

## Prikaz metoda za određivanje ekološki prihvatljivog protoka na rijeci Plivi

PETAR R. PRAŠTALO, Institut za građevinarstvo „IG“ Banja Luka, Bosna i Hercegovina

Stručni rad

MILENA S. SLAVNIĆ, „Ekodozvola“ d.o.o. Banja Luka,

UDC: 556.535(497.6)

Bosna i Hercegovina

DOI: 10.5937/tehnika1802203P

*Ekološki prihvatljiv protok (EPP) je vrijedost protoka vode u rijeci koja je neophodna za život biljnog i životinjskog svijeta unutar jednog vodnog sistema. EPP se određuje u cilju osiguranja vodnih i za vodu vezanih ekosistema, bez obzira da li se radi o vodotocima stalnog ili povremenog karaktera. Pored toga, ova vrijednost je i zakonski definisana veličina koja se u različitim zemljama, tumači na sličan način. U radu su prikazane različite metode za određivanje EPP, na primjeru rijeke Plive u Republici Srpskoj.*

**Ključne riječi:** Ekološki prihvatljiv protok, EPP, rijeka Pliva, metode određivanja

### 1. UVOD

EPP se određuje radi održavanja ili vraćanja strukture i funkcije vodnih i uz vodu vezanih ekosistema, doprinoseći smanjenju degradacije stanja voda i ostvarivanju ciljeva zaštite životne sredine kroz održivo korištenje vode [1]. Koliko je ova veličina značajna, pokazuje i to da su mnoge države svijeta definisale zakonske odredbe i metodologiju određivanja EPP. Intenzivna gradnja malih hidroelektrana, akumulacija i vodozahvata na rijekama uticala je na to da se razvijaju različite metode za određivanje EPP.

Danas postoji veliki broj metoda za određivanje ekološki prihvatljivog protoka, ali metode se međusobno razlikuju jedna u odnosu na drugu, tako da dobijene vrijednosti EPP-a variraju u širokim granicama. Međutim, metode same po sebi definisane su za različite uslove i za različite potrebe samog vodoprivrednog sistema, za koje su kreirane.

Generalno više od 200 metoda je razvijeno u svijetu za određivanje EPP, i one se mogu razvrstati prema pristupu analizi i korištenju podloga, u četiri kategorije [2]:

- Hidrološke metode
- Hidrauličke metode

---

Adresa autora: Petar Praštalo, Institut za građevinarstvo „IG“, Banja Luka, Kralja Petra I Karađorđevića 92-94, Bosna i Hercegovina

e-mail: petarprastalo3@gmail.com

Rad primljen: 02.04.2018.

Rad prihvaćen: 12.04.2018.

- Metode očuvanja kvaliteta staništa
- Holističke metode.

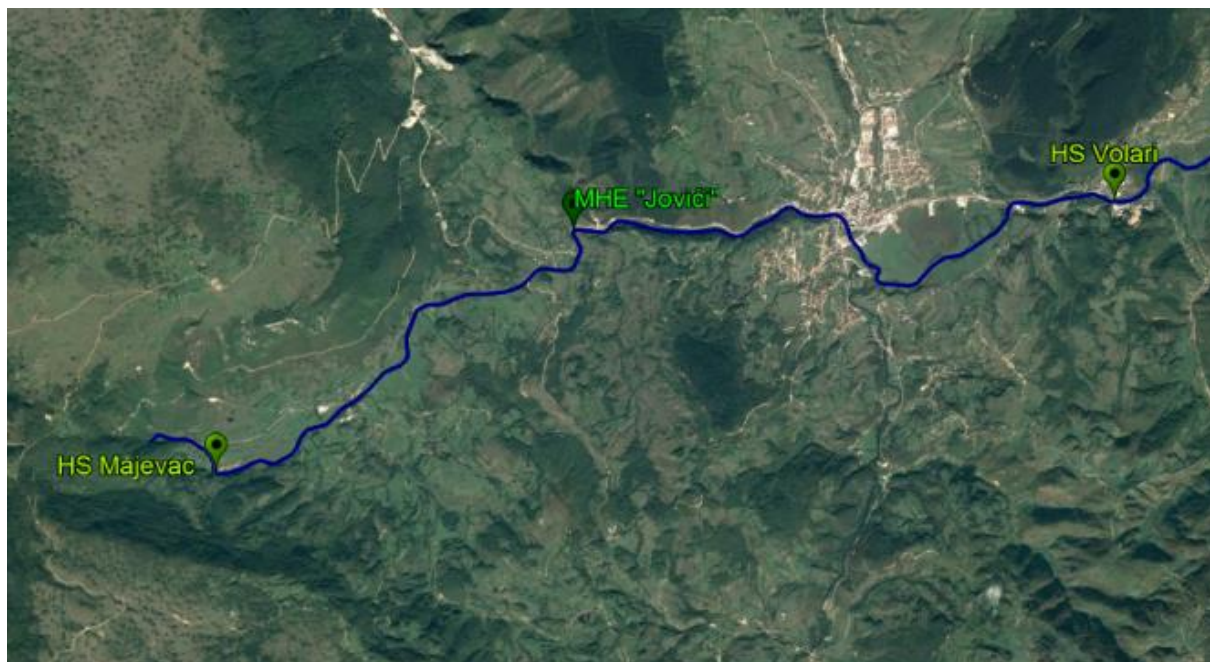
Na osnovu prethodno prikazane grupe metoda za određivanje EPP, kao reprezentativnu metodu u ovom radu koristimo hidrološku metodu, koja je najviše zastupljena na ovim prostorima.

Sama hidrološka metoda, kao što joj naziv govori bazira se na hidrološkim principima i istraživanjima hidrologa, koji su za ove i slične potrebe definisali veliki broj metoda koje su danas zastupljene u hidrotehničkoj praksi. U ovom radu su primjenjene hidrološke metode određivanja EPP za rijeku Pliva.

Rijeka Pliva je lijeva pritoka rijeke Vrbas, ima dužinu toka oko 33 km i površinu sliva 1.484 km<sup>2</sup>. Pliva je vodom najbogatija pritoka rijeke Vrbas. Izvire u podnožju brda Smiljevac, obronak Vitoroga iz dva kraška vrela velike izdašnosti. Ušće Plive u rijeku Vrbas je u gradu Jajcu na koti 345.0 mnm gdje se završava sa poznatim 20 m visokim vodopadom.

Za definisanje EPP na rijeci Plivi, primjenjena metodologija se bazira na definisanju EPP duž čitavog toka rijeke Plive. Na osnovu karakterističnih mjesta duž toka došlo se do određene funkcionalne zavisnosti koja može da definiše EPP na rijeci Plivi.

Za karakteristična mjesta korištene su dvije hidrološke stanice (HS), od kojih je jedna u gornjem a druga u srednjem toku rijeke Plive, kao i pregradni profil mHE „Jovići“ koji se nalazi između ove dvije HS. Na sljedećoj slici prikazan je položaj navedenih profila.



Slika 1 - Položaj profila na rijeci Pliva za definisanje EPP-a

U nastavku su tabelarno prikazani podaci dostupni sa navedene dvije HS:

Tabela 1. Prikaz raspoloživih podataka za HS

HS	Period za koji postoje podaci	Period prekida podataka
Majevac	1967-2017	1991-2015
Volari	1971-2016	1991-2016

Na osnovu profila za koji se definiše EPP, u nastavku se daje tabelarni prikaz površine sliva (hidrogeološka površina sliva) i stacionaža pojedinih profila.

Tabela 2. Podaci za izabrane profile rijeke Plive

Profil	Površina sliva [km <sup>2</sup> ]	Stacionaža [km]
HS Majevac	651.50	30.1
mHE "Jovići"	888.00	25.1
HS Volari	1350.00	18.5

Na osnovu sagledanih profila od interesa za koje se definiše EPP na osnovu različitih metoda, definiše se funkcionalna zavisnost koja može da prikaže EPP duž čitavog toka rijeke Plive.

## 2. METODOLOGIJA

Na osnovu prikazanih HS i raspoloživih podataka i perioda osmatranja, kao i profila koji su od interesa za definisanje EPP, u ovom radu su korištene sljedeće metode za određivanje EPP:

- 95% indeks (Statistička metoda),
- metoda GEP-a (Garantovani ekološki protok)
- Metoda Matthey (protok 300 dana tokom godine)
- Metoda MNQ (prosječni minimalni protok)
- Opšta procjena EPP-a (procjenjena vrijednost pomoću empirijskih formula).

Prikazane metode, zahtjevaju mjerenja protoka na samom profilu od interesa, pošto za rijeku Plivu postoje samo dvije HS, a tri profila od interesa za određivanje EPP. Za prikazivanje EPP-a u samom profilu mHE „Jovići“ korišćena metoda se bazira na korelaciji podataka sa dvije HS, odnosno, pojedine vrijednosti protoka od interesa dobijene su na osnovu podataka sa ove dvije HS.

Svaka metoda zahtjeva određene ulazne podatke koji su neophodni kao ocjena za određivanje EPP-a. Prije prikazivanja potrebnih ulaznih parametara za svaku metodu posebno, potrebno je prvo pogledati na osnovu Zakona o vodama („Službeni glasnik Republike Srpske“ br. 50/06 i 92/09, 121/12) samu definiciju EPP.

Članom 65 ovog zakona, ekološki prihvatljiv protok definiše se kao minimalni srednje mjesečni protok devedesetpetpostotne obezbjeđenosti [4]. Međutim, ovim zakonom, kao ni dodatnim zakonskim podaktima, nije jasno definisana metoda određivanja EPP-a. Shodno tome, tumačenjem ovog Zakona omogućeno je da se primjenjuju različite metode za određivanje EPP-a. Pored toga, postojećom definicijom u Zakonu o vodama za određivanje EPP-a, nisu detaljnije uzeti u razmatranje faktori kao što su značaj i kvalitet samih vodotoka. Recimo, za konkretan primjer

rijeke Plive, koja je kao primjer korišćena u ovom radu, na taj način da se naglasi to da se radi o vodotoku od velikog značaja. Naime, čitav sliv rijeke Plive, a naročito njen gornji tok predstavljaju jedno veliko prirodno bogatstvo. Cijeli gornji tok je planiran kao park prirode i smatra se zaštićenim prirodnim rezervatom RS. Pored svega ovoga, uskoro sa svojom

najvećom desnom pritokom rijekom Janj, Pliva bi trebala da bude pod zaštitom organizacije UNESCO.

U tabeli broj 3, prikazane su metode i opis parametara, koji su neophodni za proračun EPP-a. Svaka metoda sama po sebi može da se definiše kao metoda prema kojoj je vrijedost EPP-a u skladu sa Zakonom o vodama.

Tabela 3. Prikaz metoda i opis parametara potrebnih za proračun EPP-a

Metoda	Parametar
95% indeks	Statistička metoda malih voda, na osnovu dužeg perioda osmatranja. Statistička analiza metodog godišnjih ekstrema, metodom pikova i slično
Metoda MNQ	Minimalni prosječni višegodišnji protok, $Q_{epp} > Q_{sr, min}$
GEP metoda, autora Branislav Đorđević i Tina Dašić Za period: Maj-Oktobar $Q_{epp} = \begin{cases} 0.15Q_{sr} \text{ za } Q_{80\%}^{min,mes} \text{ ili } Q_{80\%}^{min,30} \leq 0.15Q_{sr} \\ Q_{80\%}^{min,mes} \text{ ili } Q_{80\%}^{min,30} \text{ za } 0.15 < Q_{sr} < Q_{80\%}^{min,mes} \text{ ili } Q_{95\%}^{min,30} < 0.25Q_{sr} \\ 0.25Q_{sr} \text{ za } Q_{80\%}^{min,mes} \text{ ili } Q_{80\%}^{min,30} \geq 0.25Q_{sr} \end{cases}$ Za period: Novembar-April $Q_{epp} = \begin{cases} 0.10Q_{sr} \text{ za } Q_{95\%}^{min,mes} \text{ ili } Q_{95\%}^{min,30} \leq 0.10Q_{sr} \\ Q_{95\%}^{min,mes} \text{ ili } Q_{95\%}^{min,30} \text{ za } 0.10 < Q_{sr} < Q_{95\%}^{min,mes} \text{ ili } Q_{95\%}^{min,30} < 0.15Q_{sr} \\ 0.15Q_{sr} \text{ za } Q_{95\%}^{min,mes} \text{ ili } Q_{95\%}^{min,30} \geq 0.15Q_{sr} \end{cases}$	Prosječni višegodišnji protok na razmatranom profilu, minimalni mjesečni protok 95% obezbjeđenosti, minimalni srednjemjesečni protok 80% sigurnosti, minimalni srednji 30-dnevni protok 95% obezbjeđenosti, minimalni srednji 30-dnevni protok 80% obezbjeđenosti
Metoda Matthey $Q_{epp} = 15 \cdot \frac{Q_{300}}{(\ln Q_{300})^2}$ Gdje $Q_{300}$ treba da bude veće od 50 l/s	Protok koji na prosječnoj liniji trajanja ima trajanje 300 dana
Metoda opšte procjene $Q_{epp} = 0.25 \cdot Q_{sr}$	Bazira se na osnovu procjene raspoložive količine vode u samom vodotoku u odnosu na prosječni višegodišnji protok

Ipak, za konkretan primjer rijeke Plive u ovom radu, jasan cilj je bio da se prikažu krajnje vrijednosti koje u zavisnosti od korišćene metode variraju u širokim granicama, a što zahtjeva posebnu pažnju.

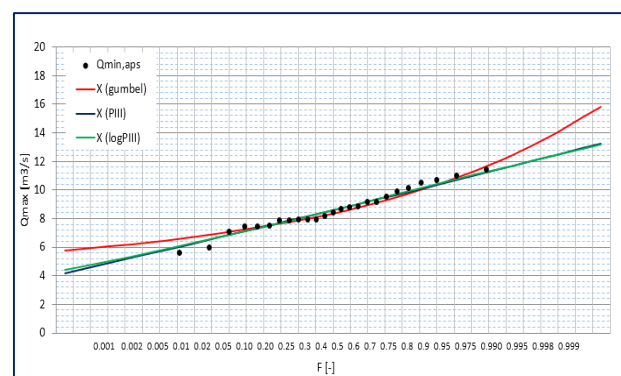
Prije prikaza rezultata i upoređivanja različitih metoda preko kojih se definiše EPP, na osnovu raspoloživih podataka dvije HS, može da se sprovede statistička analiza malih voda. Prema literaturi [5], a na osnovu raspoloživih podataka kao i u skladu sa Zakonom o vodama RS, ekološki prihvatljiv protok je i veličina javljanja malih voda jednom u 20 godina.

Dakle, da li na osnovu statističke analize malih voda ili na osnovu krive trajanja protoka za male vode, za trajanje 95% dana u toku jedne godine, može da se dođe do identičnih podataka o EPP.

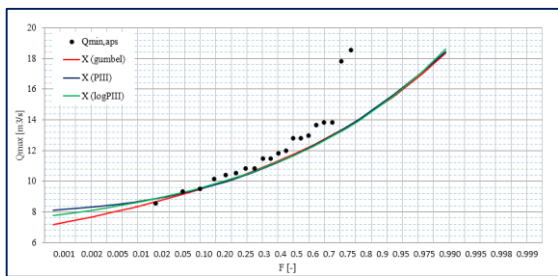
Na osnovu raspoloživih podataka sa dvije HS, urađena je statistička analiza. Statističkim testovima saglasnosti ustanovljeno je da obje stanice imaju

najbolje slaganje sa teorijskom LogPirson III raspodjelom.

U nastavku su grafički predstavljene empirijske i teorijske raspodjele za dve razmatrane HS.

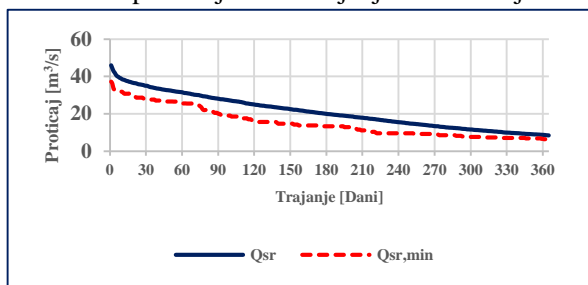


Slika 2 - Teorijske i empirijske raspodjele vjerovatnoća za HS Majevec

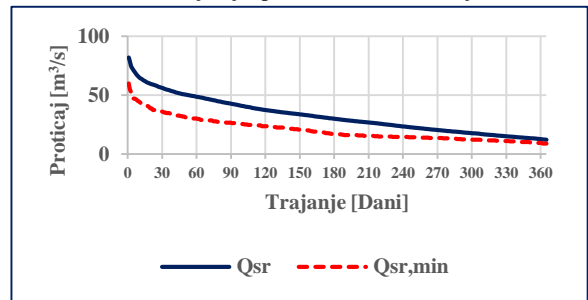


Slika 3 - Teorijske i empirijske raspodjele vjerovatnoća za HS Volari

Na osnovu prikazanih raspodjela vjerovatnoće u nastavku se prikazuju krive trajanja za ove dvije HS.



Slika 4 - Kriva trajanja protoka za HS Majevac

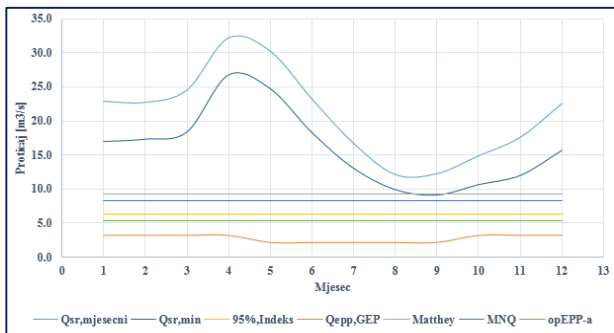


Slika 5 - Kriva trajanja protoka za HS Volari

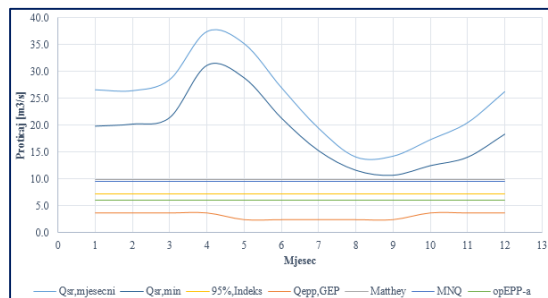
3. REZULTATI

Na osnovu prikazane metodologije, izvršena je obrada hidroloških podataka. Dobijeni rezultati za različite riječne profile su priloženi u nastavku.

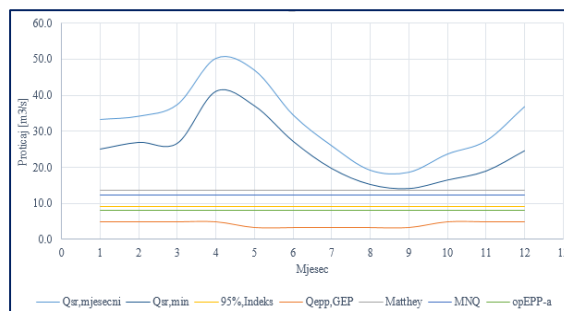
Prikaz rezultata zbog preglednosti je grafički, a rezultati su dati za profile HS Majevac, mHE „Jovići“ i HS Volari.



Slika 6 - Prikaz rezultata određivanja EPP-a za HS Majevac, na osnovu različitih primjenjenih metoda



Slika 7 - Prikaz rezultata određivanja EPP-a za mHE „Jovići“, na osnovu različitih primjenjenih metoda



Slika 8 - Prikaz rezultata određivanja EPP-a za HS Volari, na osnovu različitih primjenjenih metoda

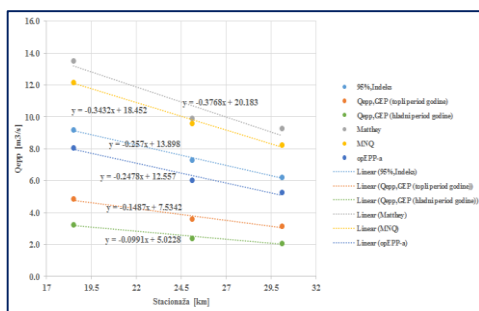
4. DISKUSIJA REZULTATA

Na osnovu prikazanih rezultata može se primjeti da ima značajnog odstupanja vrijednosti EPP-a, dobijenih po različitim metodama. Postoje značajna odstupanja drugih razmatranih metoda od vrijednosti koja se dobije statističkom analizom, 95% Indeks, metodom gdje su u potpunosti poštovani zahtjevi iz Zakona o vodama RS, dakle, minimalni srednji mjesečni protok 95% obezbjeđenosti kao i vjerovatnoće pojave male vode jednom u dvadeset godina. Veće vrijednosti od vrijednosti koja se dobije preko 95% indeksa su svakako metodama MNQ i Matthey. Ako analiziramo maksimalne i minimalne vrijednosti dobijene preko metode Matthey, odnosno GEP-a jasno je da postoji značajna razlika u dobijenim vrijednostima. Ova razlika se kreće i do 30% u odnosu na maksimalnu i na minimalnu vrijednosti EPP-a. Međutim, na osnovu ovakvih analiza, sigurno postoji dilema kolika je minimalana vrijednost EPP-a koja se može preporučiti i usvojiti kao minimalna donja granica ispod koje se voda ne smije zahvatati, već se mora zadržati u koritu vodotoka. Mnogi autori smatraju da se rezultati dobijeni metodom GEP-a mogu smatrati kao minimalna vrijednost za određivanje EPP-a. Međutim, u opisu same metode, kao ni u ostalim metodama, nije jasno definisan način na koji se uzima u obzir karakter samog vodotoka, područje u kojem se nalazi, kvalitet vode kao i zastupljenost biljnog i životinjskog svijeta unutar razmatranog vodnog sistema.

Pored toga, kao još jedna otežavajuća okolnost za razmatrani primjer rijeke Plive, jeste svakako i to da duž toka postoji veliki broj pastrmskih ribnjaka, gdje lokalna ribolovačka udruženja uzgajaju veoma kvalitetne pastrmke. Za kvalitetan uzgoj riječne pastrmke potrebno je oko 3 - 7 m<sup>3</sup>/s vode, u zavisnosti od perioda godine. Dakle, samo na osnovu potreba za vodom za uzgoj pastrmke, možemo da vidimo da je potrebna količina neophodna za kvalitetan uzgoj svakako veća od EPP-a dobijenog preko metode GEP-a.

Iz ovog proizilazi da su nizvodni korisnici voda u velikoj mjeri ugroženi od strane korisnika na uzvodnoj strani vodotoka. Na osnovu iznesenih zaključaka, svakako je od interesa da se EPP odredi na veoma racionalan način kako bi svi korisnici voda bili zadovoljni, a na taj način sačuvana i priroda, biljni i životinjski svijet.

Da bi na slikovit način prikazali definisanje EPP-a, na sljedećoj slici je prikazana funkcionalna zavisnost gdje je prikazana vrijednost EPP-a na osnovu različitih primjenjenih metoda, u odnosu na stacionažu pregradnih profila razmatranog vodotoka.



Slika 9 - Vrijednosti EPP-a duž toka rijeke Plive, prema različitim primjenjenim metodama

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu prikazanih različitih metoda za određivanje EPP-a može se zaključiti da se dobijaju rezultati u širokom opsegu i da treba posvetiti veliku pažnju prilikom određivanja EPP-a, pri čemu, treba uzeti u obzir i faktore kao što su sam značaj i kvalitet, te samo bogatstvo razmatranog vodotoka.

Jasno pitanje na kraju može da bude, koju od metoda izabrati i koristiti za određivanje EPP-a? Zakonom o vodama Republike Srpske nije jasno definisano koja metoda se koristi za određivanje EPP-a. Dok je Zakonom o vodama BiH - Pravilnik o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka [3], definisana i sama metodologija određivanja. Ovo se naročito odnosi na vodotoke na kojima nema osmatranja niti mjerenja hidroloških veličina.

Zaključujemo da je važeći Zakon o vodama Republike Srpske po ovom pitanju ostao nedorečen. U članu 65, stav 3 Zakona o vodama („Službeni glasnik

Republike Srpske“ br. 50/06, 92/09 i 121/12) navodi se kako će se u saradnji sa Ministarstvom nadležnim za ekologiju propisati metodologija za određivanje EPP-a, te da će posebnim podzakonskim aktom biti definisana minimalno potrebna prethodna istraživanja, međutim, od 2006. godine do danas to nije definisano.

Može se zaključiti i da je po važećem Zakonu Republike Srpske izbor metode prepušten samom obrađivaču podataka, odnosno krajnju usvojenu metodu proračuna bira obrađivač prema sopstvenom nahođenju.

Mišljenje autora je da je 95% Indeks metoda pouzdanija u odnosu na druge razmatrane metode, jer u potpunosti prikazuje karakter malih voda, pri čemu je u potpunosti ispoštovan Zakon o vodama Republike Srpske. Metode Matthey i MNQ daju veću vrijednost EPP-a u odnosu na metodu 95% Indeks, dok ostale metode koje su prikazane daju znatno manju vrijednost EPP-a.

Na kraju svega prikazanog, savjet za sve buduće analize je da prilikom određivanja EPP-a treba imati u vidu i sam značaj i kvalitet vodotoka, sve postojeće i buduće korisnike kojima je takođe potrebna voda, prema njihovim potrebama. Povrh svega, postoji i zahtjev da se sačuva životna sredina, priroda, biljni i životinjski svijet.

Na samom kraju, gore navedeni zaključci su najbolje objašnjeni poznatim Andrićevim citatom: „Ne teče rijeka, nego voda! Kao što ne prolazi vrijeme, nego mi!“.

## 6. ZAHVALNOST

Autori, rada se zahvaljuju Republičkom hidrometeorološkom zavodu Republike Srpske – RHMZ, Banja Luka, za ustupanje podataka, koji su korišćeni u ovom radu.

## LITERATURA

- [1] Đorđević B, Dašić T, Određivanje potrebnih protoka nizvodno od brane i rečnih vodozadržavanja, *Vodoprivreda*, 0350-0519, 43, 252-254 p.151-164, 2011.
- [2] Green Home, Ekološki prihvatljiv protok, *Vodič za primjenu pravilnika u praksi*, 2014.
- [3] Zakon o vodama („Službene novine Federacije BiH”, broj 70/06), Pravilnik o načinu određivanja ekološki prihvatljivog protoka.
- [4] Zakon o vodama („Službeni glasnik RS”, br 50/06, 92/09, 121/12) – Republike Srpske
- [5] Husno H, *Inženjarska Hidrologija*, Građevinski fakultet Sarajevo, 2007

## SUMMARY

### METHODS FOR DETERMINING ECOLOGICALLY ACCEPTABLE FLOW THE RIVER PLIVA CASE STUDY

*Ecologically acceptable flow (EPP) is a value of river flow that is necessary for survival of flora and fauna within a water body. The EPP is determined in order to protect water and water related ecosystems, regardless of whether they are watercourses of a permanent or temporary character. In addition, EPP is defined in legislation and is interpreted in a similar way in different countries. The paper presents application of various methods for determining the EPP, on an example of the Pliva River in the Republic of Srpska.*

**Key words:** *Ecologically acceptable flow (EPP), River Pliva, methods of determination*