

ЈУГОСЛОВЕНСКО ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ВОДА

29. конференција о актуелним проблемима заштите вода

# ЗАШТИТА ВОДА 2000

*The 29<sup>th</sup> Annual Conference of Yugoslav Water Pollution Control Society  
"WATER POLLUTION CONTROL 2000"  
Conference Proceedings*



Матарушка Бања, 6. – 9. јун 2000.

**ОРГАНИЗАТОРИ:**

ЈУГОСЛОВЕНСКО ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ВОДА  
ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ВОДА СРБИЈЕ

**ОДРЖАВАЊЕ КОНФЕРЕНЦИЈЕ СУ ПОМОГЛИ:**

- Савезно министарство за развој, науку и животну средину
- Министарство за науку и технологију Републике Србије
- Дирекција за планирање и изградњу "Краљево"
- ЈП "Водовод и канализација", Подгорица

**ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР:**

Милутин МАНДИЋ, дипл.инж.грађ., Краљево - ПРЕДСЕДНИК  
Марко РОМЧЕВИЋ, дипл.инж.геол., Краљево  
Мирко ЈОКСИМОВИЋ, дипл.инж.шум., Краљево  
Др Зоран ЧУКИЋ, дипл.инж.технол., Београд  
Веселин ПЕРОВИЋ, дипл.инж.грађ., Подгорица  
Др Дубравка РЕГНЕР, дипл.биол., Котор  
Мр Јелена БРАЈОВИЋ, дипл.хем., Подгорица  
Мр Александар ЂУКИЋ, дипл.инж.грађ., Београд  
Милена МИЛОРАДОВ, Београд - (Тех. секретар)

**РЕДАКЦИОНИ ОДБОР:**

Проф. др Бранислав ЂОРЂЕВИЋ, дипл.инж.грађ., Београд - ПРЕДСЕДНИК  
Проф. др Александар ЂОРОВИЋ, дипл.инж.грађ., Подгорица  
Проф. др Мирко ПОПОВИЋ, дипл.инж.технол., Београд  
Проф. др Божо ДАЛМАЦИЈА, дипл.хем., Нови Сад  
Проф. др Станка ФИЛИПОВИЋ, дипл.хем., Подгорица  
Проф. др Вера МИТРОВИЋ-ГУТУЊЦИЋ, дипл.биолог, Београд  
Проф. др Петар МИЛАНОВИЋ, дипл.инж.геол., Београд  
Др Дубравка РЕГНЕР, дипл.биолог, Котор  
Др Гордана НИКЕЗИЋ, дипл.биолог, Винча

**УРЕДНИК**

Мр Александар ЂУКИЋ, дипл.инж., Београд

Слика на корицама: река Ибар у околини Краљева

**ШТАМПА:** "Никола Николић", Крагујевац

ТИРАЖ: 400

По мишљењу Министарства културе Републике Србије бр. 413-00-1298/98-04 ослобођено плаћања пореза на промет

## GARANTOVANI EKOLOŠKI PROTOK KAO KLJUČNA VODOPRIVREDNA MERA ZAŠTITE VODA

Dr Branislav Đorđević\*, Mr Tina Milanović\*

\**Građevinski fakultet u Beogradu, E-mail: branko@grf.bg.ac.yu*

*Pametna čovek pronaći će vodu i u  
pustinji, glup će i kraj reke ostati žedan.  
Japanska poslovice*

### REZIME

Izbor garantovanog ekološkog protoka koji se ispušta iz akumulacije jedna je od najvažnijih odluka koja mora da se donese pri planiranju akumulacije. u radu se kritički analiziraju metode za određivanje garantovanog ispuštanja koje se koriste u svetu. Na osnovu tih analiza, kao i hidroloških analiza malih voda i morfološko - ekoloških analiza koje su urađene na našim vodotocima, definisana je nova metoda za izbor garantovanog ekološkog protoka. Ovu metodu karakterišu jednostavnost primene, prilagođenost životnim aktivnostima biocenoza u rečnom biotopu, kao i zaštita nizvodnog vodenog ekosistema.

KLJUČNE REČI: akumulacije, ispuštanja, nizvodna deonica, garantovani protok, biocenoze

## GUARANTIED ECOLOGICAL DISCHARGE AS A MAIN WATER RESOURCES CRITERION FOR WATER PROTECTION

### ABSTRACT

Selection of guaranteed ecological discharge from reservoir is one of the most important decisions in planning reservoir process. Methods used in the world are analyzed in the paper. On a base of those analyses, as well as hydrological analyses of low water flows and morphological-ecological analyses made for our water flows, a new method for selection of guaranteed ecological discharges is defined. The method is easy to apply, it takes in consideration needs of downstream biocenose and it protects down stream water ecosystem.

KEY WORDS: reservoir, discharge, downstream section, guaranteed discharge, biocenose

### UVOD

Formiranjem akumulacija menjaju se vodni režimi na deonicama reka nizvodno od brana, odnosno ranije neupravljani režimi pretvaraju se u upravljane. Upravljanje vodnim režimima omogućava da se izvrši preraspodela protoka po vremenu na način kojim se popravljaju obe

komponente vodnih režima, posebno u periodima malih voda. Na taj način se namenskim ispuštanjem vode najboljeg kvaliteta mogu značajno popraviti i kvantitativne i kvalitativne komponente vodnih režima nizvodno od brana, što se u hidrotehnici naziva oplemenjavanjem malih voda.

Sa ekološkog i vodoprivrednog stanovišta posebno su važna dva upravljana vodna režima: (1) garantovan ekološki protok; (2) vodoprivredni minimum. **Garantovan ekološki protok** je protok koji se mora uvek obezbediti u nizvodnom koritu za normalan opstanak i razvoj biocenoza u reci kao biotopu. Znači, taj protok, kojim se upravlja namenskim ispuštanjem odgovarajuće količine vode iz akumulacije, predstavlja ekološku kategoriju. **Vodoprivredni minimum** je vodoprivredna kategorija: to je protok koji se mora obezbediti nizvodno od akumulacije, kao i nizvodno od svakog vodozahvata na reci radi podmirivanja potrebe svih korisnika voda koji se nalaze nizvodno. Dok se ekološki garantovan protok tokom planiranja vodoprivrednih sistema određuje na bazi ekoloških studija, te kasnije u upravljačke zadatke ulazi kao neprikosnoveno ograničenje, vodoprivredni minimum je upravljačka veličina, do koje se dolazi optimizacijom i iterativnim usaglašavanjem ciljeva i interesa svih korisnika vode na slivu.

#### PROBLEMI ODREĐIVANJA GARANTOVANIH EKOLOŠKIH PROTOKA

Veličina garantovanih ekoloških protoka predmet je brojnih istraživanja u svetu, posebno u novije vreme, sa jačanjem svesti o nužnosti valjane ekološke zaštite vodotoka. Postoji mnogo metoda za određivanje preporučenih protočnih režima nizvodno od brana. EPRI (*Electric Power Research Institut, 1986*) identifikovao je čak 70 metoda i modela korišćenih za određivanje garantovanih ispuštanja iz akumulacija za potrebe ekoloških sistema. Međutim, pažljivom analizom sve te metode mogle bi se podeliti u dve grupe: (1) metode vezivanja za neki karakteristični proticaj, (2) metode očuvanja kvaliteta staništa (*habitat quality methods*).

**(1) Metode vezivanja za neki karakteristični proticaj.** Te metode, koje bi se mogle nazvati i tradicionalnim metodama, veličinu garantovanog ispuštanja nizvodno od brane povezuju sa nekom fiksnom veličinom protoka, bilo po verovatnoći ili trajanju, što predstavlja dosta pojednostavljen pristup. Tako "Nova engleska metoda" (*The New England Flow Recommendation Policy, Larson, 1980, u EPRI, 1986*) taj proticaj povezuje sa površinom i karakteristikama sliva. Formiraju se linearne zavisnosti površine sliva i protoka koga treba ostaviti u reci nizvodno od brane ili zahvata, pri čemu se te veze mogu posebno definisati za pojedine delove godine (proleće, leto, zima). Druga podgrupa metoda ove grupe koristi krivu trajanja protoka, ili dijagram verovatnoće malih voda, te preporučeni protok vezuju za male vode određenog trajanja ili verovatnoće. Tako metoda "7Q20" taj protok zasniva na sedmodnevnom prosečnom malom protoku, sa povratnim periodom 20 godina. Taj kriterijum je ranije dosta često korišćen za male projekte u SAD i Kanadi. U Evropi se kao garantovani protok često usvaja mala voda trajanja 30 dana, verovatnoće 95%. Kod nas se najčešće koristi u varijanti da se taj protok vezuje za malu mesečnu vodu verovatnoće 95%, pošto se ta veličina dobija znatno lakše od tridesetodnevne vode, za koju su potrebni podaci o dnevnim protocima. Tako određen protok je nešto veći od tridesetodnevne male vode iste verovatnoće. U novije taj se protok uvećava za 20 do 50%, kako bi se stvorili još povoljniji uslovi za razvoj vodenih ekosistema nizvodno od brane. U novije vreme se kod nas postavlja sve češći zahtev da se mala mesečna voda verovatnoće 95% uveća za 50%, te da se tako definiše garantovan ekološki protok

neposredno nizvodno od brane. Treću podgrupu ove grupe metoda čine metode kod kojih se garantovani protok vezuje za srednji višegodišnji proticaj. Najpoznatija metoda iz te podgrupe je metoda Tennant (Tennant, 1976), koja se dosta često koristila u SAD i Kanadi. Na osnovu 1600 merenja na rekama u SAD Tennant je zaključio da se oko 60% rečnog korita nalazi pod vodom pri protoku od 10% od srednjeg godišnjeg protoka -  $Q_{sr}$  (Average Annual Flow - AAF), uz još uvek prihvatljive uslove u ribljim staništima, zbog čega je garantovane protoke vezao za tu veličinu.

Najčešće su bile korišćene dve veličine preporučenog garantovanog protoka: (1) ispuštanje 10% od srednjeg godišnjeg protoka  $Q_{sr}$ , koji, očigledno, spada u rešenja koja značajno narušavaju vodne režime malih voda; (2) ispuštanje 20 do 40% od prosečnog godišnjeg protoka, koji spada u kategoriju 'dobro' ocenjenih režima ispuštanja. Kod nas su projektanti često koristili prvi kriterijum ( $0,1Q_{sr}$ ), sa eventualnom korekcijom na  $0,15Q_{sr}$ . Razlog tako česte primene je dosta jasan: veoma laka primena, dosta malo 'gubljenje vode' (upravo tako reče jedan projektant), što je omogućavalo da za korisnike vode ostanu najveće moguće količine vode.

Da bi se otklonile slabosti ove metode u slučaju reka sa jako neravnomernim vodnim režimima (u tom slučaju su se dobijali izuzetno mala ispuštanja u malovodnom delu godine), urađene su njene popravke (Tassman, 1980), uvođenjem u razmatranje i srednje mesečnih protoka (Mean Monthly Flow - MMF), tako da se kriterijum izbora garantovanog protoka jednostavno određuje iz tabele 1.

Tabela 1: Modifikovana Tennant metoda (Tassman, 1980)

Table 1: Modified Tennant method (Tassman, 1980)

SITUACIJA	MIN.
SMP < 40% SGP	SMP
SMP > 40% SGP i 40% SMP < 40% SGP	40% SGP
40% SMP > 40% SGP	40% SMP

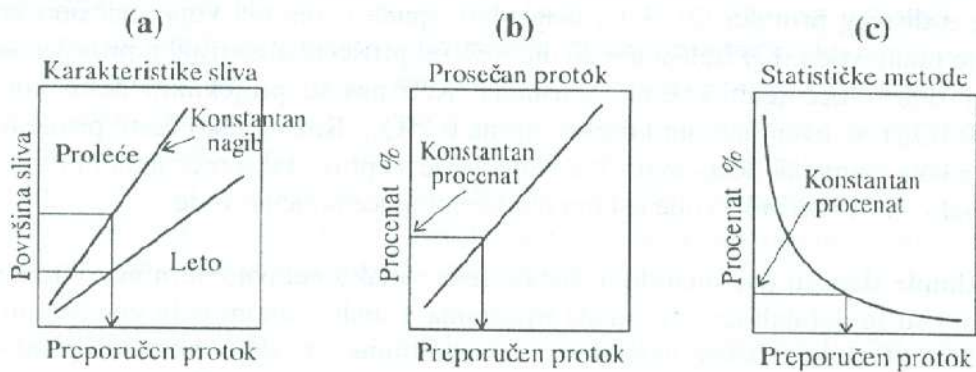
Mada ova metoda ima više slabosti (ne uzima u obzir karakteristike pojedinih ribljih vrsta, posebne zahteve riblje mladi, itd), zbog izuzetne preglednosti dosta često se koristi, naročito u preliminarnim fazama planiranja vodoprivrednih sistema. Analiza korišćenih metoda (Reiser, Wesche, Estes, 1989) pokazuje da je najčešće korišćena metoda u SAD i Kanadi u ranijem periodu bila upravo modifikovana Tennant-ova metoda.

Ključni nedostaci grupe metoda koje se vezuju za karakteristične protoke su: ne uzimaju u obzir sezonske varijacije protoka, ne vode računa o realnim potrebama nizvodnih biocenoza, konstantan protok ispuštanja iz akumulacije ne odgovara dinamizmu potreba ribljih vrsta.

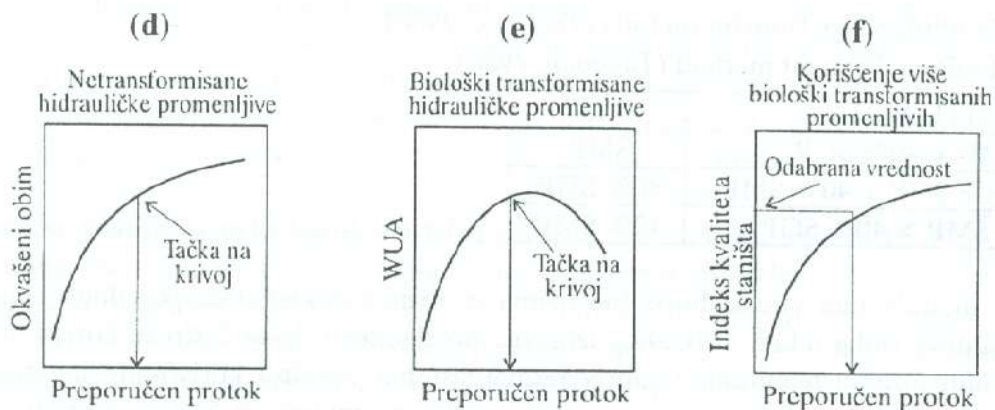
**(2) Metode očuvanja kvaliteta staništa (habitat quality methods).** Metode iz te grupe određuju ekološki garantovan protok na bazi analize kvaliteta ribljeg staništa. Jednostavnija među njima, metoda okvašenog perimetra, pretpostavlja da postoji direktna zavisnost između okvašenog perimetra (obima) korita i kvaliteta ribljeg staništa. Suština metode najsazetije je prikazana na sl. Id. Rade se zavisnosti promene okvašenog obima u zavisnosti od protoka. Preporučeni garantovani protok se bira na nekoj tački preloma / infleksije na toj zavisnosti, pošto na njoj dolazi do naglog pada veličine okvašenog obima, a time i do pada kvaliteta staništa (Anner i

Conder, 1984). Za analizu se izdvajaju karakteristične plitke deonice, jer su važne sa gledišta mrešćenja i razvoja riblje mladi. Mana metode je što unosi dosta subjektivizma u analizu, naročito u slučaju kada ima više tačaka preloma. No, zbog svoje jednostavnosti može se koristiti kao provera neke od metoda prethodne grupe (npr. zajedno sa metodom Tennant). Treba istaći da pri analizi okvašenog obima treba posebno izdvojiti ekološki karakteristične deonice reke nizvodno od brane, posebno one zone u kojima se ribe mreste ili koje su važne za njihova migraciona kretanja.

### TRADICIONALNE METODE



### METODE KVALITETA STANIŠTA



Slika 1: Pregled metoda za proračun potrebnih ispuštanja vode iz akumulacije  
Figure 1: Methods for calculation of discharge from reservoir

Jedna od najkompletnijih metoda iz ove grupe je Metoda priraštaja protoka (*Instream Flow Incremental Metodology - IFIM*), koja je razvijena u U.S. Fish and Wildlife Service. Na osnovu niza fizičkih i bioloških parametara (Gore and Nesler, 1988) ova metoda definiše indeks WUA (*Weighted Usable Area*) za različite protoke, za svaku riblju vrstu i svaku fazu njihovog razvoja. Metoda zahteva obimne istražne radove "in situ". Njima se uspostavljaju zavisnosti protoka, brzina i dubina u toku na reprezentativnim deonicama. Na osnovu osmatranja ribljih populacija definišu se potrebe za staništem različitih ribljih vrsta (*Habitat Suitability Index Curves - HSIC*), koje se u odsustvu takvih merenja mogu dobiti i na bazi podataka koje objavljuje U.S. Fish and Wildlife Servis (1986). Na osnovu tih podataka određuje se WUA u zavisnosti od protoka (sl. 1e). Indeks WUA može se odrediti primenom odgovarajućih analitičkih relacija (detaljnije Djordjević, 1993). IFIM je trenutno jedna od najkompletnijih metoda za određivanje

preporučenog ekološki garantovanog protoka nizvodno od brane. Njene novije interpretacije (Locke, 1989) idu ka uvođenju dinamizma koji što fleksibilnije prati ekološke zahteve riba tokom vremena (*Fish Rule Curve*). Sa stanovišta planera vodoprivrednih sistema to znači zahtev da se urade što potpunije analize potrebnih zapremina akumulacija, vodeći računa i o tom dinamizmu ispuštanja garantovanih protoka. Takođe, treba se odlučiti za najoperativniju opremu zatvarača ispusta. Jedna od mogućnosti obezbeđivanja što povoljnijih uslova u staništima je i ugrađivanje zahvata na više nivoa, kako bi se voda zahvatala (na isti način kao kod zahvata za vodovode) sa nivoa na kome su najpovoljnije temperature i kvalitet vode sa gledišta zahteva nizvodnog ekosistema. Međutim, njena je najveća slabost izuzetna složenost istražnih radova, zbog čega se malo koristi čak i u bogatim zemljama u kojima je nastala. U našim uslovima je zbog toga praktično neupotrebljiva.

#### PREDLOG NOVE METODE GEP

Nova metoda je nazvana Metoda GEP (Garantovani Ekološki Protok). Njena pravila izbora su definisana vrlo jednostavno, ali da bi se ta jednostavnost postigla uradene su vrlo podrobne hidrološke analize malih voda na vodotocima Srbije, kao i morfološke analize okvašenih obima minor korita, kako bi se izvukle zakonitosti morfoloških odnosa i protočnosti, kao osnovnih abiotičkih pokazatelja kvaliteta ribljih staništa. Polazište za definisanje predložene metode bili su sledeći zahtevi.

- ◆ Metoda treba da u sebi objedini sve dobre osobine četiri grupe metoda koje se najoperativnije koriste u svetu, eliminišući njihove slabosti. Metode čija su iskustva na određeni način neposredno ugrađena u novu metodu su sledeće: iz grupe tradicionalnih metoda: (a) Montana - Tennant metoda, nesumnjivo najčešće korišćena metoda u svetu, (b) modifikovana Tennant metoda, (c) Statističke metode, a iz grupe metoda sa analizom kvaliteta staništa: (d) metoda okvašenog obima. Pored tih metoda, čija su iskustva neposredno ugrađena u novu metodu GEP, uzeta su u obzir i iskustva ostalih metoda (IFIM, regresione metode), od kojih je kapitalno iskustvo da se te metode nikako ne mogu primeniti kod nas, zbog veoma složenih, dugotrajnih i skupih istražnih radova, koji zahtevaju posebne specijaliste koji se samo time bave. Sažeto rečeno: nova metoda treba da zadrži sve dobre osobine postojećih metoda, a da otkloni njihove slabosti, koje su uočene tokom primene u raznim zemljama.

- ◆ Metoda mora da bude veoma operativna i da se može upotrebiti imajući u vidu baze hidroloških podataka koji su standardne i uobičajene pri projektovanju brana, akumulacija i vodozahvata na rekama.

- ◆ Metoda treba da bude vrlo jednostavna za praktičnu primenu. To je postignuto na taj način što je vrlo obimne regionalne hidrološke analize malih voda i morfološke analize uradio Obradivač, kako bi sagledao čitav opseg primenljivosti nove metode, svodeći samu metodu na veoma jednostavno pravilo.

- ◆ Važno polazište za izbor metode je bilo da rezultati - dobijeni garantovani ekološki protoci određeni po novoj metodici - moraju uvek da budu ekološki povoljniji od rezultata iz kategorije "prilično dobar" u okviru metode Montana -Tennant, ali bez narušavajućih elemenata, i da se najvećim delom približavaju rezultatima iz kategorije "dobar" iz te iste metode.

- ◆ Metoda mora da bude univerzalna, tako da se može primeniti na vodotocima svih hidroloških režima i karakteristika u Srbiji.

Moraju se razdvojiti dva perioda u toku godine: (1) hladni period godine, kada su aktivnosti biocenoza vrlo usporene, i kada nema kritičnih aktivnosti u razvoju ihtiofaune, (2) topli period godine, kada se vrlo dinamično i živo odvijaju sve vitalne aktivnosti biocenoza, uključiv i njihovu

reprodukciju. Očito je da je neophodno da se tada i garantovani ekološki protoci prilagode tom razvoju, te su tada povećani.

Već je naglašeno da su pri definisanju metode GEP iskorišćena veoma bogata i dragocena iskustva koja su stečena u svetu pri primeni svih drugih metoda. Ovde se sistematizuju najvažnija iskustva koja su iskorišćena pri definisanju nove metode.

Iz metode Montana - Tennant pored velikog iskustva koje je stečeno njenom primenom u svetu usvojeni su sledeći principi: dinamizam garantovanih protoka, koji se ogleda u usvajanju dva perioda u toku godine (hladni i topli deo godine) za koje se daju različite veličine protoka; iskustvo o opsezima protoka u odnosu na prosečne godišnje protoke za koje se dobijaju dobri ekološki efekti, iskustvo o kategorijama ekološke valjanosti garantovanih protoka.

Iz modifikovane Tennant metode usvojen je princip da je nužno izvršiti korekciju garantovanih protoka, kako bi se uzela u obzir neravnomernost raspodele protoka tokom godine. Na taj način se izbegava manjkavost nekih tradicionalnih metoda da se na rekama sa velikom neravnomernošću, kod kojih se najveći deo godišnjeg protoka realizuje tokom povodnja, odrede neprikladni, previše veliki garantovani protoci, niti da se malim odabranim garantovanim protocima degradiraju reke sa relativno ujednačenim režimima.

Iz grupe statističkih metoda je usvojen vrlo bitan princip da se odluka o garantovanim protocima mora da zasniva na stohastičkoj analizi malovodnih perioda. Učinjeno je značajno poboljšanje u odnosu na pomenute statističke metode "7Q20" i "Metodu transformacije krivih raspodele godišnjih protoka", time što su u novoj metodi GEP korišćeni rezultati stohastičke analize dugih perioda trajanja malovođa (analiza malih mesečnih voda, ili, ako se raspolaže sa podacima o dnevnim protocima, analiza verovatnoće 30-dnevnih malih voda). Time je metoda, probabilističkom analizom malovođa, znatno bolje približena realnosti hidroloških režima koje treba poboljšavati ispuštanjem garantovanih ekoloških protoka.

Iz metode okvašenog obima usvojen je važan logičan princip da kvalitet ribljeg staništa, a i kvalitet vodotoka kao biotopa zavisi od veličine okvašenog obima, posebno u periodu malovođa, kada opstanak biocenoza zavisi od kontinuiteta toka i okvašenog perimetra korita koji se stalno nalazi pod vodom. Morfološke analize koje su uradene u okviru ove studije pokazuju da na vodotocima čije su morfološke i hidrološke karakteristike onakve kakve su u Srbiji, tačka infleksije postoji i da se često nalazi u opsegu protoka  $(0,15 \div 0,25) \bar{Q}$ . To je na prvi pogled neočekivano slaganje sa kategorijom ispuštanja koja se ocenjuje ocenom "dobar" pri primeni metode Tennant. Međutim, brižljivije analize pokazuju da ta saglasnost uopšte nije neočekivana, zato što protoci koji se nalaze u tom opsegu najčešće obezbeđuju praktično puni kontinuitet vodnog ogledala reke. Kao takvi oni i u malovodnom periodu obezbeđuju dovoljno dobre uslove za opstanak i sve razvojne aktivnosti ribljih vrsta, uključiv i migracije u periodu mresta.

Da bi metoda bila operativna i jednostavna za primenu mora da se zasniva na manjem broju parametara, i to onih parametara koji se mogu dobiti odgovarajućom analizom raspoloživih hidroloških serija.

Primena GEP metode zasniva se na primeni tri parametra: (1) prosečni višegodišnji protok na profilu brane, odnosno mesta zahvata vode ( $\bar{Q}$ ), (2) mala mesečna voda obezbedenosti 95% ( $Q_{95\%}^{\text{min.mes}}$ ), (3) mala mesečna voda obezbedenosti 80% ( $Q_{80\%}^{\text{min.mes}}$ ). Ukoliko se raspolaže



višegodišnjim serijama dnevnih protoka, umesto minimalnih mesečnih protoka ( $Q_{95\%}^{\min,mes}$  i  $Q_{80\%}^{\min,mes}$ ) mogu se koristiti odgovarajuće vrednosti 30-dnevnih protoka malih voda istih verovatnoća ( $Q_{95\%}^{\min,(30)}$  i  $Q_{80\%}^{\min,(30)}$ ). Kada se raspolaze tim podacima, onda se svi navedeni principi izbora sažimaju u veoma jasnom pravilu, koji definiše GEP metodu:

Garantovani ekološki prosek ( $Q_{ekol.gar.}$ ) usvaja se u sledećim iznosima:

(1) U hladnom delu godine, koji obuhvata period [oktobar - mart] garantovani ekološki protok  $Q_{ekol.gar.}$  treba odabrati tako da odgovara veličini mesečne male vode verovatnoće 95% ( $Q_{95\%}^{\min,mes}$ ), odnosno male 30-dnevne vode iste verovatnoće ( $Q_{95\%}^{\min,(30)}$ ), ali ta vrednost ne može da bude manja od  $0,1 \times \bar{Q}$ , niti veća od  $0,15 \times \bar{Q}$ . Znači, u hladnom periodu godine  $Q_{ekol.gar.}$  bira se na osnovu relacije:

$$Q_{ekol.gar.} = \begin{cases} 0,1 \times \bar{Q} & \text{ako je } Q_{95\%}^{\min,mes} \text{ ili } Q_{95\%}^{\min,(30)} \leq 0,1 \times \bar{Q} \\ Q_{95\%}^{\min,mes} \text{ ili } Q_{95\%}^{\min,(30)} & \text{ako je } 0,1 \times \bar{Q} < Q_{95\%}^{\min,mes} \text{ ili } Q_{95\%}^{\min,(30)} < 0,15 \times \bar{Q} \\ 0,15 \times \bar{Q} & \text{ako je } Q_{95\%}^{\min,mes} \text{ ili } Q_{95\%}^{\min,(30)} \geq 0,15 \times \bar{Q} \end{cases}$$

(2) U toplom delu godine, koji obuhvata period [april - septembar]  $Q_{ekol.gar.}$  treba odabrati tako da odgovara veličini mesečne male vode verovatnoće 80% ( $Q_{80\%}^{\min,mes}$ ), odnosno male 30-dnevne vode iste verovatnoće ( $Q_{80\%}^{\min,(30)}$ ), ali ta vrednost ne može da bude manja od  $0,15 \times \bar{Q}$ , odnosno ne treba da bude veća od  $0,25 \times \bar{Q}$ . Znači, u toplom delu godine  $Q_{ekol.gar.}$  bira se na osnovu relacije:

$$Q_{ekol.gar.} = \begin{cases} 0,15 \times \bar{Q} & \text{ako je } Q_{80\%}^{\min,mes} \text{ ili } Q_{80\%}^{\min,(30)} \leq 0,25 \times \bar{Q} \\ Q_{80\%}^{\min,mes} \text{ ili } Q_{80\%}^{\min,(30)} & \text{ako je } 0,15 \times \bar{Q} < Q_{80\%}^{\min,mes} \text{ ili } Q_{80\%}^{\min,(30)} < 0,25 \times \bar{Q} \\ 0,25 \times \bar{Q} & \text{ako je } Q_{80\%}^{\min,mes} \text{ ili } Q_{80\%}^{\min,(30)} \geq 0,25 \times \bar{Q} \end{cases}$$

U slučaju da vrednosti garantovanih ekoloških protoka dobijene preko definisanih verovatnoća malih voda izlaze izvan opsega koji su definisani gornjim pravilima i nejednačinama, usvajaju se granične vrednosti.

(3) U slučaju vodotoka kod kojih postoje posebni ekološki ili sportsko - turistički i rekreacioni zahtevi i ciljevi, vrednosti koje se dobijaju po gore navedenim pravilima mogu se uvećati: u hladnom delu godine do 15%, u toplom delu godine do 30%. To se može činiti samo uz posebnu analizu svrsishodnosti takvog povećanja.

(4) Vrednosti garantovanog protoka dobijene za hladan deo godine mogu se tretirati kao konstantne, mada je moguće, po potrebi, i njihovo izvesno variranje (izvesno povećanje protoka u martu, kada se mreste neke riblje vrste koje to čine u tom hladnom periodu (štuka).

(5) Vrednosti koje se dobijaju kao garantovano ispuštanje u toplom delu godine su prosečne. One se mogu finije prilagodavati potrebama razvoja biocenoza, posebno ihtiofaune, na taj način što se u kritičnim razdobljima (period mresta, itd) povećava ispuštanje, u skladu sa eventualnim zahtevima službi nadležnih za ekološku zaštitu i ribarstvo. Smanjenja su moguća u povoljnim

hidrološkim situacijama, kada su protoci na pritokama povoljni, ali se ne sme dozvoliti da na deonici nizvodno od brane protoci budu manji od onih koji se ispuštaju u hladnom delu godine.

## ZAKLJUČAK

U radu se daje nova metodologija za određivanje garantovanih ekoloških protoka nizvodno od brana - akumulacija u Srbiji. Metoda GEP (Garantovani Ekološki Protok) sadrži u sebi dobre osobine više metoda koje se koriste u svetu. Bitno je da veličinu protoka prilagodava potrebama vodenih ekosistema nizvodno, tako da su protoci različiti u toplom i hladnom delu godine. Jednostavna je za upotrebu, jer se zasniva na analizi verovatnoće malih mesečnih voda. U radu se sistematizuju i druge mere (npr. selektivni ispusti za garantovane protoke), kako bi se ostvarili najpovoljniji ekološki uslovi na nizvodnim deonicama reke.

## LITERATURA

- [1] Anner, T.C. and A.L. Conder. 1984. Relative Bias of Several Fisheries Instream Flow Methods. *North American Journal of Fisheries Management*, 4:531-539.
- [2] Dajoz, R. 1972. *Precis d'ecologie*. Dunod, Paris.
- [3] Đorđević, B. 1991. Primena ekoloških modela u planiranju vodoprivrednih sistema. *Vodoprivreda*, 131-132.
- [4] Djordjević, B.: *Cybernetics in Water Resources Management*; WRP, Co., USA
- [5] EPRI (Electric Power Research Institute). 1986. *Instream Flow Methodologies*. Report EPRI: EA-4819. See Savić, 1992.
- [6] FAO. 1968. *Evaluation of the Methodology for Recommending Flows for Fishes*. FAO Publication. See Dajoz, 1972.
- [7] Fenchel, T. and F.B. Christiansen. 1976. *Theories of Biological Communities*. Springer-Verlag, New York.
- [8] Gore, J.A. and J.M. Nestler. 1988. *Instream Flow Studies in Perspective*. *Regulated River. Research and Management*, 2:93-101
- [9] Irvin, J.R., Jowett, I.G. and D. Scott. 1987. A Test of the Instream Flow Incremental Methodology for Underyearling Rainbow Trout, *Salmo Gairdneri*, in *Experimental New Zealand Streams*. *New Zealand Jour. of Marine and Freshwater Research*, 21 : 35-40.
- [10] Janković, M.M. 1987. *Fitoekologija*. Naučna knjiga, Beograd
- [11] Keenleyside, M.H. 1979. *Diversity and Adaptation in Fish Behaviour*. Springer-Verlag, Berlin. New York
- [12] Levins, R. 1975. *Evolution of Communities near Equilibrium*. In: *Ecology and Evolution of Communities* by Cody M.L. and J.M. Diamond (eds). Belknap Press of Harvard University Press, pp.16,50.
- [13] Locke, A.G. 1989. *Instream Flow Requirements for Fish in the Highwood River*. *Land and Wildlife*. Alberta. See Savić, 1992.
- [14] May, R.M. 1975 (b). *Stability and Complexity in Model Ecosystems*. Princeton University Press, Princeton
- [15] Mathur, D., W.H. Bason, E.J. Purdy, C.A. Silver. 1984. A Critique of the Instream Flow Incremental Methodology. *Canad. Journal of Fish. Aquat. Sci.* 42: 825-830.
- [16] Odum, E.P. 1969. *The Strategy of Ecosystem Development*. *Science*, 164.
- [17] Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. 3rd edn. Saunders, Philad.
- [18] Savić, D.A. 1992. Metode proračuna protoka potrebnih za održanje riblje populacije. *Vodoprivreda*, Beograd, 137-140: 147-156.
- [19] Tennant, D.L. 1976. *Instream Flow Regiments for Fish, Wildlife, Recreation and Related Environmental Resources*. *Fisheries*, 1(4)