

URBANA REGULACIJA I INTEGRALNO UREĐENJE DOLINSKOG PROSTORA, NA PRIMERU REKE BOSNE U ZONI GRADA DOBOJA

Vujadin BLAGOJEVIĆ¹⁾, Nedeljko SUDAR¹⁾, Marko VUKIĆEVIĆ¹⁾, Branislav ĐORĐEVIĆ²⁾

¹⁾Zavod za vodoprivredu, Bijeljina, ²⁾ Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet

*Prepuštene same sebi, stvari od loših postaju još gore.
Majka priroda surovo kažnjava ljude koji se kockaju
sa njom, odlazeći da obave ono što bi morali da urade
kao deo svog svakodnevnog posla.
(Marphyjevi zakoni, drugi u reinterpretaciji autora)*

REZIME

U katastrofalnom povodnju iz maja 2014. na reci Bosni i nekim njenim pritokama (Spreča) javile su se velike vode koje su bile bliske verovatnoći javljanja od 0,1% (hiljadugodišnja velika voda). U tom poplavnom događaju, koji do sada nije zabeležen na ovim prostorima, naviše su stradala urbana područja u srednjem i donjem toku rijeke Bosne, a među najvećim stradalnicima je Grad Doboja. Odmah nakon poplave pristupilo se izradi projekta regulacije rečnih korita, u narednom periodu se planira uređenje dela doline reke Bosne u zoni Doboja, na potezu od ušća reke Usore do ušća reke Spreče. Projekat je rešavan kao integralni projekat, koji podrazumeva regulaciju reke Bosne i pomenutih ušća, ali i hidrotehničko, urbano i ekološki-hortikulturno uređenje inundacionog dolinskog prostora. Na tom potezu r. Bosne predviđeno je da se prostiru i delovi uspora dve male hidroelektrane (MHE Doboja i MHE Cijevna 1), od sedam MHE koje se predviđaju na kaskadi malih pribranskih hidroelektrana u osnovnom koritu reke Bosne. Za regulaciju su korišćeni principi urbane i prirodne regulacije, kako bi realizovalo više hidrotehničko-zaštitnih, urbanih, socijalnih, ekoloških i drugih ciljeva. Projektom se ostvaruje zaštita Doboja od talasa velike vode 1%, sa propisanom zaštitnom visinom od 0,8 m, odnosno od povodnja 0,2%, ali bez zaštitne visine. Realizuje se i cilj da se projektom stvore svi uslovi da se urbana struktura Doboja na najskladniji način poveže sa rekom Bosnom i njenim uređenim inundacijama. Projektom su date okvirne preporuke sistemskog i integralnog rešavanja produkcije i transfera plivajućeg nanosa u gornjim delovima sliva, jer je u

većini poplavljenih gradova u slivu reke Bosne plivajući nanos izazvao dodatne redukcije proticajnih profila i obimnija plavljenja od očekivanih, naročito na mostovskim konstrukcijama.

Ključne reči: urbana i prirodna regulacija reka, reka Bosna, Doboja, vodoprivredni sistemi, rečne inundacije

1. UVOD

Velike poplave – najveće socijalne, ekonomske, urbane, ekološke i infrastrukturne destrukcije čovekove životne sredine – zahtevaju mudro i razborito delanje odmah nakon takvih događaja. Ta razboritost nameće sledeće aktivnosti: • studioznim meteorološkim, hidrološkim, hidrauličkim i geodetskim analizama izvući najveću količinu informacija o nastanku i dinamizmu razvoja povodnja i ugroženosti teritorije na čitavom dolinskom delu vodotoka koji predstavlja jedinstvenu morfološku, hidrološku i hidrauličku celinu, • nepristrasno sagledati sve greške u urbanom razvoju i načinu korišćenja zemljišta na vodama ugroženoj teritoriji; • na osnovu tih analiza odmah isplanirati **integralni sistem** za regulaciju i uređenje reke i najrazumnije načine korišćenje prostora u široj zoni vodotoka, • prostornim planskim dokumentima (prostorni i urbanistički planovi) rezervisati i pravno / normativno ozvaničiti i rezervisati prostor neophodan za realizaciju tih integralnih sistema, • jasno definisati dinamiku i faznost realizacije tih sistema, kako bi se faznost primerila hitnosti realizacije i realnim mogućnostima, • odmah pristupiti realizaciji najurgentnijih zaštitnih faza tog sistema, a građevinskim

i normativnim intervencijama zaštititi prostor koji može da bude ugrožen od strane drugih korisnika prostora.

Grad Doboj, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srpske i JU Vode Srpske su imali u vidu i navedena polazišta kada su, nakon

katastrofalne poplave maja 2014. u kojoj je izuzetno teško stradao grad Doboj (slika 1), pristupili organizaciji izrade projekta zaštite od poplava i uređenja toka reke Bosne na deonici kroz Doboj, na potezu od ušća Usore, uzvodno, do ušća Spreče, nizvodno, sa obuhvatom ta dva ušća.



Slika 1. Poplava u Doboju, maj 2014. godine

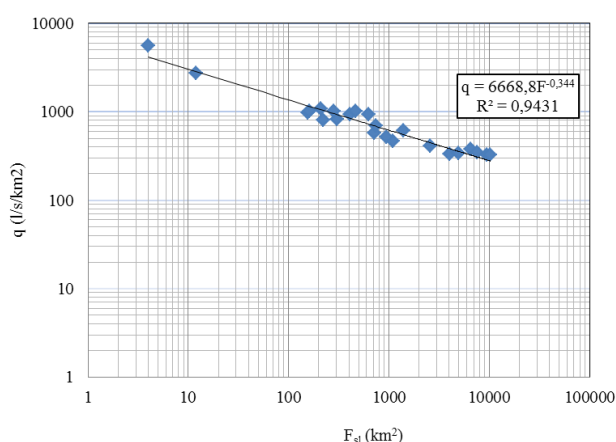
Projekat regulacije i zaštite od poplava, koga je uradio Zavod za vodoprivredu iz Bijeljine (projekat završen 2015), pošao je od toga da se taj projekat tretira kao integralni projekat, kao jedinstvena prilika da se paralelno sa regulacijom osnovnog korita uredi i šire inundaciono područje reke. Po tom osnovu u potpunosti se zadržava osnovna funkcija propuštanja velikih voda, ali se novim pristupom širi inundacioni pojas uz osnovno korito i urbanistički uređuje za korišćenje u urbane i rekreativne svrhe i na taj način se vodotok skladno objedinjuje sa urbanom gradskom matricom, što u prethodnom periodu nije bio slučaj. Ovakvim konceptijskim pristupom u domenu optimizacionog upravljanja vodama i zelenim površinama, gdje se ova dva elementa skladno nadopunjuju, smanjuje se izloženost prirodnim katastrofama – poplavama, čime se pojačava otpornost urbanih sredina na pogoršanje vodnih režima usled klimatskih promena. To je način da se reka kao vodni resurs i vodno zemljište u inundacionom pojasu na najpovoljniji sinergetski način uklapaju u urbano gradsko okruženje. Navedeni princip je potpuno u skladu sa praksom u svetu, kada su upravo rušilački povodnji bili povod da se projektno rešenje proširi na širi deo dolinskog prostora, čiji dalji razvoj treba usmeriti na način koji je u skladu sa devizom 'živeti sa poplavama, ali bez žrtava i katastrofalnih šteta'. Integralnost projekta podrazumeva da se projekat radi u skladu sa širom ciljnom strukturom koji sačinjavaju hidrotehničko-zaštitni, socijalni, urbani, ekološki i hidroenergetski ciljevi. Oni će se detaljnije razmatrati u kriterijumima za planiranje integralnog sistema.

2. HIDROLOŠKO-HIDRAULIČKI ASPEKTI POPLAVE IZ 2014.

U novijoj istoriji Doboj je bio tri puta ugrožen značajnijim poplavama: prvi put 13.05.1965. godine sa maksimalnom kotom nivoa na profilu VS Doboj 142,79 mm, drugi put 21.06. 2001. godine sa kotom nivoa od 142,47 mm i u maju 2014. godine sa kotom nivoa od čak 144,41 mm. Od navedenih poplavnih događaja reprezentativan je poslednji iz maja 2014. godine, pa isti služi za zaključivanja o neohodnoj koncepciji integralnog rešenja zaštite i uređenja prostora.

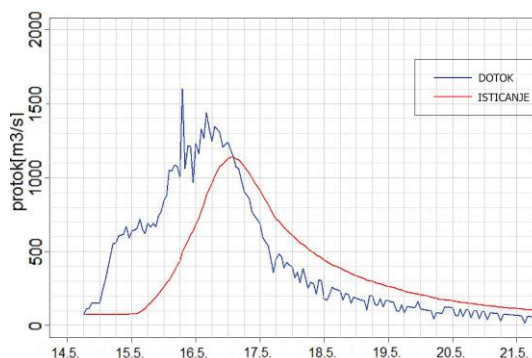
Neprestane padavine na najvećem dijelu sliva, od 15.04. do 05.05.2014., koje su u proseku iznosile 20 mm/dan, uslovile su 'zasićenje' podzemlja koje nije moglo da prihvati ekstremno visoke vrednosti padavina između 12.-15.05.2014. godine (prosečno 60÷70 mm/dan!). Sračunati koeficijent oticaja (Ko) na gotovo svim podslivovima i deonicama neposrednog sliva reke Bosne u takvom hidrološkom događaju dostigao je vrednost $Ko \approx 1$, što je izazvalo ekstremne dotoke u ionako preopterećenu hidrografsku mrežu sliva. Da bi se poplavni događaj iz maja 2014. godine na području grada Doboj mogao ispravno tumačiti i hidraulički analizirati bilo je potrebno sagledati hidrološke pojave na kompletnom slivu, posebno na delu sliva na području neposredno i uzvodno od grada Doboja. Analizirane su VS Maglaj (r. Bosna – uzvodno), VS Kaloševići (r.Usora), VS Usora (r. Bosna – nizvodno od ušća r. Usore), VS Modrac (r. Spreča) i VS Doboj (r. Bosna – nizvodno od ušća r. Spreče). Hidrološka obrada

prethodno navedenih vodomera pokazala je pojavu istorijskih maksimuma daleko ređih rangova pojave od jednom u sto godina na svim mjernim mestima izuzev reke Usore (dvanaestogodišnji veliki proticaj). Na merom mestu VS Maglaj zabilježena je hiljadugodišnja velika voda, na VS Usora velika voda vjerovatnoće pojave jednom u petsto godina, VS Doboj istorijski proticaj ranga pojave jednom u 840 godina. Urađena je regionalna analiza specifičnog maksimalnog oticaja (q $L/s \cdot km^2$) za sliv r. Bosne (slika 2), koja pokazuje da su na malim slivovima ti specifični oticaji dostizali čak $5 m^3/s \cdot km^2$.



Slika 2. Specifični maksimalni oticaji u slivu r. Bosne
 q ($L/s \cdot km^2$) = f (F_{sl})

Maksimalni protoci na Spreči dostizali su i do $1600 m^3/s$. Mada je akumulacija Modrac svojim retenzionim delovanjem smanjila vrh talasa za oko $450 m^3/s$ (slika 3), to nije bilo dovoljno, pa je taj veliki bočni dotok Spreče neposredno uzvodno od novog mosta na Bosni stvorio uspor na delu r. Bosne kroz grad Doboj.

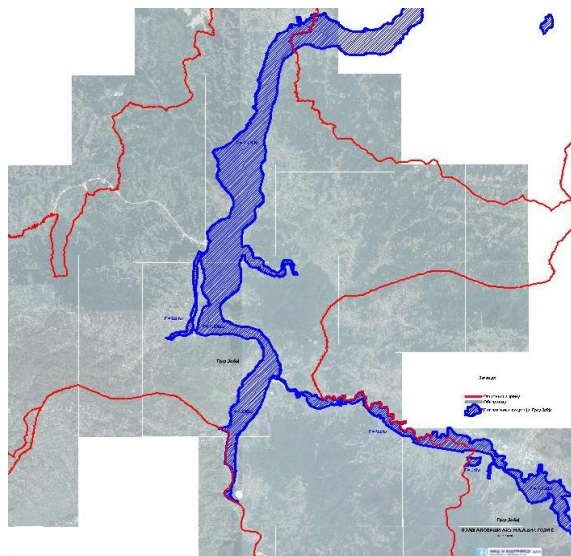


Slika 3. Retenziono delovanje akumulacije Modrac

Uticaj tako formirane "donje vode" protezao se uzvodno sve do starog železnog mosta za toplanu. Takođe, dodatni uspor je izazvao i novoformirani plato nizvodno izveden nakon 2002. godine uz levu obalu rijeke Bosne. Kao rezultat ekstremnih proticaja i lokalnih redukcija proticajnog profila, došlo je do usporavanja bujičnog potoka Liješanaj (ušće ovog potoka u rijeku Bosnu se nalazi na oko 800 metara uzvodno) i prodora voda reke Bosne i gravitirajućih slivnih voda iz postojećeg obodnog kanala (donjeg toka Liješnja) u branjeno područje. Taj splet okolnosti je doveo do katastrofalne poplave unutar užeg gradskog područja Doboja, a zatim i prelivanje zaštitnog nasipa iz pravca branjenog područja ka matici velikih voda u koritu rijeke Bosne. Visine prelivnog mlaza na zaštitnom nasipu iznosila je od 20÷60 cm.

Analizirajući krive proticaja na pojedinim poprečnim profilima iz Modela HEC-RAS, uključujući i profil VS Doboj, izvršena je njihova ekstrapolacija i za najveću dosegnutu kotu nivoa od 144,41 mnm očitana je vrijednost proticaja koji iznosi oko $4.750 m^3/s$, što približno odgovara hiljadugodišnjoj velikoj vodi prema obradi iz 1974. godine ($Q_{1/1000} \approx 4.500 m^3/s$). Kako je DHMZ Hrvatske 'registrovao' proticaj rijeke Bosne u zoni ušća od oko $4.000 m^3/s$, može se reći da je tako dobijen proticaj na VS Doboj od oko $4.750 m^3/s$ logičan, s obzirom da nizvodno od dobojske kotline vodotok ulazi u svoj prošireni donji tok gdje je prisutno razlivanje toka u širokoj ravnici i popunjavanje prirodnih retenzija. Sagledavajući sva obrazloženja vezana za analizu vrednosti velikih voda, može se konstatovati na osnovu provedenih analiza u Modelu HEC-RAS da je vrednost proticaja rijeke Bosne na VS Doboj iznosila između $4.300 \div 4.600 m^3/s$. Pri ovom ekstremnom proticaju, na lokalitetu železničkog mosta, došlo je do pojave značajnog lokalnog uspora (u prvim časovima i preko 2,5 metara) i uzvodno, usled zagušenja otvora mosta na pristupnoj rampi uz desnu obalu (redukcija proticajnog profila između nosećih stubova iznosila je oko 40%, a izazvana je velikom količinom balvana i drugim plutajućim materijalom u vodotoku).

Na osnovu podataka od nadležnih organa Grada Doboja i terenskim radom eksperata Zavoda za vodoprivredu, dobijeni su osnovni podaci o poplavama iz maja 2014. godine. Koordinate snimljenih tačaka granica i tragova plavljenja su nanešene u državnom koordinatnom sistemu i na osnovu njih je izvršeno kartiranje poplavnih površina, što znači da su poplavljene površine iz 2014. godine prevedene u odgovarajuće plavne poligone (slika 4).



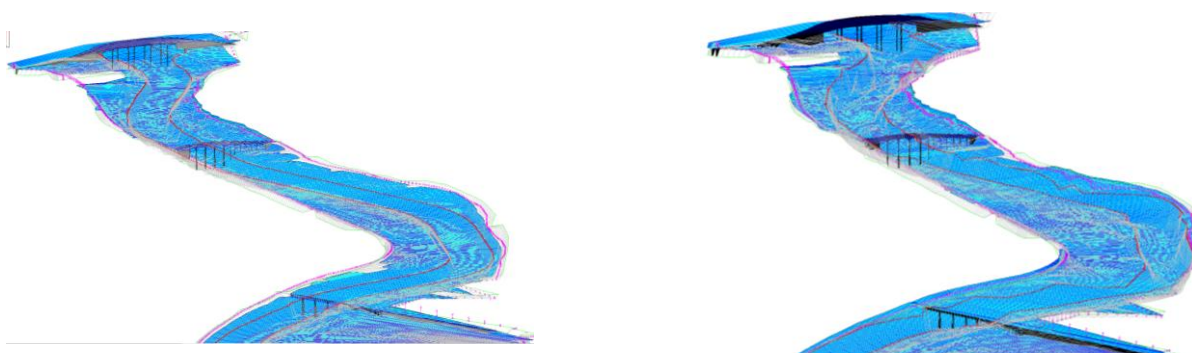
Slika 4: Plavne površine za Grad Doboj - poplava iz maja 2014. godine

U poplavama na teritoriji Doboja iz maja 2014. godine vodama rijeke Bosne, Usore, Spreče i rijeka u branjenom području poplavljeno je oko 5.168 ha urbanizovanog, poljoprivrednog i drugog zemljišta.

Dragocena terenska snimanja plavnih zona i hidrološka obrada podataka poslužila su za kalibriranje i verifikaciju matematskog modela (MM) velikih voda r. Bosne na području grada Doboja. Hidraulički MM je uspješno kalibrisan, čak je proveravan i sa izjavama pouzdanih očevidaca, nakon čega se moglo sa sigurnošću pristupiti simuliranju dinamizma razvoja poplavnog događaja i analizi stepena ugroženosti od velikih voda zaobalja. Rezultati analiza su bili alarmantni. Jasno proističe da Grad Doboj nije mogao da izbjegne plavljenje ni da se u koritu rijeke Bosne

pojavi 25% manje protoka što odgovara stogodišnjoj velikoj vodi. Hidrauličke analize postojećeg stanja korita r. Bosne upućivale su da se u prvom redu mora povećati propusna moć osnovnog korita, a zatim dodatno obarati nivoi vodenog ogledala omogućavanjem propuštanja velikih voda kroz inundacioni pojas formiran između magistralnog puta sa leve i željezničke pruge sa desne obale.

Potvrdu ispravnog izbora tehničkog rešenja dao je hidraulički model regulisanog stanja, čiji su izlazni parametri mjerodavni za dimenzionisanje svih objekata u sklopu budućeg uređenja korita rijeke Bosne na sektoru Grada Doboja od Novog mosta pa uzvodno do ušća rijeke Usore.



Slika 5: Simulacija tečenja za regulisano (lijevo) i neregulisano (slika desno) korito r. Bosne pri velikim vodama iz maja 2014. godine

Uočava se da u regulisanim uslovima (slika levo) ne dolazi do izlivanja poplavnih voda izvan inundacionog pojasa ograničenog magistralnim putem sa leve i željezničkom prugom sa desne obale. Slika desno pokazuje da je baš u zoni uzvodno od mosta za toplanu (pogledati levu obalu u zoni mosta prikazanog u dnu slike) došlo do značajnog izdizanja velikih voda i plavljenja grada Doboja. Tehničkim rešenjem definisano je da se bez obzira na povećanje propusne moći osnovnog korita rijeke Bosne zadržava inundacioni pojas između magistralnog puta i željezničke pruge za propuštanje velikih voda verovatnoće pojave ređe od 1/10. Predviđeno je da se izvrši uklanjanje svih izgrađenih objekata i nasutih platoa u uskom pojasu uz osnovno korito. Zasjećanjem postojećih obala u širini projektovanih bankina od 20 m i 5 m, na visini od 5,50 m od nivele regulisanog korita, dobija se hidraulički vrlo značajno major korito, kao i mogućnost da se urbanim planiranjem grad na urbano najskladniji način poveže sa rekom.

Hidraulički MM pokazuje da prosečno spuštanje nivoa vodenog ogledala nakon regulacionih radova u odnosu na postojeće stanje za pojavu velikih voda ranga pojave 1/100 iznosi od 30 cm do 2,40 m. Obaranje nivoa velikih voda omogućeno je povećanjem kapaciteta regulisanog korita, po obliku dvostrukog trapeza, širine u dnu 90 m i bankinama od po 20 i 5 m s lijeve i desne obale, respektivno. Uređenje hidrauličke slike tečenja dodatno je poboljšano uklanjanjem svih objekata u osnovnom koritu, kao i sanacijom temeljnih stopa konstrukcije mosta za toplanu.

3. KRITERIJUMI ZA REGULACIONO UREĐENJE REKE I DOLINSKOG PROSTORA

Planiranje integralnih sistema, kao vid upravljačke sinteze sistema, bitno zavisi od pravilnog definisanja upravljačke četvorke (Đorđević, 1990, 1993): {**Γ**, **M**, **J**, **L**}, gde su: **Γ** – ciljevi definisani u okviru ciljne strukture, **M** – matematički modeli koji se koriste tokom planiranja sistema i projektne sinteze, **J** – skup kriterijuma za planiranje, **L** – skup ograničenja.

Ključni ciljevi (Γ) koji su definisani za ovaj integralni projekat bili su: □ vodoprivredni ciljevi: • regulacija reke Bosne i hidrotehničko uređenje dolinskog prostora koji je u Preliminarnoj procjena rizika od poplava na području Republike Srpske (Zavod za vodoprivredu Bijeljina, 2014) i analizama obuhvata plavnih površina

tokom povodnja iz 2014. sagledan kao plavno područje, • projektno rešenje koje omogućava da se na razmatranom potezu može u budućnosti nesmetano formirati uspor za planirane dve najuzvodnije MHE na r. Bosni: MHE Doboje, sa okvirnom KNU =143,5 mm (najuzvodnija), i MHE Cijevna 1, sa okvirnom kotom 137,6 mm; • stabilizacija korita relizacijom pragova za zaštitu od fluvijalne erozije, • regulaciono uređenje korita u zoni ušća Usore i Spreče, • uklanjanje "uskih grla" duž minor i major korita rijeke Bosne, • dogradnja objekata zaštite od velikih voda izgradnjom novih i nadvišavanjem postojećih nasipa, • sanacija i rekonstrukcija stubova mostovskih konstrukcija u cilju smanjenja uspora, • rešavanje odvođenja oborinskih voda, • ublažavanje uticaja plivajućeg nanosa na smanjivanje proticajne moći korita u zoni mostova, • generalne preporuke koje se odnose na sistemsko i integrano rešavanje nastanka i transfera plivajućeg nanosa (naročito balvana i krupnijeg plivajućeg nanosa) izgradnjom namenskih retenzionih prostora u gornjim delovima sliva i manjim pritokama kroz međuentitetsku saradnju, □ urbani ciljevi: • stvaranje uslova za skladno povezivanje urbane matrice grada Doboja sa rečnom akvatorijom i u prirodnim i u usporenim vodnim režimima, • urbano uređenje obala, • mogućnost održavanja bankina i kosina minor korita projektovanjem servisne saobraćajnice neposredno uz osnovno korito, • izgradnja vodovodne i hidrantske mreže u cilju navodnjavanja i održavanja projektovane akvatorije; □ ekološki ciljevi: • očuvanje ekoloških potencijala rečnog toka i obalnog prostora, • prirodna regulacija toka na potezima gde je to moguće, kako bi se očuvala biološka raznovrstnost, • stvaranje uslova za nesmetan prolazak riba na pregradnim stepenicama za MHE, • očuvanje vodenih ekosistema i staništa koja su sada ugroženi nekontrolisanim bagerovanjem; • uređenje površina sadnjom niskog i visokog rastinja u inundacionom pojasu, • uklanjanje divljih deponija smeća i građevinskog otpada na obalama reke i rekultivacija tih površina □ socijalni ciljevi: • zaštita naselja, kao najbitniji preduslov socijalne stabilnosti, • uređenje obalnih prostora na način koji omogućava okupljanje, druženje i socijalizaciju građana, □ ekonomsko-razvojni ciljevi: • značajno smanjenje potencijalnih direktnih i indirektnih šteta od plavljenja, kao najveće ekonomske destrukcije, • stvaranje povoljnijih uslova za razvoj proizvodnih kapaciteta u branjenom području, • povećanje vrednosti građevinskog zemljišta kao rezultat povećanja stepena zaštite od poplava i znatno poboljšanih urbanih uslova u uređenoj zoni priobalja (poznat fenomen u svetu, po

kome se zbog značnog povećanja vrednosti zemljišta jedan deo zemljišne rente usmerava u finansiranje mera zaštite i održavanja sistema); □ ciljevi u oblasti turizma i rekreacije: • uređenje obalnih prostora na način koji će Doboju učiniti turistički prepoznatljivim, • stvaranje uslova za rekreaciju na uređenim rečnim obalama, • mogućnost održavanja kulturnih i sportskih manifestacija na otvorenom.

Korišćeno je više **matematičkih modela (M)**, od kojih se posebno izdvajaju: • matematički model HEC-RAS za simulaciju hidrodinamičkog tečenja u otvorenim tokovima, • softverski paket MIKE 11 (kontrolne provjere), simulacija poplavnih talasa u otvorenim tokovima.

Kriterijumi (J) na kojima se baziralo rešenje integralnog sistema bili su sledeći: • zaštita Doboja od velikih voda verovatnoće pojave jednom u sto godina u skladu sa stavovima iz Strategije upravljanja (*Zavod, 2011, Dorđević, Sudar i dr., 2013*), • niveletu uređenja osnovnog korita projektovati tako da u što većoj mjeri respektuje postojeće - prirodno stanje • zaštitna visina kota kejova u odnosu na računsku veliku vodu 1% najmanje 0,8 m, • radijusi krivina u osnovnom koritu $R > 350$ m (do 1000 m), čime je ispunjen uslov da radijusi krivina imaju ne manji prečnik od $(3 \div 4) \times B$, gde je B širina vodenog ogleдалa u osnovnom koritu; • osiguranje obala vršiti do visine koju diktiraju uslovi za stogodišnju veliku vodu u regulisanom stanju • širina kejova minimalno 20 m sa lijeve i 5m sa desne obale kako bi se zadovoljili zahtevi urbane matrice regulacije sa svim svojim sadržajima i kako bi se omogućilo buduće održavanje osnovnog korita i inundacionih pojasa, • zadržavanje postojećih – prirodnih uglova ušća pritoka uz dodatno osiguranje obala u zoni ušća, • rastinje birati tako da u periodima povodnja ne smanjuje proticajni kapacitet major korita.

Ograničenja (L) koja su nametana planiranju integralnog sistema bila su: • zadržavanje nasipa i drugih zaštitnih objekata (saobraćajnica) na sadašnjim trasama samo uz korekcije niveleta da bi se ostvario zahtevan stepen zaštite; • izdate koncesije za realizaciju MHE na području projekta; • u što većoj mjeri korišćenje vodnog zemljišta za provođenje regulacionih rešenja u cilju minimiziranja nerešenih imovinsko-pravnih odnosa; • položaj značajnih infrastrukturnih sistema i objekata (putna mreža, elektro instalacije, komunalna infrastruktura i td.).

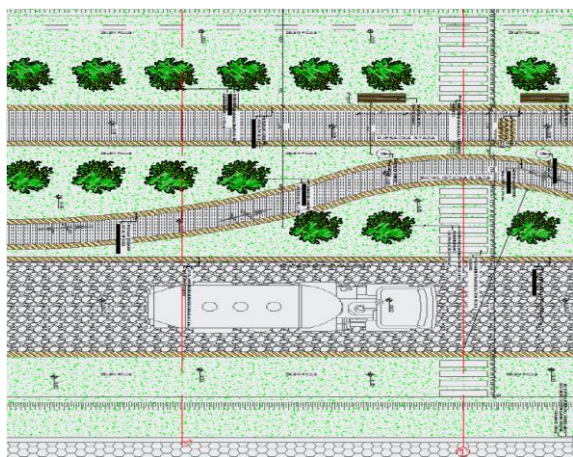
4. UREĐENJE KORIŠĆENJEM URBANE I NATURALNE REGULACIJE

Koncept tehničkog rešenja zaštite od poplava branjenog područja Grada Doboja temelji se na kominovanoj zaštiti od: spoljnih voda primenom regulacionih i linijskih zaštitnih sistema, brdskih gravitirajućih voda primenom obodnih kanala, unutrašnjih i provirnih voda sa drenažnim sistemom i pumpnom stanicom koja služi za transfer unutrašnjih voda u periodima visokih vodostaja u r. Bosni. Razrađeno tehničko rešenje regulacije korita reke Bosne i zaštita od plavljenja urbanog područja Grada Doboja zasniva se na sledećim polazištima: • u što većoj mjeri zadržati trasu regulisanog toka u širem osnovnom koritu, uklapajući što je moguće skladnije projektovano rešenje novih poprečnih profila u prirodno korito; • osovinu regulisanog minor korita voditi tako da se hidraulički najpovoljnije uklopi u postojeće mostne konstrukcije; • povećanju proticajnog kapaciteta osnovnog korita rijeke Bosne, bez pomeranja u planu postojećih pasivnih objekata zaštite; • zadržavanje postojećih trasa i magistralnog puta na lijevoj, i gradskih saobraćajnica na desnoj obali; • nadvišenje niveleta saobraćajnica samo na potezima gde je to neophodno radi stvaranja pouzdanih podužnih zaštitnih linija, • uređenje inundacionih površina u cilju povećanja propusne sposobnosti major korita do potrebnih kapaciteta za propuštanje vode verovatnoće 1% sa zaštitnom visinom od 0,8 m, odnosno velike vode verovatnoće 0,2% bez zaštitne visine do krune linijskih sistema zaštite, jer bi se za eventualnu odbranu od velikih voda tako retkih pojava morali realizovati privremeni objekti (sve češće u svetu korišćene zaštitne montažno-demontažne barijere, itd.); • arhitektonsko uređenje šireg inundacionog pojasa u cilju skladnog uvezivanja urbane gradske matrice i vodnog toka reke Bosne, koji će se koristiti za rekreacione i sportske svrhe. Zapaža se savremen i racionalan pristup zaštiti branjenih kaseti, gde se u linijske sisteme zaštite uključuju i nasipi saobraćajnica, korigovanih niveleta, tako da ti objekti dobijaju dvonamensku funkciju. Ta nadvišenja su u proseku oko 30 cm.

Na desnoj obali r. Bosne, u inundacionom pojasu, projektovan je novi nasip dužine 783 m, širine u kruni 4 m, na kome je predviđena servisna saobraćajnica. Pošto je stari železnički most, sada most za toplovod, usko grlo pri propuštanju povodanja (tu je formirana barijera zagušenja, koja je značajno povećala obim plavljenja), planirana je realizacija još jednog (četvrtog) proticajnog polja u inundaciji na desnoj obali, i dodatno uređenje -

proširenje minor korita, sa odgovarajućom zaštitom mostnih stubova od opasne lokalne erozije, ali i dobijanja povoljnije strujne slike tečenja u zoni mosta gde su postojala lokalna suženja.

Uzimajući u obzir urbane, ekološke i druge navedene kriterijume tahničko rešenje se zasniva na korišćenju dva tipa regulacije: (a) **Urbani tip regulacije**, na potezu kroz urbano područje Doboja na kome je to neophodno (dužine 3,48 km), rešen kao nesimetrični dvostruki trapezasti presek, sa širinom minor korita u dnu 90 m, i sa bankinama koje imaju dvonamensku funkciju: u periodu velikih voda to su proticajni delovi major korita, dok su u normalnim uslovima to delovi kejova u vidu promenadnih površina, kojima se na najljepši način grad povezuje sa osnovnim koritom reke (slika 6).



Slika 6. Koncepcija uređenja inundacionog prostora

Takav pristup je vrlo čest u svetu, jer je 'štedljiv' u pogledu prostora i odlično se uklapa u urbanu matricu. Obloga kosina osnovnog korita projektovana je od betonskih šestouganih prizmi oslonjenih na podužnu AB stabilizacionu gredu, a dodatno ukrućenje obloge kosina izvršeno je završnom – naglavnom gredom. Osiguranje kosina korita iznad 4,50 m od nivelete uređenja, gdje su tangencijalni naponi ispod vrednosti koje podnosi trava, predviđeno je humuziranjem i zatravljanjem površinskog sloja debljine 20 cm. (b) **Naturalni tip regulacije** rešava se, takođe, u vidu dvostrukog trapeza. Gabariti i nagibi normalnog profila na ovom potezu uređenja su identični gabaritima urbanog tipa regulacije, s tim što se i na levoj obali nalazi bankina širine 5 m (obje su projektovane radi obezbeđenja dodatnog kapaciteta proticajnog profila i održavanja kosina regulisanog korita). Visina

osiguranja, srednji prečnik zrna, debljina obloge i dubina fundiranja nožice definisani su na osnovu napona u regulisanom koritu pri velikoj vodi reke Bosne verovatnoće pojave 1%.

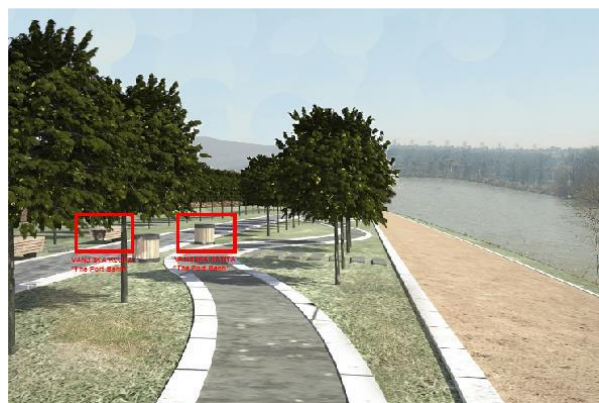
Stabilizacija riječnog korita u podužnom pogledu izvršena je poprečnim stabilizacionim pragovima, rastojanje je dobijeno na osnovu proračuna u zavisnosti od morfologije osnovnog korita i tangencijalnih napona, dok je osiguranje nožice kosina osnovnog korita obezbeđeno izgradnjom podužne stabilizacione grede na urbanoj regulaciji i kamenim osiguranjem nožice u naturalnom delu.

Velika pažnja je poklonjena realizaciji cilja da se rešenje regulacije na najbolji način uklopi u urbanu matricu grada. Izborom normalnog (nesimetričnog trapeznog) profila, na dionici urbane regulacije rijeke Bosne sa bankinom širine 20 m na lijevoj obali koja je sastavni element normalnog profila, stekli su se preduslovi da se na bankini projektuju sadržaji za održavanje regulisanog korita, ali i sadržaji arhitektonskog uređenja priobalja, čiji je i cilj da oplemeni gradsko područje, tako da regulisane obale postanu mesto okupljanja, rekreacije. Polazište je da se taj sada neuređen prostor (videti sliku 7) tako uredi i oplemeni da grad postane prepoznatljiv upravo po tom svom 'urbanom rečnom koridoru' (slika 8). Naravno, u periodima većih povodanja taj se prostor koristi kao proticajna inundacija, tako da se potpuno usklađuju hidrotehnička i urbana funkcija tog priobalnog prostora. Parterno rješenje je projektovano tako da čini cjelinu, koju čine prostor koji je smešten između drumskog puta Brod-Doboj-Sarajevo i uređenog minor korita reke Bosne, tačnije na levoj bankini regulisanog korita r. Bosne. Prostor partera koji je širok 20 m u čitavoj dužini projektovanog pojasa, čine četiri podužne cjeline od korita prema inundacionom pojasu rijeke Bosne: zeleni pojas (travnata površina - humuzirana i zatravljena) širine 5,5m sa drvoredom, šetalište širine 2m, zeleni pojas (travnata humuzirana i zatravljena površina) širine 3m sa drvoredom, biciklistička staza širine 1,5m, naredna traka zelenog pojasa širine 1m, servisna saobraćajnica širine 5m za kretanje vozila koja održavaju regulisano riječno korito (veoma bitna funkcija), i granični zeleni pojas širine 2m.

Rešenje ušća pritoka. Jako važan segment integralnog rešenja je uređenje ušća tri važne pritoke, Usore uzvodno od Doboja, Spreče, nizvodno, ali praktično u zoni grada, kao i bujičnog potoka Lijašanj. Hidraulički



Slika 7: Sada neuređena inundaciona površina

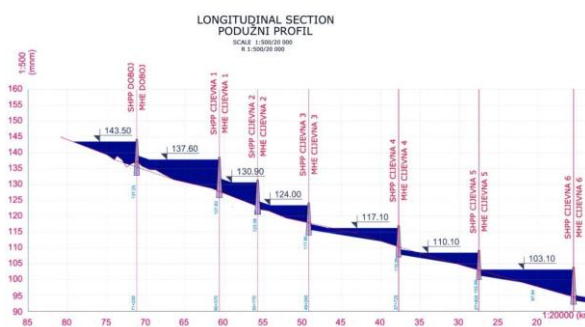


Slika 8: Inundaciona površina nakon regulacije i uređenja obalnog prostora

značaj uređenja ušća pritoka r. Bosne pokazao je poplavni događaj iz maja 2014. Pošto su osovine uliva Spreče i Bosne pod povoljnim uglom (45°), respektovano je to stanje koje su vodotoci sami nametnuli, uz stabilizaciju korita na obe reke AB stabilizacionim poprečnim pragovima sa krilima, kako bi se obezbedio hidraulaučki povoljan uliv, i sprečila fluvijalna erozija koja se često javlja u zoni ušća. Na sličan način i po istim principima je rešeno i ušće Usore, hidraulaučki povoljnim uglom ulaska u r. Bosnu, stabilizacionim poprečnim pragovima i u Usori i Bosni nizvodno do uliva, obaloutvrdama i čišćenjem i zatravljivanjem i druge inundacione terase, radi nesmetanog propuštanja velikih voda. Imajući u vidu bujični karakter potoka Liješanj, a posebno njegov veliki fluvijalni erozioni potencijal, njegovo ušće u r. Bosnu je rešeno sa kamenom oblogom u cementnom malteru, sa debljinom koja se kreće od 90 cm u zoni dna do 30 cm na gornjim delovima tako uređenih kosina. Zapaža se da su ušća uređena po principu: reke su u zoni ušća pokazale koji im hidraulaučki elementi spoja odgovaraju, pa takvu morfologiju treba zadržati kao polazište, obezbeđujući obaloutvrdama, stabilizacionim pragovima i krilnim zidovima morfološku stabilnost, kojom se kontrolišu fenomeni fluvijalne erozije.

Usaglašenost sa projektom kaskade na malih hidroelektrana. Na r. Bosni je planiran kaskadni sistem pribanskih malih hidroelektrana (MHE), koje se realizuju u osnovnom koritu, sa nasipima koji su planirani za održavanje trajnog uspora. Planiran je sistem od sedam niskih stepenica, prosječnih padova oko 6,3 m, na potezu od Doboja (MHE Dobojo) do Modriče, u čijoj zoni bi se nalazila najnižvodnija MHE Cijevna 6 (slika 9). Realizacija tog sistema bila bi veliki razvojni integralni projekat, koji se može skladno uklopiti u okruženje.

U okviru tog kaskadnog sistema može se ostvariti respektabilna snaga od 90,4 MW, sa proizvodnjom od oko 438 GWh/god., uz vrlo značajne i vodoprivredne koristi (povećanje pouzdanosti sistema zaštite od poplava u uslovima kompletne rekonstrukcije nasipa za održavanje trajnog uspor, stabilizacija kapaciteta izvorišta, obaveznost realizacije PPOV svih većih koncentrisanih zagađivača, uređenje obala, korišćenje stabilnih akvatorija za razne namjene, itd.). Na potezu koji se razmatra nalazili bi se usporni delovi MHE Dobojo, sa $KNU \approx 143,5$ mm, i MHE Cijevna 1, sa $KNU \approx 137,6$ mm. Konceptija tog planiranog sistema nije u koliziji sa planiranim integralnim projektom regulacije i uređenja r. Bosne, posebno imajući u vidu dva polazišta: • usporni objekti za realizaciju MHE se planiraju sa vrlo oprativnim ustavama koje se potpuno otvaraju u periodima velikih voda, omogućavajući nesmetanu propagaciju povodnja, • trajni uspori sa navedenim kotama stvarali bi stabilne akvatorije, koje imaju niz prednosti upravo sa stanovišta urbanih sistema i ciljeva u oblasti turizma i rekreacije.



Slika 9. Podužni presek kroz kaskadu cevnih MHE na reci Bosni

5. ZAKLJUČCI

Veliki poplavni događaji nisu samo traumatično iskustvo, već pružaju i jako korisnu informaciju. Oni su 'model' u razmeri 1:1, koji, ako se dobro analizira, ako se shvati šta nam je taj tragičan događaj 'poručio', pokazuju kako na najbolji način – integralno - treba urediti i reku i rečnu dolinu sa pripadajućim inundacionim površinama. Integralnost podrazumeva da se projektnim rešenjem rešava čitava struktura hidrotehničkih, razvojno-ekonomskih, urbanih, saobraćajnih, socijalnih, ekoloških ciljeva. U članku je pokazan primer takvog rešavanja na primeru reke Bosne u zoni grada Doboja, na potezu između dve velike pritoke – Usore i Spreče.

Mogu se izvući i neki zaključci opšteg značaja, za pristup integralnom rešavanju regulacija, uređenja i korišćenja reka i rečnih dolina, posebno u zoni naselja:

- Rečni tok i priobalje treba uređivati integralno, sa višenamenskim korišćenjem rečnih inundacija. Njih treba koristiti višenamenski: za propuštanje velikih voda retkih povratnih perioda, a u ostalom periodu te površine treba da služe kao podužne zelene površine, za rekreaciju, sport, okupljanja ljudi.
- Uređenje vodotoka i dolinskih prostora iskoristiti za skladno povezivanje naselja sa rekam i njenim koridorom, tako da reka i njeno uređeno priobalje postanu jedna od glavnih urbanih osovina razvoja naselja.
- Rešenje zasnovati na kriterijumu očuvanje i povećanje biološke raznovrsnosti. To podrazumeva: vođenje trase regulisanog vodotoka što približnije prirodnom toku, primenu principa prirodne regulacije gde god je to moguće, omogućavanje nesmetanog kretanja ihtiofaune i u slučaju da se realizuju usporni objekti, hotrikulturno uređenje inundacija, vodeći računa o izboru kultura koje neće ometati tečenje u periodu povodnja.
- Morfološke forme korita treba stabilizovati objektima (pragovi, stabilizovana ušća, delimične interвенicije obaloutvrđama) koji najmanje remete stanje koje je reka već jasno nagovestila na svojim morfološki stabilnim deonicama.
- Pošto se naselja i priobalje ne mogu braniti od velikih voda veoma retkog trajanja (praktično ne postoji naselje koje se može braniti od velike vode ređe verovatnoće od 0,2%), u zaštićenoj 'kaseti' (polderu) treba sve građevinske aktivnosti planirati u skladu sa principom 'živeti sa mogućom poplavom'. To podrazumeva da se urbanističkim merama, vođenjem i niveletama saobraćajnica, visinskim položajem važnih objekata (trafoa, škola, zdravstvanih ustanova, magacina sa osetljivim sadržajima) - unapred vodi računa da takvi objekti mogu u nekim izuzetno retkim situacijama da budu poplavljeni do neke definisane kote, a da pritom

ostanu i dalje u funkciji. Posebno je bitno da se pri planiranju svih saobraćajnica duž rečnih dolina vodi računa i o njihovom položaju i niveletu, kao bi i one predstavljale odgovarajuće lokalizacione linije u slučaju poplavnih događaja veoma retke verovatnoće javljanja.

LITERATURA

- [1] Blagojević, V., V. Furtula, B. Stevanović, M. Antić (2015a): Zaštita od poplava i uređenje korita rijeke Bosne na sektoru grada Doboja, Zbornik radova sa naučne konferencije „Živjeti s poplavama“
- [2] Blagojević, V., V. Furtula, B. Stevanović, M. Antić (2015b): Integralni i višenamenski pristup mjerama zaštite u cilju aktivnije prevencije i umanjenja poplavnog rizika, Zbornik radova sa naučne konferencije „Živjeti s poplavama“
- [3] Directive of the European parliament and of the Council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of water policy.
- [4] Directive 2007/60/EC of the European parliament and the council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks.
- [5] Đorđević, B. (1990): Vodoprivredni sistemi, Naučna knjiga, s. X+498
- [6] Djordjević, B. (1993): Cybernetics in Water Resources Management, WTP, USA, s. XII+619,
- [7] Đorđević B., T. Dašić, N. Sudar: Povećanje efikasnosti upravljanja akumulacijama u periodu odbrane od poplava - na primeru hidroenergetskog sistema na Trebišnjici, časopis "Vodoprivreda", N^o 255-257 (1-3/2012), Beograd, 2012. s. 43-58
- [8] Đorđević, B., N. Sudar, U. Hrkalović i B. Knežević (2013): Strategija integralnog upravljanja vodama Republike Srpske, Vodoprivreda, Beograd, N^o 261-263, (2013/1-3), s. 3-20, ISSN 0350-0519
- [9] Jovanović, M. (2008): Regulacija reka – rečna hidraulika i morfologija, Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet
- [10] Jovanović, M. i drugi (2014): Problemi pri izradi karata ugroženosti od poplava, Vodoprivreda, Beograd, N^o 267-272, s. 3-14
- [11] Plavšić, J. i R. Milutinović (2010): O računskim novoima vode za zaštitu od poplava na Dunavu kod Novog Sada, Vodoprivreda, 243-245, s. 69-78
- [12] Popovska, C. i B. Đorđević (2013): Rehabilitacija reka – nužan odgovor na pogoršanje ekoloških i klimatskih uslova, Vodoprivreda, Beograd, N^o 261-263, s. (2013/1-3), s. 3-20, ISSN 0350-0519
- [13] Prohaska, S. i drugi (2014): Karakteristike jakih kiša koje su prouzrokovale čestu pojavu poplava na teritoriji Srbije u periodu april – septembar 2014, Vodoprivreda, Beograd, N^o 267-272, s. 15-26

- [14] Prohaska, S. i drugi (2014): Statistička značajnost mesečnih i maksimalnih dvomesečnih i tromesečnih suma padavina iz perioda april – septembar 2014, Vodoprivreda, Beograd, N^o 267-272, s. 27-38
- [15] Zavod za vodoprivredu, Bijeljina (2011): Strategija integralnog upravljanja vodama Republike Srpske, JU Vode Srpske
- [16] Zavod za vodoprivredu, Bijeljina (2014): Preliminarna procjena poplavnog rizika na području Republike Srpske, JU Vode Srpske
- [17] Zavod za vodoprivredu, Bijeljina (2014): Master Plan "Rekonstrukcija i dogradnja objekata i sistema zaštite od štetnog djelovanja voda rijeke Bosne od Doboja do Šamca i zaštićenog područja „Srednja Posavina“
- [18] Preliminarna procjena poplavnog rizika na području Republike Srpske, JU Vode Srpske
- [19] Zavod za vodoprivredu iz Bijeljine (2015): Zaštita od poplava i uređenje korita rijeke Bosne na sektoru grada Doboja od novoj 'Japanskog mosta' pa uzvodno do ušća rijeke Usore, Glavni projekat, JU Vode Srpske
- [20] Zavod za vodoprivredu, Bijeljina (2015): Uređenje korita i izrada zaštitnog nasipa rijeke Bosne na širem području naselja Bare u Doboju, Glavni projekat, JU Vode Srpske
- [21] Zavod za vodoprivredu, Bijeljina (2015): Regulacija obodnog kanala – potaka Liješanj u gradu Doboju, Glavni projekat, JU Vode Srpske

URBAN RIVER TRAINING AS PART OF THE INTEGRATED PROJECT OF THE VALLEY OF THE RIVER - THE CASE OF THE BOSNA RIVER IN THE TOWN OF DOBOJ ZONE

by

Vujadin BLAGOJEVIĆ¹⁾, Nedeljko SUDAR¹⁾, Marko VUKIĆEVIĆ¹⁾, Branislav ĐORĐEVIĆ²⁾
¹⁾Institute for water Managament, Ltd., Bijeljina, ²⁾Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade

Summary

During the disastrous flood in May 2014 on the Bosna River and some of its tributaries (Spreča), high water occurred with the probability of occurrence of 0,1% (the thousand-year flood). In this flood event, first of such volume, hardest affects hit the urban areas settled in middle and upper Bosna River watercourse, and amongst biggest victims was town of Doboje. Activities on development of designs of river training works immediately started after the floods; in the next period it was foreseen to develop project of regulation of the part of the Bosna River valley at the city of Doboje zone, section from the Usora river mouth to the Spreca River mouth. The project was solved as an integrated project, covering river training works of Bosna River and mentioned confluences, but also hydro-technical, urban and eco-horticulture of flood plains. On this Bosnia River section it was designed to locate also parts of backwater of two small hydropower plants (SHPP) - SHPP Doboje and SHPP Cijevna I, two of the seven SHPP foreseen for the velocity reducing steps of small hydropower dam in the main channel of the Bosna River. Principles of urban

and natural river training works were used for the project, in order to implement several hydro technical, urban, social, environmental and other objectives. The project also provides protection against 1% probability flood for city of Doboje, with a freeboard of 0,8 m, or flood with a probability 0,2%, but without freeboard. Also the goal of the project is to create all conditions for the urban structure of Doboje to be in the most harmonious way linked with the Bosna River and its landscaped floodplains. Project presented framework recommendations for systematic and integrated solution of production and transfer of floating sediment in upper river basin parts, since in most of the flooded towns in Bosna River Basin, this floating sediment caused additional reductions on the discharge profiles and even more voluminous flooding then expected ones, especially at the places where bridges are located.

Keywords: urban and natural river training, river Bosna, Doboje, water resources systems, river floodplain

Redigovano 20.11.2015.