

## Реконструкција поплавног таласа из 2014. године на хидролошкој станици Уб

Давид Јаћимовић<sup>1</sup>  
Ранка Ерић<sup>2</sup>  
Дејана Ђорђевић<sup>3</sup>

**АПСТРАКТ:** У овом раду се на основу забележеног нивограма велике воде током поплавног таласа 2014. године најпре конструише крива протока у кориту за велику воду, а потом се реконструише хидрограм тог поплавног таласа. За конструисање криве протока на основу забележених нивоа у кориту за велику воду користи се метода размене количине кретања између главног корита и плавних површина, која је до сада више пута успешно примењивана за одређивање кривих протока у домену великих вода и у лабораторијским каналима и у профилима хидролошких станица. Израчунат хидрограм поплавног таласа пореди се са званичним хидрограмом РХМЗа Србије. У раду се користе подаци са хидролошке станице Уб забележени током поплавног таласа 2014. године. Резултати показују да је у условима уских плавних површина утицај размене количине кретања између плавних површина и главног корита на расподелу протока и укупан проток у кориту за велику воду занемарљив, јер попречни пресек врло брзо након почетка изливања почиње да се понаша као хидраулички хомоген.

**Кључне речи:** поплавни талас, корито за велику воду, крива протока, метода размене количине кретања, хидрограм поплавног таласа, хидрауличка хомогеност попречног пресека

## A reconstruction of flow hydrograph of the 2014th-year flood event at the Ub gauging station

**ABSTRACT:** A stage-discharge curve for the compound channel is constructed at the Ub gauging station based on the recorded stage hydrograph during the 2014th-year flood event using the exchange discharge model. Consequently, the curve is used with the same model to reconstruct the corresponding flow hydrograph of the event. The exchange discharge model has been successfully used for the construction of stage-discharge curves in compound laboratory channels and in two river gauging stations. The calculated flow hydrograph is compared to the official one of the Republic Hydrometeorological Service of Serbia. Results clearly indicate that the momentum transfer between the main channel and the floodplain becomes negligible shortly after the initiation of the overbank flow, i.e. that the compound channel starts to behave as a single unit or a simple channel.

**Keywords:** flood wave, compound channel, stage-discharge curve, exchange discharge model, flood hydrograph, coherence

---

<sup>1</sup>Давид Јаћимовић, Ехтинг, студент специјалистичких студија, davidjacimovic@gmail.com

<sup>2</sup>Ранка Ерић, Шумарски факултет Београд, асистент, ranka.eric@sfb.bg.ac.rs

<sup>3</sup>др Дејана Ђорђевић, Грађевински факултет Београд, ванредни професор, dejana@grf.bg.ac.rs

## 1. Увод

Циљ овог рада је да се велики поводањ из маја 2014. године сагледа из још једног угла. У раду се користи хидраулички модел линијског течења развијен почетком 2000тих. Реч је о моделу који приликом процене губитака енергије осим губитака услед трења узима у обзир и размену количине кретања између главног корита и плавних површина, па је назван моделом размене количине кретања (МРКК). Овај модел предложили су крајем 1990их Бузмар и Зек (Bousmar and Zech, 1999).

Он омогућава решавање два проблема: 1) процену протока у кориту за велику воду (КВВ) на основу трагова великих вода или забележених водостаја у профилима хидролошких станица, а на тај начин и дефинисање криве пророка у домену великих вода и 2) прорачун линије нивоа у КВВ. Модел је представљен нашој стручној јавности 2015. године (Ђорђевић и сар., 2015). Његова успешност у процени криве протока у КВВ детаљно је проверена у условима поједностављене геометрије коришћењем резултата лабораторијских огледа из великог лабораторијског канала направљеног у Волингфорду, специјално за потребе испитивања течења у КВВ (Ђорђевић и сар., 2015). Реч је о огледима у призматичном каналу двогубог правоугаоног попречног пресека. Поред тога, проверена је и успешност процене линије нивоа у непризматичним коритима једноставне геометрије (Ђорђевић и сар., 2017). Следећи корак у провери модела било је разматрање његове примене у процени криве протока у профилима хидролошке станице (Ђорђевић и сар. 2018 и Ђорђевић и сар. 2019) где су добијени задовољавајући резултати. Ослањајући се на добре резултате процене криве протока у КВВ у условима поједностављене геометрије и у коритима неправилне геометрије, одлучено је да се овај модел примени најпре за процену криве протока на хидролошкој станици Уб, која се налази на истоименој реци, а потом и за реконструкцију хидрограма из маја 2014. године. Хидролошка станица Уб изабрана је зато што се налази на деоници регулисаног корита са сложеним попречним пресеком у облику двогубог трапеза и чињенице да на њој током поплавног таласа 2014. године није забележено изливање воде из пројектованог КВВ.

## 2. Математички модел

Модел линијског течења у КВВ заснован на размени количине кретања између главног корита и плавних површина (МРКК), који су предложили Бузмар и Зек (Bousmar and Zech, 1999), представљен је нашој стручној јавности 2015. године (Ђорђевић и сар., 2015). У овом моделу попречни пресек КВВ дели се на главно корито и плавне површине, а једначине одржања масе и количине кретања пишу се за сваки део попречног пресека. Поделом попречног пресека на делове, уводе се нови чланови у једначине којима се обухватају међусобни утицаји суседних сегмената. Тим члановима описују се размена масе (једначина одржања масе) и размена количине кретања турбулентном дифузијом (једначина одржања количине кретања), а у случају непризматичних корита, и услед промене проточности сегмената. Модел се може применити за решавање два проблема: 1) процену криве протока у КВВ на основу забележених трагова велике воде или забележених нивограма, или 2) прорачун линије нивоа у КВВ. У оба случаја, прорачуни се за сада још увек заснивају на претпоставци устаљеног или благо променљивог течења. Ова претпоставка омогућава да се једначине одржања количине кретања трансформишу у једначине одржања енергије у којима се, осим губитка енергије услед трења, појављује и губитак енергије услед размене количине кретања:

$$I_e \equiv \frac{d}{dx} \left( Z + \frac{U^2}{2g} \right) = I_{tr,i} + \frac{q_{ul,i}(U_i - u_{b,i})}{gA_i} = I_{tr,i} + I_{rk,i}, \quad i = 1, 2, 3 \quad (1)$$

Сегменти су, ради краћег писања означени бројевима: 1 – лева плавна површина, 2 – главно корито и 3 – десна плавна површина. У претходној једначини просторна координата  $x$  је независно променљива,  $I_e$  је нагиб линије енергије за цео попречни пресек,  $Z$  је кота нивоа у

попречном пресеку, која је такође јединствена за цео пресек,  $U_i$  је средња брзина у сегменту  $i$  ( $U_i = Q_i / A_i$ ),  $A_i$  је површина сегмента  $i$ ,  $q_{ul,i}$  је јединични бочни доток у сегмент  $i$ ,  $u_{b,i}$  је компонента брзине суседног сегмента у правцу главног тока којом се остварује унос количине кретања у сегмент  $i$ . Као што из (1) види, нагиб линије енергије у попречном пресеку  $I_e$  састоји се од нагиба линије енергије услед трења  $I_{tr,i}$  и нагиба линије енергије услед размене количине кретања  $I_{rkk,i}$ . Због различите рапавости, а сходно томе и различитих брзина тока, вредности ових компонената разликују се по сегментима, уз напомену да ове компоненте у збиру увек дају исту вредност  $I_e$ . Бузмар и Зек су однос две компоненте нагиба линије енергије означили са  $\chi_i = I_{rkk,i} / I_{tr,i}$ . Увођењем ове ознаке, једначина (1) може се написати у компактном облику:  $I_e = I_{tr,i} \cdot (1 + \chi_i)$ ,  $i = 1, 2, 3$ .

Јединични бочни доток у сегмент  $i$  ( $q_{ul,i}$ ) последица је: 1) турбулентне дифузије услед разлике брзина у главном кориту и на плавним површинама (ознака  $t$ ) и 2) размене масе између ових сегмената услед непризматичности корита (ознака  $g$ ), па се може представити збиром одговарајућих компонената:

$$q_{ul,i} = q_{ul,i}^t + q_{ul,i}^g \quad (2)$$

Јединични доток из суседног сегмента и истицање из посматраног у суседни сегмент који су последица турбулентне дифузије истог су интензитета, али супротног смера и у МРКК моделирају се помоћу модела мешања у хоризонталној равни (Bousmar and Zech, 1999):

$$q_{2i}^t = q_{i2}^t = \left| \bar{v}^t \right| (H - h_i) = \psi^t |U_2 - U_i| (H - h_i), \quad i = 1, 3 \quad (3)$$

У овом моделу, апсолутна вредност временски осредњене флукуације брзине у равни пресека  $\left| \bar{v}^t \right|$  сразмерна је апсолутној вредности разлике средњих брзина суседних сегмената, а коефицијент пропорционалности је  $\psi^t$ . Овај коефицијент је уједно и параметар МРКК. Разлика дубине у главном кориту  $H$  и дубине главног корита на страни плавне површине  $h_i$ ,  $i = 1, 3$  је, заправо, дубина воде на прелазу из главног корита на плавну површину и одређује површину кроз коју се остварује размена количине кретања између ова два сегмента.

Знак (смер) јединичног бочног протока услед непризматичности корита зависи од тога да ли се плавне површине шире ( $q_{2i}^g$  - дотицање) или сужавају ( $q_{i2}^g$  - истицање) (за објашњење погледати слику 5 у Ђорђевић и сар., 2017), а његов интензитет зависи од брзине промене проточности плавних површина. Смер кретања воде у односу на орт нормале на границу између главног корита и плавне површине узима се у обзир преко коефицијента  $\kappa$ . Изрази за ове јединичне бочне протоке гласе:

$$q_{i2}^g = \psi^g \kappa_{i2} \frac{dK_i}{dx} I_{tr,i}^{1/2} \quad \text{и} \quad q_{2i}^g = \psi^g \kappa_{2i} \frac{dK_i}{dx} I_{tr,i}^{1/2}, \quad i = 1, 3 \quad (4)$$

при чему се коефицијенти  $\kappa$  дефинишу у зависности од промене проточности  $K$  на следећи начин:

$$\kappa_{i2} = \begin{cases} 0, & \frac{dK_i}{dx} > 0 \\ -1, & \frac{dK_i}{dx} < 0 \end{cases} \quad \wedge \quad \kappa_{2i} = \begin{cases} 1, & \frac{dK_i}{dx} > 0 \\ 0, & \frac{dK_i}{dx} < 0 \end{cases} \quad i = 1, 3 \quad (5)$$

Када је  $\kappa = 1$ , вода истиче из главног корита на плавну површину, јер се смер кретања воде поклапа са смером орта спољне нормале, а када је  $\kappa = -1$  вода са плавне површине дотиче у главно корито, тј. смер кретања воде је супротан од смера орта спољне нормале.

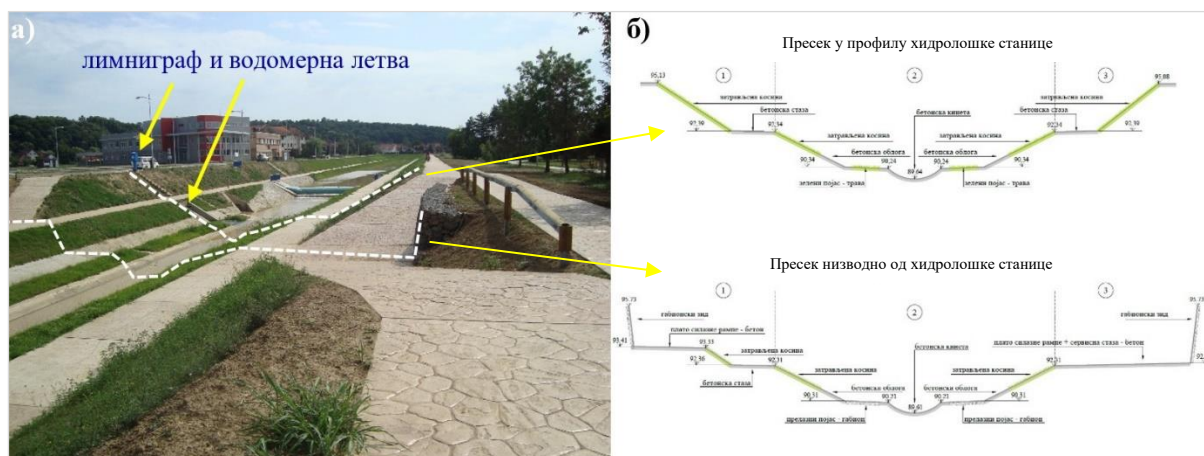
### 3. Хидролошка станица Уб

Река Уб извире на надморској висини од око 450 mnm, на обронцима планине Влашић у западном делу Србије, у близини места Осечина. Припада сливу реке Тамнаве са којом тече готово паралелно, до њиховог ушћа код села Рупљани на надморској висини од око 84 mnm. Дужина тока реке Уб износи око 57 km, а припадајућа површина слива око 270 km<sup>2</sup>.

На реци Уб постоји једна хидролошка станица, која се налази на десетом речном километру мерено од ушћа у Тамнаву. Хидролошка станица је основана 1959. године. Кота „нуле“ водомера мењала се кроз време, сходно регулационим радовима и морфолошким променама водотока. Након регулационих радова изведених 2013. године постављена је актуелна кота „нуле“ водомера на 89,62 mnm. Површина слива до профила хидролошке станице износи око 241 km<sup>2</sup>. На хидролошкој станици (х.с.) Уб водостаји су се мерили водомерном летвом од њеног оснивања 1959. године, све до 1977. године, када је водомерна летва замењена лимниграфом (слика 1а). Протоци се на овој х.с. мере од 1960. године.

Регулационим радовима 2013. године, попречни пресек нерегулисаног корита реке Уб, који је до тада био знатно мањих димензија, проширује се у двогуби трапезни пресек (слика 1). У дну главног корита изведена је бетонска кинета (слика 1б), док су косине главног корита делом затрављене, а делом обложене бетонским елементима. Косине главног корита изведене су у нагибу 1:2. Зелени појасеви са обе стране кинете су ширине 1,3 m. Корито за велику воду чине берме ширине 2,5 m изведене од бетона, у нагибу од 2% према главном кориту и косине горњег трапеза. Косине корита за велику воду су затрављене и изведене под нагибом 1:1,5, са мањим одступањима од пројектоване геометрије. Укупна дубина КВВ износи 5,44 m, а уздужни нагиб дна у зони хидролошке станице приближно 0,1%.

Низводно од хидролошке станице изведене су сервисне рампе (слика 1а), при чему је пројектовани степен заштите на овом потезу обезбеђен изградњом зидова од габиона (приближно вертикалне стране у попречном пресеку – слика 1б доле). На левој плавној површини овог пресека постоји још једна затрављена косина у нагибу 1:1,5 висине око 1,0 m. Ова косина повезује доњу берму на којој је шеталиште, и плато сервисне рампе. На десној плавној површини на истом нивоу налазе се плато сервисне рампе и стаза за шетање, изведене од бетона, укупне ширине 7,8 m. Главно корито, за разлику од пресека х.с., уместо зеленог појаса са обе стране кинете има изведен прелазни појас од габиона. Избор материјала, односно завршна обрада делова корита директно утиче на вредност отпора трења, који се и у узводном и у низводном пресеку разликују по сегментима попречног пресека. О усвојеним вредностима Манинговог коефицијента рапавости биће више речи у тачки 4. С обзиром на то да је изградњом сервисних рампи КВВ на



Слика 1. а) Регулисано корито за велику воду у близини х. с. Уб са назначеним рачунским пресецима, б) попречни пресеци КВВ на месту х.с. и силазних рампи на доњу пешачку стазу (слике и цртеже уступило ЈВП „Србијаводе“)

том потезу, низводно од х.с., непризматично, у прорачуну је потребно узети у обзир промену проточности у смеру течења – израз (4). За потребе ове анализе, искоришћен је попречни пресек на растојању од 30,0 m низводно од хидролошке станице, зато што река Уб тече у мирном режиму. Попречни пресеци узводно од хидролошке станице нису разматрани.

#### 4. Крива протока у домену великих вода

Метода размене количине кретања прво је примењена за процену криве протока у домену великих вода, а потом је, у тачки 5, коришћењем добијене рачунске криве протока и осмотреног нивограма реконструисан хидрограм поплавног таласа из 2014. године. У наставку ће се приказати услови под којима је обављен прорачун криве протока и добијени резултати, а потом ће се рачунске криве протока упоредити са званичном кривом Републичког хидрометеоролошког завода Србије која је важила у време поводња из маја 2014. године.

##### 4.1 Параметри прорачуна

Метода размене количине кретања, поред Манингових коефицијената трења који се стандардно користе приликом процене криве протока, садржи два додатна параметра. То су параметри  $\psi^f$  и  $\psi^s$  у изразима (3) и (4) за израчунавање бочних протока насталих услед турбулентне дифузије и непризматичности КВВ.

За сваки сегмент КВВ потребно је дефинисати Манингов коефицијент рапавости, при чему је распоред рапавости у попречном пресеку одређен врстом материјала употребљеним за завршну обраду површина унутар пројектованог КВВ (слика 1). На слици 1а може се приметити да се чак и у оквиру основних сегмената КВВ (у основном кориту и на плавним површинама) користе различити материјали, што значи да је рапавост унутар сваког сегмента променљива. Из тог разлога је при свакој вредности рачунског нивоа потребно проценити еквивалентну вредност Манинговог коефицијента рапавости, за сваки сегмент корита за велику воду. У овом раду је еквивалентна вредност Манинговог коефицијента рапавости рачуната на основу учешћа оквашеног обима делова сегмената са константном рапавошћу у укупном оквашеном обиму сегмента:

$$n_{e,i} = \frac{\sum_j O_j n_j}{\sum_j O_j}, \quad (6)$$

где су  $O_j$  и  $n_j$  оквашени обим и Манингов коефицијент рапавости дела  $j$ , у оквиру сегмента  $i$ . У табели 1 приказане су усвојене вредности коефицијената рапавости, у зависности од завршне обраде облоге корита (слика 1б). Вредности коефицијента рапавости усвојене су на основу препорука из (Јовановић, 2008). Пошто се ради о поплавном таласу из маја, дакле о периоду године са развијеном ниском вегетацијом, за затрављене површине усвојена је вредност коефицијента рапавости блиска горњој граници препорученог опсега вредности. За бетонске површине препоручује се опсег вредности 0,013-0,014  $m^{-1/3}s$ , па је усвојена средња вредност.

Табела 1. Усвојене вредности Манинговог коефицијента рапавости према врсти завршне обраде.

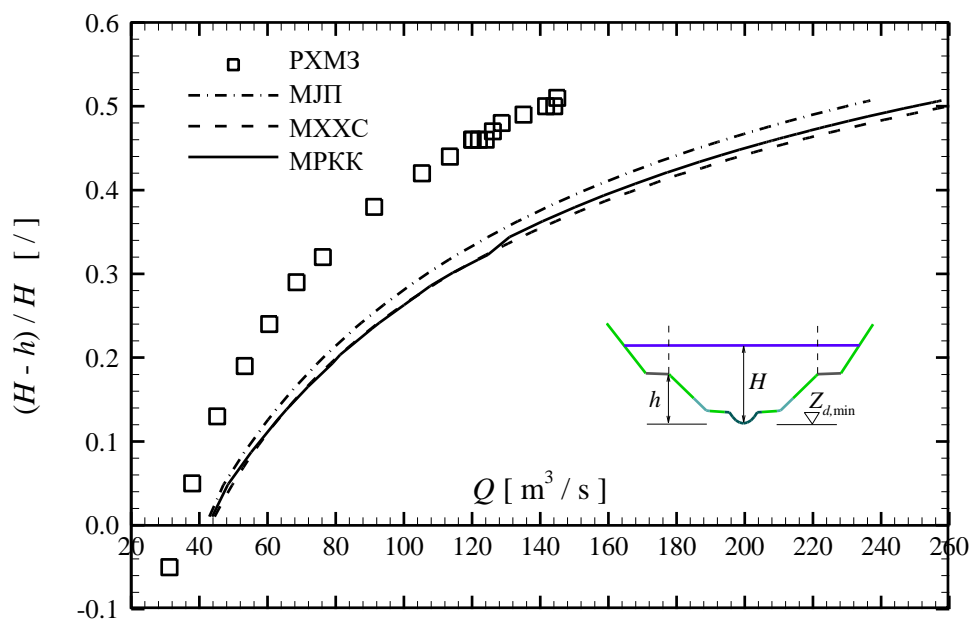
| тип завршне обраде корита | $n$ [ $m^{-1/3}s$ ] |
|---------------------------|---------------------|
| бетонска површина         | 0,135               |
| затрављена површина       | 0,035               |
| габион                    | 0,040               |

Поред вредности Манингових коефицијената рапавости, за прорачун протока по методи размене количине кретања потребно је усвојити и вредности коефицијената пропорционалности  $\psi^f$  и  $\psi^s$ . За коефицијент пропорционалности  $\psi^s$  усвојена је вредност 0,5 (до сада коришћене типичне вредности су 0,5 и 1,0, Bousmar i Zech, 1999, Đorđević i sar. 2017). Коефицијент пропорционалности  $\psi^f$  вариран је у распону од 0,05 до 0,15 (Đorđević i sar., 2015). Због ограниченог простора, резултати ће бити приказани само за  $\psi^f = 0,15$ . Поред МРКК, за процену криве протока примењене су и метода хидраулички хомогених сегмената (МХХС) и метода јединственог пресека (МЈП), са циљем поређења резултата добијених применом традиционалних метода и савремене методе, која у обзир узима размену количине кретања између главног корита и плавних површина.

## 4.2 Резултати прорачуна

Прорачун протока обављен је само за нивое изнад 92,34 mnm, односно за нивое који се јављају након изливања воде из главног корита. На слици 2 приказане су рачунске криве протока и званична крива протока добијена од Републичког хидрометеоролошког завода Србије.

Може се приметити да су применом МХХС и МРКК добијене приближно исте вредности протока у комплетном опсегу нивоа у домену великих вода. Са повећањем коефицијента пропорционалности  $\psi^f$  повећава се утицај размене количине кретања посредством турбулентне дифузије, па су за  $\psi^f = 0,15$  добијене најниже вредности протока. При вредности  $\psi^f = 0,05$  (резултати нису приказани) добијени су практично исти резултати као по методи хидраулички хомогених сегмената. У општем случају, МХХС даје веће вредности протока у односу на МРКК (Đorđević i sar., 2015), с обзиром на то да не узима у обзир размену количине кретања између главног корита и плавних површина, па је губитак енергије мањи од стварног. Међутим, као што се на слици 2 може приметити, у случају хидролошке станице Уб, ове разлике нису значајне. Применом МЈП добијене су најмање вредности протока. Може се запазити да рачунски протоци у свим варијантама прорачуна значајно одступају од одговарајућих вредности са званичне криве протока РХМЗа. Такође се уочава је да релативна одступања рачунских од измерених протока расту са порастом нивоа. За вредност  $\psi^f = 0,15$  релативно одступање по МРКК износи 77,26%



Слика 2. Званична крива протока РХМЗа и рачунске криве протока за корито за велику воду (рачунске криве протока нису приказане за главно корито –  $(H - h) / H < 0$ )

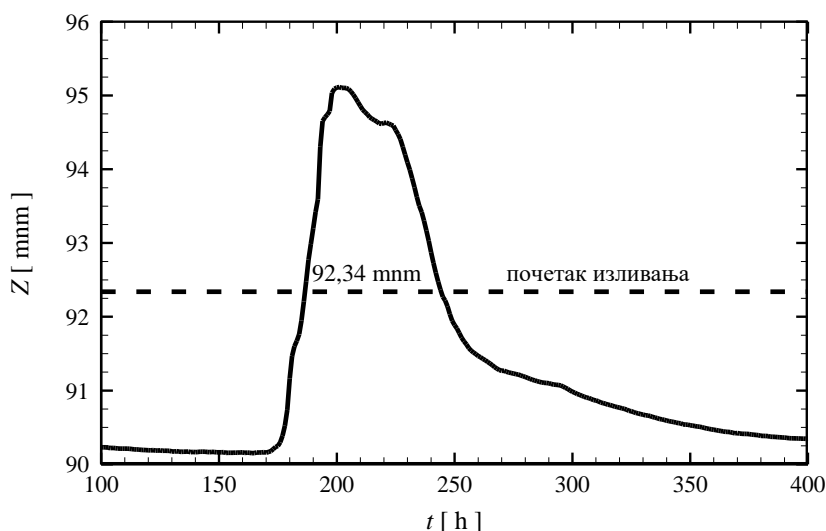
док су одступања за МХХС и МЈП, редом 84,45% и 62,93%. Вредност протока при безмало пуном КВВ, према процени РХМЗа износи 145,40 m<sup>3</sup>/s, док су одговарајуће рачунске вредности протока за МХХС, МЈП и МРКК редом, 268,20, 236,84 и 257,74 m<sup>3</sup>/s.

Имајући у виду да су разлике између рачунских и званичних вредности протока значајне, са релативним одступањима и до 85%, поставља се питање узрока добијених одступања. Мерења протока током поплавних епизода су тешко изводљива и опасна, па се криве протока у домену великих вода често одређују рачунски или екстраполацијом. Претпоставља се да су овако велика одступања рачунских од званичне криве протока последица чињенице да је попречни пресек х.с. Уб значајно промењен 2013. године, и да од успостављања нове х.с. до маја 2014. године у сливу реке Уб није било поплавних епизода по интензитету сличних поводњу из маја 2014. године на основу којих би РХМЗ могао да да за поуздану процену криве протока у домену великих вода.

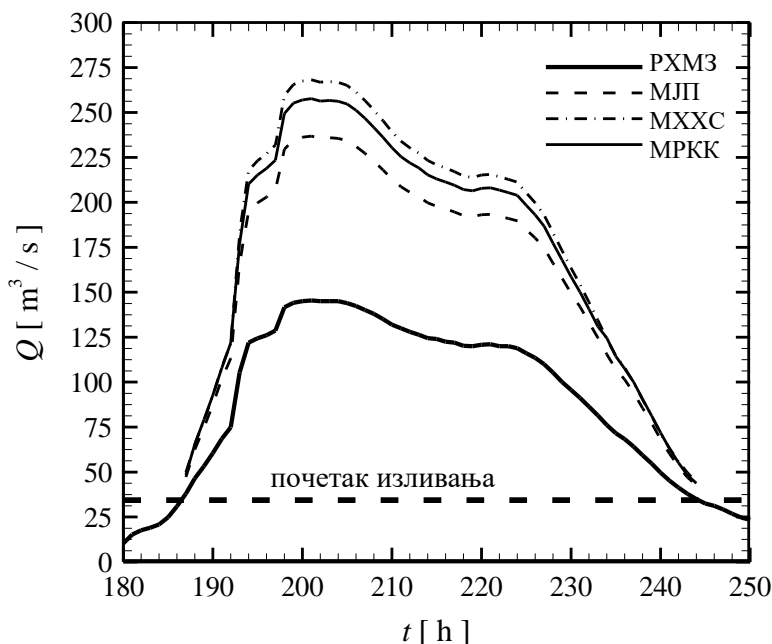
## 5. Реконструисан хидрограм поплавног таласа

Хидрограм поплавног таласа из маја 2014. године реконструисан је, као што је већ поменуто, коришћењем рачунских кривих протока (за МЈП, МХХС и МРКК) са слике 2 и забележених нивоа током проласка таласа велике воде на х.с.Уб (слика 3). На нивограму је обележена кота берме (92,34 mm) на којој се налажи шеталиште, тј. кота нивоа од које почиње изливање из главног корита. Вредности протока одређене су само за период изливања ( $T_{pret} = 58$  h). За поређење је коришћен хидрограм добијен на основу забележеног нивограма и званичне криве протока Републичког хидрометеоролошког завода Србије.

Ово поређење приказано је на слици 4. С обзиром на то да су у тачки 4 утврђена значајна неслагања између рачунских кривих протока и званичне криве РХМЗа, ова неслагања одразила су и на рачунске хидрограме. Највећа одступања утврђена су у тренутку појаве вршног протока, јер релативна одступања процењеног протока расту са порастом нивоа (слика 2). Имајући у виду да је корито за велику воду током поплавног таласа из маја 2014. године било практично потпуно испуњено, највећа релативна одступања одговарају највећим одступањима одређеним за рачунске криве протока (~77,0% за МРКК, ~ 63,0% за МЈП и ~85,0% за МХХС).

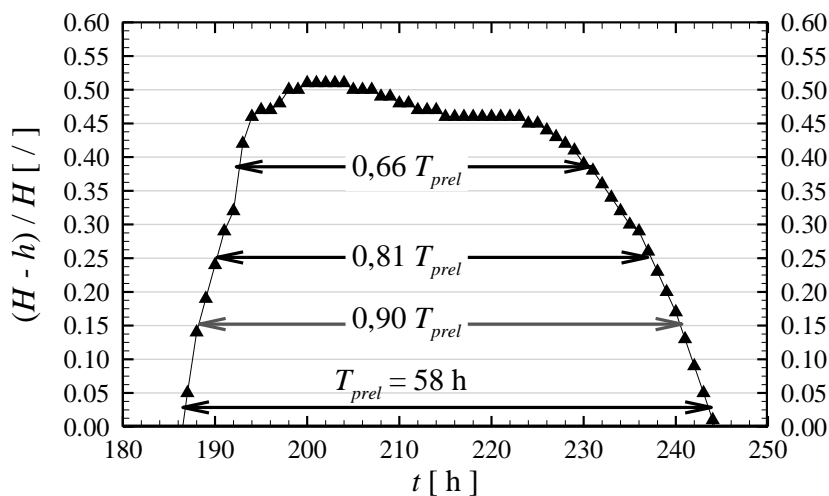


Слика 3. Забележен нивограм таласа велике воде из маја 2014. године на х.с. Уб (РХМЗ Србије) са назначеном котом при којој почиње изливање из главног корита



Слика 4. Поређење рачунских хидрограма добијених методом јединственог пресека (МЈП), методом хидраулички хомогених сегмената (МХХС) и методом размене количине кретања (МРКК) са званичним хидрограмом Републичког хидрометеоролошког завода Србије (РХМЗ)

Као што је у тачки 4 речено, због недостака измерених вредности протока у периодима поводња, РХМЗ Србије није имао довољно података за поузданију процену криве протока у домену великих вода. Сходно томе, конкретне разлоге за појаву значајних одступања рачунских и осмотрених вредности, која у случају МХХС износе и до 85%, за сада није могуће утврдити. Међутим, могуће је међусобно поређење резултата добијених применом ове три рачунске методе. Као што се на слици 4 види, МЈП даје најниже, док МХХС даје највише вредности протока. Поставља се питање због чега МЈП даје најниже вредности протока, када МРКК узима у обзир додатне губитке енергије услед размене количине кретања. Да би дали одговор на ово питање, на слици 5 приказан је бездимензијски нивограм, односно део нивограма који одговара



Слика 5. Бездимензијски нивограм – део нивограма који одговара периоду изливања воде из главног корита



периоду изливања воде из главног корита ( $T_{prel} = 58$  h). Уместо апсолутне вредности нивоа, на ординати је приказана релативна дубина воде на плавној површини ( $(H - h) / H$ ). На нивограму су означене карактеристичне вредности релативне дубине помоћу којих могу да се протумаче разлике у резултатима. Уочава се да је око 90% времена изливања ( $> 52$  h) релативна дубина била већа од 0,15, а око 80% времена ( $> 46$  h) већа од 0,25. Интуитивно је јасно, а то су показала и досадашња истраживања, да је при мањим релативним дубинама размена количине кретања између главног корита и плавних површина интензивнија, јер је разлика брзина између ова два дела попречног пресека већа (градијент брзне по ширини попречног пресека је већи), и да се са повећањем дубине та размена смањује, јер се и разлика брзина (градијент брзине по ширини попречног пресека) смањује. Према неким ауторима, међу којима је и Питер Екерс (Ackers, 1993) попречни пресек КВВ постаје хидраулички хомоген при вредности релативне дубине од 0,40. На слици 5 се види да су током 66% времена изливања ( $> 38$  h) релативне дубине биле веће од 0,40. То значи да је током поплавног таласа из маја 2014. године око две трећине времена  $T_{prel}$  попречни пресек у профилу х.с. Уб био хидраулички хомоген. Овом чињеницом може да се објасни због чега МЈП у случају хидролошке станице Уб даје ниже вредности протока од МРКК.

## 6. Закључци

У раду је приказана примена методе размене количине кретања за одређивање криве протока у кориту за велику воду. Поред МРКК, за одређивање криве протока у домену великих вода примењене су и две традиционалне методе: метода јединственог пресека (МЈП) и метода хидраулички хомогених сегмената (МХХС). На основу забележеног нивограма из маја 2014. године и рачунских кривих протока, реконструисан је хидрограм поплавног таласа. Констатовано је неслагање званичних и рачунских вредности протока, при чему максимална одступања за МРКК, МЈП и МХХС износе редом, 77,26%, 62,93% и 84,45%. Разлог овако великих релативних одступања тренутно није могуће утврдити, с обзиром на то да РХМЗ Србије нема довољно мерења у домену великих вода и чињеницу да су за оцену ових рачунских метода од пресудног значаја квалитет и поузданост улазних података.

Поред неслагања између осмотрених и рачунских вредности протока, уочено је и да МЈП у случају хидролошке станице Уб даје најниже вредности протока, иако за процену губитака енергије узима у обзир само отпоре трења. Ово је последица геометријских карактеристика попречног пресека корита. Наиме, ширина берми које су у прорачуну разматране као плавне површине износи свега 2,5 m, што је процентуално мала ширина у односу на укупну ширину пресека од око 30,0 m. Другим речима, у условима уских плавних површина утицај размене количине кретања између плавних површина и главног корита на расподелу протока и укупан проток у кориту за велику воду је занемарљив. У таквим условима пресек релативно брзо почиње да се понаша као хидраулички хомоген, па примена МРКК не доноси очигледне предности у односу на традиционалне методе прорачуна.

Наредни кораци подразумевају примену МРКК за процену криве протока у профилима хидролошких станица са ширим плавним површинама, односно са већим односом ширине и дубине корита, где утицај размене количине кретања између главног корита и плавних површина постаје значајан.

## Захвалница

Аутори се захваљују Републичком хидрометеоролошком заводу Србије и ЈВП Србијаводе на уступљеним подацима.

## Литература

1. Ackers, P. (1993): Flow formulae for straight twostage channels, *J. Hydr. Res.*, 31(4), 509-531
2. Bousmar, D. and Zech, Y. (1999) Momentum transfer for practical flow computation in compound channels, *J. Hydr. Eng., ASCE*, 125(7), 696-706
3. Đorđević, D., Stojnić, I., Muhić, F., (2015) Prikaz modela linijskog tečenja u koritu za veliku vodu zasnovanog na razmeni količine kretanja između glavnog korita i plavnih površina, *Vodoprivreda*, 47 (273-275): 79-91.
4. Đorđević, D., Stojnić, I., Rosić, N., (2017) Proračun linije nivoa u neprizmatičnom koritu za veliku vodu primenom metode razmene količine kretanja između glavnog korita i plavnih površina (Primer korita jednostavne geometrije), *Vodoprivreda*, 49 (288-290): 349-361.
5. Ђорђевић, Д., Ивковић, М., Стојнић, И. (2018) Примена модела размене количине кретања за процену криве протока у кориту за велику воду природног водотока, *Зборник радова 18. научног саветовања СДХИ и СДХ*, 507-516
6. Đorđević, D., Ivković, M. & Stojnić, I. (2019) On the possibilities of application of exchange discharge model in estimation of a rating curve at a river gauging station. In: *E-proceedings of the 38th IAHR World Congress*, 2783-2790 (doi: 10.3850/38WC092019-0815)
7. Jovanović, M. (2008) *Regulacija reka*, Građevinski fakultet, Beograd