



R 1.37.

ODREĐIVANJE KARAKTERISTIKA SLIVA POMOĆU HIDROLOŠKO HIDRAULIČKIH MODELA I HIDROLOŠKE ANALIZE, PRIMJER SLIVA REKE SAVINJE

**Andrej Vidmar, Simon Rusjan, Nejc Bezak,
Andrej Kryžanowski, Mitja Brilly**

SAŽETAK: Tradicionalna osnova za hidrološke analize je statistička obrada podataka s osnovnim pokazateljima vjerojatnosti pojave i količina voda u slivu. Mogućnosti hidrološke analize su ograničene s raspoloživim podacima, ali možemo ih riješiti upotrebom hidroloških hidrauličkih modela. Rezultati hidroloških i hidrauličkih modela su ovisni o dobroj kalibraciji i verifikaciji modela, kako hidroloških tako i hidrauličkih. Modeli omogućavaju rekonstrukciju povijesnih pojava poplava i analizu njihovih uzroka. Naime, poplave i prije svega katastrofalne poplave se formiraju na određenom djelu sliva pod utjecajem orografskih čimbenika i načina korištenja zemljišta. Za određivanje morfoloških utjecaja korita rijeke i poplavnih područja, potrebna je kombinacija hidroloških i hidrauličkih modela.

Kao primjer dobre hidrološko – hidrauličke analize je obrađen sliv Reke Savinje. Pored osnovne statističke analize je obrađena koincidencija poplavnih talasa Reke Save i Savinje. Analizirani su utjecaji pojedinih pod slivova Reke i rekonstruirane poplave 1990., 1998. i 2007. godine. Pomoću hidrauličkog modela je analiziran utjecaj većih poplavnih površina na smanjenje poplavnih talasa duž toka rijeke, određen utjecaj predlaganih mjera za zaštitu od poplava, analiziran utjecaj promjene korištenja zemljišta na pojavu poplava i slično. Pri kalibraciji se pokazala izuzetno dobra primjena programa PEST pri kalibraciji i upotreba posljednja verzije hidrauličkog modela HEC-RAS sa kojim je izgrađen model rijeke u dužini 135 km.

KLJUČNE RIJEČI: hidrološki modeli, hidraulički modeli, hidrološka analiza, rijeka Savinja

DETERMINING RIVER BASIN CHARACTERISTICS WITH THE USE OF HYDRAULIC MODELS AND HYDROLOGICAL ANALYSIS AS EX- EMPLIFIED BY THE SAVINJA RIVER

ABSTRACT: The traditional basis for hydrological analyses is statistical data processing using the basic indicators of event probability and water quantity in a river basin.

The possibilities for hydrological analyses are limited by data availability, which can be surpassed by using hydrological and hydraulic models. The results depend on a good calibration and verification of both hydrological and hydraulic models. Models allow for the reconstruction of historical flood events and the analysis thereof. Floods, and above all catastrophic floods, occur in a specific part of a river basin affected by orographic factors and land use types. A combination of hydrological and hydraulic models is necessary for determining the morphological effects of riverbeds and floodplains.

The case of the Savinja River Basin is given as an example of good hydrological and hydraulic analyses. Along with the basic statistical analysis, the coincidence of flood waves of the Sava and Savinja rivers was studied. The impacts of individual Savinja sub-basins were analysed and the floods of 1990, 1998, and 2007 were reconstructed. A hydraulic model was used for analysis of the impact of large floodplains on the reduction of flood waves along the river. The impact of the proposed flood protection measures was assessed as well as the impact of changes in the land use on flood occurrence, etc. The PEST software proved to be highly useful for the calibration, while the latest version of the HEC-RAS hydraulic model was used to model the 135-km river stretch.

KEYWORDS: hydrological models, hydraulic models, hydrological analysis, Savinja River

1. UVOD

Odluka o provedbi bilo kakve aktivnosti na vodotocima zahtijeva sveobuhvatnu analizu posljedica mjera na cijelom riječnom slivu. To je osobito bitno u planiranju mjera zaštite od poplava gdje se, u pravilu, stanje u slivu rijeke pogoršava nizvodno. Zbog toga je, pored ostaloga, EU usvojila direktivu o poplavama kako bi zaustavila takva praksa.

Katastrofalne poplave su prirodna pojava te jedinstveni i složen fenomen. Proračuni i modeliranje tih fenomena doživjeli su značajan razvoj tijekom prošlog stoljeća. Od empirijskih jednadžbi kao što su Kresnikova jednadžba i jedinični hidrogram upotrijebljen u programu HEC1 do modernih i zahtjevnih prostorno raspodijeljenih modela (Brilly i Šraj, 2014). Kresnikova jednadžba sadržavala je samo dva parametra, HEC1 tri parametra i odgovarajuću funkciju jediničnog hidrograma. Moderni modeli uzimaju u obzir učinke snijega, sunčeve svjetlosti, nadmorske visine, korištenja i tipova tla te njihovu prostornu raspodjelu. Sličan su razvoj imali i hidraulički modeli. Od jednostavnih jednadžbi za konstantan protok u stacionarnom stanju, razvile su se u modele s mogućnošću simulacije jednog (1D) i dvodimenzionalnog (2D) toka. Moderne verzije modela omogućuju brze račune vrlo velikih poplavnih područja uz istodoban račun jednodimenzionalnog i dvodimenzionalnog toka vode.

Hidrološkim i hidrauličkim modelom smo rekonstruirali katastrofalne poplave u slivu Reke Savinje, koje su se dogodile 1990., 1998. i 2007. godine. Na osnovu rekonstruiranih poplavnih događaja smo pomoću hidrauličnih modela napravili analizu utjecaja djelovanja pojedinih mjera zaštite od poplava na nizvodna područja i moguće posljedice obrane od poplava nizvodno od ušća u rijeku Savu.

Unatoč jednostavnom korištenju i upotrebi različitih modela, glavni problem i dalje ostaje njihovo poznavanje i ekspertno znanje o poplavama. Tu su posebno važna terenska mjerenja i kalibracija modela. Naime, model bez mjerenja, umjeravanja i relevantnog

znanja ne daje bolje rezultate od empirijskih jednadžbi s kraja 19. stoljeća.

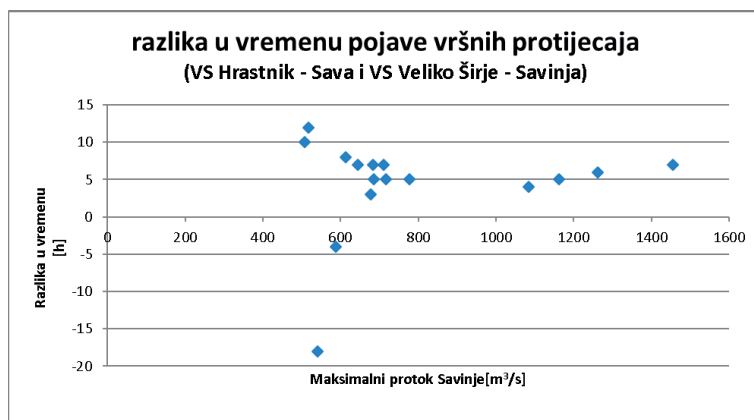
2. HIDROLOŠKA ANALIZA

Na temelju službenih hidroloških podataka napravljena je analiza prošlih poplavnih događaja na ušću rijeke Savinje u Savu. Za potrebe analize korišteni su podaci prikupljeni svaki sat. Na slici 1 prikazane su razlike u vremenu između vršnog protoka na vodomjeru Veliko Širje na rijeci Savinji i vodomjeru Hrastnik na rijeci Savi. Naime, vršni protoci svih poplavnih valova s protokom rijeke Savinje veći od $800 \text{ m}^3/\text{s}$ pojavili su se pet ili više sati prije vršnog protoka poplavnog vala rijeke Save. To znači da bi ubrzanje poplavnih voda rijeke Savinje imalo povoljan učinak na zaštitu od poplava nizvodno od ušća u rijeku Savu. Naprotiv, ubrzavanje poplavnog valova na rijeci Savi ima negativan utjecaj na zaštitu od poplava nizvodno od ušća. Slična analiza provedena je i za ušća rijeke Savinje u njezine glavne pritoke: Dretu, Pako, Bolsko, Ložnicu i Voglajno. Dodatno smo analizirali još ušće Voglajne i Hudinje.

Na temelju analize podudarnosti vršnih vrijednosti za odabranih osamnaest analiziranih događaja došli smo do sljedećih zaključaka:

- vršni protoci na Dretu pojavljuju se prije početka vršnog protoka na Savinji;
- na Hudinji se vršni protoci u većini slučajeva pojavljuju prije vršnog protoka na Voglajni;
- na ušću Pake u Savinju, Bolske i Savinju, Ložnice i Savinju i Voglajne s Hudinom i Savinjom, ne možemo zaključiti da su odstupanja jednoznačna, a često se vršni protoci podudaraju.

Uz iznimku Drete i Hudinje, pri vršnim protocima, hidrološki sustav rijeke Savinje djeluje jednokratno, tako da se na ušću vršni protoci javljaju istovremeno, čime se uvelike povećava opasnost pojave poplava. Posljedica je izraziti bujični karakter protoka Savinje.



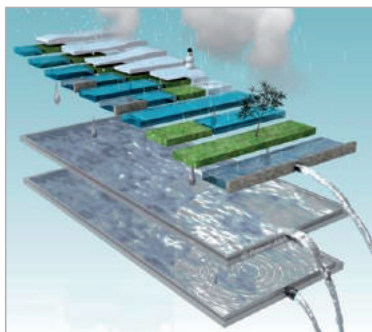
Slika 1. Razlike u vremenu vršnog protoka poplavnih valova u Savinji i Savi za događaje između 1998. i 2015.

3. HIDROLOŠKI MODEL

Za izradu hidrološkog modela cijelog sliva Savinje korišten je program “Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning (HBV-Light)”. HBV program omogućava izradu djelomično distribuiranog konceptualnog hidrološkog modela koji može simulirati procese koji definiraju hidrološki krug (npr. Seibert i Beven, 2009; Seibert i Vis, 2012). Program je razvijen u Švedskoj od strane meteorološkog i hidrološkog instituta (SMHI) (Bergström, 1995). HBV program sada postoji u nekoliko varijanti koje se razlikuju po složenosti i upotrebljivosti (Aghakouchak i Habib, 2010). U okviru ovog rada korištena je verzija HBV-light programa, jer zadovoljava sve kriterije za simulaciju hidroloških procesa u slivu rijeke Savinje (mogućnost korištenja satnog vremenskog koraka, modeliranje zadržavanja vode snježnom pokrivaču i njegovo otapanje u ovisnosti od nadmorske visine, konceptualne procese zadržavanja vode i njeno premještanje u površinskim i podpovršinskim slojevima. Slika 2 prikazuje konceptualni shemu prirodnih procesa u hidrološkom modelu HBV-light s prikazom jednog podsliva s spremnicima na različitim visinama i vegetacijskim pokrivačem područja, te konceptualna ilustracija podpovršinskih spremnika vode.

Cjelokupan sliv Savinje je podijeljen u 77 podslivova (slika 3). Za svaki podsliv moramo odrediti parametre procesa otapanja i smrzavanja snijega, procesa brzine punjenja i sposobnosti zadržavanja vode u tlu, procesa stvarne evapotranspiracije, faktore korekcije temperature i padalina te faktore odvodnje iz gornjeg, srednjeg i donjeg baznog bazena podzemnih voda. U hidrološkom modelu smo omjerom distribucije odredili 18 visinskih pojaseva i 3 vegetacijske zone. Svaki podsliv je opisan u hidrološkom modelu s 34 parametra, što znači da je bilo potrebno odrediti u procesu kalibracije vrijednosti 2618 parametara.

Osim oborina, ulazni podaci uključuju temperaturu zraka i potencijalnu evapotranspiraciju, i naravno podatke koji su potrebni za opis sliva rijeke (npr. Veličina slivnog područja).



Slika 2.
Koncept HBV-light modela



Slika 3. Raspodjela sliva Savinje na 77 podslivova s prikazanim vodomjerima

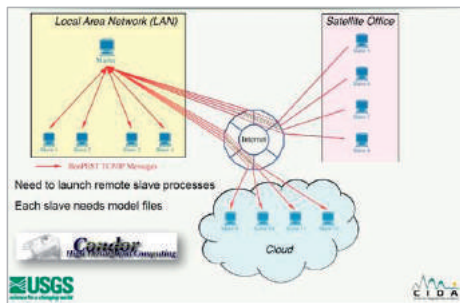
Umjeravanje hidrološkog modela provedeno je pomoću internog genetskog kalibracijskog algoritma u HBV light i vanjskih PEST alatima (Model-Independent Paramet Estimation and Uncertainty Analysis), koji se mogu koristiti za modeliranje prirodnih procesa (Doherty, 2012). Programski paket PEST sadrži 180 programa u svrhu pripreme matrice,

kontrole i obrade, te različitih transformacija i analiza podataka. Uz PEST algoritam postoji i poznati globalni kalibracijski algoritam SCEUA i CEMAES (Arsenault et al., 2014). Korištenje ovih algoritama zahtijeva mnogo stručnih znanja u procesima kalibracije i analizi osjetljivosti modela, pomoću kojih možemo odrediti parametre koji značajno utječu na rezultate modela. Zbog složenosti procesa kalibracije hidrološkog modela, neki proračuni zahtijevaju više od jednog dana na jednom korisničkom računalu. Uz pomoć paralelnih proračuna sa programskim paketom beoPEST izvedena je kalibracija hidrološkog modela u razumnom od nekoliko sati. Koncept korištenja PEST programa za paralelnu kalibraciju (beoPEST) prikazan je na slici 4. Kalibracija je obrađena u 128 paralelnih izračuna u isto vrijeme, formiranih od 16 PC-a i osam jezgri. Kao ulazni podaci u hidrološkom modelu koristili smo podatke o padavinama sa 30 oborinskih postaja u slivu rijeke Savinje, koje lokalno dobro pokrivaju pojedine podslivove. Metoda Thiessen poligona korištena je za određivanje prostorne distribucije oborina, podataka o temperaturi zraka i podataka o potencijalnoj evapotranspiraciji.

Hidrološki model je kalibriran na poplavnom događaju 2007 (Vidmar i drugi, 2016. godine. Ovaj događaj je odabran zbog dobrog uzorka podataka (podaci su bilježeni na svaki sat), koji su omogućili primjernu kalibraciju hidrološkog modela obzirom na veličinu i prirodu hidroloških procesa. U tablici 1 prikazani su rezultati umjeravanja hidrološkog modela Savinje za poplavu u 2007. godini. Prikazane su vrijednosti Nash-Sutcliffeovog koeficijenta (raspon vrijednosti je između $-\infty$ i 1, gdje vrijednost 1 označava potpunu podudarnost između modeliranih i izmjerenih vrijednosti) i vrijednosti koeficijenta određivanja R^2 -1 i 1, gdje vrijednost 1 znači potpunu linearnu ovisnost između izmjerenih i modeliranih vrijednosti). Validacija ili verifikacija modela tada je provedena za poplave iz 1998. i 1990. godine (Brilly i drugi 2017). Rezultati kalibracije i validacije hidrološkog modela bili su iznimno dobri, jer je validacija VP Laško iz 1990. godine dala bolje rezultate od kalibracije. Takav kalibrirani model osnova je za analizu modeliranih poplava, jer smo dobili podatke o protoku poplava na stanicama koje su bile oštećene tijekom događaja i na manjim dijelovima sliva, gdje uopće nije bilo mjerenja, kao što je učinjeno. za događaj 2014. u slivu rijeke Bosne (Vidmar et al., 2016). Modelom je moguće analizirati promjene u korištenju prostora, kao i razne mjere protiv poplave koje ubrzavaju ili zadržavaju otjecanje. Tako možemo proizvoljno mijenjati u slivu udio šuma, poljoprivrednog zemljišta ili naseljenog područja. Možemo utvrditi utjecaj klimatskih promjena, kao što smo to učinili za sliv rijeke Save, (Brilly i drugi, 2015).

4. HIDRAULIČNI MODEL

Kao ulazni podaci u hidrauličkom modelu sliva Savinje korišteni su rezultati kalibriranog i validiranog hidrološkog modela. Za izradu hidrauličkog modela korišten je program HEC-RAS verzija 5.0.3, koji je razvio Inženjerski zbor vojske SAD-a (HEC-RAS, 2016). Modelirano je područje između ušća Savinje i Drete te ušća Savinje u Savu, sa kraćim odsjecima pritoka na ušću: Drete, Ložnice, Voglajne sa Hudinjom, Koprivnica i Sušnica) (Slika 5). Prosječni nagib ovih vodotoka je između 0,2 i 0,6 %. Ostali vodotoci modelirani kao priliv vode sa strane.



Slika 4: Konceptualni prikaz paralelne kalibracije hidrološkog modela s PEST programom



Slika 5. Prikaz hidrauličnog modela Reke Savinje od ušća rijeke Drete do ušća rijeke Savinje u rijeku Savu

Model je napravljen u kombinaciji 1D računa za korito rijeke u kombinaciji s 2D računom u zonama poplava. Svi računi su izvedeni za ne-stacionarne uvjete toka vode. U okviru jednog sveobuhvatnog modela razmatrano je više od 135 km vodotoka, više od 2.400 poprečnih presjeka. Geodetski izmjereni presjeci kombinirani su s lidar podacima s veličinom rastera od 1 m. Vrijednosti Manningovog koeficijenta hrapavosti kretale su se u rasponu od 0,03 do 0,04 za korito vodotoka, između 0,035 i 0,05 za poplavno područje unutar vodotoka i između 0,06 i 0,1 za 2D plavnih područja. Poplavama područja su podijeljena na površine između 20 x 20 m i 30 x 30 m. Valja naglasiti da je svaka od tih površina opisana relevantnim hidrauličnim parametrima na temelju digitalnog modela terena.

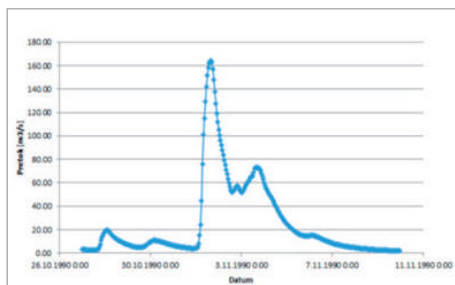
Kalibracija i verifikacija hidrauličkog modela provedena je uzimajući u obzir poplave iz 1990., 1998. i 2007. godine. Umjeravanje i verifikacija provedeno je kako na izmjerenim vrijednostima vodostaja tako i na opsegu poplavnog područja u poplavnim ravnicama. Treba naglasiti da je vrijeme izračuna za cijelo područje modela manje od 2,5 sata.

5. REZULTATI KORIŠTENJA HIDROLOŠKOG I HIDRAULIČKOG MODELA

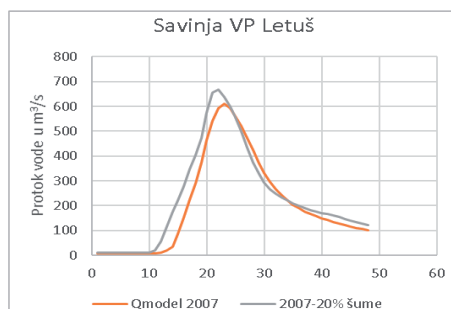
Hidrološki model je korišten prije svega za rekonstrukciju poplava 1990. i 1998. godine (slika 6). Simulirali smo također utjecaje promjene korištenja zemljišta na otjecanje. Pretpostavili smo smanjenje površina pod šumom za 20 % na gornjem dijelu sliva do VP Letuš sa površinom sliva od 534 km² za poplavu u 2007. godini (slika 8). Događaj je primjeren katastrofi sa šumama zbog leda 2014. godine.

Pomoću ulaznih podataka hidrološkog modela, upotrijebili smo hidraulički model za analize utjecaja različitih mjera za zaštitu od poplava. Tako smo analizirali utjecaj relativno velikog prirodnog poplavnog područja uzvodno od Celja na oblik poplavnog vala na VP Veliko Širje, na ušću Rijeke Savinje u Rijeku Savu pri poplavi 1990. (Slika 8). Vrhunac poplavnog vala se povećao za 90 m³/s i pomakao unaprijed za 4 sata. Protok vode u vrijeme maksimalnog protoka vode 1990 godine je ostao isti. Znači, da bi pored isključenja većih površina od razlijevanja vode, maksimalni protok rijeke Save nizvodno od ušća ostao nepromijenjen. Analizirali smo utjecaj uspora na razinu vode na ušću Voglajne u Savinju i na uzvodnom vodomjeru Celje, slika 9. Računali smo sa cjelokupnim

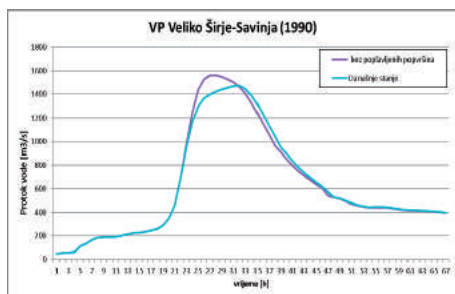
modelom scenarije sa dotokom Voglajne i bez dotoka. Zbog uspora se nivo na VP Celje podigao za 16 centimetara a vrh vala se pojavio četiri sata kasnije.



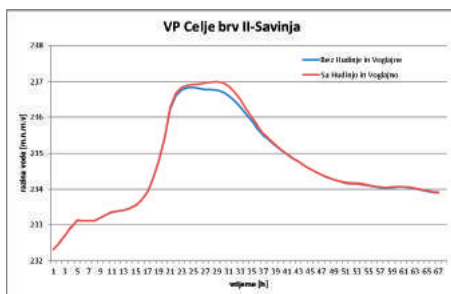
Slika 6. Primjer rekonstrukcije poplavnog vala iz 1990. za rijeku Voglajnu na ušću u Savinju



Slika 7. Utjecaj potencijalnog smanjenja šumskih površina.



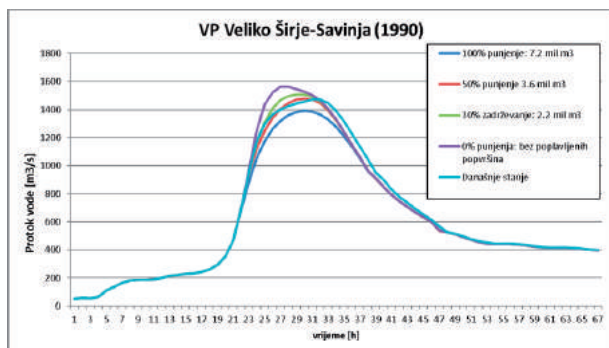
Slika 8. Utjecaj razlijevanja vode na oblik dijagrama protoka pri poplavi 1990. godine



Slika 9. Utjecaj uspora na razine vode Savinje pri različitim protocima Voglajne.

Hidrauličkim modelom smo analizirali i utjecaj različitih rješenja sa zadržavanjem vode u slivu pomoću akumulacija na poplavnim područjima Savinje i njenim pritocima. Utjecaj spomenutih objekata ovisi o opremi za upravljanjem zapreminama akumulirane vode i pouzdanosti vremenskih i hidroloških prognoza, slika 10. Osnova analize je hidrogram protoka Reke Savinje na vodomjeru Celje pri poplavi 1990. godine. Scenarije smo oblikovali prema postotku efikasnog djelovanja sustava, počevši od idealnog stanja sa potpunim 100 % djelovanjem sustava, što je praktično nemoguće. Zatim smo pretpostavili scenarije sa 50 %, 10 % i 0 %. Obzirom na mogućnost kontrole dotoka vode sa bočnih preljeva u akumulacije i točnost hidroloških prognoza smatramo, da je realna efikasnost sustava oko 50. Praktično bi predviđeni sustav u dobrom stanju djelovanja prouzrokovao vršne protoke jednake, kao u današnjem prirodnom stanju. Ukoliko se to dokaže, rad sustava može imati efikasnost od 10 % ili čak 0, te naravno, vršni bi protoci primjerno tome bili viši nego što su današnjem stanju. Naime akumulacije su sagrađene na poplavnom području i samim tim smanjuju njenu prirodnu retenciju. Scenarij s efikasnošću 0 % daje

rezultate jednake, kao kad bi poplavno područje zaštitili od poplava i ukinuli utjecaj prirodnog zadržavanja voda na tim površinama, slika 8.



Slika 9. Utjecaj različitih scenarija djelovanja mjera za zaštitu od poplava

ZAKLJUČAK

Suvremeni hidrološki i hidraulički modeli su jako dobri alati za analizu i podizanje razine znanja o prirodnim procesima koji uzrokuju poplave u slivu. Naime, pri pojavi velikih oborina smanjuju se temperature u područjima na većim nadmorskim visinama i tamo se u noćnim satima sa snježnim padavinama voda privremeno zadržava na površini. Podizanjem temperature u jutarnjim satima počinje otapanje snijega i cjelokupna količina vode sudjeluje u otjecanju. Intenziteti efektivnih kiša tada su dosta veći od podataka izmjerenih na kišomjerima.

Za upotrebu modela su nam potrebna terenska mjerenja, koja su uvijek nedostatna. Mjerenja u kraćim vremenskim razmacima, i manje od sata nam daju uvid u dinamiku poplavnih valova, koja je kompleksna i traži ekspertnu analizu.

Upotrebnost vrijednosti računa modela je ovisna o kalibraciji i verifikaciji modela. Tu se program PEST pokazao izuzetno superioran naspram drugim programima za kalibraciju ugrađenim u komercijalne programske pakete. Sa PEST programom smo dobili bolju točnost za red veličine vrijednosti.

Pri postavljanju modela je potrebno ekspertno znanje hidrologije i iskustvo u modeliranju, da bi dobili uspješan model. Sve ovisi kako smo postavili strukturu modela: podslivove, pojaseve nadmorskih visina, korištenje zemljišta i slično.

Pri postavljanju hidrauličnih modela je također potrebno ekspertno znanje pri analizi i izboru podataka, konstrukciji modale za 1D i 2D analizu, modeliranje utjecaja objekata i uspora prouzrokovanim dotokom vode sa strane na ušću, oštrijih krivina korita rijeka i slično. U svakom slučaju su mjerenja razine vode izvedena samo na vodomjernim stanicama nedostatna za dobar hidraulični model. Mjerenja dinamike vode na poplavnim područjima praktično nema.

Pouzdanost modela i njegovi rezultati su vezani za znanje i iskustva tima koji radi sa modelima. Ukratko to jako efikasan ekspertni model za eksperte.

LITERATURA

- [1] Aghakouchak, A., Habib, E. (2010): *Application of a Conceptual Hydrologic Model in Teaching Hydrologic Processes*, International Journal of Engineering Education 26, 4: 963–973.
- [2] Bergström, S. (1995). The HBV Model. V: Singh, V. P. (ur.): *Computer Models of Watershed Hydrology*, Littleton, Colorado, Water Resources Publications: 443–476.
- [3] Brilly, M., Šraj, M. (2014): *Osnove hidrologije*, univerzitetni učbenik, UL FGG.
- [4] Doherty, J. (2012): *Addendum to the PEST Manual*, Brisbane, Australia, Water Numerical Computing.
- [5] HEC-RAS 5.0. (2016). Reference Manual. Dostopno na: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Reference%20Manual.pdf>.
- [6] Seibert, J., Beven, K. J. (2009): *Gauging the ungauged basin: how many discharge measurements are needed?*, Hydrology and Earth System Sciences 13(6): 883–892.
- [7] Seibert, J., Vis, M.J.P. (2012): *Teaching hydrological modeling with user-friendly catchment-runoff-model software package*, Hydrology and Earth System Sciences, 3315-3325.
- [8] Vidmar, A., Globevnik, L., Koprivšek, M., Sečnik, M., Zabret, K., Đurović, B., Anzeljc, D., Kastelic, J., Kobold, M., Sušnik, M., Borojevič, D., Kupusović, T., Kupusović, E., Vihar, A., Brilly, M. (2016): *The Bosna River floods in May 2014*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 2235-2246.
- [9] Vidmar, A, Brilly, M., Rusjan, S., Bezak N., ŠRAJ, M., Sapač, K. i , Kryžanowski, A., 2017, Zbornik: 28 Mišičev vodarski dan 2017, 163-170.

AUTORI

Viš. pred. mg. sc. Andrej Vidmar ^a

doc. dr. sc. Simon Rusjan ^a

asist. dr. sc. Nejc Bezak ^a

doc. dr. sc. Andrej Kryžanowski ^a

prof. dr. sc. Mitja Brilly ^a

^a Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodzijo, UNESCO Katedra za zmanjševanje tveganj ob vodnih ujmah (WRDRR), Jamova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija, andrej.vidmar@fgg.uni-lj.si, simon.rusjan@fgg.uni-lj.si, nejc.bezak@fgg.uni-lj.si, andrej.kryzanowski@fgg.uni-lj.si, mbrilly@fgg.uni-lj.si