

VKLJUČEVANJE HIDROENERGETSKIH IN OSTALIH INFRASTRUKTURNIH OBJEKTOV V OKVIRU DPN HE BREŽICE IN DPN HE MOKRICE V VODNI IN OBVODNI PROSTOR S POMOČJO HIBRIDNEGA HIDRAVLIČNEGA MODELIRANJA

Jure Mlačnik, univ.dipl.inž.grad., Primož Rodič, univ.dipl.inž.grad.,

Inštitut za hidravlične raziskave, Hajdrihova 28, 1000 Ljubljana
jurij.mlacnik@hidroinstitut.si , primoz.rodic@hidroinstitut.si

Povzetek

Izvedba hidroenergetske verige na spodnji Savi je z začetkom načrtovanja HE Brežice in HE Mokrice vstopila v zadnjo fazo. Obe hidroelektrarni je potrebno umestiti v prostor, ki predstavlja popolnoma drugačne pogoje, kot veljajo za ostale štiri gorvodne elektrarne. Ker gre za velika, delno okoljevarstveno zaščitena poplavna območja, ki vključujejo tudi urbana okolja in zagotovo najboljčutljivejši možni subjekt v prostoru, Jedrsko elektrarno Krško, je za določitev vseh potrebnih hidravličnih in hidroloških ter ostalih tehničnih izhodišč in robnih pogojev za projektiranje načrtovanih objektov potreben unikatni pristop na visoki strokovni ravni. To dosega izvedba hibridnega hidravličnega modela celotnega območja, ki zajema fizično in matematično modeliranje velikih območij, posameznih specifičnih izsekov in objektov. Takšen model združuje prednosti obeh tehnik modeliranja, tako natančno opisovanje turbulence in drugih tridimenzionalnih pojavov na fizičnih, kot tudi možnost izvedbe velikega števila dinamičnih simulacij na matematičnem modelu.

Ključne besede: hibridni hidravlični model, spodnja Sava, distorzirani model, matematični model, HE Brežice, HE Mokrice, retenzija

Abstract

The lower Sava HPP chain is by the start of the design phase of HPP Brežice and HPP Mokrice reaching its final stage. Both HPPs are to be positioned into the surrounding, entirely different than the one of the first four HPP stages on the lower Sava River. Since there are very large and partially environmentally protected flood areas, including some urban areas and a possibly most sensitive structure, the Nuclear power plant Krško, the determination of all necessary hydraulic, hydrological and all other technical and boundary conditions for the design of a large number of planned structures, needs a very unique approach with high level of expertise. This can be reached using a hybrid hydraulic model of entire area, which contains physical and mathematical modeling of large areas, specific local segments and structures. Hybrid hydraulic model combines the advantages of both modeling techniques, meaning precise simulation of turbulence and other three-dimensional phenomena on physical model, as also the possibility of a large number of dynamic simulations on the mathematical model.

Keywords: hybrid hydraulic model, Sava, distortion, distorted model, scale model, mathematical model, HPP Brežice, HPP Mokrice, retention

1 UVOD

Po izgradnji štirih pretočnih elektrarn spodnjesavske verige, situiranih v ozko dolino, ki jo je Sava izdolbla skozi posavsko hribovje, sta za dokončanje projekta preostali še HE Brežice in HE Mokrice. Za razliko od gorvodnih, sta akumulacijska bazena in objekta obeh HE v celoti situirana na ravninah, ki predstavljajo največje poplavne površine Save v njenem celotnem toku skozi Slovenijo. Del teh površin je urbaniziran in pozidan z najrazličnejšimi vrstami objektov, od katerih je zagotovo najboljčutljivejša Jedrska elektrarna Krško, ki leži na levem bregu ob korenu zajeze HE Brežice. Tok skozi mesto Krško, mimo JEK in, med visokimi vodami Save, po delno okoljevarstveno zaščiteneh poplavnih površinah v območju HE Brežice in v območju HE Mokrice, so pglavitni parametri, ki poleg zagotavljanja mednarodnega pogoja o nespremenljivosti odtočnega režima Save na mejnem profilu s Hrvaško po izgradnji obeh HE objektov, določajo bistvene omejitve pri projektiranju obeh hidroelektrarn. Omejitve posegajo tako v projektiranje samih hidroenergetskih objektov (pregradi, strojnici, nasipi...), kot tudi v projekte cestne infrastrukture, projekte območij drugačne rabe (šport, rekreacija...) in projekte visokovodnih zaščit.

Umeščanje tako velikih objektov, kot sta obe hidroelektrarni, s tolikšnimi vplivi na okolico, zahteva zelo pazljivo ravnanje in zanesljivo predvidevanje medsebojnega vplivanja objektov in vodnega toka ter posledic umestitve načrtovanih objektov v vodotok in obvodni prostor. Zaradi nezmožnosti izključitve poplavnih površin in zahtevnih robnih pogojev, je ta naloga na območju med Krškim in mejnim profilom pod izlivom Sotle, še težja. Zaradi medsebojne povezanosti vplivnih parametrov, je nujno istočasno reševanje več faz projekta. Ker gre v sklopu posameznega hidroenergetskega objekta za interaktivno obratovanje njegovih komponent – strojnice, prelivnih polj za evakuacijo visokih vod in visokovodnih razbremenilnikov, lociranih na nasipih akumulacijskega bazena, je do najracionalnejše in najoptimalnejše rešitve mogoče priti samo po principu iterativnega reševanja variant posameznih objektov sistema. Zaradi vsega naštetega je bilo nujno vzpostaviti zanesljiv model za simuliranje obstoječega in načrtovanega stanja objektov in vplivnega območja kot celote.

2 HIBRIDNI MODEL OBMOČIJ HE BREŽICE IN HE MOKRICE

Na podlagi v letih 2007 do 2010 izvedenih meritev gladin Save v območju od sušnih do poplavnih pretokov ter v letu 2006 izvedenega LIDAR snemanja reliefa obravnavanih območij in podrobno analiziranih podatkov o preteklih poplavnih dogodkih, je bil vzpostavljen hibridni hidravlični model, ki ga sestavlja sistem fizičnih in matematičnih hidravličnih modelov v skupnem obsegu celotnega obravnavanega območja. Vzpostavljeni model združuje prednosti obeh tehnik modeliranja, tako natančno opisovanje turbulence in drugih tridimenzionalnih pojavov na fizičnih, kot tudi možnost izvedbe velikega števila dinamičnih simulacij na matematičnem modelu. Zaradi obvladljivosti orodja in zaradi zagotavljanja optimalne kvalitete reprodukcije simuliranih naravnih pojavov, je bilo celotno območje razdeljeno na tri področja, ki so predstavljala povezane zaključene celote in jih je bilo mogoče obravnavati ločeno (slika 1). Tako je bil skrajni gorvodni del Save, na odseku toka skozi Krško, modeliran s fizičnim hidravličnim modelom v enovitem merilu 1:45, ki je, poleg podrobnega obravnavanja vključevanja HE Krško v urbani mestni odsek Save, zagotovil vhodne podatke za ostala dva obsežnejša hibridna modela območij HE Brežice in HE Mokrice, od katerih vsak zajema površine celotnega bodočega akumulacijskega bazena posamezne HE s pripadajočimi poplavnimi površinami.



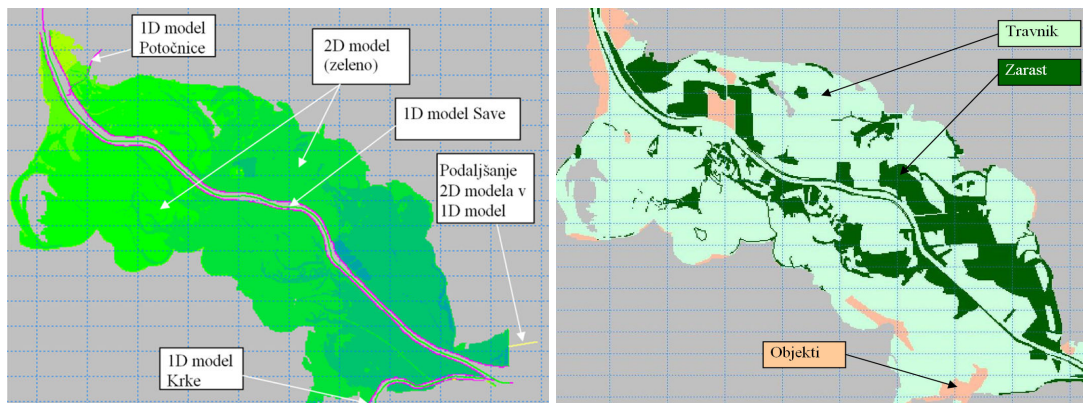
Slika 1. Območje modeliranja in razporeditev fizičnih (FM) in matematičnih (MM) modelov, ki sestavljajo hibridni hidravlični model območja HE Brežice in HE Mokrice

Na podlagi analiziranih geometrijskih in hidroloških podatkov sta bila za obe območji zgrajena fizična hidravlična modela v spačenem merilu, ki sta bila umerjena s pomočjo navedenih podatkov iz terenskih meritev in opazovanj.



Slika 2. Fizična hidravlična modela območij HE Brežice (levo) in HE Mokrice (desno) zgrajena v distorziranem merilu M_V 1:62,5 in M_H 1:125.

Z njuno pomočjo je bila izdelana ustrezna analiza tokovnih razmer po poplavnih področjih, ki je dala podatke za umerjanje matematičnih modelov v območju toka po poplavnih področjih in visokovodnih pretokov z dolgimi povratnimi dobami. S takšnim načinom zagotavljanja zanesljivih umerjevalnih parametrov za matematični model je bila zagotovljena manjša rezultatska negotovost končnega orodja – matematičnega modela v območju velikih pretokov, ki je ciljno območje hibridnega modela, kot bi bila dosežena samo z umerjanjem na podatke iz meritev v naravi.



Slika 3. Matematični model, sestavljen iz različnih modulov za strugo in retenzije (levo) ter vgradnja različnih tipov rabe zemljišč na retenzijah (desno)

Na podlagi ustrezno umerjenega in z zanesljivimi podatki iz meritev visokih vod v naravi verificiranega hibridnega hidravličnega modela so bile izvedene simulacije variantnih rešitev projektov HE Brežice in HE Mokrice ter simulacije nekaterih visokovodnih dogodkov, ki niso bili uporabljeni za umerjanje modelov (slika 4).



Slika 4. Primerjava območja poplavljenosti Dobovškega polja ob visoki vodi 26.12.2009 in rezultata simulacije istega dogodka s hibridnim modelom

Rezultati kažejo odlično ujemanje, saj so rezultati verifikacije modelov pri simulaciji visoke vode pokazali odstopanja gladin v strugi Save velikostnega reda pod 0,1m.

3 ZAKLJUČKI

Verifikacija rezultatov hibridnega modela odsekov med HE Krško in mejnim profilom na Savi je pokazala, da je hibridno modeliranje zelo primeren način reševanja hidravličnih problemov na območjih z velikim številom neznank in z zelo zapletenimi robnimi pogoji. Hibridni model je bil uporabljen za optimizacijo projektov HE Brežice in HE Mokrice ter pripadajočih infrastrukturnih objektov in je primeren za nadaljnjo uporabo pri vključevanju vseh novih objektov v okviru DPN obeh hidroelektrarn.

Viri

- J. Mlačnik et. al.. 2010. Poročilo – Izvedba hibridnih hidravličnih modelov za območje spodnje vode HE Krško, območje HE Brežice in območje HE Mokrice. Inštitut za hidravlične raziskave, FGG KMTe, IBE d.d., Ljubljana.
- S. Šantl, G. Rak. 2010. Analiza poplavne nevarnosti in odtočnega režima – uporaba različnih tipov hidravličnih modelov. Gradbeni vestnik. Ljubljana