

DOI 10.51558/2303-5161.2025.13.13.139

Naučni rad

ZADACI KOD UREĐIVANJA BUJICA I ODREĐIVANJE EROZIONOG KOEFICIJENTA SLIVA RIJEKE TURIJE

*Munir Jahić, **Amir Mešković, ***Mufid Tokić, Omer Kovčić

**Dr.sc Munir Jahić, dipl.ing.građ., emeritus, Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet, tel: +38761183241, e-mail: munirjahic@gmail.com*

***Dr.sc Amir Mešković, dipl.ing.geol., redovni profesor, Univerzitet Tuzli, Rudarsko – geološko – građevinski fakultet, tel: +38761280096, e-mail: amir.meskovic@untz.ba*

****Mufid Tokić, dipl.ing.građ.MA, JP "Spreca" d.d. Tuzla, Aleja Alije Izetbegovića 29/VII, Tuzla, Bosnia and Herzegovina, tel: +38761728428, e-mail: mufid.tokic@gmail.com*

*****Dr.sc Omer Kovčić, dipl.ing.građ., JP "Spreca" d.d. Tuzla, Aleja Alije Izetbegovića 29/VII, Tuzla, Bosnia and Herzegovina, tel: +38761868123, e-mail: omer.kovcic@gmail.com*

Sažetak

U nizu egzogenih i endogenih procesa koji čine ogromne štete gotovo u cijelom svijetu, posebno mjesto zauzima erozija zemljišta i bujični tokovi. Bujični tokovi formiraju se praktično nezapaženo i predstavljaju mješavinu velike količine erodiranog materijala s planinskih i brdskih područja, koji se, zajedno sa vodom uz veliku brzinu tečenja niz formirane jaruge spuštaju u niže dijelove. Ovi tokovi, koji u sušno vrijeme imaju vrlo mali proticaj ili su njihova korita potpuno suha, za kratko vrijeme djelovanja ruše sve ispred sebe, od mostova, saobraćajnica, do drugih objekata. Isti zatrpavaju nanosom kanale, poljoprivredno zemljište, te često ugrožavaju i naseljena mjesta, nerijetko sa ljudskim žrtvama. Pravi primjer navedenog smo bili svjedoci razaranja naselja u općini Konjic i općini Jablanici u oktobru 2024. godine, gdje su bujice u par sati nanijele ogromne ljudske gubitke i materijalnu štetu.

Ključne riječi: egzogeni i endogeni procesi, erozija, bujični tokovi, slivno područje, klizišta, erozioni koeficijent, padavine, nanos, rijeka Turija, akumulacija Modrac

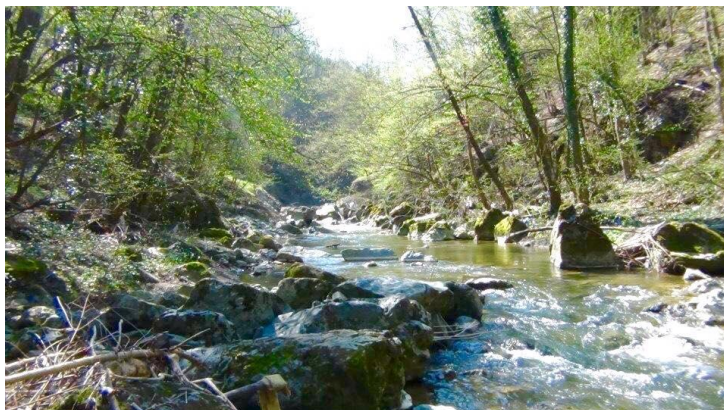
1. UVOD

Zaštita od erozije i bujičnih pojava briga je svih država, ali i šire međunarodne zajednice. U tom smislu, posebno je važno istaći da se na skupu o Zemlji, održanom u Rio de Janeiru 1992. godine pod pokroviteljstvom UN-a, usvojeni dokumenti o globalnom planu Agenda 21 (program za 21. stoljeće) gdje se, između ostalog, govori o zaštiti zemljišta od širenja erozije i bujičnih poplava, u okviru strategije održivog razvoja i zaštiti čovjekove okoline [1].

Godišnje se štete u svijetu od erozije zemljišta i bujičnih tokova izuzetno su velike, prelaze stotine miliona dolara. One se u znatnoj mjeri mogu smanjiti i svesti na minimum uređenjem slivova i pravim pristupom zaštiti od bujica. Kod toga je posebno značajna realna ocjena stanja bujičnog prostora, provedba efikasnih i kompleksnih protivbujičnih mjera i formiranja stručnih timova za sprečavanje bujica [1].

Sliv rijeke Turije pripada slivu akumulacije Modrac. Rijeka Turija u svom gornjem i srednjem toku, uključujući i pritoke, se nalazi u brdskom području. Karakteriše je veliki pad dna

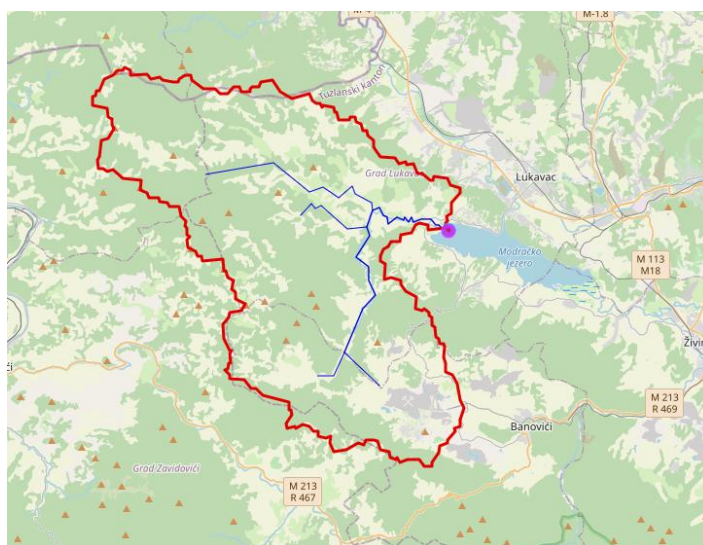
prirodnog korita, što za posljedicu ima veliku brzinu tečenja vode i vodne snage koja erodira obale i nosi ogromnu količinu nanosa svojim koritom do akumulacije Modrac [2].



Slika 1. Korito rijeke Turije u njenom srednjem toku

Površina sliva rijeke Turije iznosi oko 240,00 km². Može se reći da spada u srednje slivove po kvalifikaciji slivova u hidrologiji [2].

Na sljedećoj slici 2., je prikazano slivno područje rijeke Turije, preuzeto sa <https://mghydro.com/watersheds/>.



Slika 2. Slivno područje rijeke Turije

2. DOSADAŠNJE ISTRAŽIVANJE I RADOVI

U cilju sprečavanja prekomjernog zasipanja akumulacije Modrac sa vučenim nanosom, izgrađeno je više pregrada – brana na pritokama akumulacije. Više takvih pregrada je izgrađeno na rijeci Turiji, koje su se srušile nakon izgradnje, zbog lošeg fundiranja i nedovoljnog geomehaničkog istraživanja. Jedine dvije brane koja i danas postoje su brana na rijeci Turiji i brana na rijeci Brijesnici koja je pritoka rijeke Turije.

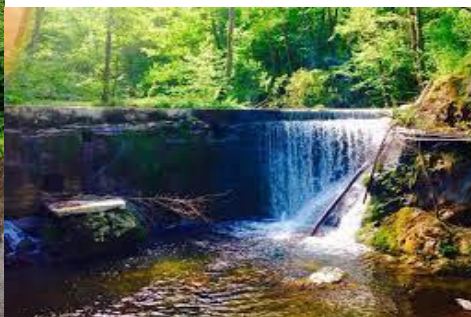
Navedene armirano – betonske brane ne vrše svoju funkciju iz prostog razloga što se ne održavaju, odnosno što se ne vrši eksploatacija nanosa na uzvodnoj strani. Razlog tome je i što

su brane izgrađene na nepristupačnim mjestima i trenutna raspoloživa građevinska mehanizacija nema pristup za čišćenje istog.

Važno je istaći da navedene brane imaju otvore za čišćenje veličine 40x40 cm, ali isti nemaju dovoljnu veličinu za čišćenje ogromne količine nanosa koji se nalazi iza brane.



Slika 3. Brana na rijeci Turiji



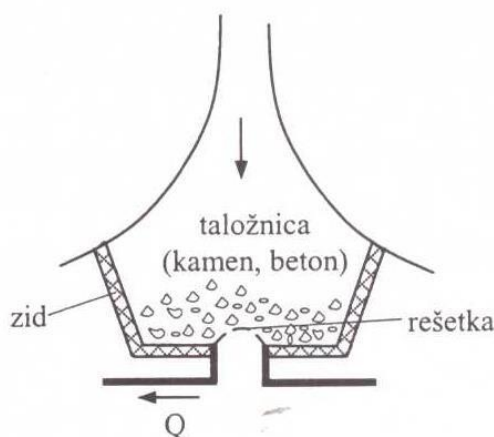
Slika 4. Brana na rijeci Brijesnici

Također, važno je istaći da prilikom projektovanja brane Modrac i hidroakumulacije, nisu dovoljno istražene štetne posljedice moguće erozije i pojave bujica. Direktna posljedica navedenog je ubrzano zasipanje akumulacije i njena eutrofikacija, pogotovo u zadnjih par godina kada se dešavaju klimatske promjene, nekontrolisana sječa šume, prekomjerna izgrađenost objekata na slivu akumulacije i dr.

3. NEUKROTIVE BUJICE I NJHOVO REGULISANJE

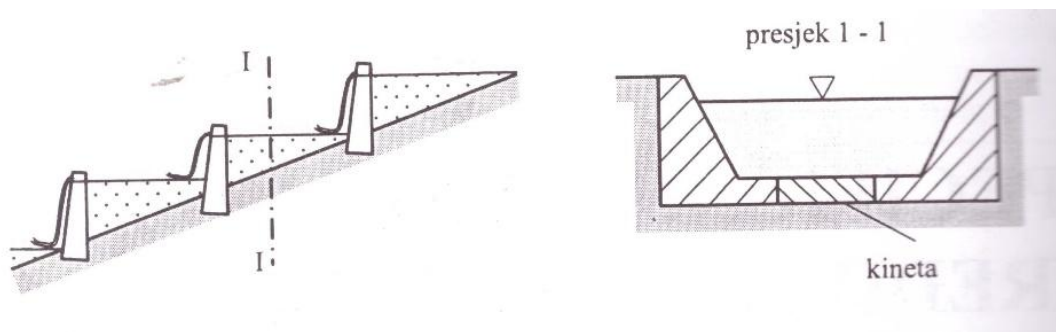
Česta pojava u praksi su tzv. neukrotive bujice. One se javljaju na vrlo strmim brdskim padinama i imaju relativno kratak tok. Njihovo uređenje zahtijeva izuzetno velika i nesrazmjerna sredstva, a kod toga su neizvjesni konačni efekti [2].

Jedna od mjera kod neukrotive bujice spirnjače koja ugrožava nizvodno područje je izrada taložnice. Jedno takvo rješenje je prikazano na sljedećoj slici 5.



Slika 5. Taložnica za nanos kod neukrotive bujice spirnjače

Kod neukrotivih bujica podrivača, obično se pristupa izgradnji novog korita (u obliku kinete) najkraćom trasom sa nizom kaskada, kao što je prikazano na sljedećoj slici.



Slika 6. Regulisanje neukrotive bujice podrivače koritom u obliku kinete i nizom kaskada

4. KLIZIŠTA I NJHOVO SANIRANJE

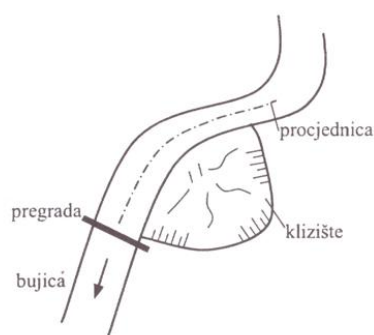
Da bi se izvršilo saniranje klizišta, što je čest zadatak kod uređivanja bujica, potrebno je najprije utvrditi uzrok klizanja zemljane mase. Najčešće je uzorok obilje površinskih i podzemnih voda, te rastresit materijal padine [3].

Utvrdjivanje uzroka klizanja vrši se proučavanjem stanja na terenu i uslova koji su prisutni i to putem rekognosciranja, ekspedicionog i stacionarnog istraživanja [3].

Osnovni radovi kod sanacije klizišta mogu biti trojaki [1]:

- regulisanje površinskog oticanja vode,
- regulisanje režima podzemnih voda i
- formiranje oslonca u donjem dijelu nestabilne padine.

Ako je u pitanju bujica podrivača na čijem boku se pojavilo klizište (Slika 7.), kao mjera sanacije dolazi u obzir poprečna građevina (Slika 8.) kojom se treba uspostaviti pad izjednačenja.

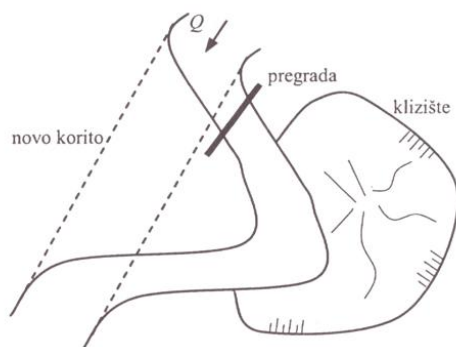


Slika 7. Pojava klizišta u toku bujice

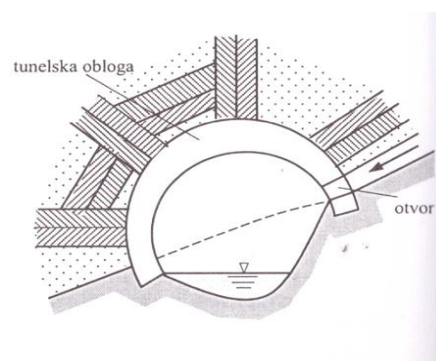


Slika 8. Saniranje klizišta u okviru uređenja bujice pomoću bujične pregrade

Ukoliko se radi o dubokom klizištu, saniranje takvog iziskuje ogromnu investiciju sa poprilično neizvjesnim efektom gradnje. U ovom slučaju kao rješenje često se praktikuje prosijecanje novog korita bujice (Slika 9.) ili čak njeno tuneliranje (Slika 10.) [1].



Slika 9. Izbjegavanje klizišta izgradnjom novog korita bujice

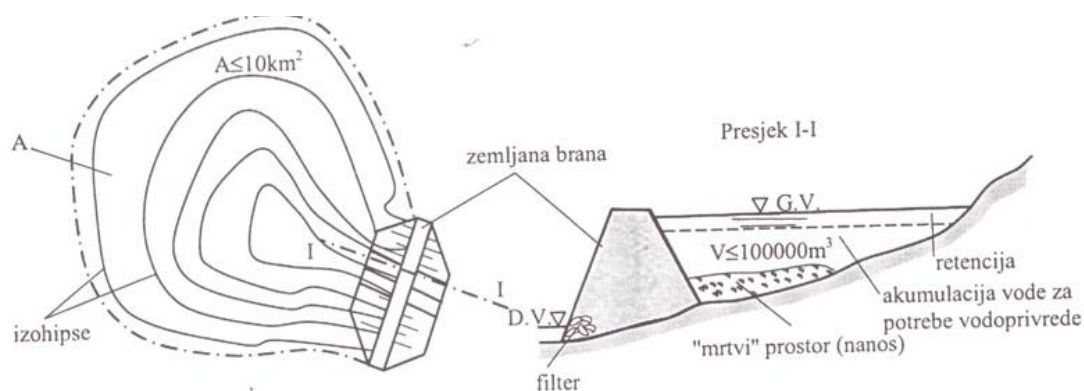


Slika 10. Tunelski način proboja novog korita bujice

5. MIKROAKUMULACIJE I RETENCIJE

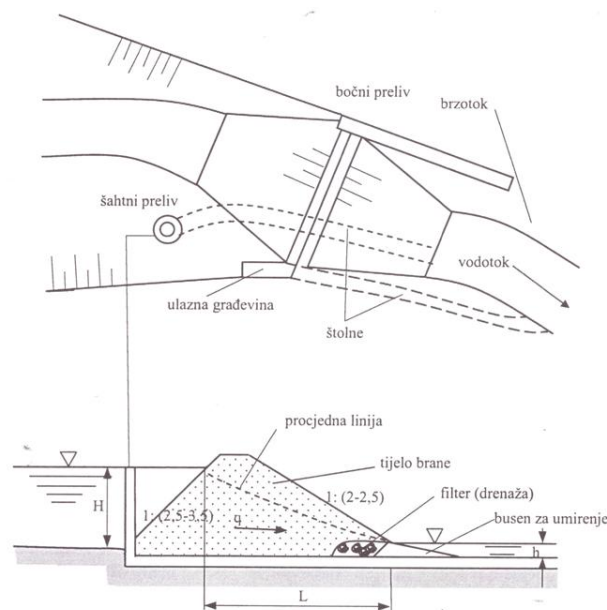
Mikroakumulacije i retencije su veoma značajni hidrotehnički objekti u integralnom uređenju vodnog režima, a time i veoma važni u borbi protiv erozije, bujičnih poplava i suše [4].

Male akumulacije mogu, osim kao jednonamjenske, također da služe za potrebe navodnjavanja, ribarstva, turizma i slično kada imaju višenamjenski karakter.



Slika 11. Prikaz jedne mikroakumulacije i karaktersitični dijelovi zapremine na uzvodnom dijelu brane

Važno je istaći i efikasno rješenje sa nasutim branama, koje su ustvari jaki nasipi koji se održavaju gravitaciono pred spoljnjim silama [4].



Slika 12. Prikaz nasute brane sa evakuacionim (prelivnim) objektima za velike vode

6. ANALIZA KOEFICIJENTA EROZIJE SLIVA RIJEKE TURIJE

Da bi se preventivno djelovanje i sprječavanje nastajanja erozije i bujičnih poplava, potrebno je analizirati i odrediti dovoljno precizno koeficijent erozije predmetnog slivnog područja. Ukoliko je poznat koeficijent erozije, može se jednostavnije upravljati ostalim parametrima.

U praksi često se za ovaj način računanja koristi formula S. Gavrilovića [7]:

$$W_{god} = T \times H_{god} \times \pi \times \sqrt{Z^3} \times A \quad (1)$$

gdje je:

W_{god} – ukupna količina produkcije erozionog nanosa (m^3/god)

T – temperaturni koeficijent područja ($^{\circ}C$)

H_{god} – srednja godišnja visina padavina (mm)

Z – koeficijent erozije sliva

A – površina sliva (km^2)

Temperaturni koeficijent se računa prema obrascu:

$$T = \sqrt{\frac{t_0}{10}} + 0.10 \quad (2)$$

gdje je:

t_0 – srednja godišnja temperatura vazduha ($^{\circ}C$)

Za rezultate koji su dobijeni za period 2014. – 2021. godinu, količini nanosa koji se produkuje na slivu rijeke Turije i unosi u akumulaciju Modrac prikazan je u sljedećoj tabeli 1. [8].

Tabela 1. Tabela prikaz količine nanosa za period 2014. – 2021. godinu [9]

Godina	Srednje godišnje padavine (mm)	Količina sedimenata (nanosa) m ³ /god
2014	1430,20	190,30
2015	870,80	28,01
2016	989,20	29,04
2017	982,90	34,77
2018	966,50	28,85
2019	896,90	24,86
2020	915,60	32,79
2021	814,00	17,20

Ako se uzme najnepovoljniji slučaj kako bi se odredila maksimalna sila erozionih procesa na slivu rijeke Turije, za 2014. godinu, uz temperaturni koeficijent $T=1,07$ (empirijski obrazac 2), dobija se rezultat erozionog koeficijenta, a koji iznosi $Z=0,68$ [1].

ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazani su zadaci i mjere koje se moraju donijeti i postupati prema donesenim mjerama kako bi se ublažilo dejstvo erozionih procesa slivnog područja i nastajanja bujica. Potrebno je donijeti strategiju i angažovati stručni tim koji bi aktivno radio na planskim dokumentima, te uz dostupnu mehanizaciju provodili radove na terenu, odnosno na slivnom području i koritima rijeka koje su bujičnog karaktera.

Također, cilj ovog rada je bilo analizirati i što preciznije izračunati erozioni koeficijent sliva rijeke Turije, koristeći dostupne ulazne podatke, a u konačnici na osnovu istog definisati rang ranjivosti sliva na erozione procese. Obzirom da se, prema literaturnim podacima, erozioni koeficijent kreće od 0,1 do 1,50, može se zaključiti da sliv rijeke Turije spada u slivove koji su srednje podložni eroziji i nastajanju bujica.

LITERATURA

- [1] Jahić, M. (2008). „Uređenje bujica“, Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet
- [2] Kovčić, O. (2017). "Upravljanje višenamjenskim akumulacijama sa studijom slučaja jezera Modrac ", Univerzitet u Tuzli, Rudarsko – geološko – građevinski odsjek, Doktorska disertacija.
- [3] Carić D. (1952) „Tehnička hidraulika“, Sarajevo
- [4] Jahić, M. (2003). „Metode istraživanja bujičnih vodotoka“, Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet – Zbornik radova
- [5] Jahić, M. Bajrić, M. (2003) „Prognoziranje bujica u svrhu zaštite okoliša“ Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet - Zbornik radova.
- [6] Vukadinović, V. (2018) „Zemljišni resursi“, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
- [7] Gavrilović, S. (1972). „Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji, „Igradnja“, Beograd

-
- [8] Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry JR, Williams JR (2011) „Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009.“ Texas Water Resources Institute, College Station
 - [9] Arnold JG, Srinivasan R, Muttiah RS, Williams JR. (1998) „Large area hydrologic modeling and assessment. Part I: model development.“ J Am Water Resour Assoc 34(1):73–89
 - [10] Jahić M. (2004) „Prostorno planiranje i zaštita okoline“, Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać
 - [11] Jahić M. (2009) „Hidrologija“, Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać
 - [12] Jahić M. (2007) „Hidrotehnika“, Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet Bihać