

## METODOLOGIJA ZA PROCENU UTICAJA AKTIVNOSTI ZA OBNAVLJANJE EKOLOŠKIH VREDNOSTI REČNIH TOKOVA

Dr Jasna MUŠKATIROVIĆ, dipl. građ.inž.  
University of Idaho, USA, e-mail: jmuski@gmail.com

### REZIME

Metodologija za procenu uticaja na životnu sredinu, prikazana u ovom radu, razvijena je za potrebe rangiranja aktivnosti koje imaju za cilj očuvanje i obnavljanje akvatičnih ekosistema rečnih tokova. Ista predstavlja unapređenje postojećih metodologija koje se baziraju na modelima za simulaciju indikatora i procesa specifičnih za konkretnu životnu sredinu i različitim metodama i tehnikama za procenu uticaja određenih aktivnosti.

Metodologija predložena u ovom radu obezbeđuje potrebne informacije na osnovu kojih se mogu proceniti uticaji i rangirati projekti restauracije ekoloških vrednosti vodnih tokova. Za potrebe ove metodologije korišćeni su neki postojeći specifični i opšti modeli. Pri usvajanju postupka pošlo se od: ciljeva koji se žele postići; mogućih odgovora životne sredine i ekosistema na predložene intervencije u okviru rečnog toka ili sliva; društveno-ekonomskih i drugih interesa za realizaciju ovih aktivnosti. Postupkom su obuhvaćeni faktori i procesi značajni za procenu uticaja, kao i savremene tehnologije za vrednovanje uticaja i njihovo vizuelno prikazivanje. S obzirom na različite interese onih koji donose odluke, u nekim slučajevima i konfliktne, predložene su metode i alati koji mogu da obezbede transparentnu ocenu pojedinačnih indikatora i parametara i njihovog uticaja na donošenje odluka na različitim nivoima, a time i izbor prioritarnih rešenja.

Primena predložene metodologije zahteva uspostavljanje baze podataka (podaci relevantni za fizičke, hemijske, biološke i ekološke procese) koja je inkorporirana u Geografski informacioni system (GIS). Analitički hijerarhijski proces je usvojen kao metoda za podršku odlučivanju.

Kako je metodologija razvijena za potrebe realizacije Programa za rehabilitaciju riblje populacije i divljači u okviru sliva reke Kolumbije, to su, kao primer, prikazane njene osnovne karakteristike neophodne za pro-

cenу uticaja odabranih projektnih rešenja na staništa određenih ribljih vrsta.

**Кljučne reči:** životna sredina, akvatični ekosistem, restauracija ekosistema, procena uticaja na životnu sredinu, donošenje odluka

### 1. UVOD

Sprovođenje usvojene politike održivog razvoja u domenu voda podrazumeva i preduzimanje mera i aktivnosti čiji je cilj restauracija degradiranih životnih sredina, a time i očuvanje i obnavljanje prirodnog akvatičnog ekosistema. Izbor aktivnosti kojima bi degradirani ekosistem približno povratio svoj prirodni status i potencijal, predstavlja izuzetno složen zadatak. Ovo proizilazi iz činjenice da se ovakve aktivnosti najčešće moraju sprovoditi na nivou sliva ili rečnog toka i da se njima mora obezbediti očuvanje i zaštita postojećih akvatičnih resursa, obnavljanje ekološkog integriteta, kao i obnavljanje prirodnih vrsta i njihovih staništa.

Jasno definisanje ciljeva i prioriteta u aktivnostima restauracije rečnih tokova, poznavanje procesa koji utiču na rečni tok i njegov ekosistem, kao i simulacija ovih procesa bitne su komponente za sveobuhvatnu i tačnu procenu uticaja predloženih aktivnosti. Sistem koji treba da podrži donošenje odluka vezanih za izbor najpovoljnijih rešenja mora da integriše uticaje na životnu sredinu, odnosno ekosistem, društveno-ekonomske i druge uticaje i interese koji su bitni za vrednovanje projekata.

U procesu iznalaženja najboljih rešenja sa većim ili manjim uspehom koriste se različiti pristupi za procenu uticaja planiranih aktivnosti za obnavljanje ekosistema u rečnim tokovima. Dosadašnje iskustvo je pokazalo da integrisani sistem modela za simulaciju akvatičnog ekosistema, različitih fizičkih faktora koji utiču na

procesu u rečnom toku (klime, hidrologije, morfologije, režima vode i nanosa), društveno-ekonomskih i drugih interesa, predstavlja optimalan pristup. S obzirom na prirodu procesa koje treba simulirati u različitom prirodnom okruženju za karakteristične akvatične ekosisteme, unapređenje metodologija za procenu uticaja predstavlja još uvek izazov za multidisciplinarnu istraživača. Značajnu podršku u unapređenju postojećih i razvoju novih postupaka, modela i alata, pružaju baze podataka realizovane na osnovu merenja u prirodi i savremene informacione i računarske tehnologije, koje mogu da obezbede modeliranje procesa, podrže donošenje odluka, olakšaju i učine transparentnim postupke za odlučivanje i omogućće uključivanje pojedinaca i interesnih grupa u procese procene uticaja i odlučivanja.

Kao primer, koji ukazuje na značaj holističkog pristupa u aktivnostima za očuvanje akvatičnog ekosistema, pomenuće se Program za obnovu riblje populacije i divljači koji je usvojila Agencija za proizvodnju i prenos električne energije država severozapadne Amerike, (Bonneville Power Administration), 2004 god. Razlog za ovu inicijativu je degradacija i izumiranje karakterističnih ribljih vrsta, posebno migratornih vrsta riba, kao posledice izgradnje brana duž reke Kolumbije i njenih pritoka (~648,000 km<sup>2</sup>). Za realizaciju ovog Programa Američki Kongres je zadužio Nezavisnu grupu eksperata (ISRP-Independent Scientific Review Panel). Zadatak ove grupe je bio da predloži tehnička uputstva i osigura da se sredstva izdvojena za realizaciju Programa usmere na aktivnosti koje će obezbediti najpovoljnije efekte na životnu sredinu. Za obnavljanje staništa ovih ribljih populacija, kao primarni zadatak, postavljeno je definisanje ciljeva za obnovu strukture i funkcije staništa za svaki važniji sliv u okviru sliva reke Kolumbije. Ova grupa je predložila da se razvije nova metodologija za procenu uticaja na životnu sredinu koja treba da prethodi usvajanju projekta restauracije. Kao preduslov postavljen je zahtev da se ograničavajući faktori za očuvanje i obnovu staništa blagovremeno identifikuju i da se utvrde realne mogućnosti ovih aktivnosti.

U okviru preporuka postavljena su i sledeća pitanja koja su bitna za realizaciju ovakvih projekata:

1. Kada se za jedan sliv utvrdi da je kritičan, kakav će biti redosled aktivnosti?
2. Kako će se pozitivni ekološki efekti za pojedine indikatore vrsta kvantifikovati ako su ostvareni aktivnostima na lokalnom nivou?

3. Kako se ostvareni pozitivni efekti mogu predstaviti na nivou sliva?

Da bi se ove preporuke imale u vidu, definisani su ciljevi procene uticaja na nivou sliva i to:

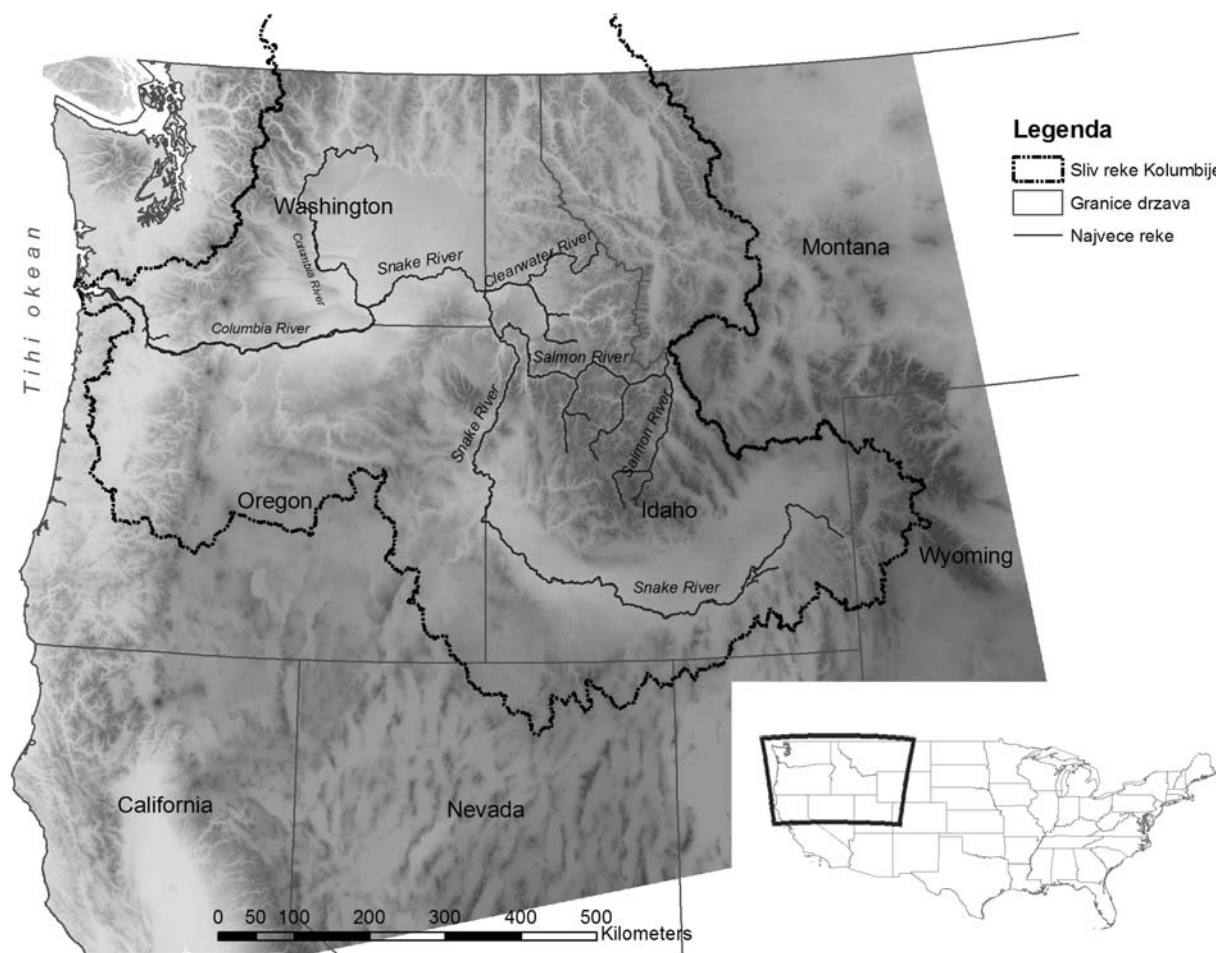
- obezbeđenje tehničkih uslova za realizaciju obnavljanja staništa;
- utvrđivanje ključnih problema za realizaciju projekata;
- obezbeđenje prostorne procene biološkog potencijala u okviru sliva;
- iznalaženje parametara koji imaju najveći značaj u proceni uticaja na manjem slivu;
- ukazivanje na one faktore koji su najverovatnije odgovorni za ograničeno obnavljanje staništa na nivou sliva.

Polazeći od izloženih preporuka, autor ovog rada je u okviru Centra za eko-hidrauliku na Univerzitetu države Ajdaho (Center for Ecohydraulics Research at the University of Idaho), a u saradnji sa Službom za gazdovanje šumama Sjedinjenih Država (U.S. Forest Service) i Danskim hidrauličkim institutom (DHI), pristupio realizaciji zadatka - razvoju metodologije za procenu uticaja aktivnosti za unapređenje akvatičnog ekosistema.

Glavni cilj projektnih aktivnosti u okviru sliva reke Kolumbije je obnavljanje dve autohtone reprezentativne riblje vrste: pastrmke i lososa. Reka Salmon, jedna od reka u okviru sliva reke Kolumbije, je bila poznata kao njihovo mrestilište, (slika 1). Nažalost, ljudske aktivnosti (pregrađivanje reka, seča šuma, eksploatacija rude, izgradnja brana, ispaša, itd) poslednjih 100 godina, dovele su do drastične redukcije ovih ribljih vrsta (Muskatirović *et al.*, 2001).

## 2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE PREDLOŽENE METODOLOGIJE

Kao osnova za razvoj nove metodologije koja je primenjena u okviru sliva reke Kolumbije korišćene su Batel Metodologija (Dee *et al.*, 1973) i Majk Impact (DHI, 1997). Kako su oba pristupa (Muskatirović, 2005) razvijena kao opšta, za primenu kod različitih projekata, izvršene su određene izmene i poboljšanja da bi se obuhvatile specifičnosti aktivnosti za obnavljanje akvatičnih ekosistema. Batel metodologija je razvijena za prostorno velike razvojne vodoprivredne projekte. Metodologija je veoma kompleksna sa velikim brojem parametara (78), tako da je bila potrebna određena adaptacija da bi se primenila na specifične projekte, kao



Slika 1. Sliv reke Kolumbije i najvažnije reke u okviru sliva

što je, na primer, obnavljanje akvatičnog ekosistema na lokalnom nivou. Za analizu i ocenu različitih elemenata, koji su od interesa za procenu uticaja planiranih aktivnosti, a time i donošenje odluka, korišćene su tehnike, koje su u dosadašnjoj praksi pokazale određene prednosti. Jedna od tih metoda je "Mike Impact" sa svojim Sistemom za podršku odlučivanju (Decision Support System-DSS). Radi se o podršci odlučivanju primenom razvijenih specijalnih softverskih paketa koji omogućavaju donosiocima odluka da procene uticaj vodoprivrednih projekata na životnu sredinu. Sistem za podršku odlučivanju omogućava poređenje različitih projektnih rešenja, njihovo rangiranje i analizu uticaja pojedinih parametara na rangiranje projekata. Kao takav korišćen je i u unapređenoj metodologiji za rangiranje projekata za obnavljanje akvatičnog ekosistema.

Kako uspeh predloženog postupka za procenu uticaja zavisi od različitih faktora i procesa, koji se moraju obuhvatiti modelima, to njihov izbor predstavlja ključni problem. Iskustva stečena na sličnim realizovanim projektima su od izuzetnog značaja za unapređenje postojećih modela, kao i tehnika i alata koji se koriste kod donošenja odluka. Osnovni principi i/ili uslovi koji se moraju obezbediti u okviru projekata obnavljanja akvatičnog ekosistema su kamen temeljac u procesima procene uticaja. Svaki ovakav projekat zahteva definisanje realnih, transparentnih, izvodljivih i merljivih ciljeva.

Preduslov za primenjivost modela za simulaciju stanja i procesa su informacije neophodne za identifikaciju sadašnjih uslova životne sredine i akvatičnih staništa i informacije o mogućim efektima usled promena izazvanih

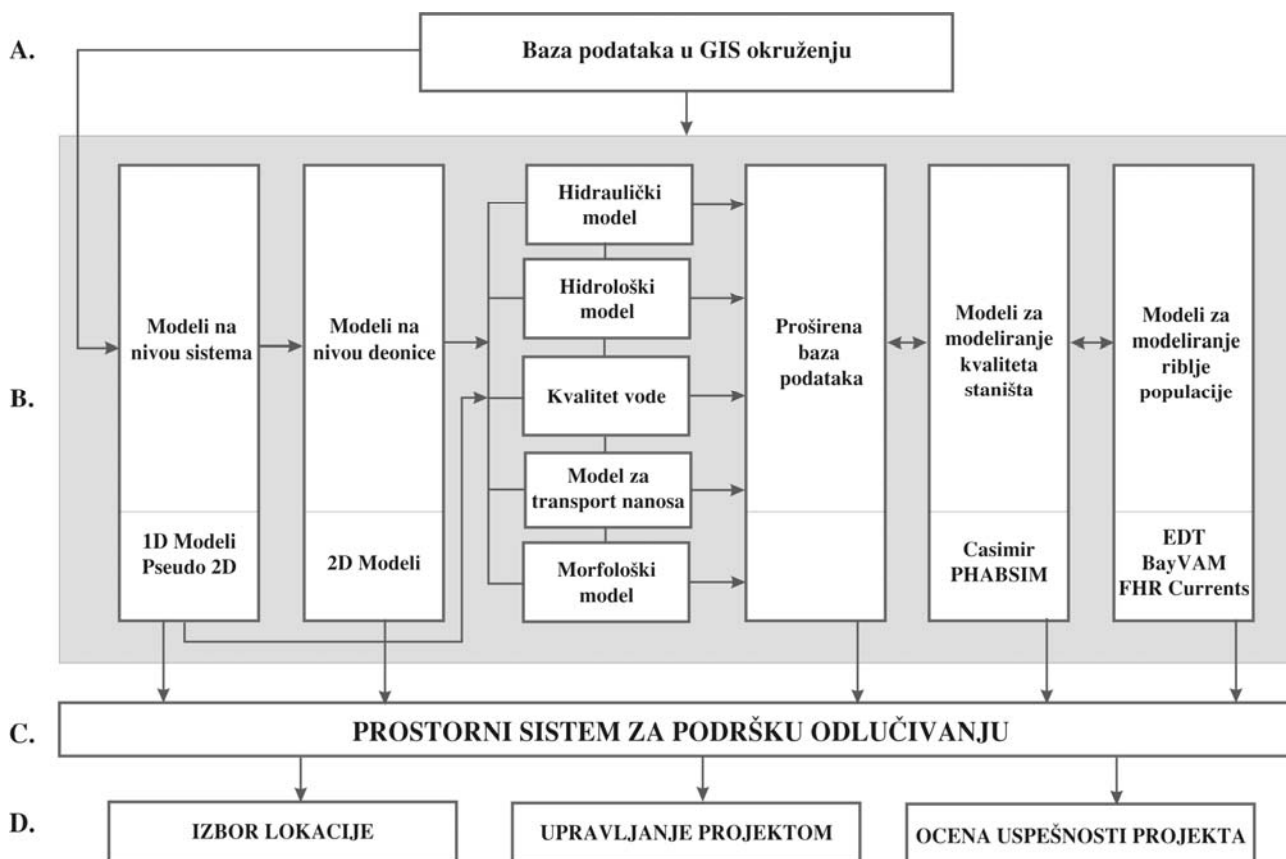
različitim faktorima. Radi se o informacijama o fizičkim i ekološkim uslovima i mogućim uzrocima degradacije ekosistema u određenom vremenskom periodu, kao i o procesima u okviru sliva koji su mogli da imaju uticaja na životnu sredinu i ekosistem.

Jedna od bitnih karakteristika predložene metodologije je uspostavljanje baze podataka (podaci relevantni za fizičke, hemijske biološke i ekološke procese) koja je inkorporirana u GIS. Primena GIS-a predstavlja izuzetno značajan resurs za transparentnu prezentaciju uticaja brojnih promenljivih faktora, a time i bolje i lakše prihvatanje dobijenih rezultata primenom složenih matematičkih modela i tehnika od strane pojedinaca i interesnih grupa koji su donosioci odluka.

Tačnost složenog postupka za predviđanje uticaja aktivnosti na obnavljanju akvatičnog ekosistema zavisi od

tehnika, odnosno alata koji se koriste za analizu različitih elemenata od interesa. Zbog toga se za ove potrebe moraju analizirati različiti aspekti problema i moraju se primeniti adekvatni alati i procedure, kako bi se donele usaglašene odluke vezane za projekat i izbegle moguće opstrukcije određenih interesnih grupa.

Blok shema predloženog pristupa sa integrisanim modelima za procenu uticaja izabranih projektnih rešenja na staništa ribljih populacija prikazana je na Slici 2. Shemom su obuhvaćene postojeće relacione baze podataka ugrađene u GIS (blok A), modeli za simuliranje režima i procesa relevantnih za procenu uticaja određenih aktivnosti (blok B), prostorni sistem za podršku odlučivanju (blok C) i sistem koji predstavlja nadgradnju sistema za podršku odlučivanju jer uključuje izbor lokacije, upravljačke aktivnosti i procenu uspešnosti projekta (blok D).



Slika 2. Blok shema metodologije za procenu uticaja projekata na staništa riblje populacije

Kao što se vidi, za predstavljanje uslova koji su bitni za životnu sredinu i moguće uticaje određenih aktivnosti na istu, neophodno je koristiti različite modele: hidrauličke, hidrološke, morfološke, modele za transport nanosa, za kvalitet vode, za kvalitet staništa, za riblju populaciju i druge. Većina ovih modela je u primeni i za njih postoje komercijalne, edukativne ili istraživačke verzije softvera. Međutim, treba imati u vidu da na tržištu postoji i značajan broj modela koji zahtevaju dalja istraživanja da bi se sa uspehom mogli koristiti. Generalno, izboru modela mora se pristupiti sa izuzetnom pažnjom da oni ne bi bili potencijalni uzrok pogrešnih procena, a samim tim i odluka.

Za modeliranje hidrauličkih, hidroloških, morfoloških procesa i procesa vezanih za kvalitet vode najširu primenu imaju Mike 11, Mike 21, Mike Basin (DHI - [www.dhisoftware.com](http://www.dhisoftware.com)) i HEC-RAS (US Army Corps of Engineers - [www.hec.usace.army.mil](http://www.hec.usace.army.mil)). Od modela za simuliranje staništa u rečnim tokovima najpoznatiji su CASiMiR (Computer Aided Simulation Model for In-stream Flow Requirements), razvijen u Hidrotehničkom Institutu Univerziteta u Štutgartu i PHABSIM (Physical Habitat Simulation Software) razvijen u USGS, (<http://www.fort.usgs.gov/Products/Software/phabsim/>). Od modela za riblju populaciju u čestoj upotrebi su: EDT (Lestelle *et al.*, 1996); BayVAM (Lee, Rieman, 1997; Lee *et al.*, 2000); FHR Currents (Rieman *et al.*, 1993) i drugi.

Osnova za primenu različitih modela, u zavisnosti od onoga šta se projektom želi ostvariti, su podaci, odnosno formirane baze podataka, koje karakterišu postojeće stanje, inkorporirane u geografski informacioni sistem (blok A). Rezultati modela, prikazani na Slici 2 (blok B), su podaci na osnovu kojih se formira nova proširena baza podataka. Ova baza podataka zajedno sa rezultatima ekoloških modela predstavlja ulaz za primenu računarskih tehnika i alata koji obezbeđuju podršku odlučivanju. U pitanju su prostorni sistemi za podršku odlučivanju (Spatial Decision Support Systems – SDSS). Za razliku od najčešće primenjivanih sistema za podršku odlučivanju (DSS), ovi sistemi funkcionišu u GIS okruženju. Sistemi za podršku odlučivanju objedinjuju individualne intelektualne resurse sa mogućnostima računarskih i informacionih tehnologija sa ciljem da se poboljša ili unapredi kvalitet odluka. Primenom SDSS-a donosioci odluka vrednuju projektna rešenja prostorno prikazana, analiziraju osetljivost pojedinih odluka na procenjene uticaje, usaglašavaju mišljenja i stvaraju pozitivnu atmosferu za izbor najboljeg rešenja. Ovi sistemi imaju značajnu primenu u višekriterijumskom vrednovanju složenih, višenamenskih vodoprivrednih

objekata i sistema. Jedan od sistema za podršku odlučivanju, koji se u svetu dosta primenjuje, s obzirom na pokazane kvalitete, je Analitički hijerarhijski proces (Analytic Hierarchy Process – AHP). Radi se o višekriterijumskoj tehnici koja zahteva da se problem odlučivanja definiše kao hijerarhija, (Saaty, 1980). To je razlog da je ova tehnika primenjena kao podrška za donošenje odluka u predloženoj metodologiji.

Za ostale kriterijume, kao što su ekonomski, socijalni, vodoprivredni, energetske, estetske, itd., primenjuju se drugi modeli, s tim što rezultati istih predstavljaju ulaz za sisteme za podršku odlučivanju za odgovarajuće kriterijume.

Izbor prioritetnih projekata za obnavljanje akvatičnog ekosistema se na kraju vrši na osnovu definisanog skupa izabranih ciljnih struktura ili kriterijuma. Problem je postavljen kao hijerarhija na tri nivoa. Kao primer na slici 3 data je osnovna struktura hijerarhije. Međutim, svaki kriterijum se može dalje granati na detaljnije hijerarhijske strukture, tako da se formira različit broj nivoa, odnosno podhijerarhija. Kao što se vidi na slici 4 za ekološku ciljnu strukturu, hijerarhija ima podhijerarhije, kojima je jedino zajednički element na vrhu hijerarhije, a to je uticaj na staništa riblje populacije.

Predložena metodologija omogućava prostornu analizu (duž rečnog toka, u okviru sliva, na nivou regiona) i analizu kratkoročnih i dugoročnih uticaja projektnih aktivnosti na elemente životne sredine.

### 3. STRUKTURA METODE ZA PROCENU UTICAJA

Kao i kod izbora integralnih projekata upravljanja vodnim resursima, tako i kod projekata za obnavljanje akvatičnih ekosistema u rečnim tokovima neophodno je jasno definisati ciljnu strukturu. Istom treba obuhvatiti sve relevantne atribute koji direktno utiču na poređenje projektnih rešenja, rangiranje projekata, izbor najboljeg rešenja i njegovu realizaciju.

Kao što je poznato, poseban problem u rešavanju ovakvih kompleksnih zadataka sa velikim brojem promenjivih je prisustvo različitih interesnih grupa, koje žele u okviru planiranih aktivnosti (von Winterfeldt, 1987) da ostvare svoje zahteve i ciljeve, često suprotstavljene. Za rešavanje ovih problema razvijene su različite višekriterijumske korisničke tehnike (multiattribute utility techniques - MAUT). Ove tehnike su tako koncipirane da pružaju pomoć donosiocima odluka da između brojnih projektnih rešenja, odnosno alternativa, izaberu najbolje rešenje. Jedna od najčešće korišćenih MAUT tehnika je

analiza pomoću stabla uticaja ili stabla za odlučivanje (value tree analysis). Ova tehnika je razvijena kao metod za rešavanje različitih zahteva interesnih grupa.

U konkretnom slučaju izbora prioriternih projekata za obnavljanje akvatičnog ekosistema, ova tehnika biće korišćena za definisanje složene ciljne strukture. Pored

ekološkog cilja kao primarnog, potrebno je obuhvatiti socijalne, ekonomske, estetske, rekreacione i druge ciljeve zavisno od interesa grupa koje donose odluku, učestvuju u realizaciji, održavanju i praćenju projekta. Osnovne postavke za primenu ove tehnike dao je von Winterfeldt (1987).



Slika 3. Osnovna shema hijerarhijske strukture za izbor prioriternih projekata obnavljanja akvatičkih ekosistema

Procena uticaja aktivnosti na obnavljanju životne sredine i ekosistema mora da obuhvati moguće uticaje na sve elemente životne sredine u različitim vremenskim intervalima (kratkoročni i dugoročni efekti). Kako postojeći pristupi ne pokrivaju sve procese od značaja za riblje vrste i moguće uticaje na lokalnom nivou bilo je neophodno izvršiti određene izmene u strukturi i parametrima koji se moraju obuhvatiti.

Predložena ciljna struktura za izbor prioriternih projekata je definisana kao hijerarhija u formi granatog stabla. S obzirom da se ovaj rad prvenstveno odnosi na ekološke uticaje, to su isti posebno izdvojeni. Ostali uticaji, odnosno kriterijumi prikazani su zajedno, što ne znači da je njihov značaj umanjeno. Zavisno od konkretnih uslova isti se mogu razdvojiti kao posebne ciljne strukture. Prema tome, ovde su navedene dve kategorije uticaja:

- indikatori životne sredine:

- fizička svojstva (geologija, morfologija, topografija, klima, hidraulika, hidrologija, transport nanosa);
- biološka svojstva (kopnena i akvatična biota, staništa, retke i ugrožene vrste) i

- društveno-ekonomski i kulturološki indikatori: socijalni status, urbani razvoj, privredni razvoj, korišćenje zemljišta, korišćenje voda, očuvanje prirodnih resursa, očuvanje estetskih vrednosti, rekreacija, istorijske vrednosti i dr.

Opšta struktura u vidu granatog stabla predložena za utvrđivanje uticaja pojedinačnih projekata prikazana je na slici 4. Kao što se vidi, problem je definisan kao hijerarhija shodno principima AHP metode. Na vrhu hijerarhije je cilj, a ispod su kriterijumi (uticaji na životnu sredinu i društveno-ekonomski uticaji). Svaki od ovih kriterijuma je dekomponovan na novi hijerarhijski nivo, koji se takođe dekomponuje do nivoa parametara.

Pregled parametara za kategoriju indikatora životne sredine prikazan je na slici 5, a za kategoriju društveno-ekonomskih i drugih indikatora, na slici 6.

Komponente i parametri, prikazani na slici 5, dati su po hijerarhiji. Cilj je utvrđivanje uticaja predloženih aktivnosti na staništa za određene riblje vrste koje su deo biotopa i to za različite faze njihovog razvoja: mrešćenje, razvoj, opstanak, migraciju. Na dnu

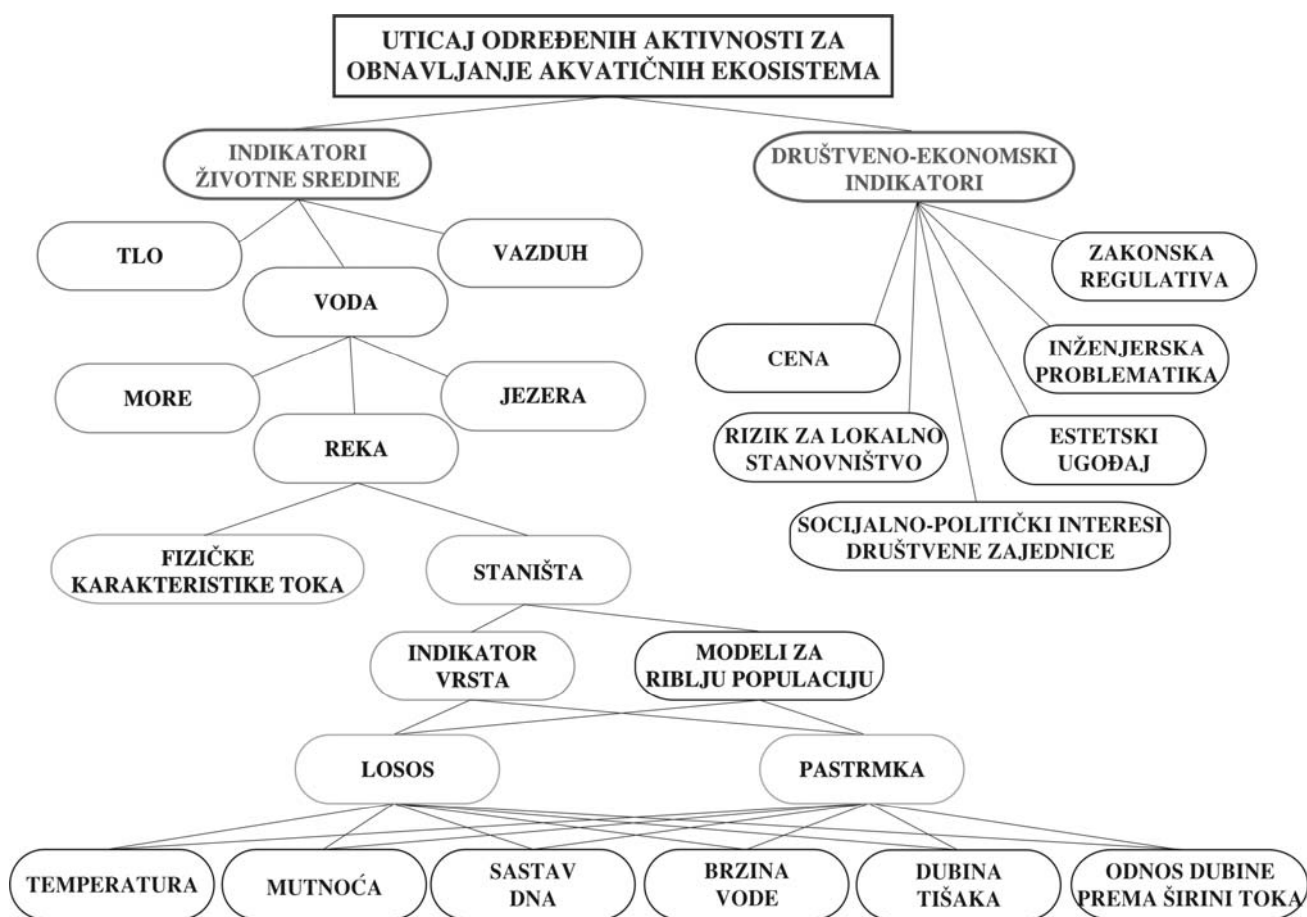
hijerarhije su parametri (fizički, hemijski, hidraulički, hidrološki, geološki, itd.) koji utiču na te riblje vrste, odnosno njihova staništa.

Pri izboru društveno-ekonomskih i drugih parametara, prikazanih na slici 6, imali su se u vidu uticaji koji imaju težinu pri izboru prioriternih projekata za obnavljanje ekosistema. Ovi parametri se mogu grupisati u nekoliko kriterijuma. U konkretnom slučaju posebno se vodilo računa o činjenici da je većinsko privatno vlasništvo nad zemljom na kojoj treba da se realizuje projekat, kao i o angažovanju različitih struktura društva da

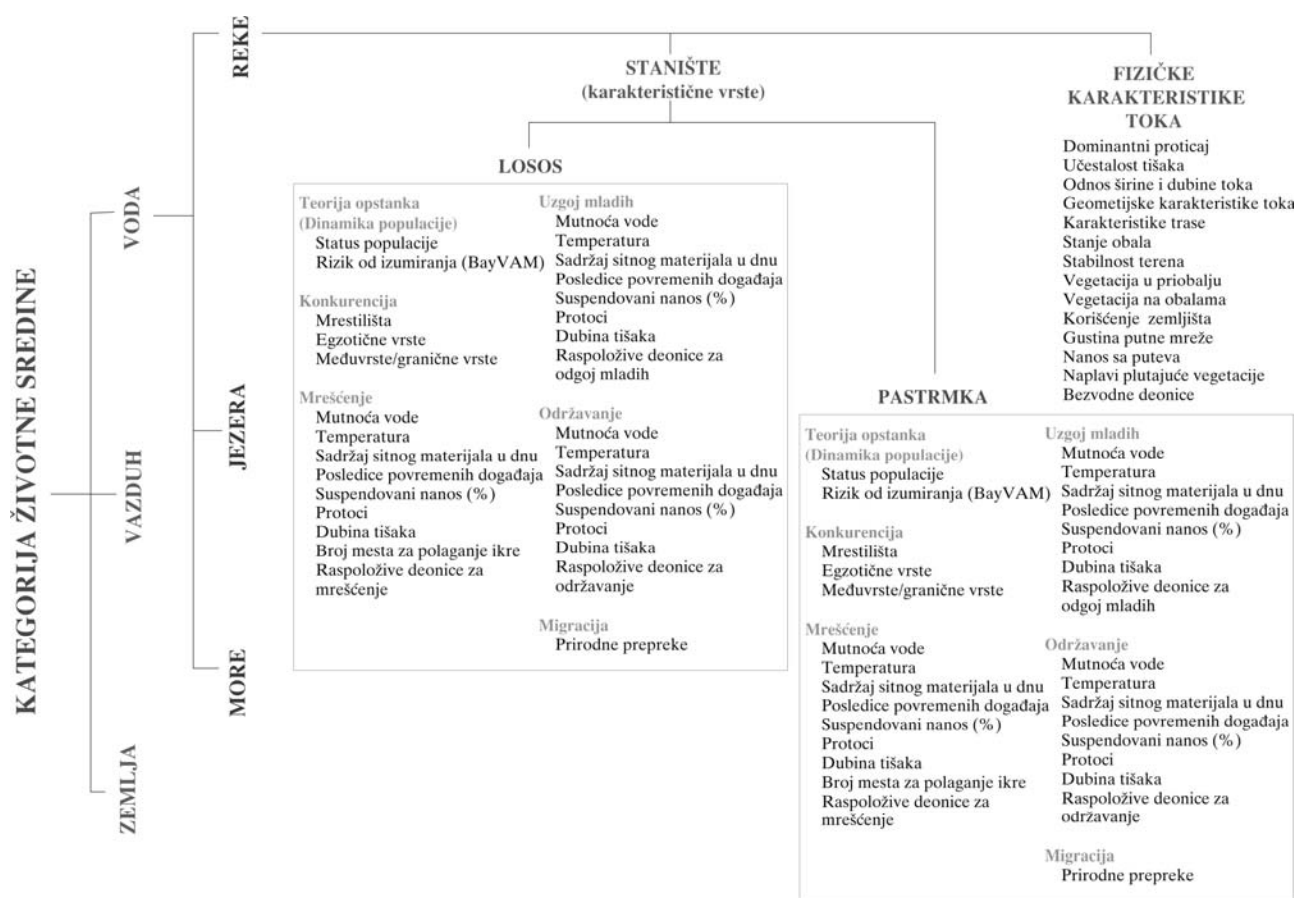
prate efekte projekta i upravljaju parametrima od značaja za očuvanje i unapređenje istog.

Kao što se vidi hijerarhijski pristup za razmatranje ekoloških uticaja je tako strukturiran da ga je moguće proširiti i primeniti za različite životne sredine (tlo kao sredinu i resurs, vodu kao resurs i biotop i vazduh). Akvatični ekosistem se može razmatrati u okviru reka, jezera i mora.

Struktura u vidu granatog stabla za društveno-ekonomsku kategoriju nije posebno data, već su samo navedeni bitni kriterijumi.



Slika 4. Opšta struktura granatog stabla za utvrđivanje uticaja projekta (Muskatirovic *et al.*, 2001)



Slika 5. Lista parametara u kategoriji životne sredine

#### 4. POSTUPAK PROCENE UTICAJA RESTAURACIONIH AKTIVNOSTI

Kao što je već pomenuto, Batel metodologija je često korišćena za procenu uticaja restauracionih aktivnosti u rečnom toku ili na nivou sliva. Koraci, koji su uvedeni ovim postupkom, korišćeni su kao osnova za njeno unapređenje i to:

- Korak 1. Utvrđivanje vrednosnih funkcija i određivanje kvaliteta životne sredine;
- Korak 2. Određivanje težine parametara;
- Korak 3. Proračun jediničnih uticaja na životnu sredinu;
- Korak 4. Izbor prioriternih projekata.

#### Korak 1. Utvrđivanje vrednosnih funkcija i određivanje kvaliteta životne sredine

Prvi korak u procesu procene uticaja je utvrđivanje vrednosnih funkcija za svaki od parametara iz kategorije životne sredine i društveno-ekonomske kategorije.

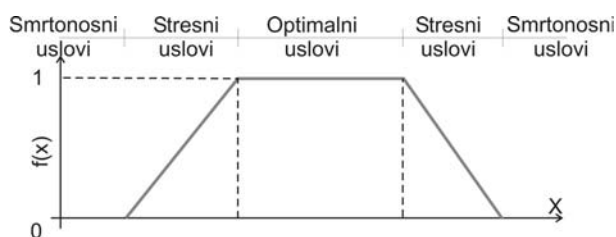
Vrednosne funkcije se koriste da bi se transformisale različite numeričke vrednosti ili druge usvojene metrike, koje karakterišu životnu sredinu, u normalizovane vrednosti kvaliteta životne sredine. Cilj normalizacije je da svi elementi budu svedeni na bezdimenzionalne veličine.

Kvalitet životne sredine (*KŽS*) predstavlja normalizovanu vrednost za svaki od parametara ekosistema, koji ima direktan ili indirektan uticaj na biocenuzu. Ova vrednost se koristi dalje u procesu ocene uticaja. Na slici 7. prikazani su elementi vrednosne funkcije.



DRUŠTVENO-EKONOMSKA KATEGORIJA	CENA	Planiranje i projektovanje Konsultantske usluge Podela troškova i mogućnosti partnera Iznalaženje izvora finansiranja Realizacija projekta Funkcionisanje projekta i održavanje Monitoring Očuvanje privatnog vlasništva ili otkup zemljišta
	RIZIK ZA LOKALNO STANOVNIŠTVO	Poplave Erozija
	SOCIJALNI I POLITIČKI INTERESI DRUŠTVENE ZAJEDNICE	Postojeći planovi i struktura zajednice koja će podržati realizaciju projekta Podrška zajednice Podrška privatnih vlasnika zemljišta i njihova spremnost da učestvuju u projektu Učešće javnosti
	ZAKONSKA REGULATIVA	Zakon o ugroženim vrstama Zahtevi drugih agencija Arheološki i kulturni resursi
	TEHNIČKA REŠENJA	Izvodljivost projekta Održivost Nivo neophodnog upravljanja projektom u budućnosti
	ESTETSKI UGOĐAJI	Vizuelni utisak Privatnost Buka Zaklanjanje vidika

Slika 6. Lista parametara u društveno-ekonomskoj kategoriji



Slika 7. Elementi vrednosne funkcije

Vrednosna funkcija ima najveću normalizovanu vrednost 1, kada su obezbeđeni optimalni uslovi, dok 0 odgovara najnepovoljnijim uslovima. U datom primeru, npr. vrednosna funkcija jednaka nuli odgovara stanju koje je smrtonosno za neku riblju populaciju, a jednaka jedinici odgovara optimalnim uslovima. Sve vrednosti između, odgovaraju manje ili više nepovoljnim – stresnim uslovima. Ovom funkcijom su definisane granice izdržljivosti određene vrste za razmatrani ekološki faktor. Ova funkcija je dinamička kategorija, jer se razlikuje od populacije do populacije, od stepena razvoja, opšteg stanja biote itd. Prema tome, vrednosne funkcije

ili funkcije pogodnosti za usvojene parametre se određuju za specifične uslove analiziranog sliva i ciljeve koji se projektnim aktivnostima žele ostvariti.

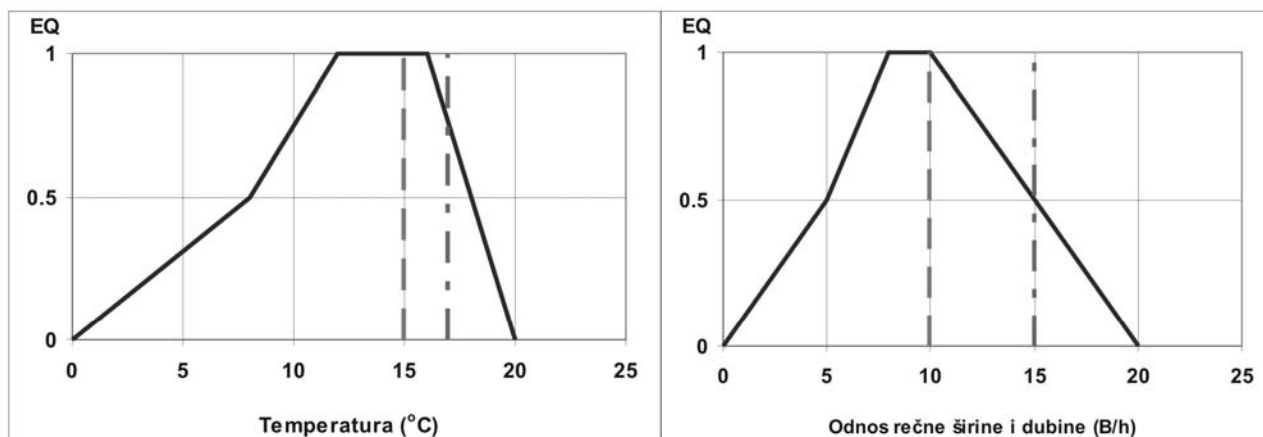
Oblici vrednosnih funkcija su slični fazi funkcijama. Fazi logika, kao jedna od osnova računskih tehnologija, imala je značajnu ulogu u razvoju sistema za odlučivanje. Fazi logika omogućava lingvistički opis subjektivnih ekspertskih mišljenja primenom fazi skupova-neodređenih pojmova, zavisnosti, stavova za potrebe vrednovanja (Manic, Muskatirovic, 1998). Određivanje fazi skupova - fazifikacija, predstavlja proces izbora adekvatnog oblika fazi skupa. Adekvatnim izborom krivina fazi skupa omogućava se tačno opisivanje korišćenih informacija (Cox, 1994; Hiirsalmi *et al.*, 2000; Hong, Wang, 2000).

U konkretnim aktivnostima za obnavljanje populacije lososa i pastrmki u okviru sliva reke Kolumbija, vrednosne funkcije za usvojene parametre određene su polazeći od zahteva da se obezbede optimalni uslovi za njihovo mrešćenje, razvoj, opstanak i

migraciju. Neke od ovih funkcija utvrđene su uz pomoć ihtiologa iz Službe za gazdovanje šumama Sjedinjenih Država (U.S. Forest Service). U kreiranje ovih funkcija, pored profesionalaca, moraju se uključiti i predstavnici lokalnih interesnih grupa da bi se od samog početka obezbedilo učešće javnosti i na taj način

izbegli mogući problemi u narednim fazama ocenjivanja i donošenja odluka.

Dva primera procene kvaliteta životne sredine za postojeće stanje i projektovane uslove data su na slici 8.



#### Legenda:

- - Vrednosna funkcija
- · - Trenutno stanje, temp=17°C, EQ=0.75
- - - Stanje nakon realizacije projekta, temp=15°C, EQ=1.00

#### Legenda:

- - Vrednosna funkcija
- · - Trenutno stanje, B/h=15, EQ=0.5
- - - Stanje nakon realizacije projekta, B/h=10, EQ=1.00

Slika 8. Vrednosne funkcije za

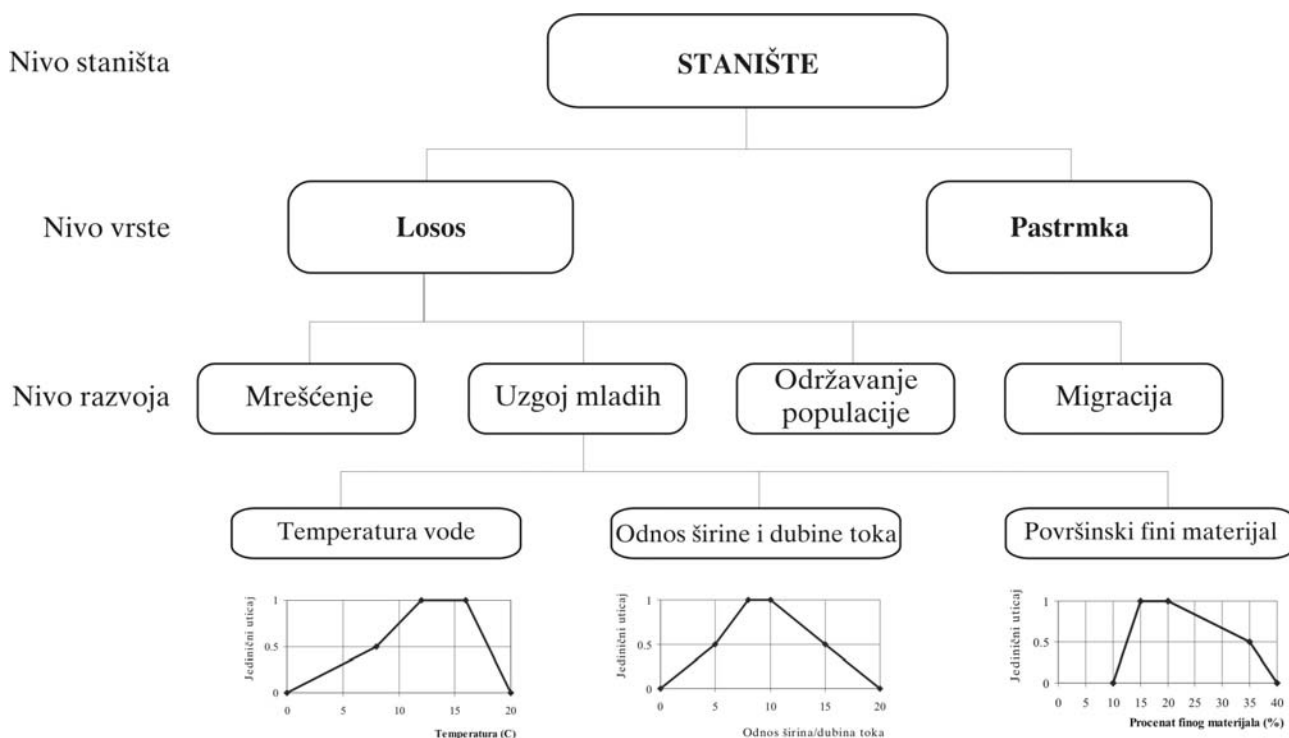
a) temperaturu vode u fazi uzgoja mladih lososa i b) odnos širine toka prema dubini u fazi uzgoja mladih pastrmke

Kao ulazni podaci za određivanje parametara životne sredine i KŽS koriste se raspoloživi podaci, koji karakterišu postojeće stanje, podaci dobijeni primenom različitih modela kojima se simuliraju stanja ili procesi (npr; Mike 11, Mike 21: EDT, model za transport nanosa, model za kvalitet vode, model za kvalitet staništa i drugi modeli prikazani na slici 2).

Kao primer, na slici 9 data je struktura granatog stabla uticaja ili stabla za odlučivanje za ekološku komponentu staništa. Hijerarhijska struktura je razvijena za populaciju lososa i za uzgoj mladih. Na dnu hijerarhije date su normalizovane vrednosti vrednosnih funkcija za parametre koji utiču na fazu razvoja lososa. Na istoj slici naznačena je i druga grana stabla za populaciju pastrmki.

#### Korak 2. Određivanje težinskih vrednosti parametara

Ocena svakog pojedinačnog parametra predstavlja samo jedan deo procene uticaja. Da bi se odredio relativan značaj svakog od parametara potrebno je odrediti njihove težine. Iste predstavljaju značaj specifičnog parametra u odnosu na druge koji su obuhvaćeni procesom procene uticaja. S obzirom na različite hijerarhijske nivoe u okviru granatog stabla, ove težine se određuju za svaki nivo posebno. Npr., za strukturu stabla prikazanu na slici 9, težine se određuju za nivo koji definiše fazu u razvoju populacije lososa, na nivou izabranih ribljih populacija i na nivou njihovih staništa. Ako se pored ekoloških uticaja obuhvate i društveno - ekonomski i drugi uticaji, onda se težine određuju i za taj viši nivo da bi se na kraju, odnosno na vrhu hijerarhije došlo do ukupnog uticaja za svako analizirano projektno rešenje.



Slika 9. Primer granatog stabla za ekološku komponentu staništa

Za utvrđivanje težina postoje različiti pristupi. Neke od najčešće korišćenih metoda su: rangiranje, vrednovanje i poređenje u parovima.

### 1. Rangiranje

Rangiranje je najjednostavnija procedura za težinsko vrednovanje. Donosioci odluka, na osnovu ličnih stavova, znanja i iskustva pojedinaca ili institucija, postavljaju parametre po redosledu značaja. Ovo može biti učinjeno na dva načina i to :

- od 1 - najznačajnijeg, 2 - manje značajnog, do  $n$  - najmanje značajnog, ili
- od 1 - najmanje značajnog, 2 - manje značajnog, do  $n$  - najznačajnijeg.

Kada su parametri na ovaj način rangirani, postoje brojne procedure da se ovi rangovi transformišu u težinske parametre: zbir rangova, recipročna vrednost rangova ili ekspancijalni metod rangiranja (Jankowski, 1999).

Ovaj pristup rangiranja je jako rasprostranjen, zbog jednostavnosti. Međutim, njegov osnovni nedostatak u praksi je činjenica da je subjektivno mišljenje onoga

koji donosi odluku od presudnog značaja. Pored toga, dokazano je da primena ove metode nije moguća u slučaju velikog broja parametara. Ista se može primeniti kada je broj parametara jednak  $7 \pm 2$  zbog ograničenih mogućnosti ljudskog uma da procesira više informacija jednovremeno (Doumont, 2002; Miller, 1956; Saaty, Ozdemir, 2003).

### 2. Vrednovanje

Kod primene procedure vrednovanja, donosioci odluka treba da raspodele 100 bodova između parametara. Parametrima sa većim relativnim značajem daju se veće vrednosti, dok parametri koji nemaju nikakvog uticaja dobijaju nula bodova. Suma bodova koja se dodeljuje parametrima mora biti 100 (Malczewski, 1999). Ova procedura, kao i rangiranje, nema teorijskog osnova, jer se rangiranje vrši po sopstvenim preferencama i ograničena je brojem parametara koji se koriste pri utvrđivanju uticaja.

### 3. Međusobno poređenje u parovima

Procedura poređenja u parovima je najtransparentnija za donosiocje odluka i kao takva predstavlja najbolji izbor za procenu uticaja aktivnosti za obnavljanje ekosistema.

Dobijene težinske vrednosti predstavljaju meru relativnog značaja svakog parametra. Ovu proceduru razvio je Thomas Saaty (Saaty, 1980) i ona se koristi u AHP metodi. Ovaj proces se teoretski bazira na pristupu koji je korišćen za određivanje težina. Težine se ne pripisuju direktno, već one predstavljaju “najbolje prilagođen” skup težina izvedenih na osnovu sopstvenih vrednosti (eigenvector) kvadratne recipročne matrice koja se koristi za poređenje svih mogućih parova parametara (Basak, Saaty, 1993; Jankowski, 1999; Saaty, 1980; Saaty, 2001; Saaty, Vargas, 1994; Vargas, 1990). Svi parametri se porede među sobom postavljanjem dva pitanja: 1) koji je parametar važniji? i 2) koliko puta je pomenuti parametar važniji od manje važog parametra? Za poređenje dva parametra koristi se Satijeva skala relativnog značaja, definisana u opsegu od 1 do 9, data u Tabeli 1.

Tabela 1. Satijeva skala relativnog značaja

Značaj	Definicija
1	istog značaja
2	blago značajnija
3	slabo značajnija
4	slabo do umereno značajnija
5	umereno značajnija
6	umereno do izraženo značajnija
7	izraženo značajnija
8	veoma značajna
9	apsolutno značajna

Rezultati poređenja se upisuju u kvadratnu matricu A.

Dobijene vrednosti poređenjem parametra  $i$  u odnosu na parametar  $j$  se smeštaju u redove matrice na mestu  $a_{ij}$ , a recipročne vrednosti u kolone na mestu  $a_{ji}$ . Kako su dva ista parametra istog značaja to je dobijena vrednost poređenja ista, te po dijagonali matrice figuriše jedinica.

$$A = \begin{matrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & \dots & \dots & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & a_{2n} \\ \vdots & & 1 & & & & & \\ \vdots & & & 1 & & & & \\ \vdots & & & & 1 & & & \\ \vdots & & & & & 1 & & \\ \vdots & & & & & & 1 & \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 1 \end{matrix}$$

Ova matrica se koristi za proračun težina za svaki od parametara. Postoje različite metode da se iz matrice A

dobiju vrednosti težina. Bitan uslov je da su parametri nezavisni tj. da je značaj koji se pripisuje jednom parametru nezavisan od značaja pripisanog drugom parametru. Jedan od postupaka, koji se koristi za određivanje težinskih vrednosti, podrazumeva sumiranje redova ili kolona matrice i normalizovanje dobijenih suma.

Normalizovana matrica se dobija deljenjem svakog člana reda sa sumom reda ili svakog člana kolone sa sumom kolone. Ako je normalizovanje izvršeno po kolonama onda aritmetička srednja vrednost svakog reda predstavlja relativnu težinu svakog parametra u matrici. Isto važi i obratno. Suma relativnih težina svih parametara je jedinica.

Težinski koeficijenti se računaju za svaki parametar na datom nivou. Težine na svakom nivou mogu da budu vremenski i prostorno promenljive veličine. U konkretnom slučaju, matrice se dobijaju transformacijom semantičkih ocena donosioca odluka o međusobnom značaju parametara, na svakom nivou hijerarhije, u numeričke vrednosti. Na osnovu ovako formiranih matrica određuju se težine parametara za nivo razvoja riblje populacije, za nivo vrsta i nivo staništa.

Predložen metod za određivanje težina, odnosno relativnog značaja parametara, koji se analiziraju na usvojenim nivoima stabla, je veoma transparentan za korisnike, a ima niz prednosti u odnosu na druge metode.

**Provera osetljivosti rešenja** je veoma značajan korak u proveru robusnosti rešenja. Koristi se da bi se ustanovilo koliko male promene vrednosti težine parametara utiču na finalno rešenje. Robusnost se testira tako što se pojedine težine parametara variraju u malim opsezima i identifikuju one težine za koje je rešenje najosetljivije (Drake, 1998).

Test pojedinačnih parametara je veoma čest metod. U tom slučaju sve težine su konstantne, osim jedne čije vrednosti se menjaju. Rezultat ove analize čine dijagrami koji se upoređuju sa parametrima koji najviše utiču na finalno rešenje.

**Analiza konzistentnosti** je neophodna u slučajevima kada ne postoji mogućnost da se precizno odrede svi elementi matrice na određenom nivou hijerarhije. Stepent konzistentnosti CR ukazuje na odstupanje vrednosti matrice kada su neki njeni elementi slučajno izabrani. Kako CR predstavlja odnos između indeksa konzistentnosti CI i tzv. slučajnog indeksa RI, to se ove vrednosti moraju prethodno

odrediti (Saaty, 1980) da bi se utvrdilo da li je matrica prihvatljiva ili se mora revidovati.

**Korak 3. Proračun jediničnih uticaja na životnu sredinu**

Proračun jediničnih uticaja na životnu sredinu, odnosno vrednovanje različitih parametara se vrši primenom Aditivne metode (Simple Additive Weighting – SAW), (Saaty, 1994).

Na osnovu normalizovanih vrednosti parametara i odgovarajućih težina određuju se jedinični uticaji na svakom nivou granatog stabla.

Jedinični uticaj na životnu sredinu (*JUŽS*) određen za svaku životnu fazu na nivou razvoja označen je sa *NR*, za svaku riblju vrstu na nivou vrste označen je sa *NV*, na nivou staništa sa *NS* i na nivou životne sredine sa *NŽS*.

Na slici 9 prikazana su tri hijerarhijska nivoa: nivo razvoja (*NR*); nivo vrste (*NV*) i nivo staništa (*NS*).

Jedinični uticaj na životnu sredinu (*JUŽS*) na nivou parametra je

$$JUŽS = KŽS \times T$$

gde je *KŽS* - kvalitet životne sredine, a *T* - težina analiziranog parametra.

Kvalitet životne sredine može biti promenljiva veličina i može se odrediti na osnovu funkcije pogodnosti u tački *i* i za vremenski period *t*, tj.:  $KŽS = f(\text{parametar}, i, t)$ .

*JUŽS* na nivou razvoja za jednu riblju populaciju je:

$$JUŽS_{NR} = KŽS_1 \times T_1 + KŽS_2 \times T_2 + KŽS_3 \times T_3 + KŽS_4 \times T_4$$

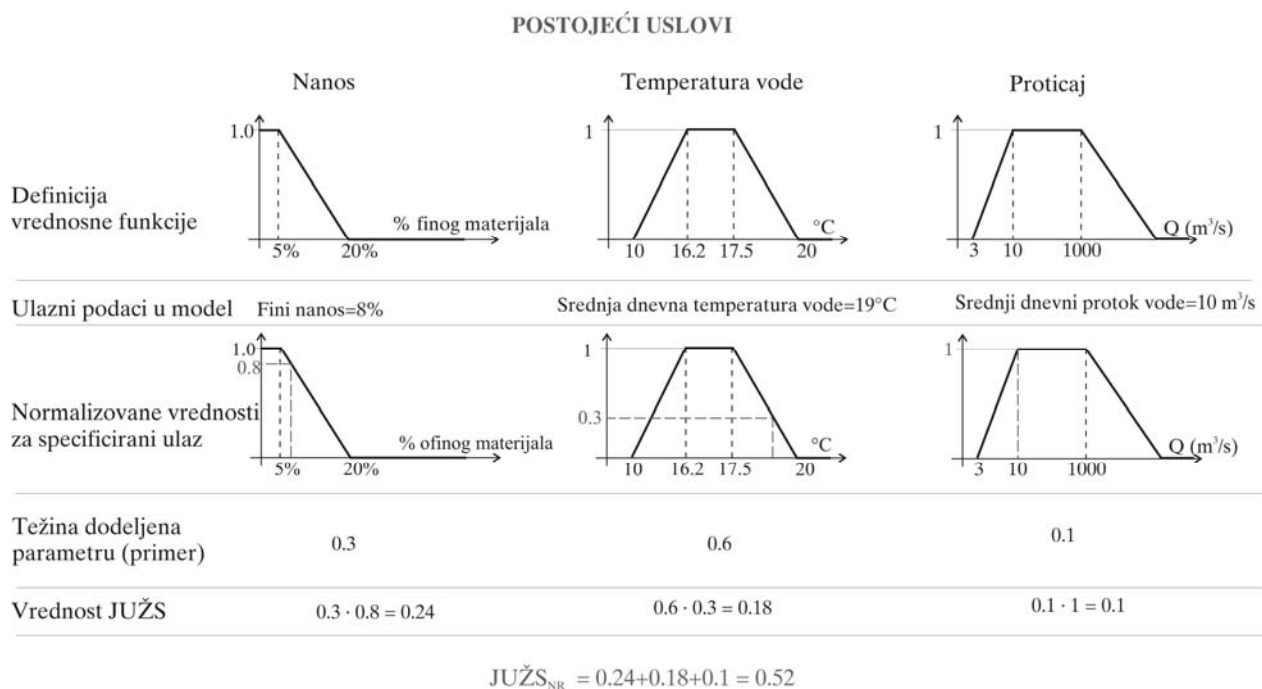
Slična zavisnost postoji i za nivo vrste samo što se ovde *JUŽS* određuje na osnovu procenjenih jediničnih uticaja dobijenih za svaku fazu razvoja i odgovarajućih težinskih koeficijenata za analiziranu riblju vrstu.

Konačno za nivo staništa:

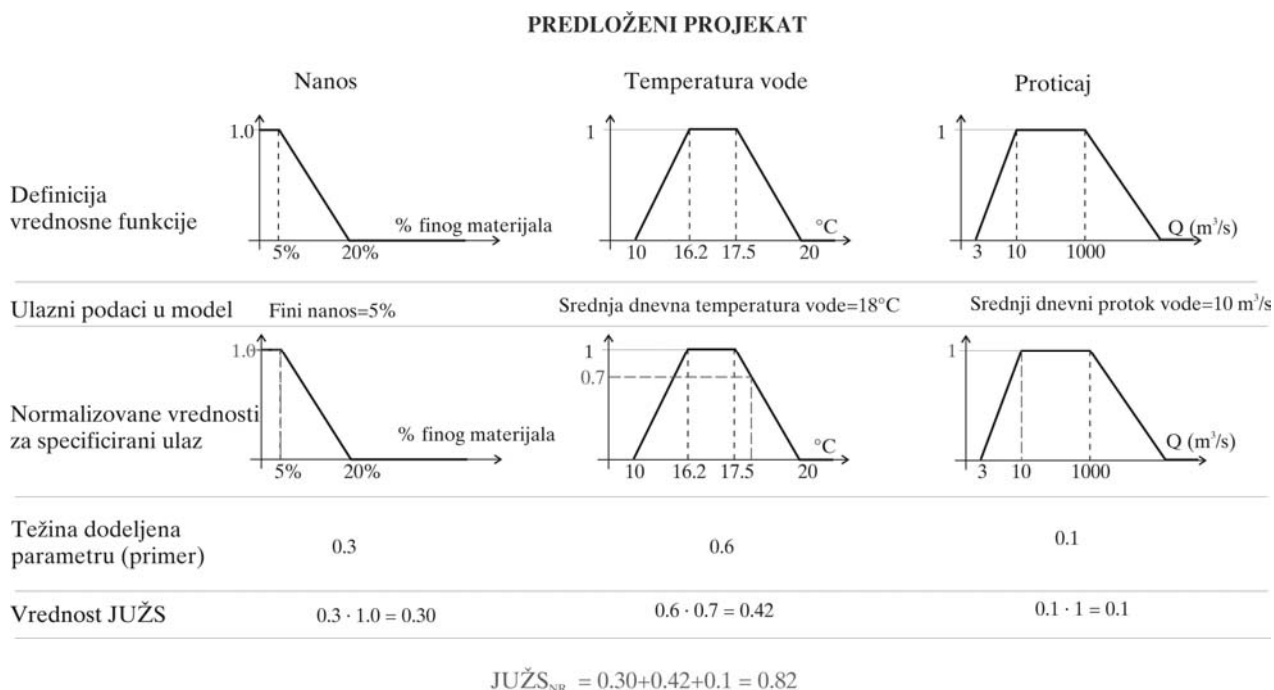
$$JUŽS_{NS} = JUŽS_{NV1} \times T_{V1} + JUŽS_{NV2} \times T_{V2}$$

gde indeksi 1 i 2 označavaju dve analizirane riblje vrste.

Na slikama 10 i 11 dat je primer proračuna *JUŽS* za parametar mrešćenja lososa za postojeće uslove i za određene projektne uslove.



Slika 10. Primer proračuna *JUŽS* za parametar mrešćenja lososa za postojeće uslove

Slika 11. Primer proračuna *JUŽS* za parametar mrešćenja lososa za predložene projektne uslove.

Ukupni indeks uticaja na životnu sredinu dobija se sumiranjem odgovarajućih jediničnih uticaja određenih za svaki nivo granatog stabla. Za svako projektno rešenje ili alternativu određuje se ovaj indeks, koji služi za vrednovanje projekata sa aspekta unapređenja životne sredine.

Dobijene vrednosti *JUŽS* za različite nivoe granatog stabla i za analizirana projektna rešenja, omogućavaju analizu uticaja istih na odgovarajućim nivoima. To znači da se za svaki analizirani projekat u odnosu na postojeće stanje može odrediti priraštaj koristi, koji predstavlja razliku između proračunatih vrednosti uticaja. Ako se porede različita rešenja ova razlika može biti pozitivna ili negativna, što automatski rangira rešenja.

Činjenica da se na ovaj način mogu pratiti uticaji pojedinih parametara i procenjenih težinskih koeficijenata na dobijene jedinične vrednosti uticaja za predložena projektna rešenja ili alternative na različitim nivoima, predstavlja značajnu podršku u procesu odlučivanja. Donosioci odluka mogu intervenisati na svakom nivou

ocenjivanja i na taj način se lakše mogu prevazići problemi koji mogu da dovedu u pitanje realizaciju projekta.

#### Korak 4. Izbor prioritarnih projekata

Finalni korak u procesu procene uticaja predloženih aktivnosti je cilj najvišeg reda - određivanje ukupnog globalnog indeksa uticaja na okruženje za svaki od predloženih projektnih rešenja, slika 3. Ovaj globalni indeks omogućava prioritizaciju analiziranih projekata za obnavljanje akvatičnog ekosistema.

Globalni indeks (*GI*) može se izraziti kao zbir indeksa životne sredine (*IŽS*), socijalnog indeksa (*SI*), ekonomskog indeksa (*EI*), indeksa interesa za učestvovanje u projektu (*II*), indeksa vlasništva nad zemljom (*VI*) i odgovarajućih težinskih koeficijenata:

$$GI = I\check{Z}S \times T_{ZS} + SI \times T_{SI} + EI \times T_{EI} + II \times T_{II} + VI \times T_{VI}$$

Indeks životne sredine je uticaj koji je određen za kategoriju životne sredine, konkretno za staništa određenih ribljih populacija.

Ostali indeksi mogu se odrediti primenom slične procedure - hijerarhijske strukture, zavisno od vrste uticaja.

Težinski koeficijenti se i na ovom nivou određuju poređenjem analiziranih kategorija uticaja u parovima.

Korišćenjem ovog indeksa, određenog za postojeće uslove i predložena projektna rešenja, odnosno alternative, moguće je proceniti globalne uticaje na životnu sredinu, izvršiti rangiranje rešenja, kao i proceniti promene u odnosu na postojeće uslove. Osnovni uslov za ovo poređenje je ista struktura granatog stabla za svaki od analiziranih uticaja.

Formiranjem hijerarhijske strukture za svaku od ciljnih funkcija, primenom razvijenih kompjuterizovanih tehnika i alata, postoje uslovi za relativno jednostavnu i transparentnu procenu uticaja na svim hijerarhijskim nivoima za usvojene ciljne strukture i predložena projektna rešenja. Postoje uslovi i za analizu uticaja pojedinih parametara i određenih težina na različitim nivoima na globalni uticaj, čime se mogu prevazići subjektivni stavovi i mišljenja i stvoriti konstruktivna atmosfera za rešavanje problema, bez obzira na različite interese donosioca odluka.

## 5. PREZENTACIJA REZULTATA

Rezultati modeliranja parametara i procesa, kao i rezultati višekriterijumskog vrednovanja različitih projektnih rešenja, mogu se prikazati na različite načine. Kako će se isti prikazati zavisi od zahteva donosioca odluka i svrhe procene uticaja određenih aktivnosti (npr. izbor rečnog toka ili sliva, izbor najboljeg projektnog rešenja, upravljanje realizacijom projekta, sagledavanje dugoročnih efekata).

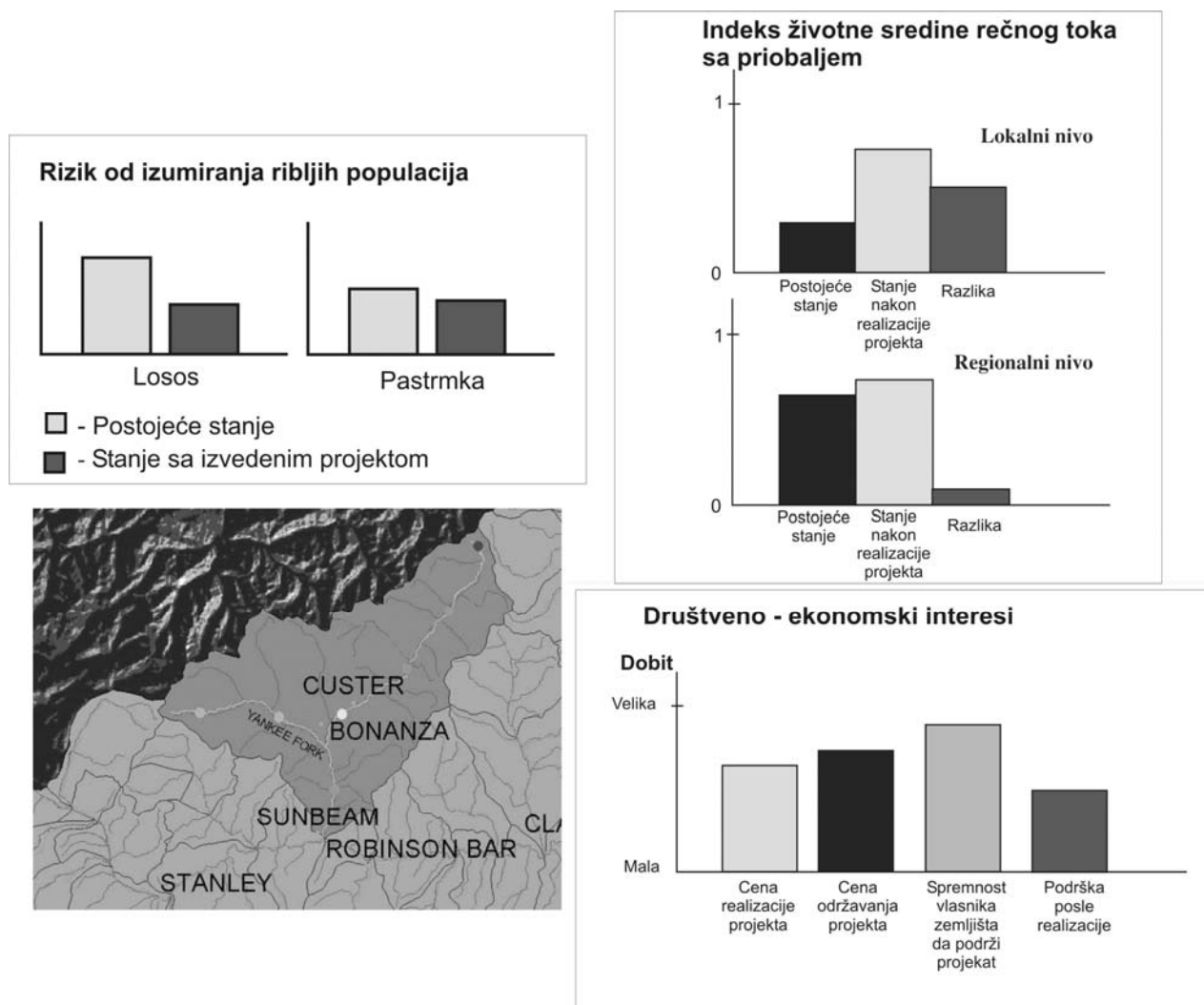
Geografski informacioni sistemi omogućavaju pretraživanje, editovanje, postavljanje upita i prikazivanje prostornih i drugih podataka. Kao takav GIS je od izuzetnog značaja za unapređenje metoda za rangiranje projekata. Konkretno, GIS nudi velike mogućnosti za prezentaciju rezultata modeliranja različitih fizičkih i ekoloških procesa, očekivanih posledica određenih aktivnosti i rezultata za procenu uticaja na životnu sredinu. GIS povezan sa hidrauličkim, hidrološkim, morfološkim, ekološkim i drugim modelima sa jedne i tehnikama i alatima za procenu uticaja s druge strane, može značajno da podrži procese donošenja odluka.

Rezultati se mogu prikazati u različitim bojama pomoću mapa (uticaji duž rečnog toka ili u okviru sliva na različitim hijerarhijskim nivoima, za različita projektna rešenja ili različite vremenske intervale), pomoću histograma (za različite hijerarhijske nivoe, rečne profile i vremenske intervale) i pomoću podužnih dijagrama (za različite hijerarhijske nivoe i različite vremenske intervale).

Primena GIS-a je značajna ne samo za istraživače, već i za sve one koji su uključeni u projekat i koji direktno ili indirektno donose odluke. Imajući u vidu različite nivoe edukovanosti i različite interese onih koji donose odluke, moraju se izabrati odgovarajuće metode za prezentaciju ciljeva koji se projektom žele ostvariti, procedura koje se primenjuju za procenu uticaja i efekata određenih parametara na konačne rezultate, odnosno rangiranje parametara unutar ciljnih struktura i konačno rangiranje projekata s aspekta ekoloških, društveno-ekonomskih i drugih usvojenih kriterijuma. Prednosti projektnih rešenja se mogu prikazati na lokalnom i regionalnom nivou.

Prezentacija projekata, podržana sa vizuelnim prostornim i linijskim prikazima koji se mogu relativno lako menjati i porediti, je transparentna, prihvatljiva i razumljiva. Na ovaj način stvaraju se daleko povoljniji uslovi za usaglašavanje stavova i izbegavanja konfliktnih situacija, a što je najvažnije povoljniji uslovi za formiranje pozitivnog stava javnog mnjenja za realizaciju projekta.

Program Arc GIS, koji je kreirao Istraživački institut za životnu sredinu (ESRI, [www.esri.com](http://www.esri.com)), je u konkretnom primeru korišćen za prezentaciju postojećih podataka, kao i rezultata uticaja određenih aktivnosti, odnosno kvantitativnih pokazatelja koji omogućavaju donošenje odluka. Sliv reke Jenki, koji pripada uzvodnom delu sliva reke Salmon u državi Ajdaho izabran je kao primer iz tri razloga: značajne degradacije životne sredine zbog intenzivne eksploatacije ruda; brojnih aktivnosti sa ciljem obnavljanja životne sredine u ovoj oblasti i velikom raspoloživom fondu podataka za sliv (UI&DHI, 2001). Dva primera na kojima je uz pomoć GIS-a prikazana primena unapređene metodologije za procenu uticaja data su na slikama 12 i 13.



Slika 12 Različiti oblici prikazivanja rezultata procene uticaja na životnu sredinu, (Muskatirović *et al.*, 2001)

## 6. ZAKLJUČCI

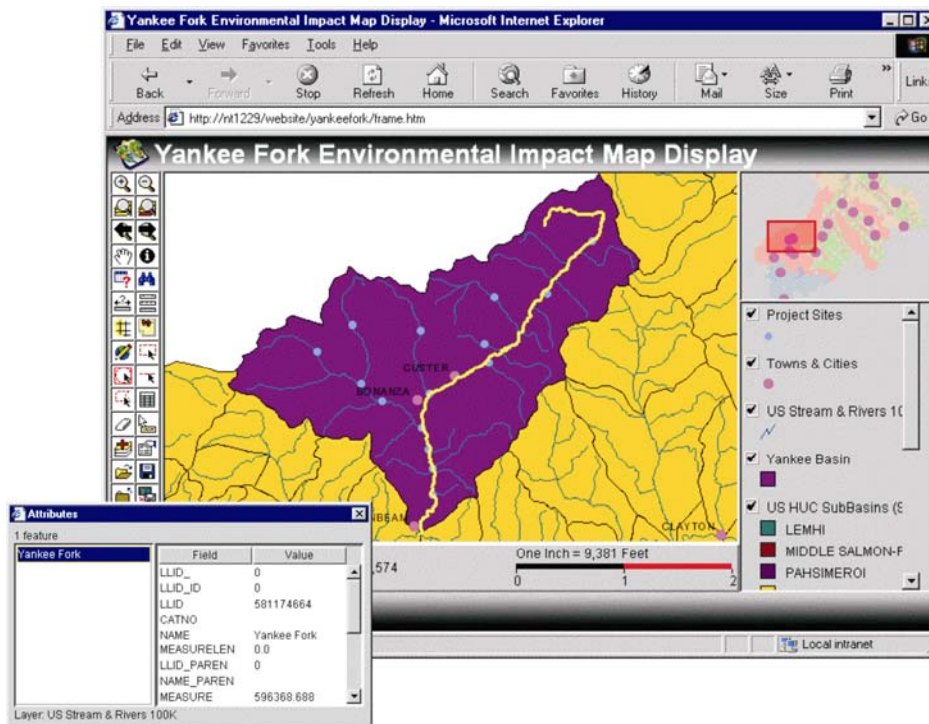
Da bi se procenili efekti aktivnosti koje imaju za cilj obnavljanje akvatičnog ekosistema rečnih tokova, odnosno rangirali predloženi projekti po usvojenim kriterijumima relevantnim za određeno okruženje, neophodno je primeniti značajan broj različitih modela, tehnika i računarskih alata. Vrsta i broj modela i metoda zavisi od ciljeva koji se žele ostvariti i specifičnih karakteristika degradirane životne sredine.

Metodologije koje su razvijane u prošlosti i koje su primenjivane za procenu uticaja su pokazale određene

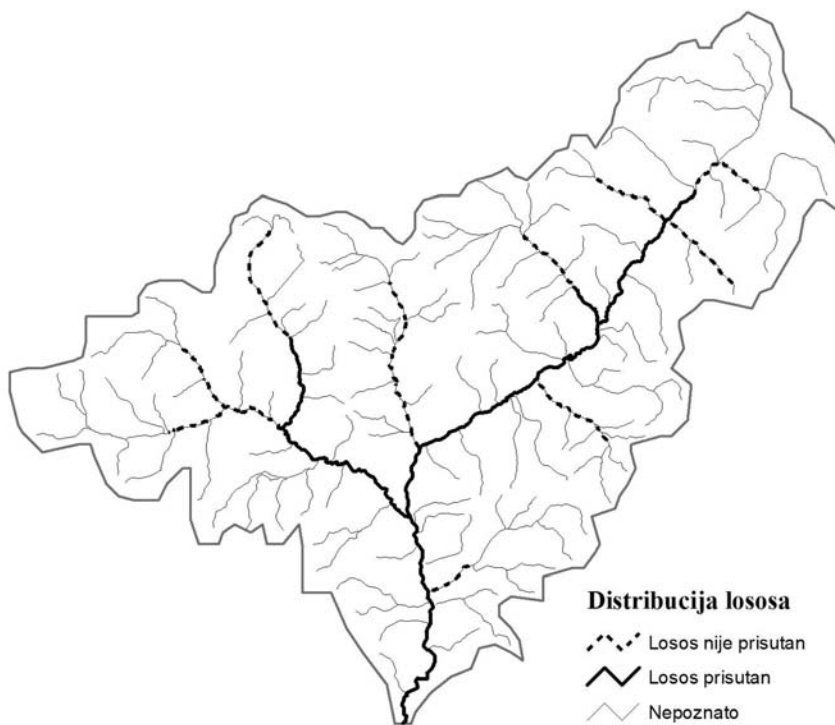
prednosti i nedostatke. Iskustva stečena u primeni istih u fazi ocene uticaja i iskustva stečena u praćenju realizovanih projekata obnavljanja degradiranih ekosistema nedvosmisleno su ukazala na potrebu daljeg unapređenja. Osnov za ovo su: sve rasprostranjenija primena savremenih tehnologija, posebno geografskih informacionih sistema, razvoj novih modela za simulaciju fizičkih i ekoloških procesa i što je najvažnije sve veći fond podataka, koji je bitan faktor za ocenu i verifikaciju postojećih modela i metoda, kao i za njihovo poboljšanje.



a)



b)



Slika 13 Primena GIS-a u oceni projekata

- a) Sliv reke Jenki prikazan primenom GIS-a (UI&DHI, 2001)
- b) Distribucija lososa u slivu reke Jenki (Overton *et al.*, in press)

Unapređena metodologija, opisana u ovom radu, predstavlja integrisani sistem koji se bazira na sledećim komponentama:

- prikupljanju podataka (snimanje, monitoring, eksperimentalni podaci);
- arhiviranju podataka (formiranje baza podataka, tekstova, mapa, slika);
- analizi podataka (integracija podataka, provera podataka);
- modeliranju hidroloških, hidrauličkih, morfoloških i drugih karakteristika rečnih tokova;
- modeliranju ekoloških procesa vezanih za razvoj određenih ribljih populacija
- modeliranju staništa;
- primeni razvijenih računarskih alata tzv. sistema za podršku odlučivanju (objedinjena ekspertska znanja, iskustvo učesnika, transparentnost primenjenih procedura, mogućnosti vrednovanja individualnih i grupnih procena uticaja, softveri koji omogućavaju brzo i relativno jednostavno variranje parametara i njihovih težina u procesu procene uticaja i vrednovanja ciljnih funkcija, odnosno kriterijuma, provera konzistentnosti i osetljivosti);
- prikazivanju uticaja u okviru usvojene hijerarhijske strukture primenom GIS alata;
- rangiranju projekata.

Prikazana metodologija, razvijena za očuvanje i obnavljanje ribljih staništa u okviru sliva reke Salmon (pritoke reke Kolumbije) primer je njene primene za procenu uticaja sličnih aktivnosti i rangiranje projekata za obnavljanje ekoloških vrednosti rečnih tokova.

#### LITERATURA

- [1] Basak I, Saaty TL. 1993. Group Decision Making Using the Analytic Hierarchy Process. *Mathematical and Computer Modelling* 17(4/5): 101-109.
- [2] Cox E. 1994. *The Fuzzy Systems Handbook - A Practitioner's Guide*. Academic Press Inc.
- [3] Dee N, Baker J, Drobny N, Duke K, Whitman I, Fahringer D. 1973. An Environmental Evaluation System for Water Resource Planning. *Water Resources Research* 9(3): 523-535.
- [4] DHI. 1997. *Mike Impact User Manual-Draft*. DHI, Denmark
- [5] Doumont J-L. 2002. Magical Numbers: The Seven-Plus-or-Minus-Two Myth. *IEEE Transactions on Professional Communication* 45(2): 123-127.
- [6] Drake PR. 1998. Using the Analytic Hierarchy Process in Engineering Education. *International Journal of Engineering Education* 14(3): 191-196.
- [7] Hiirsalmi M, Kotsakis E, Personen A, Wolski A. 2000. *Discovery of Fuzzy Models from Observation Data, FUME Project*. VTT Information Technology
- [8] Hong TP, Wang SL. 2000. Determining Appropriate Membership Functions to simplify Fuzzy Induction. *Intelligent Data Analysis* 4: 51-66.
- [9] Jankowski P. 1999. Decision Making in Resource Management. In: *Class Notes*, University of Idaho.
- [10] Lee DC, Rieman BE. 1997. Population Viability Assessment of Salmonids by Using Probabilistic Networks. *North American Journal of Fisheries Management* 17: 1144-1157.
- [11] Lee DC, Rieman BE, Thompson WL. 2000. *Bayesian Viability Assessment Module (BayVAM): A Tool for Investigating Population Dynamics and Relative Viability of Resident and Anadromous Salmonids*. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Boise, ID
- [12] Lestelle LC, Mobrand LE, Lichatowich JA, Vogel TS. 1996. *EDT - The Ecosystem Diagnosis and Treatment Method - Applied Ecosystems Analysis - A Primer*. Mobrand Biometrics Inc. for US Department of Energy, Bonneville Power Administration, Project Number 9404600
- [13] Malczewski J. 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons
- [14] Manic M, Muskatirovic J. 1998. Selection of Optimum Solution for Water Supply in Fuzzy Decision Environment. *Hydroinformatics '98*, Balkema, Copenhagen, Denmark; 1003-1010.
- [15] Miller GA. 1956. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *The Psychological Review* 63: 81-97.
- [16] Muskatirovic J. 2005. Procena uticaja aktivnosti u okviru sliva na životnu sredinu. *Vodoprivreda* 37(216-218): 215-227.

- [17] Muskatirovic J, Goodwin P, Overton K, Rieman B. 2001. Aquatic Ecosystem Review in the Salmon River Basin. *XXIX IAHR Congress of the International Association for Hydraulic Research*, Beijing, China; 346-351, Theme B.
- [18] Overton CK, Radko MA, Wolrab S. in press. *Watershed Analysis Approaches for Chinook Salmon, An Example: Yankee Fork of the Salmon River, Idaho*. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station
- [19] Rieman B, Lee D, McIntyre J, Overton K, Thurow R. 1993. Consideration of Extinction Risks for Salmonids. *FHR Currents, Fish Habitat Relationships Technical Bulletin* No. 14: 1-12.
- [20] Saaty TL. 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority, Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill, New York
- [21] Saaty TL. 1994. *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with Analytical Hierarchy Process*. RWS Publication, Pittsburgh
- [22] Saaty TL. 2001. The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process. In *Multiple Criteria Decision making in the new Millennium, Proceedings of the Fifteenth International Conference on Multiple Criteria Decision Making (MCDM)*, Ankara, Turkey, July 10-14, 2000, Koksalan M, Zionts S (eds) *Lecture notes in Economics and Mathematical Systems*, Springer-Verlag; 15-38.
- [23] Saaty TL, Ozdemir MS. 2003. Why the Magic Number Seven Plus or Minus Two. *Mathematical and Computer Modelling* 38(3-4): 233-244.
- [24] Saaty TL, Vargas LG. 1994. *Decision Making in Economic, Political, Social and Technological Environments with the Analytic Hierarchy Process*. RWS Publications, Pittsburgh
- [25] UI&DHI. 2001. *Upper Salmon River Sub-basin Habitat Restoration Support Tool*. Work order for Bonneville Power Administration
- [26] Vargas LG. 1990. An Overview of the Analytic Hierarchy Process and its Applications. *European Journal of Operational Research* 48(1): 2-8.
- [27] von Winterfeldt D. 1987. Value Tree Analysis: An Introduction and an Application to Offshore Oil Drilling. In *Insuring and Managing Hazardous Risks: From Seveso to Bhopal and Beyond*, Kleindorfer PR, Kunreuther HC (eds), Springer; 349-385.

## METHODOLOGY FOR ASSESSMENT OF EFFECTS FROM RIVER RESTORATION ACTIVITIES

by

Dr Jasna MUŠKATIROVIĆ, Civ.Eng.  
University of Idaho, USA, e-mail: jmuski@gmail.com

### Summary

The main objective of the proposed environmental impact assessment methodology is the ranking of activities aimed at the protection and restoration of degraded aquatic ecosystems. The methodology represents an improvement in comparison with those most often applied in engineering practice. Input into the methodology is based on the results of some general, as well as some specific models. These models can provide the necessary information and guidance for the application of decision support tools for the ranking of restoration activities. Decision-support modeling systems for river restoration projects integrate individual models and tools for assessment of impacts based on the restoration activities within river reach or watershed on environment, ecosystem, socio-economic and other factors.

Implementation of the proposed methodology requires the setting up of an appropriate database (data relevant for physical, chemical, biological, ecological processes)

incorporated within Geographic Information System (GIS). Since the implementation and success of river restoration projects depends very much on the support of different interest groups and local stakeholders, the Analytic Hierarchy Process (AHP) is selected as a decision support system. The system enables easy and fast analyses of different factors and processes on impact assessment, transparency of all procedures (from arguments to judgment) and involvement of decision makers in all stages of project ranking procedure.

The methodology was developed for the enhancement of the fish habitat within the Columbia River Basin, so its main characteristics are presented through steps for impact assessment and ranking of river restoration activities.

Key words: environment, aquatic ecosystem, ecosystem restoration, environmental impact assessment

Redigovano 31.08.2006.