

MJERENJE NANOSA U AKUMULACIJSKOM JEZERU BUTONIGA

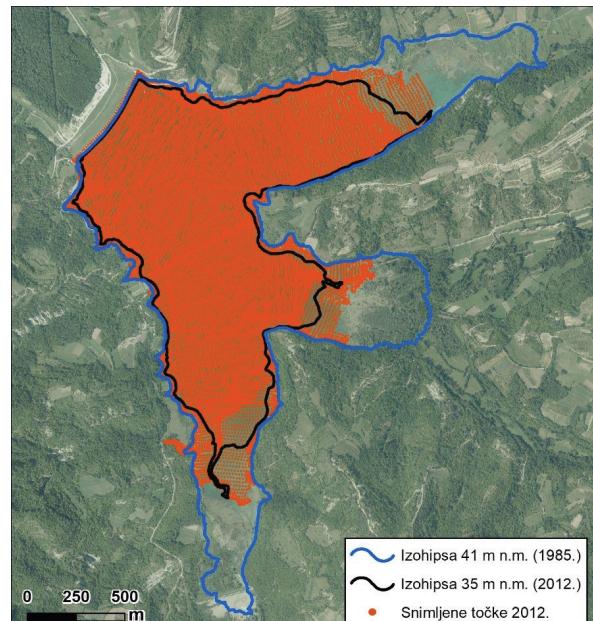
Andrija Rubinić, mag. ing. aedif.

1. UVOD

Akumulacija Butoniga je projektirana i izgrađena kao centralni višenamjenski objekt za integralno upravljanje vodom u Istri. Projektirana je sa svrhom reduciranja poplavnog vala potoka Botonege i njezinog recipjenta rijeke Mirne, kao i osiguranja dovoljnih količina vode za rastuće potrebe u vodoopskrbi i navodnjavanju poljoprivrednih površina u Istri (Hrvatske vode, 2017.). Izrada projektne dokumentacije započela je u drugoj polovici 60.-ih godina, a građevinski radovi započinju 1979. godine i završavaju 1988. godine. Prema projektnoj dokumentaciji ukupna zapremina akumulacije je 22,1 miliona m³, od čega je 2,0 miliona m³ mrtvi prostor za prihvatanje nanosa i 2,6 mil. m³ prostor za prihvatanje vodnoga vala (Kos Z.). Akumulacija na visini preljeva od 41 m n.m. ima površinu od 2,4 km² (slika 1), a njen sлив površinu od 73 km² koji se većinom nalaze na fliškom terenu (Hrvatske vode, 2017.).

Prilikom projektiranja akumulacije razmatrana je problematika taloženja nanosa u zaplavnom prostoru akumulacije, zbog očekivanja nastavka jake erozije tada velikih golih fliških područja. Od vremena projektiranja akumulacije smanjile su se poljoprivredne površine, a povećale su se površine sa prirodnom vegetacijom, pa je za očekivati da se smanjila i erozija tla. Za zadržavanje nanosa nakon izgradnje akumulacije izgrađena je i retencija Jukani te su planirane još dvije veće retencije na glavnim pritocima akumulacije. Od puštanja u rad akumulacije rađeno je više kontrolnih geodetskih mjerjenja metodom kontrolnih poprečnih profila, a kontrolno mjerjenje rađeno 2012. godine provedeno je puno detaljnije mjerjenjem mreže točaka (Hrvatske vode, 2013.). Tim mjerjenjem snimljeno je čak 23716 točaka na površini od 1,9 km² (slika 1), sa srednjom udaljenost mjerjenih točaka od oko 10 m, ostatak površine akumulacije nije se mogao snimiti zbog gustog raslinja. Na osnovu tih mjerjenja je napravljen model terena zaplavnog prostora akumulacije, odnosno dna jezera, od najveće dubine do približne visine preljeva (slika 3). Model zaplavnog prostora je cijelovit do kote, odnosno izohipse od 35 m n.m. Radi usporedbe sa početnim stanjem zaplavnog prostora digitalizirana je geodetska snimka iz 1985. godine koja je nastala

prije dovršetka izgradnje brane, te je na osnovu nje napravljen model terena početnog stanja. Usporedbom ta dva modela došlo se do količina nanosa u zaplavnom prostoru.

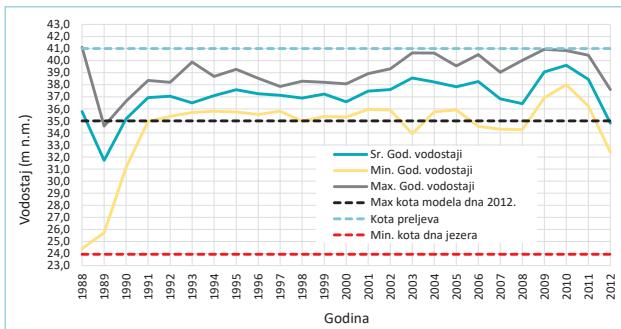


Slika 1: Prikaz snimljenih točaka 2012. godine u zaplavnom području akumulacije Butoniga

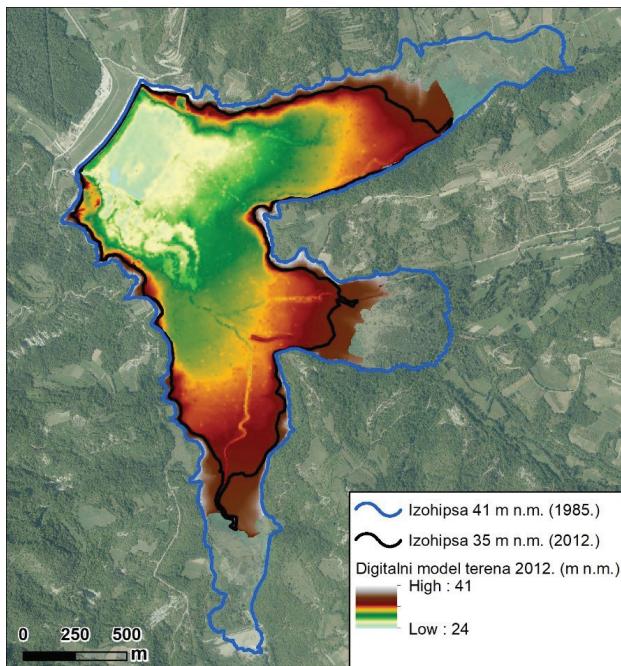
2. METODOLOGIJA

Kad je 2012. godine u Istri vladala velika suša, vodostaj akumulacije Butoniga spustio se u ljetnim mjesecima na rekordno niske razine (slika 2) i znatan dio zaplavnog prostora, od oko 40% snimljenih točaka od 23716 izmjerjenih točaka, mogao je biti snimljen klasičnim načinom geodetskim GPS-om tipa R8 Trimble u sustavu CROPOS. Ostatak točaka dna akumulacijskog jezera ispod razine vode snimljen je kombinacijom geodetskog echosonara tipa Sonarmite model SM 3BT i prije navedenog GPS uređaja. Radi kontrole mjerjenja jedne i druge metode manji dio terena snimljen je jednom i drugom metodom kako bi se usporedila

točnost mjerena, i ta je usporedba pokazala da se mjerena objema metodama podudaraju. Iz mjereneih podataka dobiven je rasterski digitalni model terena rezolucije 5x5m koristeći natural neighbor metodu interpolacije (slika 3).



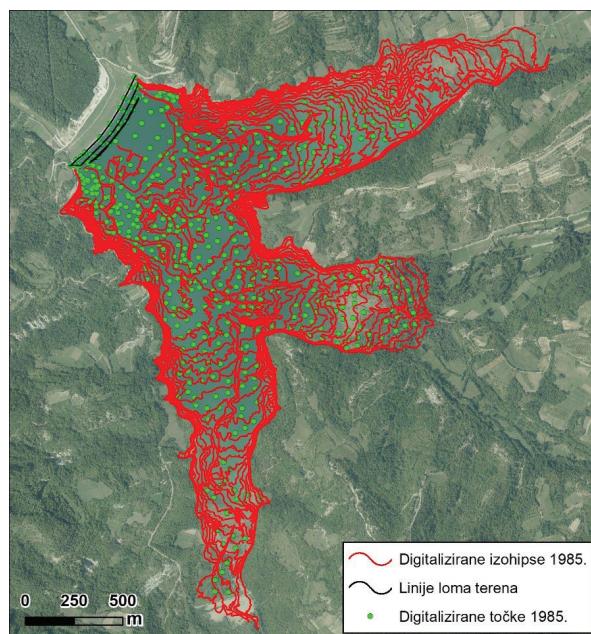
Slika 2: Kolebanje srednjih godišnjih, minimalnih i maksimalnih vodostaja karakteristične visine



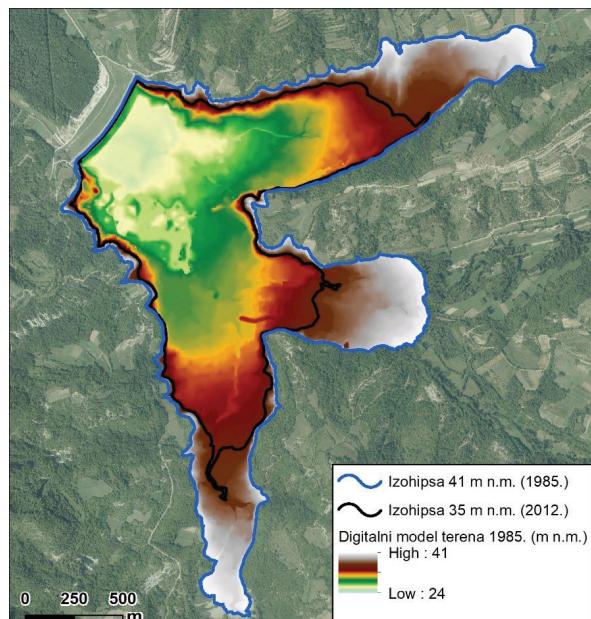
Slika 3: Digitalni model terena dobiven na osnovu mjerena točaka iz 2012. godine na DOF podlozi

Kako bi se nova mjerena mogla usporediti sa početnim stanjem, prije izgradnje akumulacijskog jezera izrađen je model terena početnog stanja. To je napravljeno na osnovu situacije terena zaplavnog prostora iz 1985. godine koji je izrađen u mjerilu 1:2000 dobiven na osnovu aerofotogrametrijske snimke nastale nešto prije završetka izgradnje brane. Kod geodetske situacije problem predstavljaju korita vodotoka koja nisu detaljno definirana, močvarna područja koja su snimljena samo do razine vode i drugi detalji koji su prikazani simbolima. Za izradu digitalnog modela terena ta situacija je vektorizirana, te je čine:

izohipse ekvidistance 1m, izohipse ekvidistance 0.5 m na djelu terena sa blažim padom, mjerne točke i linije loma terena kojima je definirana brana (slika 4). Iz ovih podataka napravljen je digitalni model terena linearnom metodom interpolacije u rezoluciji 5x5m (slika 5). Kako je situacija terena iz 1985. godine u tada službenoj 5. zoni Gauss-Krügerovom koordinatnom sustavu i visinskom sustavu HVRS 1875, kao i opći podaci o brani, kao npr. visina preljeva od 41 m n.m., mjerene iz 2012. godine transformirano je u isti sustav radi lakše usporedbe sa prijašnjim podatcima.



Slika 4: Digitalizirane izohipse, točke i linije loma terena situacije iz 1985. godine na DOF podlozi



Slika 5: Digitalni model terena dobiven na osnovu vektorizirane situacije iz 1985. godine na DOF podlozi

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Za modele terena stanja iz 2012. i 1985. godine izračunati su volumni za svaku cijelu izohipsu počevši od minimalnih do kote preljeva od 41m n.m., te su uspoređeni sa službenim podatcima o volumenu ([tablica 1](#), [slika 6](#)). Podatci o volumenima koji se smatraju službenima za početno stanje dati su u elaboratu „Površina i volumen akumulacije Butoniga“ izrađenog od strane R.O. Vodoprivreda – Rijeka iz 1988. godine u kojem su volumeni dobiveni na osnovu situacije iz 1985. godine i nekih manjih kasnijih dopuna. Za model terena dobiven na osnovu mjerjenja iz 2012. godine bilo je moguće izračunati volumen samo do kote 35 m n.m., jer više kote izlaze iz obuhvata snimanja ([slika 1, 2](#)). Ta kota od 35 m n.m. je i približna vrijednost srednjeg godišnjeg minimalnog vodostaja u akumulaciji ([slika 2](#)).

Iz podataka o volumenima akumulacije vidljivo je da nije došlo do bitnije promjene u volumenu akumulacije, te čak podatci dobiveni na osnovu mjerjenja iz 2012. godine pokazuju najveći volumen akumulacije ([tablica 1](#), [slika 6](#)). To je najvjerojatnije rezultat bitno manje točnosti

mjerena snimke iz 1985. i činjenice da u akumulaciji nije nataložena neka veća količina nanosa.

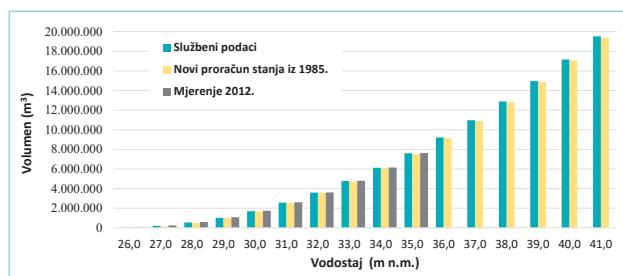
Kako bi se bolje i jasnije vidjele razlike u visini dna akumulacije i položaj tih razlika, od rasterskog modela terena iz 2012. godine oduzet je model dobiven na osnovu podataka iz 1985. godine i dobiven je raster razlike terena ([slika 7](#)). Iz ovog rastera i osnovne statističke obrade ([tablica 2](#)) vidljivo je da postoje mesta sa velikim razlikama u modelima terena, i po više metara, ali su one lokalnog karaktera, te da je na većem dijelu zaplava akumulacije dno ostalo na približno istoj visini, jer je srednja vrijednost razlike rastera -0,08 m ([tablica 2](#)).

Tablica 2: Osnovna statistička obrada rasterskih modela terena

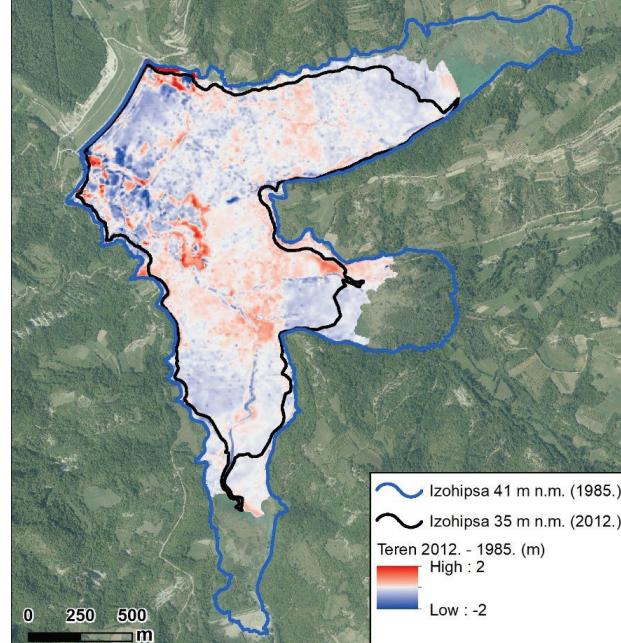
| Raster | Minimin (m) | Maksimum (m) | Srednja vrijednost (m) | Standarnda devijacija (m) |
|--|-------------|--------------|------------------------|---------------------------|
| DMT od 1985. (za područje snimke iz 2012.) | 25,41 | 45,31 | 31,33 | 3,6 |
| DMT od 2012. (za područje snimke iz 2012.) | 23,72 | 46,01 | 31,24 | 3,61 |
| DMT 2012. minus DMT 1985. | -5,8 | 6,49 | -0,08 | 0,47 |

Tablica 1: – Volumeni akumulacije Butoniga do kote preljeva

| Izohipsa (m n.m.) | Službeni podaci (m ³) | Novi proračun stanja iz 1985. (m ³) | Mjerjenje 2012. (m ³) |
|-------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| 26,0 | 0 | 8.404 | 51.732 |
| 27,0 | 198.330 | 159.754 | 245.894 |
| 28,0 | 538.838 | 503.359 | 591.771 |
| 29,0 | 1.022.675 | 992.217 | 1.074.506 |
| 30,0 | 1.696.304 | 1.664.697 | 1.736.648 |
| 31,0 | 2.567.428 | 2.532.598 | 2.594.880 |
| 32,0 | 3.597.007 | 3.554.973 | 3.608.851 |
| 33,0 | 4.772.230 | 4.719.505 | 4.797.061 |
| 34,0 | 6.118.287 | 6.049.997 | 6.145.550 |
| 35,0 | 7.601.392 | 7.515.784 | 7.629.089 |
| 36,0 | 9.214.214 | 9.133.321 | - |
| 37,0 | 10.969.153 | 10.888.393 | - |
| 38,0 | 12.880.999 | 12.792.201 | - |
| 39,0 | 14.949.823 | 14.851.623 | - |
| 40,0 | 17.159.106 | 17.050.187 | - |
| 41,0 | 19.522.483 | 19.405.012 | - |



Slika 6: Graf odnosa volumena akumulacije Butoniga i vodostaja



Slika 7: Raster razlike modela terena na DOF podlozi

4. ZAKLJUČCI

Iz razlika modela dobivenog mjerjenjem 2012. godine i modela dobivenog na osnovu mjerena 1985. godine uočljivo je da je dno akumulacije ostalo na približno istim kotama. Postoje mjesto gdje se po ovom

modelu teren značajno razlikuje, što se više može pripisati različitim metodama mjerjenja i velikoj razlici u redu veličine točnostima mjerjenja. Obzirom na tu razliku, može se zaključiti da se ukupni volumen nije značajno promijenio, jer je dobivena razlika u volumenu akumulacije do 35 m n.m. od 0,4% u plusu. To je više

rezultat puno manje točnosti mjerjenja iz 1985. godine, nego nepostojanju sedimenta, ali možemo smatrati da ne postoji neka značajna količina nanosa. Tek sa budućim mjerjenjem dna jezera, istom razine točnosti, dobit ćemo točne podatke o količini i brzini taloženja nanosa. ■

LITERATURA

- Hrvatske vode (2013.): Kontrola nanosa akumulacije Butoniga, Petrović, V.; Rijeka
- Hrvatske vode (2017.): Brana i akumulacija Butoniga,; opis, osnovni podatci, situacija, presjeci, brošura.
- Kos, Z. (2005.): Butoniga, vodoopskrbni sustav, Istarska enciklopedija (Bertoša M.; Matijašić R.), Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb
- R.O. Vodoprivreda – Rijeka (1988.): Površina i volumen akumulacije Butoniga