




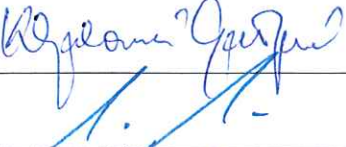
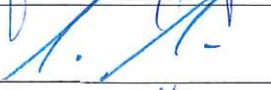

Studija Glavne ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu HE OMBLA





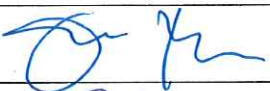





Knjiga 4.

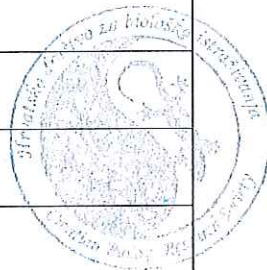
Znanstveno - stručne podloge za procjenu utjecaja HE Ombla na popovsku gaovicu (*Delminichthys ghetaldii* Steindachner 1882)



Zagreb, ožujak 2015.

NARUČITELJ	Hrvatska elektroprivreda d.d. Ulica grada Vukovara 37, 10 000 Zagreb
IZRAĐIVAČ	OIKON d.o.o. Institut za primijenjenu ekologiju (vodeći član) Trg senjskih uskoka 1-2, 10 000 Zagreb GEONATURA d.o.o. za stručne poslove zaštite prirode Trg senjskih uskoka 1-2, 10 000 Zagreb
PROJEKT	<i>Istraživanje špiljskih staništa i izvorišnih područja šireg dubrovačkog područja s ciljem vrednovanja bioraznolikosti i ocjena prihvatljivosti izgradnje hidroenergetskih objekata</i>
VRSTA DOKUMENTACIJE	GOPZEM HE Ombla – Knjiga 4.: Znanstveno - stručne podloge za procjenu utjecaja HE Ombla na popovsku gaovicu (Delminichthys ghetaldii Steindachner 1882)
BROJ UGOVORA	948-14
VODITELJ PROJEKTA	Prof. dr. sc. Oleg Antić 
VODITELJICA GOPZEM	Fanica Kljaković Gašpić, mag. biol. 
Poglavlje 1. i 2. uređivanje projektne knjige	Oikon d.o.o. Institut za primijenjenu ekologiju
	Prof. dr. sc. Oleg Antić 
	Fanica Kljaković Gašpić, mag. biol. 
	Prof. dr. sc. Milorad Mrakovčić 
	Prof. dr. sc. Branimir Kutuzović Hackenberger 
Hrvatsko ihtiološko društvo Prilog I.	Prof. dr. sc. Perica Mustafić

	Prof. dr. sc. Milorad Mrakovčić 
	Dr. sc. Marko Čaleta
	Prof. dr. sc. Davor Zanella
	Dr. sc. Zoran Marčić
Prilog II. i VI.	Hrvatsko društvo za biološka istraživanja
	Dr. sc. Dušan Jelić 
	Ivan Špelić, mag. oecol. et prot. nat. 
Prilog III. i VII.	Prof. dr. sc. Tarzan Legović 
Prilog IV.	Geonatura d.o.o. za stručne poslove zaštite prirode
	Mr. sc. Roman Ozimec 
	Goran Rnjak, bacc. ing. aedif. 
	Nikola Hanžek, mag. oecol. et prot. nat. 
	Anja Bukovec, mag. oecol. et prot. nat. 
Prilog V.	Dr. sc. Marcelo Kovačić 
KONTROLA KVALITETE	Dr. sc. Vladimir Kušan 
ODGOVORNE OSOBE	Dalibor Hatić, mag. ing. silv. (za Oikon d.o.o.) Dr.sc. Hrvoje Peternel (za Geonatura d.o.o.)



OIKON d.o.o. Zagreb

geonatura d.o.o. Zagreb

Sadržaj

1	Predgovor	5
2	Popovska gaovica na lokaciji zahvata HE Ombla	6
2.1	Uvodni osvrt na informacije iz Priloga I. – VII.....	6
2.2	Procjena održivosti i stabilnosti populacije popovske gaovice na izvoru Omble diskretnim ekološkim modeliranjem	12
2.2.1	Kratak osvrt na primjenu simulacija u ekologiji	12
2.2.2	Polazišne pretpostavke za teorijski eksperiment	13
2.2.3	Određivanje temeljnih parametara modela.....	15
2.2.4	Definicija modela i metodološki opis simulacija	18
2.3.	Zaključak	33
2.3	Literatura	34
3	PRILOG I.: (Ihtiološka) Studija o utjecaju na okoliš planirane hidroelektrane Ombla (Mrakovčić i dr., 2012.)	35
3.1	Uvod	35
3.2	Materijal i metode	35
3.3	Dosadašnji i prethodni podaci	38
3.4	Fizikalno-kemijska svojstva istraživanog dijela rijeke Omble.....	38
3.5	Herpetofauna	39
3.6	Ihtiofauna.....	40
3.6.1	Značajke ihtiofaune Omble	40
3.6.2	Ugroženost i zaštita	42
3.6.3	Utvrđivanje promjena postojećih ekoloških uvjeta i utjecaja izgradnje HE Ombla na ihtiofaunu.....	45
3.6.4	Prijedlog mjera ublažavanja negativnih utjecaja ili kompenzacijskih mjera na ihtiofaunu i staništa	45
3.6.5	Program praćenja.....	46
3.7	Zaključak	46
3.8	Literatura	47
4	PRILOG II.: Popovska gaovica (<i>Delminichthys ghetaldii</i>) u Hrvatskoj (Jelić i Špelić, 2015.)	51
4.1	Ime vrste	51
4.2	Evolucija i sistematika roda <i>Delminichthys</i> (gaovice)	52
4.3	Opis vrste.....	52
4.4	Biologija roda <i>Delminichthys</i>	54

4.5	Rasprostranjenost	55
4.6	Očekivano rasprostranjene popovske gaovice u Hrvatskoj	59
4.7	Uloga podzemnih tokova u osiguranju unutarnje povezanosti areala popovske gaovice.....	59
4.8	Ugroženost i zaštita	60
4.9	Popovska gaovica i Natura 2000	60
4.10	Općenito o antropogenom utjecaju na popovsku gaovicu (posebno s obzirom na hidroregulacije u BiH).....	61
4.11	Opis staništa popovske gaovice na lokaciji izvora Omble s procjenom stabilnosti lokalne populacije	61
4.12	Analiza prijetnji održanju lokalne populacije popovske gaovice na izvoru Omble	63
4.13	Preporuke mjera za održanje lokalne populacije popovske gaovice na izvoru Omble	64
4.14	Literatura	64
5	PRILOG III. Procjena održivosti populacije popovske gaovice (<i>Delminichthys ghetaldii</i>) na izvoru rijeke Omble te procjena utjecaja HE Ombla (Legović, 2015.)	67
	Sažetak	67
5.1	Sadašnje stanje populacije popovske gaovice na ušću rijeke Omble	67
5.1.1	O popovskoj gaovici (<i>Delminichthys ghetaldii</i>).....	68
5.1.2	O jegulji (<i>Anguilla anguilla</i>)	69
5.1.3	O utjecaju HE Ombla iz dosadašnjih studija	70
5.2	Da li je ušće rijeke Omble stanište ili prebivalište popovske gaovice?	70
5.3	Podzemlje Omble kao prebivalište popovske gaovice: slučaj izolirane populacije	71
	Podaci za model.....	72
	Dinamika populacije.....	72
5.4	Podzemlje Omble kao prebivalište popovske gaovice: Slučaj zajednice popovske gaovice i jegulje	74
5.5	Ušće Omble kao stanište popovske gaovice: Slučaj zajednice popovske gaovice i jegulje ..	78
5.6	Procjena utjecaja HE Ombla na populaciju gaovice u ušću	82
5.7	Zaključak	83
5.8	Literatura	84
6	PRILOG IV.: Zimsko rekognosciranje potencijalnih nalazišta i gustoća lokalnih populacija popovske gaovice u Hrvatskoj.....	85
7	PRILOG V.: Stručno mišljenje o održivosti i stabilnosti lokalne populacije popovske gaovice (<i>Delminichthys ghetaldii</i>) na izvoru rijeke Omble (Kovačić, 2015.)	90
7.1	Uvod	90
7.2	Pregled poznatih znanja o vrsti <i>Delminichthys ghetaldii</i>	90

7.3	Kritički osvrt na studije o vrsti <i>Delminichthys ghetaldii</i> na izvoru rijeke Omble	92
7.4	Komentar na rezultate terenskog izvještaja zimskog rekognosciranja potencijalnih nalazišta i trenutnih gustoća populacija popovske gaovice u Hrvatskoj	96
7.5	Zaključak	98
7.6	Citirana literatura i druga poznata literatura o vrsti <i>Delminichthys ghetaldii</i>	101
8	PRILOG VI.: Popovska gaovica (<i>Delminichthys ghetaldii</i>) u Hrvatskoj (Jelić i Špelić, 2015.) – nadopuna elaborata	104
8.1	Uvod	104
8.2	Materijali i metode	104
8.2.1	Procjena brojnosti	104
8.3	Rezultati	105
8.3.1	Ombla	105
8.3.2	Akumulacija Orašac i Zaton Mali	106
8.4	Zaključak	107
9	PRILOG VII.: Legović T., Komentar na Prilog V: Kovačić M., "Stručno mišljenje o održivosti i stabilnosti lokalne populacije popovske gaovice (<i>Delminichthys ghetaldii</i>) na izvoru rijeke Omble (2015)", a koji se tiče elaborata navedenog kao Prilog III.	108



1 Predgovor

U postupku Glavne ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu za zahvat izgradnje HE Ombla koji se nalazi na području ekološke mreže značajnog za vrste i stanišne tipove – POVS HR2001010 Paleoombla-Ombla, Ministarstvo zaštite okoliša i prirode izdalo je Rješenje (KLASA: UP/I 612-07/14-60/106, URBROJ: 517-07-1-1-2-14-4) kojim se propisuje potreba provedbe Glavne ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu. U navedenom Rješenju očekivano je navedena potreba sagledavanja utjecaja zahvata na ciljeve očuvanja prema Uredbi o ekološkoj mreži NN 124/13, uključujući pet vrsta šišmiša (*Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus euryale*, *Myotis blythii*, *Miniopterus schreibersii* i *Myotis emarginatus*) te dva stanišna tipa (8310 Špilje i jame zatvorene za javnost, 62A0 Istočno submediteranski suhi travnjaci *Scorzoneretalia villosae*).

Dodatno, iako ta vrsta (još formalno) nije cilj očuvanja prema spomenutoj Uredbi, popisu ciljeva očuvanja za koje je potrebno sagledati utjecaj zahvata HE Ombla na ekološku mrežu u Rješenju Ministarstva dodana je i vrsta popovska gaovica (*Delminichthys ghetaldii*). To je učinjeno zbog toga što je u Zagrebu 29. i 30. rujna 2014. godine održan biogeografski seminar za Republiku Hrvatsku u organizaciji Europske komisije na kojemu se temeljem znanstveno-stručnih kriterija raspravljalo o dostatnosti izdvojenih područja u Natura 2000 mrežu za svaku pojedinu vrstu s Dodatka II i svaki pojedini stanišni tip s Dodatka i Direktive o staništima (92/43/EEZ) u biogeografskim regijama. Jedan od zaključaka tada je bio da se prijedlog područja važnih za očuvanje popovske gaovice (kao vrste koja je nekada, prije taksonomskog izdvajanja u zasebni rod, pripadala rodu *Phoxinellus* iz kojega su sve vrste ciljevi očuvanja ekološke mreže NATURA2000) dopuni dodavanjem ove vrste na područje POVS HR2001010 Paleoombla-Ombla. Ta će dopuna biti službeno formalizirana u narednim mjesecima, što je anticipiralo Rješenje Ministarstva kojim je propisana provedba Glavne ocjene ocjene prihvatljivosti zahvata HE Ombla na ekološku mrežu.

U svrhu sagledavanja utjecaja zahvata na popovsku gaovicu za potrebe Glavne ocjene prihvatljivosti HE Ombla na ekološku mrežu izrađena je ova projektna knjiga koja sadrži sintezu postojećih spoznaja o rasprostranjenosti i ekologiji te vrste temeljem literaturnih podataka i provedenih terenskih istraživanja (Prilozi I. i II.), procjenu održivosti populacije popovske gaovice na izvoru Omble (Prilog III.), rezultate zimskog rekognosciranja šireg područja (Prilog IV.), jedno nezavisno stručno mišljenje (Prilog V.) koje je zatraženo zbog činjenice da ostali prilogi nisu došli do istih zaključaka, nadopunu Priloga II. s novim terenskim rezultatima prikupljenim nakon izdavanja prve verzije ove knjige (Prilog VI.) i odgovor autora Priloga III. na nezavisno stručno mišljenje iz Priloga V. (Prilog VII.). Svi prilogi se donose u autorskom originalu i bez izmjena, što nužno ne implicira da se izrađivač Glavne ocjene slaže s navodima i zaključcima koji su u prilogima izneseni.

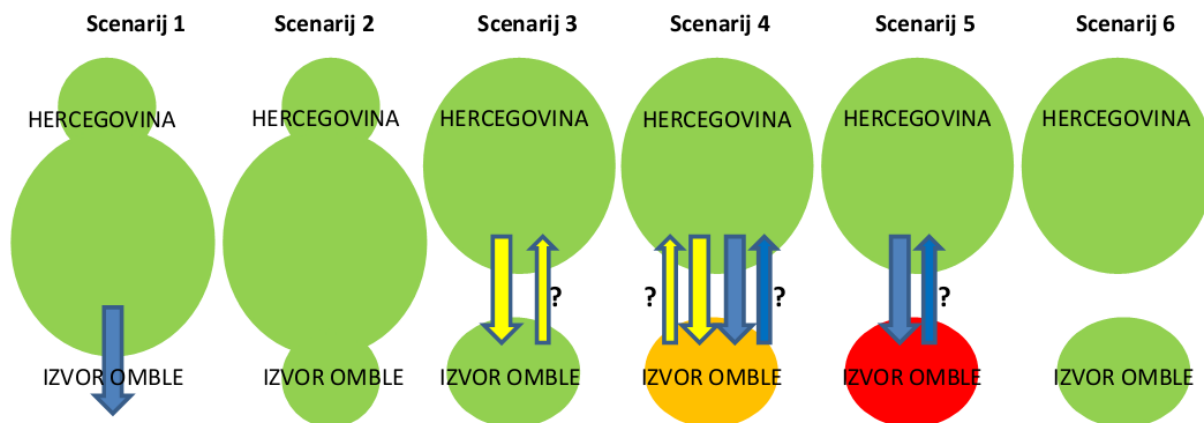
Izrađivač Glavne ocjene izradio je ovaj Predgovor, kao i cjelovito Poglavlje 2 koje uključuje sintezu informacija iz priloga i osvrt na njih, rezultate vlastitih numeričkih obrada temeljenih na informacijama iz Priloga te zaključak relevantan za Glavnu ocjenu.

2 Popovska gaovica na lokaciji zahvata HE Ombla

U ovom se poglavlju iznosi stav izrađivačkog tima za Glavnu ocjenu HE Ombla na ekološku mrežu u vezi statusa popovske gaovice (*Deliminichthys ghetaldii*) na izvoru Omble.

2.1 Uvodni osvrt na informacije iz Priloga I. – VII.

S obzirom na ekologiju vrste prilagođene na uvjete u krškom podzemlju (vidi Priloge II. i V.), ocjena tog statusa nužno uključuje sagledavanje odnosa između izvora Omble i hercegovačkog zaleđa (napose područja Popovog polja, gdje je popovska gaovica prisutna u znatnijim gustoćama populacije) koji su povezani stalnim podzemnim tokovima. Taj se odnos, teoretski i u nedostatku konkretnih spoznaja, može pretpostaviti u više scenarija od kojih su glavni (iz perspektive izgradnje HE Ombla) ilustrirani na Slici 2.1.



Slika 2.1. Shema teoretskih scenarija prisustva popovske gaovice na izvoru Omble u odnosu na populacije u hercegovačkom zaleđu: 1 – jedinstvena populacija koja ne mrijesti na izvoru Omble;; 2 - jedinstvena populacija koja mrijesti i na izvoru Omble i u Hercegovini; 3 – „izvor – ponor“ („source - sink“) metapopulacija, gdje je izvor Omble stabilni „ponor“ (stalno mrijestilište), a Hercegovina „izvor“; 4 – „izvor – ponor“ metapopulacija, gdje je izvor Omble nestabilni „ponor“ (sporadično mrijestilište), a Hercegovina „izvor“; 5 – dio populacije iz Hercegovine koji povremeno obitava na izvoru Omble; 6 – dvije potpuno nezavisne lokalne populacije. Žuto – protok gena, plavo – protok jedinki, zeleno – stanište, crveno – prebivalište, narančasto – izmjena staništa i prebivališta u vremenu. Površine na shematskom prikazu su proizvoljne i ne sugeriraju granice rasprostranjenja niti gustoću populacije.

U scenariju 1 radi se o jedinstvenoj populaciji koja naseljava podzemlje sliva Omble pa se jedinke iz te populacije barem povremeno mogu pojaviti u području izvora Omble, iako tamo ne mrijeste. Cijeli se sliv (ili njegov značajni dio) u ovom scenariju može smatrati cjelovitim staništem popovske gaovice. Ako je točna prevladavajuća pretpostavka da ta vrsta mrijesti isključivo u nadzemnom dijelu staništa, njezin opstanak tada zavisi od hercegovačkih mrijestilišta. U hipotetskom slučaju (spomenutom u Prilogu II.) da se ta vrsta ipak može mrijestiti i u podzemlju, radi se o stigobiontu (pravoj špiljskoj vrsti) čiji opstanak uopće ne zavisi o postojanju prikladnog nadzemnog mrijestilišta (nadzemno je mriješćenje fakultativno).

Scenarij 2 u svemu je jednak scenariju 1, osim u tome da je i izvor Omble mrijestilište. Područja u Hercegovina prikladna za mrijest i izvor Omble su u tom scenariju samo geografski odvojeni

nadzemni dijelovi (obligatna ili fakultativna mrijestilišta) istog staništa unutar kojega postoji učestali protok gena, omogućen slobodnom migracijom fertilnih organizama u oba smjera. Pri tome se može očekivati a) da je migracija od Popova polja prema izvoru Omble učestalija, zbog smjera tečenja rijeke i očekivane pojave prisilnog doplavlivanja za jačih vodnih valova) i b) da je, u slučaju da popovska gaovica mrijesti samo u nadzemnom dijelu staništa, doprinos izvora Omble kao staništa za reprodukciju (zbog malog kapaciteta okoliša u izvorišnom jezercu) višestruko manji od doprinosa nadzemnih dijelova u hercegovačkom zaleđu (npr. Bilečko i Goričko jezero).

Scenariji 3, 4 i 5 podrazumijevaju da je pretpostavka potpune vezanosti popovske gaovice na nadzemna mrijestilišta (polušpiljska vrsta) vjerojatnija od hipoteze da se ta (tada prava špiljska) vrsta mrijesti i u podzemlju (ili barem da je nadzemno mriješćenje znatno češće od podzemnog).

Scenarij 3 podrazumijeva postojanje dvije lokalne populacije, od kojih glavna gravitira stalnim mrijestilištima u hercegovačkom zaleđu, a sporedna stalnom mrijestilištu na izvoru Omble, pri čemu među njima postoji dvosmjerni (manje vjerojatno) ili jednosmjerni (prema izvoru Omble) protok gena. Taj protok, realiziran više ili manje učestalim priljevom fertilnih jedinki, kontinuirano podržava (stabilizira) populaciju na izvoru Omble, koja od tog dotoka ipak nije u potpunosti zavisna (stabilna „izvor-ponor“ metapopulacija, gdje je izvor Omble „ponor“, a hercegovačko zaleđe „izvor“).

Scenarij 4 u svemu odgovara prethodnom scenariju, uz bitnu razliku da je mrijestilište na izvoru Omble samo povremeno (npr. svake n-te godine) pa je tamošnja populacija u potpunosti zavisna od dotoka fertilnih jedinki iz hercegovačkog zaleđa (nestabilna „izvor-ponor“ metapopulacija gdje je izvor Omble „ponor“, a hercegovačko zaleđe „izvor“), što za posljedicu ima izmjenu regresijskih i progresijskih populacijskih faza (nakon uspješnog mriješćenja, novouspostavljena lokalna populacija zadržava se pri nedostatnoj gustoći populacije na izvoru Omble neko vrijeme, nakon čega nestaje, npr. pod utjecajem predatora ili zbog periodičnog okolišnog stresa izazvanog velikim vodnim valovima, da bi se nakon nekog vremena ponovno privremeno uspostavila).

U scenariju 5 na izvoru Omble nije niti povremeno mrijestilište, no zbog relativno male udaljenosti između hercegovačkog zaleđa i izvora Omble, kao i zbog postojanja podzemne rijeke koja ih spaja, na izvoru Omble se popovska gaovica može zateći u većem broju (iako tamo ne može zatvoriti ciklus razmnožavanja zbog odsustva prikladnog mrijestilišta).

U scenariju 6 radi se o dvije potpuno odvojene lokalne populacije među kojima ne postoji protok gena (ili je on zanemariv), koje naseljavaju dva odvojena staništa s podzemnim i nadzemnim dijelom. U ovom je scenariju (upravo zbog odsustva protoka gena) također vjerojatno da postoji i genetska divergencija između te dvije lokalne populacije. Pri tome je ključno pitanje podrazumijeva li ta genetska divergencija i gubitak genetske kompatibilnosti između dvije populacije (u kojem bi se slučaju radilo o dvije različite vrste) ili je zadržan visoki potencijal razmnožavanja i nastanka fertilnog potomstva među jedinkama iz različitih populacija (u kojem slučaju realizacija tog potencijala izostaje samo zbog nepostojanja migracija iz jedne populacije u drugu).

Rezultati istraživanja iz Priloga I. (Mrakovčić i dr., 2012.) podržavaju scenarije 1 i 5., ali jednako tako i 4 (u kojem je slučaju dotično istraživanje koincidiralo s populacijom u regresiji). Važno je istaknuti kako su ti rezultati jedini dobiveni periodičkim sustavnim istraživanjem ihtiofaune na izvoru Omble u

ožujku, svibnju i srpnju 2012. koje je uključilo sve relevantne metode uzorkovanja (uključivši i vizualni cenzus ronjenjem).

Rezultati predstavljeni u elaboratu iz Priloga II. (Jelić i Špelić, 2015.) uklapaju se u svih 6 scenarija. Iako su ti rezultati u Prilogu II. intepretirani na način da podržavaju samo scenarije 2, 3 i 6, činjenica je da se oni mogu dobro uklopiti i u scenarij 4 pa čak i u scenarije 1 i 5 (pogotovo ako je jednokratnom uzorkovanju prethodio jači vodni val iz hercegovačkog zaleđa). S druge strane, neosporno je da zabilježena mlađ u izvorišnom jezercu na kvalitativnoj razini sugerira mogućnost (nipošto ne i sigurnost) da je izvor Omble i mrijestilište gaovice (pri čemu se nikako ne možemo složiti s tezom iz Priloga II da već „nekoliko juvenilnih riba“ otklanja potrebu za raspravom o stabilnošću tog staništa). Općenito govoreći, a posebno s obzirom da nisu dobiveni sustavnim istraživanjem ihtiofaune (nego su sporadično prikupljeni tijekom rada na drugoj tematici), rezultati predstavljeni u Prilogu II važni su prvenstveno kao indikacija, a nipošto ne mogu biti podloga za donošenje konačnih zaključaka.

Nedavno istraživanje popovske gaovice na izvoru Omble predstavljeno u Prilogu VI (kojim su isti autori dopunili Prilog II.) donijelo je i prve egzaktno procjene brojnosti te vrste na tom lokalitetu uopće. Iako metodološki egzaktno dobiveni, te procjene donose sa sobom nekoliko nedoumica:

1) Zašto su rezultati prebrojavanja iz Izvorišne špilje ekstrapolirani na Izvorišno jezerce gdje se nije moglo roniti zbog iznimne turbulentnosti? Temeljem čega se pretpostavlja da su jedinke gaovice na istu tu turbulentnost potpuno indiferentne (alternativa bi bila da se u većoj koncentraciji skupljaju u Izvorišnoj špilji gdje je turbulentnost zbog geomorfoloških uvjeta nužno manja)?

2) Metoda preračunavanja brojnosti s uzorkovanog volumena na volumen cijele Izvorišne špilje *a priori* pretpostavlja u prosjeku homogenu raspršenost jedinki u tom prostoru, što nije u suglasju s informacijom iz Priloga II gdje stoji da se gaovice „s dolaskom hladnijeg dijela godine udružuju u veća jata te zalaze u podzemlje gdje prezimljavaju“ (što nužno implicira nehomogenu raspršenost u prostoru).

3) Povezano s prethodnim, u Prilogu VI donosi se ova informacija: „*Za pretpostaviti je da se D. ghetaldii ne zadržava redovito na većim dubinama (> 50 m) te nema potrebe preračunavati brojnost na volumene špilje ispod te dubine*“. Očito je da uz tu pretpostavku korištena metoda preračunavanja brojnosti s uzorkovanog volumena na neki veći volumen špiljskog prostora podrazumijeva ili a) dodatnu pretpostavku izrazitog diskontinuiteta u raspršenju, odnosno homogenog raspršenja jedinki gaovica na dubinama manjim od 50 m uz potpuno odustvo tih jedinki na većim dubinama ili b) nehomogeno raspršenje jedinki uz porast njihove gustoće s padom dubine (što znači da obračun rezultira precijenjenim vrijednostima).

Spomenuta pojava povećane koncentracije jedinki gaovica (kao i jedinki srodnih vrsta) na manjim dubinama, za koju nam je kolega Jelić i usmeno priopćio (2015.) da ju je iskustveno opazio na više lokaliteta, vrlo je važna za problematiku ocjene prihvatljivosti HE Ombla na ekološku mrežu, jer povlači za sobom nekoliko reperkusija koje je ovdje vrijedno spomenuti:

1. Kada bi se dubina od cca 50 m n.m. uzela kao donja granica dubinskog rasprostranjenja gaovice, na izvoru Omble bi se raspoloživi životni prostor gaovice nužno sveo samo na Izvorišno jezerce, Izvorišnu špilju, dio Glavnog kanala u dužini od stotinjak metara te

- tridesetak metara dug spojni kanal Izvorišne špilje i Glavnog kanala. K tome bi se barem pola od toga životnog prostora nalazilo izravno izloženo velikim vodnim valovima u matici Omble.
2. S obzirom da se Glavni kanal u relativnoj blizini izvora spušta na dubine od približno 150 m, određivanje dubinske granice rasprostranjenja na 40 m smanjilo bi vjerojatnost Scenarija 1 i 2 (jedinствена populacija; vidi Sliku 2.1.), zbog nužnog utjecaja na migracijski potencijal podzemnog prostora Glavnog kanala (pogotovo u uzvodnom smjeru).
 3. Podaci s piezometarskih bušotina pokazuju da je pukotina u dolomitnoj barijeri gdje u podzemlju nastaje rijeka Ombla na nadmorskoj visini od približno 60 m n.m., a da se istovremeno razina vode u prirodnoj podzemnoj retenciji uzvodno od te barijere kreće u rasponu od minimalnih 110 m n.m. do maksimalnih 195 m (usporedi Knjigu 2). To implicira da gaovica u potencijalnoj (i nizvodnoj i uzvodnoj) migraciji kroz podzemni tok Omble nužno mora proći točku u podzemlju koja je na dubini od najmanje 50 m (u suho doba godine), a najviše na dubini od 135 m (u razdobljima velikih vodnih valova) te migrirati na takvim ili većim dubinama oko 5 km horizontalne udaljenosti (od izvora Omble do dolomitne barijere).
 4. Zbog svega iznesenog u gornjim točkama bilo bi razložno pretpostaviti da je gaovica dobro prilagođena kretanju i životu na većim dubinama, ali da istovremeno u životnom ciklusu preferira zadržavanje na manjim dubinama.

Procjenu iz Priloga II. da se na izvoru Omble nalazi 80% populacije gaovice u Hrvatskoj (koja je, prema našim spoznajama, bila jedan od ključnih argumenata za uvrštenje ove vrste kao cilja očuvanja područja ekološke mreže Paleoombla - Ombla) smatramo vrlo slabo vjerojatnom, imajući na umu: a) da je na državnom teritoriju RH u području izvora Omble vrlo mali kapacitet okoliša (volumen podzemnog i nadzemnog staništa) s obzirom da se državna granica nalazi svega petstotinjak metara od izvora Omble gdje je smješten relativno mali podzemni prostor pogodan za život gaovice (vidi gore) i b) da na dubrovačkom području postoje lokacije na kojima je taj kapacitet višestruko veći.

To je, uz akumulaciju u Orašcu približnog volumena od 15.000 m³ koja se puni iz podzemlja (usporedi Prilog IV.; gdje nedavnim jednokratnim istraživanjem ihtiofaune gaovica nije zabilježena, vidi Prilog VI), prvenstveno konavosko područje. Tamo se može očekivati velika lokalna populacija popovske gaovice koja se u nadzemnom dijelu pojavljuje u brojnim manjim lokvama i izvorima (vjerojatno povezanim istim podzemnim prostorom) među kojima je nekolicina njih u kojima je gaovica već zabilježena. Tako je početkom 2015. na samo jednom od tih lokaliteta (Stravča) ulovljeno 50 jedinki popovske gaovice tijekom istih 48 h izlaganja klopki u kojima u Izvorišnoj špilji na izvoru Omble nije uhvaćen ni jedan primjerak, dok je istraživanje vizualnim cenzusom ronjenjem na istom mjestu nekoliko tjedana kasnije (vidi Prilog VI) rezultiralo uočavanjem 11 jedinki na prvom, a 17 jedinki na drugom linijskom transektu (te procjenom ukupne brojnosti od samo 182 jedinke u cjelokupnom okolnom podzemnom prostoru). Kolikogod ti rezultati nisu izravno usporedivi zbog različite metodologije, doista nije lako zamisliti kako bi se oni mogli uklopiti u teoriju o 80% hrvatske populacije popovske gaovice na izvoru Omble, a da bi to bilo stručno utemeljeno.

Rezultati modeliranja populacijske dinamike iz Priloga III. (Legović, 2015.) povećavaju vjerojatnost scenarija 1 i 5, zorno ilustrirajući mogući utjecaj jakog predatora kakav je na izvoru Omble doista i zabilježen u velikoj gustoći populacije (jegulja; usporedi Prilog I.). S druge strane, ti rezultati se mogu uklopiti i u scenarij 4., pod pretpostavkom da je jaki predator prisutan samo povremeno. Općenito, ti rezultati nedvojbeno pokazuju da se uz stalno prisustvo jakog predatora na izvoru Omble ne može

održati izolirana lokalna populacija popovske gaovice, zbog nemogućnosti korištenja Izvorišnog jezera kao mrijestilišta. Ipak, činjenica je kako rezultati drugih istraživanja pokazuju da se stalno prisustvo jegulje na izvoru Omble u većoj brojnosti populacije ne može pretpostaviti (usporedi Prilog VI.).

Ovdje je prikladno spomenuti i hipotezu o podzemnom toku Omble kao koridoru za migracije jegulje prema Popovom polju koja se spominje u Prilogu II., pozivajući se na Čurčić (1915.). Početkom 20. stoljeća od kada ta referenca datira, jegulji je do Popovog polja (gdje je tada zabilježena u većem broju) bio slobodan nadzemni riječni koridor kroz Neretvu (iz kojeg područja je također tradicionalno vrlo poznata) i njezinu pritoku Trebišnjicu. Istovremeno, novijih podataka o nalazima jegulje u području Trebišnjice i Popova polja nema, što ne čudi s obzirom na stupanj hidrotehničke degradacije tog područja, gdje su nekadašnja slatkovodna staništa jegulje praktički u cijelosti zauzeli betonski pokosi kanaliziranih vodotoka. S obzirom na to, rasprava o Omblu kao mogućem koridoru za migracije jegulje može imati samo akademski značaj, bez izravnih reperkusija na zaštitu prirode.

Rezultati zimskog rekognosciranja (Prilog IV.) potencijalnih staništa gaovice u Hrvatskoj dodatno indiciraju da je vjerojatnost scenarija 1, 4 i 5. veća od vjerojatnosti ostalih scenarija, s obzirom na činjenicu da popovska gaovica na izvoru Omble tada nije zabilježena. Ipak, na tom je lokalitetu ona ponovno zabilježena već nekoliko tjedana kasnije (Prilog VI.), što ponovno nije u suprotnosti jedno s drugim, imajući na umu postojanje epizoda velikih vodnih valova tijekom zime 2014./2015., kojima je gaovica iz hercegovačkog zaleđa mogla ponovno dospjeti u područje izvora Omble.

Rezultati zimskog rekognosciranja (Prilog IV.) potencijalnih staništa gaovice u Hrvatskoj dodatno indiciraju da je vjerojatnost scenarija 1, 4 i 5. veća od vjerojatnosti ostalih scenarija, s obzirom na činjenicu da popovska gaovica na izvoru Omble tada nije zabilježena. Na istom je lokalitetu gaovica ponovno zabilježena već nekoliko tjedana kasnije (Prilog VI.), što ponovno pokazuje da su najvjerojatniji scenariji koji govore o povremenim pojavljivanju gaovice (imajući na umu postojanje epizoda velikih vodnih valova tijekom zime 2014./2015., kojima je gaovica iz hercegovačkog zaleđa mogla ponovno dospjeti u područje izvora Omble).

Dijelimo s autorom (Kovačić, 2015) temeljni zaključak iz Priloga V.. Popovska je gaovica općenito slabo istražena vrsta i njezin status u Hrvatskoj nije moguće pouzdano procijeniti samo na temelju nedovoljnih terenskih podataka, kako na razini cijelog državnog teritorija, tako i za bilo koji konkretni lokalitet registriranog ili potencijalnog nalazišta, uključivši i izvor Omble. Upravo smo iz tog kuta gledanja uvjereni da je vjerojatno skoro uvrštenje popovske gaovice kao cilja očuvanja područja ekološke mreže Paleoombra – Ombla utemeljeno na pristranoj i nedovoljno argumentiranoj interpretaciji oskudnih terenskih podataka. S druge strane, s autorom Priloga V. ne slažemo se u stavu da se pouzdani zaključci o statusu gaovice na izvoru Omble mogu donositi samo na temelju cjelovitih terenskih i laboratorijskih istraživanja, nego u sljedećem poglavlju pokazujemo upravo suprotno.

Na temelju svih spoznaja izloženih u prilogima (uzetih u razmatranje zajedno), već se na kvalitativnoj razini, uz pretpostavku da popovska gaovica mrijesti samo u nadzemnom dijelu staništa, može pretpostaviti da je najvjerojatniji scenarij 4. Izvorišno jezerce, kolikogod ograničenog kapaciteta okoliša, jest prikladno mrijestilište koje bi gaovica mogla iskoristiti ako se u razdoblju prikladnom za mrijest dogodi koincidencija 1) odsustva predatora i 2) pravovremenog dotoka fertilnih jedinki iz hercegovačkog zaleđa. Izlegla mlađ u takvim bi uvjetima mogla preživjeti i dostići spolnu zrelost te se

izmrijestiti na istom mrijestilištu s kojega je i potekla. S time bi se, u kvalitativnom smislu, stekli nužni početni uvjeti za izmjenu generacija, stvaranje tipične starosne strukture te eventualni rast populacije prema točki stabilnosti s obzirom na kapacitet okoliša. Uz povremeni dotok novih jedinki iz zaleđa ta se točka nikada ne bi morala dostići, a da gaovica ipak bude više ili manje stalno prisutna na izvoru Omble, nezavisno od toga koliko se često uspijeva izmrijestiti u jezercu.

Istovremeno (kako zbog spomenutog ograničenog kapaciteta okoliša, tako i zbog postojanja snažnog okolišnog stresa za velikih voda koje gotovo sigurno povremeno otplavljaju jedinke u morski okoliš), na izvoru Omble je (također uz pretpostavku da popovska gaovica mrijesti samo u nadzemnom dijelu staništa) teško zamisliti samodostatnost lokalne populacije popovske gaovice bez ikakvog priljeva iz neke od matičnih populacija iz hercegovačkog zaleđa. Iz toga već na kvalitativnoj razini proizlazi da scenarij 6 ima najmanju vjerojatnost (dok u sljedećem poglavlju na temelju kvantitativne analize pokazujemo kako se Scenarij 6 kao hipoteza može odbaciti).

Ako bi se gaovica ipak mogla mrijestiti i u podzemnom dijelu staništa, tada bi (zavisno od mogućnosti migracija kroz podzemlje iz hercegovačkog zaleđa prema izvoru Omble i obrnuto) najvjerojatniji bili scenariji 2 (učestale migracije; za što je vjerojatnost umanjena pretpostavkom o koncentraciji jedinki na manjim dubinama - vidi gore) ili 6 (sporadične ili nikakve migracije; što tada nužno podrazumijeva pretpostavku odvojenog, relativno malog staništa gaovice pri izvoru Omble – vidi gore).

Ovdje je nužno istaknuti kako postoje još neobjavljene indicije (usmeno priopćenje Ivane Buj, Biološki odsjek PMF-a Sveučilišta u Zagrebu, 2015.) da jedinke popovske gaovice s izvora Omble genetski divergiraju od jedinki iz populacija uzorkovanih u Hercegovini (uključivši i Popove polje). Ove bi indicije bile u kontradikciji s našim stavom o scenariju 4 kao najvjerojatnijim tek kada bi se sa sigurnošću moglo tvrditi da su u molekularnom pokusu iz kojega su te indicije izvedene bile obuhvaćene sve hercegovačke populacije popovske gaovice koje bi (s obzirom na mogućnost migracija kroz podzemlje) mogle biti matične populacije za populaciju na izvoru Omble. Teoretski, ako bi se to pokazalo, to bi bio izravni dokaz da je točan scenarij 6 (dvije odvojene populacije), pri čemu bi tada još kao zadnje ostalo pitanje mrijesti li populacija s Omble (i) u podzemlju (s obzirom na mali kapacitet okoliša na izvoru).

Ipak, imajući na umu veličinu i razgranatost hercegovačkog krša, a k tome i mogućnost mriješćenja gaovice u podzemlju, jasno je kako se gore izneseno (da je molekularni pokus obuhvatio sve populacije) ne može sa sigurnošću tvrditi za bilo koji (već obavljeni ili neki budući) molekularni pokus. Stoga smatramo da se status popovske gaovice na izvoru Omble ne može pouzdano definirati pomoću molekularnih metoda, iako one redovno daju vrijedan doprinos općem prirodoslovlju. Međutim, taj je status moguće pouzdano definirati drugačijim eksperimentalnim pristupom što je izvedeno za potrebe ove Glavne ocjene i prezentirano u sljedećem poglavlju.

2.2 Procjena održivosti i stabilnosti populacije popovske gaovice na izvoru Omble diskretnim ekološkim modeliranjem

2.2.1 Kratak osvrt na primjenu simulacija u ekologiji

Međusobna interakcija ubrzanog razvoja računalne tehnike, novih matematičko statističkih metoda, računalne lingvistike i algoritama te bioloških teorijskih spoznaja, omogućava sve veću upotrebu simulacija u ekologiji i znanosti o okolišu. Unatoč tome što je primjena simulacija sastavni dio velikog broja istraživanja u teorijskoj i primijenjenoj fizici, kemiji, astronomiji, ekonomiji itd. već dugi niz godina (možda je najpoznatiji povijesni primjer vrlo uspješna upotreba Monte Carlo simulacije za potrebe projekta Manhattan četrdesetih godina 20. stoljeća), ova se činjenica u stručnim biološkim krugovima (napose onim dominantno orijentiranim prema klasičnom prirodoslovlju) nerijetko prima s neutemeljenom skepsom. Istovremeno se u istim krugovima često neopravdano veliki značaj pridaje subjektivnim ekspertizama i/ili intuiciji pojedinih stručnjaka, zapostavljajući potencijal simuliranja prirodnih procesa (pa i u uvjetima s oskudnim podacima s terena) i objektivnog kritičkog rasuđivanja utemeljenog na dobivenim rezultatima. Posljedica je to najčešće uopćenog negativnog stava prema teoriji, ali istovremeno najčešće i nepoznavanja osnovnih principa modeliranja i simuliranja procesa u prirodi. Nema sumnje da su razvoj intuicije i njena slobodna ekspresija, kao i primjena osobnih iskustvenih doživljaja u istraživanju nužni za holistički razvoj znanosti. Ne treba ograničavati ni unos emocija u znanstveni rad. No unatoč tome, temeljenje konačnih zaključaka o predmetnom ekološkom problemu na intuiciji, osobnom iskustvenem doživljaju i emocijama općenito nije u duhu znanosti, a posebno je neozbiljno pretpostavljati tako donesene zaključke (koji su po svojoj prirodi zapravo samo hipoteze) argumentima proisteklih iz znanstvenog eksperimenta.

Do odgovora na pitanje da li je populacija popove gaovice na području zahvata i dosega utjecaja zahvata HE Ombla samostalna stabilna populacija može se doći pomoću dva tipa znanstvenih eksperimenata: 1) eksperimentom u okolišu i 2) teorijskim eksperimentom.

Eksperimentom u okolišu bilo bi potrebno terenskim uzorkovanjem utvrditi osobine populacije gaovice na izvoru Omble kao što su abundanca, njezina sezonska dinamika u nadzemnom i podzemnom dijelu staništa tijekom više godina te dobna struktura populacije i njezine oscilacije u vremenu. Dodatno (ali ne i nužno), korisne bi informacije moglo donijeti i uzorkovanje za potrebe određivanja parametara genetičkog diverziteta i genetičke sličnosti s primjercima prikupljenim na drugim, bližim i daljim lokalitetima (koje bi ipak bez ostalih rezultata istraživanja bile posve nedostatne i nepouzdana za donošenje zaključaka).

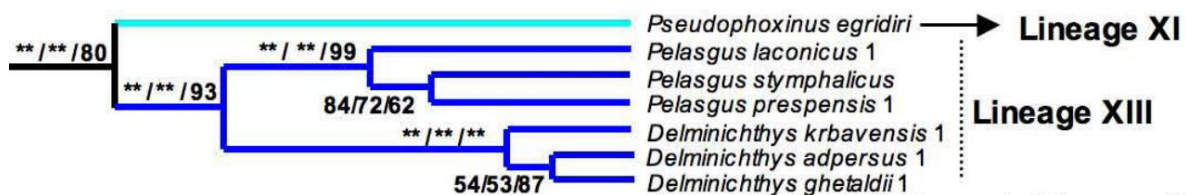
Iako se spomenuta istraživanja na mnogim lokalitetima izvode rutinski, već je površno poznavanje prostorne i ekološke problematike na području zahvata HE Ombla dovoljno da se putem eventualnog eksperimenta u okolišu ne može očekivati brz i jednostavan dolazak do rješenja zadanog problema. Upravo suprotno, mogu se očekivati vrlo složeni eksperimentalni problemi, kako na razini potrebne veličine uzoraka i dužine trajanja uzorkovanja, tako i na razini tehničke izvodljivosti pojedinih segmenata istraživanja, do mjere u kojoj postaje objektivno upitno je li uopće moguće provesti takvo istraživanje koje će pouzdano odgovoriti na sva relevantna pitanja (npr. mrijesti li gaovica i u podzemlju).

S druge strane, teorijski eksperiment kakav je proveden za potrebe ove Glavne ocjene prihvatljivosti zahvata HE Ombla za ekološku mrežu (čiji se rezultati predstavljaju u ostatku ovog poglavlja), temelji se na simulacijama populacije gaovice koje u svojim temeljnim postavkama objedinjuju sve do sada poznate podatke i pretpostavke (iako same po sebi nedostatne za donošenje zaključaka). Nakon što se konkretna simulacija izgradi (u formi matematičkih algoritama koji opisuju procese u prirodi kao što su mriješćenje, rast i razvoj, spolno sazrijevanje i izmjena generacija, trofija u hranidbenoj mreži, okolišni stres itd.), na njoj se mogu izvoditi promjene (početnih uvjeta) i pokusi (variranjem parametara modela) te pratiti promjene u rezultatima simulacija koje iz takvih pokusa proizlaze. U simulacijama se na taj način mogu umjesto nepoznatih točnih parametara (poput fekunditeta i mortaliteta), upotrijebiti očekivani intervali parametara preuzeti iz najbližih dostupnih podataka, na način da se simulacija ponavlja iterativno za različite vrijednosti parametara unutar intervala (u svim kombinacijama mogućih vrijednosti nepoznatih parametara). Tako se kroz simulaciju ostvaruje sinteza svih dosadašnjih znanja i pretpostavki o popovoj gaovici, međusobno povezanih u logičnu, kvantitativno definiranu cjelinu koja (statistički mjerljivo) opisuje moguća realna stanja u okolišu.

2.2.2 Polazišne pretpostavke za teorijski eksperiment

Teorijski eksperiment temelji se na simulacijama dinamike populacije popovske gaovice pomoću diskretnog matričnog populacijskog modela. Model pretpostavlja nekoliko ključnih čimbenika: maksimalnu životnu dob, dob spolne zrelosti, razdoblje mrijesta, prosječni godišnji mortalitet i fekunditet.

Popovska gaovica taksonomski pripada porodici šaranki (Cyprinidae) i potporodici klenova (Leuciscinae). Istraživanje na 176 vrsta ove potporodice je pokazalo da se ona sastoji od 14 glavnih monofiletičkih linija pri čemu XIII. liniju čine rodovi *Pelagus* i *Delminichthys* (Perea i sur. 2010) (Slika 2.2.).



Slika 2.2. Dio filogenetičkog stabla potporodice klenova (Leuciscinae) (Perea et al., 2010).

Stoga su se za potrebe simuliranja u razmatranje uzete potrebne osobine vrsta iz ova dva roda (Tablica 2.1.), a kako su u ranijim istraživanjama kao zamjenski upotrebljavani i parametri vrste *Phoxinellus pseudalepidotus*, u razmatranje su uzeti i oni. Dakle, pretpostavka je da su osobine popovske gaovice koje su bitne za izradu modela sadržane u rasponu izmjenjenih parametara srodnih vrsta.

Tablica 2.1. Literaturni podaci o trajanju života, dobu dostizanja spolne zrelosti, fekunditetu i godišnjem mortalitetu vrsta riba iz rodova XIII linije filogenetičkog stabla klenova *Pelagus* i *Delminichthys* te iz roda *Phoxinellus*.

Vrsta	Dužina života / godine	Spolna zrelost / godine	Fekunditet	Mortalitet	Izvor
Rod <i>Pelagus</i>					
<i>P. prespensis</i>	2.5	0.9			FishBase
<i>P. epiroticus</i>	4.5	1.4			FishBase
<i>P. laconicus</i>	5.6	2			FishBase
<i>P. marathonicus</i>	2	0.7			FishBase
<i>P. stymphalicus</i>	3	0.9			FishBase
<i>P. thesproticus</i>	2.8	0.9			FishBase
Rod <i>Delminichthys</i>					
<i>D. adspersus</i>	4	1.3			FishBase
<i>D. ghetaldii</i>	5.7	1.7			FishBase
			1000-2000		Jelić i sur. 2008
<i>D. jadovensis</i>	4.2	1.3	1200-1500		FishBase
<i>D. krbavensis</i>	4.5	1.4	1000-1200		FishBase
Rod <i>Phoxinellus</i>					
<i>P. pseudalepidotus</i>	4	1	965-4740	0.769	Markotić, 2013

Prema postojećim podacima, dužina života vrsta roda *Delminichthys* ne prelazi 5.7 i nije manja od 4 godine, dok se kod roda *Pelagus* dužina života kreće od 2 do 5.6 godina. Stoga je za simulaciju uzet moguć raspon života popovske gaovice od 4 do 6 godina. Najranija spolna zrelost kod vrsta roda *Delminichthys* postiže se prema literaturi nakon najmanje 1.3, a najkasnije nakon 1.7 godina pa se za mogući raspon dostizanja spolne zrelosti popovske gaovice uzeo interval starosti od 15 do 21 mjesec. Za veličinu fekunditeta uzeo se raspon od 1000 do 2000 jajašaca po spolno zreloj jedinki s normalnom raspodjelom fekunditeta po starosnim razredima. U nedostatku ikakvih stvarnih podataka, očekivani prirodni mortalitet uzeo se u širokom rasponu od 0 do 0.8 godišnje. Simulacija je izvedena s pretpostavkom da se životni ciklus gaovice odvija u dva zasebna kompartimenta: podzemnom i nadzemnom. Pretpostavljeno je da se spolno nezrele jedinke uglavnom zadržavaju u potopljenom

dijelu sustava (Izvorišna špilja, Glavni kanal i spojni kanal između njih), dok na područje Izvorišnog jezera dolaze spolno zrele jedinke zbog mriještenja. Za trajanje mriješta se uzio raspon vrijednosti od 3 do 4 mjeseca. Rasponi svih parametara korišteni u simulacijama prikazani su u Tablici 2.2.

Tablica 2.2. Rasponi čimbenika dinamike populacije popovske gaovice upotrijebljeni za simulaciju.

Parametar	Raspon
Dužina života	4 do 6 godina (24 do 72 mjeseca)
Dob spolne zrelosti	15 do 21 mjesec
Godišnji fekunditet	1000 do 2000 jaja
Godišnji mortalitet	0 do 0.8
Trajanje mriješta	3 do 4 mjeseca
Opažena abundanca	20 do 500 jedinki

2.2.3 Određivanje temeljnih parametara modela

Da bi se uspostavio stabilan dinamički model populacije gaovice bilo je potrebno proračunati potencijalni kapacitet okoliša. U idealnim uvjetima abundanca stabilne populacije je jednaka kapacitetu okoliša. U uvjetima realnog okolišnog pritiska abundanca populacije se stabilizira ispod potencijalnog kapaciteta okoliša, tj. dostiže tzv. realni kapacitet okoliša koji je često znatno ispod razine potencijalnog kapaciteta. Kod takvog modela abundanca je funkcija potencijalnog kapaciteta okoliša, fekunditeta, prirodnog mortaliteta, doba dostizanja spolne zrelosti i životnog vijeka.

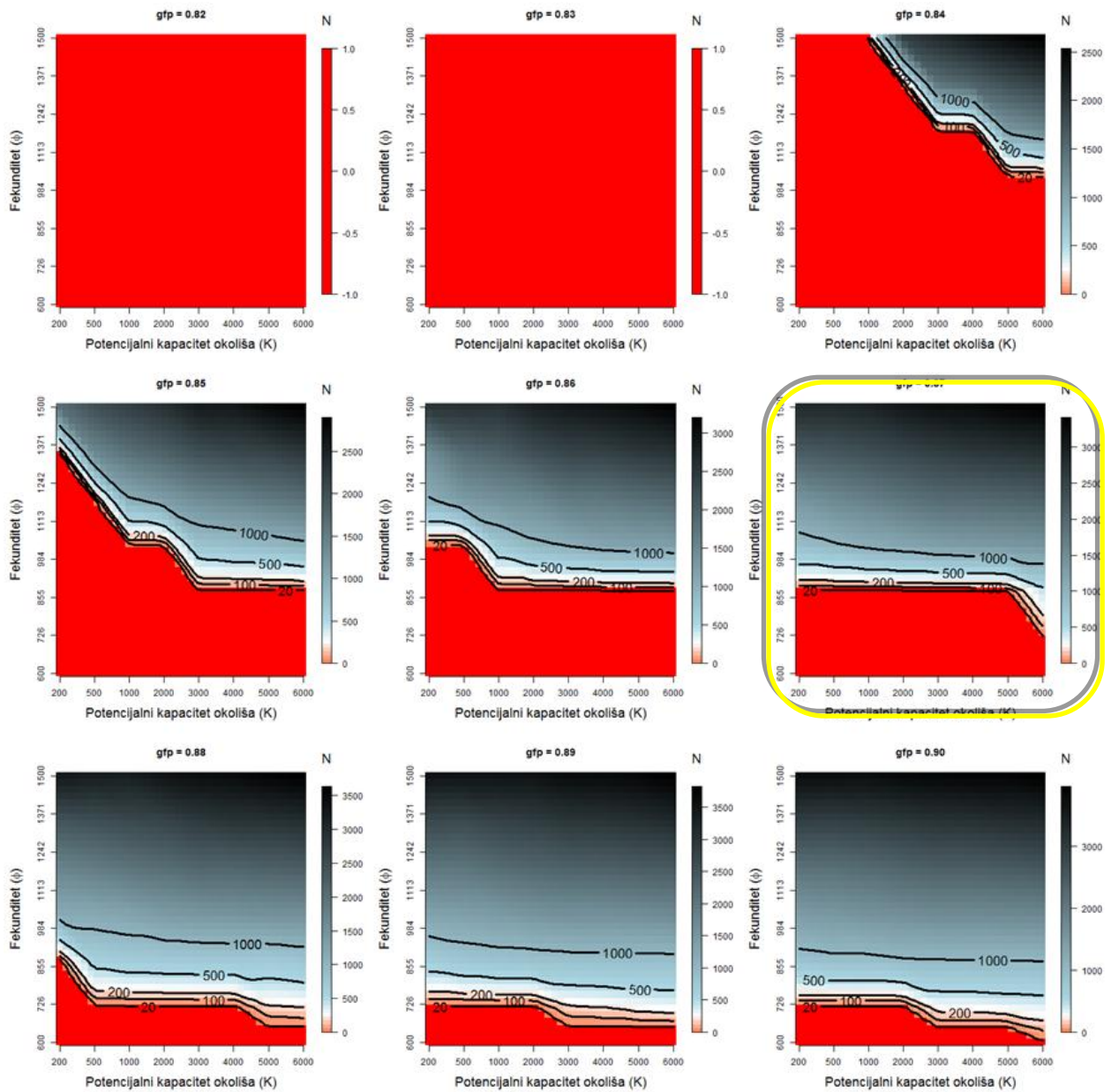
$$N_t = f(K_p, \phi, m_n, ST_{sz}, LS)$$

Stoga, ukoliko su poznate abundanca, fekunditet, prirodni mortalitet, doba dostizanja spolne zrelosti i životnog vijeka, moguće je izračunati potencijalni kapacitet okoliša. Prema najnovijim istraživanjima (Jelić i Špelić, 2015.) brojnost popovske gaovice na području Omble se kreće od približno 105 jedinki u izvorišnom jezeru do približno 182 jedinke u izvorišnoj špilji. Prema literaturnim podacima kao i prema mišljenju ihtiologa (Jelić, 2014) fekunditet gaovica se kreće od 1000 do 2000 jaja po odrasloj ženki. Kako se vrlo malo zna o popovskoj gaovici, a njezin prirodni mortalitet teoretski može znatno varirati u različitim okolišnim uvjetima, u ovom smo dijelu računa koristili vrlo široki raspon mogućeg prirodnog mortaliteta, od 0 (nema mortaliteta) do 0.8 (80% jedinki iz populacije spontano ugiba tijekom svake godine), pri čemu smo eksperimentirali s rasponom dostizanja spolne zrelosti od 15 do 21 mjesec. Kako bi povećali sigurnost zaključivanja, uzeli smo mogućnost da je populacija gaovica znatnije precijenjena i podcijenjena, pa smo simulirali s potencijalnim rasponom opaženih abundanci od 20 do 500 jedinki. Uvrštavanjem ovakvih parametara u klasičan deterministički matrični model pokazalo se da je tako nisku brojnost gaovica moguće postići samo kada je fekunditet gaovica daleko niži i kada je prirodni mortalitet daleko viši nego je to realno za očekivati (Slika 2.3.). Ukoliko bi se radilo o hipotetskoj izoliranoj stabilnoj populaciji gaovice, s pripadajućim rasponima čimbenika, onda bi se raspon potencijalnog kapaciteta okoliša morao kretati od 200 do 6000. Samo u tom rasponu potencijalnih kapaciteta bilo bi moguće ostvariti stabilnu populaciju riba (čak i da je fekunditet umanjen na 600 do 1500 jaja po odrasloj ženki). Iz toga je jasno da je vrlo teško u okvirima relativno



malog potencijalnog kapaciteta okoliša postići stabilnost izolirane populacije čak i pri većem prirodnom generacijskom preživljavanju.

Sukladno iznesenom, može se zaključiti da u području izvora Omble postoje samo teoretske mogućnosti egzistiranja izolirane populacije popovske gaovice koje podrazumijevaju u vremenu konstantno idealne uvjete okoliša, pri čemu bi se abundanca te populacije (realni kapacitet okoliša) u takvim idealnim uvjetima mogla stabilizirati u rasponu od 20 do 500 jedinki.



Slika 2.3. Izračun raspona mogućih potencijalnih kapaciteta okoliša temeljem poznatih pretpostavki brojnosti i fekunditeta popove gaovice (crveno – područje u kojem nije moguće uspostaviti stabilnu populaciju (područje ekstinkcije). N – gustoća populacije (broj jedinki), gfp – generacijski faktor (vjerojatnost) preživljavanja.

2.2.4 Definicija modela i metodološki opis simulacija

Kao temeljni model korišten je modificirani Leslie-Lefkovichev matrični diskretni model populacije sa sljedećim obilježjima:

a. Osnovna projekcijska matrica

$$M = \begin{bmatrix} 0 & \dots & \phi_{DSZ} & \phi_{(n-1)} & \phi_n \\ PR_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & PR_2 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & PR_{(n-1)} & 0 \end{bmatrix}$$

gdje su

PR_n : vjerojatnost preživljavanja pri prijelazu iz $n-1$ u n stadij životnog ciklusa

ϕ_n : fekunditet n -tog stadija životnog ciklusa

DSZ : stadij u kojoj se dostiže spolna zrelost

b. Vektor preživljavanja u vremenskom slijedu prema parametrima gustoće normalne distribucije

$$P_{SURV} = f(N[p_{\min} = 0.8; p_{\max} = 1, sd_{\min} = -4; sd_{\max} = 2])$$

c. Vektor fekunditeta prema parametrima gustoće normalne distribucije

$$N_{FEK} = f(DSZ; FEK_{\max}; 0; N[p_{\min} = 0.8; p_{\max} = 1, sd_{\min} = -4; sd_{\max} = 2])$$

d. Čimbenik ovisan o gustoći populacije

$$Q_{mj} = 1 + \frac{\lambda_M - 1}{K} \sum_2^n P_{mj}$$

gdje su

λ_M : dominantna vlastita vrijednost projekcijske matrice

K : potencijalni kapacitet okoliša

P_{mj} : projekcijski populacijski vektor za razdoblje mj duljine n

e. Matrica sezonskog oblika

$$S = \begin{bmatrix} S_1^I & S_1^{II} & \dots & S_1^{XI} & S_1^{XII} \\ S_2^I & S_2^{II} & \dots & S_2^{XI} & S_2^{XII} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{MS-1}^I & S_{MS-1}^{II} & \dots & S_{MS-1}^{XI} & S_{MS-1}^{XII} \\ S_{MS}^I & S_{MS}^{II} & \dots & S_{MS}^{XI} & S_{MS}^{XII} \end{bmatrix}$$

sastavljena od vektora oblika S^{mj} .

Populacijski predikcijski vektori se računaju prema izrazu

$$P_{mj} = M P_{(mj-1)} Q_{(mj-1)}^{-1} S^{mj}$$

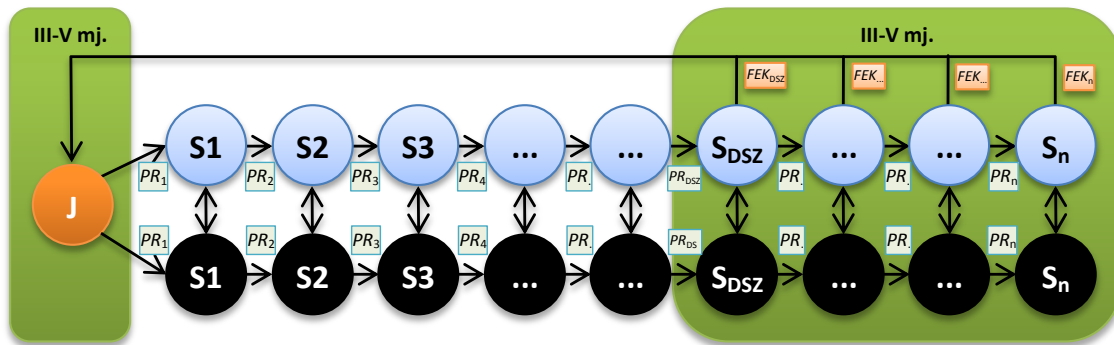
Osnovne simulacije provodile su se kroz 600 računalnih ciklusa, pri čemu je svaki ciklus simulirao razdoblje od jednog mjeseca, tako da kompletna simulacija opisuje dinamiku populacije tijekom 50 godina. Stohastičke simulacije sa slučajnim parametrima učestalosti i intenziteta periodičnog stresa (prisustvo jegulje i otplavlivanje u morski okoliš) izvođene su kroz 720 računalnih ciklusa (60 godina) te s 10^6 iteracija.

2.2.5 Rezultati simulacija i rasprava

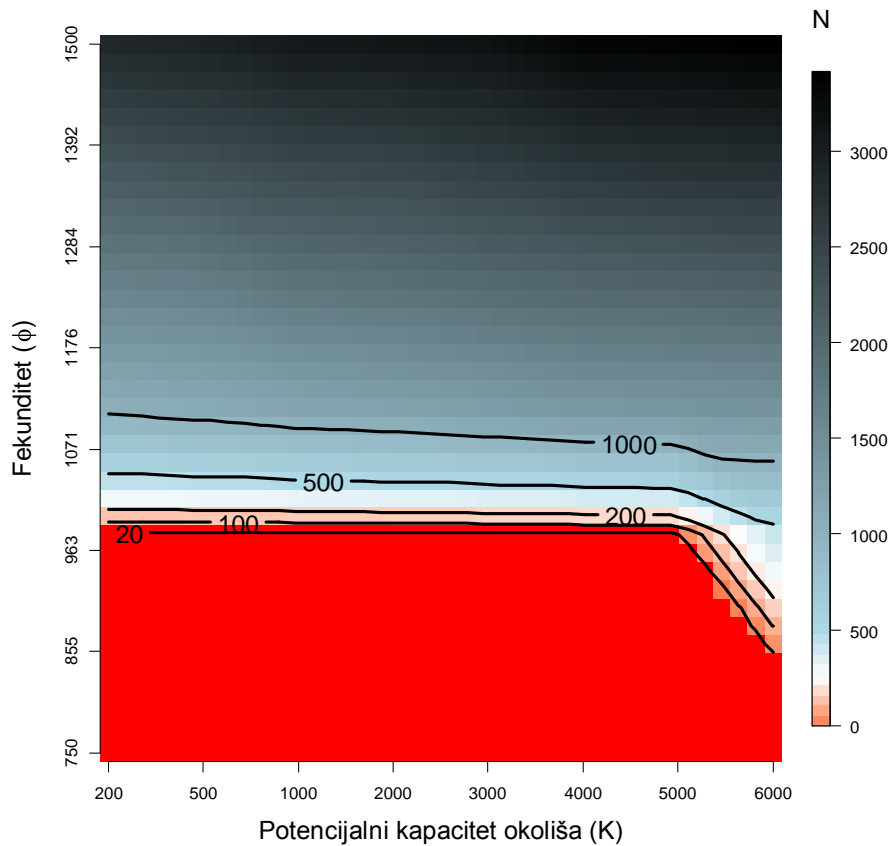
2.2.5.1 Simulacija hipotetske izolirane populacije u idealnim uvjetima bez okolišnog stresa

Diskretni model koji opisuje čimbenike dinamike populacije pretpostavljene ovom hipotezom prikazan je shematski na Slici 2.4. Pri ovoj simulaciji jedini mortalitet populacije je funkcija procijenjenog prirodnog mortaliteta i potencijalnog kapaciteta okoliša (variraju se u simulacijama unutar zadanih intervala; vidi Tablicu 2.2.). Fekunditet je ograničen na sezonu mriještenja i ovisi samo o broju spolno zrelih jedinki i procijenjenoj veličini fekunditeta koja se u simulacijama također varira prema literaturnim podacima (Tablica 2.2.). Odrasle jedinke su raspoređene u oba vodena kompartmenta (podzemni i nadzemni). Svaka simulacija se provodila od jednakog početnog stanja s brojnošću odraslih gaovica proizašlom iz terenskih istraživanja (200 jedinki).

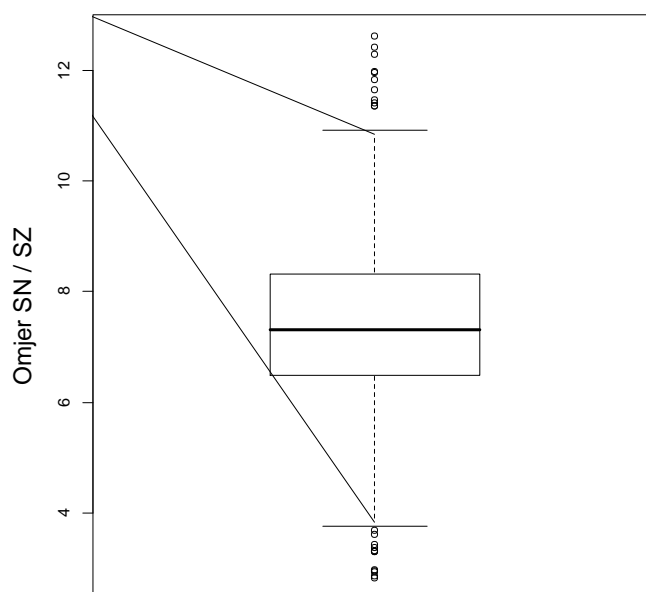
Ukoliko postoje uvjeti opstanka populacije, ona će se stabilizirati nakon nekog realnog vremena. Kako su jedini poznati kvantitativni podaci vrlo oskudni i odnose se samo na približan broj jedinki viđen tijekom ronjenja, za simulaciju se uzeo relativno širok raspon parametara, iz kojih je izračunato polje stabilnosti (sve kombinacije vrijednosti potencijalnog kapaciteta okoliša i fekunditeta u kojima se može postići stabilnost populacije; Slika 2.5) te omjeri spolno nezrelih i spolno zrelih jedinki (Slika 2.6) koje bi bilo nužno očekivati u takvoj teoretskoj stabilnoj populaciji u idealnim okolišnim uvjetima.



Slika 2.4. Shematski prikaz modela izolirane populacije popovske gaovice.



Slika 2.5. Polje stabilnosti dinamike izolirane populacije popovske gaovice za dane parametre fekunditeta, potencialnih kapaciteta okoliša i opaženih brojnosti na terenu.



Slika 2.6. Statistika očekivanih omjera juvenilnih (spolno nezrelih, SN) i odraslih (spolno zrelih, SZ) jedinki u uvjetima stabilnosti izolirane populacije popovske gaovice.

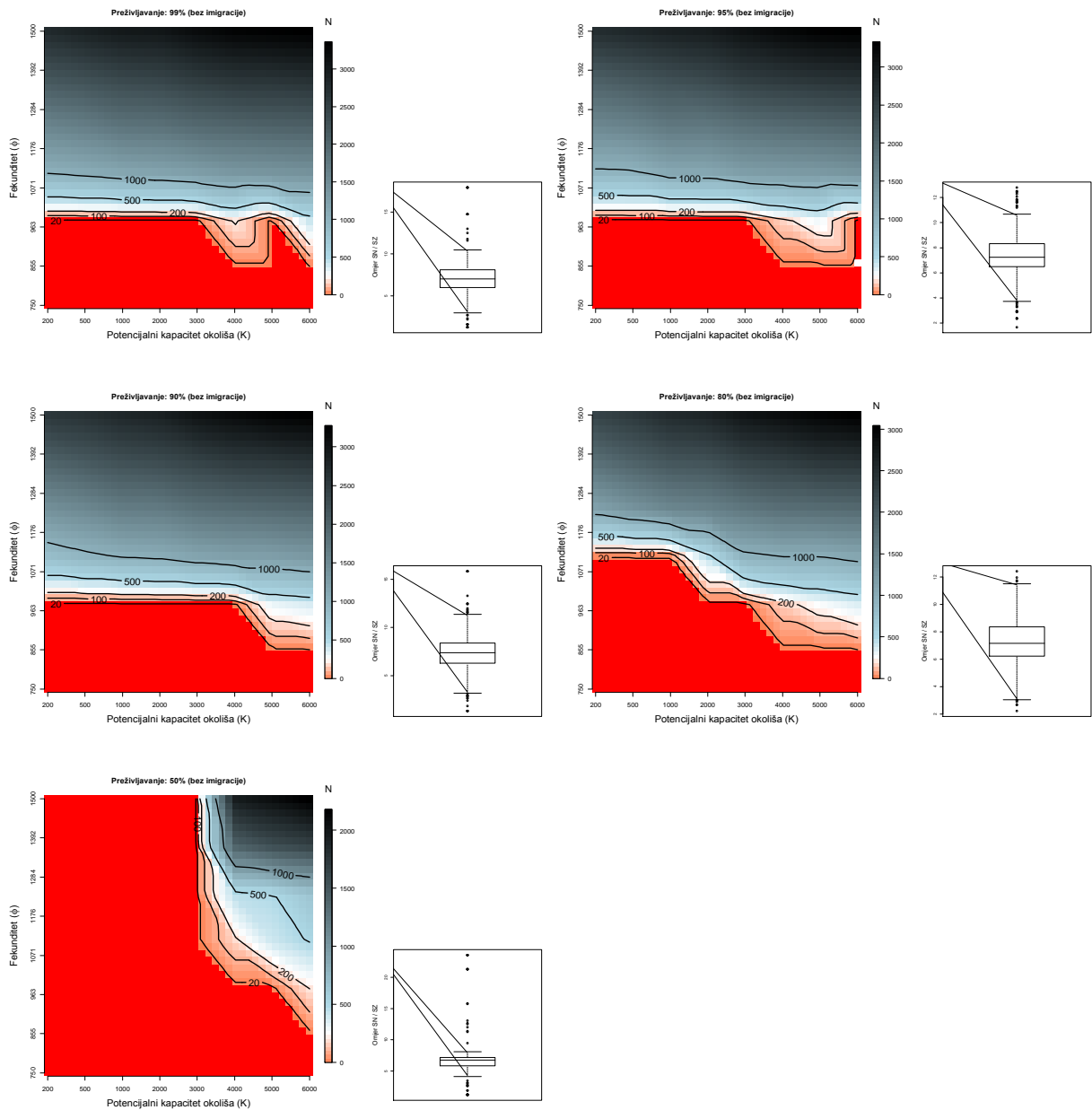
Na Slici 2.5 može se uočiti da se u takvoj stabilnoj populaciji očekuje omjer juvenilnih (spolno nezrelih) i odraslih (spolno zrelih) jedinki u rasponu od 4 do 11 (srednja vrijednost tog omjera iznosila je 7.4, a standardna devijacija 1.77). To znači da bi se na terenu, ukoliko se radi o samostalnoj izoliranoj populaciji popovskih gaovica, u većini slučajeva prebrojavanja moralo naći 4 do 11 puta više mladih jedinki (jedinki manjih od 3 cm) nego odraslih jedinki (jedinki većih od 3 cm). Prema mišljenju stručnjaka ihtiologa, popovske gaovice manje od 3 cm smatraju se mladim, a veće od 3 cm odraslim jedinkama (Jelić i Špelić, 2015., Jelić usmeno). Ovakav brojčani odnos mladih i odraslih jedinki je za očekivati s obzirom da se radi o r-strategu s velikim fekunditetom. S obzirom da su se prilikom terenskih opservacija rijetko uopće pronalazile mlade jedinke, a ni približno u omjeru prema odraslim jedinkama sličnom omjerima dobivenim u simulaciji, već je ovaj temeljni rezultat snažni argument za odbacivanje Scenarija 6 (izolirana stabilna populacija popovske gaovice u području izvora Omble).

2.2.5.2 Simulacija populacije uz periodično povećanje prirodnog mortaliteta

U području Omble barem su dva potencijalna razloga periodičnog povećanja prirodnog mortaliteta:

- 1) pritisak jakog predatora i
- 2) otplavlivanje jedinki velikim vodama u morski okoliš.

Već ranije je pokazano da ne postoji ni teoretska mogućnost opstanka populacije popovske gaovice na području Omble ukoliko je permanentno prisutan pritisak jakog predatora poput jegulje (Legović 2015). Kako je vrlo malo podataka o abundanci jegulja (zapravo svega jedan; Mrakovčić, 2012), a k tome je zabilježeno više izlazaka na teren pri kojima jegulje nisu primijećene ili je viđena samo jedna



Slika 2.8. Polja stabilnosti dinamike izolirane populacije popovske gaovice u uvjetima različitog intenziteta predatorskog pritiska (99, 95, 90, 80 i 50 % mortaliteta). Crveno označava dio polja u kojem populacija odlazi u ekstinkciju. BW-plot uz svako polje stabilnosti prikazuje očekivani omjer spolno nezrelih i spolno zrelih jedinki.

Na temelju rezultata u ovoj simulaciji može se također zaključiti da (u smislu odstupanja od idealnog okoliša bez stresa) nije zanemariv niti utjecaj otplavlivanja gaovica u more, ukoliko on periodično povećava prirodni mortalitet za više od 10% od prirodnog mortaliteta (pod pretpostavkom da istovremeno nema povećanog mortaliteta zbog predacije).

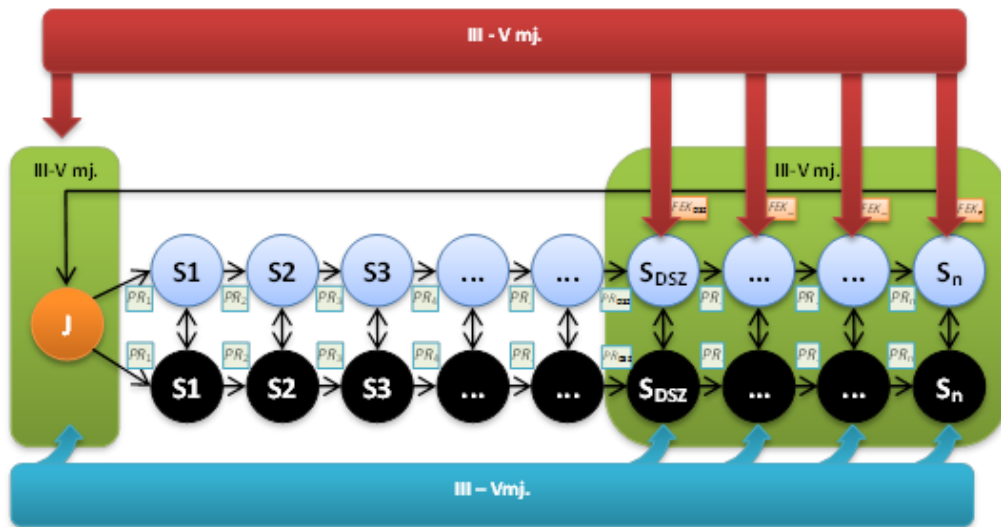
S obzirom da je potvrđeno kako na područje Izvorišnog jezera periodično dolaze jegulje, realno je pretpostaviti da one barem povremeno ostvaruju predatorski pritisak na gaovicu. Uzme li se to u obzir čak i pri znatno manjim gustoćama populacije jegulje od one koju su zabilježili Mrakovčić i suradnici (2012; usporedi Prilog I), k tome još i uz očekivano povećanje prirodnog mortaliteta otplavlivanjem u morski okoliš za epizoda velikih voda, nije moguće prihvatiti hipotezu prema kojoj povećanje prirodnog mortaliteta gaovice na području izvora Omble nikada ne bi prelazilo 10 % (što bi impliciralo u vremenu kontinuirano izuzetno miran okoliš). Ako se taj zaključak primijeni na gore opisanu teoretsku izoliranu stabilnu populaciju popovske gaovice s parametrima koji su u skladu s rezultatima terenskih istraživanja, tada mu nužno slijedi zaključak da takva teoretska populacija ne postoji u stvarnosti (što se u cijelosti poklapa s nezavisnim zaključkom na temelju omjera spolno nezrelih i spolno zrelih jedinki; vidi gore).

2.2.5.3 Simulacija populacije uz periodično povećanje prirodnog mortaliteta i periodičnu imigraciju

Shematski prikaz simulacije dinamike neizolirane populacije popovske gaovice prikazan je na Slici 2.9. Pri ovoj simulaciji smo pretpostavili da na područje zahvata periodično dolazi određena količina jedinki gaovica sa šireg područja. Kako bi postrožili uvjete i dodatno otežali eventualno pogrešno zaključivanje o neizoliranosti popovske gaovice na području izvora Omble, pretpostavili smo da se imigracija odvija isključivo za vrijeme mrijesta (što je sigurno na strani sigurnosti, jer se migracija realno može pretpostaviti i za svake epizode velikog vodnog vala). Iako smo u simulaciji označili da je doba mrijesta od trećeg do petog mjeseca, točnost tog podatka nije važna za tumačenje rezultata, jer je potpuno svejedno koja tri mjeseca su u pitanju, a pretpostavljamo da se period mrijesta ove vrste ne proteže na širi vremenski raspon. Imigracija se odvija prema izrazu:

$$P_{mj}^I = P_{mj} + I_{III,IV,V}^{S_{DSZ}, \dots, S_n} = M P_{(mj-1)} Q_{(mj-1)}^{-1} S^{mj} + I_{III,IV,V}^{S_{DSZ}, \dots, S_n}$$

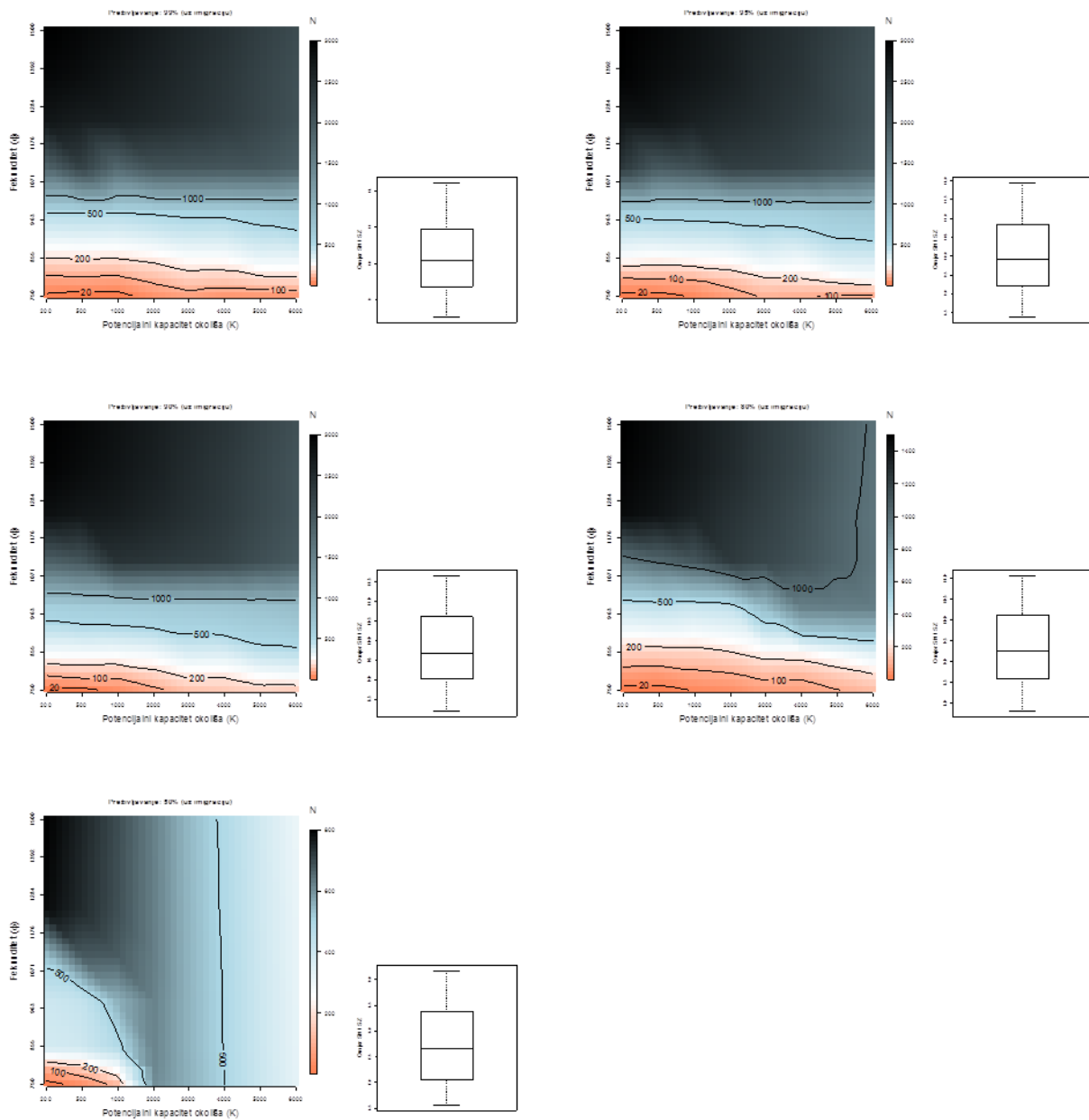
tj. zbrajanjem imigracijskog vektora na rezultat računalnog ciklusa.



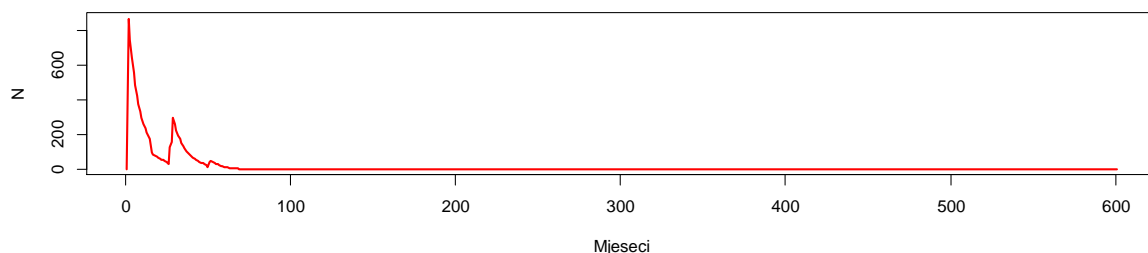
Slika 2.9. Shematski prikaz simulacije dinamike neizolirane populacije popovske gaovice na području Omble.

Rezultati ovako izvedene simulacije pokazali su da je imigracija od samo 10 odraslih jedinki u mjesec dana, tijekom istog perioda kada traje pojačan predatorski pritisak, dostatna za održanje stabilnosti populacije po cijelom polju stabilnosti (Slika 2.10.). Osim toga, uvođenjem novih jedinki u simulaciju smanjuje se utjecaj, potencijalnog kapaciteta okoliša (proračunatog na temelju terenskih podataka i pretpostavljenog fekunditeta) na njezine rezultate. Naime, ukoliko postoji imigracija jedinki sa širokog područja onda je brojnost populacije gaovica ovisna o cjelokupnom kapacitetu okoliša cijelog tog područja, koji svojom veličinom najvjerojatnije za nekoliko redova veličine premašuje maksimalni mogući kapacitet okoliša područja izvora Omble.

Dakako, još se i znatno bolji rezultati u prilog tvrdnji o postojanju imigracije gaovica iz šireg područja dobiju kada se simulira imigracija tijekom cijele godine, no već je i ovaj rezultat (dobiven uz pretpostavku periodične imigracije imigracije tijekom perioda mrijesta) dostatan pokazatelj u prilog tvrdnje o populaciji popovskih gaovica na izvoru Omble kao dijelu znatno veće populacije šireg područja, tj. metapopulacije sa stalnim dotokom jedinki (pitanje mogućnosti povratka jedinki istim migracijskim koridorom u matičnu populaciju za ovu je raspravu nebitno).



Slika 2.10. Polja stabilnosti dinamike neizolirane populacije (metapopulacije) popovske gaovice u zavisnosti od intenziteta predatorskog pritiska (99, 95, 90, 80 i 50 % mortaliteta). BW-plot uz svako polje stabilnosti prikazuje očekivani omjer spolno nezrelih i spolno zrelih jedinki.



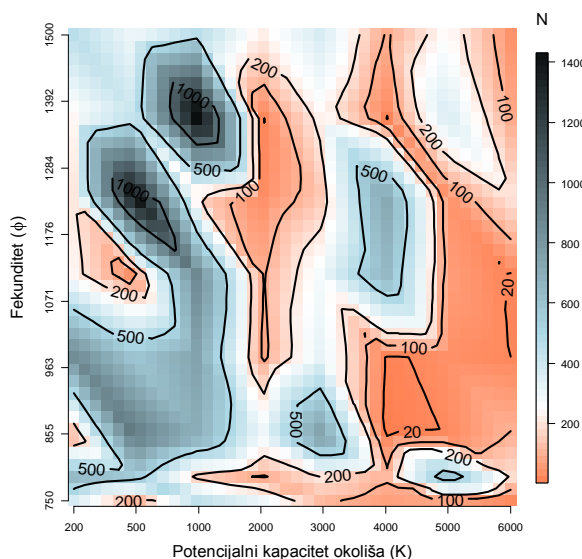
Slika 2.12. Prikaz rezultata (dinamika brojnosti odraslih jedinki izolirane populacije popovske gaovice tijekom 50 godina) karakteristične iteracije simulacije sa stresorom (predatorskim pritiskom) slučajnog vremena nastupanja i slučajnog intenziteta.

Dodatno, u simulacijama bez predacije, ali sa slučajnim smanjenjem populacije (prosječno jednom u dvije godine) različitog intenziteta (od 1% do 30%) koje se može promatrati kao analogija povremenom otplavlivanju jedinki u morski okoliš, hipotetska izolirana populacija nije se uspjela stabilizirati u gotovo 60% slučajeva. Ovaj rezultat ni malo ne čudi, ako se ima na umu da

- 1) višegodišnji podaci svjedoče o prisutnosti velikih vodnih valova na izvoru Omble gotovo svake godine (a ponekad i nekoliko puta u godini),
- 2) velike vode iz Glavnog kanala izlaze na izvor Omble s dubina vjerojatno neprikladnih za obitavanje gaovice (usporedi Prilog VI), i to
- 3) izravno u područje velikih turbulencija na izvoru koje
- 4) ne zaobilaze ni Izvorišnu špilju kao jedini špiljski prostor u neposrednoj blizini izvora koji nije dio matice rijeke Omble (prema svjedočenjima iz Priloga VI).

Općenito se može zaključiti kako svi rezultati stohastičkih simulacija dinamike hipotetske izolirane populacije predstavljaju snažne argumente u prilog tvrdnji da na izvoru Omble takva izolirana populacija ne može biti stabilna.

Nasuprot tome, identična simulacija s dodanom slučajnom imigracijom, pri čemu vrijeme nastupanja imigracija nije koincidiralo s vremenom nastupanja stresa (i posljedičnog povećanja prirodnog mortaliteta), pokazala je da tek u manje od 0.1% sveukupnih iteracija na cijelom polju stabilnosti došlo do ekstinkcije, što je statistički zanemarivo. Na Slici 2.13. prikazan je rezultat jedne karakteristične iteracije simulacije populacije popovske gaovice sa slučajnim predatorskim pritiscima, ali uz dodanu slučajnu minimalnu imigraciju od samo 5 spolno zrelih ženki na godinu dana. Može se zaključiti kako je time dokazano da već i vrlo mali dotok jedinki iz zaleđa kontinuirano stabilizira populaciju na izvoru Omble, bez obzira na razinu pritisaka iz okoliša (predacija, otplavlivanje u more).



Slika 2.13. Polje stabilnosti jedne karakteristične iteracije simulacije slučajnog predatorskog pritiska na metapopulaciju popovske gaovice s minimalnim slučajnim imigracijama.

Pregled izvedenih simulacija sa slučajnom dinamikom nastupanja i slučajnim intenzitetom predatorskog pritiska s pripadajućim vjerojatnostima odlaska populacije u ekstinkciju prikazan je u Tablici 2.3.

Tablica 2.3. Simulacije s izračunatim vjerojatnostima odlaska populacije u ekstinkciju.

	Simulacija	Analogija u okolišu	Izolirana populacija	Metapopulacija
S1	Slučajni predatorski pritisak (prosječno 1 u 5 godina) slučajnog intenziteta (1% do 100% mortalitet u vrijeme djelovanja)	Rijetki predatorski pritisak jegulje	99.91%	0.08%
S2	Slučajni predatorski pritisak (prosječno 1 u 10 godina) slučajnog intenziteta (1% do 100% mortalitet u vrijeme djelovanja)	Sporadični predatorski pritisak jegulje	100.00%	0.03%
S3	Slučajno smanjenje populacije (prosječno 1 u 2 godine) različitog intenziteta (1% do 30%)	Povremena slučajna otplavlivanja u morski okoliš različitog intenziteta	57.32%	<0.01%

Iz Tablice 2.3. jasno je vidljivo da je vjerojatnost preživljavanja hipotetske izolirane populacije popovske gaovice na izvoru Omble za više redova veličine manja nego ako se radi o metapopulaciji s povremenim ili stalnim imigracijama sa šireg područja.

Na temelju prikazanih rezultata, razložno je odbaciti hipotezu samostalne populacije popovske gaovice na izvoru Omble (Scenarij 6), tim više što je istim simulacijama dobivena velika vjerojatnost da je populacija gaovice na izvoru Omble zavisna o periodičnom dotoku jedinki sa šireg područja. Važno je uočiti kako se svi postojeći podaci terena mogu dobro uklopiti u takav zaključak (donesen na temelju

teorijskog eksperimenta pomoću simulacija). Naime, odbacivanje hipoteze samostalne populacije (Scenarij 6) nipošto ne isključuje mogućnost da se, uz minimalni dotok fertilnih jedinki, dogodi uspješno mriješćenje u Izvorišnom jezeru. Ako bi ono bilo dovoljno često da se populacija na izvoru Omble stabilizira, tada bi se radilo o Scenariju 2 ili 3, dok bi se Scenarij 4 realizirao ako bi se mriješćenje događalo nedovoljno često, a Scenariji 1 ili 5 ako bi vjerojatnost za mriješćenje bila zanemariva kontinuirano u vremenu.

Granične vrijednosti potrebne učestalosti mriješćenja za realizaciju pojedinog od scenarija mogle bi se odrediti vrlo precizno na temelju iste metodologije (teorijskog eksperimenta pomoću simulacija) kojom je dokazana nemogućnost stabilizacije u slučaju izolirane populacije (Scenarij 6), kao i postizanje te stabilizacije minimalnom periodičnom imigracijom jedinki. Ipak, to bi bilo samo od teorijskog značaja, jer egzaktni odabir između ostalih scenarija (1 – 5) ionako ne bi bio moguć bez dodatnih terenskih podataka koji bi se mogli prikupiti samo višegodišnjim praćenjem gustoće populacije gaovice u svim razvojnim stadijima, i to:

a) na izvoru Omble kao potencijalnom mrijestilištu, da bi se odgovorilo na pitanje radi li se na izvoru Omble isključivo o staništu (Scenariji 2 ili 3) ili isključivo o prebivalištu gaovice (Scenariji 1 ili 5), ili se ta dva stanja izmjenjuju u vremenu (Scenarij 4) i

b) u području cijelog podzemnog toka rijeke Omble s postranim kanalima, da bi se odgovorilo na pitanje radi li se o dijelu jedinstvene populacije (Scenariji 1 ili 2)) ili ne (Scenariji 3 ili 5).

Unatoč tome, Scenarij 4 se i nakon provedenog teorijskog eksperimenta čini najvjerojatniji, i to iz sljedećih razloga:

1. Poznata geomorfologija podzemnog toka rijeke Omble, unatoč vjerojatnom postojanju postranih kanala, sugerira postojanje prostornog diskontinuiteta u rasprostiranju povoljnog staništa za gaovicu, posebno ako se uzme u obzir iskustvena opservacija (Jelić i Špelić, 2015) da gaovica trajnije ne obitava na većim dubinama, kao i to da je u razdobljima većih protoka povratna uzvodna migracija kroz Glavni kanal vrlo upitna. Time se smanjuje vjerojatnost Scenarija 1 i 2 u odnosu na Scenarije 3, 4 i 5.
2. Shematski definiran kao zasebni scenarij, Scenarij 4 se može shvatiti i kao skup svih mogućih prijelaza (s različitim učestalostima mriješćenja u Izvorišnom jezeru) između dva ekstrema: Scenarija 3 u kojemu gaovica redovito mrijesti u jezeru (koje je tada dio njezinog staništa na izvoru Omble) i Scenarija 5 u kojemu gaovica nikada ne mrijesti u jezeru (u kojem je slučaju područje izvora Omble samo njezino prebivalište). Tako shvaćen, Scenarij 4 je po definiciji vjerojatniji od preostala dva scenarija, jer obuhvaća veći skup mogućih događaja, od kojih su ekstremni vrlo slični Scenarijima 3 i 5. Dodatno, postojeći terenski podaci podržavaju a) tezu da se mriješćenje barem povremeno događa (Jelić i Špelić, 2015), ali i b) tezu da mriješćenje nije prisutno svake godine (Mrakovčić i dr. 2012).

Na kraju ovog poglavlja treba još spomenuti kako se s velikom vjerojatnošću može pretpostaviti da su na izvoru Omble u prirodnom stanju (do kraja 19. stoljeće kada je izveden preljevni prag za potrebe vodoopskrbe Dubrovnika; vidi Knjigu 1, Sliku 4.3) bili prisutni Scenariji 1 ili 5, s obzirom da je taj izvor bio nalik prirodnoj vulji s neprestanim utokom morske vode u podzemlje (u intenzitetu koji je zavisio od dotoka slatke vode iz podzemlja), što je posve isključivalo mrijest u Izvorišnom jezeru.

2.2.6 Sinteza rezultata postojećih podataka i teorijskog eksperimenta sa simulacijama

Na temelju dostupnih podataka o abundanci i generacijskoj strukturi populacije popovske gaovice na području Omble, dobivenih od stručnjaka ihtiologa kroz izvješća (vidi Priloge) ili usmeno (s autorima tih Priloga) te djelomice iz literature, može se zaključiti sljedeće:

1. Na izvoru Omble (u Izvorišnom jezercu, Izvorišnoj špilji i/ili završetku Glavnog kanala), barem povremeno obitava i do oko 200 jedinki gaovice (Jelić i Špelić, 2015.).
2. Fekunditet popovske gaovice sličan je drugim vrstama iz tog roda i iznosi od 1000 do 2000 jaja godišnje po spolno zreloj ženki (Jelić i Špelić, 2015), što indicira da je ta vrsta (kao i druge vrste iz toga roda) r – strateg, odnosno vrsta koja, odupirući se pritiscima iz okoliša, stabilnost lokalne populacije teži postići brojnošću svog potomstva (za razliku od K – stratega koji stabilnost održavaju kompetitivnošću i specifičnim morfološkim, anatomskim i/ili fiziološkim prilagodbama okolišu).
3. Na izvoru Omble rijetko se mogu vidjeti mlade, spolno nezrele jedinke gaovice (Jelić i Špelić, 2015.) što na kvalitativnoj razini već samo po sebi indicira da izvor Omble nije njezino stalno mrijestilište (pogotovo imajući u vidu da je očekivano vrijeme do postizanje spolne zrelosti 15 do 21 mjesec).
4. Na izvoru Omble barem povremeno obitavaju jegulje gdje mogu postići i veću gustoću populacije. Pri tome se nalaz od 1.5 jegulje po m² (Mrakovčić, 2012) može uzeti ili kao ekstremna vrijednost ili kao sporadični slučaj, s obzirom da je pri drugim terenskim istraživanjima na tom lokalitetu samo u jednom slučaju zabilježena jedna jedinka jegulje (Jelić i Špelić, 2015).
5. Na izvoru Omble ni teoretski nije moguća koegzistencija populacije jegulje i populacije gaovice, osim u slučaju postojanja dovoljno čestog dotoka novih jedinki gaovice iz hercegovačkog zaleđa (Legović, 2015).
6. Za razdoblja velikih voda (kakve su redovna pojava na izvoru Omble, posebno tijekom zimskog razdoblja) postižu se uvjeti okolišnog stresa koji mogu imati za posljedicu otplavlivanje dijela populacije popovske gaovice u morski okoliš.

Kada se na tim polazištima postavi teorijski eksperiment u uvjetima računalne simulacije i pokuša dokazati početnu hipotezu o postojanju stabilne izolirane populacije popovske gaovice na izvoru Omble (Scenarij 6), dobiveni rezultati nužno vode u sljedeće zaključke:

1. Stabilnost takve populacije može se održati samo u slučaju konstantnog idealnog okoliša bez stalnog, periodičnog ili slučajnog stresa koji bi za posljedicu imao povećanje prirodnog mortaliteta.
2. Povećanje mortaliteta takve izolirane populacije zbog stresa iz okoliša ni u jednom trenutku ne bi smjelo prelaziti 10% od prirodnog normalnog mortaliteta populacije u ravnoteži. Naime, simulacije nedvojbeno pokazuju da sve promjene mortaliteta za 10 % ili više dovode do ekstinkcije takve izolirane populacije unutar jedne do tri godine. Postoje okoliši u kojima su uvjeti izuzetno stabilni i u kojim je moguće realno pretpostaviti upravo takve populacije. U tim slučajevima se radi o populacijama čija je brojnost izuzetno osjetljiva na promjene ekoloških čimbenika. Međutim, izvor Omble

sigurno nije okoliš za koji se može tvrditi da u njemu nema stalnog ili slučajnog stresa. Pored geomorfoloških karakteristika koje upravo na ovo mjesto kanaliziraju periodične velike vode s velikog slivnog područja, ovdje je prisutna i neposredna blizina mora koja omogućava pristup jeguljama, a time i (barem povremeno) znatno povećan predatorski pritisak.

3. Ako se prethodno čak i zanemari (što ima smisla samo u svrhu teorijskog razmatranja), hipotetska stabilna izolirana populacija popovske gaovice nužno bi morala imati generacijsku strukturu tipičnu za populaciju r-stratega s fekunditetom od 1000 do 2000 jajašaca godišnje po spolno zreloj jedinki. Takva bi struktura pretpostavljala da bi se na ovom području pored odraslih jedinki trebalo naći najmanje 4, a najviše 11 puta više mladih spolno nezrelih jedinki. To do sada još nije zabilježeno ni u jednom opažanju niti uzorkovanju gaovice na izvoru Omble, što se na temelju prethodnog zaključka (nepostojanje idealnog okoliša bez stresa) upravo i moglo očekivati.
4. Na temelju gore navedenog, za izvor Omble se može odbaciti tvrdnja iz Priloga II.: „Bez ikakve rasprave se sve tri istražene populacije (Ombla, lokva u Stravči i lokve u Dubi Konavoskoj) mogu smatrati stabilnim lokalnim populacijama. Tijekom istraživanja zabilježeno je i nekoliko juvenilnih riba ($TL \approx 2$ cm) što dodatno potkrepljuje da se radi o stabilnim populacijama, jer je vidljivo da dolazi i do razmnožavanja.“ Na ovom mjestu moramo upozoriti na činjenicu kako „stabilnost populacije“ nije kvalitativna i proizvoljna, nego matematički egzaktna kategorija. Iz tog kuta gledanja, uočavanje juvenilnih jedinki (koje su mogle nastati u sporadičnom mriještenju ili biti doplavljene iz drugog područja) nipošto ne može biti dokaz stabilnosti populacije.
5. Stohastičke simulacije slučajnog predatorskog pritiska vrlo male frekvencije (prosječno jednom u deset godina) pokazale su da model izolirane populacije u svim slučajevima odlazi u ekstinkciju, dok model metapopulacije (pri maksimalnoj imigraciji od samo 10 riba godišnje) u ekstinkciju odlazi u svega 0,03% slučajeva. Kako se može pretpostaviti da stvarna razina okolišnog stresa može biti samo veće frekvencije i intenziteta od simulirane, može se zaključiti da na području Omble populacija popovske gaovice ne može egzistirati dulje vremena ukoliko ne postoji barem minimalna imigracija gaovica sa šireg područja.

2.3. Zaključak

Na temelju prikupljenih terenskih nalaza, teorijskih razmatranja i argumenata proizašlih iz eksperimenta matematičkim simulacijama, smatramo izvjesnim da se Republika Hrvatska, nakon očekivanog uvrštenja popovske gaovice kao cilja očuvanja ekološke mreže NATURA2000 na području Paleoombla-Ombla (usporedi Prilog II.), nalazi pred izazovom održavanja te vrste na izvoru Omble u uvjetima u kojima još uopće nije posve izvjesno da je ona kao stabilna populacija na tom lokalitetu kontinuirano prisutna, a ako jest, tada je ona potpuno zavisna od povremenog dotoka jedinki sa šireg slivnog područja.

Ova činjenica dodatno dobiva na težini ako se uzme u obzir ugroženost popovske gaovice u Bosni i Hercegovini zbog izvedenih hidrotehničkih zahvata, posebno uz prevladavajuću pretpostavku o nemogućnosti mrijesta u podzemlju, u kojem slučaju očuvanje vrste na izvoru Omble izravno zavisi o zaštiti nadzemnih dijelova njezinog staništa (mrijestilišta) u hercegovačkom zaleđu. Potonje Republiku Hrvatsku nakon preuzete obaveze zaštite te vrste na izvoru Omble stavlja u vrlo nepovoljnu situaciju. Istovremeno, izvjesno je da na drugim lokalitetima u Hrvatskoj (barem u Konavlima) postoje brojnije populacije popovske gaovice, koje su, međutim, već izložene izravnom antropogenom utjecaju bez ikakvih mehanizama njihove zaštite.

Aktualna ocjena utjecaja zahvata HE Ombla na popovsku gaovicu ne treba razmatrati Scenarij 6, jer je teorijskim eksperimentom dokazano da taj scenarij nije vjerojatan. Iako se, kako je u prethodnom poglavlju raspravljeno, i nakon provedenog teorijskog eksperimenta kao najvjerojatniji čini Scenarij 4., egzaktni odabir između prvih pet scenarija nije nužno potreban za provedbu postupka ocjene prihvatljivosti zahvata HE Ombla za ekološku mrežu, nego umjesto toga ocjena prihvatljivosti zahvata tim scenarijima može pristupiti ravnopravno (kao da se radi o pet različitih ciljeva očuvanja). Pri tome je vrlo poželjno da se to razmatranje ne ograniči samo na izbjegavanje značajnih negativnih utjecaja zahvata, nego da sagleda i mogućnosti njegovog povoljnog utjecaja. Kada bi se to postiglo, zahvat bi mogao dodatno dobiti na težini kao višenamjenski hidrotehnički objekt, dok bi se Republici Hrvatskoj mogla osigurati zaštita popovske gaovice na izvoru Omble.

2.3 Literatura

- Box, G. E. P. and Draper, Norman. 2007. *Response Surfaces, Mixtures, and Ridge Analyses*, Second Edition, Wiley-Interscience, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, New Jersey, US, (citat str. 414)
- Froese, R. and D. Pauly. Editors (2014) FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, (11/2014)
- Jelić, D., Špelić I. 2015. Popovska gaovica (*Delminichthys ghetaldii*) u Hrvatskoj. Zagreb, Hrvatsko društvo za biološka istraživanja.
- Jelić, D., Špelić I. 2015. Popovska gaovica (*Delminichthys ghetaldii*) u Hrvatskoj. – Nadopuna elaborata. Zagreb, Hrvatsko društvo za biološka istraživanja.
- Jelić, Dušan; Duplić, Aljoša; Čaleta, Marko; Žutinić, Petar, (2008): Endemske vrste riba jadranskog sliva. Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 78 pp.
- Kovačić, M., (2015) Stručno mišljenje o održivosti i stabilnosti lokalne populacije popovske gaovice (*Delminichthys ghetaldii*) na izvoru rijeke Omble.
- Legović T. 2015. Procjena održivosti populacije popovske gaovice (*Delminichthys ghetaldii*) na izvoru rijeke Omble korištenjem metoda ekološkog modeliranja.
- Markotić, Ivana (2013) Biološke i ekološke značajke prikanca, *Phoxinellus pseudalepidotus* Bogutskaya i Zupančić, 2003 (Teleostei: Cyprinidae) na području Mostarskog blata, BiH. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet; Biološki odsjek.
- Mrakovčić, M. i sur. (2012) Studija o utjecaju na okoliš planirane Hidroelektrane Ombla (A study on the environmental impact of the planned Ombla Hydropower plant. Draft) -Hrvatsko Ihtiološko Društvo (Croatian Ichthyological Society), July 2012
- Perea S., M. Böhme, P. Zupančić, J. Freyhof, R. Šanda, M. Özuluğ, A. Abdoli, I. Doadrio, (2010) Phylogenetic relationships and biogeographical patterns in Circum-Mediterranean subfamily Leuciscinae (Teleostei, Cyprinidae) inferred from both mitochondrial and nuclear data, BMC Evolutionary Biology, 10:265, <http://www.biomedcentral.com/1471-2148/10/265>

3 PRILOG I.: (Ihtiološka) Studija o utjecaju na okoliš planirane hidroelektrane Ombla (Mrakovčić i dr., 2012.)

3.1 Uvod

Ombla izvire u selu Komolac sjevero - zapadno od Dubrovnika. Nakon izviranja podno stijene poznatije kao Golubov kamen, nakon svega 30-ak metara toka, prelijeva se preko niske brane u more. Ombla dakle prirodno nema nadzemni tok već je umjetno zajažena branom čime je formirano umjetno jezerce radi akumulacije slatke vode za vodoopskrbu. U prošlosti su osim jezercu izgrađeni i mlinovi. Izvor rijeke Omble je tipično krško vrelo koje podzemno opskrbljuju vode ponornice iz Popovog polja (sliv Trebišnjice) u dubrovačkom zaleđu. S obzirom na specifičan oblik i smještaj riječnog toka, Ombla se može smatrati posebnom ekološkom cjelinom pri čemu je najvažniji dotok odnosno protok vode.

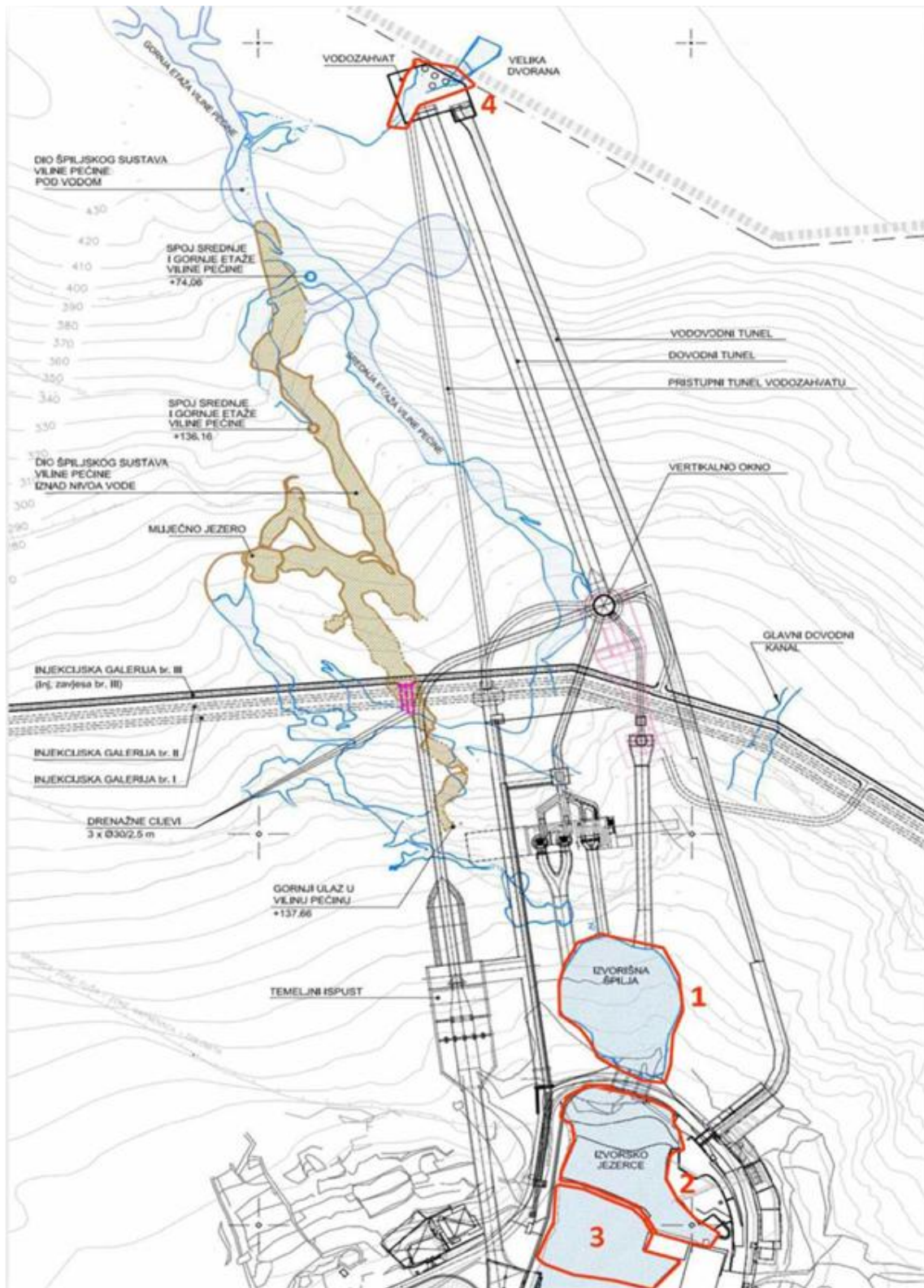
3.2 Materijal i metode

Istraživanja područja vodotoka Omble provedena su u ožujku, svibnju, i lipnju 2012.godine ili tijekom proljeća i ljeta uz dodatne pojedinačne izlaske za pojedine skupine u okviru specijalističkih obrada pojedinih problema.

Tablica 3.1. Pregled terenskih istraživanja.

Datumi terenskih izlazaka
19.-21.03.2012.
09.-11.05.2012.
08.-11.07.2012.

Istraživanja ihtiofaune vodotoka Omble provedena su na četiri lokacije: izvorišna špilja (lokacija 1 na karti - Slika 3.1.); izvorsko jezero (jezerce) (lokacija 2 na karti - Slika 3.1.) odnosno izvor Ombla; bočati dio nakon pregrade (lokacija broj 3 na karti - Slika 3.1.); duboko jezero (lokacija broj 4 na karti - Slika 3.1.). Najveći lovni napor utrošen je na prve dvije lokacije na kojima je tijekom prethodnih istraživanja zabilježena prisutnost riba. Kako su oba lokaliteta (lokacija 1 i 2) tj. tipa staništa prilično zahtjevna za uzorkovanje riba korištene su različite metode lova kao i različiti ribolovni alati kako bi se neutralizirala selektivnost pojedinog alata te povećala mogućnost kvalitetne procjene ihtiofaune. U podzemnom, špiljskom dijelu (lokacija 1, izvorišna špilja) nije bilo moguće koristiti elektroribolovni agregat zbog teške dostupnosti i kompliciranog manipuliranja opremom. Stoga su u špiljskom dijelu korištene prilagođene vrše (klopke) s malim otvorom i malim okom na mreži, a za privlačenje riba korišteni su mirisni mamci (hrana za ribe) i svjetlosni mamci (light stick, glow stick). Osim pasivne metode pomoću klopki, vršeni su uroni pri čemu je korištena metoda vizualnog cenzusa (uočavanja i prebrojavanja) (Slika 3.2.) te lov riba pomoću ručne mrežice i svjetla kao atraktanta. U vanjskom, jezerskom dijelu (izvorsko jezero, lokacija 2) također su izvedeni uroni (sa i bez boca za ronjenje), postavljane su mreže te vrše s različitim tipovima mamaca (mirisni i svjetlosni).



Slika 3.1. Špiljski sustav Vilina špilja - Ombla s označenim lokacijama uzorkovanja.

U priobalnom i plićem dijelu izvora i jezera vršen je i elektroribolov iz čamca elektroagregatom Hans Grassl istosmjernje struje snage 7,5 kW, 500 V, 7-15 A. Ispod kamene stepenice, nizvodno od jezera (lokacija 3), uzorkovano je i prijelazno, bočato, područje gdje je korišten isti elektroribolovni agregat s pulsnom strujom, kao i ronjenje uz procjenu ihtiofaune metodom vizualnog cenzusa. Posljednja lokacija (broj 4), tzv. duboka špilja pretraživana je pomoću kolega speleo-ronioca zahvaljujući kojima smo također sakupili podatke od prisutnosti ihtiofaune.

Dio ihtiološkog materijala je determiniran na samoj lokaciji te je otprilike procijenjena starost jedinki i kondicijsko stanje. Dio sakupljenog ihtiološkog materijala je anestetiziran (pomoću MS222), determiniran i obrađen na samom terenu, te nakon oporavka pušten na slobodu. Manji dio sakupljenog materijala je konzerviran u apsolutnom alkoholu ili 4%-tnom formalinu radi redeterminacije i dodatnih laboratorijskih analiza.



Slika 3.2. Procjena ihtiofaune metodom vizualnog cenzusa.

3.3 Dosadašnji i prethodni podaci

Rijeka Ombla je ihtiološki istraživana prilikom izrade studije "**Biološke značajke izvorišnog dijela rijeke Omble**" 1998. godine za potrebe HEP-a. Tijekom tadašnjih uzorkovanja u podzemnom, špiljskom dijelu je zabilježena samo jegulja (*Anguilla anguilla*). Prilikom ronjenja uočeno je nekoliko jedinki riba manjeg habitusa koje bi mogle odgovarati popovskoj gaovici (*Delminichthys ghetaldii*), ali kako ribe nisu bile ulovljene nalaz nije sigurno potvrđen. U vanjskom, jezerskom (izvorskom) dijelu zabilježene su isključivo jedinke jegulje i to u većem broju.

Tijekom tadašnjih istraživanja nije zabilježen nalaz čovječje ribice (*Proteus anguinus*) u podzemnom dijelu. Jedini podaci o eventualnoj mogućnosti dolaska čovječje ribice u špiljskom sustavu Omble temeljili su se na opažanjima ronioca iz 80-ih godina 20. stoljeća.

3.4 Fizikalno-kemijska svojstva istraživanog dijela rijeke Omble

Sabiranje uzoraka vode za fizikalno - kemijsku analizu provedeno je u travnju i svibnju 2012. godine na oba navedena lokaliteta špilja Ombla i izvor (jezero) Ombla.

Kvaliteta vode i njene fizikalno-kemijske značajke su od presudnog utjecaja na kvalitetu i sastav zajednica vodenih organizama i njihov opstanak. Zato je poznavanje fizikalno - kemijskih značajki određene vode i njihovo praćenje tijekom godine neophodno kako bi se uočile promjene u sastavu ihtiocenoza.

Različite vrste ili skupine riba imaju različite prohtjeve i preferencije za kvalitetom i fizikalno-kemijskim značajkama vode u kojoj obitavaju. Dok su neke vrste tolerantnije druge su znatno osjetljivije i preferiraju vodu više kvalitete. Za zdravlje i opstanak riba u vodi neophodne su određene vrijednosti fizikalno-kemijskih značajki od kojih su najvažnije: količina i koncentracija otopljenog kisika, količina amonijaka, nitrata, fosfata, vodikovih iona (pH), organske tvari, temperatura, tvrdoća vode i mineralni sastav.

Kako su ribe poikilotermni kralješnjaci u kojih je temperatura tijela više ili manje ovisna o temperaturi okolne vode, temperatura igra važnu ulogu u njihovoj rasprostranjenosti, javljanju, aktivnosti, rastu, probavi, razmnožavanju i ranom razvoju. U većine riba temperatura tijela je samo 0,6-1,0°C viša od vode. Temperatura vode direktno utječe i na metaboličke procese te opće stanje riba, a također utječe na mogućnost otapanja, fiziološkog djelovanje plinova, gustoću vode i dr.

Kisik ili preciznije, količina otopljenog kisika u vodi je također vrlo važna za život i metaboličke aktivnosti riba te predstavlja ograničavajući čimbenik za ribe. Za razliku od kopnenih staništa gdje je koncentracija kisika stalna i obično doseže 300 mg/l zraka, u vodenim staništima jedna litra vode obično sadrži manje od 14,3 mg otopljenog kisika. Većina riba je ovisna samo o tom otopljenom kisiku. Potrošnja kisika od riba i minimum potrebne koncentracije usko je povezan sa temperaturom vode. Naravno da se vrste razlikuju prema zahtjevima za kisikom, a potrebe su različite i za različite razvojne stadije i dobne kategorije. Koncentracije otopljenog kisika ispod 5mg/l uzrokuju stres kod riba i drugih vodenih organizama, a koncentracije ispod 2 mg/l za većinu vrsta su letalne.

pH je vrlo bitan čimbenik u procesima izmjene tvari. Kiseli medij smanjuje mogućnost iskorištavanja hrane, što ima za posljedicu spori rast riba, dok alkalni medij smanjuje propusnost kože za izmjenu plinova i soli te se smanjuje otpornost prema bolestima.

Tablica 3.2. Fizikalno-kemijska svojstva voda rijeke Omble prilikom uzorkovanja ihtiofaune.

pokazatelji	I travanj	I svibanj	I srpanj
temperatura vode (°C)	14,3	14,5	15,1
pH	7,5	7,8	7,9
provodljivost (nS/cm)	325	332	280
prozirnost (cm)	do dna	do dna	do dna
otopljeni kisik (mg O ₂ /l)	8,89	9,15	9,78
zasićenost kisikom (%)	86,2	90,4	95,9
Salinitet	0,00	0,00	0,00
TDS (mg/l)	215	178	155

3.5 Herpetofauna

U krškim vodama prisutno je nekoliko vrsta vodozemaca (žabe, vodenjaci) i gmazova (zmije, kornjače). Međutim, jedini pravi, isključivo podzemni, vodozemac je čovječja ribica (*Proteus anguinus*). Ovo je troglobiontska, neotenična vrsta koja je potpuno prilagođena podzemnom načinu života (disanje, životni vijek, ponašanje, reprodukcija, ishrana). Osim toga, čovječja ribica je i najveći poznati špiljski organizam i oduvijek je privlačila pažnju zbog svog karakterističnog izgleda i vrlo zanimljive biologije. Obitava u podzemnim, vodenim i vlažnim staništima dinarskog krša, a ponekad se može naći na granici podzemlja i nadzemnih staništa. Podzemna staništa su prilično povezana i ovisna o kvaliteti i raznolikosti nadzemnih i vodenih staništa. Stoga svako onečišćenje, oštećenje i degradacija vode ili nadzemnih staništa uvelike određuju kvalitetu i stabilnost podzemnih staništa te opstanak svih organizama u njima. Stoga je opstanak i prisutnost čovječje ribice na nekom područja uvelike određena intenzitetom antropogenih utjecaja ne samo direktno na podzemne prostore, već i na okolna, nadzemna staništa i krške vode.

Kao što je već navedeno, čovječja ribica je viđena u podzemnom dijelu Omble (izvorišna špilja) od slovenskih ronioaca Mlinara i Krašoveca sredinom 80-ih godina 20. stoljeća i nakon tog opažanja više nije zabilježena u vodama Omble.

Tijekom naših posljednjih istraživanja čovječja ribica nije uočena niti na jednoj od lokacija uzorkovanja.

3.6 Ihtiofauna

Krški vodotoci su ihtiološki izuzetno zanimljivi i bogati karakterističnom ihtiofaunom što je posljedica vrlo složene geološke prošlosti i specifičnih stanišnih uvjeta. Gotovo u svakoj Jadranskoj rijeci mogu se naći šire (endemi Jadranskog slijeva) ili uže (stenoendemi) rasprostranjene endemske vrste. U vodama Jadranskog slijeva u Hrvatskoj zabilježeno je više od 40 endemskih svojiti riba. Međutim, s obzirom na geografski položaj Hrvatske te povezanost i složenost dinarskog krša, mnoge endemske vrste riba su prisutne i na području Bosne i Hercegovine.

3.6.1 Značajke ihtiofaune Omble

U odnosu na ostale Jadranske vodotoke, Ombla je hidrološki i ihtiofaunistički vrlo neobična rijeka, a karakterizira je vrlo mala raznolikost ihtiofaune. Razlog maloj ihtiofaunističkoj raznolikosti je prvenstveno činjenica što se najveći dio toka rijeke nalazi u krškom podzemlju što ne odgovara većini vrsta riba. Naime, u našim vodama ne postoje prave špiljske ribe koje bi u potpunosti bile prilagođene podzemnom načinu života. Dio naših endemskih vrsta se tijekom evolucije prilagodio na snažne oscilacije vodostaja tj. razine vode u krškim vodama, pri čemu u podzemnim staništima traži sklonište tijekom hidrološki nepovoljnog dijela godine (niskih vodostaja). Međutim, reproduktivni ciklus ovih vrsta i dalje je isključivo vezan uz nadzemna vodena staništa.

Tijekom svih dosadašnjih istraživanja u podzemnom i nadzemnom dijelu vodotoka Omble (lokacije 1, 2 i 4 na karti, Slika 3.1.) zabilježene su svega dvije vrste riba dok su u bočatom dijelu, nakon brane (pregrade) (lokacija 3 na karti, Slika 3.1.), zabilježene još dvije vrste karakteristične za prijelazna (bočata) staništa: glavočić kaljužar (*Pomatoschistus marmoratus*) i cipal (*Liza ramada*).

3.6.1.1 Struktura ribljeg fonda

Jedine dvije vrste zabilježene u rijeci Ombli tijekom naših istraživanja su popovska gaovica (*Delminichthys ghetaldii*) (Slika 3.3.) i jegulja (*Anguilla anguilla*). Pritom je popovska gaovica nađena isključivo u podzemnom, špiljskom dijelu rijeke (izvorišna špilja, lokacija 1), dok je jegulja zabilježena u ujezerenom, vanjskom dijelu rijeke (izvorsko jezerce, lokacija 2). Popovska gaovica je endemska vrsta iz porodice šarana (Cyprinidae) koja je na temelju novijih molekularnih i morfoloških istraživanja svrstana u rod *Delminichthys*. Poput drugih sličnih endemskih vrsta u krškim vodama Dinarida, ranije je pripadala rodu *Phoxinellus* odnosno *Paraphoxinus* te se osim kao *Paraphoxinus ghetaldii* spominjala i pod sinonimom *Paraphoxinus pstrossii*. Slabo je poznata vrsta, nevažna za ribarstvo i za športski ribolov, iako se u prošlosti lovila u velikom broju te koristila kao gurmanski specijalitet. Popovska gaovica nastanjuje vodotoke i izvore u Popovom, Ljubomirskom, Dabarskom i Fatničkom polju te rijeku Bunu.



Slika 3.3. Popovska gaovica (*Delminichthys ghetaldii*).

Prema povijesnim podacima do sada je u Hrvatskoj, osim u Ombli, nađena u jezercu pokraj sela Stavača i u Baćinskim jezerima. Podatak o dolasku u Baćinskim jezerima je upitan i postoji mogućnost da je riječ o krivoj identifikaciji ili pogrešci, posebice što tijekom kasnijih istraživanja više nikada nije zabilježena. Vrlo je zanimljiv podatak da u Hrvatskoj obitavaju sve četiri poznate vrste roda *Delminichthys*.

Važno je naglasiti da tijekom dijela godine sve vrste roda *gaovice* zalaze u podzemlje. Većina vrsta istražena je parcijalno ili slabo te su, zbog djelotvorne zaštite, nužno potrebna ciljana istraživanja koja bi uključila dobivanje točnih podataka o rasprostranjenosti i biologiji vrsta. Biolozima su vrste ovoga roda osobito zanimljive jer se nalaze na dodatku II Direktive o staništima. Interesantno je sa su jedinke popovske gaovice koje smo ulovili bile izrazito mršave. Dva su moguća razloga takvog slabog kondicijskog stanja zabilježenih jedinki. Ili su samo naplavljene bujičnim vodama u ova područja i špiljski sustav Omble im nije primarno stanište, ili su visoke vode koje eventualno donose hranu iz drugih (nadzemnih) izvora izostale.

Jegulja ili europska jegulja je široko rasprostranjena i ekološki vrlo zanimljiva vrsta. Prisutna je u većini europskih vodotoka i predstavlja ekonomski vrlo vrijednu vrstu. Tipična je katadromna riba koja odrasta i spolno sazrijeva u slatkim vodama, a mrijesti u moru. U slatkim vodama nastanjuje različite tipove pridnenih staništa i hrani se različitim vodenim beskralješnjacima i kralješnjacima. Vrlo je prilagodljiva i otporna vrsta čija je brojnost u pojedinim vodotocima izuzetno velika. Nalazi se u gotovo svim boćatim vodama ili ušćima vodotoka u more.

3.6.1.2 Kvalitativni i kvantitativni sastav riba

Procjena brojnosti popovske gaovice vršena je metodom vizualnog prebrojavanja ronjenjem s obzirom da u podzemnom (špiljskom) dijelu nije bilo moguće korištenje elektroribolovnog agregata. Pritom je prilikom svakog od terenskih izlazaka uočeno nekoliko desetaka jedinki, pojedinačno razmještenih u špiljskom dijelu (izvorišna špilja - lokacija 1; duboko jezero -lokacija 4). Prebrojavanjem zabilježenih jedinki te površine prijedene tijekom vizualnog cenzusa utvrđena je prosječna brojnost jedinki od 0,08 jedinki na kvadratni metar.

Za brojnost jedinki jegulje, korištena je sasvim druga metoda - elektroribolov. Pritom je vršen izlov u priobalnom dijelu kao i na plićim dijelovima ujezerenog vanjskog dijela Omble (izvorsko jezerce - lokacija 2). Na temelju broja zabilježenih jedinki kao i površine prijedene tijekom elektroribolova utvrđena je brojnost jegulje od 1,5 jedinki na kvadratni metar.

Podzemni (špiljski) (lokacija 1 i 4) i vanjski (izvorski) (lokacija 2) dio rijeke Omble se znatno razlikuju prema značajkama staništa i fizikalno-kemijskim značajkama vode, te predstavljaju dvije stanišno i prostorno odvojene cjeline. Nadalje, s obzirom na činjenicu da niti na jednom od navedenih staništa nije zabilježena više od jedna vrsta, nije bilo moguće niti izračunati uobičajene indekse raznolikosti.

3.6.1.3 Dinamika rasta riba

Za sve ulovljene jedinke popovske gaovice izračunat je Fultonov koeficijent kondicije, koji se kretao u granicama od 0,71 do 1,2, što ukazuje na neuhranjenost riba te njihovo prilično slabo kondicijsko stanje i znatno je ispod očekivanih vrijednosti.

3.6.1.4 Ihtioprodukcija

Interesantno je istaći, da je za razliku od prijašnjih istraživanja, ovaj puta zabilježeno dosta jedinki dobi 1+, odnosno mladih jedinki. Jedinke popovske gaovice starosti 1+ obično imaju masu do 5 grama i dužinu do 70 mm. U drugoj godini narastu obično gotovo do 30 g i 135 mm.

3.6.2 Ugroženost i zaštita

3.6.2.1 Rijetke, ugrožene i zaštićene vrste

Kao što je već navedeno, u vodama rijeke Omble zabilježene su samo dvije vrste. Popovska gaovica je tipična endemska vrsta dinarskog krša odnosno Jadranskog slijeva. Područje obitavanja joj je prilično malo i dolazi u samo u vodama slijeva rijeke Trebišnjice. S obzirom na usko područje rasprostranjenosti i endemizam, vrsta je u Crvenoj knjizi slatkovodnih riba Hrvatske svrstana u kategoriju EN (ugrožena), a u međuvremenu se čak razmatralo da je se proglasi regionalno izumrlom svojtom (RE), s obzirom da već godinama nije nađena na teritoriju RH. Što se tiče ugroženosti na europskoj razini, prema IUCN kategorizaciji svrstana je u osjetljive, odnosno ranjive svojte (VU), s obzirom na relativno mali ukupni areal. Osim toga, popovska gaovica je zaštićena i prema Europskoj direktivi o zaštiti staništa gdje se nalazi na dodatku II (vrste o zajedničkom interesa čija zaštita zahtjeva određivanje posebnih zaštićenih područja). Poznato je da najveću opasnost za populacije gaovice predstavljaju izmjene prirodnih staništa kao i onečišćenje voda u kojima se razmnožava. Prema

Pravilniku o proglašavanju divljih svojiti zaštićenim i strogo zaštićenim (NN 99/09) popovska gaovica je strogo zaštićena vrsta (SZ).

Jegulja nije nipošto rijetka vrsta, već je prisutna u većini europskih rijeka koje utječu u more. Donedavno se nije smatrala niti ugroženom vrstom s obzirom da je bila brojna, svuda prisutna i ekonomski vrlo zanimljiva. Međutim, u posljednjih nekoliko godina je uočen trend drastičnog smanjenja broja ličinki, odnosno staklastih jegulja, koje dolaze do obala Europe i ulaze u rijeke. Zabrinjavajuće je što se broj novopridošlih staklastih jegulja zabilježenih posljednjih godina smanjio za 90% u odnosu na podatke s kraja 20. stoljeća. Ovako naglo smanjenje novačenja mladih jegulja dovelo je do toga da se jegulja od uobičajene i neugrožene vrste proglasi kritično ugroženom vrstom (CR) te da postane jedna od najugroženijih kozmopolitskih vrsta riba. Uz drastično smanjenje novačenja, na smanjenje brojnosti jegulja i njenu ugroženost utječu i pretjerani izlov staklaste jegulje (Francuska, Španjolska, Portugal i UK). Nadalje, 2007. jegulja je uvrštena i na dodatak II CITES-a s ograničenim mogućnostima trgovanja i izvoza, odnosno uvoza u Europskim zemljama. Europska komisija je također zatražila od svih zemalja članica da izrade planove upravljanja za jegulju kako bi se utvrdilo stvarno stanje, pokušao smanjiti pritisak lova na jegulje i donekle popraviti status populacija.

3.6.2.2 Procjena ugroženosti staništa riba

Staništa važna za ribe na rijeci Omblu mogu se također podijeliti na dva tipa - podzemna, špiljska staništa (lokacija 1 i 4) i vanjski, jezerski dio (izvor) (lokacija 3). Planirani zahvat predviđa potapanje podzemnih, špiljskih prostora radi akumuliranja vode. Potapanjem podzemnih prostora nastat će nova podzemna, vodena staništa odnosno povećati će se površina odnosno volumen postojećih. Dakle, planirani zahvat neće negativno utjecati na kvalitetu ili opstojnost podzemnih vodenih staništa važnih za ribe.

Izvorski, vanjski dio predstavlja protočno jezero (ujezerenje) što ustvari i nije prirodno stanište s obzirom da je čovjek stvorio umjetno jezero kako bi mogao crpiti slatku vodu za piće. U prošlosti se vjerojatno Ombla ulijevala direktno u more i nije postojao vanjski dio toka, pa se tako isključivo može govoriti o umjetnom protočnom jezeru i staništu.

3.6.2.3 Ekološka mreža

Temeljem odredbi članka 36. stavka 3. Zakona o zaštiti prirode (NN 70/05) promatrano područje tj. područje utjecaja pripada Nacionalnoj ekološkoj mreži pod brojem Ombla HR 2001010. Ekološka mreža predstavlja sustav međusobno povezanih ili prostorno bliskih ekološki značajnih područja važnih za ugrožene vrste i staništa. Područja Ekološke mreže podijeljena su na područja važna za divlje svojite i stanišne tipove te međunarodno važna područja za ptice. Unutar Ekološke mreže njezini dijelovi povezuju se prirodnim ili umjetnim ekološkim koridorima koji omogućuju kretanje populacijama živih organizama od jednog lokaliteta do drugog. Za svako područje ekološke mreže propisane su smjernice zaštite koje je potrebno provoditi kako bi se postigao ili održao povoljan status zaštite vrsta i staništa. Ekološka mreža je propisana Zakonom o zaštiti prirode, a proglašena Uredbom o proglašenju ekološke mreže (NN 109/07). Područje Omble proglašeno je ekološki značajnim radi krških stanišnih oblika i endemskih svojiti koji trajno obitavaju na ovom prostoru. Područje je dakle

ekološki važno (vrijedno) na temelju dvije divlje svojte kralješnjaka - čovječje ribice (*Proteus anguinus*) i popovske gaovice (*Delminichthys ghetaldii*).

Područje Ombla se u sustavu ekološke mreže (Slika 3.4.) ne naslanja direktno niti na jedno kopneno područje u ekološkoj mreži, ali se u sklopu područja nalaze dva točkasta lokaliteta - HR2000187 Vilina špilja - Ombla izvor sustav i HR2000186 Vilina špilja. U krugu od 10 km nalazi se još 8 točkastih lokaliteta - HR2000090 Močiljska špilja, HR3000388 Sumporna špilja u Mokošici, HR2000081 Mala špilja između Dubrovnika i Komolca, HR2000493 Srđ -Dubrave, HR2000813 Srđ, HR2000138 Špilja kod Dubrovnika, HR2000527 Golubov kamen - Brgat, HR2000136 Špilja kod Brašine - Petrače. Najbliža kopnena područja u ekološkoj mreži nalaze se na 12-15 kilometara udaljenosti i to su: HR2001007 Orašac - kanjon i HR2000946 Snježnica i Konavosko polje. Prema našem mišljenju planirani zahvat neće imati negativan utjecaj na ove okolne lokalitete i područja.

Osnovni uvjeti očuvanja temeljnih vrijednosti ekološke mreže u potpunosti će ostati očuvani s ihtiološkom stanovišta bez obzira na planirani zahvat i neće biti nekih posebnih utjecaja na ekološku mrežu kao niti na svojte kralješnjaka. Nadalje, ne postoje štetni utjecaji zahvata na ciljeve očuvanja ekološke mreže, njezin integritet i povezanost s drugim dijelovima ekološke mreže.



Slika 3.4. Karta ekološke mreže RH na predmetnom području HE Ombla (Izvor: DZZP 2007, Karta ekološke mreže, TK 1:100000).

3.6.3 Utvrđivanje promjena postojećih ekoloških uvjeta i utjecaja izgradnje HE Ombla na ihtiofaunu

Promjenom količine vode u podzemnom špiljskom sustavu neće doći do većih promjena ekoloških uvjeta za ribe. Kao što je već rečeno, povećat će se samo površina tj. volumen vodenih staništa što neće negativno utjecati na postojeću ihtiofaunu. Nadalje, biologija popovske gaovice, kao jedine vrsta ribe u špiljskom dijelu, je specifična. Poput sličnih vrsta malih, endemskih klenova u krškim vodama, popovska gaovica dio života provodi u podzemlju u nastojanju da izbjegne sušni dio godine tj. nepovoljne hidrološke uvjete. Međutim, reproduktivni period se odvija u nadzemnim vodotocima, uglavnom tijekom poplavnog, proljetnog razdoblja kada ribe bivaju izbačene iz podzemlja kroz krška vrela. Ličinke i mlađ prve tjedne i mjeseca također najčešće provode u nadzemnim vodama. Dakle, biologiju gaovica, pijora i sličnih krških vrsta, karakterizira upravo ovakav "dvostruki" život između nadzemnih i podzemnih voda. Međutim, s obzirom na mjesto gdje su nađene jedinke popovske gaovice, kao i s obzirom na njihovo kondicijsko stanje, smatramo da su one u podzemnom toku Omble završile vjerojatno slučajno. Vjerojatno su pojedinačne jedinke gaovice "isprane" (odnesene) iz svojih prirodnih staništa bujičnim vodama kroz ponore Popovog polja u podzemlje. Naime, nađene jedinke su kondicijski u vrlo lošem stanju i djeluju vrlo izglednjelo. Ova činjenica ukazuje na to da u podzemnim staništima ne mogu naći dovoljne količine hrane, a ne mogu izaći u nadzemna staništa. Zabilježene jedinke su najvjerojatnije ostale zarobljene u podzemnim prostorima gdje se ne mogu niti razmnožavati niti adekvatno prehraniti.

Planirana izgradnja kao i kasnije korištenje HE Ombla neće imati utjecaj na populaciju jegulja u samoj rijeci. Unatoč činjenici da je jegulja stavljena na popis kritično ugroženih vrsta na europskom nivou, zbog planiranih zahvata neće doći do smanjenja ili ugrožavanja njenih populacija. Osnovni razlog drastičnog smanjenja broja jegulja tj. kritični period je vrijeme mrijesta kao i povratak ličinki s mrijesta. Dakle, navedeni radovi neće u većoj mjeri promijeniti vodni režim niti stanište u vanjskom (izvorskom), jezerskom dijelu Omble gdje jegulje obitavaju. Populacije jegulja trenutno ovise isključivo o uspjehu mrijesta i uspjehu migracije ličinki.

3.6.4 Prijedlog mjera ublažavanja negativnih utjecaja ili kompenzacijskih mjera na ihtiofaunu i staništa

Mjere za očuvanje ribljih zajednica nisu potrebne iz jednostavnog razloga što u cijelom istraživanom sustavu ne postoji stabilna, odnosno održiva populacija niti jedne vrste riba. Potrebno je jedino tijekom gradnje paziti da ne dođe do onečišćenja uljima ili gorivom od radnih strojeva. S ekološkog pak stanovišta moramo naglasiti da je potrebno određenu količinu vode propuštati cijelo vrijeme u obliku ekološki prihvatljiva protoka (biološki minimum) kako bi se održale značajke Omble kao tekućice, bez obzira na korištenje vode za potrebu hidroelektrane.

3.6.5 Program praćenja

Prilikom praćenja u slatkovodnim sustavima obično se vrši intenzivniji monitoring prvih pet godina nakon izgradnje odnosno početka funkcioniranja novoizgrađenog objekta (formiranja novih ekoloških uvjeta). Pritom potrebne uzorke za analizu bioloških pokazatelja treba sabirati i analizirati barem četiri puta godišnje, jednokratno tijekom svakog godišnjeg doba. Nakon inicijalnih pet godina praćenja, uzorke za analizu bioloških pokazatelja potrebno je sabirati i analizirati dva puta godišnje, po jedanput u različito godišnje doba (npr. proljeće, jesen).

Bilo bi preporučljivo monitoring ihtiofaune vršiti i tijekom same gradnje HE Ombla kako bi se na vrijeme uočili eventualni nepovoljni učinci na ihtiofaunu i staništa te izbjegle nepredvidljive situacije. U slučaju bilo kakvih iznenadnih izmjena planova ili dodatnih zahvata tijekom gradnje obvezno je konzultirati i tražiti mišljenje od stručnjaka (ihtiologa). Tijekom prvih 5 godina nakon puštanja u rad HE, potrebno je vršiti kontinuirano praćenje stanja u proljetnom dijelu godine, ne bi li se utvrdilo postoje li novonastale okolnosti koje utječu na ihtiofaunu, posebice tijekom reproduktivnog razdoblja. Također bi bilo dobro vidjeti pojavljuju li se jedinke popovske gaovice u većem broju tijekom ekstremnih temperaturnih i hidroloških uvjeta (zimski i ljetni mjeseci) kada gaovice u najvećoj mjeri zalaze u podzemna staništa.

3.7 Zaključak

Biocenoza kralježnjaka planiranog zahvata vode, Pećine Omble kao i izvora izrazito je siromašna vrstama. Količina nanosa koja je vidljiva u pećini Ombla vjerojatno smanjuje uspješnost normalne stenotermne biocenoze krškog podzemlja. U sustavu je nađena zakonom zaštićena svojta, ali smatramo da to nije njeno trajno stanište, već su ovdje doplavljene bujičnim vodama. Smatramo također da ako troglobiontska zajednica i postoji, ona je sustavima vezana za daleko veće područje od područja utjecaja same HE. Vrste zanimljive s ribarskog aspekta su jegulja te morske vrste koje se zadržavaju u blizini ušća (u bočatom dijelu), no ne smatramo da će doći do utjecaja na njihov sastav i brojnost odnosno da treba propisivati zaštitne mjere.

Ni uz pojačani napor nismo uspjeli zabilježiti prisutnost čovječje ribice u istraživanom sustavu. To je vjerojatno rezultat cementiranja korita Trebišnjice (1970.) koje je drastično promijenilo režim voda Popovog polja i podzemnih voda Omble. Nekad je u Popovu polju bio aktivan dvostruki vodni režim, koji je hidrotehničkim radovima iz 1970. nestao. Oskudica vode danas je izrazita ljeti. U kišnom dijelu godine u Popovo polje pristizale su ogromne količine vode. Slijevale su se niz okolne padine, izbijale po obodu polja, većinom sa sjeverne strane, no najviše ih je dolazilo Trebišnjicom. Između dotoka u Popovo polje i protoka kroz njegove ponore nije se mogla uspostaviti ravnoteža, pa se u Donjem polju stvaralo jezero različite veličine i trajanja. Voda bi se u prosjeku zadržala preko 250 dana.

Mišljenja smo da utjecaji gradnje, uz održavanje protočnosti u sadašnjim okvirima neće imati negativne utjecaje na sadašnje biocenoze. Bilo bi interesantno radi relativno malog iskustva procjene očuvanja ovakvih staništa, pratiti stanje troglobiontske biocenoze tijekom gradnje i nakon stabilizacije sustava.

3.8 Literatura

1. Bogutskaya, N.G., Primož Z. 2003 : *Phoxinellus pseudalepidotus* (Teleostei: Cyprinidae), a new species from the Neretva basin with an overview of the morphology of *Phoxinellus* species of Croatia and Bosnia-Herzegovina. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 14(4): 369-383.
2. Bonacci, O. 2001: Biološka raznolikost krškog podzemlja. *Hrvatska vodoprivreda* 110: 2025.
3. Božićević, S. 1988: Hidrocentrala na izvoru Omble. *Priroda* 76 (9-10): 289-291.
4. Crivelli, A.J. (1996) The freshwater fish endemic to the northern Mediterranean region. An action plan for their conservation. Tour du Valat Publication, 171 str.
5. Crivelli, A. J. 2006: *Delminichthys ghetaldii*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. www.iucnredlist.org. Downloaded on 15 July 2012.
6. Ćurčić, V., 1915a: Narodno ribarstvo u Bosni i Hercegovini. II. Hercegovina (Nastavak). - Glasnik Ze-maljskog muzeja BiH, 27, p. 27-107, Sarajevo.
7. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša (DUZPO) Republike Hrvatske (1999): Strategija i akcijski plan zaštite biološke i krajobrazne raznolikosti Republike Hrvatske. Narodne novine 81: 3249-3269.
8. Freyhof, J., Lieckfeldt, D., Bogutskaya, N., Pitra, C., Ludwig, A., 2006: Phylogenetic position of the Dalmatian genus *Phoxinellus* and description of the newly proposed genus *Delminichthys* (Teleostei: Cyprinidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 38: 416-425.
9. Grmek, M. D., Balabanić, J. 2000: O ribama i školjkašima dubrovačkog kraja, Korespodencija Sorkočević - Aldrovandi, Dubrovnik - Bologna: 1580.-1584. Dom i Svijet, Zagreb.
10. Kosić, B. 1889: Gradja za dubrovačku nomenklaturu i faunu riba. Glasnik Hrv. Naravoslovnog Društva, 4: 273-299.
11. Kosić, B. 1903: Ribe dubrovačke. Rad JAZU, knj. 155. Mat.-prir. Razred, knj. 34: 1-48.
12. Kottelat, M. 1997. European freshwater fishes. An heuristic checklist of the freshwater fishes of Europe (exclusive of former USSR), with an introduction to non-systematists and comments on nomenclature and conservation. *Biologia (Section Zoology)*, 52 (Suppl. 5): 1-271.
13. Krašovec, M. 1987: Kraški sistem zaledja izvora Ombla - Vilina pećina. Elaborat, Geološki zavod, Ljubljana.
14. Lučić, I. 2007: Shafts of life and shafts of death in Dinaric karst, Popovo polje case (Bosnia & Hercegovina). *Acta carsologica*, 36 (2): 321-330.
15. Malez, M. 1970: Pećine na području između Popova polja i Dubrovnika. *Krš Jugoslavije* 7 (2), 21-68.

16. Mrakovčić, M., Mišetić, S., Povž, M. 1995: Status of freshwater fish in Croatian Adriatic river systems. *Biological Conservation*, 72(2): 179-185.
17. Mrakovčić, M., Kerovec, M., Mihaljević, Z., Hafner, D., Gottstein, S. i Mustafić, P. 1998: Biološke značajke izvorišnog dijela rijeke Omble. Elaborat, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
18. Mrakovčić, M., Brigić, A., Buj, I., Čaleta, M., Mustafić, P., Zanella, D. 2006. Crvena knjiga slatkovodnih riba hrvatske. Ministarstvo Kulture. Zagreb. 253 pp.
19. Mrakovčić, M., Tvrtković N., Pavlinić, I., Čaleta, M. 2008: Utjecaj HE Ombla na faunu šišmiša u Vilinoj špilji i mjere zaštite. Elaborat, Zoologijski zavod, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
20. Radović, J. (ur.) 1999 Pregled stanja biološke i krajobrazne raznolikosti Hrvatske sa strategijom i akcijskim planovima zaštite. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb.
21. Sket, B. 1997: Distribution of *Proteus* (Amphibia: Urodela: Proteidae) and its possible explanation. *Journal of Biogeography*, 24(3): 263-280.
22. Sofradžija, A., Berberovic, L. 1972: Uporedna kariološka istraživanja vrsta *Paraphoxinus alepidotus*, *P. adspersus*, *P. pstrossi*, *P. metohiesis* i *P. croaticus*. Godišnjak biol. Inst. Sarajev. 25: 135-173.
23. Steindachner, F. 1882. Beitrage zur Kenntniss der Fische Afrika's (II.) und Beschreibung einer neuen *Paraphoxinus*-Art aus der Herzegowina. Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe 45:1-18.
24. Tvrtković, N., Hamidović, D., Jalžić, B. 1999: Šišmiši Viline špilje iznad izvora Omble kod Dubrovnika - I. Preliminarno istraživanje. Hrvatski prirodoslovni muzej, Zagreb.
25. Vuković, T., Ivanović, B. 1971. Slatkovodne ribe Jugoslavije. Zemaljski Muzej. Sarajevo.
26. Vuković T. (1977) Ribe Bosne i Hercegovine. IGKRO "Svjetlost", OOUR zavod za udžbenike, Sarajevo.
27. Vuković, T., Sofradžija, A. 1986: Endemična ihtiofauna Bosne i Hercegovine i problem njene zaštite. Naučni skup: Zaštita endema u živom svijetu Jugoslavije. Posebna izdanja odjeljenja prirodnih i matematičkih nauka Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, 39-43.
28. Zupančić, P., Bogutskaya, N. G. 2000. Description of a new species. *Phoxinellus dalmaticus* (Cyprinidae: Leuciscinae). from the Čikola River in the Krka River system, Adriatic basin (Croatia). *Natura Croatica*. 9: 67-81.
29. Zupančić, P., Bogutskaya, N. G. 2002. Description of two new species, *Phoxinellus krhavensis* and *P. jadovensis*, re-description of *P. fontinalis* Karaman, 1972, and discussion on distribution of *Phoxinellus* species (Telcostei: Cyprinidae) in Croatia and Bosnia-Herzegovina. *Natura Croatica*. 11: 411-437.



-
30. Zupančič, P. 2008: Rijetke i ugrožene slatkovodne ribe Jadranskog slijeva Hrvatske, Slovenije i Bosne i Hercegovine (Rare and endangered freshwater fishes of Croatia, Slovenia and Bosnia and Herzegovina - Adriatic basin). Atlas u boji, AZV d.o.o., Dolsko, 79 str.



4 PRILOG II.: Popovska gaovica (*Delminichthys ghetaldii*) u Hrvatskoj (Jelić i Špelić, 2015.)

4.1 Ime vrste

Validno znanstveno ime popovske gaovice je *Delminichthys ghetaldii* (Steindachner 1882). Popovska gaovica je prvotno opisana pod imenom *Paraphoxinus ghetaldii* Steindachner, 1882. Kasnije je preimenovana u *Phoxinellus ghetaldii* (Steindachner, 1882). Za populaciju u Ljubomirskom polju blizu grada Trebinje u Bosni i Hercegovini se smatralo da je druga vrsta pod imenom *Phoxinellus pstrossi* (Steindachner 1882) (trebinjska gaovica) no ona je kasnije prepoznata kao ista vrsta (Zupančić & Bogutskaya 2002).

Istraživanjem Freyhofa i suradnika 2006. vrsta je svrstana u novi rod *Delminichthys*. Rod *Delminichthys* dobio je naziv prema Delminiumu, antičkom glavnom gradu područja današnje Dalmacije, koji se nalazio na području današnjeg Tomislavgrada u Bosni i Hercegovini. Pretpostavlja se da je naziv ghetaldii dodijeljen u čast dubrovačke obitelji Ghetaldii (Getaldić) (Jelić i sur. 2008).



Slika 4.1. Popovo polje, stanište i *locus typicus* popovske gaovice u BiH. Danas je vidljiv samo betonirani kanal rijeke Trebišnjice.

4.2 Evolucija i sistematika roda *Delminichthys* (gaovice)

Krška polja u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini nastanjuju brojne lokalno endemske vrste od kojih većina pripada potporodici Leuciscinae. Među krškim ciprinidima iz potporodice Leuciscinae osobito su brojne vrste nekad svrstavane u rod *Phoxinellus* Heckel, 1843 (Bogutskaya i sur. 2012).

Istraživanjem baziranom na sekvenciranju nuklearne i mitohondrijske DNA otkriveno je da je rod *Phoxinellus* parafiletički. Dio vrsta je svrstan u rod *Telestes*, dio je ostao unutar roda *Phoxinellus* a za vrste koje nisu mogle biti svrstane niti u jedan od ta dva roda je uveden novi rod *Delminichthys*. Nadalje, istraživanje pokazuje da rodovi *Phoxinellus* i *Telestes* pripadaju istoj monofiletičkoj skupini koja se razvila na području Dalmacije krajem miocena dok je rod *Delminichthys* ostatak iz vremena prvog velikog širenja vrsta iz potporodice Leuciscinae u vrijeme srednjeg miocena i pripada posve drugoj, staroj, evolucijskoj liniji (Slika 4.3.). Uz to, rod *Delminichthys* predstavlja jedan od geografski najizoliranijih rodova iz potporodice Leuciscinae i tako podupire teoriju o dalmatinskom kršu kao refugiju za vrijeme miocena.

Pretpostavka je da ovaj rod potječe s juga Balkanskog poluotoka odakle se proširio sjeverno i ostao zarobljen izdizanjem Dinarida prije 8 do 10 milijuna godina (Freyhof i sur. 2006; Palandačić i sur. 2010).

4.3 Opis vrste

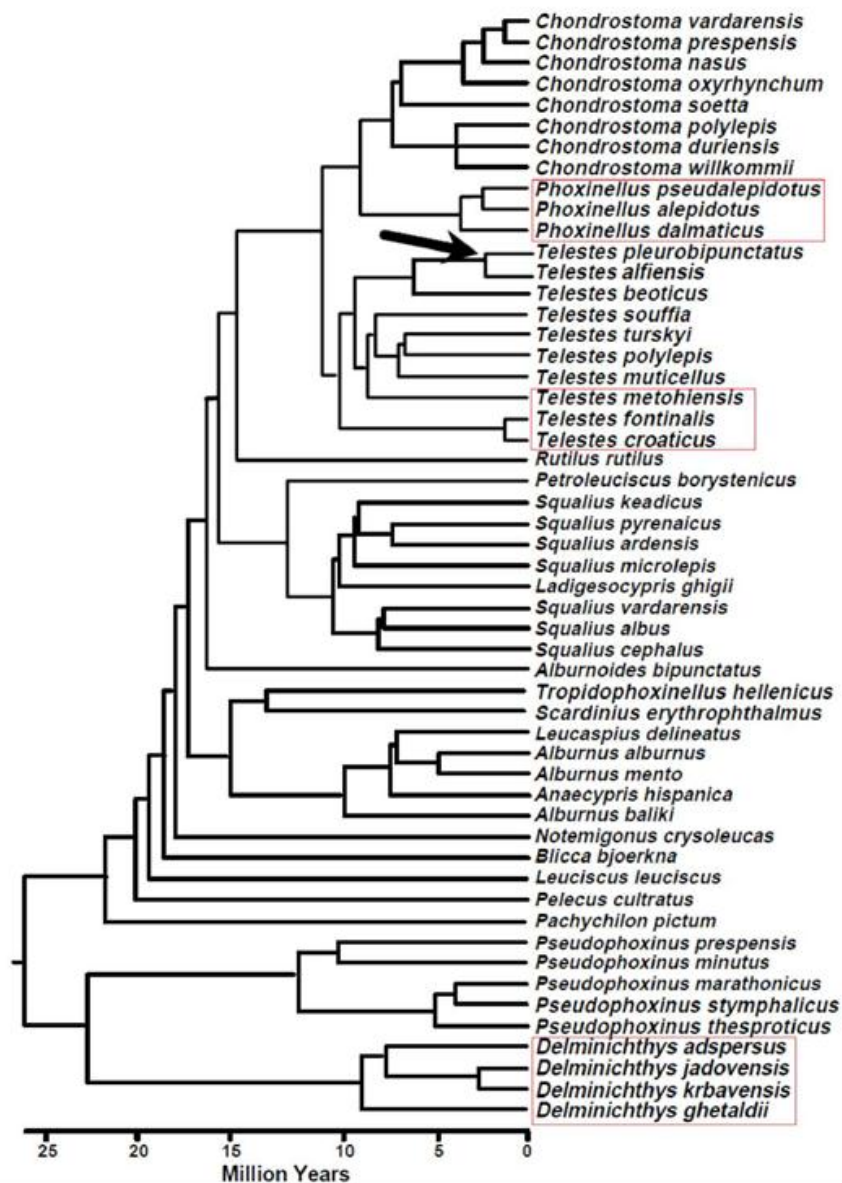
Nakon što su vrste iz roda *Phoxinellus* podijeljene na rodove *Phoxinellus*, *Telestes* i *Delminichthys*, opisana su karakteristična obilježja svakog od tih rodova. Vrste roda *Delminichthys* karakteriziraju nepravilne točkaste šare, izduženi korijen repa, velik postkleitrum, povećani broj pterigiofora u podreпноj peraji i povećana genitalna kvržica kod ženki (Zupančić & Bogutskaya 2002).



Slika 4.2. *Delminichthys ghetaldii* iz Omble.

D. ghetaldii karakterizira 80-91 ljuska u bočnoj prugi te 90-105 ljusaka u lateralnom nizu (broj poprečnih redova ljusaka). Gornja usna je prekinuta u sredini (tj. prekinut je žlijeb iza gornje usne), gornja čeljust je nepokretna. Ljuske ovalnog do okruglastog oblika su duboko usađene; kod odraslih je koža očito zadebljala, osobito tijekom sezone mrijesta kada većina ljusaka postane neuočljiva.

Relativno su lako uočljive kod juvenilnih jedinki i kod manjih odraslih jedinki izvan sezone mrijesta. Ljuske su raspoređene po cijelom tijelu iako mogu biti prorijeđene na području ispred prsnih peraja i na najgornjem dijelu leđa a one u bočnoj prugi su postavljene bliže jedna drugoj i povećane su u odnosu na ostale tjelesne ljuske. *D. ghetaldii* ima snažnu i povećanu korakoidnu kost (kost koja čini bazu prsnih peraja) i kleitrum (kost koja povezuje korakoidnu kost i lubanju, čineći tako stražnji rub škržne komore). Standardna duljina tijela (duljina koja ne uključuje duljinu repne peraje) popovske gaovice iznosi maksimalno 130 mm a prosječna je 90 mm (Freyhof i sur., 2006; Zupančić & Bogutskaya, 2002).



Slika 4.3. Kronogram kladogeneze proučavanih ciprinida izrađen prema molekularnom satu. Strelicom je prikazano razdvajanje vrsta koje se dogodilo nakon formiranja Korinskog tjesnaca u Grčkoj prema kojemu je kalibriran molekularni sat. Crveno su zaokružene vrste iz Hrvatske i BiH koje su spadale u nekadašnji rod *Phoxinellus* (prilagođeno prema Freyhof i sur. 2006).



Slika 4.4. Izvor Omble, najveće stanište popovske gaovice u Hrvatskoj.

4.4 Biologija roda *Delminichthys*

Gaovice se uglavnom mrijeste tijekom kasnog proljeća kada vodotoci nabujaju. Ženke odlažu ikru na šljunkovitom ili kamenitom supstratu (litofilne vrste). Odjednom odlaže između 1000 i 2000 sitnih jajašaca. Ovaj relativno mali broj jajašaca je posljedica vrlo malog broja predatora u sredini u kojoj gaovice žive pa je stopa preživljavanja mlađi povećana. Spolni dimorfizam je izražen; mužjaci u vrijeme mrijesta dobivaju mrijesne kvržice po glavi i prsnim perajama, dok ženke postaju crveno istočkaste po truhu i dobivaju crveno obojenje na osnovama prsnih peraja i podrepne peraje. Hrane se vodenim beskralješnjacima (ličinke vodenih kukaca, račići). Pretpostavlja se da su prilagođene duljem razdoblju gladovanja zbog karakterističnog načina života i vrlo teških okolišnih uvjeta. Naime, nastanjuju krške vodotoke i izvore i s vodom se povlače u podzemlje za vrijeme ljetnih suša kada ta vodena tijela presuše. Gaovice su izrazito specijalizirane za takav način života i zato mogu naseljavati vodotoke u kojima nema drugih vrsta riba ili ih ima vrlo malo. S dolaskom hladnijeg dijela godine se udružuju u veća jata te zalaze u podzemlje gdje prezimljavaju. Za uspješan mrijest i razvoj jajašaca je potrebna sunčeva svjetlost tako da se mrijest odvija u proljeće kada razina vode naraste i gaovice izlaze na površinu (Jelić i sur. 2008).

Popovska gaovica je fakultativno troglobionska vrsta, odnosno stigofil (eng. „stygophil“ definiciju pogledati u Culver i Pipan 2009). Tim terminom se označavaju vrste koje u određenom dijelu svojeg životnog ciklusa ulaze u podzemlje. No kod popovske gaovice ova je pojava vrlo ekstremna i poznate su populacije koje veći dio života provode u podzemlju, a samo u manjem dijelu izlaze na površinu. Za pretpostaviti je da je moguće da postoje i populacije koje nikada ne izlaze iz podzemlja. Ova pretpostavka se bazira na dvije činjenice: 1. Daleko veći dio podzemnih staništa je nedostupan i nepoznat čovjeku od onog kojeg poznajemo i 2. Upravo ti dijelovi su mjesta gdje bi se očekivali potpuni stigobiti (eng. „stygobit“). Ipak čini se da ova vrsta još uvijek ovisi o dostupnosti i nadzemnih i podzemnih staništa te nedostatak ijedne komponente dugoročno dovodi do nestanka populacije. Mnogi se lokaliteti u Popovom polju spominju kao ranije stanište popovske gaovice (većina na Trebišnjici i okolnim izvorima) (Ćurčić 1913, 1915) no nakon kanaliziranja Trebišnjice ova je vrsta gotovo nestala iz tih dijelova.

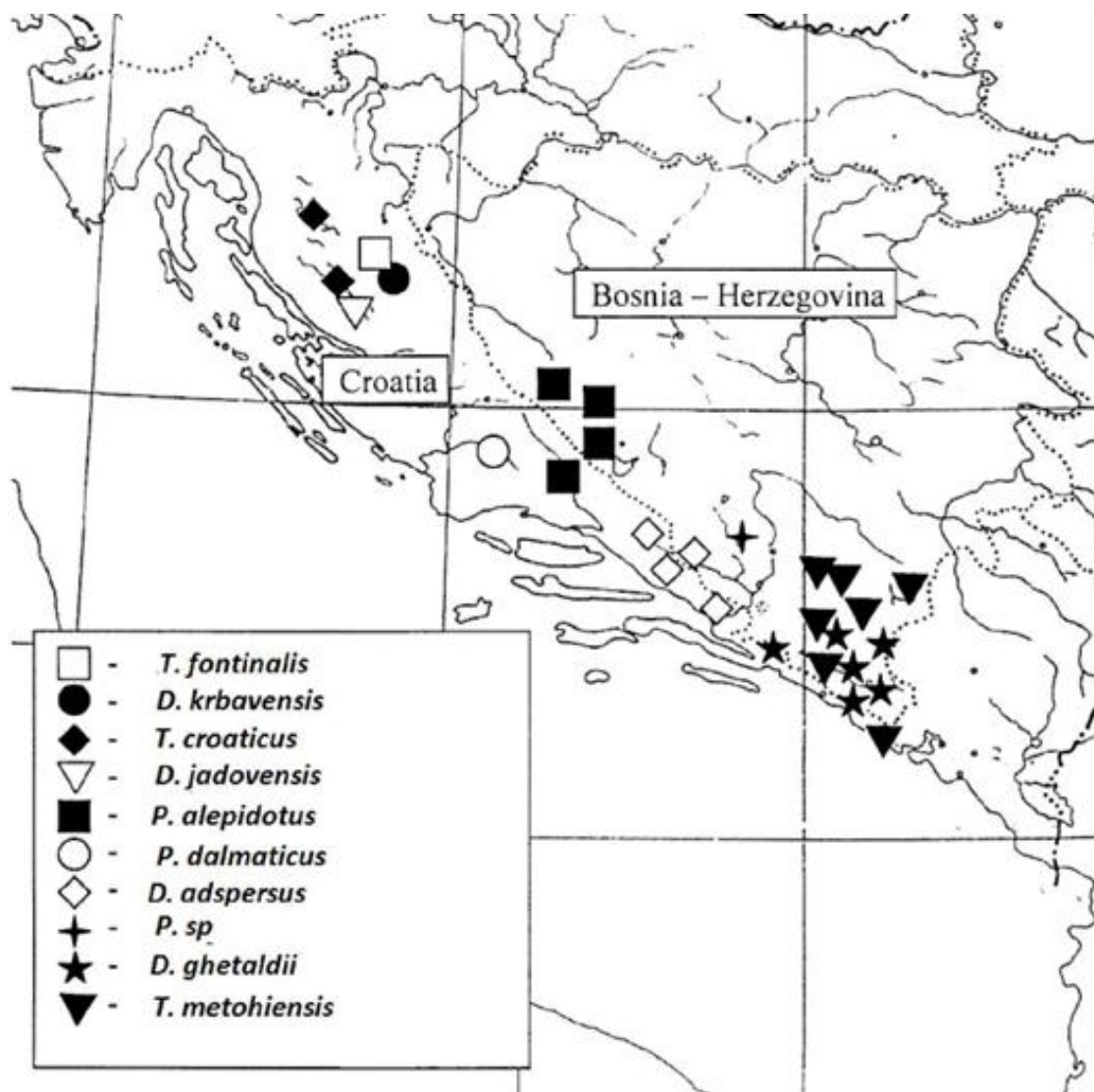


Slika 4.5. „Lovnica“ - jama pripremljena u polju za lov popovske gaovice za vrijeme poplave.

4.5 Rasprostranjenost

Vrste nekadašnjeg roda *Phoxinellus* naseljavaju područje dinarskog krša Hrvatske i BiH (Slika 4.6.). Iz roda *Delminichthys* najsjevernije je rasprostranjena jadovska gaovica (*D. jadovensis*) koja je zabilježena u ličkim vodotocima: rijeci Jadovi i potocima Balatin i Japoga. Krbavski pijor (*D. krbavensis*) obitava u izvorima u Krbavskom polju. Imotsku gaovicu (*D. adspersus*) nalazimo u južnoj Dalmaciji i Bosni i Hercegovini u slivnim područjima rijeke Vrljike, Matice, Norin i Neretve te u Crvenom jezeru i Baćinskim jezerima.

Areal rasprostranjenja popovske gaovice se samo manjim dijelom nalazi u Hrvatskoj, u potocima i izvorima najjužnijeg dijela Dalmacije, poput izvora Omble kod Dubrovnika i izvoru Stravča pored Cavtata. U Bosni i Hercegovini naseljava polje Blaca kod Neuma, Popovo, Dabarsko, Fatničko i Ljubomirsko polje, rijeku Bunu i potok Kasindolku. U istoj regiji nalazimo i gatačku gaovicu (*Telestes metohiensis*) te nedavno opisane *Telestes dabar* (Dabarsko polje) i *Telestes miloradi* (Konavosko polje) (Jelić i sur., 2008; Zupančić, 2008; Bogutskaya i sur., 2012).



Slika 4.6. Rasprostranjenost nekih vrsta iz rodova *Delminichthys*, *Phoxinellus* i *Telestes* u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini (prilagodeno prema Zupančić & Bogutskaya, 2002).

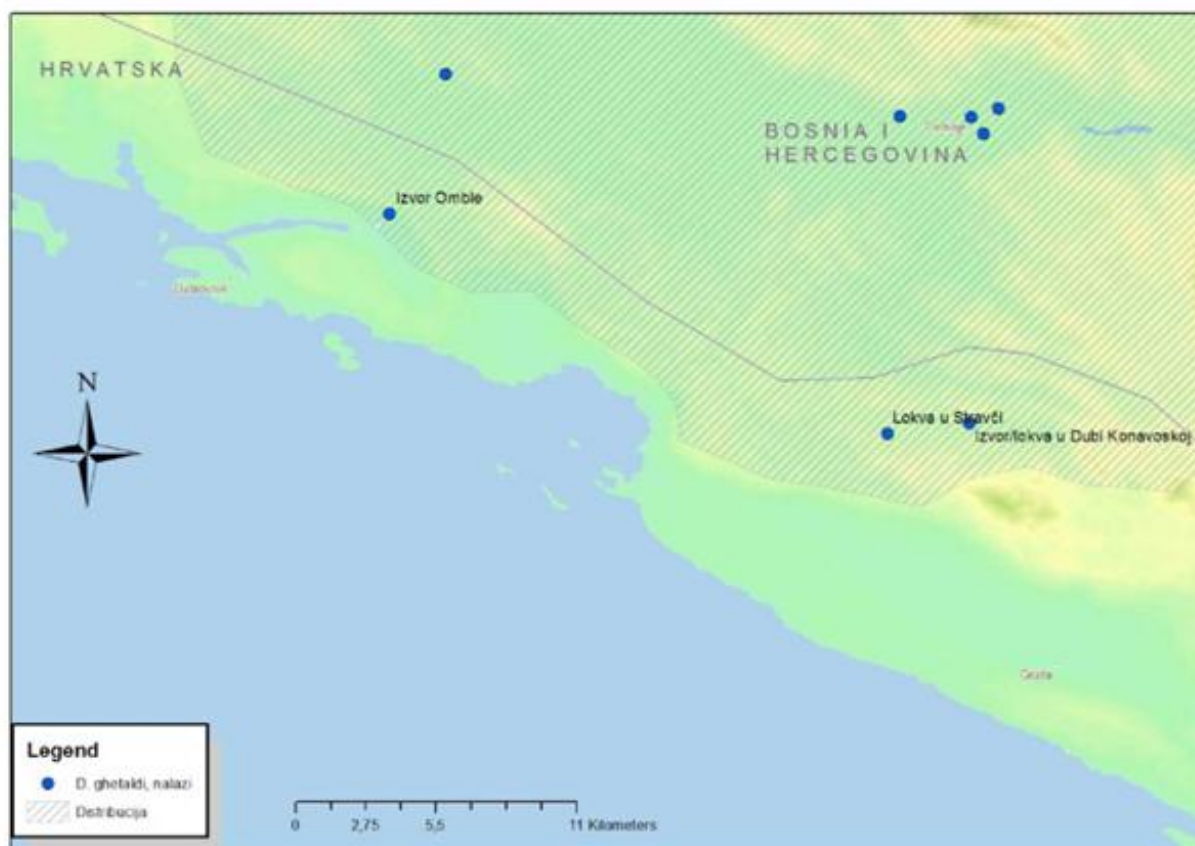


Slika 4.7. Izvor i lokva u Dubi Konavoskoj stanište su popovske gaovice.



Slika 4.8. Popovska gaovica iz Dube Konavoske.

Našim istraživanjem u razdoblju 2012. - 2014. popovska gaovica je zabilježena na tri lokaliteta u Hrvatskoj: 1. Izvor i špiljski sustav Omble; 2. lokva u selu Stravča kod Cavtata (ova oba lokaliteta su od ranije poznata i iz literature) i 3. dvije lokve/izvora u Dubi Konavoskoj (novi lokalitet) (Slika 4.9.).



Slika 4.9. Pregled lokaliteta sa zabilježenim populacijama popovske gaovice.

Izvor Omble posjećen je u tri navrata:

- 06.07.2012. - lovljeno u izvorišnom jezeru elektroagregatom nije zabilježena niti jedna vrsta; vrijeme elektroribolova ~35 minuta;
- 05.06.2014. - zabilježena popovska gaovica u Dubokom jezeru u Velikoj dvorani i Glavnom kanalu (oko 20-tak jedinki u svakom dijelu); vrijeme urona ~50 min;
- 23.09.2014. - zabilježena popovska gaovica ronjenjem u objektu (~20 jedinki u izvorišnom jezeru, više od 30 jedinki u izvorišnoj špilji); vrijeme urona ~45 min.

Izvor/lokva u Stravči i dvije **izvor/lokve u Dubi Konavoskoj** posjećene su u tri navrata:

- 09.05.2013. - elektroribolovom zabilježeno 10 popovskih gaovica u Dubi Konavoskoj i u bistroj vodi viđeno još barem 20tak jedinki koje su se preplašene zavlačile natrag u izvor u dnu lokve (u jezerce su lokalni stanovnici ubacili i 20tak šarana od 0,2-0,8 kg); u Stravči je zabilježeno samo 3 jedinke popovske gaovice; ukupno vrijeme elektroribolova ~ 15 min;
- 01.09.2013. - elektroribolovom potvrđeno prisustvo gaovice na oba lokaliteta, ukupno 30tak jedinki; ukupno vrijeme elektroribolova ~ 15 min;

- 24.09.2013. - elektroribolovom potvrđeno 15 jedinki na svakom od lokaliteta; ukupno vrijeme elektroribolova ~ 15 min.

Izvori Vruljak 1 i 2 u Trebinju (Popovo polje, BiH) posječeni su samo jedan put za usporedbu:

- 20.06.2014. - zabilježeno 20tak jedinki popovske gaovice tijekom ronjenja u špiljskom sustavu; vrijeme urona ~ 35 min.

4.6 Očekivano rasprostranjene popovske gaovice u Hrvatskoj

Za očekivati je da se u Dubrovačkom primorju nalazi još izvora u kojima žive populacije popovske gaovice, no za potvrdu potrebno je provesti ekstenzivno istraživanje izvora i lokvi prilagođenim metodama. Kao što je ranije opisano, klasične ihtiološke metode lova elektroagregatom nisu se pokazale efikasnim. Velika je vjerojatnost za pojavljivanjem vrste i u Konavoskom polju s obzirom da se javljaju u izvorima na sjevernom dijelu Sniježnice (Slika 4.9.).

4.7 Uloga podzemnih tokova u osiguranju unutarnje povezanosti areala popovske gaovice

Sve vrste roda *Delminichthys* su stigofilne vrste Dinarskog krša pa tako i *D. ghetaldii*. Njihova evolucija u kršu prilagodila ih je na nestabilne hidrološke prilike, i riješenje za preživljavanje sušnih razdoblja, su pronašli u sezonskom povlačenju u podzemne vodonosnike. Ove su vrste vrhunski prilagođene na vrlo specifična staništa ali tijekom evolucije uglavnom nisu imale kontakt sa drugim vrstama riba, tako da su vrlo slabi kompetitori.

Popovska gaovica naseljava Popovo, Dabarsko, Fatničko i Ljubomirsko polje za koje je poznato da imaju niz međusobnih podzemnih veza (Slika 4.6.). Popovo polje dijelom je drenirano prema jugu nizom manjih ponora i prema zapadu u rijeku Neretvu. Svi ovi ponori prema jugu pojavljuju se u Dubrovačkom primorju kao niz izvora i vrulja. Danas nije poznato da li su sve te podzemne veze od gornjih polja (Dabarsko, Fatničko i Ljubomirsko polje) preko Popova polja, pa do Dubrovačkog primorja, i dalje fizički prohodne za podzemne životinje, no ne sumnjivo je da su u nekoj fazi geološke povijesti zasigurno bile.

Neočekivano snažnu povezanost odvojenih podzemnih sustava pokazali su Palandačić i sur. (2012a,b) na primjeru populacija *D. adpersus*. Oni su ustanovili da postoji intenzivan protok gena kroz podzemlje čak i između vrlo udaljenih populacija. Interesantno bi bilo na isti način testirati i povezanost populacija *D. ghetaldii* iz pojedinih polja.

Temeljem vrlo male udaljenosti od Popovog polja do Omble (~10 km) za pretpostaviti je da još uvijek postoji direktna podzemna veza između njih. Ćurčić (1913, 1915) navodi da je jegulja vrlo česta vrsta u Popovom polju i diskutira da je jedino moguće da ova vrsta tu dolazi kroz podzemlje. On donosi čak i nalaze iz Fatničkog polja, ali značajno rijede. Ovi podaci bi mogli ići u prilog da postoji kontinuirana veza i između Omble i Popova polja. Ako je to istina tada bi Ombla mogla biti vrlo važan koridor za prolaz ugrožene jegulje prema područjima važnim za prehranu (hranilište).

4.8 Ugroženost i zaštita

Popovska gaovica je u Hrvatskoj strogo zaštićena vrsta a njen IUCN status je EN (ugrožena). Vodotoci u kojima popovska gaovica dolazi u Hrvatskoj su kratki i pod velikim antropogenim utjecajem. Glavni uzroci njene ugroženosti su uništavanje prirodnih staništa, vrlo uzak areal i pogoršanje kakvoće vode (Mrakovčić i sur., 2006).

Ova vrsta, kao i cijeli rod, je karakteristična po tome da velik dio života provede u podzemlju tako da je osobito osjetljiva na površinska onečišćenja koja oborinama bivaju isprana u podzemlje. Još jedan problem su isušivanja krških vodotoka i izgradnja brana za hidroelektrane zbog čega općenito pada razina podzemnih voda. Posljedično izvori ne mogu nabujati dovoljno da gaovice izađu na površinu na mrijest i tako ne mogu zatvoriti životni ciklus. Boljoj zaštiti bi pridonijelo i više saznanja o biologiji i ekologiji kako ove vrste tako i cijelog roda *Delminichthys*.

Situacija sa distribucijom popovske gaovice je u mnogočemu slična onoj u pojedinim široko rasprostranjenih ptica koje za gnježđenje ipak koriste samo vrlo specifične malene otoke. Takav primjer je kritično ugroženi (IUCN globalni status: CR) albatros sa otoka Amsterdam, *Diomedea amsterdamensis*, koji iako široko rasprostranjen, za gnježđenje samo koristi otok Amsterdam površine 55 km². IUCN prepoznaje takve vrste i stoga se i u smjernicama za procijenu ugroženosti navodi da se u takvim slučajevima mora sagledati najmanja površina koja je ključna za bilo koji dio životnog ciklusa vrste. *D. amsterdamensis* je globalno kritično ugrožena vrsta jer je kao kritični životni prostor uzeto 55 km² na kojima se razmnožava.

Popovska gaovica na isti način ovisi o izvorišnom jezeru Omble kao mjestu za razmnožavanje. U podzemnim dijelovima Omble nalazi se velika populacija ove vrste, ali njezin opstanak u potpunosti ovisi o nesmetanoj lokalnoj migraciji iz unutrašnjosti špiljskog sustava prema vanjskom jezeru, te nesmetani povratak natrag u sigurnost špilje. Ovo je karakteristična pojava kod stigofilnih vrsta. Izgradnja HE Ombla bi prekinula ovu migraciju i time bi bio moguć samo pasivni drift iz podzemlja u izvorišno jezero, no povratak nebi bio moguć. Za pretpostaviti je da bi taj prekid dugoročno prouzročio lokalno izumiranje vrste.

4.9 Popovska gaovica i Natura 2000

Popovska gaovica je u Hrvatskoj prisutna samo u izoliranim podzemnim staništima na jugu Hrvatske koja do nedavno nisu bila značajo obuhvaćena ihtiološkim istraživanjima. Većina ihtioloških istraživanja na ovom području obavljeno je u nadzemnim vodotocima pomoću aparata za elektroribolov. Ovi aparati imaju vrlo slabi učinak u dubokoj vodi i uglavnom ne mogu „uloviti“ ribu koja se nalazi na dubini većoj od 2 m. Adekvatna metodologija za istraživanje popovske gaovice jest speleoronjenje jer omogućuje da se životinje promatra u dubokim dijelovima špilja, što čini primarno stanište.

Tek povijesni nalazi ove vrste u Hrvatskoj nisu bili dovoljni da ju se uvrsti u prijedlog referentne liste Natura 2000 vrsta u Hrvatskoj. Državni zavod za zaštitu prirode je odlučio, uslijed nedostatka dokaza da vrsta obitava na povijesnim staništima, da ju maknu sa liste i da se za nju neće definirati pSCI područja. No upotrijebom novih metoda istraživanja speleoronjenjem, članovi Hrvatskog Herpetološkog društva HYLA, Hrvatskog društva za biološka istraživanja i Društva za istraživanje

krša FREATIK, dokazali su da u izvoru Omble postoji značajna populacija popovske gaovice. Isti argumenti iznijeti su na Biogeografskim seminarima za Republiku Hrvatsku 29.-30.09.2014. predstavnicima Europske komisije,

DZZPa, MZOP i NGO sektora. Ti argumenti su prihvaćeni kao validno stručno pojašnjenje i *Delminichthys ghetaldii* je dodana na referentnu listu RH i kao područja za zaštitu ove vrste predloženi su izvor Omble i izvor/lokve u Dubi konavoskoj. Vrsta je još potvrđena i u lokvi u selu Stravča (Slika 4.9.). U Dodatku II. Direktive o staništima navedena je kao *Phoxinellus sp.* jer su sve vrste rodova *Delminichthys*, *Telestes* i *Phoxinellus* tada bile obuhvaćene rodom *Phoxinellus*. Kasnije su odvojeni rodovi *Delminichthys* i *Telestes* kao zasebni, no u službenim dokumentima se i dalje navodi *Phoxinellus sp.*, ali pod tim nazivom se podrazumjevaju sve vrste. Dapače, vrste današnjeg roda *Delminichthys* su upravo i bile jedan od osnovnih razloga za uključenje cijelog roda u Naturu 2000 pod zajedničkim nazivom *Phoxinellus sp.*

4.10 Općenito o antropogenom utjecaju na popovsku gaovicu (posebno s obzirom na hidromorfološke uvjete u BiH)

Populacija popovske gaovice u Popovom polju je značajno smanjena antropogenim utjecajima u posljednjih stotinjak godina. Čitavo korito Trebišnjice je kanalizirano (betonirano) te je presječena veza sa ulazima u podzemne tokove. Cilj ovog kanaliziranja punim profilom je upravo i bio da se voda nebi gubila kroz brojne poveznice sa podzemljem. Time se značajno promijenio i režim dotoka vode iz Popovog polja u izvore u Dubrovačkom primorju (uključujući i Omblu). Kao što je napomenuto u opisu biologije vrste, za popovsku gaovicu kao stigofilnu vrstu, vrlo je bitna mogućnost migriranja između nadzemnih i podzemnih staništa. Nadalje, na sustavu Trebišnjice izgrađeno je i nekoliko akumulacijskih jezera. I kanaliziranje korita i izgradnja akumulacija doveli su do promjena u kvaliteti vode. A zatim su u te vode unesene i brojne strane vrste koje su postale predatori i kompetitori gaovici. U Bosni i Hercegovini trenutno se planira izgradnja većeg broja hidroelektrana (pr. projekt Gornji Horizonti) na području krških polja koja naseljava popovska gaovica. S obzirom na značajno slabiju legislativu u BiH utjecaj tih zahvata na endemske vrste ribe se niti ne sagledava. Ovime i Hrvatska dobiva i značajnu obavezu u očuvanju ove vrste na Europskom nivou. A u tom aspektu Ombla je svakako najznačajniji lokalitet ove vrste u Hrvatskoj.

4.11 Opis staništa popovske gaovice na lokaciji izvora Omble s procjenom stabilnosti lokalne populacije

Preliminarnim pregledom sve tri navedene populacije i veličine dostupnog staništa možemo ustvrditi da se na lokalitetu „Izvor Omble“ nalazi oko 70-80 % ukupne populacije popovske gaovice u Hrvatskoj. Na izvor/lokva u Dubi Konavoskoj oko 10-15% i u lokvi u Stravči oko 10-15%. Ovo su okvirne procijene bazirane na preliminarnom pregledu i poznatoj veličini staništa (špiljski sustav Omble i izvor/lokve u Stravči i Dubi Konavoskoj; samo izvorišno jezero Omble je veće od sve tri lokve zajedno). Za pretpostaviti je da sustav Omble u dubljim djelovima ima i znatno veće populacije. Staništa u potopljenim dijelovima Omble odgovaraju onima u Popovom polju (pr. izvori Vruljak1, Vruljak2 u Trebinju). Lokaliteti u Trebinju posjećeni su tijekom 2014. i u njima je primjećena okvirno ista gustoća populacije kao i u Ombli (ova je procjena u potpunosti subjektivna ocjena na temelju učestalosti viđenja tijekom urona). Slična brojnost potvrđuje da se radi o prirodnoj populaciji

podzemnog sustava Omble, a ne o neuhranjenim zalutalim jedinakama iz Popovog polja kao što su pretpostavili Mrakovčić i suradnici u ihtiološkoj studiji (Mrakovčić i sur. 2012). Točne procijene brojnosti potrebno je napraviti metodom linijskih transekata i usporediti sa poznatim populacijama u Popovom polju.

Ronjenjem u izvorišnom jezeru popovske gaovice su zabilježene u većem broju na većim dubinama (3-8 m), na mjestima sa slabijom strujom vode i među većim kamenjem i travom. Ribe su imale tendenciju sakrivanja među kamenje i u manje procijepe u stijenama. Ukupno je tijekom 30 min ronjenja zabilježeno 20tak jedinki. Na ovoj lokaciji zabilježene su i juvenilne jedinke ukupne duljine tijela (TL) oko 2 cm. Samo odrasle jedinke zabilježene su u izvorišnoj špilji, jezeru u Velikoj dvorani (tzv. Duboko jezero) i u Glavnom kanalu. Na svim lokalitetima je zabilježena podjednaka brojnost od oko 20-30 odraslih jedinki.

Jedinke zabilježene našim istraživanjem su bile iznimno dobro uhranjene (Slika 4.2.) i time se nisu razlikovale od onih iz Popova polja. Jedinke nisu lovljene niti mjerene i na njima nije bilo moguće izračunati standardne indekse kondicije. Procjena se bazira na iskustvu istraživača. U sustavu Omble postoji izobilje hrane i nema razloga zašto bi vrsta bila neishranjena.

Bez ikakve rasprave se sve tri istražene populacije (Ombla, lokva u Stravči i lokve u Dubi Konavoskoj) mogu smatrati **stabilnim lokalnim populacijama**. Tijekom istraživanja zabilježeno je i nekoliko juvenilnih riba (TL≈2 cm) što dodatno potkrepljuje da se radi o stabilnim populacijama jer je vidljivo da dolazi i do razmnožavanja. Juvenilne jedinke su primjećene u izvorišnom dijelu.

Ranijim radovima već je izvorišni dio Omble zatvoren sa obodnom branom kako bi se podigao vodostaj za potrebe mlina. Time je i nastalo današnje izvorišno jezero. No konfiguracija terena i dubina izvorišnog jezera govori da se je na tom mjestu i prije toga nalazilo prirodno jezerce. Dakako, značajno manjih dimenzija. I jezerca voda je otjecala u Rijeku Dubrovačku te se tu miješala sa morskom vodom. I tada su popovske gaovice nesmetano izlazile u izvorišno jezerce i stupac slatke vode u Rijeci Dubrovačkoj te se nakon nekog vremena vraćale natrag u podzemlje. Tada je za potrebe mlina podignuta brana i ovaj je put presječen, te danas popovske gaovice samo pasivnim driftom dospjevaju u Rijeku Dubrovačku. Iz ovog razloga niti jednim dosadašnjim istraživanjem ova vrsta nije pronađena nizvodno od te brane. Jedinke koje voda i odnese u taj dio, nemaju mogućnost da se u sušnom razdoblju vrte u izvor, te nestaju.

U izvoru i špiljskom sustavu živi i jegulja, što su potvrdila i ranija istraživanja (Mrakovčić i sur. 2012) i moguće je da ova vrsta migrira kroz Omblu u Popovo polje. Ovu teoriju predložio je prvi Ćurčić (1915) koji je u Popovom polju bio iznenađen bronošću jegulje. Mi se također slažemo da je ovakva migracija vrlo moguća s obzirom da se radi o samo 10 - tak km zračne linije.

4.12 Analiza prijetnji održanju lokalne populacije popovske gaovice na izvoru Omble

Mišetić i sur. (2012) navode:

„Staništa važna za ribe na rijeci Ombli mogu se podijeliti na dva tipa - podzemna, špiljska staništa i vanjski, jezerski dio (izvor). Planirani zahvat predviđa potapanje podzemnih, špiljskih prostora radi akumuliranja vode. Potapanjem podzemnih prostora nastat će nova podzemna, vodena staništa odnosno povećati će se površina odnosno volumen postojećih. Dakle, planirani zahvat neće negativno utjecati na kvalitetu ili opstojnost podzemnih vodenih staništa važnih za ribe. Izvorski, vanjski dio predstavlja protočno jezero (ujezerenje) što ustvari i nije prirodno stanište s obzirom da je čovjek stvorio umjetno jezero kako bi mogao crpiti slatku vodu za piće. U prošlosti se vjerojatno Ombla ulijevala direktno u more i nije postojao vanjski dio toka, pa se tako isključivo može govoriti o umjetnom protočnom jezeru i staništu. Na temelju izloženog može se zaključiti da planirana izgradnja kao i kasnije korištenje HE Ombla neće imati utjecaj na vrste riba utvrđene istraživanjima provedenim 2012. godine. Promjenom količine vode u podzemnom špiljskom sustavu nakon izgradnje HE Ombla neće doći do većih promjena ekoloških uvjeta za popovsku gaovicu vrstu s liste vrsta ciljeva očuvanja ekološke mreže.“

Na temelju iznijetih podataka moramo ustvrditi da ova procjena nije točna i da će planirana izgradnja kao i kasnije korištenje HE Ombla IMATI ZNAČAJAN UTJECAJ na lokalnu populaciju popovske gaovice (a vjerojatno i jegulje). Naime, točno je da će potapanjem podzemnih prostora doći do stvaranja novih podzemnih vodenih staništa, no izgrađena brana prekinut će sve prirodnu migraciju gaovica do izvora i natrag. Prilikom višeg vodostaja i preljeva jedinke će moći driftom dospjeti u izvorišno jezero, no nikada se više neće moći vratiti u podzemlje. Slične alternacije u koritu Trebišnjice u Popovom polju dovele su do nestanka ove vrste iz tog dijela toka. Također nije istina da se Ombla u prošlosti uljevala direktno u more jer i današnja konfiguracija izvorišnog jezera pokazuje da je i ranije tu postojalo manje izvorišno jezerce što je bilo dovoljno za popovsku gaovicu da zaokruži svoj ciklus. Primjer vrlo malih izvor/lokvi u Dubi Konavoskoj i Stravči sa stabilnim populacijama popovske gaovice govori u prilog ovoj teoriji.

Zaključujemo da će promjenom količine vode u podzemnom špiljskom sustavu nakon izgradnje HE Ombla ZASIGURNO doći do većih promjena ekoloških uvjeta za popovsku gaovicu, vrstu s liste vrsta ciljeva očuvanja ekološke mreže. Dakle, zahvat će imati značajan utjecaj na ovu ciljnu vrstu, a vjerojatno i na jegulju.

4.13 Preporuke mjera za održanje lokalne populacije popovske gaovice na izvoru Omble

1. Potrebno je precizno kartirati rasprostranjenost popovske gaovice i čovječje ribice u sustavu Omble. Čovječja ribica je pronađena 80-tih godina i potrebna su detaljnija speleoronilačka istraživanja kako bi definiralo koje dijelove sustava naseljava.
2. Neophodno je čim prije napraviti točnu procjenu brojnosti popovske gaovice u izvorišnom jezeru i špiljskom sustavu Omble.
3. Neophodno je pokrenuti precizna istraživanja da se potvrdi da li Ombla služi kao migratorni koridor za popovsku gaovicu i jegulju (genetička i speleoronilačka).
4. U slučaju bilo kakvog zahvata on ne smije ugroziti vertikalnu i horizontalnu migraciju stigofilnih vrsta.

4.14 Literatura

1. Bogutskaya N. G., Zupančić P., Bogut I., Naseka A. M. (2012): Two new freshwater fish species of the genus *Telestes* (Actinopterygii, Cyprinidae) from karst poljes in Eastern Herzegovina and Dubrovnik littoral (Bosnia and Herzegovina and Croatia). *ZooKeys* 180: 53-80. doi: 10.3897/zookeys.180.2127
2. Culver, D.C. & Pipan T. (2009): *The biology of caves and other subterranean habitats*. Oxford University Press, 2009. 254 pp.
3. Ćurčić, V. (1913): Narodno ribarstvo u Bosni i Hercegovini II. Hercegovina. *Glasn. Zem. Muz. BiH*, Vol. 25, 421-514.
4. Ćurčić, V. (1915): Narodno ribarstvo u Bosni i Hercegovini II. Hercegovina. *Glasn. Zem. Muz. BiH*, Vol. 27, 37-108 i 313-350.
5. Freyhof J., Lieckfeldt D., Bogutskaya N. G., Pitra C., Ludwig A. (2006): Phylogenetic position of the Dalmatian genus *Phoxinellus* and description of the newly proposed genus *Delminichthys* (Teleostei: Cyprinidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 38: 416-425.
6. Jelić D., Duplić A., Čaleta M., Žutinić P. (2008): Endemske vrste riba jadranskog sliva. Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb.
7. Mišetić, S. i sur. (2012): HE Ombla Studija o utjecaju HE Ombla na ekološku mrežu – Nacrt Glavna Ocjena Prihvatljivosti Zahvata Za Ekološku Mrežu (Study on the impact on the ecological Network of HE Ombla - Main Draft Impact Assessment Environmental Network), Elektroprojekt, August 2012 (unpublished)
8. Mrakovčić M., Brigić, A., Buj I., Čaleta M., Mustafić P., Zanella D. (2006): Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

-
9. Mrakovčić, M. i sur. (2012): Studija o utjecaju na okoliš planirane Hidroelektrane Ombla (A study on the environmental impact of the planned Ombla Hydropower plant. Draft) - Hrvatsko Ihtiološko Društvo (Croatian Ichthyological Society), July 2012 (unpublished)
 10. Palandačić, A, Zupančić, P, Snoj, A. (2010): Revised classification of former genus *Phoxinellus* using nuclear DNA sequences. *Biochemical Systematics and Ecology* 38(5):1069-1073.
 11. Palandačić, A, Bonacci, O, Snoj, A. (2012a): Molecular data as a possible tool for tracing groundwater flow in karst environment: example of *Delminichthys adspersus* in Dinaric karst system. *Ecohydrology* 5(6): 791-797.
 12. Palandačić, A, Matschiner, M, Zupančić, P, Snoj, A. (2012b): Fish migrate underground: the example of *Delminichthys adspersus* (Cyprinidae). *Molecular Ecology* 21(7): 1658-1671.
 13. Zupančić P., Bogutskaya N. G. (2002): Description of two new species, *Phoxinellus krbavensis* and *P. jadvovensis*, re-description of *P. fontinalis* Karaman, 1972, and discussion of the distribution of *Phoxinellus* species (Teleostei: Cyprinidae) in Croatia and in Bosnia and Herzegovina. *Natura Croatica*, Vol. 11, No 4: 411-437.
 14. Zupančić P. (2008): Rijetke i ugrožene slatkovodne ribe jadranskog slijeva Hrvatske, Slovenije i Bosne i Hercegovine. AZV d.o.o., Ljubljana.



5 PRILOG III. Procjena održivosti populacije popovske gaovice (*Delminichthys ghetaldii*) na izvoru rijeke Omble te procjena utjecaja HE Ombla (Legović, 2015.)

(Opaska urednika: Verzija priloga III. koja se donosi u konačnoj verziji Knjige 4. dopunjena je u odnosu na verziju na koju je komentare dao Marcelo Kovačić u prilogu V, ali ne u dijelovima na koje se ti komentari odnose.)

Sažetak

U slučaju da se populacija popovske gaovice iz ušća Omble ne može vratiti u otvorene vode slivnog područja, zaključujem da ušće Omble nije njezino stanište već samo prebivalište. Kako glavna populacija gaovice boravi u podzemnom dijelu ušća, dolazim do otkrića godišnjeg dotoka gaovica u ušće iz slivnog područja. Kada bi populacija gaovica značajno zalazila u izvorišno jezerce bilo da se hrani ili ostavi ikru, pokazujem da bi tada njezina populacija u ušću bila mnogostruko manja nego je nađeno tijekom uzorkovanja.

U slučaju da se populacija gaovice iz ušća Omble može vratiti u otvorene vode slivnog područja, tada je ušće Omble također prebivalište, no ono je i dio jedinstvenog staništa koje uključuje bar jedno područje otvorenih voda.

Utjecaj izgradnje HE Ombla će značajno povećati populaciju gaovice u ušću jer će se mnogostruko povećati akumulacija vode i stoga je izgradnja dobrodošla najbolja moguća mjera održanja populacije gaovice u ušću Omble.

5.1 Sadašnje stanje populacije popovske gaovice na ušću rijeke Omble

Za odgovor na pitanja: da li treba zaštititi populaciju popovske gaovice na ušću rijeke Omble, a ako da, onda kako, od ključne je važnosti imati na umu slivno područje rijeke te referentno sadašnje stanje populacije prije izgradnje HE Ombla.

Za slivno područje Omble navodim:

"Slivno područje pokriva od 600 do 900 km, uglavnom u Bosni i Hercegovini. Slivno područje izvora Omble obuhvaća rijeku Trebišnjicu, Mokro polje kod Trebinja, područje sjeveroistočno od Popovog polja i Popovo polje." (WSP, 2013):

Kao indicaciju referentnog sadašnjeg stanja popovske gaovice na ušću rijeke Omble navodim relevantne nalaze iz SUO HE Ombla, (Mustafić i dr., 2012) u kojoj su uzeti u obzir i rezultati prethodnog istraživanja (Mrakovčić, 1998):

"U odnosu na ostale Jadranske vodotoke, karakterizira je vrlo mala raznolikost ihtiofaune. Razlog maloj ihtiofaunističkoj raznolikosti je prvenstveno činjenica što se najveći dio toka rijeke nalazi u krškom podzemlju što ne odgovara većini vrsta riba. Naime, u našim vodama ne postoje prave špiljske ribe koje bi u potpunosti bile prilagođene podzemnom načinu života. Dio naših endemskih vrsta se

tijekom evolucije prilagodio na snažne oscilacije vodostaja tj. razine vode u krškim vodama, pri čemu u podzemnim staništima traži sklonište tijekom hidrološki nepovoljnog dijela godine (niskih vodostaja).

Međutim, reproduktivni ciklus ovih vrsta i dalje je isključivo vezan uz nadzemna vodena staništa.

Tijekom svih dosadašnjih istraživanja u podzemnom i nadzemnom dijelu vodotoka Ombe ...zabilježene su svega dvije vrste riba..."

"Jedine dvije vrste zabilježene u rijeci Ombli tijekom naših istraživanja su popovska gaovica (*Delminichthys ghetaldii*) ...i jegulja (*Anguilla anguilla*). Pritom je popovska gaovica nađena isključivo u podzemnom, špiljskom dijelu rijeke ..., dok je jegulja zabilježena u ujezerenom, vanjskom dijelu rijeke..."

5.1.1 O popovskoj gaovici (*Delminichthys ghetaldii*)

"Popovska gaovica je endemska vrsta iz porodice šarana (Cyprinidae) koja je na temelju novijih molekularnih i morfoloških istraživanja svrstana u rod *Delminichthys*... (Mustafić i dr. 2012).

"Stanište: Popovska gaovica je bentopelagička riba koja nastanjuje jezera i nizinske vodotoke sa slabijim protokom. ...u dijelu godine zalazi u podzemne vode. Nekad je u pojedinim vrelima bila veoma brojna.

Slabo je poznata vrsta, nevažna za ribarstvo i za sportski ribolov...(Mrakovčić i dr. 2006) "Popovska gaovica nastanjuje vodotoke i izvore u Popovom, Ljubomirskom, Dabarskom i Fatničkom polju, rijeku Bunu" i potok Kasindolka (EVRJS, 2008), izvor Stavča kod Cavtata i dvije lokve izvora u Dubi Konavoskoj (Jelić i Špelić, 2015).

Slijedeći navodi su iz studije (Mustafić i dr., 2012):

"...tijekom dijela godine sve vrste roda gaovice zalaze u podzemlje."

"...jedinke koje smo ulovili bile su izrazito mršave. Dva su moguća razloga... Ili su samo naplavljene bujičnim vodama u...špiljski sutav Omble koja im nije primarno stanište ili su visoke vode koje donose hranu izostale."

"...prilikom svakog od terenskih izlazaka uočeno nekoliko desetaka jedinki, pojedinačno razmještenih u špiljskom dijelu (izvorišna špilja; duboko jezero). Prebrojavanjem zabilježenih jedinki te površine prijedene tijekom vizualnog cenzusa utvrđena je prosječna brojnost jedinki od 0,08 jedinki na kvadratni metar."

"Vjerojatno su pojedinačne jedinke gaovice "isprane" (odnesene) iz svojih prirodnih staništa bujičnim vodama kroz ponore Popovog polja u podzemlje. Naime, nađene jedinke su kondicijski u vrlo lošem stanju i djeluju vrlo izglednjelo. Ova činjenica ukazuje na to da u podzemnim staništima ne mogu naći dovoljne količine hrane, a ne mogu izaći u nadzemna staništa. Zabilježene jedinke su najvjerojatnije ostale zarobljene u podzemnim prostorima gdje se ne mogu niti razmnožavati niti adekvatno prehraniti."

"Hrani se beskralješnjacima, posebno račićima. Mrijesti se u lipnju i srpnju. Litofilna je pa se mrijesti na kamenitom i šljunkovitom supstratu u tekućoj vodi. Ženka polaže 1000 do 2000 sitnih jajašca. (Mrakovčić i dr., 2006)

Slijedeći navodi su iz studije (Jelić i Špelić, 2015):

"Gaovice se uglavnom mrijeste tijekom kasnog proljeća kada vodotoci nabujaju. Ženke odlažu ikru na šljunkovitom ili kamenitom supstratu (litofilne vrste). Odjednom odlaže između 1000 i 2000 sitnih jajašaca. Hrane se vodenim beskralješnjacima (ličinke vodenih kukaca, račići). Ronjenjem u izvorišnom jezeru popovske gaovice su zabilježene u većem broju na većim dubinama, na mjestima sa slabijom strujom vode i među većim kamenjem i travom. Ribe su imale tendenciju sakrivanja među kamenje i u manje procijepe u stijenama. Ukupno je tijekom 35 min ronjenja zabilježeno 20tak jedinki. Na ovoj lokaciji zabilježene su i juvenilne jedinke ukupne duljine tijela (TL) manje od 2 cm. Samo odrasle jedinke zabilježene su u izvorišnoj špilji, jezeru u Velikoj dvorani (tzv. Duboko jezero) i u Glavnom kanalu. Na svim lokalitetima je zabilježena podjednaka brojnost od oko 20-30 odraslih jedinki".

5.1.2 O jegulji (*Anguilla anguilla*)

"Temeljem vrlo male udaljenosti od Popovog polja do Omble (~10 km) za pretpostaviti je da još uvijek postoji direktna podzemna veza između njih. Čurčić (1913, 1915) navodi da je jegulja vrlo česta vrsta u Popovom polju i diskutira da je jedino moguće da ova vrsta tu dolazi kroz podzemlje. On donosi čak i nalaze iz Fatničkog polja, ali značajno rjeđe. Ovi podaci bi mogli ići u prilog da postoji kontinuirana veza i između Omble i Popova polja. Ako je to istina tada bi Ombla mogla biti vrlo važan koridor za prolaz ugrožene jegulje prema područjima važnim za prehranu (hranilište)" (Jelić i Špelić, 2015).

"Na temelju broja zabilježenih jedinki kao i površine prijeđene tijekom elektroribolova utvrđena je brojnost jegulje od 1,5 jedinki na kvadratni metar u ujezerenom dijelu ušća Omble" (Mustafić i dr. , 2012).

Prehrambene navike jegulje su od ključne važnosti za moguću zaštitu popovske gaovice na ušću rijeke Omble, stoga slijede dva navoda koji ilustriraju čime se jegulja hrani. "Jegulja voli mirniju vodu i mekano dno. Po danu se drži mulja, a noću traži hranu. Hrani se crvima, raznim račićima, ribljim mrijestom i sličnim vodenim životinjama. Proždrljiva je i grabežljiva..."(Wiki, 2014).

"Jegulja je grabežljivica koja se hrani drugim ribama, manjim vodenim životinjama, ikrom, rakovima, larvama i glistama. Njen plijen su najčešće one ribe koje , kao i ona, žive u mulju, no lovi i sve drugo u vodenom stupcu...neki ribolovci su u utrobi jegulje našli malog klana...U proljeće, kada šaranska riba baca ikru, jegulja se njome obilno hrani uništavajući je tako u ogromnim količinama. Krajem ljeta i u jesen, jegulja najviše voli rakove." (Ardeljan, 2009).

5.1.3 O utjecaju HE Ombla iz dosadašnjih studija

Iz dokumenta SUO HE Ombla, Mustapić, 2012 navodim:

"Promjenom količine vode u podzemnom špiljskom sustavu neće doći do većih promjena ekoloških uvjeta za ribe. Kao što je već rečeno, povećat će se samo površina tj. volumen vodenih staništa što neće negativno utjecati na postojeću ihtiofaunu."

"Planirana izgradnja kao i kasnije korištenje HE Ombla neće imati utjecaj na populaciju jegulja u samoj rijeci. Unatoč činjenici da je jegulja stavljena na popis kritično ugroženih vrsta na europskom nivou, zbog planiranih zahvata neće doći do smanjenja ili ugrožavanja njenih populacija."

Iz dokumenta WSP (2013):

"Popovska gaovica zabilježena je u Izvorskoj špilji i u Velikom jezeru, ali loše stanje jedinki upućuje na to da su one „isprane“ iz Popovog polja u BiH. Zbog naravi protoka vode kroz špiljski sustav Omble smatra se vrlo vjerojatnim da se te ribe ne mogu vratiti u svoju glavnu populaciju (Mustapić i dr., 2012.). Sustav Omble ne osigurava im stanište za razmnožavanje, tako da će ostati zarobljene izvan svoje populacije u Popovom polju i nesposobne da stvore izoliranu/samodovoljnu populaciju u sustavu Omble. S obzirom da u sustavu Omble ne postoji održiva riblja populacija, nije vjerojatno da će radovi utjecati na populaciju popovske gaovice, te se stoga smatra da promjene koje su posljedica HE Ombla neće na nju imati utjecaj."

5.2 Da li je ušće rijeke Omble stanište ili prebivalište popovske gaovice?

Rezultati iz studije (Mustafić, 2012) ukazuju na prilično jasnu situaciju:

- a) nađene su svega dvije vrste riba: popovska gaovica isključivo u podzemnom dijelu Omble te jegulja isključivo u vanjskom ujezerenom dijelu ušća;
- b) nađeno je svega nekoliko desetaka jedinki popovske gaovice u podzemnom dijelu dok je jegulja u jezeru nađena u velikoj koncentraciji od 1.5 jedinki po m²;
- c) nađene jedinke popovske gaovice su kondicijski u vrlo lošem stanju i djeluju izglednjelo.

Gornja tri nalaza ukazuju na hipotezu:

(1) ušće rijeke Omble nije stanište popovske gaovice već je njeno prebivalište.

Prvo, popovska gaovica je u rijeku Omblu donešena ponornicama sa staništa: Popovskog polja, Mokrog polja te drugih dijelova slivnog područja. Drugo, činjenica da je uglavnom nađena u podzemnom dijelu Omble, da je izglednjela a da ima mogućnost ući u jezerce, govori da se ne usudi, a za što ima jak razlog: veliku koncentraciju predatornih jegulja. Treće, ako u podzemlju Omble ima jedinki koje mogu, a za reprodukciju populacije moraju, donijeti ikru u jezerce, sudbina ikre i primjeraka gaovice koje su izašle u jezerce je jasna: poslužiti će kao hrana populacije jegulje, i to ikra u potpunosti.

Međutim gornja hipoteza nije u suglasju (iako nije nužno ni u kontradikciji) sa nalazom Ćurčića koji se spominje u elaboratu Jelić i Špelić, 2015 (vidjeti gore). Naime moguće je da jegulja nađena u Popovom polju ne potječe iz ušća Omble već iz jednog ili više mogućih prolaza od mora do Popovog polja.

U slučaju da populacija popovske gaovice ima uzvodni prolaz od ušća Omble do bar jedne otvorene vode slivnog područja, tada:

(2) ušće rijeke Omble **predstavlja dio jedinstvenog staništa** popovske gaovice **zajedno sa bar jednom otvorenom vodom iz slivnog područja.**

Na temelju podataka iz gore citiranih studija ne mogu zasigurno tvrditi koja je od gornjih dviju hipoteza istinita.

Također, gornje indikacije i zaključci se osnivaju na kvalitativnim argumentima interakcije populacija gaovice i jegulje. Da bismo mogli donijeti valjane zaključke na temelju kvantitativnih argumenata, potrebno je razmotriti dinamiku gaovice i dinamiku jegulje kao jedan povezan sustav. No, prije toga razmotrimo dinamiku gaovice u ušću Omble kao izolirane populacije.

5.3 Podzemlje Omble kao prebivalište popovske gaovice: slučaj izolirane populacije

Moguće je sagraditi matematički model dinamike populacije popovske gaovice u podzemnom dijelu ušća Omble dopuštajući mogućnost da se ona drži samo podzemnog dijela ali i da zalazi u ujezereni dio.

Neka je N broj jedinki popovske gaovice u podzemnom dijelu ušća Omble.

Tada je model dinamike populacije dan sa:

$$dN/dt = I - mN \quad (1)$$

gdje je dN/dt brzina promjene populacije; I - donos jedinki u podzemlje Omble iz Popovskog polja i drugih ponornica i m - stopa mortaliteta gaovice.

Neka je nađena populacija u trenutku koga ćemo označiti sa $t = 0$: $N(t = 0) = N_0$.

Populacija u bilo kojem slijedećem trenutku je zadana sa:

$$N(t) = (I/m) + (N_0 - I/m) [\exp(-mt)] \quad (2)$$

Bez obzira sa kojim brojem započeli populaciju popovske gaovice u podzemlju ušća Omble, uključujući i izostanak jedinki ($N_0 = 0$), nakon nekog vremena, populacija će se stabilizirati na ravnotežnom broju (N^*) koji je zadan sa:

$$N^* = I/m \quad (3)$$

Podaci za model

Za stopu smrtnosti se mogu uzeti podaci za prikanca koji živi maksimalno četiri godine Markotić (2013). Jedinke spolno sazrijevaju već u prvoj godini života, a mrijevaju se više puta tijekom reproduktivne sezone koja traje od kraja siječnja do kraja svibnja. Nađeni apsolutni fekunditet iznosi od 965 do 4740 oocita. Odrasle jedinke se hrane ličinkama kukaca, drugim vodenim beskralježnjacima i biljnom hranom. Markotić (2013) navodi koeficijent prirodne smrtnosti od 0.769.

Sukladno činjenici da računamo sa kontinuiranim modelom uzeti ćemo najnižu moguću stopu smrtnosti od $m = 0.69$ (1/god.). To znači da će na kraju prve godine ostati oko 50 % početne populacije dok će na kraju četvrte godine ostati oko 6% početne populacije, što je optimističnije od broja kojega bismo očekivali.

Točan iznos dotoka gaovica podzemnim vodama nije poznat. S obzirom da je u podzemnom dijelu ušća nađeno nekoliko desetaka jedinki, pretpostavimo da na godinu dotiče $I = 100$ jedinki. Napominjemo da dotok od 100 jedinki uzimamo samo kao primjer. Taj nam broj uopće nije potreban da bismo došli do otkrića koga navodimo niže.

Dinamika populacije

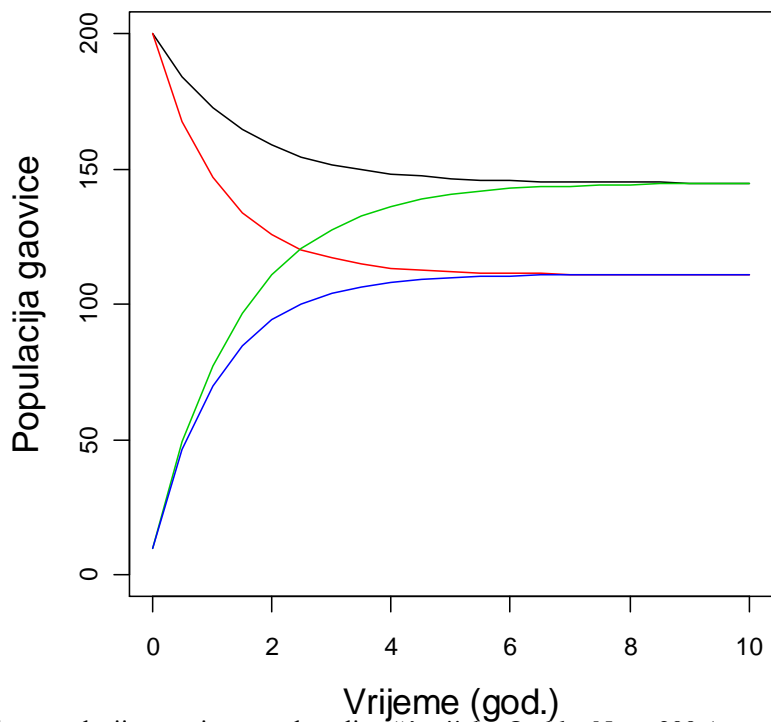
Rezultirajuća dinamika populacije je prikazana na slici 1.

U slučaju da je stopa smrtnosti $m = 0.69$ (manje nego bismo očekivali), biti će postignuta ravnotežna vrijednost populacije (N^*) od 145 jedinki. Ako je stopa mortaliteta $m = 0.9$ (što je realnije), postići će se ravnotežna populacija (N^*) od 111 jedinki.

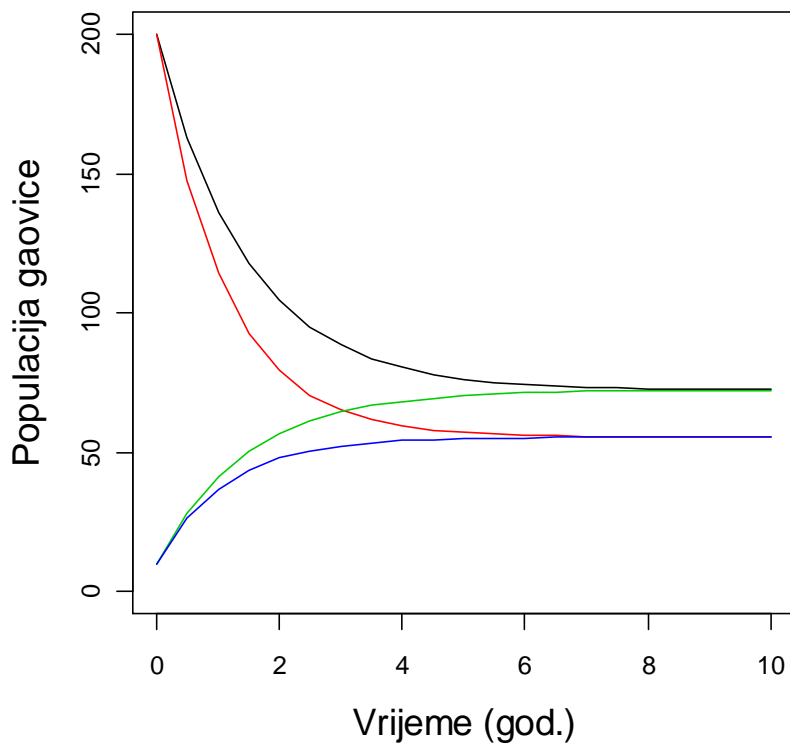
Iz Slike 5.1. se vidi da **bez obzira sa kojim početnim brojem populacije započeli**, uključujući i $N_0 = 0$ (da nismo našli ni jedan primjerak), nakon oko 6 godina, populacija će poprimiti vrijednost od 145 jedinki ako je stopa mortaliteta 0.69 (1/god). U slučaju da je ukupna smrtnost 0.9 (1/god) a to znači da će na kraju prve godine umjesto 50 % početne populacije ostati 40 %, tada ćemo nakon otprilike 6 godina naći 111 jedinki.

Slika 5. 2. pokazuje da ako je donos gaovice u podzemlje Omble upola manji (zbog manjeg donosa podzemnim vodama), proporcionalno smanjenju donosa, smanjiti će se ravnotežna populacija (N^*). U slučaju da hrane ima malo (što je izgleda slučaj u podzemlju Omble), stopa mortaliteta gaovice će se povećati (recimo sa 0.69 na 0.9) a ravnotežna populacija će se smanjiti.

Zaključujemo: ako postoji dotok popovske gaovice u podzemlje Omble, ravnotežna populacija će uvijek postojati, odnosno donos čini da je ušće Omble osigurano kao stabilno **prebivalište** popovske gaovice. Naravno, ako je mortalitet veći stoga što nema dovoljno hrane u podzemlju ili jedinke povremeno zalaze u ujezereni dio gdje postaju hrana jegulje, prisutna populacija će biti manja.



Slika 5.1. Dinamika populacije gaovice u podzemlju ušća rijeke Omble. $N_0 = 200$ (crna i crvena linija) i $N_0 = 10$ (zelena i plava linija). $I = 100$ jedinki/god. $m=0.69$ (crna i zelena linija), $m=0.9$ (crvena i plava linija).



Slika 5.2 Dinamika populacije gaovice. $I = 50$ jedinki/god. Ostalo isto kao na sl. 1. $m = 0.69$ daje $N^* = 72$ jedinke, dok $m = 0.9$ rezultira sa $N^* = 55$ jedinki.

Otkriće: Pogledajmo ravnotežnu vrijednost populacije (N^*) u odnosu na nepoznati donos gaovica podzemljem (I). Neka je tijekom uzorkovanja SUO HE Ombla, (Mustafić i dr., 2012) nađeno, kako je navedeno,: "prilikom svakog od terenskih izlazaka uočeno je nekoliko desetaka jedinki. Ako prihvatimo da je nađeni broj indikacija ravnotežnog broja u smislu modela. Naime, broj jedinki gaovice je veći jer iz nalaza proizlazi 0.08 jedinki/ m^2 . Te ako prihvatimo činjenicu da je mortalitet nešto manji od 1 (1/god.) tada **otkrivamo** da je dotok podzemnim vodama na godinu (I) nešto veći od populacije gaovica u ušću. Na primjer, ako se populacija u podzemlju ušća Omble sastoji od X primjeraka gaovice, dotok zasigurno nije veći od $X \cdot 1.4$ primjeraka na godinu i vjerojatno je bliži broju X primjeraka na godinu. Dakle, imamo zaključak:

Populacija gaovice u ušću odgovara približno dotoku gaovica na godinu podzemnim tokovima.

Uz postojeće uzorkovanje i literaturni podatak, gornje otkriće kompletira znanje o uzroku i posljedici stanja popovske gaovice u ušću Omble kao njezinog **prebivališta**.

Ako populacija gaovice ima mogućnost odlaska do otvorene vode uzvodno od ušća, tada veličinu (I) treba shvatiti kao dotok u ušće minus odtok do uzvodnih otvorenih voda i gornja procjena čistog dotoka (pravog dotoka - odtoka) ostaje nepromijenjena.

U slučaju da se unutar godine dotok odvija u drugo vrijeme nego odtok u uzvodne otvorene vode, tada će postojati varijacija populacije gaovica u ušću. Ovisno od intenziteta razlike dotoka i odtoka, varijacija unutar godine može biti značajna.

5.4 Podzemlje Omble kao prebivalište popovske gaovice: Slučaj zajednice popovske gaovice i jegulje

Ako popovska gaovica zalazi u jezerce samo da bi se hranila, ona postaje hranom jegulje i njezin ukupni mortalitet značajno raste. Sukladno prethodnom modelu, njena ravnotežna populacija će biti manja. Želimo li direktno razmatrati interakciju gaovice i jegulje moramo sagraditi plijen-predator model. U toj zajednici je gaovica plijen a jegulja predator.

Međutim, klasične jednadžbe plijen - predator sustava tipa Lotka-Volterre ili Verhulst-Volterre se ne mogu direktno primijeniti jer jegulja se ne hrani isključivo gaovicom i njenom ikrom te bi ona i bez te hrane postigla približno istu koncentraciju. Stoga se jednadžba jegulje mora osnivati na svom nezavisnom dotoku u jezerce jer se jegulje u njemu ne razmnožavaju i stoga se njihov broj ne može povećati konzumacijom ikre od gaovice ili odraslim jedinkama gaovice, već samo donosom iz mora. S druge strane, za gaovicu je gustoća jegulje od presudnog značaja i može značiti samo da se broj gaovica smanji predacijom od strane jegulje.

Gornje kvalitativne tvrdnje mogu se izraziti pomoću slijedećeg para nelinearnih diferencijalnih jednadžbi:

$$dN/dt = I - m_g N - aNP \quad (4)$$

$$dP/dt = F - m_j P \quad (5)$$

gdje N predstavlja populaciju gaovice; P - predstavlja populaciju predatora (jegulje), a - je specifična efikasnost ulova gaovice od strane jegulje po jednoj gaovici i po jednoj jegulji u jedinici vremena; F je donos jegulje iz mora (jer se one ne razmnožavaju u jezeru); m_g je stopa mortaliteta gaovica dok je m_j stopa mortaliteta jegulje bilo nedostatkom hrane u jezercu i međusobnom kompeticijom za hranu, izlovom od strane čovjeka ili ostalih predatora.

Sustav ima svega jednu pozitivnu ravnotežnu vrijednost ($N^* \neq 0$, $P \neq 0$):

$$N^* = I / (m_g + a F / m_j) \quad (6)$$

$$P^* = F / m_j \quad (7)$$

Kako je gornja ravnotežna vrijednost stabilna, ona je relevantna za dugoročnu sudbinu populacije gaovice.

Iz izraza za ravnotežnu točku zaključujemo:

a) iz druge jednadžbe je jasno da populacija jegulje ne ovisi o populaciji gaovice;

b) populacija gaovice ovisi od populacije jegulje, a kako je jezerce konstantnog volumena, to znači od koncentracije jegulje.

Proporcionalno povećanom dotoku gaovice podzemljem u jezero, povećava se ravnotežna vrijednost njezine populacije.

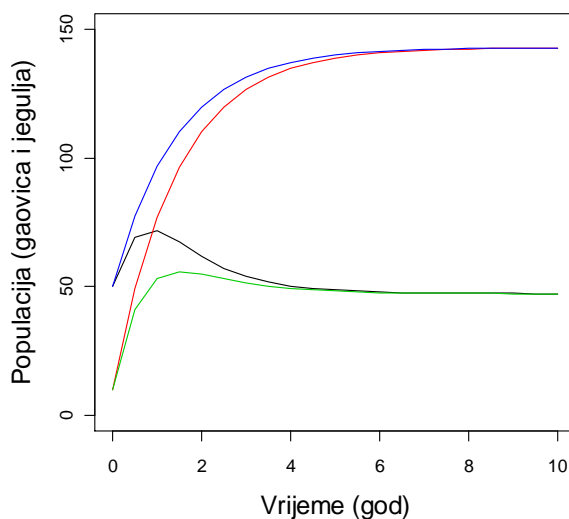
Ako bi se iz nekog razloga mortalitet jegulje smanjio (na primjer pojačanom ishranom gaovicom ili smanjenjem koncentracije predatora), to bi povećalo ravnotežnu populaciju jegulje a smanjilo ravnotežnu populaciju gaovice. Ako je dotok jegulja u jezerce jedne godine veći, populacija gaovica će se smanjiti. Ako je efikasnost ulova gaovica od strane jegulja veća, ravnotežna populacija gaovica će biti manja.

Međutim, ravnotežni broj populacije gaovice ne može biti nula jer je pozitivan njen dotok podzemnim vodama u Omblu i prema tome u jezerce. Dakle, pojavu gaovice određuje dotok podzemnih voda a pojava jegulje u jezercu ne može tu populaciju uništiti.

U svakom slučaju, postojanje jegulje u jezercu smanjuje populaciju gaovica ako one zalaze u jezerce bilo da polažu ikru ili da se hrane.

Iz simulacije na Slici 5.3. vidimo da ravnotežna vrijednost ($N^*=47$, $P^*=143$) ne ovisi od vrijednosti sa kojima počinjemo. Za 4 do 6 godina obje se populacije nalaze u blizini ravnotežne točke.

Za dobivanje dinamike na slici 3. stavili smo vrlo malu efikasnost ulova gaovice od strane jegulje. Broj $a=0.01$ znači da će recimo od 100 gaovica koje se pojave u jezercu svega jedna biti uhvaćena od strane jedne jegulje u godinu dana. Realističnija efikasnost bi bila $a=0.1$. Također, stavili smo dotok od 100 jegulja na godinu, što je rezultiralo u ravnotežnoj točki od 143 jegulje u jezercu. No, gustoća od 3 jegulje na 2 m² govori da jegulja ima značajno više, odnosno da je njihov godišnji dotok u izvorišno jezerce mnogo veći. Ako izvorišno jezerce ima 50*40 = 2000 m² naseljene površine tada jegulja ima nešto manje od 3000 jedinki.

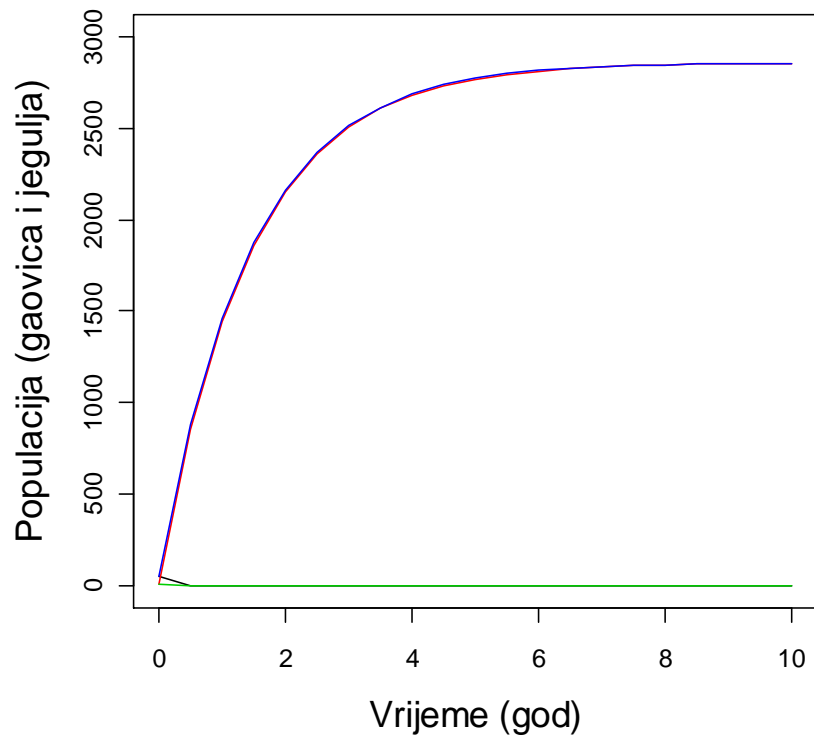


Slika 5.3. Dinamika populacija gaovice i jegulje. Prikazane su dvije dinamike. U prvoj populacija gaovice počinje sa 50 a završava na ravnotežnoj vrijednosti od oko 47 jedinki (crna linija) dok populacija jegulja počinje sa 10 a završava na 143 jedinke (crvena linija). U drugom slučaju populacija gaovice počinje sa 10 a završava na 47 jedinki (zelena linija) dok populacija jegulje počinje sa 50 i završava na 143 jedinke (plava linija). Ostali parametri: $I = F = 100$, $m_g = 0.69$, $m_j = 0.7$, $a = 0.01$.

Ako umetnemo gornje realističnije parametre dobivamo dinamiku na slici 4.

Iz Slike 5.4. je jasno da dok broj jegulja ne može biti veći zbog hranjenja gaovicom, populacija gaovice će biti praktički uništena odnosno mnogostruko manja nego je nađeno u podzemnom dijelu ušća. To objašnjava činjenicu da su gaovice nađene uglavnom u podzemnom dijelu. Također, na temelju gornje simulacije dobivamo rezultat da područje podzemnog dijela ušća Omble i ujezerenog dijela ne predstavlja stanište gaovice (pod pretpostavkom da se gaovica ne može vratiti u uzvodne otvorene vode slivnog područja) već da strikno podzemni dio ušća predstavlja prebivalište populacije gaovice.

Međutim, valja napomenuti da gornji rezultat nije u suprotnosti sa nalazom Jelić i Špelić (2015) koji tvrde da je na svim lokalitetima (izvorišno jezero, izvorišna špilja, jezero u velikoj drvorani i glavnom kanalu) zabilježena podjednaka brojnost od oko 20 do 30 odraslih jedinki, također nije u suprotnosti sa tvrdnjom da je riječ o stabilnoj populaciji, ali ne podržava interpretaciju uzroka stabilne populacije. Dok Jelić i Špelić (2015) navode da je uzrok stabilne populacije razmnožavanje, gornji rezultati pokazuju da je uzrok isključivo dotok iz slivnog područja.



Slika 5.4 Dinamika populacija gaovice i jegulje. Prikazane su dvije dinamike. U oba slučaja unutar oko 6 g. postignuta je ravnotežna vrijednost gaovice od 0.35 i jegulje od 2857 jedinki. Ostali parametri: $I = 100$, $F = 2000$, $mg = 0.69$, $mj = 0.7$, $a = 0.1$.

5.5 Ušće Omble kao stanište popovske gaovice: Slučaj zajednice popovske gaovice i jegulje

U slučaju da popovska gaovica zalazi u izvorišno jezerce, kako su našli Jelić i Špelić, (2015) makar samo da ostavi ikru kako bi osigurala da joj ušće Omble bude stanište a ne samo prebivalište, tada također moramo razmatrati zajednicu gaovice i jegulje.

Jednadžba gaovice se mijenja tako što se u nju uključuje stopa nataliteta i mortaliteta ikre odnosno razvoj u spolno zrele jedinke. Jednadžba jegulje ostaje nepromijenjena.

Jednadžbe zajednice populacije gaovice i jegulje postaju:

$$dN/dt = I + r N - m_g N - aNP \quad (8)$$

$$dP/dt = F - m_j P \quad (9)$$

gdje r predstavlja razliku stope nataliteta i mortaliteta mladi.

Sustav ponovno ima svega jednu ravnotežnu vrijednost ($N^* \neq 0, P \neq 0$):

$$N^* = I / (m_g - r + a F / m_j) \quad (10)$$

$$P^* = F / m_j \quad (11)$$

Uvjet na postojanje N^* je:

$$r < m_g + a F / m_j. \quad (12)$$

U protivnom $N^* \rightarrow \infty$.

Pretpostavimo da uvjet (12) vrijedi. U tom slučaju se kvalitativna dinamika sustava ne mijenja od sustava (4,5) osim što će sada ravnotežna populacija gaovice biti veća.

Kako je gornja ravnotežna vrijednost stabilna, ona je relevantna za dugoročnu sudbinu gaovice. Ponovno je iz izraza jasno da populacija jegulje ne ovisi o populaciji gaovice. No, populacije gaovice ovisi od populacije jegulje, a kako je jezerce konstantnog volumena, to znači od koncentracije jegulje. Međutim, ona ovisi i od uspjeha gaovice da ostavi ikru u jezeru a bez da bude pojedena od jegulje te da se dio ikre razvije u spolno zrele jedinke gaovice. Što je ta uspješnost veća (r je veći) to je ravnotežna populacija viša. Imajući na umu rezultat uzorkovanja (Mustafić, 2012) izgleda da je $r = 0$ odnosno da gaovica nema uspjeha u tom procesu. Doista, iz nalaza gustoće jegulja u izvorskom jezeru, teško je zamisliti kako bi gaovica mogla imati uspjeha.

Međutim, ako bi se iz nekog razloga mortalitet jegulje povećao, to bi smanjilo ravnotežnu populaciju jegulje a povećalo ravnotežnu populaciju gaovice kroz dva procesa:

a) manju vjerojatnost ulova gaovice od jegulje;

te

b) veću vjerojatnost da proces ostavljanja i razvoja ikre u dovoljno odrasle jedinke da one mogu pobjeći u podzemlje (veći r).

Kao i u prethodnom slučaju, ravnotežni broj populacije gaovice ne može biti nula (ne može doći do ekstinkcije populacije) jer je pozitivan njen dotok podzemnim vodama u Omblu odnosno u jezerce. Prema tome, pojavu gaovice određuje dotok podzemnih voda a pojava jegulje u jezercu ne može tu populaciju uništiti sve dok gaovica ima mjesto na koje može pobjeći i tamo obitavati (podzemlje ušća Omble).

U svakom slučaju, postojanje jegulje u jezercu smanjuje populaciju gaovica ako one zalaze u jezerce bilo da polažu ikru ili da se hrane.

Razmotrimo slučaj: $r > m_g + a F / m_j$. Ako on vrijedi tada jednadžbe (8, 9) vrijede samo kratko vrijeme i pod uvjetom da je početno stanje gaovice (N_0) puno manje od stanja koje je karakterizirano kapacitetom podzemlja ušća i izvorskog jezera za razvoj populacije.

Naime, populacija gaovice bi rasla eksponencijalno, što je naravno nemoguće u konačnom okolišu.

U tom slučaju model (8,9) postaje nerealan i valja ga zamijeniti općenitijim modelom:

$$dN/dt = I + r N (1 - N/K) - aNP \quad (13)$$

$$dP/dt = F - m_j P \quad (14)$$

gdje je K kapacitet populacije gaovice u podzemlju i ujezerenom dijelu.

Ravnotežna populacija jegulje je ponovno dana izrazom (11).

Ravnotežna populacija gaovice dobiva se rješavanjem kvadratne jednadžbe:

$$-(r/K) N^2 + (r - a F/m_j) N + I = 0 \quad (15)$$

No, kako je vrijednost $(r - a F/m_j)^2 + 4 r I/K$ uvijek pozitivna, imamo dva realna rješenja:

$$N_{1,2} = \{-(r - a F/m_j) \pm \sqrt{[(r - a F/m_j)^2 + 4 r I/K]}\} / (-2 r/K). \quad (16)$$

Jer je jedno rješenje negativno, odnosno ekološki besmisleno, ostaje:

$$N^* = K \{(r - a F/m_j) + \sqrt{[(r - a F/m_j)^2 + 4 r I/K]}\} / (2 r). \quad (17)$$

Iz gornjeg izraza vidimo:

a) ako jegulje nema u izvorskom jezeru tada je ravnotežna populacija gaovice zadana sa:

$$N^* = K \{1 + \sqrt{[1 + 4 I/rK]}\} / 2 \quad (18)$$

Izraz (18) daje najveću ravnotežnu vrijednost koju populacija gaovice može dostići. Vidimo da je $N^* > K$ jer je brojnik u zagradi veći od 2. Razlog tome leži u postojanju dotoka ($I > 0$). Također, što je dotok gaovice podzemljem veći, to je i ravnotežna populacija veća. Međutim ravnotežna populacija gaovice više ne raste proporcionalno s dotokom I već proporcionalno sa \sqrt{I} .

b) Pretpostavimo da je ravnotežna vrijednost jegulje toliko velika da bude:

$$r = a F/mj \quad (19)$$

tada je N^* dana sa:

$$N^* = \sqrt{(KI/r)}. \quad (20)$$

I u ovom slučaju vidimo da populacija gaovice raste kako kapacitet okoliša (K) raste i kako dotok podzemljem (I) raste i to ne treba posebno objašnjavati. No ravnotežna populacija gaovice opada sa povećanjem biotičkog potencijala gaovice. Naime u jednadžbi (13) je u ravnotežnom stanju $rN^* = mj N^*P^*$ pa ostaje samo negativan nelinearni član ($- r N^2/K$) u kojem r vuče ravnotežnu točku u manju vrijednost.

U slučaju da je ravnotežna vrijednost jegulje još veća, ravnotežna vrijednost populacije gaovice će biti manja.

c) najveću vrijednost koju izraz $r N (1 - N/K)$ može postići je $rK/4$ i to je onda kada je $N=K/2$. No, ako je i tada izraz:

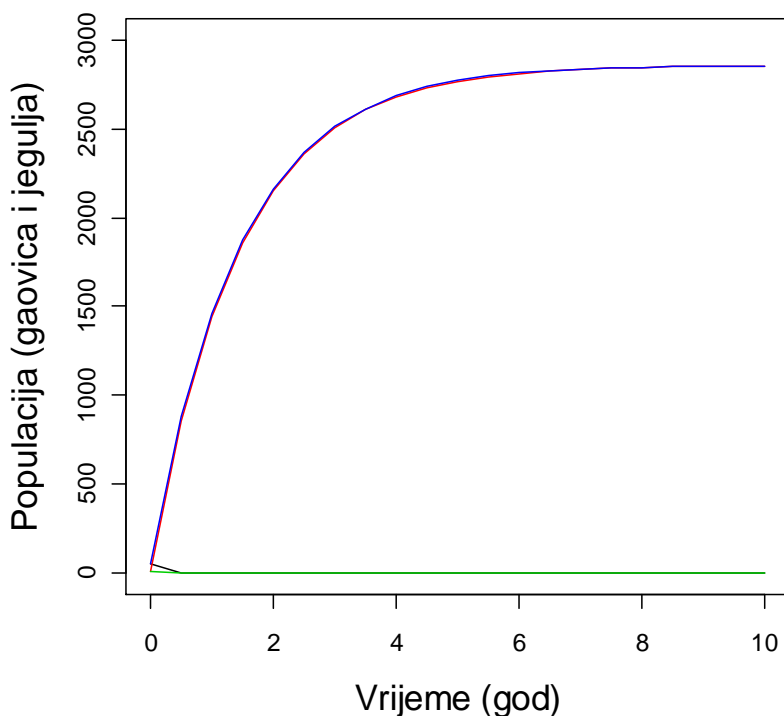
$$I + r K/4 - aKF/2mj < 0, \quad (21)$$

ravnotežna populacija gaovice zadana sa izrazom (17) postići će vrijednost koja je manja od $K/2$.

Međutim, prethodni zaključak ostaje: bez obzira koliko je velika populacija jegulje, ona neće moći uzrokovati ekstinkciju populacije gaovice, kao što se vidi iz izraza (17). Razlog tome je stalan dotok gaovice podzemljem. No, kada bi populacija gaovice iz podzemlja redovito zalazila u izvorsko jezero da ostavi ikru ili da se hrani, njena populacija bi bila mnogostruko manja.

Usporedbom Slika 5.4. i 5.5. vidimo da time što bi gaovica ostavila ostavi ikru u izvorskom jezeru njezina populacija ne bi time narasla. Naime, ostavljanje ikre u ujezerenom dijelu značilo bi da ušće Omble ima potencijal postati zasebno stanište gaovice, međutim vidimo da je populacija jegulja uzrok nestanka tog potencijala iz čega ostaje da je ušće Omble ili striktno prebivalište ili prebivalište koje je dio jedinstvenog staništa sa uzvodnom otvorenom vodom iz slivnog područja.

Navedimo još da se gornji rezultat ne može promijeniti ni kada bi dotok populacije gaovica povećali 10 puta a ni kada bismo kapacitet ušća za populaciju gaovica povećali 20 puta. Naime, dinamika populacije gaovice i jegulje se ne bi razlikovala od Slike 5.5. Razlog tome je prevelik utjecaj jegulje na populaciju gaovice. Kada bi bilo $I = 1000$, $F = 2000$, $K = 1000$ sa interakcijom jegulje na gaovicu od $a = 0.001$ tek tada bi se populacija gaovica stabilizirala na vrijednosti od oko 600 jedinki. No to bi značilo da u godnu dana jedna jegulja pojede jednu od 1000 prisutnih gaovica a to je nerealno malo. U slučaju da je $a = 0.005$ (5 pojedenih gaovica od tisuću prisutnih po jednoj jegulji na godinu dana) za gaovicu se dinamika opet ne razlikuje od slike 5.5.



Slika 5.5 Dinamika logističke populacija gaovice i jegulje. Prikazane su dvije dinamike koje se razlikuju u početnim uvjetima. Obje dinamike su nakon 6 g. u blizini ravnotežne točke 0.375 jedinki gaovice odnosno 2857 jedinki jegulje. Ostali parametri: $I = 100$, $F = 2000$, $r = 2$, $K = 50$, $m_j = 0.7$, $a = 0.1$.

Na koncu, razmotrimo pažljivije nalaz u elaboratu Jelić i Špirić (2015) koji počinje sa: "Ronjenjem u izvorišnom jezeru..."(sekcija 1) u svijetlu gornjeg zaključka.

Ovaj nalaz na prvi pogled izgleda kao da je u izravnoj kontradikciji sa gornjim zaključkom. Međutim, zaključak ne kaže da se u izvorišnom jezeru ne može naći ni jedan primjerak gaovice, već da ona tamo ne može opstati. Opažanje: " Ribe su imale tendenciju sakrivanja među kamenje i u manje procijepe u stijenama" kaže da su gaovice svjesne postojanja predatora.

"Na ovoj lokaciji zabilježene su i juvenilne jedinke ukupne duljine tijela (TL) manje od 2 cm."

Odakle ove jedinke? Jesu li one rezultat uspješnog mrijesta u ušću Omble ili su male naivne jedinke koje ne znaju što će im se uskoro dogoditi? Za pobornike mrijesta u ušću Omble one su "dokaz" da se gaovica uspješno mrijesti u ušću i time čini stabilnu populaciju. No, te su jedinke lako mogle doći iz mjesta mrijesta uzvodno od ušća Omble, jer im za to treba manje od 10 dana. Međutim ako od vremena mrijesta u uzvodnoj otvorenoj vodi do trenutka nalaza u jezercu svaka jedinka gaovice lako naraste na više od 2 cm, to bi značilo da one potječu od mrijesta u ušću Omble.

Stoga, razmotrimo pažljivije nalaz iz elaborata Jelić i Špelić (2015):

"Izvor Omble posjećen je u tri navrata:

06.07.2012. - lovljeno u izvorišnom jezeru elektroagregatom nije zabilježena niti jedna vrsta; vrijeme elektroribolova ~35 minuta;

"05.06.2014. - zabilježena popovska gaovica u Dubokom jezeru u Velikoj dvorani i Glavnom kanalu (oko 20-tak jedinki u svakom dijelu); vrijeme urona ~50 min;"

"**23.09.2014.** - zabilježena popovska gaovica ronjenjem u objektu (**~20 jedinki u izvorišnom jezeru, više od 30 jedinki u izvorišnoj špilji**); vrijeme urona ~45 min."

Procjena ~20 u izvorišnom jezeru i više od 30 jedinki u izvorišnoj špilji - nije isto, no da ih ima manje u izvorišnom jezeru govori da smo na pravom putu. U ovom terminu su očito nađeni i juvenilni primjerci manji od 2 cm. Iz knjige Mrakovčić i dr. (2006) slijedi da ti primjerci vjerojatno potječu iz mrijesta u srpnju sa staništa uzvodno od ušća Omble)

"Samo odrasle jedinke zabilježene su u izvorišnoj špilji, jezeru u Velikoj dvorani (tzv. Duboko jezero) i u Glavnom kanalu."

Taj je nalaz u suglasju je sa zaključkom u ovom elaboratu.

"Na svim lokalitetima je zabilježena podjednaka brojnost od oko 20-30 odraslih jedinki".

Gornja tvrdnja je u svjetlu zaključka u ovom elaboratu vrlo upitna, a numerički je u kontradikciji sa sva tri nalaza (vidjeti gore).

5.6 Procjena utjecaja HE Ombla na populaciju gaovice u ušću

U projektu izgradnje HE Ombla planiraju se dvije ključne zapreke koje će utjecati na populaciju popovske gaovice u ušću Omble:

a) vertikalna injekcijska zavjesa koja će inducirati akumulaciju vode i većim dijelom presjeći mogući dvosmjerni put gaovice iz podzemlja u izvorišnu špilju i dalje u izvorsko jezerce; te

b) brana koja će zapriječiti put gaovice od izvorskog jezerca u izvorišnu špilju.

Razmotrimo kako će svaka od dvije gornje zapreke dvosmjernom putu gaovice utjecati na njezinu populaciju u ušću Omble.

a) Utjecaj vertikalne injekcijske zavjese

Injekcijska zavjesa će inducirati mnogostruko veći i stalniji volumen vode u podzemlju ušća. Posljedično tome, **populacija popovske gaovice će se značajno povećati** neposredno prije zavjese. Uz nepromijenjen dotok gaovica podzemljem, akumulacija vode znači i akumulaciju populacije popovske gaovice.

U slučaju da se populacija gaovice ne može vratiti u otvorene vode slivnog područja, ušće Omble je prebivalište gaovice, pa će injekcijska zavjesa predstavljati idealnu mjeru zaštite populacije gaovice jer će njezina populacija mnogostruko porasti i relativne varijacije u populaciji će biti manje.

U slučaju da se populacija gaovice može vratiti u uzvodne otvorene vode slivnog područja, ušće Omble ostaje boravište populacije gaovice ali je i dio njezinog jedinstvenog staništa sa uzvodnom otvorenom vodom slivnog područja. Stoga će injekcijska zavjesa zapravo predstavljati idealnu mjeru

zaštite populacije gaovice u ušću Omble jer će njezina mnogostruko veća populacija inducirati mnogostruko veći protok gaovice do mrijestilišta u otvorenoj vodi slivnog područja.

Zapreka puta u izvorišno jezerce ne predstavlja gubitak za populaciju gaovice već upravo obrnuto. Naime, kako je gore pokazano, izvorišno jezerce kao mjesto boravka gaovice inducira samo smanjenje njezine populacije a ni na koji način ne doprinosi njezinu rastu.

b) Utjecaj brane koja sprečava put gaovice od izvorskog jezera u izvorišnu špilju

Kako je gore pokazano, put gaovice od izvorišne špilje u izvorišno jezerce predstavlja gubitak populacije gaovice i prema tome, put od izvorišnog jezera u izvorišnu špilju ne predstavlja put od koristi za porast populacije gaovice u podzemlju. Stoga postojanje zapreke od izvorskog jezera u izvorsku špilju nije od značaja za održivost populacije gaovice u ušću Omble.

5.7 Zaključak

Na temelju relevantnih uzorkovanja do sada i gornjih nalaza matematičkim modelima, zaključujem:

a) u slučaju da populacija gaovice u ušću Omble nije povezana sa uzvodnom otvorenom vodom slivnog područja, **ušće Omble sa izvorišnim jezerom nije stanište popovske gaovice, već prebivalište jer postoji stabilna populacija uzrokovana dotokom podzemljem iz staništa u slivnom području.** Čak i ako bi populacija gaovice uspjela položiti ikru u jezerce, to ne bi imalo utjecaja na prijelaz područja od prebivališta u stanište zbog prevelike koncentracije jegulji koje će zasigurno ikru ili mlađ pojesti prije nego što mlađ uspije pobjeći u podzemlje Omble. Kako se populacija gaovica drži podzemlja i uglavnom ne zalazi u ujezereni dio, njezina ravnotežna populacija je viša no što bi ona bila da značajno zalazi u ujezereni dio i posluži kao hrana za populaciju jegulje.

b) U slučaju da je populacija gaovice u ušću Omble povezana sa uzvodnom otvorenom vodom slivnog područja, **podzemlje ušća Omble sa izvorišnim jezerom predstavlja dio jedinstvenog staništa ali striktno onaj dio koji se naziva prebivalištem.** Pri tome, kako je gore navedeno, izvorišno jezero ne predstavlja korisno mrijestilište populacije gaovice zbog prevelike populacije jegulje već njezin gubitak.

Na temelju gornjih zaključaka slijedi utjecaj dviju bitnih zapreka u projektu HE Ombla:

c) Injekcijska zavjesa će mnogostruko povećati populaciju gaovica u ušću Omble i ako je ta populacija povezana sa uzvodnom otvorenom vodom slivnog područja, značajno će povećati protok jedinki do uzvodnog mrijestilišta. Time će se povećati populacija gaovica u jedinstvenom staništu.

U slučaju da populacija nije povezana sa uzvodno otvorenom vodom slivnog područja, mnogostruko veća populacija prebivališta gaovice moći će poslužiti kao značajan rezervoar u slučaju da je populacija ugrožena zagađenjem u njezinom uzvodnom staništu.

d) Brana putu od izvorskog jezera u jezersku špilju nema nikakav značaj za postojanje ili održivost populacije gaovice u ušću Omble jer je protok gaovica od izvorskog jezera u jezersku špilju beznačajan. Naime, put gaovica iz izvorske špilje u ujezereni dio predstavlja gubitak za populaciju gaovica.



5.8 Literatura

Ardeljan A. Jegulja - Grabljivica zakopana u mulju.

http://www.natura.rs/index.php?option=com_content&view=article&id=180:jegulja-grabljivica-zakopana-u-mulju&catid=44:ribolov&Itemid=5 (16.04.2009)

EVRJS, Endemske vrste jadranskog sliva, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 2008

Markotić, I., Biološke i ekološke značajke prikanca, *Phoxinellus pseudalepidotus* Bogutskaya i Zupančić, 2003 (Teleostei: Cyprinidae) na području Mostarskog blata, BiH. Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2013. 113 str.

Mrakovčić, M., Kerovec, M., Mihaljević, Z., Hafner, D., Gottstein, S. i Mustafić, P. Biološke značajke izvorišnog dijela rijeke Omble. Elaborat, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 1998.

Mrakovčić M., Brigić A., Buj I., Čaleta M., Mustafić P. i Zanella D. Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske, Ministarstvo Kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 2006. 253 str.

Jelić, D. i Špelić I, Popovska gaovica (*Delminichthys ghetaldii*) u Hrvatskoj, Hrvatsko društvo za biološka istraživanja, Zagreb, 2015 g, 18 str

Mustafić P. i dr., SUO planirane hidroelektrane Ombla, Hrvatsko Ihtiološko društvo, 2012, 22 str.

Wiki, Jegulja. <http://sh.wikipedia.org/wiki/Jegulje> (23.06.2014)

WSP, Plan upravljanja bioraznolikošću, WSP Environmental Limited, Manchester, 2013, 176 str.

6 PRILOG IV.: Zimsko rekognosciranje potencijalnih nalazišta i gustoća lokalnih populacija popovske gaovice u Hrvatskoj

Nakon neočekivanog uvrštenja popovske gaovice na popis ciljeva očuvanja koje je potrebno sagledati u Glavnoj ocjeni prihvatljivosti zahvata HE Ombla na područje ekološke mreže Paleombla – Ombla (vidi Uvod) izrađivač Glavne ocjene poduzeo je zimsko rekognosciranje drugih potencijalnih nalazišta i gustoća lokalnih populacija popovske gaovice u Hrvatskoj. Rezultati tog rekognosciranja prikazani su u Tablici 6.1. i kartografskom prikazu (Slika 6.1.).

U ovom istraživanju, koje se temeljilo na 48-satnom izlaganju klopki, popovska gaovica je zabilježena na dvije lokacije u Konavlima (Lokva u Stravči – 50 primjeraka, Izvor Kosović – 4 primjerka), u kojem je području tom prilikom identificiran čitav niz pogodnih nadzemnih dijelova staništa (uglavnom lokvi) koje je potrebno istražiti u budućnosti.

Vrsta nije zabilježena na lokaciji izvora Omble, kao što nije zabilježena niti na izvoru Topoštik u Dubrovačkom primorju gdje je ranije bila zabilježena (usmeno priopćenje Ozimeca, uz determinaciju Kovačića, 2012.). Na potonjoj je lokaciji u ovom rekognosciranju zabilježen potencijalni predator invazivni američki somić (*Ameiurus nebulosus*), kao i dvije vrste koje se potencijalno hrane ikrom: žaba krastača (*Bufo bufo*) i vodenjak (*Aquarius* sp.). Potonji je pronađen na još dva potencijalna nalazišta popovske gaovice.

Općenito je na potencijalnim staništima popovske gaovice zabilježen negativni antropogeni utjecaj (npr. introdukcija šarana radi uzgoja, hranjenje ihtiofaune kruhom, itd.).

Prilikom rekognosciranja terena identificirano je potencijalno najveće nadzemno stanište popovske gaovice u Hrvatskoj: akumulacija u Orašcu koja se napaja iz podzemnih tokova, približnog volumena od 15.000 m³, kojega je zbog veličine nužno sustavno istražiti vizualnim cenzusom ronjenjem i/ili elektroribolovom. Ovdje je prikladno dodati da je istraživanje ihtiofaune tog lokaliteta nedavno započeto (vidi Prilog VI.), kojom prilikom gaovica nije nađena, ali je zabilježena velika brojnost šarana, za kojega se, kao i na nekim drugim zabilježenim i potencijalnim nalazištima gaovice može pretpostaviti da je unesen od strane čovjeka.

Tablica 6.1. Rezultati rekognosciranja drugih potencijalnih nalazišta i gustoća lokalnih populacija popovske gaovice u Hrvatskoj.

RB	Lokalitet	Područje	Ekologija	Temper. vode (°C)	Datum istraživanja	Istraživana ihtiofauna	Metoda ulova ihtiofaune	Vrijeme izlaganja klopke	Zabilježena gaovica	Uhvaćeno primjeraka	Procjena populacije	Utvrđen potencijalni predator	Vrsta potencijalnog predatora	Ugroza gaovice	Napomena
1	Izvor Topoštik, Topolo	Dubr. Primorje	kaptirani izvor s vanjskim bazenima	13,9	15.01.2015. 17.01.2015.	DA	postavljanje klopki	48h	NE			DA	američki somić (<i>Amiurus nebulosus</i>) vodenjak (<i>Aquarius sp.</i>) krastača (<i>Bufo bufo</i>)		Na ovoj lokaciji je 2012. godine utvrđena populacija od oko 20 gaovica
2	Lokva u selu Lisac	Dubr. Primorje	lokva	3,8	15.01.2015. 17.01.2015.	DA	postavljanje klopki; ručna mrežica	48h	NE			DA	vodenjak (<i>Aquarius sp.</i>)		Na lokaciji obitava populacija <i>Alburnus arborella</i> od preko 1000 primjeraka
3	Lokva kraj ceste, Ošlje	Dubr. Primorje	lokva	nm	17.01.2015.	DA									Lokva je vizualno pregledana i nije utvrđena nikakva ihtiofauna
4	Bijela lokva kod Rotunde, Ošlje	Dubr. Primorje	lokva	7,3	15.01.2015. 17.01.2015.	DA	postavljanje klopki	48h	NE			DA	vodenjak (<i>Aquarius sp.</i>)		Na lokaciji nisu utvrđene nikakve ribe
5	Lokva u Majkovima, Majkovi	Dubr. Primorje	lokva	nm	Nije istraživano	NE									U komunikaciji s lokalnim pučanstvom doznali da u lokvi nikad nije bilo riba
6	Fotnja, Majkovi	Dubr. Primorje	izvor-lokva	nm	Nije istraživano	NE									Prema komunikaciji s lokalnim pučanstvom u lokvi obitavaju ribice koje zovu grčice i nekad su ih jeli; Potrebno istraživanje ihtiofaune
7	Akumulacija u Orašcu	Dubr. Primorje	akumulacija	nm	17.01.2015.	DA									Akumulacija je vizualno pregledana ali je vrlo duboka i ihtiofauna nije videna; Prema navodima lokalnog pučanstva u njoj se ljeti kad se voda spusti mogu vidjeti gaovice; nalazište gaovice prema usmenom priopćenju lokalnog stanovništva; potrebna opreme za elektroribolov i/ili vizualni census ronjenjem.
8	Izvor Palata, Zaton	Dubr. Primorje	izvor-lokva	nm	16.01.2015. 17.01.2015.	DA	postavljanje klopki	36h	NE						
9	Sustav Vilina špilja-Izvor Omble	Dubr. Primorje	izvor-špilja	nm	15.01.2015. 17.01.2015.	DA	postavljanje klopki	48h	NE						
10	Izvor Zavrelje, Mlini	Župa dubrovačka	izvor	13,4	15.01.2015. 17.01.2015.	DA	postavljanje klopki	48h	NE			NE			Na lokaciji nisu utvrđene nikakve ribe, što je vrlo čudno obzirom na količinu vode
11	Lokva u Stravči, Stravča	Konavle	lokva	4,2	15.01.2015. 17.01.2015.	DA	postavljanje klopki	48h	DA	50	500	NE		ev. ubacivanje predatora	Nije bila moguća vizualna procjena jer je lokva bila zaledena
12	Izvor Kosović, Duba Konavoska	Konavle	izvor-lokva	9,4	15.01.2015. 17.01.2015.	DA	postavljanje klopki; ručna mrežica	48h	DA	4	120	DA	šaran (<i>Cyprinus carpio</i>)	izrazit antropogeni utjecaj: uzgoj šarana, hranjenje kruhom	Lokva se nalazi u centru sela
13	Lokva u selu Jasenice	Konavle	lokva			NE									Potrebna provjera ihtiofaune.
14	Lokva u selu Gabrili	Konavle	lokva			NE									Potrebna provjera ihtiofaune.
15	Lokva u selu Mihanići	Konavle	lokva			NE									Potrebna provjera ihtiofaune.
16	Akumulacija kod pruge iznad sela Mihanići	Konavle	umjetna zatvorena akumulacija			NE									Potrebna provjera ihtiofaune.
17	Lokva u Pridvorju	Konavle	lokva			NE									Potrebna provjera ihtiofaune.
18	Izvor Ljute, Konavoski dvori	Konavle	izvor	11,6	15.01.2015. 17.01.2015.	DA	postavljanje klopki	48h	NE			NE			u stvari se radi o velikom zarušenom izvorištu
19	Lokva u selu Dunave	Konavle	lokva			NE									Potrebna provjera ihtiofaune.
20	Lokva u selu Dubravka	Konavle	lokva			NE									Potrebna provjera ihtiofaune.
21	Lokva u selu Bani	Konavle	lokva			NE									Potrebna provjera ihtiofaune.



Slika 6.1. Kartografski prikaz lokacija zimskog rekognosciranja terena s obzirom na potencijalna nalazišta popovske gaovice u Hrvatskoj.

7 PRILOG V.: Stručno mišljenje o održivosti i stabilnosti lokalne populacije popovske gaovice (*Delminichthys ghetaldii*) na izvoru rijeke Omble (Kovačić, 2015.)

7.1 Uvod

Ovo stručno djelo napravljeno je za potrebe projekta „Usluge istraživanja špiljskih staništa i izvorišnih područja šireg dubrovačkog područja s ciljem vrednovanja bioraznolikosti i ocjena prihvatljivosti izgradnje hidroenergetskih objekata“ i cilj mu je doći, na temelju postojećih podataka, do najvjerojatnijih mogućih zaključaka o održivosti i stabilnosti lokalne populacije popovske gaovice (*Delminichthys ghetaldii*) na izvoru rijeke Omble, te ponuditi preporuke istraživanja potrebnog za sakupljanje činjenica dovoljnih za pouzdani ili konačni zaključak.

Popovska gaovica je slabo poznata endemska vrsta riba s arealom ograničenim na manji broj krških voda Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Podaci o vrsti *D. ghetaldii* relativno su česti u preglednim radovima, knjigama i stručnim studijama. Nažalost, sva ova djela koriste istu vrlo ograničenu količinu znanja proizašlih iz malog broja izvornih znanstvenih istraživanja. Cijela područja znanja o vrsti, uključujući i pojedine aspekte njezine biologije i ekologije, potpuno su nepoznati ili se zasnivaju na pretpostavkama i analogijama sa srodnim vrstama. Uz ovakav nedostatak podataka za ovu vrstu je općenito, kao i za pojedinu njezinu lokalnu populaciju teško postići dobru procjenu ugroženosti i ispravno poduzeti korake u njezinoj zaštiti.

7.2 Pregled poznatih znanja o vrsti *Delminichthys ghetaldii*

Sva znanja o ovoj vrsti potječu iz manje od desetak izvornih znanstvenih članaka dok su sva ostala djela pregledni radovi, knjige i stručne studije gdje su podaci ili preuzeti iz izvornih članaka, ili su posljedica stručnog rada bez znanstvene potvrde, ili su nepoznatog originalnog izvora. Manje od desetak izvornih znanstvenih radova u kojima je ova vrsta bila tema istraživanja ili dio teme istraživanja pretežno se bave morfologijom, sistematikom i filogenijom ove vrste.

Sistematika. Ovo je vrsta iz porodice šaranki, Cyprinidae. Pripada rodu *Delminichthys* koji ima četiri vrste. Validna kao *D. ghetaldii* (Steindachner 1882). Synonym: *Paraphoxinus pstrossii* Steindachner, 1882. Tipički lokalitet: Popovo polje. Izvori: Freyhof i sur. (2006); Kottelat i Freyhof (2008); Eschmeyer (2015).

Zemljopisna rasprostranjenost. Uski endem s ograničenim arealom: Bosna i Hercegovina iz potoka i izvora u Popovom polju (Steindachner, 1882), Ljubomirskom polju (Kottelat i Freyhof, 2008), Dabarskom polju (Bogutskaya i sur., 2012), i Fatničko polju (Zupančić i Bogutskaya, 2002). Hrvatska: izvor Omble (Mrakočić i sur., 2012) i iz Baćinskih jezera i nekih izvora u južnoj Dalmaciji (Kottelat i Freyhof, 2008; Jelić i Špelić, 2014).

Morfologija. Opisana u izvornom opisu vrste (Steindachner, 1882). Također su neki morfološki karakteri obrađeni u Zupančić i Bogutskaya (2002); Bogutskaya & Zupančić (2003); Freyhof i sur. (2006); Kottelat i Freyhof (2008).

Filogenija. Monofiletičnost roda *Delminichthys* potvrđena je u više objavljenih radova: Freyhof i sur. (2006); Palandačić i sur. (2010); Perea i sur. (2010).

Stanište. Ne postoje izvorni znanstveni članci koji su istraživali odnos ove vrste prema staništu. Podaci u preglednim izvorima navode potoke s bistrom vodom, podzemne vode i špilje kao stanište vrste (Kottelat i Freyhof, 2008).

Migracije i sezonske promjene u preferiranom staništu. Nema podataka.

Populacijska struktura i gustoća. Nema podataka.

Razmnožavanje. Ne postoje izvorni znanstveni članci koji su istraživali razmnožavanje ove vrste. Podaci u preglednim izvorima navode mrijest u svibnju ili i kasnije, dužinu prve spolne zrelosti 61 mm (Kottelat i Freyhof, 2008) i mrijest u lipnju i srpnju, fekunditet 1000-2000 oocita (Mrakovčić i sur., 2006).

Starost i rast. Nema podataka.

Ishrana. Ne postoje izvorni znanstveni članci koji su istraživali ishranu ove vrste. Podaci u preglednom izvoru (Mrakovčić i sur., 2006) navode male beskralježnjake, posebno račiće.

Ugroženost. IUCN globalnom procjenom ugroženosti ocijenjena kao osjetljiva (VU), u Hrvatskoj ocijenjena kao ugrožena (EN) (Mrakovčić i sur., 2006; IUCN, 2015).

Zaštita. Strogo zaštićena vrsta prema Pravilniku o proglašavanju divljih svojti zaštićenim i strogo zaštićenim (Narodne novine NN 144/2013) sukladno Zakonu o zaštiti prirode (Narodne novine 80/13).

7.3 Kritički osvrt na studije o vrsti *Delminichthys ghetaldii* na izvoru rijeke Omble

Mrakovčić, M., M. Čaleta, P. Mustafić, D. Zanella, M. Marčić. 2012. Studija o utjecaju na okoliš planirane hidroelektrane Ombla. Zagreb, Hrvatsko ihtiološko društvo.

Ova studija istraživala je ihtiofaunu rijeke Omble te se dijelom svog sadržaja odnosi na vrstu *Delminichthys ghetaldii* koja je u istraživanju sakupljena. Sakupljeni su izvorni podaci. U vanjskom dijelu i podzemnom dijelu rijeke korištene su vrše s mirisnim i svjetlosnim mamcima te uroni s vizualnim cenzusom i lovom ručnom mrežicom. U vanjskom dijelu same rijeke uzorkovanje je vršeno i elektroribolovom. Odabir metoda je dobar. Što se tiče metoda glavna primjedba je nedostatak podataka o količini uloženog napora terenskog sakupljanja i podataka o datumima kada je do terenskog sakupljanja došlo te su zato i reprezentativnost uzorka i sezonska pokrivenost upitne.

(Opaska urednika: Konačna verzija priloga I. nadopunjena je od strane autora priloga s tablicom u kojoj se nalaze navedeni točni datumi izlazaka na terene).

Nedostatak podataka o biologiji i ekologiji ove vrste u studiji je posljedica općenito slabog poznavanja ove vrste. Za *D. ghetaldii*, kao i za većinu sličnih vrsta u krškim poljima Hrvatske i Bosne i Hercegovine, životni ciklusi, godišnji ciklusi razmnožavanja i ishrane, populacijska gustoća i struktura, migracije i sezonske promjene u odabiru staništa su nam nepoznate. To bitno otežava donošenje procjena o ugroženosti i mjerama zaštite za ove vrste. Autori na žalost nisu iskoristili sakupljeni materijal za obradu u laboratoriju za istraživanje biologije vrste, osim što je napravljen indeks kondicije. Također se navodi masa i dužina riba u prvoj i drugoj godini iako nije jasno kako se do procjene starosti i razdvajanja kohorti došlo, jer uopće nisu predviđene metode za to u materijalima i metodama. Uočena je slaba kondicija ribe.

Na stranici 11. studije (Mrakovčić i sur., 2012.), odnosno stranici 14. (Prilog I.), dva su razloga ponuđena za slabu kondiciju sakupljenih riba: 1) nedostatak hrane uslijed trenutnih uvjeta s protokom vode ili 2) da su primjerci naplavljani s njihovih prirodnih staništa u sadašnji prostor. Ništa se ne zna o životnom i godišnjem ciklusu ove vrste, te je također moguće da je u jednom dijelu godišnjeg ciklusa slaba ishranjenost normalna pojava. Dakle, moguće je pronaći i više od dva pretpostavljena razloga za lošu kondiciju riba. U izvještaju kondicija riba je potvrđena kao rezultat tek kasnije, na stranici 13. studije (Mrakovčić i sur., 2012.), odnosno stranici 15. (Prilog I.), u poglavlju "Dinamika rasta riba". Na stranici 17. studije (Mrakovčić i sur., 2012.), odnosno stranici 18. (Prilog I.), zaključeno je da vrsta nije prisutna na istraživanom lokalitetu kao trajna populacija, oslanjajući se na teoriju o "naplavljenim" primjercima, tj. da su pronađeni primjerci dio populacije u Popovom polju otplavljeni kroz ponore u podzemlje i izgubljeni za svoju izvornu populaciju. Mišljenja sam da na osnovi iznesenih podataka ne možemo biti sigurni u stvarni status vrste *Delminichthys ghetaldii* u rijeci Omble te ne možemo isključiti ni jednu od tri slijedeće mogućnosti: 1) da su pronađeni primjerci dio populacije u Popovom polju otplavljeni kroz ponore u podzemlje i izgubljeni za svoju izvornu populaciju, 2) da su primjerci dio aktivne populacije u širem sustavu voda čiji je dio Omble (tj. da se primjerci iz Omble mogu vraćati u Popovo polje ili do nekih drugih izvora) ili 3) da je na području Omble ranije uspostavljena ili se recentno uspostavlja odvojena populacija.

Zbog zaključka da vrsta nije prisutna na istraživanom lokalitetu kao trajna populacija, oslanjajući se na teoriju o “naplavljenim” primjercima, nikakve mjere ublažavanja posljedica i kompenzacijske mjere nisu iznesene u studiji (stranica 18. studije (Mrakovčić i sur., 2012.), odnosno stranica 19. (Prilog I.)).

Programom praćenja predviđen je monitoring četiri puta godišnje, tj. sezonskim uzorkovanjem da se provjeri prisutnost vrste tijekom prvih 5 godina, ali metode koje treba koristiti u monitoringu nisu navedene (stranica 18. studije (Mrakovčić i sur., 2012.), odnosno stranica 19. (Prilog I.)).

Jelić, D., Špelić I. 2014. Popovska gaovica (*Delminichthys ghetaldii*) u Hrvatskoj. Zagreb, Hrvatsko društvo za biološka istraživanja.

Ovaj elaborat smatra populaciju na ušću rijeke Omble stabilnom lokalnom populacijom vrste *D. ghetaldii*. Elaborat predstavlja kombinaciju objavljenih podataka o vrsti *D. ghetaldii* i vlastitih izvornih istraživanja. Najveća zamjerka elaboratu je nedostatak poglavlja materijala i metoda te podaci vlastitih rezultata nemaju objašnjenje metode nastanka, a rijetki brožčani podaci se pojavljuju, a da nije jasno kako su izračunati.

Elaborat korektno navodi objavljene podatke izvornih znanstvenih istraživanja o sistematici, filogeniji i morfologiji vrste *D. ghetaldii*. Podatke o jednom dijelu biologije (razmnožavanje, ishrana) prenosi iz preglednih izvora. Slično je kod dijela ekologije vrste (odabir staništa, sezonske migracije) koju prenosi iz Jelić i sur. (2008), gdje je to navedeno općenito za cijeli rod *Delminichthys* i nije jasno porijeklo tih podataka u brošuri preglednog tipa. Unatoč tome, prema svom iskustvu s ribama krškim voda, a u nedostatku objavljenih znanstvenih činjenica, složio bih se s autorima da je *D. ghetaldii* vrsta i nadzemnih i podzemnih staništa, vjerojatno ovisna i o jednom i o drugom u svom životnom i sezonskom ciklusu: „Ipak čini se da ova vrsta još uvijek ovisi o dostupnosti i nadzemnih i podzemnih staništa te nedostatak ijedne komponente dugoročno dovodi do nestanka populacije“.

Poznatu rasprostranjenost iz literature autori nadopunjuju podacima vlastitih izvornih istraživanja. Pojava vrste u lokvi/izvoru u Dubi Konavoskoj u njihovom istraživanju ukazuje na mogućnost da vrsta živi u pretežno podzemnom vodenom staništu s malim dijelom nadzemnog staništa bez nadzemne veze s ostalim vodama, što je bitno za moguće statuse primjeraka u rijeci Ombli (šira zajednička populacija, izdvojena populacija ili podzemnim tokom otplavljene jedinke iz udaljene populacije).

Slažem se s autorima da su vrste roda *Delminichthys* prilagođene teškim uvjetima staništa i slabo prilagođene na kompeticiju s drugim vrstama riba: „Ove su vrste vrhunski prilagođene na vrlo specifična staništa, ali tijekom evolucije uglavnom nisu imale kontakt sa drugim vrstama riba, tako da su vrlo slabi kompetitori“. Također se slažem da je osnova te prilagodbe sklanjanje u sušnim razdobljima u podzemlje: "Njihova evolucija u kršu prilagodila ih je na nestabilne hidrološke prilike, i riješenje za preživljavanje sušnih razdoblja, su pronašli u sezonskom povlačenju u podzemne vodonosnike.“ Moram naglasiti da se ovo moje razmišljanje opet zasniva na osobnom iskustvu s vrstama roda *Delminichthys* i ostalim ribama krških voda ili ribama iz mediteranskog tipa rijeka, jer nedostaju objavljene znanstvene činjenice o ekologiji vrste roda *Delminichthys*. Ne postoje dokazi za vrstu *D. ghetaldii* o povezanosti kroz podzemlje udaljenih nadzemno odvojenih dijelova populacije, ali kod druge vrste tog roda, *Delminichthys adspersus* intenzivan protok gena je dokazan (Paladančić i sur., 2012) na što su skrenuli pažnju i autori elaborata. Dakle, kod vrste *D. adspersus* primjerci u nadzemno odvojenim vodama dio su iste populacije. Ovo je također bitno za moguće statuse

primjeraka vrste *D. ghetaldii* u rijeci Omblu (šira zajednička populacija, izdvojena populacija ili podzemnim tokom otplavljene jedinke iz udaljene populacije).

Dio elaborata koji se odnosi na ugroženost i zaštitu dobro je napisan i na njega nemam primjedbi.

Nije jasan nastanak i izračun procjene relativne brojnosti populacije *D. ghetaldii* izražene u postocima za pojedina nalazišta u Republici Hrvatskoj, uključivši i procjenu da se na izvoru rijeke Omble nalazi 80% populacije u Hrvatskoj. Uočena brojnost, opisno data dobra kondicija primjeraka i prisutnost juvenilnih primjeraka bitni su za moguće statuse primjeraka vrste *D. ghetaldii* u rijeci Omblu (šira zajednička populacija, izdvojena populacija ili podzemnim tokom otplavljene jedinke iz udaljene populacije).

Dio elaborata koji se odnosi na preporuke mjera dobro je napisan i na njega nemam primjedbi.

Legović T. 2015. Procjena održivosti i stabilnosti populacije popovske gaovice (*Delminichthys ghetaldii*) na izvoru rijeke Omble korištenjem metoda ekološkog modeliranja

U elaboratu se tvrdi da ušće rijeke Omble nije stanište već samo prebivalište popovske gaovice. Elaborat se sastoji iz kvalitativnog dijela (poglavlja 1. i 2. (Legović, 2015.), odnosno poglavlja 5.1. i 5.2. Priloga III.) i matematičkih modela dinamike populacije popovske gaovice u podzemnom dijelu ušća Omble (poglavlje 3. (Legović, 2015.), odnosno poglavlja 5.3. Priloga III.) i dinamike populacija gaovice i jegulje kao predatora i plijena (poglavlja 4. i 5. (Legović, 2015.), odnosno poglavlja 5.4. i 5.5. Priloga III.). Oba dijela koriste podatke elaborata Mrakovčić i sur. (2012) pretpostavljajući da su uzorkovanja u tom elaboratu reprezentativna, premda elaboratu nedostaje dinamika brojnosti i stanje jedinki kroz sve sezone.

Osnovni nedostatak kvalitativnog dijela elaborata je da nekritički preuzima tvrdnje iz elaborata Mrakovčić i sur. (2012) kao gotove činjenice, od kojih je najvažnija njihov nalaz da su nađene jedinke popovske gaovice kondicijski u vrlo lošem stanju i djeluju vrlo izglednjelo i zaključak koji iz toga proizlazi da su zabilježene jedinke najvjerojatnije ostale zarobljene u podzemnim prostorima gdje se ne mogu ni razmnožavati niti adekvatno prehraniti. U ovom dijelu nije jasno, tj. ostalo je nedorečeno da li autor ovog elaborata zaključak da ušće rijeke Omble ne može biti stanište popovske gaovice već je njeno prebivalište donosi 1) jer smatra da je pritisak predatora na vrstu *D. ghetaldii* prevelik ili zato što 2) vrsta *D. ghetaldii* na ušću rijeke Omble nema izvore hrane za sebe. Ne postoji razlog ili nova činjenica u kvalitativnom dijelu elaborata u odnosu na prethodna dva elaborata (Mrakovčić i sur., 2012; Jelić i Špelić, 2014) koji bi utjecao na moje mišljenje da na osnovi iznesenih podataka ne možemo biti sigurni u stvarni status vrste *D. ghetaldii* na izvoru rijeke Omble.

Osnovni nedostatak matematičkih modela elaborata su ulazni podaci koji ne predstavljaju stvarnost za ovu vrstu na području Omble niti stvarnost ove vrste općenito već su uzeti proizvoljno. Drugi nedostatak je razmatranje samo dvije mogućnosti 1) da su pronađeni primjerci dio populacije u Popovom polju otplavljeni kroz ponore u podzemlje i izgubljeni za svoju izvornu populaciju ili 2) da je na području Omble uspostavljena odvojena populacija koja je samodostatna i tu se mrijesti. Cijeli proces dokazivanja kroz modele nije postavljen tako da pretpostavi te dokaže ili ospori 3) da su primjerci dio aktivne populacije u širem sustavu voda čiji je dio Ombla (tj. da se primjerci iz Omble mogu vraćati u Popovo polje ili do nekih drugih izvora). Treći nedostatak je pretpostavka da jegulja lovi samo u vanjskom dijelu, a inače znamo da ona može loviti u uvjetima bez svjetla i u zatvorenim

prostorima, kao i pretpostavka da se vrsta *D. ghetaldii* razmnožava isključivo u vanjskom dijelu staništa, što ne znamo.

Jedine dvije ulazne varijable uzete su proizvoljno za matematički model dinamike populacije popovske gaovice. Mortalitet je preuzet za vrstu iz drugog roda, *Phoxinellus pseudalepidotus*. Prirodni mortalitet riba ovisi o osobinama same vrste, ali i uvjetima u staništu. Unutar iste vrste mortalitet može značajno varirati od populacije do populacije te na istom staništu biti različit u različitim vremenima., Čak i unutar iste kohorte on se može mijenjati tijekom života te se u takvim slučajevima mortalitet treba računati odvojeno za svaki dio životnog ciklusa (Sparre i Venema, 1992). Autor sam kaže da točan iznos dotoka primjeraka vrste *D. ghetaldii* podzemnim vodama nije poznat. Nije poznata nikakva brojka ni točna, ni približna, niti čak red veličine koliko bi primjeraka moglo biti svake godine otplavljeno u slučaju da su pronađeni primjerci dio populacije u Popovom polju otplavljeni kroz ponore u podzemlje i izgubljeni za svoju izvornu populaciju. Autor proizvoljno pretpostavlja da u podzemlje Omble godišnje dolazi 100 jedinki. Matematički model ne može dobiti točne rezultate i donijeti ispravne zaključke, ako ulazni podaci ne odgovaraju stvarnosti. Autor također dobijene rezultate iz ovih i kasnije promijenjenih početnih brojki mortaliteta i dotoka primjeraka uspoređuje s brojem osmotrenih (nekoliko desetaka) primjeraka iz studije Mrakovčić i sur. (2012) i zadovoljan je grubim poklapanjem brojeva. Za broj osmotrenih primjeraka u rijeci Omblu ne može se nikako tvrditi da je ukupan broj primjeraka u rijeci Omblu, jer nikakav totalni cenzus nije napravljen u kojem je ukupan volumen vode pretražen i dobijen ukupan broj primjeraka ili u kojem je iz pretraženog volumena i procjene ukupnog volumena u kojem vrsta može biti dobijena procjena ukupnog broja primjeraka.

Dodatne tri ulazne varijable također su uzete proizvoljno za matematički model dinamika populacija gaovice i jegulje kao predatora i plijena za podzemlje kao prebivalište vrste *D. ghetaldii*. Prvi podaci se nalaze pod „Ostali parametri“ Slike 3. (Legović, 2015.), odnosno Slike 5.3. Priloga III., gdje je bez objašnjenja godišnji donos jegulje iz mora uzet kao 100 kao i vrste *D. ghetaldii*, stopa mortaliteta jegulje uzeta vrlo blizu vrijednosti mortaliteta za vrstu *D. ghetaldii*, specifična efikasnost ulova gaovice od strane jegulje po jednoj gaovici i po jednoj jegulji u jedinici vremena je uzeta proizvoljno kao 0,01. U drugoj simulaciji autor mijenja ulazne vrijednosti za jegulju osim mortaliteta. Ne treba ni naglasiti koliko se biologija (životni ciklus, osobine rasta, životna dob, razmnožavanje i razvoj itd.) jegulje i vrste *D. ghetaldii* moraju razlikovati te stoga se razlikuje stvarna smrtnost, pa i ulazne vrijednosti za procjenu smrtnosti bez obzira kojom se metodom izračunava smrtnost riba. Također, dok se vjerojatno kod vrste *D. ghetaldii* treba procijeniti prirodna smrtnost, jer je vjerojatno ribolovna isključena, kod jegulje i sam autor studije očekuje izlov od strane čovjeka pa ukupna smrtnost (Z) treba biti zbir prirodne smrtnosti (M) i ribolovne smrtnosti (F). Dok prva simulacija ovog modela s dvije vrste ima grubo poklapanje s brojem osmotrenih primjeraka kod Mrakovčić i sur. (2012), a već sam napisao da se za broj osmotrenih primjeraka u rijeci Omblu ne može nikako tvrditi da je ukupan broj primjeraka u rijeci Omblu, druga simulacija dobija potpuno uništenje gaovice predacijom jegulje. Iako autor u ovom modelu pretpostavlja da je gaovica samo u podzemnom dijelu te potpuno uništenje gaovice znači potpuno uništenje upravo u tom podzemnom dijelu, autoru je sada ova simulacija argument zašto gaovice ima u podzemnom dijelu, a nema je u vanjskom dijelu ušća.

Matematički model dinamika populacija gaovice i jegulje kao predatora i plijena za ušće Omble kao stanište vrste *D. ghetaldii* uvodi ulaznu vrijednost razlike stope nataliteta i mortaliteta mlađi. Polazi od toga da se gaovica razmnožava isključivo u vanjskom dijelu (što ne znamo) te odsustvo ili prisustvo

vrste *D. ghetaldii* u vanjskom dijelu autoru predstavlja dokaz 1) da su pronađeni primjerci dio populacije u Popovom polju otplavljeni kroz ponore u podzemlje i izgubljeni za svoju izvornu populaciju ili 2) da je na području Omble uspostavljena odvojena populacija koja je samodostatna i tu se mrijesti. Na Slici 5. elaborata (Legović, 2015.), odnosno Slici 5.5 Priloga III., pod „Ostali parametri“ razlike stope nataliteta i mortaliteta mlađi uzeta je proizvoljno kao 2. Autoru je ova simulacija argument zašto gaovice ima u podzemnom dijelu, a nema je u vanjskom dijelu ušća, jer bi prema njemu njezin izlazak u vanjski dio uzrokovao njeno uništenje predacijom jegulje.

7.4 Komentar na rezultate terenskog izvještaja zimskog rekognosciranja potencijalnih nalazišta i trenutnih gustoća populacija popovske gaovice u Hrvatskoj

Obavljeno istraživanje (Geonatura, 2015), provedeno u sklopu Glavne ocjene utjecaja HE Ombla na ekološku mrežu, imalo je za cilj utvrditi aktualno prisustvo i ocijeniti trenutnu gustoću populacije vrste *D. ghetaldii* na lokalitetima njezinih potencijalnih staništa na prostoru Dubrovačkog primorja, Dubrovnika te Župe i Konavala, tj. na području očekivanog areala ove vrste u Republici Hrvatskoj. Istraživanje je metodološki prikladno za utvrđivanje prisustva vrste *D. ghetaldii* u nadzemnim vodenim tokovima korištenjem zamki i vizualnim pregledom. Upotreba elektroribolova mogla bi dopuniti ove metode. Tijekom četiri dana pregledani su sljedeći lokaliteti na prostorima na području Neretve, Dubrovačkog primorja, Dubrovnika, Župe i Konavala: izvor Topoštik, Topolo; izvor-lokva kod ulaza u selo Lisac; bijela lokva u Ošlju kod Rotunde, Ošlje; izvor Zavrelje, Mlini; lokva u Stravči, Stravča; izvor Kosović, Duba Konavoska; izvor Ljute, Konavoski dvori; sustav Vilina špilja-izvor Omble, izvor Palata, Zaton, lokva uz cestu u Ošlju, Ošlje; akumulacija u Orašcu, Orašac. Oko desetak lokaliteta imalo je prikladne uvjete, tj. dovoljno vode za opstanak i prisustvo riba, od njih su tri lokaliteta imala nalaz s ribama: na jednom lokalitetu (izvor-lokva kod ulaza u selo Lisac), pronađena je vrsta *Alburnus arborella* (Bonaparte, 1841), a na dva lokaliteta (izvor lokva u Dubi Konavoskoj i lokva u Stravči) vrsta *D. ghetaldii* (Steindachner 1882).

Iz navedenog istraživanja može se zaključiti da 1) ne znamo sve lokalitete unutar areala vrste *D. ghetaldii* na kojima je ona recentno prisutna, 2) ne znamo brojnost vrste na pojedinoj lokaciji gdje je utvrđena i njezin doprinos ukupnoj brojnosti vrste u Republici Hrvatskoj, 3) jednokratno istraživanje provedeno u nepovoljnom dijelu godine ne isključuje mogućnost pronalaska vrste *D. ghetaldii* na lokalitetima koje su sada dale negativan rezultat u slučaju uzorkovanja u povoljnijim uvjetima, 4) prema usmenom priopćenju autora terenskog istraživanja (Ozimec), istraživanjem nisu obuhvaćene svi lokaliteti s povoljnim uvjetima, tj. postoji mogućnost postojanja sada neistraženih i nepoznatih lokaliteta s povoljnim uvjetima za vrstu *D. ghetaldii* na prostoru Dubrovačkog primorja, Dubrovnika, Župe i Konavala tj. areala ove vrste u Republici Hrvatskoj.

Ovo preliminarno istraživanje pokazalo je koja znanja nedostaju o prisustvu i brojnosti ove vrste unutar areala ove vrste u Republici Hrvatskoj. Predlažem 1) nastavak istraživanja metodologijom ovog istraživanja na svim lokalitetima s povoljnim uvjetima za vrstu *D. ghetaldii*, uz mogućnost po potrebi i upotrebe elektroribolova na svim sada istraženim lokalitetima, 2) moguće podzemne vodene volumene nedostupne s kopna trebalo bi istražiti korištenjem autonomnog ronjenja i zamki, 3) istraživanje bi se trebalo provesti tijekom cijele godine jednom mjesečno, 4) istraživanju bi trebalo prethoditi preliminarno istraživanje za utvrđivanje preostalih lokaliteta s povoljnim uvjetima za vrstu *D. ghetaldii* koje bi se sastojalo iz prethodnog prikupljanja podataka, zatim preliminiranog terenskog

pregleda lokaliteta utvrđenih prethodnim prikupljanjem podataka, te na kraju pridruživanja onih novopronađenih lokaliteta s povoljnim uvjetima za vrstu *D. ghetaldii* ranije utvrđenim lokalitetima.

7.5 Zaključak

- 1) Popovska gaovica je endemska vrsta riba vrlo ograničenog areala. Krške slatke vode čine malu površinu unutar ukupne površine tih areala te je „area of occupancy“ izrazito mala unutar i onako ograničene „extant of occurrence“. Ovo je čini vrstom vrlo ranjivom na djelovanje čovjeka u njenim malobrojnim i prostorno malim staništima.
- 2) Sva znanja o ovoj vrsti potječu iz manje od desetak izvornih znanstvenih članaka dok su sva ostala djela pregledni radovi, knjige i stručne studije gdje su podaci ili preuzeti iz izvornih članaka, ili su posljedica stručnog rada bez znanstvene potvrde, ili su nepoznatog originalnog izvora. Manje od desetak izvornih znanstvenih radova u kojima je ova vrsta bila tema istraživanja ili dio teme istraživanja pretežno se bave morfologijom, sistematikom i filogenijom ove vrste. Za procjenu stanja i ugroženosti ove vrste u cjelini nedostaju nam osnovni podaci o vrsti koji su uobičajeno potrebni za takvu procjenu: podaci odnosa vrste prema nadzemnim i podzemnim vodenim staništima i migracije i sezonske promjene odnosa prema staništu, podaci populacijske strukture i gustoće, podaci o razmnožavanju i razvoju te podaci o starosti i rastu.
- 3) Sve tri studije koriste nedovoljne ulazne podatke terenskih uzorkovanja te uz nedostatak općih osnovnih podataka o vrsti nisu u stanju donijeti pouzdan zaključak o održivosti i stabilnosti lokalne populacije popovske gaovice (*D. ghetaldii*) na izvoru rijeke Omble. Također se u studijama mogu pronaći propusti u slijedu zaključivanja i ne uzimanje svih mogućih opcija u obzir. Nijedan od elaborata nije pružio dokaz koji bi isključio neke od sljedećih mogućnosti o *D. ghetaldii* na rijeci Omblu: 1) da su pronađeni primjerci dio populacije u Popovom polju otplavljeni kroz ponore u podzemlje i izgubljeni za svoju izvornu populaciju, 2) da su primjerci dio aktivne populacije u širem sustavu voda čiji je dio Ombla (tj. da se primjerci iz Omble mogu vraćati u Popovo polje ili do nekih drugih izvora) ili 3) da je na području Omble ranije uspostavljena ili se recentno uspostavlja odvojena populacija.
- 4) Elaborat Mrakovčić i sur. (2012) predstavlja kombinaciju objavljenih podataka o vrsti *D. ghetaldii* i vlastitih izvornih istraživanja. Odabir metoda je dobar. Što se tiče metoda glavna primjedba je nedostatak podataka o količini i vremenu uloženog napora terenskog te su zato i reprezentativnost uzorka i sezonska pokrivenost upitne. Autori uočavaju slabu kondiciju riba i nude dva razloga za slabu kondiciju sakupljenih riba: 1) nedostatak hrane uslijed trenutnih uvjeta s protokom vode; ili, 2) da su primjerci naplavljeni s njihovih prirodnih staništa u sadašnji prostor. Nisu predvidjeli i treću mogućnost, da je možda u jednom dijelu godišnjeg ciklusa ove vrste slaba ishranjenost normalna pojava (iscrpljenost nakon mrijesta, dio godine sa slabijim hranjenjem zbog lošijih uvjeta itd., sve ono što može biti uobičajeno kod ribljih vrsta). Autori zaključuju da vrsta nije prisutna na istraživanom lokalitetu kao trajna populacija, oslanjajući se na teoriju o “naplavljenim” primjercima, tj. da su pronađeni primjerci dio populacije u Popovom polju otplavljeni kroz ponore u podzemlje i izgubljeni za svoju izvornu populaciju. Zaključak elaborata nije dokazan i treba ga dokazati kroz sustavno terensko istraživanje.
- 5) Elaborat Jelić i Špelić (2014) predstavlja kombinaciju objavljenih podataka o vrsti *D. ghetaldii* i vlastitih izvornih istraživanja. Složio bih se s autorima temeljem svog iskustva da je

D. ghetaldii vrsta i nadzemnih i podzemnih staništa, vjerojatno ovisna i o jednom i o drugom u svom životnom i sezonskom ciklusu, ali za to na žalost ne postoje objavljene znanstvene činjenice. Pojava brojnih, dobro uhranjenih primjeraka te juvenilnih primjeraka u lokvi/izvoru u Dubi Konavoskoj u njihovom istraživanju ukazuje na mogućnost da vrsta živi u pretežno podzemnom vodenom staništu s malim dijelom nadzemnog staništa bez nadzemne veze s ostalim vodama, što je prilog u korist mogućnosti da su primjerci u rijeci Omblu dio aktivne populacije u širem sustavu voda čiji je dio Ombla. Jelić i Špelić (2014) ukazuju na znanstvene rezultate kod druge vrste roda *Delminichthys*, vrste *D. adspersus* gdje su primjerci u nadzemno odvojenim vodama dio iste populacije. Ovo je također prilog u korist mogućnosti da su primjerci u rijeci Omblu dio aktivne populacije u širem sustavu voda čiji je dio Ombla. Najveća zamjerka elaboratu je nedostatak poglavlja materijala i metoda te podaci vlastitih rezultata nemaju objašnjenje metode nastanka, a rijetki brojevi podaci se pojavljuju, a da nije jasno kako su izračunati, uključujući i procjenu se na izvoru Omble nalazi 80% populacije popovske gaovice u Hrvatskoj. Zaključak elaborata da je populacija na ušću rijeke Omble stabilna lokalna populacija vrste *D. ghetaldii* treba dokazati kroz sustavno terensko istraživanje.

- 6) Elaborat Legović (2015) koristi podatke elaborata Mrakovčić i sur. (2012) pretpostavljajući da su uzorkovanja u tom elaboratu reprezentativna prema elaboratu nedostaje dinamika brojnosti i stanje jedinki kroz sve sezone. S druge strane matematički modeli uzimaju proizvoljne brojke za ulazne podatke koje nisu dobijene istraživanjima u znanstvenim člancima ili elaboratima te ne predstavljaju stvarnost za ovu vrstu na području Omble niti stvarnost ove vrste općenito. Drugi nedostatak je razmatranje samo dvije mogućnosti 1) da su pronađeni primjerci dio populacije u Popovom polju otplavljeni kroz ponore u podzemlje i izgubljeni za svoju izvornu populaciju ili 2) da je na području Omble uspostavljena odvojena populacija koja je samodostatna i tu se mrijesti. Cijeli proces dokazivanja kroz modele nije postavljen tako da pretpostavi te dokaže ili ospori 3) da su primjerci dio aktivne populacije u širem sustavu voda čiji je dio Ombla (tj. da se primjerci iz Omble mogu vraćati u Popovo polje ili do nekih drugih izvora). Stoga se zaključak elaborata da ušće rijeke Omble nije stanište već samo prebivalište popovske gaovice ne može smatrati dokazanim.
- 7) Moje je mišljenje da samo sustavna istraživanja mogu isključiti svaku od mogućnosti 1) da su pronađeni primjerci u Omblu dio populacije u Popovom polju otplavljeni kroz ponore u podzemlje i izgubljeni za svoju izvornu populaciju, 2) da su primjerci dio aktivne populacije u širem sustavu voda čiji je dio Ombla (tj. da se primjerci iz Omble mogu vraćati u Popovo polje ili do nekih drugih izvora) ili 3) da je na području Omble ranije uspostavljena ili se recentno uspostavlja odvojena populacija. Preporučujem sljedeća istraživanja:
- 8) Istraživanje vizualnim cenzusom ronjenjem i postavljenim klopama kroz cijelu godinu s mjesečnim uzorcima i procjena brojnosti za cijelo područje rijeke Omble vrste *D. ghetaldii* temeljem tako dobijenih podataka vizualnog cenzusa za dio prostora i populacije. Cjelogodišnje prisustvo primjeraka koji su barem u jednom dijelu godine u dobroj kondiciji osporila bi Mrakovčić i sur. (2012) varijantu hipoteze o otplavljenim primjercima. Samo povremeno pojavljivanje primjeraka kroz cijelu godinu i to samo onih s lošom kondicijom osporilo bi hipotezu o dijelu aktivne populacije u širem sustavu voda. Procjena o velikoj

brojnosti za cijelo područje rijeke Omble vrste *D. ghetaldii* osporila bi Legovićevu (2015) varijantu hipoteze o Ombli kao prebivalištu otplavljenih primjeraka.

- 9) Istraživanje treba dopuniti i cjelogodišnjim istraživanjem vanjskog dijela. Prisustvo vrste *D. ghetaldii* u vanjskom dijelu u barem u jednom dijelu godine osporila bi Legovićevu (2015) varijantu hipoteze o Ombli kao prebivalištu otplavljenih primjeraka.
- 10) Žrtvovanje dijela primjeraka iz klopki za laboratorijsku obradu u kojem bi stekli saznanja o starosti i rastu, životnom ciklusu, dobi prve spolne zrelosti, godišnjem ciklusu spolnog sazrijevanja, fekunditetu i ishrani bila bi velika pomoć u procjeni ugroženosti i provedbi zaštite za ovu vrstu u cjelini. Bilo kakav dokaz o uspješno obavljenom mrijestu primjeraka koji su i prije i poslije mrijesta bili prisutni u rijeci Ombli (neovisno gdje se mrijest odvije) osporio bi Legovićevu (2015) varijantu hipoteze o Ombli kao prebivalištu otplavljenih primjeraka. Dokazi o intenzivnom hranjenju osporili bi Mrakovčić i sur. (2012) varijantu hipoteze o otplavljenim primjercima u lošem stanju.
- 11) Istraživanje protoka gena kroz podzemlje za vrstu *D. ghetaldii* koje bi rezultiralo potvrdom prisustva protoka gena isključilo bi hipotezu o samostalnoj odvojenoj populaciji. Nedostatak protoka gena isključio bi ostale dvije hipoteze i potvrdio hipotezu odvojene populacije.
- 12) Markiranje primjeraka i njihov ponovni pronalazak nakon nekog vremena osporio bi obje varijante hipoteze o otplavljenim primjercima: Mrakovčićevu i sur. (2012) i Legovićevu (2015). Nalaženje markiranih primjeraka izvan rijeke Omble isključilo bi hipotezu o samostalnoj odvojenoj populaciji i obje hipoteze o otplavljenim primjercima.
- 13) Za ovu vrstu nužno je i šire istraživanje prisustva i brojnosti ove vrste unutar areala ove vrste u Republici Hrvatskoj. To je pokazalo terensko istraživanje zimskog rekognosciranja potencijalnih nalazišta i trenutnih gustoća populacija popovske gaovice u Hrvatskoj (Ozimec i sur., 2015). Može se zaključiti da ne znamo za sve lokalitete unutar areala vrste *D. ghetaldii* koje ona recentno zauzima i da ne znamo brojnost vrste na pojedinom lokalitetu gdje je utvrđena i njen doprinos ukupnoj brojnosti vrste u Republici Hrvatskoj. Predlažem a) nastavak istraživanja metodologijom ovog istraživanja na svim lokalitetima s povoljnim uvjetima za vrstu *D. ghetaldii*, uz mogućnost po potrebi i upotrebe elektroribolova na svim sada istraženim lokalitetima, b) moguće podzemne vodene volumene nedostupne s kopna trebalo bi istražiti korištenjem autonomnog ronjenja i zamki, c) istraživanje bi se trebalo provesti tijekom cijele godine jednom mjesečno, d) istraživanju bi trebalo prethoditi preliminarno istraživanje za utvrđivanje preostalih lokaliteta s povoljnim uvjetima za vrstu *D. ghetaldii* koje bi se sastojalo iz prethodnog prikupljanja podataka, zatim preliminiranog terenskog pregleda lokaliteta utvrđenih prethodnim prikupljanjem podataka, te na kraju pridruživanja onih novopronađenih lokaliteta s povoljnim uvjetima za vrstu *D. ghetaldii* ranije utvrđenim lokalitetima.

7.6 Citirana literatura i druga poznata literatura o vrsti *Delminichthys ghetaldii*

1. Bogutskaya, N. G., P. Zupančič. 2003. *Phoxinellus pseudalepidotus* (Teleostei: Cyprinidae), a new species from the Neretva basin with an overview of the morphology of *Phoxinellus* species of Croatia and Bosnia-Herzegovina. Ichthyological Exploration of freshwaters 14: 369-383.
2. Bogutskaya, N. G., P. Zupančič, I. Bogut, A. M. Naseka. 2012. Two new freshwater fish species of the genus *Telestes* (Actinopterygii, Cyprinidae) from karst poljes in Eastern Herzegovina and Dubrovnik littoral (Bosnia and Herzegovina and Croatia). ZooKeys No. 180: 53-80.
3. Crivelli, A.J., 1996. The freshwater fish endemic to the Mediterranean region. An action plan for their conservation. Tour du Valat Publication. 171 pp.
4. Eschmeyer, W. N. (urednik). Catalog of Fishes. California Academy of Sciences (<http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Pristupljeno 13. siječnja 2015. godine.
5. Freyhof, J., D. Lieckfeldt, N. G. Bogutskaya, C. Pitra, A. Ludwig 2006. Phylogenetic position of the Dalmatian genus *Phoxinellus* and description of the newly proposed genus *Delminichthys* (Teleostei: Cyprinidae). Molecular Phylogenetics and Evolution No. 38: 416-425.
6. Froese, R. i Pauly, D. (urednici). FishBase. World Wide Web electronic publication. (www.fishbase.org). Pristupljeno 13. siječnja 2015. godine.
7. Kottelat, M. 1997. European freshwater fishes. Biologia (Bratislava) v. 52 (suppl. 5): 1-271.
8. Kottelat, M., J. Freyhof. 2007. *Pelagius*, a new genus name for the Balkan species of *Pseudophoxinus* (Teleostei: Cyprinidae). Ichthyol. Explor. Freshwat. 18(2):103-108.
9. Jelić, D., Špelić I. 2014. Popovska gaovica (*Delminichthys ghetaldii*) u Hrvatskoj. Zagreb, Hrvatsko društvo za biološka istraživanja. 22 pp.
10. Jelić, D., Duplić A., Čaleta M., Žutinić P. 2008. Endemske vrste riba Jadranskog sliva. Zagreb, Agencija za zaštitu okoliša. 78 pp.
11. Legović, T. 2015. Procjena održivosti i stabilnosti populacije popovske gaovice (*Delminichthys ghetaldii*) na izvoru rijeke Omble korištenjem metoda ekološkog modeliranja. 17 pp.
12. Kottelat, M., J. Freyhof . 2008. Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany. Publications Kottelat. xiii+ 646 pp.
13. Mrakovcic, M. , S. Mistic, M. Povz 1995. Status of freshwater fish in Croatian Adriatic river systems. Biological Conservation v. 72 (spec. issue): 179-185.

14. Mrakovčić, M., A. Brigić, I. Buj, M. Čaleta, P. Mustafić, D. Zanella. 2006. Red book of freshwater fish of Croatia. Ministry of Culture RH, State Institute for Nature Protection, Zagreb. 253 pp.
15. Mrakovčić, M., M. Čaleta, P. Mustafić, D. Zanella, M. Marčić. 2012. Studija o utjecaju na okoliš planirane hidroelektrane Ombla. Zagreb, Hrvatsko ihtiološko društvo. 23 pp.
16. Ozimec, R., D. Basara, N. Hanžak, G. Rnjak. 2015. Terenski izvještaj zimskog rekognosciranja potencijalnih nalazišta i trenutnih gustoća populacija popovske gaovice u Hrvatskoj. Zagreb, Geonatura d.o.o. 28 pp.
17. Palandačić, A., P. Zupančić, A. Snoj. 2010. Revised classification of former genus *Phoxinellus* using nuclear DNA sequences. *Biochemical Systematics and Ecology* 38(5): 1069-1073.
18. Palandačić, A., M. Matschiner, P. Zupančić, A. Snoj. 2012. Fish migrate underground: the example of *Delminichthys adspersus* (Cyprinidae). *Molecular Ecology* 21(7): 1658-1671.
19. Sofradžija, A., L. Berberović. 1972. Usporedna karioloska istraživanja vrsta *Paraphoxinus alepidotus*, *P. adspersus*, *P. pstrossi*, *P. metohiesis* i *P. croaticus*. *Godišnjak biol. Inst. Saraj.* 25: 135-173.
20. Sparre P., S. Venema, 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1 - Manual. FAO Fish. Tech. Pap. 306/1 Rev. 1. FAO Rome. 407 pp.
21. Steindachner, F. 1882. Beiträge zur Kenntniss der Fische Afrika's (II.) und Beschreibung einer neuen *Paraphoxinus*-Art aus der Herzegowina. *Denkschriften der Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe.* v. 45 (1. Abth.): 1-18, Pls. 1-6.
22. Steindachner, F. 882. Ichthyologische Beiträge (XII). *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe* v. 86 (1. Abth.): 61-82, Pls. 1-5.
23. Perea, S., M. Böhme, P. Zupančić, J. Freyhof, R. Sanda, M. Özuluğ, A. Abdoli, I. Doadrio. 2010. Phylogenetic relationships and biogeographical patterns in circum-Mediterranean subfamily Leuciscinae (Teleostei, Cyprinidae) inferred from both mitochondrial and nuclear data. *BMC Evolutionary Biology* v. 10 (no. 265): 1-27.
24. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Pristupljeno 13. siječnja 2015. godine.
25. Zupančić, P. 2008. Rijetke i ugrožene slatkovodne ribe Jadranskog slijeva Hrvatske, Slovenije i Bosne i Hercegovin. Dolsko (Agencija AZV Dolsko d.o.o.). 79 pp.
26. Zupančić, P., N. G. Bogutskaya. 2002. Description of two new species, *Phoxinellus krbavensis* and *P. jadovensis*, re-description of *P. fontinalis* Karaman, 1972, and discussion of the distribution of *Phoxinellus* species (Teleostei: Cyprinidae) in Croatia and in Bosnia and Herzegovina. *Natura Croatica* v. 11 (no. 4): 411-437.

8 PRILOG VI.: Popovska gaovica (*Delminichthys ghetaldii*) u Hrvatskoj (Jelić i Špelić, 2015.) – nadopuna elaborata

8.1 Uvod

Podizvođačkim ugovorom između Hrvatskog društva za biološka istraživanja (u daljnjem tekstu HDBI) i GEONATURA d.o.o. za stručne poslove zaštite prirode o izradi „Elaborata o popovskoj gaovici (*Delminichthys ghetaldii*) u Hrvatskoj“ definirano je da HDBI treba priložiti sve svoje najaktualnije podatke i dati stručno mišljenje o zadanoj temi. HDBI je dostavio svoj elaborat (u daljnjem tekstu „Elaborat 1“) krajem veljače 2015 (*Opaska urednika: Taj se elaborat u ovoj knjizi donosi kao Prilog II*). Ovom nadopunom (u daljnjem tekstu „Elaborat 1- nadopuna“) Vas želimo izvijestiti o novim podacima koji su se pojavili nakon nedavnog ciljanog terenskog istraživanja špiljskog sustava izvora Omble kod Dubrovnika. Ovi novi podatci mogu se smatrati prvim kvantitativnim podacima o prisustvu popovske gaovice u Hrvatskoj.

8.2 Materijali i metode

U razdoblju od 23.-25.02.2015. obavljeno je ciljano istraživanje potopljenih dijelova sustava Omble i akumulacije Orašac. Cilj je bio istraživanje populacije popovske gaovice i potvrđivanje prisustva čovječje ribice.

Istraživanja su provedena sa tri speleoronioca i dva speleologa.

23.02.2015. poslijepodne (16 h) obavljen je prvi uron u Izvorišnu špilju Omble. U sustavu je voda bila iznimno замуćena uz vidljivost od 4-5 m. Zbog opasne struje vode koja je prijetila da povuče ronioce, istraživanje je obavljeno samo u središnjem dijelu kaverne. Izvorišno jezerce je bilo iznimno turbulentno i u njemu se nije moglo roniti. Tunel koji vodi do Velike dvorane (i Dubokog jezera) bio je u potpunosti potopljen i nije mu se moglo pristupiti.

24.02.2015. prijepodne posjećena je akumulacija Orašac i detaljno je pretražena u potrazi za ribama. Jezero je pregledano i za potencijalno veće ulaze u špiljske sustave. Jezero je iznimno eutrofno i замуćeno (vidljivost je bila ~2 m). U središtu akumulacije se nalazi betonirani šaht sa izvorom. Izvor je sitasti i nije moguće u njega uroniti. Na lokalitetu je obavljeno i 30 min elektroribolova. Na povratku u Dubrovnik posjetili smo i izvor u Zatonu Malom gdje smo također 30 min lovili elektroagregatom. Branko Jalžić je posvjedočio da se u izvore u Zatonu Malom nigdje ne može uroniti.

24.02.2015. poslijepodne obavljen je drugi uron u Izvorišnu špilju. Vidljivost je bila značajno bolja pa je bilo lakše i sigurnije za istraživanje. Strujanje vode je bilo jednake snage kao i prethodnog dana. Paralelno tome je obavljeno 30 min elektroribolova u Izvorišnom jezercu.

8.2.1 Procjena brojnosti

Tijekom terenskog istraživanja uspjeli smo obaviti dva linearna transekta (23. i 24. veljače) sa tri ronioce. Jedan ronioc broji popovske gaovice na transektu, a drugi ga kontrolira. Treća osoba je bila tu samo za sigurnost i za pretraživanje staništa za čovječju ribicu. Središte transekta je predstavljala naša sigurnosna nit koja je postavljena u sustavu ranije. Duljina transekta je bila standardnih 100 m.

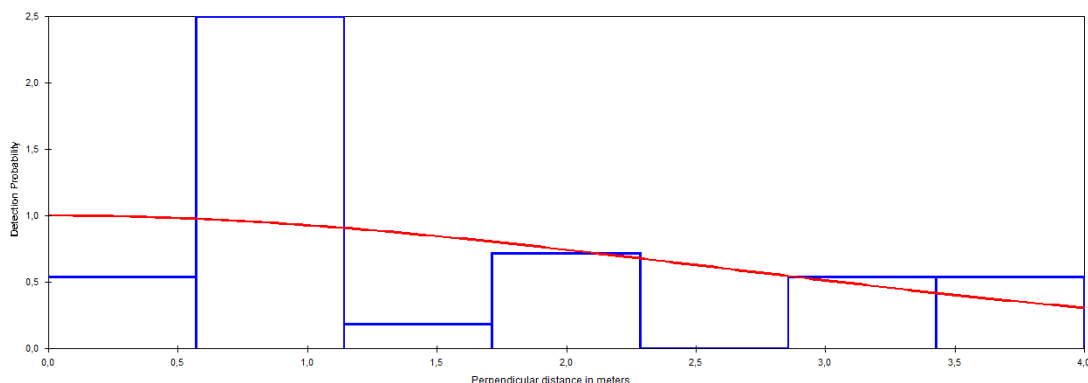
Istraživač tijekom ronjenja pliva iznad transektne niti i broji sve jedinke koje vidi te bilježi koliko su one udaljene od transektne niti („perpendicular distance“). Dakle, broje se jedinke na svih 360 stupnjeva oko niti. Udaljenost se mjeri do točnosti od 0,5 m.

Podatke smo analizirali sa softwareom DISTANCE 6.0, koristeći model dvostrukog transekta, uz površinu observacije od 800 m². Dubina na toj lokaciji je oko 2 m. Dakle, volumen je oko 1600 m³.

8.3 Rezultati

8.3.1 Ombla

U prvom brojanju smo zabilježili 11 jedinki, a u drugom 17. Spolove nismo mogli bilježiti, jer ih za raspoznavanje treba vidjeti izbliza (a mi se ne možemo micati sa transekta), tako da smo u protokolu imali samo dvije grupe: 1) adulti (>3 cm) i 2) juvenilni (<3 cm). Sve jedinke su bile veće od 4,5 cm i mogu se smatrati odraslim jedinkama.



Slika 8.1. Vjerojatnost opažanja (detection probability) - odnos jedinki viđenih bliže transektu od onih dalje od transekta se koristi kao primarna krivulja za procijenu omjera viđenih (ispod krivulje) i neviđenih jedinki (iznad krivulje). Pretpostavka je da su sve jedinke nasumično raspoređene i da imaju jednaku šansu da budu opažene.

Procijenjeno je da na tom volumenu od 1600 m³ živi **20 jedinki *D. ghetaldii***, odnosno gustoća je **0,0125 jedinki po m³**.

95% confidence interval = 7 – 55 jedinki/1600 m³

SE = 5,21 jedinki/1600 m³

Ukupna procjena:

$V_{\text{izvorišna špilja}} = 14\,536 \text{ m}^3$

$N_{D. \text{ghetaldii, izvorišna špilja}} = \approx 182 \text{ jedinke}$

$V_{\text{izvorišno jezerce}} = 8\,370 \text{ m}^3$

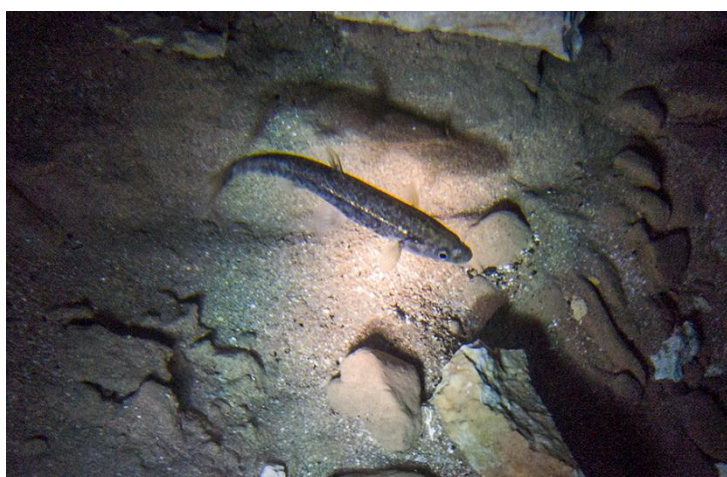
$N_{D. \text{ghetaldii, izvorišno jezerce}} = \approx 105 \text{ jedinki}$

Dakle, s obzirom na volumen Izvorišne špilje tu bi moglo obitavati oko 182 jedinke, a u Izvorišnom jezercu oko 105 jedinki popovske gaovice.

Smatramo da se gustoća populacije ($0,0125 \text{ jed/m}^3$) dobivena za Izvorišnu špilju može koristiti za procjenu veličine populacije u poznatim dijelovima sustava Omble, no neophodno je provesti i ljetna istraživanja dok su niži vodostaji. Tada će se paralelni transekti obaviti i u Velikoj dvorani (odnosno Dubokom jezeru) i u Izvorišnom jezercu. Za pretpostaviti je da se *D. ghetaldii* ne zadržava redovito na većim dubinama ($> 50 \text{ m}$) te nema potrebe preračunavati brojnost na volumene špilje ispod te dubine.

Ronjenjem nije zabilježena ni jedna jedinka jegulje. Ova vrsta nije zabilježena niti prijašnjim istraživanjem. Branko Jalžić koji je u Ombli ronio već 6 puta posvjedočio je da ni on nije niti jednom vidio jegulju u sustavu ili izvan njega. Iz svega se može zaključiti da je populacija jegulje značajno manja od one prikazane u elaboratu od Mrakovčić i sur. (2012).

24.02. poslijepodne obavljeno je 30 min elektroribolova i zabilježen je samo bijeg jedne jedinke jegulje. Ovakav ulov nije iznenađujuć s obzirom na visinu vode i brzinu strujanja.



Slika 8.2. Popovska gaovice iz Omble.

8.3.2 Akumulacija Orašac i Zaton Mali

U akumulaciji Orašac nije zabilježena ni jedna jedinka popovske gaovice ni u samom jezeru, niti u betoniranom izvoru. Zabilježen je iznimno velik broj šarana (*Cyprinus carpio*) i primorskog pijora (*Phoxinus lumaireul*). Ove vrste su dijelom zaslužne i za veliko zamućenje u akumulaciji i ubrzani proces eutrofije. Tijekom 45 min ronjenja zabilježeno je ≈ 200 jedinki šarana (SVL 10 – 30 cm) i ≈ 10 primorskih pijora (3-8 cm).



Slika 8.3. Unesene vrste primorski pijor i šaran.

Na izvorima u Zatonu Malom nije zabilježena niti jedna vrsta ribe.

8.4 Zaključak

Preporuka za ozbiljniju projekciju brojnosti populacije popovske gaovice u cijelom sustavu Omble bila bi da se izračun napravi na temelju barem 5-6 transekata i da oni budu obavljani u različitim vremenskim uvjetima i različitim dijelovima sustava. Svakako će se točniji rezultati moći pokazati nakon brojanja tijekom niskih voda. Iz iskustva možemo reći da je prilikom prijašnjih urona bilo viđeno značajno više jedinki popovske gaovice. Moguće je da se u ovim uvjetima visokih voda, jakog zamućenja i snažnog strujanja, gaovice skrivaju radi zaštite.

Slijedeći krug terenskih istraživanja predviđamo za razdoblje lipanj – srpanj 2015.

9 PRILOG VII.: Legović T., Komentar na Prilog V: Kovačić M., "Stručno mišljenje o održivosti i stabilnosti lokalne populacije popovske gaovice (*Delminichthys ghetaldii*) na izvoru rijeke Omble (2015)", a koji se tiče elaborata navedenog kao Prilog III.

Zagreb, 24.02.2015.

Napomena: Komentari M. Kovačića navedeni su u navodnicima, a moj odgovor se nalazi neposredno nakon komentara.

- *"Oba dijela koriste podatke elaborata Mrakovčić i sur. (2012) pretpostavljajući da su uzorkovanja u tom elaboratu reprezentativna, premda elaboratu nedostaje dinamika brojnosti i stanje jedinki kroz sve sezone."*

Podaci u elaboratu Mrakovčić i sur. (2012) predstavljaju zatečeno stanje u trenutku uzorkovanja. No, u elaboratu koristim i podatke drugih autora navedenih u literaturi i drugih sezona. Sezonska dinamika, koja nedvojbeno postoji, ne mijenja zaključke elaborata.

- *"Osnovni nedostatak kvalitativnog dijela elaborata je da nekritički preuzima tvrdnje iz elaborata Mrakovčić i sur. (2012) kao gotove činjenice, ..."*

Podaci predstavljaju činjenice. Tvrdnje uzimam kao hipoteze. Prema tome "osnovni nedostatak" elaborata nije dokazan.

- *"od kojih je najvažnija njihov nalaz da su nađene jedinke popovske gaovice kondicijski u vrlo lošem stanju i djeluju vrlo izglednjelo i zaključak koji iz toga proizlazi da su zabilježene jedinke najvjerojatnije ostale zarobljene u podzemnim prostorima gdje se ne mogu ni razmnožavati niti adekvatno prehraniti."*

U elaboratu i u dokazu da je ušće Omble prebivalište, a ne stanište, nalaz o kondicijskom stanju nije bio potreban.

- *"...ostalo je nedorečeno da li autor ovog elaborata zaključak da ušće rijeke Omble ne može biti stanište popovske gaovice već je njeno prebivalište donosi 1) jer smatra da je pritisak predatora na vrstu *D. ghetaldii* prevelik ili zato što 2) vrsta *D. ghetaldii* na ušću rijeke Omble nema izvore hrane za sebe."*

Naravno 1). u elaboratu se ne dokazuje 2). No, čim je 1) zadovoljeno, 2) postaje irelevantno za dokazivanje.

- *"Ne postoji razlog ili nova činjenica u kvalitativnom dijelu elaborata u odnosu na prethodna dva elaborata (Mrakovčić i sur., 2012; Jelić i Špelić, 2014) koji bi utjecao na moje mišljenje da na osnovi iznesenih podataka ne možemo biti sigurni u stvarni status vrste *D. ghetaldii* na izvoru rijeke Omble."*

Kvalitativni dio služi zato da se na temelju nalaza iz prethodnih studija formiraju hipoteze koje će se u kvantitativnom dijelu dalje razmatrati.

- *"Osnovni nedostatak matematičkih modela elaborata su ulazni podaci koji ne predstavljaju stvarnost za ovu vrstu na području Omble niti stvarnost ove vrste općenito već su uzeti proizvoljno."*

Ni jedan podatak nije uzet proizvoljno. U elaboratu uzimam tri hipotetička brojeke i one su naznačene. Tako je pretpostavljeno da u ušću Omble postoji 100 jedinki popovske gaovice, ne zato što držim da ih ima 100 nego zato da bih čitatelju pokazao: ako ih ima 100, tada godišnji dotok u ušće Omble nije daleko od 100. Drugim riječima, ako u ušću Omble ima X jedinki, tada ukupan godišnji dotok nije daleko od broja X.

- *"Drugi nedostatak je razmatranje samo dvije mogućnosti 1) da su pronađeni primjerci dio populacije u Popovom polju otplavljeni kroz ponore u podzemlje i izgubljeni za svoju izvornu populaciju ili 2) da je na području Omble uspostavljena odvojena populacija koja je samodostatna i tu se mrijesti."*

Ako postoje vjerodostojni podaci o drugim mogućnostima, ja ću rado i njih razmotriti.

- *"Cijeli proces dokazivanja kroz modele nije postavljen tako da pretpostavi te dokaže ili ospori 3) da su primjerci dio aktivne populacije u širem sustavu voda čiji je dio Ombla (tj. da se primjerci iz Omble mogu vraćati u Popovo polje ili do nekih drugih izvora)."*

Nije svrha elaborata dokazati a ni osporiti tvrdnju 3).

- *"Treći nedostatak je pretpostavka da jegulja lovi samo u vanjskom dijelu..."*

Jegulja je nađena samo u ujezerenom dijelu a nije nađena u podzemnom dijelu ušća i stoga je njezin utjecaj na popovsku gaovicu razmotren za ujezereni dio. Ako ona lovi i u podzemlju ušća Omble, to ne mijenja zaključak da je ušće Omble prebivalište a ne stanište gaovice. Međutim, podatak o tome bi mogao promijeniti otkriće na temelju modela o godišnjem dotoku gaovice u ušće: godišnji dotok gaovice u ušće bi bio veći.

- *"a inače znamo da ona može loviti u uvjetima bez svjetla i u zatvorenim prostorima"*

Jegulja ne može "loviti u uvjetima bez svjetla..." ako je tamo nema, što je u suglasju s postojećim podacima.

- *"i pretpostavka da se vrsta D. ghetaldii razmnožava isključivo u vanjskom dijelu staništa, što ne znamo."*

Mrakovčić i sur. (2012) navode razloge zašto se gaovica ne može razmnožavati u podzemlju. U elaboratu nisam mogao razmotriti sve hipoteze tipa "što ne znamo" jer njih ima neprebrojivo mnogo.

- *"Jedine dvije ulazne varijable uzete su proizvoljno za matematički model dinamike populacije popovske gaovice."*

Gornja rečenica nije istinita.

- *"Mortalitet je preuzet za vrstu iz drugog roda, Phoxinellus pseudalepidotus."*

To nije bilo koji drugi rod već je riječ o ribama koje se podatkom koji mi je bio potreban vjerojatno ne razlikuju mnogo od podatka za popovsku gaovicu. Dok se ne nađe preciznija vrijednost, broj koji sam uzeo ostaje.

- *"Prirodni mortalitet riba ovisi o osobinama same vrste, ali i uvjetima u staništu. Unutar iste vrste mortalitet može značajno varirati od populacije do populacije te na istom staništu biti različit u različitim vremenima. Čak i unutar iste kohorte on se može mijenjati tijekom života te se u takvim slučajevima mortalitet treba računati odvojeno za svaki dio životnog ciklusa..."*

Gornje objašnjenje ne sadrži bolju vrijednost od one koju sam uzeo, stoga numeričke vrijednosti ostaju najbolje do sada. Rezultat gornjom diskusijom nije doveden u pitanje.

- *"Autor sam kaže da točan iznos dotoka primjeraka vrste D. ghetaldii podzemnim vodama nije poznat."*

Točan iznos dotoka nije poznat, no modeliranjem otkrivam koliki je taj broj po prilici.

- *"Nije poznata nikakva brojka ni točna, ni približna, niti čak red veličine koliko bi primjeraka moglo biti svake godine otplavljeno u slučaju da su pronađeni primjerci dio populacije u Popovom polju otplavljeni kroz ponore u podzemlje i izgubljeni za svoju izvornu populaciju."*

Prije elaborata "nikakva brojka ni točna, ni približna, niti čak red veličine" nije bila poznata. Nakon čitanja elaborata, približna brojka je poznata.

- *"Autor proizvoljno pretpostavlja da u podzemlje Omble godišnje dolazi 100 jedinki."*

Ne, 100 jedinki na godinu nije proizvoljna brojka. Ta se brojka pretpostavlja za primjer kako bi čitalac razumio do čega ona dovodi, no meni ta brojka uopće nije bila potrebna. Ona je potrebna dovoljno stručnom čitatelju da lakše razumije otkriće.

- *"Matematički model ne može dobiti točne rezultate i donijeti ispravne zaključke, ako ulazni podaci ne odgovaraju stvarnosti."*

Ovdje je riječ o inverznom modeliranju, odnosno modeliranju kojim se otkriva brojka koja nije izmjerena.

- *"Autor također dobijene rezultate iz ovih i kasnije promijenjenih početnih brojki mortaliteta i dotoka primjeraka uspoređuje s brojem osmotrenih (nekoliko desetaka) primjeraka iz studije Mrakovčić i sur. (2012) i zadovoljan je grubim poklapanjem brojeva."*

Doista, procjena koju sam dobio je nova. Također sam naveo i raspon moguće brojke, jer točnu brojku ne znam. No i da je znam za jednu godinu to ne bi bilo važno, jer dotok sigurno varira od jedne do druge godine. Ipak, dobivena procjena je značajnija od dotoka pojedine godine.

- *"Za broj osmotrenih primjeraka u rijeci Ombli ne može se nikako tvrditi da je ukupan broj primjeraka u rijeci Ombli, jer nikakav totalni cenzus nije napravljen u kojem je ukupan volumen vode pretražen i dobijen ukupan broj primjeraka ili u kojem je iz pretraženog volumena i procjene ukupnog volumena u kojem vrsta može biti dobijena procjena ukupnog broja primjeraka."*

Broj nađenih jedinki u ušću Omble sigurno nije ukupan broj. No Mrakovčić i dr. (2012) navode: "Prebrojavanjem zabilježenih jedinki te površine prijedene tijekom vizualnog cenzusa utvrđena je prosječna brojnost od 0,08 jedinki na kvadratni metar" a to je u suprotnosti sa gornjom tvrdnjom: "... nikakav totalni cenzus nije napravljen..."

- *"Dodatne tri ulazne varijable također su uzete proizvoljno za matematički model dinamike populacija gaovice i jegulje kao predatora i plijena za podzemlje kao prebivalište vrste D. ghetaldii."*

Ništa nije uzeto proizvoljno pa ni te tri vrijednosti.

- *"gdje je bez objašnjenja godišnji donos jegulje iz mora uzet kao 100 kao i vrste D. ghetaldii,*

Ta je vrijednost uzeta kao primjer. No, nakon toga primjera u elaboratu je uzeta i mnogo točnija brojka, a rezultat je još više poražavajući za postojanje staništa popovske gaovice.

- *"stopa mortaliteta jegulje uzeta vrlo blizu vrijednosti mortaliteta za vrstu D. ghetaldii"*

Razlog tome je naveden u elaboratu.

- *"specifična efikasnost ulova gaovice od strane jegulje po jednoj gaovici i po jednoj jegulji u jedinici vremena je uzeta proizvoljno kao 0,01."*

Ta je brojka uzeta kao početna mala vrijednost interakcije, da se vidi ima li gaovica šanse preživjeti od predatora.

- *"U drugoj simulaciji autor mijenja ulazne vrijednost za jegulju osim mortaliteta."*

U drugoj simulaciji uzimam specifičnu efikasnost ulova gaovice od jegulje koja je 10 puta veća jer je ona bliža realnoj efikasnosti jegulje.

- *"Ne treba ni naglasiti koliko se biologija (životni ciklus, osobine rasta, životna dob, razmnožavanje i razvoj itd.) jegulje i vrste D ghetaldii moraju razlikovati te stoga se razlikuje stvarna smrtnost, pa i ulazne vrijednosti za procjenu smrtnosti bez obzira kojom se metodom izračunava smrtnost riba."*

Nesumnjivo se biologija popovske gaovice i jegulje razlikuje dramatično, ali zaključak da se "stoga" razlikuje stvarna smrtnost kako je ona uzeta u modelu, ne stoji. Naime, nije bitna tvrdnja da se smrtnost razlikuje, jer smrtnost se razlikuje između svaka dva organizma bili oni iste ili različitih svojti. Bitno je pitanje za koliko se smrtnost populacije razlikuje te ima li ta razlika utjecaja na konačan rezultat.

- *"Također, dok se vjerojatno kod vrste D. ghetaldii treba procijeniti prirodna smrtnost"*

Dok stručnjaci o životnom ciklusu gaovice ne utvrde precizniju vrijednost za prirodnu smrtnost, do tada vrijednost koju sam naveo stoji.

- *"jer je vjerojatno ribolovna isključena"*

Ribolovna smrtnost je isključena i za to postoje valjani razlozi.

- *"kod jegulje i sam autor studije očekuje izlov od strane čovjeka pa ukupna smrtnost (Z) treba biti zbir prirodne smrtnosti (M) i ribolovne smrtnosti (F)."*

Izlov jegulje od strane čovjeka u ušću Omble nije poznat. No, i da je poznat, on ne bi promijenio dobiveni zaključak.

- *"Dok prva simulacija ovog modela s dvije vrste ima grubo poklapanje s brojem osmotrenih primjeraka kod Mrakovčić i sur. (2012)"*

Druga simulacija (Slika 4), odgovara nalazu Mrakovčić i sur. (2012),"

- *"a već sam napisao da se za broj osmotrenih primjeraka u rijeci Omblu ne može nikako tvrditi da je ukupan broj primjeraka u rijeci Omblu"*

Nađeni broj jedinki u ušću Omble nije ukupan broj, ali kako su Mrakovčić i sur. (2012) napravili cenzus, taj je broj u trenutku uzorkovanja procijenjen.

- *"druga simulacija dobija potpuno uništenje gaovice predacijom jegulje. Iako autor u ovom modelu pretpostavlja da je gaovica samo u podzemnom dijelu te potpuno uništenje gaovice znači potpuno uništenje upravo u tom podzemnom dijelu, autoru je sada ova simulacija argument zašto gaovice ima u podzemnom dijelu, a nema je u vanjskom dijelu ušća."*

Elaborat radi s podatkom da jegulje ima samo u ujezerenom dijelu ušća i stoga je model napravljen samo za taj dio ušća jer je on relevantan za otkriće da li je ušće Omble stanište ili prebivalište. Ako gaovica uopće ne može opstati u vanjskom jezeru (a njezina ikra još manje) onda se gaovica ne može uspješno razmnožavati u jezeru. Podzemni dio ušća Omble je izvor gaovice za vanjsko jezero, ali je rezultat modela relevantan samo za vanjsko jezero, a ne za podzemlje.

- *"Polazi od toga da se gaovica razmnožava isključivo u vanjskom dijelu (što ne znamo)"*

Znamo da bi se gaovica mogla uspješno razmnožavati u vanjskom dijelu. Model je relevantan, jer razmatra tu mogućnost.

Ako se gaovica razmnožava u podzemnom dijelu, "što ne znamo", onda bismo za podzemni dio dobili da ima potencijala da bude stanište. No, nemamo indikacija da se gaovica razmnožava u podzemnom dijelu a imamo indikacija da se ne razmnožava. Stoga ostaje zaključak da je ušće Omble prebivalište gaovice.

- *"Na Slici 5. elaborata..., odnosno Slici 5.5 Priloga III., pod „Ostali parametri“ razlike stope nataliteta i mortaliteta mlađi uzeta je proizvoljno kao 2."*

Postoji razlog za navedenu brojku, nešto slabiji razlog za brojku 3, a još slabiji razlog za brojku 4. No, ni jedna od navedenih ili ostalih realnih mogućnosti ne može promijeniti konačan rezultat.

- *"Autoru je ova simulacija argument zašto gaovice ima u podzemnom dijelu,..."*

Ova simulacija nije argument zašto gaovice ima u podzemnom dijelu. Gaovice ima u podzemnom dijelu, jer ona podzemnim tokom dolazi u ušće Omble.

- *"...a nema je u vanjskom dijelu ušća, jer bi prema njemu njezin izlazak u vanjski dio uzrokovao njeno uništenje predacijom jegulje."*

Tako je.