



R 2.38.

FUNKCIONALNOST RIBLJIH STAZA

Dušan Jelić, Eva Ocvirk, Gordon Gilja, Antonija Cikojević

SAŽETAK: Mnoge vrste riba i beskralježnjaka koji nastanjuju vodotoke migriraju unutar vodotoka u određenim fazama svog životnog ciklusa. S druge strane, već stotinama godina ljudi u vodotocima grade pregrade i ostale zahvate kojima zadovoljavaju svoje potrebe u odnosu na vodu, a koje rastu s industrijalizacijom i porastom broja stanovnika. Zajedno s ostalim čimbenicima kao što je onečišćenje voda to dovodi do smanjenja veličine populacije nekih vrsta, ponekad i do razine izumiranja.

Spomenute prepreke mogu postati prolazne za vodene organizme izgradnjom bioloških staza koje se uobičajeno u inženjerskoj praksi nazivaju riblje staze. Biološka staza jest prolaz za uzvodnu i nizvodnu migraciju biološkog materijala (vodene faune) čime se održava trofička, populacijska i genetička povezanost gornjih i donjih dijelova toka te na taj način u određenoj mjeri umanjuje negativne ekološke utjecaje i omogućava suživot čovjeka i prirode u skladu s potrebama gospodarskog razvoja. Fokus većine prijašnjih istraživanja usmjeren je na termin riblje staze, pa ga i mi ovdje koristimo, ali ga smatramo dijelom općenitijeg naziva biološke staze.

Kod planiranja i projektiranja ribljih staza potrebno je slijediti osnovne smjernice kojima se određuju osnovni tehnički parametri kao što su položaj riblje staze u odnosu na pregradu i hidraulički uvjeti u stazi. No da bi izvedena riblja staza zadovoljila svoju funkcionalnost moraju ju „prepoznati“ i vodni organizmi stoga je izuzetno važno praćenje funkcionalnosti izvedenih ribljih staza. U ovom radu dane su osnovne smjernice za provođenje monitoringa na ribljim stazama. S obzirom da vodne pregrade otežavaju uzdužnu migraciju riba vodotokom, potrebno je provoditi praćenje stanja (monitoring) ihtiofaune predmetnog područja prije i poslije zahvata. Monitoring je nužan kako bi se procijenila učinkovitost ribljih staza i po potrebi se prilagodila njihova izvedba, kako bi se skupili tehnički i biološki podaci za dizajniranje budućih ribljih staza te kako bi se kvantificirale populacije migratornih vrsta riba i prikupile se informacije o njihovim migracijama. Generalno sustav praćenja možemo podijeliti na opći monitoring populacije riba na promatranoj lokaciji, monitoring pratećih konstrukcija i specifični monitoring učinkovitosti same riblje staze.

Cilj monitoringa riblje staze je eksplicitno pokazati da ribe mogu naći ulaz u riblju stazu i uspješno je savladati, odnosno da je osigurana uzdužna povezivost populacija (jedinki) i genetičkog materijala. Monitoringom ostalih elemenata sustava potrebno je pokazati da ne dolazi do ozljeđivanja ili usmrćivanja ciljnih vrsta riba.

KLJUČNE RIJEČI: riblje staze, funkcionalnost, monitoring

FUNCTIONALITY OF FISH PASSES

ABSTRACT: Many fish and invertebrate species inhabiting watercourses migrate within these watercourses at certain stages of their life cycle. However, for hundreds of years humans have been building barriers and other structures in watercourses to satisfy their water-related needs that have increased due to industrialization and population growth. In addition to other factors, such as water pollution, this leads to a reduction in the population size of some species, sometimes even to their extinction.

These barriers, however, can become transitory for aquatic organisms through the construction of biological passes commonly referred to as “fish passes” in the engineering practice. A biological pass is a passage that facilitates upstream and downstream migration of the biological material (aquatic fauna), thus maintaining a trophic, population and genetic connection between the upper and lower sections of a watercourse. In this manner, negative environmental impacts are, to a certain extent, reduced and a coexistence of humans and nature in the context of economic development enabled. The majority of past studies have used the term “fish pass”, therefore we use it here as well, although we consider it a part of a more general term “biological pass”.

When planning and designing fish passes, it is necessary to follow the basic guidelines for determining the main technical parameters, such as the position of a fish pass in relation to the barrier and the hydraulic conditions in the pass. However, in order to make an built fish pass functional, its functionality must be “recognized” by aquatic organisms, and therefore it is extremely important to monitor the functionality of built fish passes. This paper gives the basic guidelines for implementing fish pass monitoring. Since water barriers hinder longitudinal migration of the fish through a watercourse, it is necessary to monitor the ichthyofauna in a given area before and after the intervention. Monitoring is required for assessing the performance of fish passes and for adapting their performance, if necessary. This enables us to gather technical and biological data for designing future fish passes, for quantifying the populations of migratory fish species and for collecting information on their migrations. In general, the monitoring system can be divided into general monitoring of the fish population at the observed location, monitoring of the accompanying structures and specific monitoring of fish pass efficiency.

The purpose of fish pass monitoring is to explicitly prove that fish can find the entrance to a fish pass and successfully swim through it, i.e. that the longitudinal connectivity of the populations (specimens) and the genetic material has been achieved. The monitoring of other elements of the system needs to prove that injuries or deaths of the target fish species do not occur.

KEYWORDS: fish passes, functionality, monitoring

1. UVOD

Mnoge vrste riba i beskralježnjaka koji nastanjuju vodotoke migriraju unutar vodotoka u određenim fazama svog životnog ciklusa. S druge strane, već stotinama godina ljudi u vodotocima grade pregrade i ostale zahvate kojima zadovoljavaju svoje potrebe u odnosu na vodu, a koje rastu s industrijalizacijom i porastom broja stanovnika te mogu prekidati uzdužnu povezanost vodotoka i na taj način onemogućiti migraciju vodenim organizmima

(Freyhof i drugi, 2015). Uzdužna povezanost vodotoka ključna je s ekološkog stajališta za zadovoljenje migracijskih potreba vodnih organizama te je zato nužan uvjet za sve vodotoke (Weiss i drugi, 2018). Hidrotehničke građevine koje predstavljaju prepreku uzdužnoj povezanosti su pragovi, stepenice, preljevi, ustave, ali i propusti i razni oblici kanaliziranja vodotoka umjetnim elementima (Carvajal-Quintero i drugi, 2017). Zajedno s ostalim čimbenicima kao što je onečišćenje voda to dovodi do smanjenja veličine populacija nekih vrsta, ponekad i do razine izumiranja (Larinier, 2000), (Cooper i drugi, 2016), (Freyhof i drugi, 2015), (Weiss i drugi, 2018), (Piria i drugi, 2019).

Spomenute prepreke mogu postati prolazne za vodene organizme izgradnjom bioloških staza (Nicola i drugi, 1996) koje se uobičajeno u inženjerskoj praksi nazivaju riblje staze. Biološka staza jest prolaz za uzvodnu i nizvodnu migraciju biološkog materijala (vodene faune) čime se održava trofička, populacijska i genetička povezanost gornjih i donjih dijelova toka. Naravno, izgradnja ribljih staza ne uklanja osnovnu ekološku štetu uzrokovanu izgradnjom pregrada (Rytwinski i drugi, 2017), kao što je gubitak riječnog staništa ili gubitak uzdužne povezanosti, ali u određenoj mjeri umanjuje negativne ekološke utjecaje i omogućava suživot čovjeka i prirode u skladu s potrebama gospodarskog razvoja (Nicola i drugi, 1996). Prije planiranja ribljih staza na postojećim građevinama, odnosno u slučaju obnavljanja uzdužne povezanosti nužno se prvo zapitati da li je postojeća prepreka zaista neophodna i služi li još uvijek svojoj primarnoj svrsi. Naime uklanjanje prepreka trebalo bi imati prednost pred izgradnjom ribljih staza. Stoga je u postupku projektiranja ribljih staza potreban interdisciplinarni pristup koji će uzvati i tehničke i ekološke potrebe u cilju postizanja najpovoljnijeg rješenja.

1.1. Pregled stanja područja

Opći kriteriji koje riblje staze moraju zadovoljiti uključuju biološke zahtjeve i ponašanje migratornih vodnih organizama te tako predstavljaju važne aspekte u postupku planiranja ribljih staza. Potrebno je napomenuti da se biološki mehanizmi koji potiču ili utječu na migracije vodnih organizama još uvijek izučavaju (Oliveira i drugi, 2018).

Riblja staza je obično kanal opremljen elementima koji omogućuju postizanje željenih hidrauličkih karakteristika potrebnih da bi ribe mogle plivati stazom. Elementi su preljevi, pregrade, otvori, kameni blokovi itd. Osnovna podjela je na prirodni i tehnički tip riblje staze. Svaki tip u nastavku spomenutih staza ima domenu unutar koje je pogodan za korištenje. Specijalni tipovi ili su namijenjeni pojedinim vrstama riba ili se primjenjuju u uvjetima kada nema mogućnosti izbora jednostavnijeg rješenja.

Ribljom stazom prirodnog tipa nastoji se oponašati prirodno korito rijeke. Specifičnost ovog tipa je prisutnost kamenog supstrata na dnu kojim se povećava hrapavost korita. Kako kameni supstrat najčešće nije dovoljan da omogući povoljne hidrauličke uvjete na kraćim dionicama, dodatno prigušenje toka na prirodnoj stazi može se izvesti postavljanjem većih kamenih blokova. Time se ujedno stvaraju i mjesta pogodna za odmor riba.

Tehničke staze su: staze s bazenima (staze s otvorima, s otvorima i preljevima), staze s vertikalnim prorezima, Denilove staze te kanali s umjetno povećanom hrapavošću te specijalni tipovi – dizalice, riblje prevodnice, rampe za jegulje, cijevi za jegulje, staze za paklare, staze s čekinjama.

Kod planiranja i projektiranja ribljih staza polazišna točka trebala bi biti ideja što manjeg utjecaja na populaciju riba i drugih organizama stoga se preporuča uvijek kao prvo

rješenje razmotriti izgradnju ribljih staza prirodnog tipa, a tek ukoliko to nije moguće (iz opravdanih tehničkih razloga) pristupiti projektiranju ribljih staza tehničkog tipa. I konačno u ekstremnim situacijama, kada niti izvedba tehničkih ribljih staza nije moguća, izgradnjom specijalnih ribljih staza osigurati barem dobru odnosno cjelovitu genetičku povezanost populacije (Slika1). Kod iznimno kompleksnih i velikih sustava kod kojih nije moguće tehnički riješiti čak niti postavljanje lifta ili prevodnice, posljednja opcija za održavanje genetičke povezanosti jest aktivni transport ribe (specijaliziranim vozilima) i puštanje iznad zahvata (ustave i akumulacije).



Slika 1. Preporučeni slijed odabira tipa riblje staze. Tipovi monitoringa opisani su u poglavlju 3.2.

Tip staze	Riblja rampa	Obilazni kanal	Staza s bazenima	Staza sa vertikalnim otvorima	Denilova staza	Ribljilift	Riblja prevodnica	Transport ribe uzvodno
Tip monitoringa	1), 2), 5)	1), 2), 3), 5)	1), 2), 3), 4), 5)	1), 2), 3), 4), 5)	1), 2), 3), 4), 5)	1), 3), 4), 5), 6)	1), 3), 4), 5), 6)	5), 6), genetička istraživanja,

2. PROJEKTIRANJE RIBLJE STAZE SA STAJALIŠTA FUNKCIONALNOSTI

2.1 Optimalna pozicija riblje staze

U prirodnim vodotocima, bez prepreka, vodenim organizmima za migraciju je prirodno raspoloživa cijela širina vodotoka. Riblje staze ograničavaju migraciju na mali dio poprečnog presjeka vodotoka. U pravilu dimenzije riblje staze u odnosu na širinu vodotoka su relativno male, ograničene inženjerskim, hidrauličkim i ekonomskim uvjetima, a što posebno dolazi do izražaja na većim rijekama. Stoga je položaj riblje staze uz prepreku izuzetno značajan. Ribe i ostali vodni organizmi u pravilu migriraju uzvodno uzduž glavne struje. Da bi ulaz u riblju stazu bio prepoznat od strane vodnih organizama treba ga pozicionirati na stranu pregrade na koju dolazi glavna struja. Nadalje

riblja staza, odnosno ulaz u riblju stazu, ne bi trebao biti smješten „daleko“ u donjoj vodi u odnosu na pregradu jer to otežava ribama mogućnost pronalaska. U praksi se pokazalo da je to jedna od najčešćih projektantskih pogrešaka a najčešće je posljedica želje za postizanjem određenih hidrauličkih uvjeta u ribljoj stazi te raznih prostornih ograničenja. Kod dijagonalno postavljenih pragova, preko kojih se po cijeloj dužini preljeva voda, migratorne vrste obično se koncentriraju u šiljatom kutu između pregrade i obale te je to očigledna pozicija za smještaj riblje staze.

Kod izvedbe ribljih staza uz pribranske hidroelektrane najbolja pozicija za riblju stazu obično je na istoj strani vodotoka na kojoj se nalazi i sama strojarnica. Izlaz iz riblje staze (tj. ulaz riba) preporuča se smjestiti što bliže izlazu iz turbinskog trakta. Kod derivacijskih hidroelektrana dvije su mogućnosti za pozicioniranje ribljih staza u cilju osiguranja uzvodne migracije. Prvo uz samu hidroelektranu kako bi se osigurala povezanost donje i gornje vode u kanalu, a druga uz ustavu/prag na ulazu u prirodno korito kako bi se osigurala povezanost gornje vode i donje vode prirodnog vodotoka. Uobičajeno riblja staza gradi se samo na jednoj od spomenutih pozicija. Budući da ribe općenito prate najjaču struju pretpostavlja se da ulaze u umjetni kanal privučene izlazom iz turbine, a znatno rjeđe koriste prirodno korito u kojem je obično protok znatno manji. No kod pojave protoka većih od instaliranog protoka hidroelektrane može doći do znatnog povećanja protoka u prirodnom koritu te je s ekološkog stajališta preporučljivo izvesti dvije riblje staze.

Također u praksi se primjenjuju različite metode navođenja riba u riblje staze od kojih su neke navedene u nastavku (Tablica 1).

Tablica 1. Neke od metoda navođenja riba u riblje staze

Fizičke pregrade	– dolaze u različitim oblicima, uključujući perforirane ploče, metalne šipke, plastične ili metalne mreže, itd.
Električne barijere	– koriste električni stimulans za promjenu ponašanja riba. Obično se te barijere prostiru po cijeloj širini vodotoka sa serijom elektroda.
Svjetlosni sustavi	– blještava svjetla proizvode bljeskove svjetla u mjerama koje se mogu prilagoditi veličini vodotoka. U pravilu koriste ksenonske plinske cijevi, koje emitiraju širok spektar bijele svjetlosti. Ovisno o vrsti, ribe različito reagiraju na svjetlosne podražaje. Neke vrste bježe od svjetla, a neke svjetlo privlači i plivaju prema njemu.
Podvodni zvuk	– za utjecaj na ribe koristi se podvodni zvuk kako bi kreirali odbijajuće zvučno polje, sastavljeno od bliskog i dalekog polja zvuka. Ovisno o tipu zvučnog sistema, frekvencije se kreću od 20 do 500 Hz. Akustične pregrade su posebno interesantne kod hidroelektrana jer zauzimaju minimalan prostor i problemi začepljenja su minimalni.
Zavjese od zračnih mjehurića	– mjehurićaste zavjese su „zidovi“ mjehurića koji se uzdižu s dna vodotoka iz postavljene perforirane cijevi opskrbljene komprimiranim zrakom
Feromoni	– ispuštanje ove supstance uzrokuje reakciju straha kod riba, što rezultira pojačanim plivanjem ili bijegom iz nekog područja.

Izlaz riba u gornju vodu, odnosno ulaz vode u riblju stazu kod hidroelektrana mora biti smješten dovoljno daleko od preljeva odnosno ulaza u turbine kako ribe na izlazu ne bi bile strujom povučene ili nazad preko preljeva ili u turbinski trakt. Općenito, kada je visina gornje vode konstantna, projektiranje ulaza vode u riblju stazu ne predstavlja značajniji problem. Međutim u slučaju kada postoje oscilacije gornje vode potrebno je posvetiti posebnu pažnju projektiranju ovog elementa riblje staze. U pravilu kod oscilacija većih od 1 m preporuča se izvedba većeg broja izlaza kako bi riblja staza ostala funkcionalna u svim uvjetima. Isto tako kod određenih tipova ribljih staza može se javiti potreba za mehaničkom regulacijom protoka na mjestu izlaza iz riblje staze.

3. MONITORING

Monitoring je nužan kako bi se procijenila učinkovitost ribljih staza i po potrebi se prilagodila njihova izvedba, kako bi se skupili tehnički i biološki podaci za dizajniranje budućih ribljih staza te kako bi se kvantificirale populacije migratornih vrsta riba i prikupile se informacije o njihovim migracijama. Generalno sustav praćenja možemo podijeliti na opći monitoring populacije riba na zadanoj lokaciji, monitoring pratećih struktura (pr. turbine) i specifični monitoring učinkovitosti same riblje staze.

Također, za svaku biološku stazu kako bi se osigurala njena funkcionalnost, kao i za većinu hidrotehničkih građevina, potrebno je izraditi Plan rada i održavanja biološke staze.

Važno je da se za svaki zahvat razvije barem načelni Program za praćenje prolaznosti riba kroz instalirani sustav (zahvat). Taj Program potrebno je provoditi u najmanje 2 navrata, odnosno približno svakih 6 mjeseci, tijekom prvih 3 - 5 godina rada (ovisno o mišljenju eksperta ihtiologa s obzirom na prisutne ciljne vrste). Programi praćenja za vrlo važne i dugoživuće ciljne vrste riba (pr. glavatica, jesetre itd.) mogu se provoditi i trajno ukoliko se radi o lokacijama važnim za opstanak ovih vrsta.

Cilj monitoringa riblje staze je eksplicitno pokazati da ribe mogu naći ulaz u riblju stazu i uspješno je savladati, odnosno da je osigurana uzdužna povezivost populacija (jedinki) i genetičkog materijala. Monitoringom ostalih struktura potrebno je pokazati da ne dolazi do ozljeđivanja ili usmrćivanja ciljnih vrsta riba. Vrijeme i trajanje uzorkovanja/monitoringa je od velike važnosti za pouzdanost podataka o funkcionalnosti riblje staze. Monitoring bi se trebao obavljati tijekom glavne sezone migracija a ovisi i o vremenskim uvjetima te je najbolje da se razdoblje definira za specifičnu lokaciju u dogovoru sa ekspertom ihtiologom.

3.1 Opći monitoring sastava zajednice riba

Nakon izgradnje riblje staze potrebno je obaviti praćenje općeg stanja populacije ribe na širem predmetnom području i usporediti ga sa podatcima prikupljenima prije izvođenja zahvata (nulto stanje) te literaturom. Za lokacije praćenja potrebno je uzeti lokacije na kojima je vršeno terensko istraživanje za izradu nultog stanja ihtiofaune. Preporuča se kao referentne točke uzimati po jednu lokaciju 100 m – 200 m uzvodno i nizvodno od zahvata (ukoliko je primjenjivo; npr. ako je iznad zahvata formirana akumulacija, referentnu točku potrebno je pomaknuti uzvodno do lokacije gdje je stanje neizmjenjeno). Usporedbom lokacije nizvodno i uzvodno moći će se pratiti funkcionalnost novonastale riblje staze, ali

i detektirati funkcionalne promjene u sastavu zajednice (Oliveira i drugi, 2018). Važno je pratiti da se uspoređuju isti tipovi staništa (usporedbom limnofilnih staništa u akumulaciji iznad ustave i reofilnih staništa nizvodno od ustave, očekivano je da dobijemo različit sastav vrsta te takve usporedbe treba izbjeći dobrim planiranjem praćenja). Cilj ovog općeg praćenja stanja populacije riba jest da se ustvrdi da li je došlo do promjene u strukturi zajednice riba tijekom radova ili nakon puštanja u pogon.

3.2 Monitoring funkcionalnosti riblje staze

Preporučeni sastavni dijelovi monitoringa su:

- 1) Vizualni pregled rada i funkcionalnosti riblje staze te kontrola da li ista radi sukladno Planu rada i održavanja biološke staze.

Vizualnim pregledom ekspert utvrđuje da li riblja staza funkcionira u širem tehničkom smislu (prisustvo vode, kontinuiranost toka, ne postojanje nepremostivih unutarnjih barijera itd.). Vizualnim pregledom ustanovljava se i potencijalno agregiranje riba (na ulazu, u stazi ili na izlazu);

- 2) Uzorkovanje riba elektroribolovom unutar riblje staze.

Metoda uzorkovanja sastoji se od elektroribolova u ribljoj stazi, sa obale, na transektu duljine 10 - 30 metara (barem $\frac{1}{4}$ duljine riblje staze) oko ulaza i izlaza. Sva ulovljena riba se determinira i izmjeri na licu mjesta te se čim prije vraća u vodotok;

- 3) Pregled Dnevnika o količini stradale ribe.

Zaposlenici HE trebali bi voditi Dnevnik o primijećenim količinama stradale ribe u postrojenju ili ispod njega. Ova mjera se često propisuje kao obaveza tijekom provedbe procijene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu. Ukoliko do stradavanja dolazi a ista nisu zabilježena u Dnevniku, potrebno je obavijestiti nadležne institucije (Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Ministarstvo poljoprivrede);

- 4) Praćenje efikasnosti riblje staze IC (infra-crvenom) video i sonarskom tehnologijom.

Efikasnost ribljih staza može se pratiti ugradnjom trajnih ili privremenih sustava za tehničko-vizualno praćenje prolaznosti. Moguća je upotreba sonarskih sustava za precizan nadzor prolaza krupnijih primjeraka riba kroz riblju stazu. Sonar se koristi u kombinaciji sa IC (infra-crvenom) kamerom visoke razlučivosti te se zajedno postavljaju na ulaz i/ili izlaz riblje staze, uz kontinuirano snimanje od 24 sata. Iz snimki se prikupljaju podatci o efikasnosti staze jer se na njima jasno vidi broj jedinki koje mogu proći stazu u određenom vremenskom intervalu. IC kamera može poslužiti samo za snimanje u uvjetima bolje vidljivosti, no kada je voda замуćena (zbog prisutnosti čestica mulja) tada je monitoring moguće provesti jedino upotrebom sonara. Standardne korištene frekvencije sonara su 200/455/800/1200 kHz. Kombinacija obje metode je ipak najbolja opcija. Na tržištu su dostupni gotovi proizvodi ili je moguće zatražiti izradu personaliziranog rješenja uz savjetovanje eksperta ihtiologa. Postoji mogućnost instaliranja trajnog sustava sonara i IC videonadzora funkcionalnosti riblje staze sa direktnim prikazom u pogonu HE, što je pogodno za brzu reakciju tijekom problematičnih situacija, trajni monitoring prolaznosti (podatci se mogu ustupiti u slučaju preispitivanja prolaznosti) te mogu poslužiti u edukativne svrhe. U slučaju ugradnje trajnog sustava, potrebno je već u idejnom rješenju zahvata predvidjeti poziciju za instalaciju sustava za praćenje (instalacije, zaklon itd.);

- 5) Praćenje efikasnosti prolaznosti migratornih vrsta riba kroz kroz riblju stazu uzvodno i nizvodno korištenjem Capture/Mark/Recapture (C/M/R) metode i mikročipiranjem. Ova metodologija pogodna je za veće sustave gdje je praćenje migracija pomoću vizualnih metoda (IC kamere i sonar) onemogućen snažnim strujanjem vode, veličinom otvora itd. Ove metode se također koristi kada je o posebno važnim ciljnim vrstama potrebno prikupiti dodatne kvantitativne podatke (pr. glavatica, jesetre, plotica, jegulja itd.).

Sve ulovljene odrasle jedinke migratorne ciljne vrste ulovljene na bilo kojoj lokaciji uzorkovanja (uzvodno ili nizvodno), trebaju biti mikročipirane pasivnim čipom (PIT) prikladne veličine (12 x 3, 10 x 3, 9 x 2 ili 8 x 1,8 mm), koji ribi ne stvara nikakve probleme a omogućava jedinstvenu identifikaciju pri slijedećem ulovu. Svaki mikročip je jedinstveno kodiran sa kodom od 16 brojeva i slova koji se može očitati ručnim ili stacionarnim čitačem (čak i sa mobilnim uređajem). Sitnije jedinke čipiraju se na način da se u trbušnu šupljinu stavlja čip pomoću igle, dok se većim jedinkama čipovi ugrađuju u bazu dorzalne peraje (bolja detekcija). Izlov se vrši samo ispod ili i ispod i iznad riblje staze. Potrebno je pokušati izloviti i obilježiti između 5 – 15 % populacije. Prilikom svakog izlova bilježi se broj jedinki koje su novoulovljene (i treba ih označiti) i onih koje su već označene ranijim izlovima i potrebno ih je odmah pustiti. Pošto mikročipovi omogućavaju doživotnu identifikaciju, moguće je i višegodišnje istraživanje. Na izlazu iz riblje staze postavlja se trajni PIT čitač i antena, koji automatski detektira kada neka od označenih riba prođe kroz riblju stazu. Čitač je trajno postavljen na ribljoj stazi i kroz cijelu godinu bilježi migracije riba. Kod duljih ribljih staza postavljaju se dvije antene, po jedna na svaku stranu (ulaz i izlaz) kako bi se moglo mjeriti i brzinu prolaza. Potreban je angažman eksperta ihtiologa da se nove jedinke označavaju svake godine i za analizu podataka;

- 6) Telemetrija pomoću radio, mikrovalnih ili ultrazvučnih odašiljača.

Ova nova tehnologija omogućuje direktno praćenje kretanja riba pomoću aktivnih odašiljača koji u 3D prostoru prikazuju poziciju označene jedinke. Ova metoda se koristi na način da se nekoliko kapitalnih primjeraka ciljnih vrsta označi telemetrijskim odašiljačima, koji u zadanom intervalu (5 sekundi do 15 min) aktivno odašilju njezinu poziciju. Signal primaju 4 senzora (sa GPS signalom) koji se postavljaju u pravokutnu formaciju 100 m x 100 m i na temelju triangulacije definiraju točnu poziciju i dubinu označene ribe. Na taj način se u realnom vremenu može pratiti da li se riba kreće prema ulazu u riblju stazu ili na koji način se kreće kroz nju. Također je moguće pratiti da li riba reagira na umjetno postavljene zvučne, zračne ili električne barijere (Tablica 1).

ZAKLJUČAK

Ovim kratkim radom, autori žele pokrenuti međusektorsku suradnju u rješavanju problema s kojima se susreće struka prilikom planiranja ribljih (bioloških) staza i kasnijeg praćenja njihove funkcionalnosti. Kroz ovaj tekst pokušali smo olakšati investitorima, ovlaštenicima za provedbu Studija utjecaja na okoliš i nedležnim tijelima međusobno razumijevanje kada se govori o odnosu pojedinih tipova ribljih staza, promjenama u ihtiofauni koje se mogu očekivati za svaki od njih te prijedlozima tipova praćenja stanja ihtiofaune koje je

potrebno provesti (Slika 1). Na ovaj način investitoru se može lakše predstaviti kakvu proceduru može očekivati s obzirom na odabrani tip zahvata, a sa ovlaštenicima za izradu SUO može raspravljati o očekivanom negativnom utjecaju s obzirom na pojavnost ciljnih vrsta organizama na planiranoj lokaciji. Nadležnim institucijama olakšana je procedura odlučivanja da li su za određeni tip zahvata propisane adekvatne mjere praćenja ili je potrebno propisati dodatne.

* Istraživanje prikazano u ovom radu je provedeno u sklopu projekta „Planiranje i projektiranje ribljih staza“ financiranog od Hrvatskih voda.

LITERATURA

- [1] Carvajal-Quintero, J.D., Januchowski-Hartley, S.R., Maldonado-Ocampo, J.A., Jézéquel, C., Delgado, J. & Tedesco, P.A., (2017): *Damming Fragments Species' Ranges and Heights Extinction Risk*, 10 (6), 708-716
- [2] Cooper, A.R., Infante, D.M., Wehrly, K.E., Wang, L. & Brenden, T.O., (2016): *Identifying indicators and quantifying large-scale effects of dams on fishes*, *Ecological Indicators*, 61 646-657
- [3] Freyhof, J., Weiss, S., Adrović, A., Čaleta, M., Duplić, A., Hrašovec, B., Kalamujić, B., Marčić, Z., Milošević, D. & Mrakovčić, M., (2015): *The huchen (Hucho hucho) in the Balkan region: distribution and future impacts by hydropower development*,
- [4] Kottelat, M. & Freyhof, J., (2007): *Handbook of European freshwater fishes*, Publications Kottelat, Cornol, Switzerland and Berlin, Germany,
- [5] Larinier, M., (2000): *Dams, ecosystem functions and environmental restoration. Environmental Issues, Dams and Fish Migration, World Commission on Dams*, pp. 1-26.
- [6] Nicola, G.G., Elvira, B. & Almodóvar, A., (1996): *Dams and fish passage facilities in the large rivers of Spain: Effects on migratory species*, *Arch. Hydrobiol.*, 113 (SUPPL. 113), 375-379
- [7] Oliveira, A.G., Baumgartner, M.T., Gomes, L.C., Dias, R.M. & Agostinho, A.A., (2018): *Long-term effects of flow regulation by dams simplify fish functional diversity*, 63 (3), 293-305
- [8] Piria, M., Simonović, P., Zanella, D., Čaleta, M., Šprem, N., Paunović, M., Tomljanović, T., Gavrilović, A., Pecina, M., Špelić, I., Matulić, D., Rezić, A., Aničić, I., Safner, R. & Treer, T., (2019): *Long-term analysis of fish assemblage structure in the middle section of the Sava River – The impact of pollution, flood protection and dam construction*, *Science of The Total Environment*, 651 143-153
- [9] Rytwinski, T., Algera, D.A., Taylor, J.J., Smokorowski, K.E., Bennett, J.R., Harrison, P.M. & Cooke, S.J., (2017): *What are the consequences of fish entrainment and impingement associated with hydroelectric dams on fish productivity? A systematic review protocol*, *Environmental Evidence*, 6 (1), 8
- [10] Schwarz, U., (2016): *Sava White Book*, Radolfzell/Wien: EuroNatur/Riverwatch,
- [11] Van Cappellen, P. & Maavara, T., (2016): *Rivers in the Anthropocene: Global scale*

modifications of riverine nutrient fluxes by damming, *Ecology & Hydrobiology*, 16 (2), 106-111

- [12] Weiss, S., Apostolou, A., Đug, S., Marčić, Z., Mušović, A., Oikonomou, A., Shumka, S., Simonović, P., Vesnić, A. & Zabrc, D., (2018): *Endangered Fish Species in Balkan Rivers: their distributions and threats from hydropower development*

AUTORI

dr. sc. Dušan Jelić, prof. biol. ^a

izv. prof. dr. sc. Eva Ocvirk, dipl. ing. građ., dipl. ing. mat. ^b

doc. dr. sc. Gordon Gilja, dipl. ing. građ. ^b

Antonija Cikojević, mag. ing. aedif. ^b

^a Hrvatski institut za biološku raznolikost, Maksimirska cesta 129/5, Zagreb, 10000, Hrvatska, jelic.dusan@gmail.com

^b Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Fra Andrije Kačića-Miošića 26, Zagreb, 10000, Hrvatska, ocvirk@grad.hr, ggilja@grad.hr, acikojevic@grad.hr