulički proračun,  $\Delta Q$  metoda, Mreže pod pritiskom

### Interactions of Danube River thermal regime and water quality with euPOLIS Case Study in Belgrade monitoring and modelling program

Lauren Longfellow, Čedo Maksimović, Stanislava Bošković, Anja Randelović, Branislava Jovanović and Vladana Rajaković

**ABSTRACT:** Expanding global urbanization is disrupting natural processes, threatening urban ecosystems, and jeopardizing human health and wellbeing; making sustainable solutions to mitigate these consequences crucial to cities' survival. Natural blue and green spaces positively influence the surrounding urban area, therefore, nature-based solutions, which utilize features from nature to solve environmental challenges, may enhance urban resilience, adaptability, and human health. Currently, the environmental and health benefits of the implementation of individual nature-based solutions are well established, but few studies quantify the synergies of utilizing hybrid approaches, with an additional research gap on the interdisciplinary and enhanced design, planning, and modelling required for successful implementation showcasing impacts on human health and wellbeing. This study quantitatively evaluates the thermal, hydrological, and health benefits of multiple nature-based solutions through a case study of the euPOLIS project located in Ušće park/ Zemunski key in Belgrade, Serbia. Mitigation of the urban heat island effect, stormwater management of increased runoff, and assessment of Danube River water quality are analysed through evaluation of the design, planning, cost, and construction of the project as well as field assessments and ecohydrological modelling to provide framework to reliably enhance their optimization, limit environmental implications, and minimize life cycle costs. Results show that green space connected with water bodies intensifies urban cooling effects, thus proximity to vegetation or water bodies is desirable. Green building envelopes perpetuate cooling benefits while connecting urban vegetation with existing urban water systems to reduce strain during storm events. The quantification of the runoff and thermal properties of a proposed multifunctional green roof show that vegetation does reduce and delay runoff, as well as insulate its supporting infrastructure. Finally, the existing water quality of the adjacent Danube River was determined to be acceptable for the project to progress without proposing hazards to wildlife or humans. Framework resulting from this research may be replicated in the planning, development, and implementation of future sites.

**Keywords:** Nature Based Solutions, Blue Green Infrastructure, Danube thermal regime, Water quality

## SESIJA 9

### Potentials of contaminants adsorption by bone char for setting up environmental remediation guidance in Serbia

Ziyi Yang, Geoff Fowler, Čedo Maksimović and Dragana Đorđević

**ABSTRACT:** The Uvac Special Nature Reserve has been receiving various sources of untreated wastewater from the municipality of Sjenica. Wastewater discharged from coal mines and abattoirs contained high levels of total arsenic [As(III) and As(V)], phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), sulphate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), and nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Bone char (BC) has been widely used as an adsorbent for removing pollutants from industrial, municipal, and agricultural wastewater. It is a low-cost, efficient, and environment-friendly remediation technology. It is proposed that bone char could be produced locally using the bone waste generated from the abattoir to remove various contaminants from wastewater and protect the meanders downstream. However, the adsorption of As(III), PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> onto BC has been poorly studied. Therefore, this study explored the capacity of BC to remove these five components separately. The BC samples was prepared and characterised before use. Batch studies were conducted by varying initial concentrations of the adsorbates without pH adjustment. 100 ml of samples were in contact with 1.0 g BC, shaken at 150 rpm for 48 hours at room temperature. Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) was used to identify changes in the surface structure of BC before and after adsorption experiments. The maximum uptake of As(III) and As(V) by BC were 8.11 and 2.95 mg/g at an initial concentration of 200 mg/L. The maximum uptake of PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> by BC were 6.79, 2.45, and 2.26 mg/g at an initial concentration of 1000 mg/L. Only As(III) and As(V) uptake increased with increasing initial concentration. Moreover, this study summarized parameters that affect the adsorption process based on results from the experiment. The illustration can be used as a guideline for the environmental remediation project in Serbia.

**Keywords:** Nature-Based Solutions, Bone Char, Adsorption, Environmental Remediation