

WWF Projekat: "Živjeti Neretvu"

Radna grupa za ekološki prihvatljivi protok

'Ekološki prihvatljivi protok je kvalitet, količina i raspodjela vode koja je potrebna da bi se održala jedinjenja, funkcije i procesi akvatičnih ekosistema koji su neophodni za život ljudi'

FINALNA VERZIJA

Definicije iz lokalnih zakona:

Zakon o vodama FBiH:

Ekološki prihvatljiv protok predstavlja minimalni protok koji osigurava očuvanje prirodne ravnoteže i ekosistema vezanih za vodu.

Zakon o vodama RS

*„Ekološki prihvatljivi protok se utvrđuje.....
...uzimajući u obzir specifičnosti lokalnog ekosistema i sezonske varijacije protoka“.*

1. UVOD.....	2
1.1. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	3
2. NACIONALNA POLITIKA I PRAVNI OKVIR.....	5
3. METODE PROCJENE EKOLOŠKI PRIHVATLJIVOG PROTOKA	5
3.1 Hidrološke metode	7
3.2 Hidrauličke metode	8
3.3 Metoda očuvanja kvaliteta staništa	9
3.4 Holističke metode	10
4. PREGLED METODOLOGIJA	14
4.1. Prikaz metoda u upotrebi u različitim zemljama	14
5. ODREĐIVANJE I IMPLEMENTIRANJE ISPUŠTANJA EKOLOŠKI PRIHVATLJIVOG PROTOKA SA PREGRADNIH OBJEKATA	16
5.1. Planiranje režima ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka	21
5.2. Definiranje dugoročnog režima ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka	23
6. PRIJEDLOG NOVE METODE	25
7. PRIJEDLOG AKTIVNOSTI ZA FAZU II PROJEKTA “ŽIVJETI NERETVU” (Ekološki prihvatljivi protok).....	29
7.1. Ključni zaključci ove faze i preporuke za narednu	29
7.2. Sveobuhvatni cilj druge faze projekta	30
8. Zaključak	32

1. UVOD

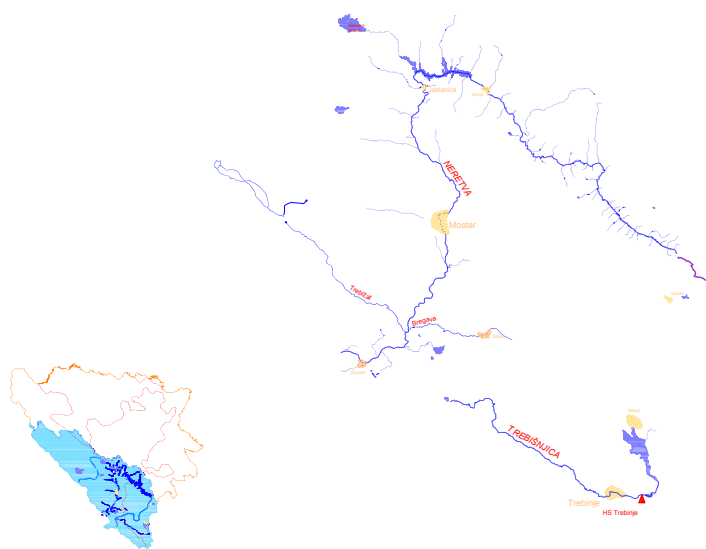
Tokom prethodnog stoljeća, broj stanovnika u svijetu se učetverostručio. Površina poljoprivrednog zemljišta koje se navodnjava se više nego ušesterostručila, a zahvatanje vode iz slatkovodnih ekosistema se povećalo za osam puta (Gleick, 1998; Postel, 1999). Sve veća potražnja za vodom ugrožava stanje rijeka širom svijeta, što rezultira gubitkom vitalnih roba i usluga koje one pružaju. Danas sve više vlada mišljenje da svaka izmjena riječnog protoka treba biti izbalansirana sa osnovnim ekološkim funkcijama za koje je neophodna voda. Ovi protoci zovu se ekološki prihvatljivi protoci.

Cilj prve faze ovog projekta bio je pregled međunarodne literature, kako bi se identifikovali svi hidromorfološki parametri koji utječu na akvatične ekosisteme – bilo da se oni koriste od strane korisnika voda / regulatora širom svijeta, ili su identifikovani u okviru istraživačke literature. Tu je također uključena i analiza nedostataka kako bi se dale informacije o parametrima koji su usvojeni u relevantnim studijama i praksama, a koji se mogu uzeti u obzir u lokalnim (nacionalnim uvjetima). Na to će se fokusirati diskusija između članova ovog projekta i ugovarača, i dati usmjerenje za buduće faze projekta.

Ono što smo saznali tokom perioda istraživanja bilo je da je u susjednoj zemlji (Srbiji) izrađena i testirana metodologija za određivanje ekološki prihvatljivog protoka (vidi poglavlje 6). Obzirom da ona odgovara lokalnim uvjetima u Srbiji, smatrali smo da bi bilo jako korisno prezentirati je u ovom radu i također je uključiti u sljedeću fazu kao metodologiju za testiranje.

1.1. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Rijeka Neretva nalazi se u Bosni i Hercegovini i Hrvatskoj, i to je najveća kraška rijeka u slivu Jadranskog mora. Njena ukupna dužina iznosi 225 km, od kojih su 203 km u Hercegovini, dok se zadnja 22 km nalaze u Dubrovačko-neretvanskoj županiji u Hrvatskoj.



Slika 1: Rijeka Neretva

Izvire ispod planine Zelengore u istočnom dijelu Bosne i Hercegovine, te kroz kanjone, klisure i kotline u svom gornjem i srednjem toku, Neretva prolazi kroz dinarski planinski lanac, a nizvodno od hercegovačkog gradića Počitelj, širi se u veliku močvarnu dolinu, koja pruža jako vrijedno poljoprivredno zemljište, i na kraju se kroz račvastu deltu ulijeva u Jadransko more.¹

Glavne pritoke su male rijeke Rakitnica, Rama i Trebižat, koje se u Neretvu ulijevaju sa desne strane, dok se Buna i Bregava ulijevaju sa lijeve. Zadnjih 30 km Neretvinog toka formira aluvijalnu deltu, prije ušća u Jadransko more.

Najveći grad na rijeci Neretvi je Mostar. Ostali gradovi na Neretvi su, između ostalih, Konjic, Metković, Jablanica, Čapljina, kao i selo od historijskog značaja pod nazivom Počitelj. Najpovoljnija situacija kada je u pitanju prostorna raspodjela vode i specifična dostupnost vode po osobi je u okviru riječnih slivova Trebišnjice i Neretve, gdje na 19,8% površine riječnih slivova u BiH na kojoj je nastanjeno 9,6% stanovnika, postoji protok koji čini cca 34,8 % vode najboljeg kvaliteta.

¹ Podaci pronađeni na: "<http://en.wikipedia.org/wiki/Neretva>"

Gornji tok rijeke Neretva po svojoj čistoći pripada kategoriji A, a to je skoro sigurno i najhladnija rijeka u svijetu, sa temperaturom od samo 7-8 °C tokom ljetnih mjeseci.

Neretva također ima i neke endemske i jako osjetljive, krhke oblike života koji su blizu izumiranja. Bistre, hladne i čiste izvorske vode protiču netaknutim brzacima i vodopadima, praveći strme klisure kroz ovaj relativno udaljen i krševit krečnjački teren. Mnoge lokalne vrste su endemske, kao što je neretvanska mekousna pastrmka i neretvanska potočna pastrmka.

Dolina donjeg toka rijeke Neretve ima najveća i najvrjednija mediteranska močvarna odmorišta za ptice na istočnoj obali Jadranskog mora, te je to jedno od rijetkih područja u cijeloj Evropi. U posljednje vrijeme je ovaj močvarni prostor jako degradiran, te ima izgled odvojenih otočića sa intenzivno obrađenim i naseljenim okruženjem. Regulacije vodotoka, izgradnja akumulacija u gornjem dijelu, isušivanje i pretvaranje močvarnih područja u poljoprivredno zemljište su nepovratno promijenili izgled ovog područja. Ranija područja sa trskom i lagunama koja su bila od izuzetnog značaja za zimovanje i kretanje različitih ptica, kao i za hranjenje i mriještenje ribe, su danas samo odmorišta, i ljudi različitim aktivnostima i dalje nastavljaju da ugrožavaju ovo područje. Ipak, ovo područje i u stanju u kakvom je danas, kada je u pitanju održavanje biološke i pejzažne raznolikosti, ima međunarodni značaj. Donja Neretva, sa svojim močvarama i deltom, još uvijek predstavlja stanište za najmanje 310 ptičjih vrsta. Kako je donji tok Neretve dio Ramsarske liste – Konvencije o zaštiti močvarnih područja, kao i programa Ornitoloških važnih područja koji provodi BirdLife International.

U blizini Jablanice, na rijeci Neretvi napravljena je velika jezerska akumulacija i barem tri hidroelektrane na potezu između Jablanice i Mostara. Ove hidroelektrane nisu u potpunosti iskorištene, međutim Vlada BiH ima namjeru da izgradi još četiri hidroelektrane i brane uzvodno od postojećih. U kompleksnoj hidrologiji kraških pejzaža, brane imaju široko rasprostranjen utjecaj.

Submediteranska klima, sa blagim zimama, toplim ljetima i obilatim padavinama tokom hladnijeg dijela godine, prevladava u riječnom slivu Neretve. Najniže prosječne temperaturu u januaru su između 3,4 i 4,8 °C, dok su prosječne temperature u julu preko 24 °C, a maksimalna temperatura je preko 40 °C. Količina padavina je od 1000 mm do preko 1800 mm (Trebinje 1837). Tokom ljetnih mjeseci (juli i avgust) količine su ispod 30 mm, a maksimalne vrijednosti padavina su tokom kasne jeseni i zime, kada dosežu i do 150÷230 mm/mjesec (maksimalne vrijednosti su u decembru, npr. maksimalna prosječna vrijednost padavina u decembru u Gacku iznosi 236 mm).

Vodotoci unutar kraških polja riječnog sliva Jadranskog mora imaju jako kompleksne vodne režime, okarakterisane sljedećim pojavama:

- Izuzetno neujednačen protok uzrokovan sezonskom neujednačenosti padavina, gdje su kišne padavine jako intenzivne tokom jeseni i zime, a umjerene u periodu vegetacije;
- Odvodnja u ovim poljima se uglavnom vrši putem kraških formacija (ponora i vrtača), a tamo gdje su karakteristike vodopropusnosti terena, kroz koji protiču podzemne vode, nepovoljne tokom perioda velikih voda, dolazi do plavljenja kraških polja što uzrokuje veliku ekološku štetu i onemogućava njihovo korištenje;
- Orografske i hidrogeološke granice riječnih slivova se znatno razlikuju zbog kompleksne mreže podzemnih kraških staza koje često imaju bifurkacije, što omogućava protok u različitim pravcima.

U ovim okolnostima, regulacija vodnog režima u kraškim poljima, njihova ekološka zaštita i dovođenje u stanje upotrebe jedino se može postići hidrotehničkim radovima putem implementacije vještačke odvodnje čime će se premostiti problem nedovoljnog kapaciteta kraških vrtača. To će se postići izgradnjom akumulacija gdje to kraški uvjeti budu dozvoljavali. To je princip regulacije u većini kraških polja u takozvanim srednjim i gornjim horizontima istočne Hercegovine.

2. NACIONALNA POLITIKA I PRAVNI OKVIR

Okvirna direktiva o vodama (ODV, 2000) proširila je djelokrug zaštite voda na sve vode i postavila jasan cilj da se „dobro stanje“ mora postići za sve vode Evrope do 2015. godine. Osim toga održivo korištenje voda mora se osigurati u cijeloj Evropi. Dobar alat za postizanje „dobrog stanja“ akvatičnih ekosistema je upravo ekološki prihvatljiv protok.

Zakoni o vodama u entitetima (ZV, 2006) naglasili su da se ekološki prihvatljiv protok utvrđuje na osnovu provedenih istražnih radova i sukladno metodama za njegovo određivanje definisanih u podzakonskom aktu, uzimajući u obzir specifičnosti lokalnog ekosistema i sezonske varijacije protoka.

Zakon o vodama uspostavlja pravnu osnovu za održivo upravljanje vodnim resursima.

Do donošenja podzakonskog akta ekološki prihvatljivi protok će se utvrđivati na osnovu hidroloških osobina vodnog tijela za karakteristične sezone, kao minimalni srednji mjesečni protok 95%-tne vjerovatnoće pojave.

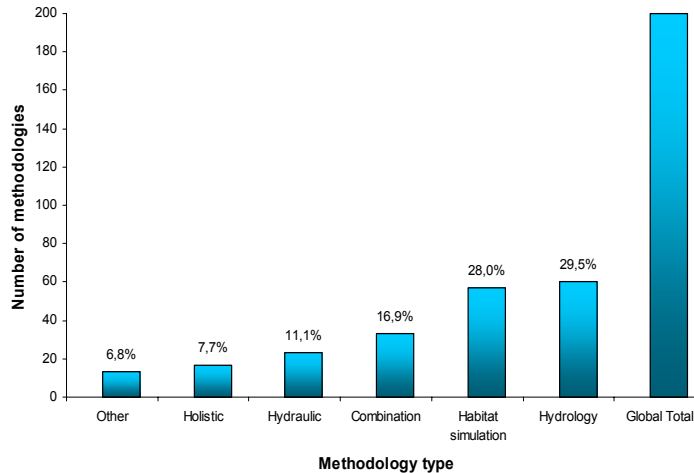
3. METODE PROCJENE EKOLOŠKI PRIHVATLJIVOG PROTOKA

Danas postoji preko 200 različitih pristupa za utvrđivanje ekološki prihvatljivog protoka. Ove pristupe koriste ili predlažu u preko 50 zemalja širom svijeta. Mnoge metodologije su specifične za određenu zemlju i niti jedna zemlja još uvijek nije izradila metodu koja obuhvata sve.

Većina ovih metodologija može se grupisati u četiri (od šest) kategorija:

1. Hidrološke metode
2. Hidrauličke metode
3. Metode očuvanja kvaliteta staništa
4. Holističke metode.

Korištenje barem 207 različitih metodologija, u okviru glavnih tipova, zabilježeno je u 44 zemlje, unutar šest širih svjetskih regija: Australija i Novi Zeland, ostatak Azije, Afrika, Sjeverna Amerika, Centralna i Južna Amerika i Evropa sa Bliskim Istokom. (Slika 2).



Slika 2: Broj metodologija za utvrđivanje ekološki prihvatljivog protoka za svaki tip koji se koristi u svijetu, i njihov relativni udio u odnosu na ukupni broj (Tharme, 2003)

Naprimjer, metodologije za utvrđivanje ekološki prihvatljivog protoka koje se zasnivaju na hidrologiji, imale su najveći udio u ukupnom broju zabilježenih metodologija (30%, a odmah iza njih su metodologije koje se zasnivaju na simulaciji staništa), sa ukupno 61 različitim hidrološkim indeksom odnosno tehnikom koja se primjenjuje do danas (Slika 2). Hidrauličke metodologije za utvrđivanje ekološki prihvatljivog protoka, čine 11% od ukupnog broja.

Postoji nekoliko različitih kategorizacija ovih metoda, od kojih su tri prikazane u tabeli niže.

Organizacija	Metode kategorizacije	Pod-kategorija	Primjer
IUCN (Dyson et al. 2003)	Metode	Tabele	Hidrološki (npr. Q95 Indeks) Ekološki (npr. Tennant Metoda)
		Uredske (desktop) analize	Hidrološki (npr. Richter Metoda) Hidraulički (npr. Metoda okvašenog obima) Ekološki
		Funkcionalne analize	BBM, Metoda procjene panela eksperata, Metodologija usporedbe sa standardom
		Modeliranje staništa	PHABSIM
	Pristupi		Pristup sa uključivanjem stručnog tima, Pristup sa uključivanjem zainteresovanih strana (eksperti onaj koji nije ekspert)
	Okviri		IFIM, DRIFT
Svjetska banka (Brown i King, 2003)	Preskriptivni pristupi	Metode hidrološkog indeksa	Tennant metoda
		Metode hidrauličkog ocjenjivanja	Metoda okvašenog obima

Organizacija	Metode kategorizacije	Pod-kategorija	Primjer
		Paneli eksperata	
		Holistički pristupi	BBM
	Interaktivni pristupi		IFIM DRIFT
IWMI (Tarme, 2003)	Metode hidrološkog indeksa		Tennant metoda
	Metode hidrauličkog ocjenjivanja		Metoda okvašenog obima
	Metode simulacije staništa		IFIM
	Holističke metode		BBM DRIFT Panel eksperata Metodologija uspoređivanja sa standardom

3.1. Hidrološke metode

Metode hidrološkog indeksa

Najjednostavnije od svih, hidrološke metode, kao tipične uredske metodologije, zasnivaju se na korištenju hidroloških podataka, obično u formi historijskih podataka o mjesečnom i dnevnom protoku. Ova metodologija smatra se najpogodnijom na nivou planiranja razvoja vodnih resursa.

Ovo su najjednostavnije i najraširenije metode utvrđivanja ekološki prihvatljivog protoka. Često se nazivaju uredskim ili tabelarnim metodama, a na prvom mjestu se zasnivaju na historijskim podacima o protoku. Ekološki prihvatljivi protok se uglavnom izražava kao procenat prosječnog godišnjeg protoka ili kao percentil krive koja pokazuje trajanje protoka, i to godišnje, sezonski i mjesečno. Većina metoda jednostavno definira minimalne uvjete protoka, međutim, uzimajući u obzir režime prirodnog toka, izrađene su sofisticiranije metode koje uzimaju u obzir nekoliko (do 32) karakteristika protoka (kao naprimjer trajanje malih voda, brzina nadolaženja/povlačenja poplava itd.).

Metode hidrološkog indeksa omogućavaju relativno brzu ali ne baš tako preciznu procjenu ekološki prihvatljivog protoka. Ove metode su pogodne na **nivou planiranja razvoja vodnih resursa**, ili u situacijama gdje nema većih polemika, kada se mogu koristiti kao preliminarne procjene.

Najčešće korištene metode uključuju **Tennant Metodu** (Tennant, 1976) i **RVA (Range of Variability Approach – Pristup raspona varijabilnost)** (Richter et al., 1997.) a obje su izrađene u SAD-u.

Jedan od najviše primjenjivanih metoda širom svijeta je **Tennant metoda**. Tennant je ovu metodu prvobitno bi nazvao “Montana metoda”, jer je kreirana korištenjem podataka iz regije Montana (Tennant 1975), a izrađena je putem terenskih ispitivanja i mjerenja. Tennant je prikupio detaljne podatke o poprečnim presjecima koji su karakterizirali različite aspekte staništa riba. Oni su uključivali širinu, dubinu, brzinu, temperaturu, supstrat i bočne kanale, brane i otoke, pokrivač, migraciju, beskičmenjake, ribarstvo i plivanje, estetiku i prirodnu ljepotu. Ova metrika povezana je sa kvalitetom ribljih staništa. To je omogućilo određivanje protoka u ribljim staništima putem korelacije fizičkih, geometrijskih i bioloških parametara sa protokom. Tennant je zatim uporedio procenete prosječnih protoka sa kvalitetom ribljih staništa (Tennant 1975) i napravio standard koji je jednostavan za primjenu i koji se može koristiti sa jako malo podataka. Ova tehnika koristi samo prosječni godišnji protok vodotoka. Zatim navodi da su određeni protoci povezani sa kvalitetom ribljih staništa, što se koristi za definiranja protoka potrebnog za zaštitu ribljih staništa odnosno željenog kvaliteta (Tabela 1.2).

Tabela 1.2.: Protok potreban za ribe, životinje i rekreaciju (Tennant 1975)

Narrative Description of flows*	Recommended base flow regimens	
	Oct.-Mar.	Apr.-Sept.
Flushing or maximum	200% of the average flow	
Optimum range	60%-100% of the average flow	
Outstanding	40%	60%
Excellent	30%	50%
Good	20%	40%
Fair or degrading	10%	30%
Poor or minimum	10%	10%
Severe degradation	10% of average flow to zero flow	

*Most appropriate description of the general condition of the stream flow for all parameters listed in the title of this paper.

Tennant metoda smatra se standardnom metodom za utvrđivanje, što znači da koristi jedinstveno, fiksno pravilo za minimalni bazni protok. To znači da ju je jednostavno primijeniti u bilo kojoj situaciji bez prikupljanja puno podataka i bez velikih troškova.

3.2 Hidrauličke metode

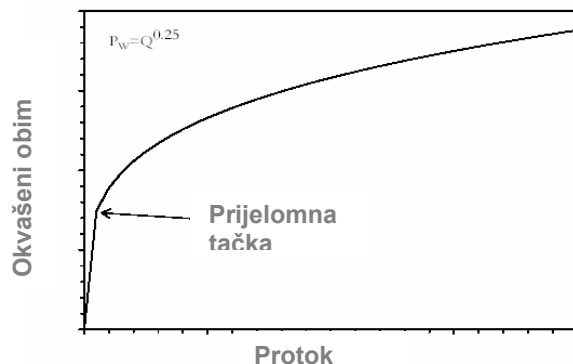
Metode hidrauličkog ocjenjivanja

Hidraulički pristupi koriste promjene u jednostavnim hidrauličkim varijablama, kao što je okvašeni obim ili maksimalna dubina, koji se obično mjere u poprečnom presjeku rijeke, kao zamjena za faktore staništa za koje se zna ili smatra da su ograničavajući za ciljanu biotu.

Metodologija hidrauličkog ocjenjivanja koja se najviše koristi danas u svijetu je metoda generičkog okvašenog obima. Osnovna pretpostavka je da integritet rijeke može biti direktno povezan sa veličinom okvašenog obima. Okvašeni obim je dužina supstrata na dnu vodotoka koji je mokar duž poprečnog presjeka koji se nalazi

okomito u odnosu na rijeku. Ekološki prihvatljivi protoci računaju se tako što se željena varijabla iscrta u odnosu na protok. Time se dobije kriva koja prikazuje odnos između protoka i okvašenog obima (Slika 1.1) koja se može analizirati u smislu prijelomne tačke ili tačke savijanja (Reinfelds et al. 2004). Obično, prijelomna tačka, koja se smatra granicom ispod koje kvalitet staništa postaje značajno degradiran, identificira se na krivi odgovora, odnosno minimalni ekološki prihvatljivi protok definira se kao protok koji uzrokuje fiksni procenat smanjenja u staništu.

Stalno se vodi diskusija o tome kako bi trebalo definirati prijelomnu tačku, te je to glavni nedostatak ove metode.



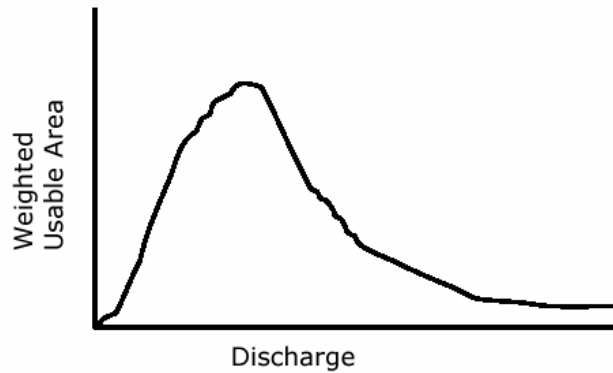
Slika 1.1 Primjer krive okvašenog obima i prijelomne tačke

3.3 Metoda očuvanja kvaliteta staništa

Metodologije simulacije staništa

Na osnovu detaljnih analiza količine i prikladnosti fizičkog staništa unutar vodotoka za ciljane vrste u uvjetima različitih protoka (ili režima toka), ove tehnike pokušavaju da odrede ekološki prihvatljivi protok. Obično, promjene vezane za protok u fizičkom mikro-staništu, modeliraju se u različitim hidrauličkim programima, koristeći podatke o jednoj ili više hidrauličkih varijabli koji su prikupljeni na različitim poprečnim presjecima na predmetnom potezu rijeku. Simulirani, raspoloživi uvjeti u staništu povezani su sa informacijama o rasponu od preferiranih do nepogodnih uvjeta u mikrostaništima za ciljane vrste, faze života, okupljanja i/ili aktivnosti, koje se opisuju često koristeći sezonski definirane krive indeksa prikladnosti staništa. Krajnji rezultati, obično u obliku krive stanište-protok za biotu, koriste se za predviđanje optimalnih protoka kao ekološki prihvatljivih protoka.

PHABSIM (Physical Habitat Simulation System – Sistem fizičke simulacije staništa) je jedan od modela protoka koji se obično koriste. PHABSIM koristi četiri hidraulička kriterija, koji se računaju iz terenskih mjerenja a zatim dovode u vezu sa kvalitetom ribljih staništa. Hidrauličke varijable uključene u model su dubina vode, brzina protoka, supstrat i pokrivač (Gillilan i Brown 1997). Zahtijevani terenski podaci uključuju snimanje poprečnog presjeka. Rezultati PHABSIM-a su krive težinskog faktora iskoristivosti koje prikazuju odnos protoka i indeksa ribljih staništa za različite faze života predmetnih ribljih vrsta, i grupe staništa (Waddle 2001.)(Slika 1.2).



Slika 1.2. Primjer PHABSIM krive težinskog faktora iskoristivosti

Jedan od najcjelovitijih metoda iz ove grupe je inkrementalna metodologija određivanja protoka (IFIM) koju je izradila Američka agencija za zaštitu ribljih i životinjskih vrsta. Kroz ovu metodologiju, istraživač ne daje samo kratku ocjenu karakteristika mikrostaništa u vodotoku kako bi odredio minimalni protok, IFIM također uzima u obzir karakteristike makro-staništa kao što je temperatura u vodotoku, te kvalitet vode uzdužno niz korito vodotoka (Gillilan i Brown 1997). Kombinacijom ove dvije tehnike za analizu proizvodi se vremenski niz staništa koji prikazuje kako se riblje stanište mijenja kroz vrijeme kao funkcija protoka (Gillilan i Brown 1997). IFIM se obično koristi za određivanje utjecaja neke aktivnosti na stanište, te u situacijama sanacije kada se utjecaji određene aktivnosti na stanište bolje razumiju (Gordon et al. 1992). Većina korisnika unutar Američke agencije za zaštitu ribljih i životinjskih vrsta je zaključila da je IFIM ili prekomplikovan za primjenu (previše skup, nivo obučenosti nije dovoljan ili je za to potrebno previše vremena), ili je prejednostavan (modeli i krive trebaju se poboljšati (Armour i Taylor 1991.)). To ukazuje da ova metoda možda i nije najbolja praksa ukoliko resursi potrebni za primjenu ove tehnike imaju jednaku vrijednost kao i rezultati koji se mogu dobiti.

3.4 Holističke metode

Holističke metodologije su ustvari okviri koji inkorporiraju hidrološke i hidrauličke modele, te modele simulacije staništa. To su jedine metodologije određivanja ekološki prihvatljivog protoka koje izričito primjenjuju holistički pristup, koji se zasniva na ekosistemu, za određivanje ekološki prihvatljivog protoka.

Tokom zadnjih nekoliko godina, holistički pristup je umnogome doprinjeo oblasti ocjene ekološki prihvatljivog protoka. Doupe i Pettit (2002.) vjeruju da je za određivanje ekološki prihvatljivog protoka potrebno naći balans između potreba za vodom u eko-sistemu i socio-ekonomskog okruženja, što dovodi do holističkog i sveobuhvatnog pristupa za upravljanje vodnim resursima otvorenih vodotoka.

U holističkoj metodologiji, važna i/ili ključna dešavanja vezana za protok identifikuju se u smislu odabira kriterija za definiranje varijacije protoka, za neke ili sve glavne komponente ili attribute riječnog ekosistema. To se radi idući odozdo prema gore, ili odnedavno uobičajenije metode odozgo prema dolje, ili putem procesa kombinacije koji zahtijeva značajnu multidisciplinarnu ekspertizu i analizu (Tharme 1996., 2000.;

Tharme i King, 1998.; Arthington, 1998.a). Osnova većine pristupa je sistematična izgradnja modificiranog režima protoka počevši od nule (odnosno odozdo prema gore), na mjesečnoj osnovi (ili češće), ili po elementima, gdje svaki element predstavlja dobro definiranu karakteristiku režima protoka čija je svrha da postigne određene ekološke i geomorfološke ciljeve, te ciljeve kvaliteta vode, društvene i druge ciljeve u modificiranom sistemu (King i Tharme, 1994; Arthington, 1998a; Arthington i Lloyd, 1998; Arthington et al., 2000). Suprotno tome, idući odozgo prema dolje, što je generalno pristup koji se zasniva na scenariju, ekološki protoci definirani su u smislu prihvatljivih nivoa devijacije od prirodnog (ili drugog referentnog) režima protoka, čime oni postaju manje podložni svim propustima u smislu ključnih karakteristika toka ili procesa, nego u slučaju kada se ide odozdo prema gore (Bunn, 1998).

Metodologija gradbenih elemenata (building block methodology - BBM) je holistička metodologija koja se odnosi na zdravlje (strukturu i funkcioniranje) svih komponenti riječnog ekosistema, umjesto da se fokusira na odabrane vrste. BBM je jedna od samo dvije metodologije u svijetu za koju je napisano uputstvo (King et al., 2000), a druga je IFIM (Milhous et al., 1989). BBM je trenutno jedna od najčešće primjenjivanih holističkih metodologija u svijetu, sa 15 standardnih aplikacija u Južnoj Africi (Tharme i King, 1998; King et al., 2000), i samo jednom aplikacijom u Australiji (Arthington i Long, 1997; Arthington i Lloyd, 1998) i državi Svazi.

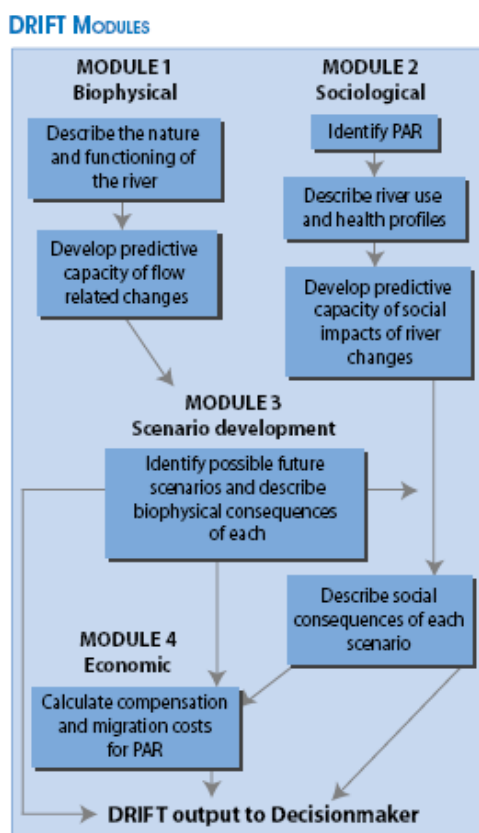
Prednost BBM „pristupa ekspertnog tima“ je njegova fleksibilnost i izgradnja konzensusa među ekspertima koji su došli do najboljeg rješenja na osnovu raspoloživih podataka i rezultata modela. Nedostatak je taj što možda uvijek ne postoji mogućnost replikacije, te druga grupa eksperata može doći do drugih zaključaka. Osim toga, ne samo da eksperti za biologiju trebaju imati dobro razumijevanje ove oblasti i funkcioniranja rijeke koja se ispituje, oni također trebaju imati osnovno znanje iz oblasti hidrologije. Nadalje, svim ekspertima iz ove oblasti potrebna je obuka o tome kako pratiti ovaj proces („Flow“, IUCN).

Metodologija koja se u skorije vrijeme razvila iz BBM metodologije i drugih sličnih metodologija kao interaktivna, holistička metodologija koja primjenjuje princip „odozgo prema dolje“ a obuhvata četiri modula (biofizički, društveni, izradu scenarija i ekonomski), proces nizvodnog odgovora na nametnute transformacije protoka (DRIFT) (Metsi Consultants, 2000; King et al.), i pruža inovativni napredak u evaluaciji ekološki prihvatljivog protoka. Fokusira se na identifikaciji, putem multidisciplinarnog tima, posljedica smanjenja prirodnih riječnih protoka, kroz niz zona protoka vezanih za određene grupe biofizičkih funkcija, sa posebnim hidrološkim i hidrauličkim karakterom, kada je u pitanju degradacija stanja sistema. Kako se ova metodologija zasniva na scenariju, postoji značajan prostor za komparativnu evaluaciju posljedica određenog broja preporučenih režima protoka. DRIFT metodologija je jedan interaktivni pristup koji se zasniva na scenariju, a koji je namijenjen za korištenje u pregovorima, a sadrži jaku socio-ekonomsku komponentu, koja je vrlo bitna kod kvantificiranja održivog korištenja riječnih resursa od strane priobalnog stanovništva.

Nizvodni odgovor na nametnutu transformaciju protoka (DRIFT)

Okvir za holistički interaktivni pristup – Nizvodni odgovor na nametnutu transformaciju protoka– izrađen je u Južnoj Africi, a njegova prva velika primjena bila je u Lesothu. Slično metodologiji gradbenih elemenata, ovaj pristup formira jedan više holistički način rada obzirom da se odnosi na sve aspekte riječnog ekosistema. To je okvir koji se zasniva na scenariju, koji donosi odluka pruža određeni broj opcija za buduće režime protoka za predmetnu rijeku, zajedno sa posljedicama po stanje rijeke. DRIFT ima četiri modula za određivanje broja scenarija i njihovih ekoloških, društvenih i ekonomskih implikacija. Najvažnija i najinovativnija karakteristika DRIFT-a je vjerovatno njegov jak socio-ekonomski modul, koji opisuje prognozirane utjecaje svakog scenarija na stalne korisnike resursa jedne rijeke. Ako nema korisnika javnog dobra, moduli 2 i 4 mogu se izostaviti.

Okvir za nizvodni odgovor na nametnutu transformaciju vodotoka (DRIFT) koristi četiri modula:



Modul 1.

Biofizički. Unutar projekta urađene su naučne studije svih aspekata riječnog ekosistema: hidrologije, hidraulike, geomorfologije, kvaliteta vode, priobalnog drveća i akvatičnih i okolnih biljaka, akvatičnih beskičmenjaka, polu-akvatičnih sisara, herpetofaune, mikrobiota. Sve studije povezane su sa protokom, s ciljem predviđanja kako se neki dio ekosistema mijenja u odnosu na promjene specifičnog protoka.

Modul 2. Društveno-ekonomski. Urađene su društvene studije za sve riječne resurse koje koristi stanovništvo koje živi u blizini rijeka, te zdravstvene profile ovih ljudi i njihove stoke vezano za rijeku. Izlistani su troškovi za korištene resurse. Sve studije povezane su sa protokom, s ciljem predviđanja na koji način će specifične promjene rijeke utjecati na stanovništvo (zadnji modul).

Modul 3. Izrada scenarija. Za sve buduće režime protoka klijent bi želio uzeti u razmatranje prognozirane promjene u uvjetima unutar riječnog ekosistema, što se radi uz opis, korištenjem baze podataka kreirane u modulima 1 i 2. Prognozirani utjecaj svakog scenarija na okolno stanovništvo koje koristi resurs je također opisano. Trebao bi biti kreiran određeni broj scenarija koji je klijentu interesantan. Svaki od njih prognozira mogući budući režim protoka, te utjecaje na stanovništvo koje je pod rizikom. Širine naseljenih koridora na svakoj obali bi trebale biti izmjerene, riječni resursi u upotrebi identificirani. Zatim bi se ovi resursi trebali kvantificirati, troškovi resursa procijeniti, kao i kulturne veze sa rijekama. Informacije će biti iskorištene za opis veza između priobalnog stanovništva i rijeka, te kako promjena protoka može na njih utjecati.

Modul 4. Ekonomija. Ovdje se izračunavaju troškovi nadoknade svakog scenarija za sve korisnike javnog dobra.

Biofizički i društveno-ekonomski specijalisti jako puno sarađuju jedni s drugima tokom prikupljanja podataka. Kao primjer, stručnjaci za botaniku će pomoći društvenom timu da identificira riječne biljke koje koristi stanovništvo pod rizikom, a zatim će razvrstati svaku biljnu vrstu u jednu od šest zona vegetacije koje postoje do obala. Sve ove zone trebale bi se proučiti kako bi se definirale njihove veze sa protokom. Hidrolozi i oni koji se bave hidrauličkim modeliranjem će povezati svaku zonu vegetacije sa protokom, putem određivanja koliko često se to područje plavi pri sadašnjim protocima. Poznavajući vezu između protoka i zona vegetacije, botaničari mogu opisati za svaki budući režim protoka, kako se zone vegetacije mogu širiti ili sužavati, te da li će se količina neke biljne vrste povećati ili smanjiti.

Društveni tim zatim koristi ovu prognozu za procjenu, za svaki scenarij, utjecaja promjena u vegetaciji na stanovništvo pod rizikom. Zbog kompleksnosti rijeka, bilo koja studija ove prirode – bilo da se radi o zemljama u razvoju ili razvijenim zemljama – radi se sa ograničenim nivoom znanja.

Iako se DRIFT obično koristi za izradu scenarija, njegova baza podataka može se jednako koristiti za određivanja protoka za postizanje specifičnih ciljeva.

Dvije druge aktivnosti izvan DRIFT-a pružaju dodatne informacije donosiocima odluka:

- (a) makro-ekonomska procjena svakog scenarija, kako bi se opisale njegove šire regionalne aplikacije u smislu industrijskog i poljoprivrednog razvoja, troškovi vode po urbana područja itd; te
- (b) proces učešća javnosti, u kojem šire tijelo zainteresovanih strana može da izglasa nivo prihvatljivosti svakog scenarija.

DRIFT se također primjenjivao na rijeke Breede i Palmiet u Južnoj Africi, te u skraćenom, brzom obliku u Zimbabveu. Implementacija odabranih scenarija je već u toku u sistemu rijeke Palmiet i Lesothou. Zbog svoje multidisciplinarnosti prirode, sveobuhvatna **primjena DRIFT-a mogla bi koštati 1 milion američkih dolara ili više** za veliki riječni sistem. Tu često dolazi do pitanja kompromisa: što je veće ulaganje u procjene i studije, to je veća

sigurnost u izrađene scenarije. Vrlo je bitno staviti troškove u perspektivu. Većina procjena ekološki prihvatljivog protoka izvršena je u okviru projektnog planiranja za novu branu. Sveobuhvatna DRIFT studija će vjerovatno koštati **manje od 1% ukupnih troškova mnogih brana.**

4. PREGLED METODOLOGIJA

Tabela niže daje pregled glavnih prednosti i mana metodologija za procjenu ekološki prihvatljivog protoka.

	Približno trajanje procjene (mjeseci)	Glavne prednosti	Glavne mane
Hidrološki indeks	1/2	Mali troškovi, brzo se koristi	Nije specifična za svaki lokalitet, ekološke veze se pretpostavljaju
Hidraulička ocjena	2-4	Mali troškovi, specifična za svaki lokalitet	Ekološke veze se pretpostavljaju
Simulacija staništa	6-18	Ekološke veze uključene	Potrebno je prikupiti veliku količinu podataka, veliki troškovi
Holistička metodologija	12-36	Obuhvata većinu aspekata	Zahtjeva visok nivo naučne ekspertize, velike troškove, nije operativna

4.1. Prikaz metoda u upotrebi u različitim zemljama

Tabela niže daje kratki prikaz metodologija koje se koriste u različitim zemljama

	METODA	Osnovni koncept	Pristup	Podaci koji se koriste	Komentar
Australija	Pravilo 2/3	Režim tečenja bi trebao biti 2/3 od prirodnog	Korištenje 2/3	Nije definiran, vjerovatno elementi režima tečenja	Nije verificirana ekološkim podacima, nije definiran precizan način korištenja
	Holistički pristup	Sveobuhvatan ekosistem vodotoka	Standarde postavlja panel eksperata posebno za svaki vodotok (mjesto)	Svi raspoloživi podaci: protok, hidraulika, morfologija, sediment, biologija	Integriran interdisciplinarni pristup, baziran na podacima i ekspertskom mišljenju
	Pojava protoka	Frekvencija pojavljivanja protoka je važna	Frekventnost (definira je panel eksperata) se poredi za različite scenarije	Vremenske serije protoka i hidraulički podaci	Nova metoda, trenutno se koristi za usporedbu scenarija

	Okvašeni obim	Indeksira se riječni ekosistem korištenjem okvašenog obima	Inflekciona tačka na krivoj protok-okvašeni obim	Protok i okvašeni obim	Definira jedinstvenu vrijednost u odnosu na okvašeni obim. Nije verificirana ekološkim podacima
Engleska	RAM	Osjetljivost u odnosu na zahvatanje	Krive trajanja protoka se koriste za određivanje dozvoljenog zahvata date osjetljivosti	Struktura vodotoka, ribe, invertebrate, makrofite	Koncept nije testiran ekološki.
	LIFE	Indeks invertebrata	Nagib protoka u odnosu na broj invertebrata indicira osjetljivost na zahvat	Uzorci invertebrata i dnevne serije protoka	Odnos protoka i invertebrata se definira za individualno područje, još nema uopćenog odnosa
Francuska	Hidrološko pravilo	Minimalan protok	1/10 ili 1/40 srednjeg protoka	Dnevne serije protoka	Nije verificiran ekološkim podacima
Italija	Standardi za sliv rijeke Po	Minimalan protok	Minimalan protok je vezan za padavine, nadmorsku visinu, kvalitet vode i ciljeve očuvanja stanja	Padavine, empirijski koeficijent	Nije verificiran ekološkim podacima
Norveška	Simulator riječnog sistema	Utjecaji hidroelektrana na salmonidne ribe	Staništa procijenjena za različite režime ispuštanja brane	Vremenske serije protoka, hidraulika, morfologija	Fizičko stanište kao rezultat, ali usklađeno prema režimu ispuštanja
Španija	Bazni protok	Ekološki protok vezan za statistiku godišnjih serija minimalnih protoka	Ekološki protok baziran na srednjem protoku i tipu vodotoka	Vremenske serije protoka	Hidrološka i ekološka opravdanost nije testirana
	Basque metoda	Prostor-vrijeme	Upoređuje se nizvodno povećanje u bogatstvu vrsta u odnosu na povećanje protoka	Podaci o makroinvertebratama, povećanje nizvodnog protoka	
SAD	PHABSIM	Model staništa	Postojanje staništa za neku vrstu/životni vijek i protok	Vremenske serije protoka, hidraulički podaci o poprečnim presjecima, supstratu, krive podesnosti staništa	Koristi se u cijelom svijetu za procjenu utjecaja. Ne definira kritične nivoa za habitat, nego indicira osjetljivost na zahvaćene količine u odnosu na varijacije protoka
	RCHARC	Hidraulički model	Upravljanje protokom, kako bi se hidraulička diverzitetu staništa očuvala	Hidraulički model i vremenske serije protoka	Zahtijeva podatke za specifično područje. Korisna kad se ne može definirati ciljana vrsta
	Tennant model	Minimalan protok za zdravu rijeku	% od prirodnog srednjeg protoka za različite funkcije tokom životnog vijeka, npr. Za preživljavanje 10%, 30% za zdrav ekosistem	Vremenske serije protoka, biološki podaci	Kalibrirana sa biološkim podacima za mnoge rijeke. Ne može se "preslikati" bez ponovne kalibracije.
	Texas metoda	Minimalan protok za zdravu rijeku	% protok sa krive trajanja	Vremenske serije protoka, biološki podaci	Kao i za Tennant ali fleksibilnija
	IHA/RVA	Sve komponente režima protoka su u funkciji ekologije	Sva statistika za protok bi trebala biti unutar definiranih granica, npr.	Veliki broj statističkih obrada vremenskih serija za protok, npr.	Konceptualno dobra, li nije verificirana ekološkim podacima i

			1 standardna devijacija za prirodni protok	srednji protok za svaki mjesec, broj poplava	komplikovana da bi se mogla koristiti kao standard.
Lesoto	DRIFT	Kombinira hidrologiju, ekologiju, sociologiju i ekonomiju	Raspodjela vode i ekološke, društvene, i ekonomske posljedice procijenjenog scenarija	Mnogi podaci, uključujući vremenske nizove protoka, hidrauliku, kvalitet vode, geomorfologiju, ribu, sisare, beskičmenjake	Interdisciplinarna metoda za važne lokalitete, jako skupa za primjenu
Južna Afrika	Metodologija gradbenih elemenata	Komponente režima protoka imaju različite ekološke funkcije	Standarde određuje panel stručnjaka posebno za svaku rijeku/lokalitet	Svi raspoloživi podaci, protok, hidraulička morfologija, sediment biološki	Integrirani interdisciplinarni pristup koji je adekvatan za primjenu kod pojedinačnih prioriternih lokaliteta, a na osnovu podataka i stručnog mišljenja

5. ODREĐIVANJE I IMPLEMENTIRANJE ISPUŠTANJA EKOLOŠKI PRIHVATLJIVOG PROTOKA SA PREGRADNIH OBJEKATA

Određivanje i implementiranje ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka sa pregradnih objekata uključuje mnoge aspekte upravljanja, uključujući određivanje ciljeva na političkom nivou, tehničku definiciju protoka potrebnog za podršku ekosistemu i finansijska razmatranja troškova mjera ublažavanja.

Proces definiranja ciljanog stanja riječnog ekosistema, određivanje režima toka sa pregradnih objekata i monitoring njihove efikasnosti u postizanju tog stanja je dat u tekstu niže.

KORAK 1 Poređenje referentnih i pregrađenih režima toka

Korak 1 je procjena da li postoji mogućnost da vodno tijelo neće postići dobro ekološko stanje - DES (ili procjena šta znači DES, na osnovu postojećih informacija), na osnovu referentnih uvjeta. To uključuje usporedbu historijske (stvarne) biologije rijeke ispod pregradnog objekta sa referentnim biološkim uvjetima. Gdje nema adekvatnih podataka, u zamjenu se mogu koristiti hidrološki uvjeti, te se historijski režim toka poredi sa referentnim uvjetima toka. Referentni uvjeti će normalno biti prirodni režim toka, kao što je onaj na ulazu u akumulaciju, ili onaj koji je zabilježen prije izgradnje pregradnog objekta. Ukoliko uzvodno ili nizvodno od pregradnog objekta postoje stanice za mjerenje protoka, one se mogu iskoristiti za sintezu historijskih i prirodnih režima protoka. U mnogim slučajevima, i stvarni i referentni režimi toka trebaju biti procijenjeni putem modeliranja. Treba imati na umu da može postojati značajan stepen nesigurnosti bez obzira koja metoda da se koristi za procjenu protoka, i ovu nesigurnost treba uzeti u obzir prilikom određivanja stepena hidrološkog utjecaja. Režim nivoa vode na akumulaciji procijenit će se kao dio razmatranja vezano za vodno tijelo i nije uključen ovdje.

KORAK 2 Odluka – da li vodno tijelo postiže DES?

Analiza urađena u okviru koraka 1, pružit će mjerenje stepena promjene riječnog ekosistema nizvodno od pregradnog objekta. U okviru koraka 2, stepen izmijenjenosti se procjenjuje kako bi se odredilo da li vodno tijelo ima predispozicije da ne ispuni DES, čime bi se preliminarno svrstalo u kategoriju jako izmijenjenih vodnih tijela (JIVT). U ovom koraku se također mora potvrditi da je razlog neispunjavanja DES-a fizička modifikacija, a ne drugi pritisci kao što je kvalitet vode.

Ukoliko stepen izmjene znači da postoji vjerovatnoća neispunjavanja DES-a (odnosno, veća od specificiranog standarda) zbog fizičkih izmjena, vodno tijelo se onda preliminarno svrstava u kategoriju jako izmijenjenih vodnih tijela i poduzima se korak broj 3, kako bi se donijela odluka o svrstavanju u ovu kategoriju. Ukoliko je stepen izmjene manji od standarda, korak 3 nije potreban, te se može preći na korak 4, kako bi se odlučilo o nominovanju.

KORAK 3 Ekonomska analiza

Biološka/hidromorfološka procjena (ili njena zamjena, hidrološka izmjena) vodnog tijela u odnosu na referentne uvjete, je samo prvi korak u nominovanju. U okviru koraka 3, vodna tijela koja su preliminarno određena kao jako izmijenjena vodna tijela prolaze ekonomsku analizu. Koristi trenutnih izmjena porede se sa troškovima drugih načina za postizanje svrhe pregradnog objekta, plus troškovi obnove i ublažavanja posljedica po vodno tijelo. Ova analiza uključuje definiranje svrhe brane, kao i njene uloge u upravljanju poplavama ili proizvodnji električne energije.

KORAK 4 Definiranje stanja vodnih tijela

Ukoliko analiza u okviru koraka 3 pokaže da bi obnova ili ublažavanje posljedica bilo neproporcionalno skupo, onda vodno tijelo može biti određeno kao jako izmijenjeno vodno tijelo od kojeg se zahtijeva da ispuni dobar ekološki potencijal (DEP). DEP zahtijeva postizanje ekološkog stanja koje je slično najboljim primjerima sličnih riječnih ekosistema koji imaju iste izmjene, odnosno na kojima se primjenjuju najbolje prakse upravljanja vodnim tijelom. Ukoliko analiza u okviru koraka 3 pokaže da su ekonomske dobiti veće od troškova potrebnih za druge načine postizanja svrhe pregradnog objekta, plus troškovi obnove i ublažavanja posljedica, onda vodno tijelo neće biti određeno kao jako izmijenjeno vodno tijelo, i trebat će ispuniti dobro ekološko stanje (DES), koje će zahtijevati režim toka i kvalitet vode koji održavati riječni ekosistem u maloj devijaciji u odnosu na referentne uvjete. U nekim slučajevima, to može uključivati isključivanje iz pogona ili značajnu izmjenu pregradnog objekta.

KORAK 5 Monitoring i ispitivanja

U ovom koraku, plan monitoringa se primjenjuje na vodno tijelo rijeke, nizvodno od pregradnog objekta, kako bi se procijenilo njegovo stanje. Okvirna direktiva o vodama ne zahtijeva samo postizanje cilja DES-a, ili DEP-a, već također i sprječavanje pogoršanja stanja. Kako stanje ovisi o ocjeni karakteristika vodnog tijela u odnosu na referentne biološke uvjete, za to će biti potreban program biološkog monitoringa. Monitoring bi trebao definirati sadašnje uvjete kao osnovu za buduće promjene i buduće izmjene u odnosu na osnovu.

Vrsta monitoringa zavisi od karakterizacije referentnih uvjeta u odnosu na koje će se procijeniti stanje vodnog tijela. Plan monitoringa će definirati koliko često se moraju uzimati uzorci, koje su to biljne i životinjske zajednice koje bi tu trebale biti prisutne, plus hidromorfološki uvjeti koji se trebaju ispuniti. Vrlo je važno prisjetiti se da ukoliko se ispitivanje vezano za nominovanje vodnog tijela zasniva na hidrološkoj promjeni, kao zamjena za biološku promjenu (korak 1), vrlo je bitno da je testiranje u koraku 5 biološko. Tako će se ispitati ne samo da li vodno tijelo ispunjava ciljano stanje, već će se ispitati i pragovi za određivanje primijenjeno u okviru koraka 2.

KORAK 6 Odluka – da li vodno tijelo ispunjava ciljano stanje?

U okviru koraka 6 treba donijeti odluku da li vodno tijelo ispunjava ciljano stanje koje je za njega predviđeno (*npr.* DES ili DEP). Ukoliko ispunjava, onda na ovom vodnom tijelu treba vršiti monitoring, kako bi se osiguralo da nema pogoršanja, što će u konačnici rezultirati ponavljanjem koraka 5 i 6. Ukoliko se uvjeti za ciljano stanje ne ispunjavaju, postoji dobar razlog da se vjeruje kako je uzrok tome neadekvatan režim protoka sa brane koja se nalazi uzvodno, te bi se stoga trebali implementirati koraci 7 i 8.

KORAK 7 Sagledavanje mogućnosti za ispuštanja vode sa pregradnih objekata

Korak 7 uključuje procjenu mogućnosti za različita ispuštanja vode sa brane, kako bi se kreirali različiti elementi prirodnog režima toka, koji se zahtijevaju za ispunjavanje ciljanog stanja. Sposobnost pregradnog objekta za ovako nešto može biti ograničena, posebno kada je u pitanju često ispuštanje velikih protoka, zbog naprimjer, malih ili nefleksibilnih vrijednosti ispuštanja. Kvalitet vode treba se razmatrati zajedno sa količinom vode, obzirom da duboke akumulacije (>10 m) imaju tendenciju stratifikacije tokom ljeta, gdje je hladnija voda, lošijeg kvaliteta, na dubini.

U nekim slučajevima, ispuštanje može biti povezano, u stvarnom vremenu, sa protocima u referentnom slivnom području, kao što je dotok u akumulaciju. Procjena brane u okviru koraka 7 će biti posebno važna za vodna tijela određena kao jako izmijenjena vodna tijela od kojih se zahtjeva da ispune DEP. To je zbog toga što je referentni uvjet za DEP primjer najbolje prakse za vodno tijelo sa istim izmjenama, odnosno sličnu branu. Procjena će pomoći u definiranju iste izmjene na mjestu unutar vodnog tijela.

Korak 7 također uključuje procjenu implikacija izmjene trenutne šeme ispuštanja. Možda će biti potrebno povećati ili smanjiti broj ispuštanja (ili oboje, samo u različito vrijeme), kako bi se željeno stanje ispunilo, a što može promijeniti kapacitet akumulacije (u slučaju snabdijevanja vodom), proizvodnju energije (u slučaju hidro-energije), ili retenzije (u slučaju upravljanja poplavama). Procjena bi trebala uzeti u razmatranje svrhe pregradnih objekata (što je određeno u koraku 3) i potrebu za kreiranjem dodatnih vodnih resursa koji bi mogli imati veće ukupne utjecaje na okoliš. Također bi trebala uzeti u razmatranje potencijalne utjecaje na ekosistem jezera, kao što su promjene u varijacijama nivoa vode.

KORAK 8 Planiranje režima ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka kako bi se ispunili uvjeti određenog stanja

Ovaj korak uključuje planiranje režima ispuštanja vode sa pregradnog objekta koji će održati nizvodna riječna i uzvodna jezerska vodna tijela u stanju koje je za to tijelo određeno (DES ili DEP). Definiranje obima utjecaja u koraku 1, sprječava utjecaj na staništa i za njih vezane zajednice riba, biljaka, beskičmenjaka i algi, koji mogu ili trebaju biti prisutni ukoliko nema utjecaja na nizvodna vodna tijela. Za DES, ključna aktivnost ovog koraka sastoji se od određivanja koji elementi prirodnog režima toka (poplave, nagla

podizanja nivoa vode, srednje vode, male vode) su važni za nizvodni riječni ekosistem. U idealnim uvjetima, to će se postići kroz znanje o vrstama koje su prisutne (ili bi trebale biti prisutne) i toka i odgovarajućih uvjeta potrebnih za njihova staništa u smislu, naprimjer, temperature, koncentracija sedimenta i nivoa kisika. Svaki potencijalni utjecaj ispuštanja na ekosistem uzvodne akumulacije bi se također trebao procijeniti. Za DEP se zahtijeva režim toka koji će postići ekološki status koji je sličan najboljim primjerima sličnih referentnih riječnih ekosistema sa istim izmjenama, odnosno sa najboljom praksom upravljanja vodnim tijelom. Imajući u vidu da riječni ekosistem može biti drugačiji čak i u slučaju sličnih rijeka, možda nije najbolje rješenje jednostavno prebaciti režim ispuštanja protoka sa referentne lokacije. Definiranje ispuštanja protoka će uključiti jedan iterativni proces određivanja elemenata prirodnog režima toka koji su važni za nizvodni riječni ekosistem i prilagođavanje u zavisnosti od toga koji režim ispuštanja je moguć na referentnoj lokaciji sa pregradnim objektom.

KORAK 9 Revidiranje režima ispuštanja u skladu sa kapacitetom, svrhom, i nominovanjem

Ovaj korak uključuje procjenu režima ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka (koji je definiran u koraku 8) u odnosu na trenutni kapacitet pregradnog objekta za ispuštanja (definirano u koraku 7). To će odrediti izvodljivost implementacije režima ekološki prihvatljivog protoka sa trenutnom infrastrukturom pregradnog objekta i pravilima rada. Trebala bi biti prihvaćena mogućnost primjene sljedećih ograničenja:

- Hidroenergetske akumulacije: istjecanja mogu varirati u zavisnosti od zahtjeva za električnom energijom
- Regulacione akumulacije: protok može biti veći od prirodnog većinu vremena.
- Akumulacije za upravljanje poplavama: nizvodne velike vode će biti manje, dok će protoci nakon povlačenja prirodnih poplava biti veći

Posebnu pažnju treba dati potencijalnoj fleksibilnosti u režimu ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka, naprimjer da li se on može do prihvatljive mjere postići putem ograničenja pravila rada, kao što su konstantni kompenzacijski protoci tokom dužih vremenskih perioda, koji se povremeno prekidaju plavnim valom, ili, ukoliko protok treba da varira tokom kraćih perioda vremena, sezonski, mjesečno ili dnevno. Pažnja bi se također mogla obratiti na to da se osigura da na akumulacijski ekosistem ne bude negativnog utjecaja, koji bi mogao dovesti u pitanje postizanje ciljanog stanja, zbog promjena u nivou akumulacije uzrokovanih ispuštanjima koje zahtjeva režim protoka.

KORAK 10 Probni režim, monitoring i testiranje

Kada se režim ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka definira kao izvodljiv, te kada se ustanovi da postoji vjerovatnoća postizanja željenog ekološkog stanja, onda se taj režim može isprobati, te izvršiti monitoring i testiranje njegovog utjecaja (korak 2). Ovo testiranje bi trebalo uključiti kvalitet vode i sedimenta koji je vezan za ispuštanja, kao i volumetrijsku količinu.

KORAK 11 ODLUKA – da li vodno tijelo zadovoljava ciljano stanje?

U okviru koraka 11 potrebno je donijeti odluku da li vodno tijelo ispunjava ciljano stanje (npr. DES ili DEP) sa režimom protoka koji pregradni objekat trenutno može da obezbijedi. Ukoliko ispunjava, potrebno je vršiti monitoring kako ne bi došlo do pogoršanja stanja, tako

da će se koraci 10 i 11 ponoviti. Ukoliko se stanje ne ispuni, postoji dobar razlog da se vjeruje kako je uzrok tome neadekvatan režim protoka, te je potrebno napraviti izmjene režima. Moguće su dvije aktivnosti:

- Ukoliko je neispunjenje stanja uzrokovano ograničenjima infrastrukture na brani koja onemogućuje efikasnu implementaciju režima ispuštanja, potrebno je implementirati korak 12.
- (ii) ukoliko je neispunjenje uzrokovano neadekvatnošću samog režima, onda je potrebno ponoviti korak 9.

KORAK 12 Procjena izvodljivosti i troškova prepravke ispusnih objekata na pregradnom objektu

Većina objekata na pregradnom objektu ima ograničenu sposobnost da pravi različita ispuštanja, a posebno velike protoke. Stoga je vjerovatno da mnogi pregradni objekti neće moći da prave odgovarajuća ispuštanja kako bi postigli željeno stanje (DES ili DEP), posebice ukoliko zahtijevani režim ispuštanja uključuje generiranje velikih protoka i česte promjene u postavci ispusnih objekata.

U koraku 12, potrebno je napraviti projekte za prepravke na pregradnom objektu, kako bi se dobila zahtijevana ispuštanja. U slučaju jako izmijenjenih vodnih tijela, posebnu pažnju treba obratiti na simulaciju ispusnih objekata sa referentnih pregradnih objekata koja ispunjavaju DEP odnosno za koje se smatra da predstavljaju najbolju praksu upravljanja. Ukoliko nizvodno vodno tijelo nije jako izmijenjeno vodno tijelo, u tom slučaju treba razmotriti stavljanje pregradnog objekta van funkcije. Prepravka ili stavljanje van funkcije nekog pregradnog objekta, može biti jako skupo, te Okvirna direktiva o vodama omogućava odstupanje od odredbi direktive na osnovu neproporcionalnih troškova (član 4(5)), i ovo je posebna procedura u odnosu na proces nominiranja jako izmijenjenih vodnih tijela.

KORAK 13 Odluka – da li je prepravka adekvatna?

U koraku 13, potrebno je donijeti odluku da li je prepravka brane s ciljem postizanja kriterija stanja (DES ili DEP) izvodljiva, i nije neracionalno skupa. Ukoliko je izvodljivo i nije neracionalno skupo, onda može da se krene sa prepravkom i korak 14 može da se implementira. Ukoliko prepravka pregradnog objekta nije izvodljiva ili ukoliko je neproporcionalno skupa, može se tražiti odstupanje, te se u ovoj fazi neće poduzimati dalje aktivnosti.

KORAK 14 Prepravka ispusnih objekata

Ukoliko su prijedlozi za prepravku pregradnog objekta putem ugradnje odgovarajućih ispusnih objekata (definirano u koraku 12) izvodljivi i nisu neproporcionalno skupi (odlučeno u koraku 13), može se krenuti sa prepravkom. Ukoliko je prepravka previše skupa, od relevantnih organa vlasti mogu se tražiti dalja odstupanja. Jednom kada se pregradni objekat prepravi, potrebno je ponovo poduzeti korak 9 kako bi se režim ispuštanja revidirao u skladu sa novim mogućnostima, sa kasnijim monitoringom i testiranjem u koraku 10.

5.1. Planiranje režima ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka

Ovaj dio je vezan za planiranje ispuštanja ekološki prihvatljivih protoka s ciljem ispunjenja DES-a (Korak 7). DEP se smatra kompromisom između DES-a i praktičnosti rada pregradnog objekta. DEP je ekološko stanje postignuto u najboljim primjerima vodnih tijela koja imaju iste modifikacije, odnosno sa najboljom praksom primijenjenom na upravljanje pregradnim objektom. Jedan od najboljih pristupa određivanju ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka sa pregradnih objekata je Metodologija gradbenih elemenata (Building Block Methodology - BBM) koja je kreirana u Južnoj Africi (Tharme i King, 1998; King *et al.* 2000). Njena osnovna postavka je da riječne vrste ovise o osnovnim elementima režima toka.

Hijerarhijski pristup

Za primjenu, mogu se predvidjeti tri nivoa BBM-a (tabela niže). To omogućava pristup koji se zasniva na riziku (Faulkner *et al.*, 2002) gdje veća investicija u procjenu smanjuje nesigurnost rezultata. Kod sva tri pristupa, procjene bi trebao vršiti tim eksperata koji obično uključuju stručnjake kao što su hidrolozi, hidrogeolozi i geomorfolozi, te stručnjake koji se bave biologijom kao što su ekolozi specijalizirani za oblast beskičmenjaka, botaničari specijalizirani za slatke vode i biolozi specijalizirani za izučavanje riba.

Procjena za primjenu BBM-a koja se sastoji iz tri nivoa

	Pristup	Prednosti	Mane
1	Uredski protok	Brz, ne zahtijeva obiliske terena, mala investicija	Daje samo indikativne rezultate, velika nesigurnost
2	Hidraulička procjena	Radovi sa fizičkim staništem, investicija srednje veličine	Zahtijeva hidraulička mjerenja, srednji nivo nesigurnosti
3	Biološka procjena	Radovi sa biološkim podacima za vodno tijelo, mala nesigurnost	Zahtijeva biološki monitoring, velika investicija

Uredska procjena protoka

Ovo je pristup u kojem se ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka sa pregradnih objekata razmatraju na osnovu dostupnih podataka. Literatura o ekološkom odgovoru na režim protoka pruža neke primjere uvjeta protoka koji su potrebni za različite riječne vrste (Old i Acreman, 2006). Međutim, mnogi od ovih su specifični za predmetnu rijeku, zbog, naprimjer, genetskih razlika ribljih populacija. Ipak, literatura se može koristiti kao prva procjena tipova režima protoka koji bi bili najpogodniji za različite rijeke. Tamo gdje je to moguće, literatura bi se trebala koristiti zajedno sa podacima o protoku i biološkim podacima iz studija o ribama, beskičmenjacima i makrofitima, koji karakteriziraju rijeku, hidrološki i biološki, u njenom referentnom (prirodnom) stanju.

Većina koraka su generički, ali mogu varirati u zavisnosti od pristupa procjene koji se koristi.

Hidraulička procjena

Ovaj pristup uzima u obzir to da sam protok ne utječe direktno na upotrebljivost rijeke za različite vrste i biotičke zajednice. Na upotrebljivost rijeke više utječu hidrauličke karakteristike kao što je dubina, brzina i površina okvašenog obima. Nadalje, uvjeti potrebni za mnoge vrste/zajednice definirani su u smislu dubine i brzine. Iako kompletna simulacija hidrauličkog modela dionica rijeke zahtjeva značajno prikupljanje podataka o toj određenoj lokaciji, procjene raspodjele dubine i brzine mogu se izvući iz varijabli sliva, ili putem jednostavnih mjerenja na terenu.

Biološka procjena

Ovaj pristup prepoznaje da su svi riječni ekosistemi jedinstveni, i da postoji značajna nesigurnost kod transfera uvjeta, potrebnih za određene vrste i zajednice, iz jedne rijeke u drugu. To može biti rezultat, naprimjer, genetskih razlika između rijeka. Ovaj nivo procjene zahtijeva biološko istraživanje, ali daje rezultate sa najmanjim nivoom nesigurnosti.

Koraci potrebni za definiranje režima ispuštanja protoka za različite nivoe procjene

Korak	Nivo procjene		
	Uredski	Hidraulički	Biološki
1	Definiranje prirodnog režima protoka za vodno tijelo u smislu vremenskih nizova za reprezentativni desetogodišnji period		
2	Analiza režima protoka u smislu veličine, učestalosti i trajanja velikih, srednjih i malih voda.		
3	Kompiliranje podataka bioloških istraživanja ili korištenje modela za vodno tijelo kako bi se odredile očekivane biološke zajednice i životne faze za rijeku u referentnim uvjetima		
4		Kvantificiranje odnosa između protoka i hidrauličkih parametara korištenjem hidrauličkih modela	
5	Određivanje potrebnih uvjeta režima protoka za svaku vrstu/zajednicu i životnu fazu, korištenjem objavljene literature	Određivanje potrebnih fizičkih uvjeta svake vrste/zajednice i životne faze korištenjem objavljene literature	Vršenje bioloških istraživanja uključujući označavanje riba kako bi se odredili potrebni uvjeti režima protoka i fizičkih uvjeta staništa za svaku vrstu/zajednicu i životnu fazu
6	Verifikacija uvjeta putem identifikacije elemenata režima protoka i historijskih podataka		
7	Provjera da li će elementi ispuštanja protoka isporučiti druge važne varijable kao što je kvalitet vode, uključujući temperaturu i teret sedimenta		

Korak	Nivo procjene		
	Uredski	Hidraulički	Biološki
8	Definiranje gradbenih elemenata		
9	Zapisivanje rezultata u tabelu režima ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka		
10	Sabiranje pojedinačnih potreba za protokom kako bi se procijenile cjelokupne implikacije po vodne resurse		
11	Ponavljanje analize za svako vodno tijelo kako bi se osiguralo da je uzvodni ekološki prihvatljivi protok dovoljan za zadovoljavanje potreba u nizvodnom dijelu		

5.2. Definiranje dugoročnog režima ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka

Ranije specificirani pristupi procjene generiraju režim protoka tokom godine, koji se zasniva na nizu gradbenih elemenata. U prirodnim sistemima, režim protoka značajno varira tokom različitih vremenskih perioda, uključujući dane, mjesece, godine i decenije. Evidentno je da neki zahtjevi vezano za protok mogu biti kontradiktorni, kao naprimjer da se veliki protoci zahtijevaju za povezanost aluvijalne ravni rijeke što je korisno za neke vrste, dok se istovremeno, s ciljem zaštite mladih i drugih vrsta, zahtijevaju manji protoci. To je konzistentno sa biološkim podacima za prirodne sisteme, što pokazuje da su neke godine dobre za neke vrste i loše za druge, npr. jedna godina može biti dobra za jednu riblju populaciju, dok je druga dobra za drugu riblju populaciju. Kao posljedica toga može biti potrebno planiranje nekoliko različitih režima ispuštanja, koji bi se koristili na rotirajućoj osnovi. Dalje pitanje je što dotoci na branu mogu biti nedovoljni za ispuštanja potrebna za bilo koju godinu. Implementacija može uključivati definiranje jednog režima ispuštanja za godine sa „normalnim“ padavinama, kada se može očekivati niz funkcija i procesa riječnih ekosistema (koji se naziva protok za održavanje), i drugog za sušne godine, kada se potrebe za protokom ne mogu ispuniti, i koji je onda namijenjen za preživljavanje vrsta obzirom da neke vrste neće moći da se razmnožavaju (protok za sušne periode). Alternativna strategija je definiranje režima ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka u smislu veličina prirodnog režima protoka. Režim ispuštanja se zatim implementira putem stvarnog određivanja prirodnog režima kroz monitoring referentnog sliva, što može biti uzvodno od akumulacije. Ovo je očigledno jedno jako napredno tehničko rješenje koje zahtjeva telemetriju i automatski rad ispusnih objekata. Međutim, ono uključuje prirodnu promjenjivost i hidrološke signale iz prirodnog režima. Djelimično korištenje ove ideje bi moglo uključivati određivanje ispuštanja u skladu sa prethodnim padavinama ili nivoima vode u akumulacijama.

Implementacija

Jednom kada relevantni stručnjaci dogovore režim ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka vezano za DES, korak 7, potrebno ga je revidirati ili prilagoditi tamo gdje je to potrebno (korak 9).

Revidiranje može biti potrebno iz tri razloga:

- Vodno tijelo se određuje kao jako izmijenjeno vodno tijelo i potrebno je samo da ispuni uvjete DEP-a,
- sa pregradnog objekta ne mogu da se vrše ispuštanja na trenutno specificirani način
- monitoring i testiranje (Koraci 10 i 11) su pokazali da režim ispuštanja ne može da ispuni zahtijevano stanje, čak i kada su napravljene modifikacije na ispusnim građevinama na pregradnom objektu (korak 14).

Postizanje dobrog ekološkog potencijala

DEP zahtijeva postizanje ekološkog stanja koje je slično najboljim primjerima sličnih riječnih ekosistema koji imaju iste modifikacije; odnosno sa najboljom praksom upravljanja vodnim tijelom. To uključuje procjenu sličnih pregradnih objekata na rijekama, način njihovog rada i utjecaja na nizvodne riječne ekosisteme. Ovaj proces počinje razmatranjem režima ispuštanja ekološkog protoka koji će ispuniti DES i procjenom koji elementi su isporučeni najboljim primjerima drugih pregradnih objekata. Neki elementi režima ispuštanja mogu se izostaviti ukoliko su ciljane vrste u najboljim primjerima održane bez tih elemenata. Najbolja praksa će uključiti kompromis između postizanja prvobitnih ciljeva pregradnog objekta (proizvodnja hidro-energije, vodosnabdijevanje, odbrana od poplava), istovremeno ispuštajući režim protoka koji odgovara ključnim aspektima riječnog ekosistema. Režim ispuštanja stoga može uključivati brzi rast i pad protoka (brane s ciljem proizvodnje hidro-energije) ili protoke koji su veći od prirodnih (regulacione akumulacije).

Ograničenja ispuštanja sa pregradnih objekata

Trenutna sposobnost pregradnog objekta za ispuštanje ekološki prihvatljivog protoka procijenjena je u koraku 8. Ograničenja mogu uključivati operativne zahtjeve pregradnog objekta, retenzije, obezbijeđenje vodosnabdijevanja ili proizvodnju hidro-energije, ispuštanja za kasnije zahvatanje vode na nizvodnoj dionici. Ispusni objekti mogu biti jako mali, i u nekim slučajevima čak i ne postoje. Osim toga, ispusni objekti mogu uzimati vodu samo sa jednog nivoa u akumulaciji, tako da iako režim ispuštanja može biti volumetrijski zadovoljavajući, njegov kvalitet možda nije adekvatan, uključujući niže temperature. Prilikom prilagođavanja režima ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka kako bi se prevazišla ograničenja pregradnog objekta posebnu pažnju bi trebalo dati potencijalnoj fleksibilnosti režima, npr. da li se može implementirati do prihvatljive mjere kroz ograničenje pravila rada koja se praktično mogu postići, kao što su stalni kompenzacijski protoci za duge periode sa povremenim plavnim valovima, ili protok treba da varira tokom kraćih vremenskih perioda, sezonski, mjesečno ili dnevno?

Neispunjavanje zahtijevanog stanja

Treći razlog za prilagođavanje režima ekološkog protoka je kada monitoring i testiranje pokažu da čak i kada je režim implementiran, vodno tijelo ne ispunjava zahtijevano stanje čak i u slučaju kada su urađene modifikacije na ispusnim objektima. To može biti zbog nesigurnih naučnih informacija kada je režim ispuštanja definiran u koraku 8.

6. PRIJEDLOG NOVE METODE

Nova metoda zove se DEP metoda². Njeni kriteriji odabira definirani su na jednostavan način. Da bi se postigla ova jednostavnost, urađene su detaljne hidrološke analize malih voda na nekoliko vodotoka, i morfološke analize okvašenog obima korita kako bi se pronašla pravila morfoloških odnosa i protoka kao osnovnih abiotičkih indikatora kvaliteta ribljih staništa.

Sljedeći zahtjevi su korišteni kao početna tačka za definiranje predložene metode:

- Ujedinjenje dobrih karakteristika četiri grupe metoda koje se najviše operativno koriste u svijetu, eliminišući njihove slabosti. Metode čija su iskustva ugrađena u novu metodu su sljedeće a) Montana-Tennant metoda, nesumnjivo najčešće korištena metoda u svijetu, b) modifikovana Tennant metoda, c) Statističke metode, a iz grupe metoda sa analizom kvaliteta staništa: (d) metoda okvašenog obima. Osim pomenutih metoda čija su iskustva direktno ugrađena u novu EP metodu, uzeta su u obzir i iskustva drugih metoda (IFIM, regresione metode) sa zaključkom da se ranije pomenute metode nikako ne mogu primijeniti u našoj situaciji, zbog složenih, dugotrajnih i skupih istražnih radova koji zahtijevaju posebne stručnjake koji se samo time bave. Ukratko, nova metoda bi trebala sadržati sve dobre karakteristike postojećih metoda, s tim da se otklone njihove slabosti koje su primijećene tokom primjene u drugim zemljama.
- Metoda mora da bude veoma operativna i da se može upotrijebiti imajući u vidu baze hidroloških podataka koji su standardne i uobičajene pri projektovanju brana, hidroelektrana, akumulacija i vodozahvata na rijekama.
- Metoda treba da bude vrlo jednostavna za praktičnu primjenu. To je postignuto na taj način što su urađene vrlo obimne regionalne hidrološke analize malih voda, kao i morfološke analize, kako bi se sagledao čitav opseg primjenljivosti nove metode, svodeći samu metodu na veoma jednostavno pravilo.
- Dobiveni ekološki prihvatljivi protoci, određeni u skladu sa novom metodologijom moraju uvijek da budu ekološki povoljniji od rezultata iz kategorije "prilično dobar" u okviru metode Montana -Tennant, ali bez narušavajućih elemenata, i da se najvećim dijelom približavaju rezultatima iz kategorije "dobar" iste metode.
- Metoda mora da bude univerzalna, tako da se može primijeniti na vodotocima svih hidroloških režima i karakteristika na području ovog dijela Balkana.

Postoje dva karakteristična perioda tokom godine:

- 1) hladni period godine kada su aktivnosti biocenoza vrlo usporene i kada nema kritičnih aktivnosti u razvoju ihtiofaune,
- 2) topli dio godine kada se vrlo dinamično i živo odvijaju sve vitalne aktivnosti biocenoza uključujući i njihovu reprodukciju. Očigledno je da se tada ekološki prihvatljivi protoci moraju prilagoditi tom razvoju.

² Prof.dr. B. Đorđević, redovni profesor na Građevinskom fakultetu u Beogradu

Tokom definiranja DEP metode, korištena su bogata i dragocjena iskustva stečena širom svijeta pri primjeni drugih metoda. Ovdje su sistematizovana najvažnija iskustva korištena pri definiranju ovog novog metoda.

Osim velikog iskustva stečenog širom svijeta putem primjene metode Montana- Tennant također su usvojeni i sljedeći principi: dinamizam ekološki prihvatljivih protoka koji se ogleda u usvajanju dva perioda u toku godine (topli i hladni period godine) za koje se daju različite veličine protoka, iskustvo o opsezima protoka u odnosu na prosječne godišnje protoke za koje se dobivaju dobri ekološki efekti, iskustvo o kategorijama ekološke valjanosti ekološki prihvatljivih protoka.

Princip da je nužno izvršiti korekcije ekološki prihvatljivih protoka usvojen je na osnovu modificirane Tennant metode, kako bi se u obzir uzela neravnomjernost raspodjele protoka tokom godine. Na taj način se izbjegava mana nekih tradicionalnih metoda da se na rijekama sa velikom neravnomjernošću, kod kojih se najveći dio godišnjeg protoka realizuje tokom povodnja, odrede neprikladni, previše veliki garantovani protoci, niti da se malim odabranim garantovanim protocima degradiraju rijeke sa relativno ujednačenim režimima.

Iz statističkih metoda je usvojen vrlo bitan princip da se odluka o garantovanim protocima mora da zasniva na stohastičkoj analizi perioda sa malim vodama. Učinjeno je značajno poboljšanje u odnosu na pomenute statističke metode 7Q20 i Metodu transformacije krivih raspodjele godišnjih protoka, time što su u novoj metodi DEP korišteni rezultati stohastičke analize dugih perioda trajanja malih voda (analiza malih mjesečnih voda, ili, ako se raspolaze sa podacima o dnevnim protocima, analiza vjerovatnoće 30-dnevnih malih voda). Time je metoda, probabilističkom analizom perioda malih voda, 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 malih voda, kada opstanak biocenoza zavisi od kontinuiteta toka i okvašenog obima korita koji se stalno nalazi pod vodom. Morfološke analize urađene u okviru ove studije pokazuju da na našim vodotocima 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 ocjenjuje ocjenom "dobar" pri primjeni metode Tennant. Međutim, detaljnije analize pokazuju da to slaganje nije neočekivano, zato što protoci koji se nalaze u tom opsegu obezbjeđuju praktično puni kontinuitet vodnog ogledala rijeke. Kao takvi oni i u periodu malih voda obezbjeđuju dovoljno dobre uvjete za opstanak i sve razvojne aktivnosti ribljih vrsta, uključujući i migracije u periodu mrijesta.

Operativnost i jednostavna primjena zasniva se na primjeni manjeg broja parametara, koji se mogu dobiti analizom raspoloživih hidroloških serija.

Primjena DEP metode zasniva se na primjeni tri parametra: (1) prosječni višegodišnji protok na profilu brane, odnosno mjesta zahvata vode (\bar{Q}), (2) mala mjesečna voda obezbjeđenosti 95% ($Q_{95\%}^{\text{min.mjes.}}$), (3) mala mjesečna voda obezbjeđenosti 80% ($Q_{80\%}^{\text{min.mjes.}}$). Ukoliko se raspolaze višegodišnjim serijama dnevnih protoka, umjesto minimalnih mjesečnih protoka ($Q_{95\%}^{\text{min.mjes.}}$) i ($Q_{80\%}^{\text{min.mjes.}}$) mogu se koristiti odgovarajuće

vrijednosti 30-dnevnih protoka malih voda istih vjerovatnoća ($Q_{95\%}^{\min.(30)}$) i ($Q_{80\%}^{\min.(30)}$)³. Kada se raspolože tim podacima, onda se svi navedeni principi izbora sažimaju u veoma jasnom pravilu, koji definiše DEP metodu.

Ekološki prihvatljivi protok (Q_e) usvaja se u sljedećim iznosima:

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

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

- (2) U toplom dijelu godine, koji obuhvata period [april - septembar] $Q_{ekol.prih.}$ treba odabrati tako da odgovara veličini mjesečne male vode vjerovatnoće 80% ($Q_{80\%}^{\min.mjes}$), odnosno male 30-dnevne vode iste vjerovatnoće ($Q_{80\%}^{\min.(30)}$), ali ta vrijednost 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 dijelu godine $Q_{ekol.prih.}$ bira se na osnovu relacije:

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

U slučaju da vrijednosti garantovanih ekoloških protoka dobivene preko definiranih vjerovatnoća malih voda izlaze izvan opsega koji su definirani gornjim pravilima i nejednačinama, usvajaju se granične vrijednosti.

- (3) U slučaju vodotoka kod kojih postoje posebni ekološki ili sportsko - turistički i rekreacioni zahtjevi i ciljevi, vrijednosti koje se dobivaju po gore navedenim pravilima mogu se uvećati: u

³ Alternative su date iz operativnih razloga. Nesumnjivo je bolje ako se raspolože sa podacima o tridesetodnevnom malim vodama odgovarajućih vjerovatnoća javljanja, jer je to primjerenije fizici fenomena malih voda, jer ekstremno malovođe, definisano najmanjim godišnjim protocima u kontinuiranom trajanju od 30 dana može da zahvati dijelove dva meseca. Međutim, insistiranje isključivo na protocima ($Q_{95\%}^{\min.(30)}$) i ($Q_{80\%}^{\min.(30)}$) ne bi imalo smisla, jer se u mnogim projektima ne raspolože sa višegodišnjim serijama dnevnih protoka. Zbog toga je upotreba vrijednosti malih mjesečnih voda odgovarajućih vjerovatnoća dopuštena. To omogućava da se metoda može primijeniti u svim projektima, jer se uvijek, u slučaju projektovanja hidroelektrana, raspolože sa dovoljno dugim serijama mjesečnih protoka. Upotreba malih mjesečnih voda umjesto 30-dnevnih minimalnih protoka daje, po pravilu, garantovane ekološke protoke na strani sigurnosti (nešto malo veće vrijednosti).

hladnom dijelu godine do 15%, u toplom dijelu godine do 30%. To se može činiti samo uz posebnu analizu svrsishodnosti takvog povećanja.

- (4) Vrijednosti garantovanog protoka dobivene za hladni dio godine mogu se tretirati kao konstantne, mada je moguće, po potrebi, i njihovo izvjesno variranje (izvjesno povećanje protoka u martu, kada se mrijeste neke riblje vrste koje to čine u tom hladnom periodu (štuka).
- (5) Dobivene veličine ispuštanja ekološki prihvatljivog protoka u toplom dijelu godine su prosječne. One se mogu bolje prilagođavati potrebama razvoja biocenoza, posebno ihtiofaune, na taj način što se u kritičnim razdobljima (period mrijesta, itd.) povećava ispuštanje, u skladu sa eventualnim zahtjevima službi nadležnih za ekološku zaštitu i ribarstvo. Smanjenja su moguća u povoljnim hidrološkim situacijama, kada su protoci na pritokama povoljni, ali se ne smije dozvoliti da na dionici nizvodno od brane protoci budu manji od onih koji se ispuštaju u hladnom dijelu godine.
- (6) Protok koji se ispušta za ove potrebe nije energetski izgubljen. Na tom ispustu se mogu realizovati mali agregati, koji energetski prerade taj protok. Jedina je obaveza da takav ispust ima i odvajak koji će obezbijediti ispuštanje i u slučaju ako je agregat van pogona zbog kvara ili održavanja.

DRUGE MJERE ZA ZAŠTITU BIOCENOZA

Radi obezbjeđivanja što povoljnijih ekoloških uvjeta nizvodno od brana akumulacija, u svim akumulacijama u kojima dolazi do termičke separacije treba koristiti selektivne vodozahvate za ispuštanje ekološki garantovanih protoka. Treba predvidjeti takve dispozicije, sa dovoljnim brojem zahvata na raznim dubinama, da se mogu ispuštati garantovani protoci iz onih zona / dubina akumulacije u kojima su trenutni pokazatelji kvaliteta (temperatura, hemizam) najpovoljniji za nizvodne biocenoze.

Zatvarači treba da budu regulacioni, dimenzionisani na najveće protoke koji se mogu zahtijevati tokom vremenski promjenljivog (dinamičkog) ispuštanja ekološki prihvatljivih protoka i protoka potrebnih za nizvodne korisnike. Ukoliko se voda ispušta i za potrebe nizvodnih korisnika, koji će tu količinu zahvatiti na svojim nizvodnim riječnim zahvatima, i ta količina se mora ispuštati na selektivnim vodozahvatima, u cilju obezbjeđenja najpovoljnijih temperatura sa gledišta potreba biocenoza na nizvodnim dionicama rijeke.

Adekvatnim izborom zatvarača za ispuštanje garantovanih protoka i protoka za nizvodne korisnike (regulacioni konični zatvarači sa najefikasnijim ovazdušenjem mlaza) mogu se poboljšavati kiseonični režimi na nizvodnim dionicama vodotoka.

Dugoročni programi praćenja promjena u ribljoj populaciji jednog vodotoka morali bi biti dio integralne strategije korištenja određenog poteza rijeke. Izbor ekološki prihvatljivog protoka je samo jedna od početnih, izuzetno važnih aktivnosti u tom procesu upravljanja vodenim ekosistemima. Ovakav program bi obezbjedio verifikaciju sračunatih vrijednosti ili omogućio izmjenu istih kako bi se prilagodili realnim uvjetima u vodotoku.

Da bi se raspolagalo validnim podacima o sloju iz koga treba ispuštati garantovane protoke, kao i da bi se stalno pratio dinamički razvoj akumulacije kao ekosistema, obavezno je za sve akumulacije napraviti matematički model ponašanja akumulacije tokom vremena (model promjene biotičkih i abiotičkih parametara jezerskog ekosistema). Korisnik objekta je u obavezi da obezbjedi monitoring sistem, koji će omogućiti tariranje i stalno poboljšanje modela. Treba mjeriti abiotičke i biotičke parametre vodnog eko-sistema – i to one koji su potrebni za ažurno praćenje ponašanja jezera u realnom vremenu.

7. PRIJEDLOG AKTIVNOSTI ZA FAZU II PROJEKTA “ŽIVJETI NERETVU”

(Ekološki prihvatljivi protok)

Kao što je navedeno u Projektom zadatku za Radnu grupu za okoliš, glavni naponi uloženi su u analize i prezentiranje različitih pristupa u određivanju odgovarajućih metodologija za izračunavanje ekološki prihvatljivog protoka.

Implementiranje nove, lokalne legislative (entitetski zakoni o vodama), koja se zasniva na filozofiji a ponajviše na standardima definiranim u Okvirnoj direktivi o vodama, će zahtijevati procjenu da li vodna tijela ispunjavaju okolišne standarde koji ukazuju na dobro ekološko stanje. Kriteriji dobrog ekološkog stanja (hemijske i biološke komponente) još nisu definirani.

Bit će potrebno napraviti procjenu velikog broja vodnih tijela, i to vjerovatno u kratkom vremenskom roku i sa malim sredstvima, te se čini da je najbolje da nivo procjene odgovara pristupu strateškog planiranja koji je jako jednostavan i brz za primjenu bez potrebe za detaljnim obilascima terena.

Fundamentalno najrelevantnije praznine koje se pojavljuju su one koje nastaju između težnje da se kreiraju ekološki relevantni regulatorni standardi koji imaju dobru naučnu pozadinu i koji se mogu na sistematičan način primijeniti i obrazložiti argumentima, i načina na koji to treba da se uradi.

7.1. Ključni zaključci ove faze i preporuke za narednu

Većina zemalja ima različite metode za određivanje ekološki prihvatljivih protoka, a svaka se definiše za drugačiju svrhu npr. strateška analiza, određivanje procjene utjecaja na okoliš i njenog obima.

Izdavanje dozvola za ispuštanja i zahvatanja iz akumulacija predstavljaju različite probleme i različite metode su kreirane kako bi se ova pitanja riješila. Sa ispuštanjima iz akumulacija, cijeli režim protoka (osim velikih poplava) treba biti kreiran. Zahvatanja obično nemaju utjecaja kod velikih protoka, tako da je fokus na malim protocima.

Tamo gdje nema dovoljno podataka, koristi se stručno mišljenje, i sve više se favorizira formalno strukturirani pristup postizanju koncenzusa među grupom eksperata, uključujući

akademike i one koji se bave praktičnom primjenom.

U velikoj mjeri se prihvata da svi dijelovi režima protoka imaju neki ekološki značaj. Kao rezultat toga, sve manje se koriste indeksi samo malog protoka.

Mnogim metodama određuju se ekološki prihvatljivi protoci u odnosu na prirodni režim toka rijeke. Nekim metodama definira se protok u smislu karakteristika lokaliteta, ali nije bilo moguće analizirati podatke ili osnovu za ove zaključke. Ostale metode definiraju ekološke zahtjeve u smislu direktnijih hidromorfoloških elemenata, kao što je dubina i brzina vode.

Neke manje studije su pokazale da protok međusobno djeluje sa morfologijom kako bi se definiralo fizičko stanište (kao što je širina, dubina, brzina i supstrat) za specifične organizme. Ovi elementi kvaliteta variraju u prostoru, voda je duboka u bazenima i plitka kod malih talasa, brzina je velika u slučaju malih talasa i mala u bazenima. Standardi koji se zasnivaju na ovim elementima kvaliteta kod vodnih tijela širih razmjera ne mogu se tako lako definirati. Da bi se implementirali standardi na nivou jedne dionice, neophodni su podaci o tom lokalitetu.

Ostala pitanja koja nisu uključena u elemente kvaliteta u skladu sa Okvirnom direktivom o vodama, kao što je korištenje zemljišta, mogu također biti važna kod zaštite ekološkog stanja voda, te bi to također trebalo uzeti u razmatranje kao dio naredne faze projekta.

Posebna pažnja bi također trebala biti data zaštiti „dobrog stanja“ voda, gdje se elementima hidromorfološkog kvaliteta daje posebna zaštita uz ulogu koju imaju u ispunjenju elemenata ekološkog kvaliteta.

7.2. Sveobuhvatni cilj druge faze projekta

Sveobuhvatni cilj bi trebala biti izrada metode za uspostavu regulatornih standarda za rijeke i jezera (vodna tijela).

Implementacija Okvirne direktive o vodama će zahtijevati primjenu okolišnih standarda na sva vodna tijela bez obzira na raspoložive hidrološke i ekološke podatke. Kao posljedica toga, zahtijevaju se standardi koji se mogu primijeniti bez potrebe za obilaskom vodnog tijela. To znači da se standardi moraju odnositi na parametre koji se mogu dobiti putem karata ili digitalnih baza podataka, kao što je riječni protok, slivno područje ili geologija. Svi rezultirajući standardi će imati manje predvidljiv značaj na lokalnom nivou i ne mogu se testirati korištenjem podataka o predmetnoj lokaciji.

Hijerarhijski pristup može biti potreban, u kojem se koristiti širi pristup, koji se možda zasniva na protoku, a koristi se kao alat za praćenje, kako bi se procijenila sva vodna tijela. Detaljniji pristup, koji se možda zasniva na dubini ili brzini, može se primijeniti na manji broj lokaliteta za koje se smatra da zahtijevaju posebnu pažnju.

Režim protoka je kompleksan i karakterizira ga vrijeme, veličina, trajanje, učestalost, a svi oni su važni za različite aspekte riječnog ekosistema. Da bi se proizveli operativni standardi, postoji potreba da se identificira mali broj parametara koji bi uključili njegove najznačajnije karakteristike. Naprimjer, broj događaja sa velikim protocima koji je veći od

trostrukih srednjih protoka, prikazan je u odnosu na strukturu zajednica mikrofiti i beskičmenjaka na Novom Zelandu. (Clausen, 1997).

Ekvivalent za jezera je režim nivoa vode. Nivo vode ima direktnu ekološku relevantnost jer određuje površinu izloženosti priobalne zone, imajući u vidu njenu osjetljivost, te vrijeme i trajanje izloženosti. Također je direktno vezana za dubinu vode. Utječe na niz varijabli stanja sistema uključujući efektivnu dužinu razvijanja vala, osnovu vala, ponovno taloženje sitnozrnih sedimenata u koritu, a povezan je i sa vremenom zadržavanja sedimenta na određenom lokalitetu. Što se tiče režima riječnog protoka, postoji potreba da se identifikuju najvažnije karakteristike režima nivoa vode u jezeru, naprimjer godišnji i sedmični nivoi, sezonski maksimumi ili minimumi, ili stope porasta i pada.

Ipak, čini se beznačajnim to što se treba napraviti hijerarijski pristup standardima, tamo gdje se za praćenje koriste metode širih razmjera koje se zasnivaju na protoku, a detaljne metode koje se zasnivaju direktnije na ekološki važnim parametrima, kao što je dubina i brzina, koriste se za procjene utjecaja na nivou samog lokaliteta i za određivanja uvjeta dozvole.

Trebaju se identificirati mjere i parametri koji obično utječu na relativnu ekološku osjetljivost površinskih voda na promjene u režimu protoka, i pragovi za ove parametre koji su važni u održavanju ekološkog stanja površinskih voda. Sljedeća faza projekta bi minimalno morala razmotriti sve ove parametre uključene u ekološke i hidromorfološke elemente kvaliteta, kao i elemente kontinuiteta koji su definirani Okvirnom direktivom o vodama. Najbolje trenutno naučno razumijevanje veze između hidromorfologije i ekologije mora se primijeniti kako bi se opravdali odabrani parametri i pragovi.

Da bi se ispunili ekološki ciljevi Okvirne direktive o vodama, potrebni su regulatorni standardi koji će omogućiti regulatornom tijelu da odredi zahtjeve ekološkog protoka.

Ovi standardi moraju obezbijediti odgovarajuću zaštitu vodnog okoliša kako bi se obnovilo i održalo ekološko stanje voda i ispunili zahtjevi Okvirne direktive o vodama, kao i drugi okolišni ciljevi. Da bi se promoviralo održivo korištenje voda i omogućilo korisnicima voda da nastave sa radom bez suvišnih ograničenja, ovi standardi moraju se postaviti u odnosu na ekološku osjetljivost voda na hidromorfološke promjene.

Program za narednu fazu će biti strukturiran kako slijedi:

1. Identificiranje svih relevantnih parametara na koje je akvatična ekologija osjetljiva.

Oni uključuju hidrološke parametre kao što je protok, ali također i šire hidromorfološke parametre kao što je brzina vode, dubina ili nivo vode, oblik kanala, ili površina okvašenog obima, a može također uključivati i doprinos podzemnih voda (temperaturu, kvalitet i/ili kvantitet), sezonalnost itd. u zavisnosti od toga šta je najadekvatnije. Jednom kada su identificirani, parametri mogu, kada je to adekvatno, biti grupisani u generičke podkategorije koje omogućavaju da one okolnosti koje imaju ekološki značaj budu definirane. Zajedno sa ovim radom, bit će izvršen pregled i ocjena postojećih standarda koji su u međunarodnoj primjeni, kako bi se odredilo da li ima nekih nedostataka – svi parametri koji su identificirani kao relevantni ali za koje nema raspoloživih postojećih standarda.

2. Kreiranje tipologije za rijeke i jezera i identifikacija ekološke osjetljivosti za svaku „vrstu“ promjena parametara definiranih u prethodnom koraku.

Ova faza projekta ima za cilj izradu tipologije za kategorizaciju ekološke osjetljivosti rijeka i jezera na hidromorfološke pritiske koji se kreiraju zahvatanjem i pregrađivanjem vodotoka. Ova tipologija bi se stoga trebala koristiti, zajedno za podacima prikupljenim tokom pregleda literature, da bi se identifikovalo koji su specifični parametri, iz cijelog niza parametara koji su identificirani u prethodnom koraku, relevantni za ekološke uvjete za svaki tip.

3. Izrada regulatornih standarda (odnosno pragova za svaki od identificiranih parametara) putem pozivanja na pet kategorija ekološkog stanja, kako je definirano u Okvirnoj direktivi o vodama (vrlo dobro stanje, dobro stanje, umjereno dobro stanje, loše stanje i vrlo loše stanje).

Ovaj korak bi trebao rezultirati standardima (odnosno pragovima) koji su definirani kao relevantni za odabrane parametre: naprimjer, makrofite, beskičmenjake, odabrane standarde za riječne tipove za postizanje DES-a, itd. koji su relevantni i za upravljanje restriktivnim protokom (zahvatanje) i za aktivno upravljanje protokom (poplave, ispuštanja sa pregradnih objekata) za specifične vrste vodnih tijela.

8. Zaključak

Vežano za pregled postojećih metoda koje se primjenjuju u različitim zemljama, zatim raspoložive podatke za riječni sliv Neretve (hidrološki, hidromorfološki, biološki, geološki itd.) i zahtjeve i prijedloge korisnika, sveobuhvatni pristup bi trebao biti sljedeći:

- a) Metodologija bi trebala biti primjenjiva u svim situacijama. Odabrani parametri modela za ekološki prihvatljivi protok zavise i o fizičkim i o biološkim karakteristikama. Sezonske varijacije protoka bi također trebale biti uključene.
- b) Parametri bi trebali biti fleksibilni u odnosu na moguće reevaluacije, imajući na umu aktivnosti koje se odnose na definiranje referentnih uvjeta i određivanje vodnih tijela, te definiranje stanja
- c) Metodologija bi trebala biti fleksibilna u odnosu na raspoloživost podataka.

2. Metodologija zasnovana na DEP metodologiji sa modifikacijama:

- $Q_{dep} = k Q$, gdje je
k - parametar koji je potrebno definirati;
 Q_{dep} – ekološki prihvatljivi protok
Q – prosječni godišnji protok

- „k“ parametar treba definirati u odnosu na:
 Varijabilnost protoka,
 Abiotičke parametre vodnih tijela,
 Hidrauličke uvjete,
 Režime podzemnih voda,
 itd.
 Drugim riječima, kvantificiran na način da prezentira odnos između različitih režima protoka. Supstrati u riječnom koritu i na obalama, hidraulički uvjeti, putevi i protok podzemnih voda, referentni uvjeti kvaliteta voda itd.

LITERATURA

Arthington AH. 1998a. Comparative Evaluation of Environmental Flow Assessment Techniques: Review of Holistic Methodologies. Occasional Paper No. 26/98. Land and Water Resources Research and Development Corporation: Canberra, Australia.

Arthington AH, Lloyd R (eds). 1998. Logan River Trial of the Building Block Methodology for Assessing Environmental Flow Requirements. Workshop Report. Centre for Catchment and In-stream Research and Department Natural Resources: Brisbane, Australia.

Arthington AH, Brizga SO, Choy SC, Kennard MJ, Mackay SJ, McCosker, RO, Ruffini JL, Zalucki JM. 2000. Environmental Flow Requirements of the Brisbane River Downstream of Wivenhoe Dam. South East Queensland Water Corporation, and Centre for Catchment and In-Stream Research, Griffith University: Brisbane, Australia.

Armour, C. L., and J. G. Taylor, 1991. Evaluation Of The Instream Flow Incremental Methodology By United-States Fish And Wildlife Service Field Users. *Fisheries* **16**(5):36-43.

Bonacci O.: Water resources and open water courses eco-hydrology, Civil engineering - architectonic faculty of the Split University, 2003

Bunn SE. 1998. Recent approaches to assessing and providing environmental flows: concluding comments. In *Water for the Environment: Recent Approaches to Assessing and Providing Environmental Flows*, Arthington AH, Zalucki JM (eds). Proceedings of AWWA Forum. AWWA: Brisbane, Australia; 123–129.

Doupe RG and Pettit NE 2002. Ecological perspectives on regulation and water allocation for Ord River, Western Australia. *River Research and Applications* **18** (29).307-320

Đorđević, B.: Vodoprivredni sistemi, Naučna knjiga, Beograd, 1990.

Đorđević, B., T. Dašić: Garantovani protoci nizvodno od hidroelektrana

Okvirni plan razvoja vodoprivrede Republike Srpske, Republička direkcija za vode RS, Bijeljina, septembar 2006.

Gillilan, D. M., and T. C. Brown, 1997. Instream flow protection: seeking a balance in Western water use. Island Press, Washington, D.C.

Gordon, N. D., T. A. McMahon, and B. Finlayson, 1992. Stream hydrology: an introduction for ecologists. Wiley, Chichester, West Sussex, England; New York.

Gleick PH. 1998. *The World's Water 1998-1999: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Island Press, Washington, D.C.

King JM, Tharme RE. 1994. Assessment of the Instream Flow Incremental Methodology and Initial Development of Alternative Instream Flow Methodologies for South Africa. Water Research Commission Report No. 295/1/94. Water Research Commission: Pretoria, South Africa.

King JM, Tharme RE, De Villiers M (eds). 2000. Environmental Flow Assessments for Rivers: Manual for the Building Block Methodology. Water Research Commission Technology Transfer Report No. TT131/00. Water Research Commission: Pretoria, South Africa.

King J, Sabet H, Brown C, Hirst S.) Lesotho Highlands Development Authority Contract 648: Maseru, Lesotho.

Metsi Consultants. 2000. Consulting Services for the Establishment and Monitoring of the Instream Flow Requirements for River Courses Downstream of LHWP (Lesotho Highlands Water Project) dams. Final Report: summary of main findings. Report No. 648-F-02. (Authors:

Postel, S. 1999. *Pillar of Sand: Can the Irrigation Miracle Last?* W.W. Norton, New York.

Reinfelds, I., T. Haeusler, A. J. Brooks, and S. Williams, 2004. Refinement of the wetted perimeter breakpoint method for setting cease-to-pump limits or minimum environmental flows. *River Research And Applications* 20(6):671-685.

Sniffer, Guidance documents related to WFD

Tennant, D. L.: Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. U.S. Fish and Wildlife Service, Billings, Mont. (1975)

Tharme R.E.: A global perspective on environmental flow assessment: Emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers-River Res. *Applic.* 19:397-441 (2003)

Tharme RE. 1996. Review of International Methodologies for the Quantification of the Instream Flow Requirements of Rivers. Water law review final report for policy development

for the Department of Water Affairs and Forestry, Pretoria. Freshwater Research Unit, University of Cape Town, South Africa.

Tharme RE, King JM. 1998. Development of the Building Block Methodology for Instream Flow Assessments, and Supporting Research on the Effects of Different Magnitude Flows on Riverine Ecosystems. Water Research Commission Report No. 576/1/98.

Waddle, T., 2001. PHABSIM for Windows User's Manual and Exercises. Open File Report 2001-340, USGS. pp. 288.