

DEFINISANJE PLAVNIH ZONA USLED RUŠENJA BRANA U ALŽIRU

Zlatan KOVAČEVIĆ, dipl.građ.inž.

Energoprojekt – Hidroinženjering, Beograd

Mr Ljubomir BUDINSKI, dipl.građ.inž., Ognjen GABRIĆ, dipl.građ.inž.

Građevinski fakultet, Subotica

Aleksandar OSTOJIĆ, dipl. građ.inž., Mileta BOJOVIĆ, dipl.inž.geod.

Energoprojekt – Hidroinženjering, Beograd

REZIME

Narodna Demokratska Republika Alžir odskora ima osavremenjenu zakonsku regulativu o prevenciji i upravljanju u situacijama pojave katastrofa (ORSEC planovi), koja, između ostalog, uključuje i definisanje plavnih zona nastalih kao posledica rušenja brana. Čitava severna oblast Alžira (delom planinska a delom pustinja) je pokrivena sofisticiranom mrežom brana odnosno akumulacija, čija primarna svrha je vodosnabdevanje i navodnjavanje. Energoprojekt – Hidroinženjering je dobio zahtevan i obiman zadatak da definiše i analizira plavne zone odnosno posledice rušenja 28 brana u tzv. Centralnom i Istočnom regionu ove oblasti. U radu su, pored opšteg prikaza, uključeni pojedinačni primeri, kao što su simultani, ili sekvencijalni scenariji rušenja više brana. Takođe su prikazani i korišćeni matematički modeli, podaci o morfologiji dobijeni na osnovu satelitskih snimaka i dodatanih GPS tačaka prikupljenih na terenu, odnosno 3D modeli terena dobijeni primenom ArcGis tehnologije.

Ključne reči: Prevencija i upravljanje katastrofom (ORSEC planovi), rušenje brana, simultani i sekvencijalni scenariji, satelitski snimci, GPS, ArcGis, 3D DTM

1. UVOD

Samim svojim postojanjem, odnosno veličinom akumulisane zapremine vode uzvodno, brane predstavljaju potencijalnu opasnost po nizvodni rečni potez. U istoriji, od kada je počela izgradnja brana, dolazilo je do različitih incidenata na branama, od kojih su neki doveli i do njihovog rušenja, a kao posledica različitih uzroka. Statističke analize istorijski pojavljenih rušenja brana su pokazale da je do 1950

godine bilo oko 2% slučajeva porušenih brana od ukupnog broja izgrađenih brana, a posle 1950 oko 0.3% (ICOLD, 1987 i 1995; US Bureau Of Reclamation, 1984; ASCE, 1975; Middlebrooks, 1955; Giuseppetti, 1990; Goubet, 1979; Johnson i Illes, 1976;). Ovi incidenti i eventualna rušenja brana su na nizvodnom rečnom potezu izazivali velike posledice, različitih razmera, od minornih do katastrofalnih.

Zabrinutost oko mogućeg rušenja brana je dostigla svoj maksimum u 20-tom veku kao rezultat rušenja nekoliko značajnih brana kao što su Vajont, Malpasset, Teton i Machhu II. Mnoge državne agencije, zadužene za sigurnost brana, počele su da zahtevaju od korisnika brana da pripreme i implementiraju Akcione Planove delovanja u slučaju katastrofa, sa ciljem da se bolje sagledaju i objasne potencijalne opasnosti izazvane postojanjem brana, procene efekti (posledice) na nizvodnoj rečnoj deonici u slučaju rušenja brane i da se preduzmu odgovarajuće mere, koje bi sprečile ili barem ublažile posledice ovih pojava. Kao logičan nastavak ovih aktivnosti u velikom broju država sveta izrađena je zakonska regulativa kojom su svi korisnici brana obavezani da strogo primenjuju propisane relevantne procedure, sa ciljem sprečavanja (prevencije) ili ublažavanja katastrofalnih posledica, koje se mogu javiti prilikom rušenja brana.

U referencama ovog rada se navode samo neka od dokumenata koja su nastala u poslednje vreme, u svetu, a i kod nas, a koja su se bavila ovom problematikom [2, 3, 4, 7, 8, 9, 13, 14, 17] .

Kao posledica vrlo dinamičnog razvoja u Narodnoj Demokratskoj Republici Alžir, pogotovo u poslednjih 20-30 godina, izgrađen je veliki broj brana, koje po svojim karakteristikama mogu da se definišu kao velike

brane. Pod uticajem svetskih trendova i u okviru ove države definisan je *Directive du Plan National de Préventions des Catastrophes*, a za slučaj katastrofalnih poplava koje mogu biti izazvane iznenadnim rušenjem brana. Ova nacionalna direktiva je prouzrokovala izradu celog niza zakona kojim se reguliše problematika u ovoj oblasti. Kao posledica obavezujućeg karaktera ovih zakona, Alžirska nacionalna agencija za brane (ANBT) je raspisala internacionalni tender za izradu dokumentacije za prevenciju i upravljanje u situacijama pojave katastrofa (ORSEC planovi), za slučaj rušenja 56 brana, koje su definisane kao velike brane, a koje su teritorijalno raspoređene u četiri regiona: Zapad, Chleff, Centar i Istok. Osnovne definicije, norme i standardi za izradu predmetnog projekta proističu iz pomenute nacionalne zakonske regulative Republike Alžir.

Na osnovu internacionalnog tendera raspisanog 2006 godine, zahvaljujući velikom iskustvu u radu na sličnim projektima u bivšoj Jugoslaviji, Srbiji i svetu (preko 30 izrađenih sličnih projekata u periodu 1976-2002), "Energoprojekt-Hidroinženjering" je ugovorio izradu dokumentacije za dva velika alžirska regiona: Centar i Istok sa ukupno 28 brana.

Sve aktivnosti predviđene projektnim zadatkom se jednim imenom mogu svrstati pod *ETUDE ET ELABORATION DU PLAN ORSEC DES BARRAGES EN EXPLOITATION* (Organisation et de mise en oeuvre des interventions et *SEC*eurs en cas de catastrophes).

Projekat je podeljen u 3 Misije: 1.) Prikupljanje informacija i analiza raspoložive dokumentacije; 2.) Elaboracija dokumenata za izradu Plana ORSEC; i 3.) Elaboracija uputstava i pravilnika za uzbunjivanje i intervenciju.

Jedan od osnovnih zadataka prilikom izrade ovog multidisciplinarnog projekta, u okviru Misije 2. projekta, je bilo definisanje plavnih zona i dinamičkih karakteristika talasa koji mogu nastati kao posledica rušenja brana, što je i tema ovog rada. U daljoj fazi projekta (Misija 2. i 3.), na osnovu rezultata dobijenih simulacijama hidrodinamičkim matematičkim modelom, izvršena je procena opasnosti po stanovništvo i materijalna dobra na nizvodnom rečnom potezu, odnosno procena mogućih posledica, analize efikasnosti postojećih mera (ako ih ima) za obaveštavanje i uzbunjivanje, izrađeni su planovi prevencije i akcioni planovi za sprečavanje i maksimalno ublažavanje neželjenih posledica, uz sveobuhvatno angažovanje svih organa vlasti od nacionalnog do lokalnog nivoa uz korišćenje svih raspoloživih materijalnih i ljudskih resursa.

U okviru ovog rada prevashodno će biti reči o delu projekta koji se bavi proračunima hidrauličkih posledica u slučaju rušenja brane. Na osnovu relevantnog hidrodinamičkog matematičkog modela za proračun propagacije talasa u otvorenim tokovima, "Energoprojekt-Hidroinženjering" je proračunao i prikazao u projektu, sve neophodne rezultate analiza, a u poglavlju 5. ovog rada su dati neki od primera prikaza rezultata ovih analiza.

2. ORGANIZACIJA IZRADE DOKUMENTACIJE

U okviru ovog zadatka je generalno bilo potrebno definisao i izraditi: 1.) opšte principe za definisanje scenarija rušenja brana; 2.) podatake o morfologiji rečnih tokova; 3.) inicijalne i granične uslove za proračune matematičkim modelom; 4.) simulaciju rušenja svake brane i propagaciju ovako nastalog talasa hidrodinamičkim matematičkim modelom; 5.) kartu zone plavljenja i ostale relevantne rezultate dobijene simulacijom na hidrodinamičkom matematičkom modelu; 6.) kratak prikaz upotrebjenog modela za proračune; 7.) predlog sheme sistema za obaveštavanje i uzbunjivanje; 8.) predlog upravljanja u uslovima vanrednog stanja eksploatacije objekata; 9.) preventivne mere i mere predostrožnosti koje treba preduzeti, itd ...;

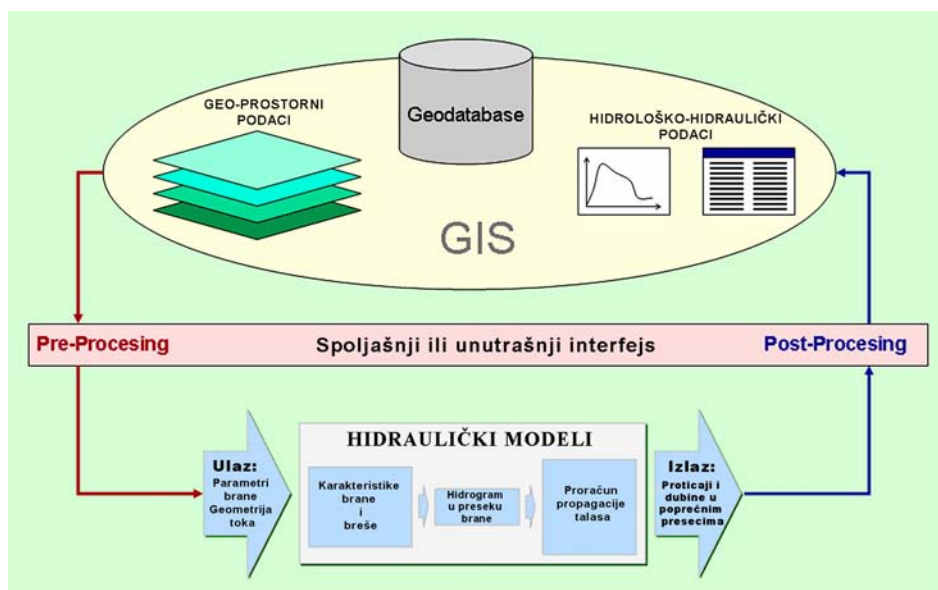
Obzirom na obimnost zadatka, veliki broj brana (28) i kratke rokove za izradu celokupne dokumentacije, još u fazi izrade ponude za ovaj projekat, bilo je potrebno sagledati upotrebu savremenih tehnologija za hidrauličke proračune, i formirana su 2 tima za izradu ovog projekta i to od stručnjaka iz "Energoprojekt-Hidroinženjering" i Građevinskog fakulteta u Subotici. Timovi su radili samostalno, kao i u potpunoj kontinualnoj međusobnoj koordinaciji, kako bi se dobila uniformno izrađena dokumentacija. Izabrana tehnologija se oslanja na GIS aplikacije pri hidrauličkom modeliranju, koje otvaraju velike mogućnosti prilikom preprocesiranja i prikazivanja geoprostornih informacija.

Za hidrauličke proračune propagacije talasa nastalog rušenjem brana u poslednjim decenijama je razvijen veliki broj modela (Poglavlje 4.), a sa druge strane, u domenu definisanja geometrije rečnih tokova GIS pruža velike mogućnosti koje u mnogome unapređuju već razvijene modele, pogotovo u brzom generisanju potrebnih geoprostornih podataka, a na osnovu digitalnih modela terena-DEM (preprocesiranje). GIS svojim mogućnostima unapređuje i rad na hidrauličkim modelima i u fazi prezentacije i manipulacije rezultatima proračuna (postprocesiranje), pogotovo u domenu kreiranja raznih vrsta mapa i vizuelizacije rezultata proračuna.

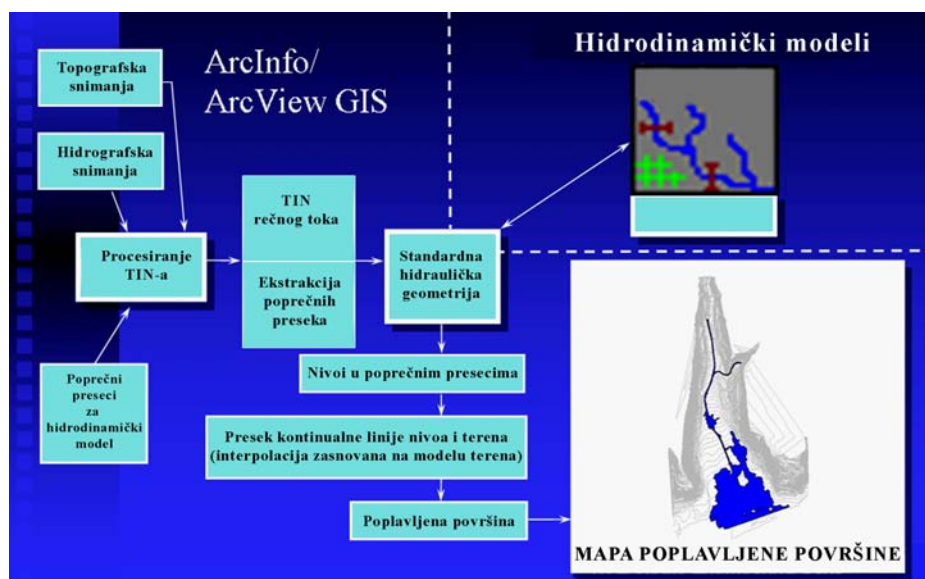
Gornji zaključci pogotovo važe za hidrauličke modele koji svojim dodatnim i integrisanim modulima omogućavaju direktnu komunikaciju sa GIS kompatibilnim formatima podataka, čime se potpuno integrišu u GIS okruženje. Za ostale hidrauličke modele, koji nemaju razvijene module za integraciju sa GIS-om, za potrebe ovoga projekta su razvijene eksterni moduli koji poluautomatski i ovim modelima omogućavaju integraciju u GIS okruženje.

Na donjim shemama je prikazan dijagram toka organizacije proračuna koji je korišćen u radu na Projektu ORSEC [14, 15, 16, 20].

U nastavku se daje pregled glavnih GIS integrisanih aktivnosti, primenjenih na projektu, a prema shemama prikazanih na slikama 1. i 2., dok se pregled primenjenih hidrodinamičkih modela daje u poglavlju 4.



Slika 1. Generalni dijagram toka organizacije proračuna prema [16]



Slika 2. Generalni dijagram toka organizacije proračuna prema [20]

Projektom je predviđeno korišćenje raspoloživih topografskih karata, a kao alternativa i korišćenje odgovarajućih satelitskih snimaka. U cilju ocene kvaliteta raspoloživih topografskih karata definisani su sledeći kriterijumi kvaliteta i upotrebljivosti: 1.) Razmera topografskih podloga; 2.) Ažurnost topografskih podloga; 3.) Dostupnost; 4.) Konfiguracija terena; 5.) Zapremina akumulacije; 6.) Specifičnosti objekta; i 7.) Velike vode/Evakuacioni kapacitet priliva.

Pri akviziciji satelitskih snimaka se inicijalno definisao domen satelitskih senzora, koji svojim karakteristikama zadovoljavaju potrebe projekta. To se u prvom redu odnosilo na rezoluciju senzora, pokrivenost područja projekta, postojanje arhivskih snimaka i cena snimaka. Kriterijumi za izbor satelitskih snimaka su definisani sledećim parametrima: 1.) Minimalna prihvatljiva rezolucija satelitskih snimaka je 5 m; 2.) Kolor mod; 3.) Imaging mode: Stereo par ili mono; 4.) Vreme akvizicije: ne starije od 5 godina; 5.) Pokrivenost područja sa minimalnim brojem scena.

Na osnovu ovih parametara naručeni su sledeći satelitski snimci IRS (IRS C, D, P5 i P6) i Alos. Pretežno su korišćeni mono color snimci, a za područje dve brane su korišćeni stereo snimci i to: brana Beni Haroun IRS 5 Cartosat 1 dve scene, i branu Zardezas ALOS Prism jedna scena.

Orijentacione tačke su određene korišćenjem GPS tehnologije. Specifični uslovi na terenu i ograničene mogućnosti izbora tačaka uslovljavali su izbor mernog pribora i tehnike merenja. Kao merni uređaj korišćen je Trimble Geo Explorer Geo XH sa Zephyr dvofrekventnom antenom, koji je omogućio veliku mobilnost u radu. Ovaj uređaj poseduju mogućnosti importa rastera u software, čime se znatno olakšava navigacija na terenu i prepoznavanje detalja na satelitskim snimcima. Uređaj omogućava statička merenja i merenja metodom kontinualne kinematike. U realnom vremenu pri prijemu korekcija sa EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) omogućava sub metarsku tačnost. Uređaj ima mogućnost nakanadne obrade merenja uz korišćenje DGPS (Differential Global Positioning System) korekcija sa neke bazne stanice. Tačnost koja se može postići u postprocesing modu iznosi 1 - 10 cm za fazona merenja i 0.2 - 0.3 m za akodna merenja. Merenja su obrađivana korišćenjem DGPS podataka preuzetih sa SOPAC (Scripps Orbit and Permannet ArrayCenter) stanica iz okruženja Ebre i Cagliari, Astronomic Station. Za transformaciju satelitskih snimaka iz slikovnog u državni koordinatni sistem korišćene su metode blok

aerotriangulacije i singl frame ortorektifikacije. Za ekstrakciju DMT iz stereo parova korišćena je metoda automatske ekstrakcije uz korišćenje Adaptive ATE (Adaptive Automatic Terrain Extraction) algoritama koji koristi 30- sekundni digitalni model Zemlje na osnovu koga određuje oblasti kojim će se vršiti korelacija. Područja u kojima se zbog zaklonjenosti objekata nije mogla uspostaviti korelacija, manuelno su editovana postupkom prevlačenja ortorektifikovanog satelitskog snimka preko digitalnog modela terena (tzv image drape). Na donjoj slici je prikazana 3D vizualizacija za potrebe prezentacije rezultata projekta i realističnijeg sagledavanja prostora.



Slika 3. 3 D vizuelizacija prostora projekta jedne od brana

3. OPŠTI PRINCIPI ZA DEFINISANJE SCENARIJA RUŠENJA BRANA

Izbor scenarija-varijanti za proračune, odnosno generalni kriterijumi za izbor varijanti proračuna propagacije talasa nastalog rušenjem brana je u okviru predmetnog projekta izabran i usaglašen sa naručiocem projekta (ANBT-Alžir) pre započinjanja hidrauličkih proračuna.

Scenariji za proračune se definišu u skladu sa kombinacijama sledećih uslova :

- **preporučenih modova** (način, dinamike i razmere rušenja) rušenja brana {*a*-totalno i trenutno rušenje brane, nezavisno od veličine i tipa brane, *b*-delimično i postepeno rušenje brane tj. otvaranje breše, zavisno od veličine i tipa brane, *c*-veličina i oblik breše, vreme formiranja breše, zavisno od

veliĉine i tipa brane, za sluĉaj delimiĉnog i postepenog rušenja);

- **inicijalnih i graniĉnih uslova** {hidrauliĉko – hidrološki uslovi u trenutku rušenja: **a**-stanje u akumulaciji (nivo gornje vode, protok) u trenutku rušenja; **b**-stanje na uzvodnom kraju akumulacije u trenutku i tokom rušenja (dotok u akumulaciju); **c**-stanje nizvodno od brane (nivo donje vode, protok) u trenutku rušenja; **d**-odnos gornje i donje vode, odnosno visina talasa u trenutku rušenja; **e**-uslovi na nizvodnom kraju deonice u trenutku i tokom rušenja (uliv u more, jezero, nizvodna brana i akumulacija);
- **lokacija brana** {konfiguracija brana na toku ili tokovima: **a**-Jednostavna konfiguracija, kao što je jedna brana na toku; **b**-složena konfiguracija, odnosno brane u sistemu, kao što je sluĉaj kada se više brana nalazi na istom toku ili kada se brane nalaze na pritokama koje se ulivaju u isti tok : **b1**-pojedinaĉne brana na toku, **b2**-sekvencijalni poloŹaj više brana na istom toku, **b3**-više brana na pritokama koje imaju jedinstven zajedniĉki nizvodni potez), mogu se definisati generalni kriterijumi za izbor scenarija, odnosno varijanti proraĉuna;

Za osnovni kriterijum za izbor varijanti proraĉuna (scenarija) je izabrana lokacija brane. Bez šireg objašnjenja svih graniĉnih uslova za razliĉite usvojene scenarije proraĉuna, što je nametnuto ograniĉenim prostorom u okviru predmetnog rada, scenariji se generalno mogu sagledati kao: pojedinaĉni, sekvencijalni i simultani scenariji rušenja brana.

4. IZBOR MODELA ZA PRORAĀUNE

Prilikom proraĉuna hidrauliĉkih posledica rušenja brana najĉešće se u svetu koriste hidrodinamiĉki matematiĉki modeli, koji se zasnivaju na rešavanju kompletnih ili proširenih 1-D Barré de Saint-Venant (1871) jednaĉina koje opisuju nestacionarno teĉenje vode u otvorenim tokovima. Generalno, zone u kojima se pojavljuje izrazito višedimenzionalno strujanje mogu izdvojiti i posebno analizirati odgovarajućim modelima, ako za to postoji ekonomsko opravdanje.

Hidrodinamiĉki matematiĉki modeli koji koriste kompletne Saint-Venant jednaĉine se, u najširem sluĉaju, razlikuju po naĉinu linearizovanja ovih jednaĉina i korišćenim numeričkim šemama prilikom rešavanja sistema tako linearizovanih parcijalnih diferencijalnih jednaĉina, gde se najĉešće koriste

implicitne ili eksplicitne numeričke šeme konaĉnih priraštaja (razlika). Pored ovoga, modeli se razlikuju i u pogledu naĉina i vrste korišćenih, graniĉnih i konturnih uslova u modelu, u stepenu preprocesiranja i postprocesiranja rezultata proraĉuna, ali osnova korišćenih modela ostaje vrlo sliĉna i referentna za predmetne potrebe.

U zavisnosti od konkretnih potreba, u okviru predmetnog projekta, su se za proraĉune koristili razliĉiti modeli ili kombinacije modela, što zavisi od konkretnih morfoloških, hidrauliĉko-hidroloških specifiĉnosti i specifiĉnosti koje se odnose na usvojeni mod i scenario rušenja svake pojedinaĉne brane, kao i na specifiĉnosti akumulacije, same brane i nizvodnih reĉnih deonica, kao i nivoa raspoloživih podloga.

U nastavku teksta su pobrojani svi hidrodinamiĉki matematiĉki modeli, koji su generalno, korišćeni za proraĉune u okviru izrade predmetnih Projekata za sve brane, a koji zadovoljavaju gore navedene kriterijume:

- **Model FLDWAV** (USA-National Weather Service) koji je 2000 godine zamenio do tada korišćeni model DAMBRK (USA - National Weather Service). Ovaj model se nalazi na referentnoj listi ICOLD/CIGB na poziciji br. 1.[2, 10, 15];
- **Model PROLOM** (*prof dr Miodrag Radjoković*, Građevinski fakultet u Beogradu) koji se od 1985 godine koristi za proraĉune na prostorima bivše Jugoslavije i Srbije, kao i na projektima u svetu koje je izradio Energoprojekt, a u skladu sa usvojenom lokalnom zakonskom regulativom i propisima [18];
- **Model HEC-RAS** (USA – COE - Hydrologic Engineering Center) koji se koristi za potrebe proraĉuna rasprostiranja poplavnog talasa nastalog rušenjem brane od 2002 godine, kada je implementirana opcija za proraĉune nestacionarnog teĉenja u standardni model. Ovaj model predstavlja naslednika programa HEC-2 koji se koristi poslednjih 30 godina u USA a i u celom svetu kao jedan od standardnih programa za hidrauliĉke proraĉune [5, 16, 19, 20];
- **Model NES** koji se u okviru Kompanije Energoprojekt od 1984 godine koristi za sve vrste nestacionarnih proraĉuna u otvorenim tokovima [6].

Detaljniji opis svih ovih modela se mogu naći u referencama priloženim u okviru ovog rada [2, 5, 6, 10, 14, 15, 16, 18, 19, 20]. Većina modela ima mogućnost integracije sa ArcGis a za modele za koje ova

mogućnost nije postojala izrađeni su dodatne rutine, kao spoljašnji interfejs, koje su omogućavale semi-automatsku integraciju sa GIS-om čime se postigla velika ušteda u vremenu.

5. PREZENTACIJA REZULTATA PRORAČUNA

Kako je Projektom ORSEC bilo obuhvaćeno 28 brana, scenario proračuna za pojedinačne brane primenjen je na 18 brana, sekvencijalni scenario rušenja za brane u sistemu je primenjen na 4 brane, a simultani scenario rušenja na 6 brana.

U nastavku teksta na primerima brana Beni Amrane, Guenitra i Beni Zid biće prezentovani scenariji rušenja pojedinačne brane i brana u sistemu sa simultanim scenarijom rušenja.

Brana Beni Amrane je nasuta zemljana brana visine 39,50 m, sa betonskim delom u desnom boku brane, u okviru koga se nalaze preliv i temeljni ispusti brane. Brana Beni Amrane formira akumulaciju od oko 12 Hm³ na koti normalnog nivoa, odnosno oko 36 Hm³ na koti maksimalnog nivoa akumulacije. Evakuacija vode iz akumulacije se vrši preko frontalnog slobodnog preliva, sa 6 prelivnih polja sa ustavama, lociranih u desnom boku brane, koji je dimenzionisan na $Q = 9.895 \text{ m}^3/\text{s}$. Dužina brane na koti krune brane je oko 160 m, a širina oko 10 m.

Za mod rušenja brane Beni Amrane se usvojilo totalno i trenutno rušenje brane. Računska deonica se prostire od uzvodnog kraja akumulacije Beni Amrane do poprečnog preseka ušća reke Oued Isser u Mediteran udaljenog oko 39 km od brane Beni Amrane. Ukupna dužina računске deonice za hidrodinamičke proračune je oko 48 km. Za nizvodni granični uslov usvojena je kriva proticaja za najnižvodniji poprečni presek. Kao uzvodni granični uslov usvojen je talas prirodne velike vode povratnog perioda pojavljivanja $T = 10.000$ godina. Ovaj talas se uvodi u model na uzvodnom kraju akumulacije Beni Amrane, sa početnom kotom nivoa vode u akumulaciji od 67,00 mnm. Obzirom da se maksimalni nivo u akumulaciji javlja pri radu evakuacionih organa maksimalnim kapacitetom ($Q = 9.895 \text{ m}^3/\text{s}$), za potrebe predmetnih proračuna usvojeno je da se brana Beni Amrane ruši u trenutku kada nivo vode u akumulaciji dostigne maksimalnu kotu u akumulaciji od 76,10 mnm.

Simultani scenario rušenja primenjen je za brane Guenitra i Beni Zid. Brana Guenitra je nasuta zemljana brana visoka 69 m, koja na koti normalnog nivoa

eksploatacije formira akumulaciju od 118 Hm³, a na koti maksimalnog nivoa eksploatacije akumulaciju od 145 Hm³. Evakuacija vode iz akumulacije se vrši preko slobodnog preliva sa brzotokom na levom boku brane. Maksimalni kapacitet preliva iznosi 763 m³/s, dok maksimalna velika voda $Q_{10.000}$ iznosi 1.250 m³/s. Dužina brane na koti krune brane je oko 515 m, a širina oko 9 m.



Slika 4. Lokacija brane Beni Amrane

Brana Beni Zid je nasuta zemljana brana visoka 43,5 m, koja formira akumulaciju od 39 Hm³ na koti normalnog nivoa, odnosno oko 57 Hm³ na koti maksimalnog nivoa akumulacije. Evakuacija vode iz akumulacije se vrši preko slobodnog preliva sa tunelskim odvodom, koji je dimenzionisan na $Q = 98,5 \text{ m}^3/\text{s}$, dok maksimalna velika voda $Q_{1.000}$ iznosi 890 m³/s. Dužina brane na koti krune brane je oko 141 m, a širina oko 10 m.

Brana Guenitra je izgrađena na reci Oued Fessa, koja se na oko 1 km nizvodno od brane Guenitra, uliva u reku Oued Guebli. Na oko 40 km nizvodno od brane Guenitra, u reku Oued Guebli se uliva reka Oued Boutout, koja se u svom uzvodnom delu zove Oued Beni Zid. Na reci Oued Beni Zid, na oko 11-12 km uzvodno od ušća reke Oued Boutout u reku Oued Guebli, izgrađena je brana Beni Zid. Nakon ušća reke Oued Boutout, reka Oued Guebli teče još oko 5 km do ušća u Mediteran u blizini grada Collo.

Brane Guenitra i Beni Zid posmatrane su kao brane u sistemu, sa simultanim scenarijom rušenja. Kao prvi od scenarija rušenja usvojen je mod istovremenog totalnog i trenutnog rušenje obe brane. Na mestu ušća reke Oued Boutout u reku Oued Guebli, talasu nastalom rušenjem brane Beni Zid se pridružuje talas nastao rušenjem

brane Guenitra. Dalje nizvodno od ušća reke Oued Boutout, rekom Oued Guebli se prostire talas koji je posledica simultanog rušenja obe brane (Guenitra i Beni Zid), sve do ušća u Sredozemno more.



Slika 5. Lokacija brana Guenitra i Beni Zid

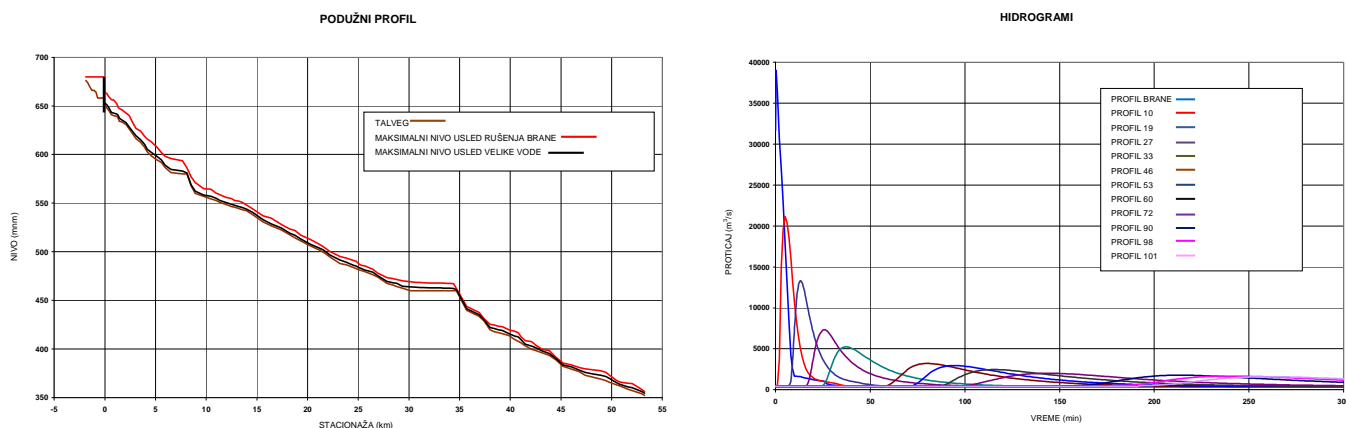
Rezultati proračuna rušenja ovih brana kao i svih ostalih brana obuhvaćenih Projektnim zadatkom prikazani su na velikom broju priloga. Između ostalih, dati su prikazi:

- Karte zona plavljenja: sa svim neophodnim generalnim informacijama razmatrane pojave i

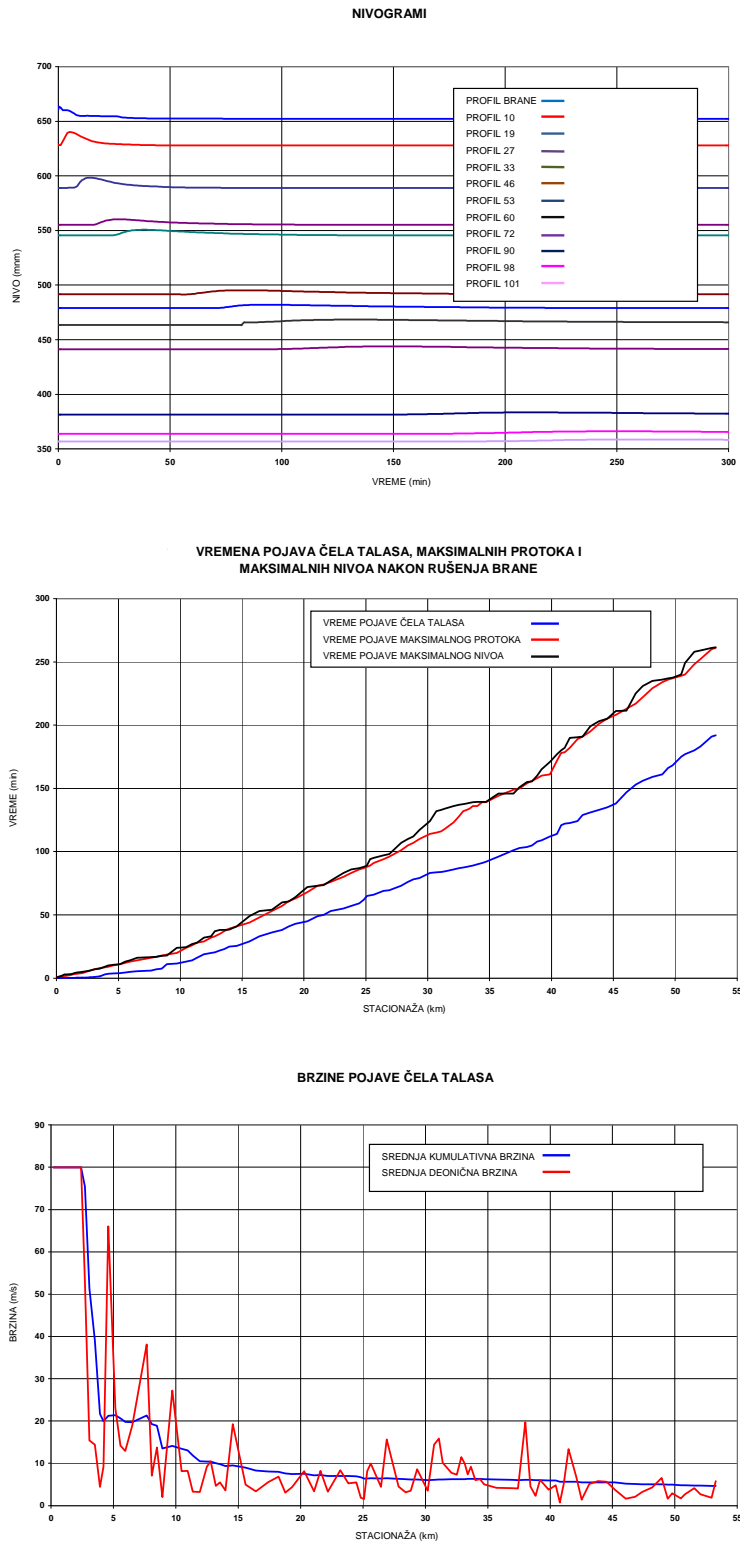
rezultatima proračuna. Primarna funkcija ove karte je da se u sledećoj fazi predmetnog Projekta, pripremi plan prevencije i upravljanja katastrofom, koja može nastati u slučaju rušenja brana. Takođe, ovaj prilog je poslužio da se u okviru navedenih planova preciznije definišu kriterijumi proglašavanja mera obaveštavanja i uzbuđivanja, eventualni plan evakuacije stanovništva i da se definiše shema sistema za obaveštavanje i uzbuđivanje;

- Situacioni planovi ugroženih zona i integralni sistemi za osmatranje, prevenciju, obaveštavanje i uzbuđivanje stanovništva;
- Podužni profili toka sa maksimalno pojavljenim nivoima i proticajima;
- Hidrogrami i nivogrami u izabranim karakterističnim poprečnim presecima;
- Vremena pojava čela talasa, maksimalnih nivoa, maksimalnih proticaja;
- Brzine čela talasa i osrednjena maksimalna brzina u poprečnim presecima toka;
- Karakteristični poprečni preseci sa relevantnim rezultatima proračuna;
- Situacije, dispozicije brane i pratećih objekata, podužni i poprečni preseci objekata.

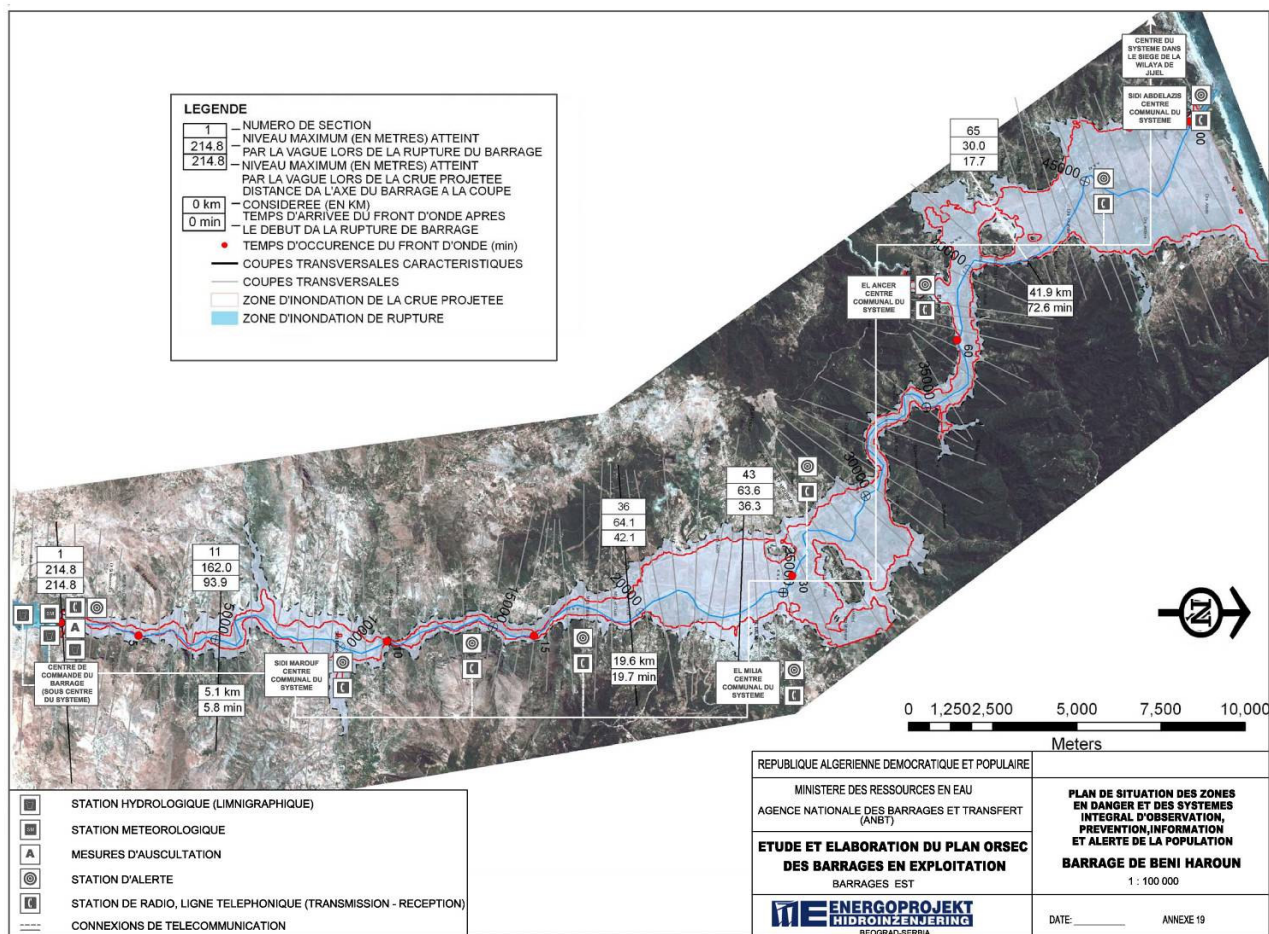
U nastavku rada su prikazani primeri za neke od gore navedenih prikaza rezultata proračuna.



Slika 6. Primeri prikaza rezultata proračuna



Slika 7. Primeri prikaza rezultata proračuna



Slika 8. Plavna zona usled rušenja brane Beni Haroune

6. ZAKLJUČCI

Tokom izrade Projekta se pokazalo da se potpunom integracijom hidrauličkog modeliranja sa ArcGis platformom postiže velika ušteda u vremenu izrade ovako kompleksnog projekta, pogotovo u domenu preprocesiranja i postprocesiranja rezultata proračuna. Ovakva integracija omogućava i da se i ostali delovi projekta, koji slede posle hidrauličkih proračuna, daleko brže izrade, uz potencijalno korišćenje ArcGis baza podataka.

Obzirom da se radi o velikom broju brana, za koje je bilo potrebno izraditi proračune propagacije talasa nastalih rušenjem brana, kao i da svaka od brana i pripadajućih nizvodnih rečnih deonica ima svoje izražene specifičnosti, u najvećem broju slučajeva, tokom proračuna su korišćene različite kombinacije hidrodinamičkih modela. Ovaj pristup se pokazao kao najekonomičniji i najkorektniji sa aspekta rezultata

proračuna, obzirom da se prilikom kombinovanja različitih modela, svaki od pojedinačnih modela koristio u zonama gde daje optimalne rezultate. Ovakvim pristupom je postignuto dalje povećanje efikasnosti rada na celom Projektu.

LITERATURA

- [1] Achterberg, D., Nineteenth (1999), *Bureau of Reclamation's Dam Safety Program*, Annual USCOLD Lecture Series, USA.
- [2] Commission Internationale Des Grands Barrages (1998), *Étude d'Onde de Repture de baragge - Synthèse et recommandations*, Bulletin 111, Paris, France.
- [3] DEFRA (2006), *Engineering Guide to Emergency Planning for UK Reservoirs*, UK.
- [4] DEFRA (2002), *Reservoir Safety-Floods and Reservoir safety Integration*, UK.

- [5] Dyhouse, G., Benn, J. R. and Hatchett, P.E. (2005), Floodplain Modelling Using HEC-RAS, Heasted Methods and Bentley, US Army Corps of Engineers, JBA Consulting, USA.
- [6] Energoprojekt-Energodata (1984), Model NES–Proračun linija nivoa u otvorenim tokovima pri nestacionarnom tečenju vode, Uputstvo za upotrebu, SR Srbija.
- [7] FEI (2001), RESCDAM-Development of Rescue Actions Based on Dam-Break Flood Analysis, Finland.
- [8] FEMA (2004), Federal Guidelines for Dam Safety, USA.
- [9] FEMA (2003), The National Dam Safety Program, USA.
- [10] Fread, D.L. and USA National Weather Service-NOAA (2000), NWS FLDWAV Model (Generalized Flood Routing Model), USA.
- [11] HR Wallingford (2002), IMPACT-Investigation of Extreme Flood Processes and Uncertainty, UK.
- [12] Izvršno Veće SR Srbija (1990), Uredbe o sistemu osmatranja i obaveštavanja, SR Srbija.
- [13] Morris, M.W. (2000), CADAM Projekt-Concerted Action on Dambreak Modelling, HR Wallingford, UK.
- [14] Morris & Galland (2000), Dambreak Modelling Guidelines and Best Practic.
- [15] NWS (2003), NWS FLDWAV-DAMBRK Workshop, USA.
- [16] Pitman, S. (2003), GIS for Faster Analysis of Dam-Break Flow, University of Texas at Austin, USA.
- [17] Quinslend Government (2002), Guidelines for Failure Impact Assessment of Water Dams, Australia.
- [18] Radojković, M. (1985), Model PROLOM – Proračun hidrauličkih posledica usled rušenja brana, Građevinski fakultet u Beogradu, SR Srbija
- [19] US Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center (2006), HEC – RAS (River Analysis System), Version 4.0, USA.
- [20] US Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center (2005), HEC – GeoRAS (GIS Tools for Support of HEC-RAS Using ArcGIS), User’s Manual, Version 4.0, USA.
- [21] Vlada SFRJ-Savezni komitet za poljoprivredu (1975), Uputstvo o izradi dokumentacije za određivanje posledica usled iznenadnog rušenja ili preliivanja visokih brana, SFRJ.
- [22] Washington State-Department of Ecology (1992), Dam Safety Guidelines, USA.

D DEFINING FLOOD ZONES TO BE CAUSED BY EVENTUAL DAM FAILURES IN ALGERIA

by

Zlatan KOVAČEVIĆ, dipl.građ.inž.¹

Mr Ljubomir BUDINSKI, dipl.građ.inž.², Ognjen GABRIĆ, dipl.građ.inž.²

Aleksandar OSTOJIĆ, dipl. građ.inž.¹, Mileta BOJOVIĆ, dipl.inž.geod.¹

¹Energoprojekt – Hidroinženjering, Belgrade

²Faculty of Civil Engineering, Subotica

Summary

The People’s Democratic Republic of Algeria recently adopted regulations on the prevention and management of situations to be caused in case of catastrophic events (so called ORSEC plans), which includes the need to define flood zones due to possible dam failures. The northern area of Algeria (area partly mountainous and partly desertic) is provided by an elaborate network of dams i.e. reservoirs for water supply and irrigation. The Society Energoprojekt – Hidroinženjering was given the hard and copious task to define and analyse the possibly flooded areas in the case of failure of 28 dams in Central

and East regions of this region. In addition to a general presentation of the project, this paper depicts particular cases, such as simultaneous or sequential dam failure scenaria. The paper also presents the mathematical models used for simulation, as well as morphological data obtained through the combination of satellite observations and terrestrial data (GPS points), and 3D digital terrain models based on ArcGis technology.

Key words: prevention and management of catastrophic events (ORSEC plans), dam failures, simultaneous and sequential scenaria, satelite data, GPS data, ArcGis, 3D DTM

Redigovano 28.11.2009.