

## PROBLEMATIKA KONFIGURACIJE 1D HIDRODINAMIČKOG MODELA NA SLIVOVIMA MALE I SREDNJE VELIČINE

Ivan MARISAVLJEVIĆ, Luka STOJADINOVIĆ, Ognjen PROHASKA, Marija MILOVANOVIĆ,  
Nenad BOGDANOVIĆ, Aleksandar CVETKOVIĆ

Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“

### REZIME

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 slično. 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 Kolubara.

**Ključne reči:** 1D hidrodinamički model, 2D hidrodinamički model, transformacija poplavnog talasa, hidrauličko modeliranje

---

Podaci o prihvatanju članka

Primljen: 28.6.2024.

Ispravljen: 4.7.2024

Prihvaćen: 14.7.2024.

Kontakt: [ivan.marisavljevic@jcerni.rs](mailto:ivan.marisavljevic@jcerni.rs)

### 1. UVOD

Veliki izazov pri 1D hidrauličkom modeliranju složenih tokova predstavlja problem izlivanja vode iz glavnog korita i tečenja u inundacijama, kao i interakcija toka sa različitim objektima u plavnoj zoni kao što su mostovi, prilazni putevi, propusti i sl. U okviru klasičnih jednodimenzionalnih hidrodinamičkih modela, ove pojave se često modeliraju primenom različitih unutrašnjih graničnih uslova, formiranjem paralelnih tokova i drugim metodama. Međutim, u situacijama kada se 1D hidraulički model primenjuje u operativnim uslovima, kao što su sistemi rane najave poplava, detaljno simuliranje svih relevantnih pojava može značajno usporiti izvršavanje proračuna, do te mere da model postaje operativno neefikasan.

Zbog ograničenog fonda podataka i nemogućnosti preciznog definisanja složenih interakcija toka, javlja se potreba za korišćenjem 2D modela kako bi se identifikovale ključne lokacije transformacije talasa i na osnovu tih podataka unapredio 1D model. Ova metodologija omogućava optimizaciju 1D modela bez preteranog usloznavanja, oslanjajući se na precizne informacije iz 2D modela o kritičnim tačkama toka. Na taj način, moguće je postići zadovoljavajuću tačnost simulacija uz istovremeno održavanje prihvatljivog vremena izvršavanja proračuna.

Praktična primena predložene metodologije prikazana je na slivu reke Tamnave, kroz hidraulički model razvijen u okviru Sistema rane najave na reci Kolubari. Ovaj pristup pruža osnovu za razvoj operativnih modela koji se mogu efikasno koristiti za složene hidrauličke situacije, čime se unapređuje efikasnost sistema rane najave.

## 2. PREDLOŽENA METODOLOGIJA UNAPREĐENJA 1D MODELA

Glavni izazov u kreiranju operativnog 1D hidrauličkog modela proizlazi iz nedostatka relevantnih podataka o složenim uslovima tečenja, posebno u vezi sa mestima i nivoima izlivanja iz glavnog korita tokom različitih talasa velikih voda. U situacijama kada početni 1D model ne pokazuje zadovoljavajuće rezultate zbog nedostatka podataka, predlaže se korišćenje 2D hidrauličkog modela kao referentnog alata za unapređenje 1D modela.

Osnovna svrha 2D modela je prepoznavanje ključnih tačaka u slivu u kojima se odvija značajna transformacija talasa. Pošto 2D modeli omogućavaju simulaciju pravaca tečenja kao rezultat same simulacije, bez potrebe za unapred definisanim pretpostavkama, oni pružaju neophodne informacije za korekciju 1D modela. Na osnovu analize rezultata 2D hidrauličkog modela, vrše se korekcije 1D modela dodatnim elementima, čime se reprodukuju ključne karakteristike 2D modela i postiže zadovoljavajuća tačnost simulacija.

Nakon što se 1D model unapredi, ubace novi elementi, na osnovu rezultata 2D modela, podešavanje parametara se primenjuje prvenstveno na nove elemente modela, kao što su dodatni tokovi ili retenzioni prostori. Za ostatak modela, podešavanje se sprovodi samo ako se analizom utvrdi potreba za dodatnim koracima, polazeći od pretpostavke da su postojeći elementi i deonice imaju zadovoljavajuću tačnost.

Konačno formiran 1D model, unapređen podacima iz 2D modela i dopunjen prilagođavanjem parametara dodatnih elemenata, omogućava precizno simuliranje složenih pojava uz održavanje prihvatljivog vremena izvršavanja, što ga čini pogodnim za operativnu upotrebu u sistemima rane najave poplava.

## 3. PRIMENA PREDLOŽENE METODOLOGIJE NA SLIVU TAMNAVE

U ovom poglavlju, metodologija koja je prethodno opisana biće ilustrovana kroz primenu na hidrodinamičkom modelu reke Tamnave. Model reke Tamnave formiran je u okviru sistema rane najave upozorenja za reku Kolubaru.

### Opis hidrauličkih modela

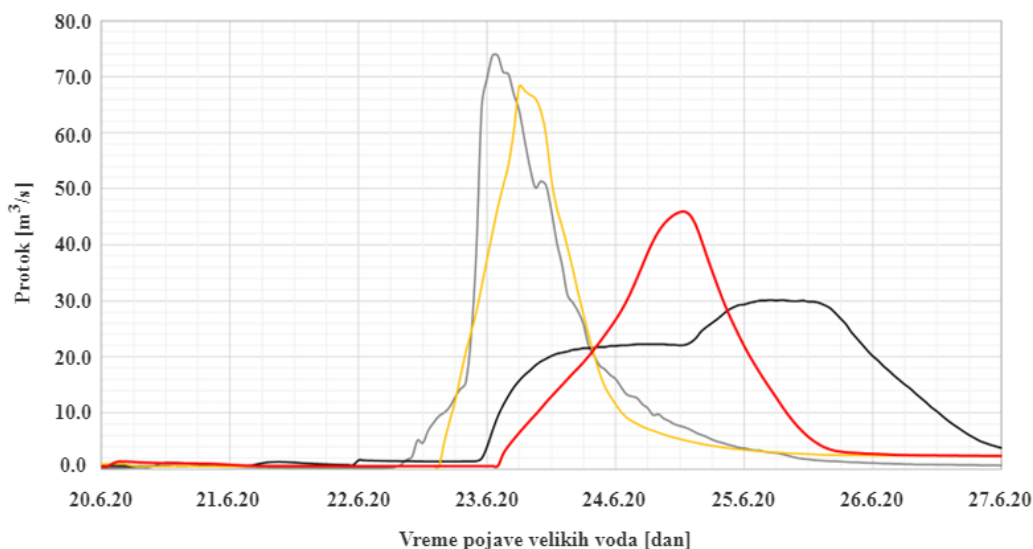
Hidraulička komponenta sistema za rano upozoravanje i obaveštavanje na slivu Kolubare zasniva se na 1D modelu. Odluka o korišćenju 1D modela proizašla je prvenstveno iz specifične funkcije sistema. Glavna svrha ovog sistema je pružanje upozorenja o mogućim opasnostima od poplava ili prelivanju objekata za odbranu od poplava na osnovu prognoziranih padavina. Sistem nije dizajniran za detaljnu analizu poplava u nebranjanim područjima niti za ispitivanje poplavnih scenarija nakon prelivanja nasipa.

1D hidraulički model razvijen je korišćenjem HEC-RAS softverskog paketa. Osnovni model pokriva dva vodotoka, Tamnavu i Ub, duž kojih je definisano 850 poprečnih profila. U modelu su uključeni različiti tipovi poprečnih profila – od dolinskih, širokih profila do onih u zonama nasipa, koji se protežu između kruna nasipa s leve i desne strane obale. Model takođe uključuje ukupno 26 mostova – 17 na Tamnavi i 9 na Ubu. Ukupna dužina modela iznosi 94 kilometra.

### Period simulacije

Razvoj ove metodologije i njena primena na slivu reke Tamnave inicirani su prvenstveno zbog nedostatka podataka o dinamici transformacije talasa velikih voda između hidroloških stanica Koceljeva i Čemanov most. Na Slici 1 prikazani su podaci za karakterističan talas iz juna 2020. godine (period od 20.6.2020. do 27.6.2020.). Na osnovu ovih podataka može se zaključiti da dolazi do značajne transformacije talasa, najverovatnije zbog izlivanja vode iz glavnog korita i njenog zadržavanja na plavnim površinama ali tačne lokacije i dinamika tih izlivanja ostaju nepoznate.

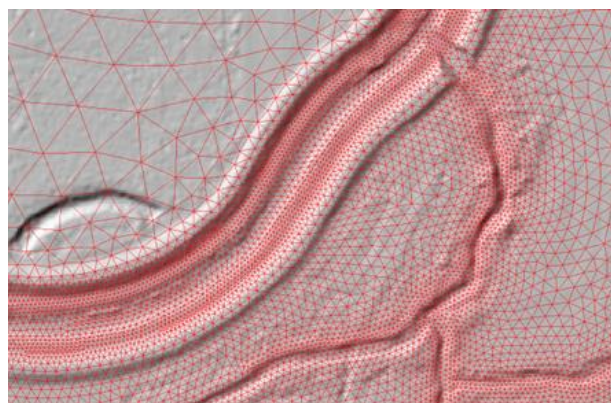
Na Slici 1 prikazani su i rezultati simulacije istog talasa dobijeni pomoću 1D modela (žuta i crvena linija), koji je bio formiran pre korekcija metodologijom korišćenja širokih profila u hidrauličkom modelu. Ulazni podaci za ovaj model preuzeti su iz hidrološkog modela razvijenog za potrebe sistema RNU Kolubara. Sa slike se može uočiti da transformacija talasa između hidroloških stanica nije adekvatno simulirana, što ukazuje na potrebu za uvođenjem dodatnih elemenata kako bi se bolje reprodukovala osmotrena transformacija talasa.



Slika 1. Poređenje izmerenih i modeliranih podataka, hidrograma – siva linija izmereni protoci na HS Koceljeva; crna linija izmereni protoci na HS Čemanov most; žuta linija rezultati 1D modela na poziciji HS Koceljeva; crvena linija rezultati 1D modela na poziciji HS Čemanov most

Za potrebe analize tečenja, formiran je 2D hidraulički model (detalj računске mreže prikazan je na Slici 2). Model je pripremljen unutar grafičkog korisničkog interfejsa SMS (Surface – Water Modeling System), dok je za numeričko modeliranje tečenja u otvorenim tokovima korišćen RiverFlow2D [4]. RiverFlow2D se ističe po sposobnosti izvođenja proračuna na grafičkim karticama, što značajno ubrzava 2D proračune i predstavlja ključni faktor za odabir ovog alata u analizi. Obuhvat modela prilagođen je razmatranoj deonici. Takođe, nakon poređenja različitih 1D HEC-RAS modela i 2D RiverFlow modela, došlo se do zaključka da su Manningovi koeficijenti otpora navedenih modela međusobno kompatibilni, čime je uporedna analiza rezultata modela značajno olakšana.

Digitalizacija u okviru formiranja 2D računске mreže je sprovedena za sve objekte koji bi mogli uticati na prirodni tok reke, uključujući nasipe, puteve, pruge i mostove. Poseban naglasak stavljen je na zone od interesa koje su detaljno razmatrane u ovom istraživanju. Da bi se postigla precizna geometrija terena duž glavnog toka, nasipa, puteva i pruga, raspoređene su trougaone nestrukturirane ćelije sa dimenzijom stranice od 2 metra. U plavnoj zoni ćelije su raspoređene postepeno u opsegu od 10 do 40 metara. U modelu se nalazi preko 1 780 000 pojedinačnih zapremina.



Slika 2. Detalji računске mreže 2D hidrauličkog modela Tamnave

Analizirajući rezultate 2D modela, identifikovane su dve oblasti izlivanja iz glavnog toka koje zahtevaju dodatnu analizu. Prva oblast obuhvata izlivanje kod mesta Novaci, dok se druga odnosi na pojavu izlivanja i formiranja paralelnog toka kroz indukciju u zoni mosta na putu za Takovo.

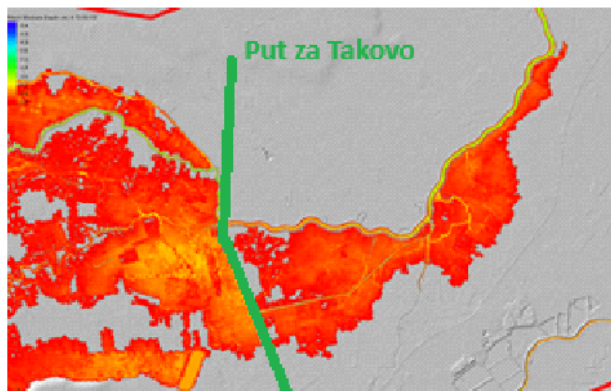
Osnovni izazov pri izlivanju u mestu Novaci leži u pravilnom utvrđivanju odnosa između količine vode koja ostaje u glavnom koritu i one koja odlazi u inundacije. Prvi korak analize bio je određivanje tačnih količina vode u glavnom koritu i inundacijama. Nakon

toga, fokus je bio na dinamici tečenja unutar inundacija. Poslednji deo analize obuhvatao je precizno određivanje mesta gde dolazi do izlivanja u inundacije, kao i lokacije gde se ta voda vraća u glavni tok.

Područje oko mosta na putu za Takovo predstavlja izazovni problem. Kompleksnost situacije proizlazi iz činjenice da se nekoliko kilometara pre mosta formira paralelni tok kroz inundaciju (Slika 3). Put i most prema Takovu predstavljaju prepreku paralelnom toku, te prilikom naglog porasta vodostaja dolazi do formiranja uzvodne retenzije. Duž same putanje postoji ispust kroz koji voda polako otiče i ponovo se spaja sa Tamnavom.

Prvi korak u analizi ovog dela vodotoka bio je precizno utvrđivanje mesta preliivanja i određivanje količine vode koja protiče kroz paralelni tok. U ovoj analizi korišćeni su prostorni rezultati i hidrogrami dobijeni iz 2D modela kako bi se pružio detaljan uvid u dinamiku ove složene hidrauličke pojave. Nakon utvrđenog mesta preliivanja izvršena je analiza obuhvata, odnosno potrebna dužina poprečnih profila glavnog i paralelnog toka u 1D modelu.

U sledećem koraku istraženo je kretanje vode ispod mosta i puta kroz propust. Fokus analize bio je na identifikaciji lokacija na kojima dolazi do tečenja ispod puta. Posebno značajan aspekt ove analize bio je proučavanje dinamike tečenja ispod mosta, uključujući analizu retenziranja vode. Na kraju sprovedena je analiza prostornih rezultata kako bi se preciznije definisale karakteristike i položaj korita paralelnog toka, posebno u delu nizvodno od mosta do ponovnog vraćanja vode u korito Tamnave.



Slika 3. Grafički rezultati 2D modela kod mosta na putu za Takovo

### Primenjenje korekcije 1D hidrauličkog modela

U nastavku su prikazane izmene u okviru 1D modela kao i konačna konfiguracija. Na osnovu analize izmene u 1D modelu su podeljene u dve celine:

1. Izlivanje kod mesta Novaci
2. Pojava paralelnog toka i retenziranja vode kod mosta na putu za Takovo

Kao optimalno rešenje (rešenje koje daje zadovoljavajuću tačnost uz minimalno povećanje proračunskog vremena) za modeliranje izlivanja kod mesta Novaci, usvojena je primena sistema retenzionih objekata (Storage area). Ovo rešenje uključuje ubacivanje dodatnih objekata ulazni (uzvodni) bočni preliv koji preusmerava vodu u sistem retenzija i dva retenziona prostora sa prelivom između njih. Na kraju sistema voda se usmerava u glavni tok preliivanjem iz nizvodne retenzije preko nizvodnog bočnog preliiva. Šematski prikaz ovog rešenja prikazan je na Slici 4, a rešenje implementirano u model je dato na Slici 5.

U nastavku su opisani integrisani objekti i podešavani parametri:

**Uzvodni bočni preliv.** Uloga: kontroliše početni trenutak preliivanja u inundaciju i količinu vode koja se izliva. Parametri za podešavanje: visina i dužina prelivne ivice.

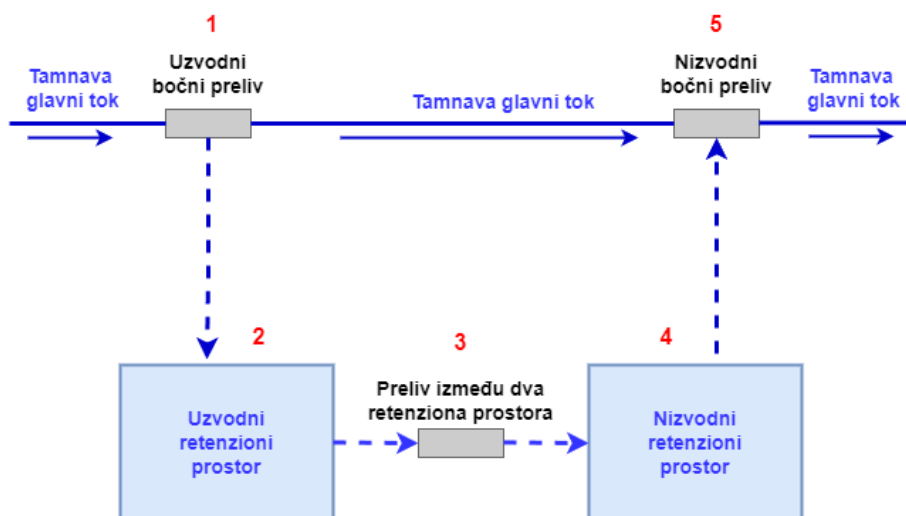
**Uzvodni retenzioni bazen.** Uloga: služi za transformaciju talasa. Parametri za podešavanje: promena krive zapremine.

**Preliv između dva retenziona prostora.** Uloga: dodatni element za kontrolu transformacije talasa. Parametri za podešavanje: visina i dužina preliiva.

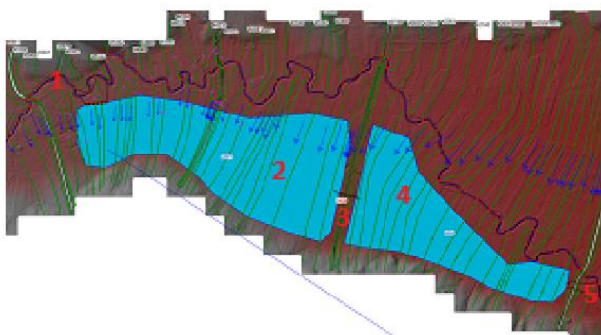
**Nizvodni retenzioni bazen.** Uloga: izvršava dodatnu transformaciju talasa. Parametri za podešavanje: promena krive zapremine.

**Nizvodni bočni preliv.** Uloga: vraća vodu iz sistema retenzija nazad u glavni tok Tamnave nakon izvršene transformacije talasa. Parametri za podešavanje: visina i dužina prelivne ivice.

Prilagođavanje se sprovodi izmenom vrednosti navedenih parametara kako bi se postiglo odgovarajuće slaganje rezultata 1D i 2D hidrauličkog modela.



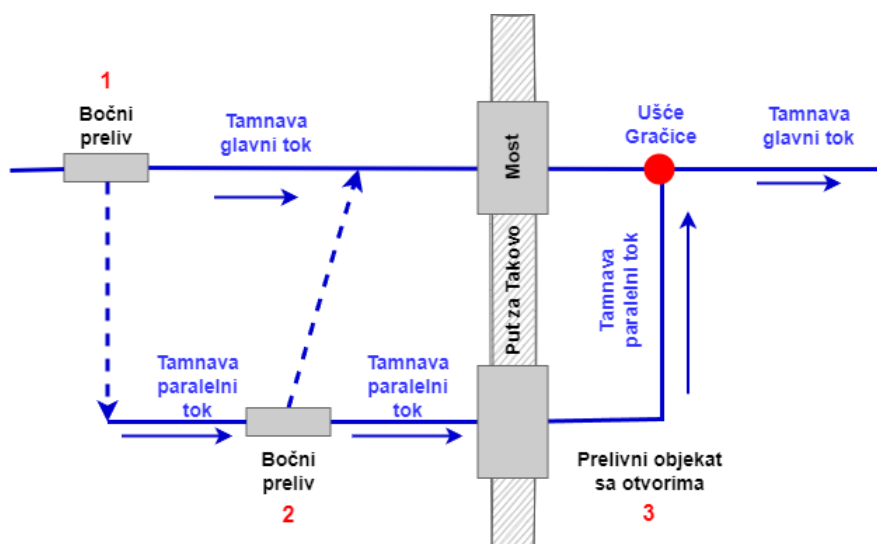
Slika 4. Shema izmene modela kod mesta Novaci



Slika 5. Izgled promena u modelu, kod mesta Novaci

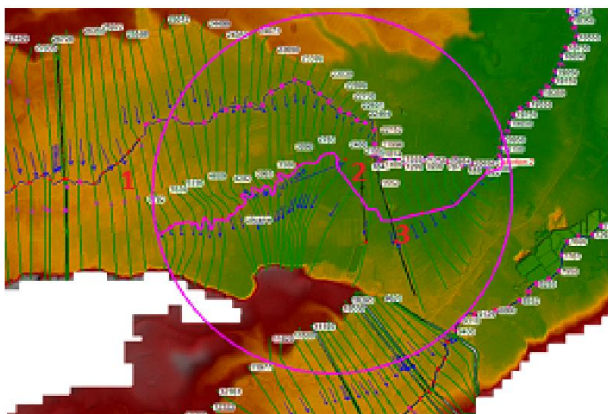
Formiranje paralelnog toka pri velikim vodama i zadržavanje vode ispod mosta na putu za Takovo predstavljaju izuzetno složen problem koji zahteva kompleksno rešenje. Usvojena šema rešenja je prikazana na slici 6.

Sa Slike 6 se može videti da u situaciji kada se formira veliki vodostaj, deo vode prelazi preko bočnog preliva i ulazi u paralelni tok. Na kraju prvog dela paralelnog toka nalazi se još jedan bočni preliv. Preko tog preliva manji deo vode se vraća u glavni tok, dok veći deo ide prema narednoj prelivnoj građevini sa otvorima.



Slika 6. Shema izmene modela kod mosta na putu za Takovo

Prelivna građevina sa otvorima ima ulogu da delimično zaustavi vodu, zadrži je (retenzira) i postepeno ispušta prema sledećem delu paralelnog toka. Na kraju paralelni tok se ponovno spaja s glavnim tokom.



Slika 7. Izgled promena u modelu, kod mosta na putu za Takovo, istaknuto ljubičastom bojom je paralelni tok

Na Slici 7 prikazano je rešenje implementirano u 1D model. Paralelni tok je formiran i konfigurisan na isti način kao i ostali vodotokovi u modelu (Tamnava i Ub), koristeći osu toka i poprečne profile. Rastojanje između poprečnih profila odabrano je tako da bude usklađeno sa ostatkom hidrauličkog modela, a posebno se vodilo računa da se izbegnu dodatne nestabilnosti u proračunu.

Manningov koeficijent je definisan u odnosu na namenu zemljišta.

U nastavku, svaki od objekata detaljnije je opisan zajedno sa parametrima koji su podešavani.

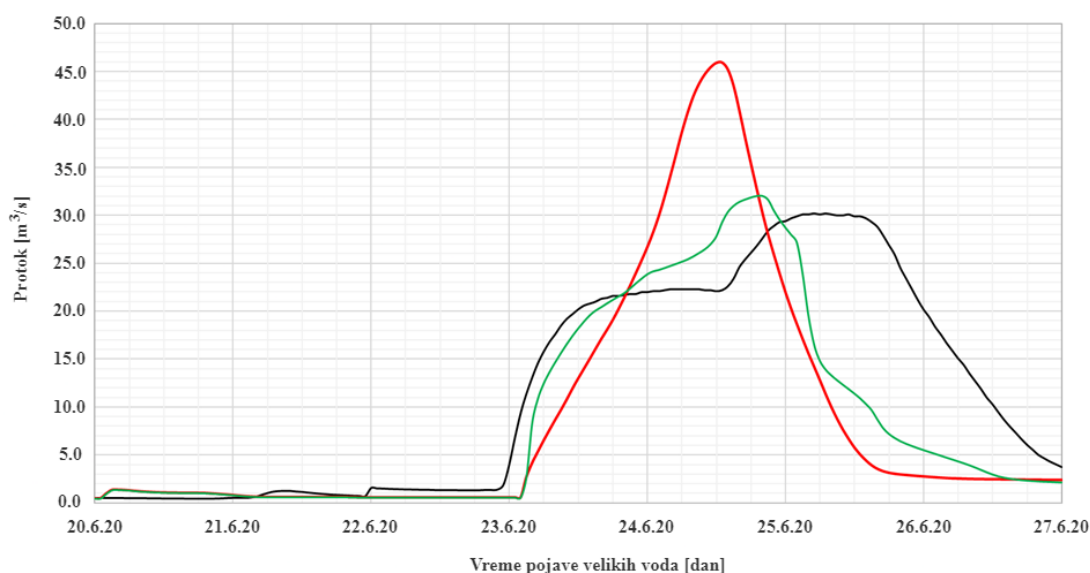
**Bočni preliv (na glavnom toku).** Uloga: kontroliše početak i količinu izlivanja vode u paralelni tok. Parametri za podešavanje: visina i dužina prelivne ivice.

**Bočni preliv (na paralelnom toku).** Uloga: kontroliše koliko vode se iz paralelnog toka vraća u glavni tok pre nailaska na most na putu za Takovo. Parametri za podešavanje: visina i dužina prelivne ivice.

**Prelivni objekat sa otvorima.** Uloga: predstavlja ključni element ovog sistema objekata. Zaustavlja vodu formirajući uzvodnu retenziju, dok drugi deo ispušta nizvodno u nastavak paralelnog toka. Parametri za podešavanje: visina, dužina preliva, broj, veličina i raspored dodatnih ispusta.

#### 4. ANALZA REZULTATA I POREĐENJE MODELA

Na Slici 8 je kroz osmotrene i modelirane hidrograme i nivograme na stanici Čemanov most prikazan efekat usvojenih promena koji su unetih u model.



Slika 8. Poređenje izmerenih i modeliranih hidrograma nakon unapređenja modela – crna linija izmerene vrednosti; crvena linija rezultati iz 1D modela bez dodatnih objekata; zelena linija rezultati proširenog 1D modela

Izmereni protok u piku poplavnog talasa iznosi 30,2 m<sup>3</sup>/s, simulirani u 1D (početnom) modelu 45,9 m<sup>3</sup>/s, dok u 1D (proširenom) modelu iznosi 32,0 m<sup>3</sup>/s.

Tabela 1. Poređenje izmerenih i modeliranih podataka

Parametar	Izmereni podaci	1D model	1D prošireni model
Protok u piku talasa [m <sup>3</sup> /s]	30,2	45,9	32
Zapremina talasa [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	7,252	5,383	5,378

Zapremina poplavnog talasa u epizodi iz juna 2020. prema izmerenim podacima na HS Čemanov most iznosi 7,252 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, prema simulaciji u 1D modelu 5,383x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, dok prema 1D proširenom modelu iznosi 5,378 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (Tabela 1).

Statističko poređenje između merenih i modeliranih rezultata je izvršeno uz pomoć metodologije korena srednje kvadratne greške za ceo period i uzlaznu granu hidrograma. Koren srednje kvadratne greške se računa na sledeći način:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Simulirano_i - Izmereno_i)^2}{N}} \quad (1)$$

Vrednost RMSE pokazuje koliko je model tačan, odnosno blizak izmerenim vrednostima. Što je vrednost RMSE manja to se rezultati modela bolje poklapaju sa izmerenim vrednostima. Za idealni model koji apsolutno tačno modelira prirodnu pojavu i ima savršeno poklapanje sa izmerenim vrednostima vrednost RMSE iznosi 0.

Koren srednje kvadratne greške (RMSE) za ceo period između izmerenih podataka na HS Čemanov most i 1D modela iznosi 10,626 m<sup>3</sup>/s, dok između izmerenih podataka na HS Čemanov most i 1D proširenog modela iznosi 7,240 m<sup>3</sup>/s (Tabela 2).

Tabela 2. Koren srednje kvadratne greške (RMSE) 1D i 1D proširenog modela

RMSE	1D model [m <sup>3</sup> /s]	1D prošireni model [m <sup>3</sup> /s]
RMSE - ceo period	10,626	7,24
RMSE - uzlazna grana	7,930	3,333

Koren srednje kvadratne greške (RMSE) za uzlaznu granu hidrograma, od 20.6.2020. u 00:00 do 25.6.2020. u 06:00 između izmerenih podataka na HS Čemanov most i 1D modela iznosi 7,930 m<sup>3</sup>/s, dok između izmerenih podataka na HS Čemanov most i 1D proširenog modela iznosi 3,333 m<sup>3</sup>/s.

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata prikazanih kroz primer reke Tamnave može se zaključiti da postoji određeno poboljšanje u hidrauličkom proširenom 1D modelu u odnosu na početni 1D model. Najznačajnije unapređenje uočava se u boljem slaganju pika talasa, kao i u uzlaznoj grani hidrograma. Sa druge strane nove modifikacije nisu unele dodatno poboljšanje u domenu zapremina jer i dalje modelima 1D i proširenom 1D nedostaje oko 30% zapremine u poređenju sa izmerenim talasom velikih voda na hidrološkoj stanici. Najverovatniji uzrok su ulazi hidrološkog modela koji predstavljaju granične uslove hidrauličkog modela.

Prvi korak u unapređenju metodologije koja je ovde prikazana mogao bi biti testiranje drugih softverskih paketa za 2D modeliranje. Pre svega, razmatra se upotreba programskog paketa HEC-RAS i njegovog 2D modula, prvenstveno zbog drugačijeg pristupa u obradi digitalnog modela terena, gde se koristi geometrija (batimetrija) pod mreže odnosno Subgrid Bathymetry [5]. Primenom ovog modela potencijalno bi se mogle uočiti dodatne zone izlivanja, koje bi mogle da se naknadno integrišu u poboljšanom 1D modelu. Mana ovakvog pristupa je mnogo duže vreme proračuna u HEC-RAS-u u odnosu na RiverFlow2D, pa se postavlja pitanje da li bi takva analiza bila optimalna u praktičnoj primeni.

Naredni korak u unapređenju metodologije mogao bi uključivati testiranje na problemu koji je manje zahtevan, odnosno duž tokova na kojima je teren u glavnom toku i plavim zonama manje kompleksan i gde postoji bolje razumevanje svih hidrodinamičkih procesa.

Što se tiče modela reke Tamnave potencijalno problem leži u nepoznavanju svih hidrodinamičkih procesa, pre svega dinamike tečenja u rasteretnom kanalu Ub-Gračica, što značajno utiče na dinamiku tečenja i količinu vode na deonici paralelnog toka. Za unapređenje operativnog modela prvi korak bi bio rekalkibracija hidrološkog modela, od kojeg hidraulički model dobija ulazne podatke. Tek nakon toga potrebno

je ponoviti analizu, uz primenu modela RiverFlow2D, dok se uporedo može razmotriti i mogućnost korišćenja HEC-RAS 2D modula.

#### LITERATURA

- [1] Nikola Milivojević i sar., 2022, General platform for hydroinformatics systems – a review of concept, CONTEMPORARY WATER MANAGMENT: CHALLENGES AND RESEARS DIRECTIONS Proceedings of the International Scientific Conference in the Honour of 75 Years of the Jaroslav Černi Water Institute
- [2] Vladislava Bartoš Divac i sar., 2022, Concept of flood early warning systems in Serbia,

CONTEMPORARY WATER MANAGMENT: CHALLENGES AND RESEARS DIRECTIONS Proceedings of the International Scientific Conference in the Honour of 75 Years of the Jaroslav Černi Water Institute

- [3] US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, HEC-RAS River Analysis System User's Manuel Version 5.0
- [4] 4. Hydronia LLC (2018), RiverFlow2D Two-Dimensional Flood and River Dynamics Model, Reference Manual
- [5] US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manuel Version 5.0

## ISSUES OF CONFIGURING A 1D HYDRODYNAMIC MODEL ON SMALL AND MEDIUM-SIZED WATERSHEDS

by

Ivan MARISAVLJEVIĆ, Luka STOJADINOVIĆ, Ognjen PROHASKA, Marija MILOVANOVIĆ,  
Nenad BOGDANOVIĆ, Aleksandar CVETKOVIĆ  
Institute for water management „Jaroslav Černi“

### Summary

When modeling flows rivers with complex dynamics, issues may arise related to water overflow from the main channel and flow through inundation areas, as well as interactions with various objects within the floodplain zone (such as bridges, access roads, culverts, etc.). In the context of a one-dimensional hydrodynamic model, these phenomena are modelled through various internal boundary conditions, formation of parallel flows, and similar approaches. However, in cases where a 1D hydrodynamic model is used in operational applications (e.g., in early warning systems), detailed simulation of all phenomena can significantly slow down the model execution to the point where it becomes impractical. Therefore, it is necessary to find a configuration for a 1D hydrodynamic model that adequately simulates

complex flows with as few additional elements as possible. It is proposed to develop a 2D hydrodynamic model, based on whose results it is possible to determine the most influential phenomena in flood wave transformation. Based on these conclusions, it is possible to determine the optimal configuration for a 1D hydrodynamic model that achieves satisfactory model accuracy within an acceptable computational time. The application of this methodology will be demonstrated in the case of the Tamnava River, within the hydraulic model used in the Kolubara Flood Early Warning System.

Key words: 1D hydrodynamic model, 2D hydrodynamic model, flood wave transformation, hydraulic modeling