

UNIVERZITET U BEOGRADU  
BIOLOŠKI FAKULTET

Dušanka M. Berak Čihorić

**MORFOLOŠKE, EKOLOŠKE I FAUNISTIČKE  
ODLIKE TREBINJSKE GAOVICE  
*Delminichthys ghetaldii* I DABARSKE  
GAOVICE *Telestes dabar*, ENDEMIČNIH  
VRSTA IZ KRAŠKIH POLJA U SLIVU REKE  
TREBIŠNJICE ISTOČNOG DELA  
HERCEGOVINE**

Doktorska disertacija

Beograd, 2024.

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF BIOLOGY

Dušanka M. Berak Čihorić

**MORPHOLOGICAL, ECOLOGICAL AND  
FAUNAL CHARACTERISTICS OF THE  
TREBINJE MINNOW *Delminichthys ghetaldii*  
AND THE DABAR MINNOW *Telestes dabar*,  
ENDEMIC SPECIES FROM KARST FIELDS IN  
THE TREBIŠNJICA RIVER BASIN IN THE  
EASTERN PART OF HERZEGOVINA**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2024.

**Mentori:**

---

**dr Predrag Simonović**, redovni profesor i naučni savjetnik  
Univerzitet u Beogradu - Biološki fakultet  
Univerzitet u Banjoj Luci - Prirodno-matematički fakultet

---

**dr Danilo Mrdak**, redovni profesor,  
Univerzitet u Crnoj Gori – Prirodno-matematički fakultet

**Članovi komisije:**

---

**dr Vera Nikolić**, redovni profesor,  
Univerzitet u Beogradu – Biološki fakultet

---

**dr Ana Marić**, docent  
Univerzitet u Beogradu – Biološki fakultet

---

**dr Jelena Čanak Atlagić**, naučni saradnik,  
Institut za biološka istraživanja „Siniša Stanković" –  
– Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju

**Datum odbrane:** \_\_\_\_\_

## Zahvalnica

Prvenstveno želim izraziti zahvalnost svojim mentorima, Predragu Simonoviću i Danilu Mrdaku, na ukazanom povjerenju i strpljenju tokom mojih studija. Zahvaljujem što su me uveli u svijet nauke i pisanju naučnih radova.

Duboku zahvalnost dugujem ribolovcima za svaku ulovljenu jedinku. Bez vašeg doprinosa, ovaj rad ne bi bio moguć.

Posebno sam zahvalna Prirodnjačkom muzeju u Beču na izuzetnom gostoprimstvu kao i na pružanju rendgenskih snimaka svih jedinki. Specijalna zahvalnost Anji Palandačić što mi je pružila neophodnu podršku koja je bila ključna za uspjeh ovog istraživanja. Veliko hvala Nini Bogutskayi na neizmjernej pomoći koja je bila neprocjenjiva za ovo istraživanje.

Zahvaljujem se direktoru "Hidroelektrana na Trebišnjici", Gordanu Mišeljiću na pomoći i podršci tokom ovog istraživanja.

Veliku zahvalnost dugujem koleginicama Jeleni, Ani i Veri na pruženoj pomoći kao i na vrlo korisnim sugestijama.

Specijalnu zahvalnost upućujem kumi Oliveri, mom vjernom saputniku na ovom epskom putovanju!

Puno hvala mom najvrijednijem saradniku na vodi, Vuletu, za svu pomoć na terenima.

Zahvalnost dugujem svom suprugu Igoru, koji je sa mnom obilazio sva polja bezbroj puta u nadi da ćemo upečati bar neku ribicu.

Želim se zahvaliti Srđanu Čabrilu za tehničku pomoć prilikom izrade disertacije i za uređivanje slika.

Neizmjerna zahvalnost mojoj porodici i prijateljima što niste sumnjali u moju upornost i istrajnost tokom ovog dugog perioda. Svi ste mi na sebi svojstven način pomogli da pređem ovaj put.

Ovu disertaciju posvećujem svom tati!

## **Morfološke, ekološke i faunističke odlike trebinjske gaovice *Delminichthys ghetaldii* i dabarske gaovice *Telestes dabar*, endemičnih vrsta iz kraških polja u slivu reke Trebišnjice istočnog dela Hercegovine**

### **Sažetak**

Istočna Hercegovina predstavlja jedno od najprepoznatljivijih karstifikovanih područja u svijetu kog karkterišu duboke kraške formacije, rijeke ponornice, podzemni riječni sistemi i kraška polja sklona povremenom potapanju. Kraške doline Istočne Hercegovine staništa su mnogih stenoendemskih vrsta koje često nastanjuju samo odabrane lokalitete.

Endemične vrste riba Istočne Hercegovine su nedovoljno istražene. Postojala je polemika oko njihove taksonomske klasifikacije. Ranije su postojale trebinjska *Delminichthys ghetaldii* i popovska gaovica *Phoxinellus pstrossii*, no molekularne analize su pokazale da se radi o istoj vrsti. Nedavno je identifikovana dabarska gaovica *Telestes dabar*, koja se prethodno nazivala gatačkom gaovicom, a istraživanja su otkrila postojanje još dvije vrste. Njihov životni ciklus je usko povezan s kraškim staništima koje karakteriše fluktuacija vodostaja. Tokom jesenjih i prolječnih poplava, one izlaze iz podzemnih kraških vodenih tokova na površinske stajace vode, da bi se povukle pod zemlju kada opadne nivo vode.

Ciljevi istraživanja bili su istražiti morfološke razlike između populacija trebinjske gaovice iz pet kraških polja kroz koje protiče rijeka Trebišnjica, utvrditi postoje li morfometrijske i merističke razlike, te provjeriti pretpostavke o postojanju dvije vrste. Radiološki su snimljene sve jedinke i obrađeni su osteološki meristički karakteri. Analizirana su 22 morfometrijska karaktera. Dabarska gaovica je takođe morfološki istražena na dva polja u kojim je nadjena.

Zbog nedostatka podataka o prehrambenim navikama ovih fascinantnih i ugroženih endemičnih riba, istraživanje je imalo za cilj da temeljno ispita njihov režim ishrane na svih pet kraških polja, analizira povezanost s karakteristikama staništa, te proceni značaj i selektivnost različitih vrsta plijena u njihovoj ishrani korišćenjem indeksa selektivnosti. kao i preklapanje njihovih prehrambenih niša u simpatriji i sintopiji.

Faunistika odnosno zoogeografija ovih vrsta praćena je tokom dužeg razdoblja od 2016. do 2019. godine, utvrđujući područje rasprostranjenosti obje vrste.

**Ključne reči:** endemične gaovice, morfometrija, meristika, ishrana, preklapanje niša, selektivnost ishrane, diverzitet ishrane.

**Naučna oblast:** Biologija

**Uža naučna oblast:** Zoologija

# **Morphological, ecological and faunal characteristics of the Trebinje minnow *Delminichthys ghetaldii* and the Dabar minnow *Telestes dabar*, endemic species from karst fields in the Trebišnjica river basin in the eastern part of Herzegovina**

## **Abstract**

The Eastern Herzegovina region stands as one of the foremost karstified territories globally, characterized by deep karst formations, sinking rivers, subterranean river systems and karst fields prone to temporary inundation. The karst basins within Bosnia and Herzegovina are host to a multitude of stenoendemic species and often inhabit only specific localities.

The endemic fish species of Eastern Herzegovina are still insufficiently researched. There was debate regarding their taxonomic classification. Previously, there were the Trebinje *Delminichthys ghetaldii* and Popovo gaovica *Phoxinellus pstrossii* species, but molecular analyses indicated they are of the same species. Recently, the Dabar gaovica *Telestes dabar* was described, formerly referred to as the Gatačka gaovica, and further research revealed the existence of two additional species. Their life cycle is closely associated with karst habitats characterized by water level fluctuations. During autumn and spring floods, these fish emerge from underground karst watercourses into surface stagnant waters, returning underground when the water levels drop.

The research objectives were to explore morphological differences among populations of Trebinje gaovica from five karst fields through which the River Trebišnjica flows, ascertain potential morphometric and meristic disparities, and verify assumptions about the existence of two species. All individuals were radiologically scanned, and osteological meristic and 22 morphometric characteristics were analyzed. The Dabar minnow was also investigated morphologically in two fields where it was found.

Considering, that it is given the lack of available data on the diet of these intriguing, endangered endemic fish, this research has aimed to comprehensively examine their diet across all five karst fields, with correlating it with habitat characteristics. Moreover, the significance and selectivity of different prey species in the diet of these fish were also assessed using the Electivity index, as well as the overlap of their dietary niches in sympatry and syntopy.

The faunistics, respectively zoogeography of these species were constantly monitored over an extended period from 2016 to 2019, in case of determining the range of distribution of the both species.

**Key words:** endemic minnows, morphometrics, meristics, natural diet, diet overlaps, selectivity, diet diversity.

**Scientific field:** Biology

**Scientific subfield:** Zoology

# SADRŽAJ:

<b>1 UVOD</b> .....	1
1.1. Opšte biološke odlike i rasprostranjenost trebinjske i dabarske gaovice .....	1
1.2. Opšti podaci o slivu Trebišnjice .....	3
1.2.1. Geografski položaj .....	3
1.2.3. Osnovni klimatološki podaci .....	5
1.2.4. Hidrološke i hidrogeološke karakteristike terena .....	6
1.3. Prethodni radovi i studije.....	10
1.3.1. Opis i ekologija.....	11
1.3.2. Morfometrija.....	12
1.3.3. Meristika .....	12
1.3.4. Ishrana.....	13
<b>2 CILJEVI</b> .....	17
<b>3 MATERIJAL I METODE</b> .....	18
3.1. Karakteristike staništa i opis istraživanih lokaliteta .....	19
3.2. Fizičko-hemijski parametri vode .....	25
3.3. Uzorkovanje ribe .....	25
3.4. Morfometrijske karakteristike .....	26
3.5. Merističke karakteristike .....	27
3.6. Ishrana .....	28
3.7. Uzorkovanje planktona i beskičmenjaka iz sredine.....	28
3.8. Analiza vrsta iz uzoraka planktona, bentosa i uzoraka ishrane.....	30
3.9. Preklapanje ishrane i diverzitet između polja i vrsta .....	31
3.10. Značaj različitih tipova plijena u ishrani .....	32
3.12. Statistička analiza rezultata.....	34
<b>4 REZULTATI</b> .....	36
4.1. Fizičko-hemijski parametri vode.....	38
4.2. Morfometrijski parametri .....	39
4.2.1. <i>Delminichthys ghetaldii</i> .....	39

4.2.2. <i>Telestes dabar</i> .....	49
4.3. Meristički karakteri .....	51
4.3.1. <i>Delminichthys ghetaldii</i> .....	51
4.3.2. <i>Telestes dabar</i> .....	55
4.4. Ishrana .....	55
4.4.1. Težina i dužina tijela riba .....	54
4.4.2. Makroinvertebrate u ishrani i uzorcima sredine.....	56
4.4.3. Fitoplankton.....	63
4.4.4. Zooplankton.....	65
4.4.5. <i>Delminichthys ghetaldii</i> .....	69
4.4.6. <i>Telestes dabar</i> .....	74
<b>5 DISKUSIJA</b> .....	79
5.1. Karakteristike staništa, fizičke odlike.....	80
5.2. Opšti odnosi među OTU-ima .....	81
5.3. Veza između geologije i morfologije .....	82
5.4. Morfometrijske karakteristike .....	83
5.5. Merističke karakteristike .....	84
5.6. Ishrana .....	85
5.6.1. Metode za uzorkovanje plijena iz sredine i iz ishrane .....	86
5.6.2. Raznolikost plijena u sredini i diverzitet ishrane populacije .....	86
5.6.3. Značajnost plijena u ishrani .....	87
5.6.4. Preklapanje ishrane između polja i između vrsta .....	88
5.6.5. Indeks selektivnosti u ishrani .....	89
5.6.6. Povezanost morfologije i ishrane .....	90
5.7. Zaštita trebinjske i dabarske gaovice.....	92
<b>6 ZAKLJUČCI</b> .....	95
<b>7 LITERATURA</b> .....	101



# **1 UVOD**



*Nema dubljeg i celcatijeg karsta  
nego što je ovaj hercegovačko -  
crnogorski između donje Neretve,  
Skadarskog Blata i Jadranskog mora.*

*Jovan Cvijić*

## **1.1. Opšte biološke odlike i rasprostranjenost trebinjske i dabarske gaovice**

Klasa: Osteichthyes

Potklasa: Actinopterygii

Infraklasa: Chondrostei

Red: Cypriniformes

Porodica: Leuciscidae

Rod: Delminichthys

*Delminichthys ghetaldii*, Steindachner, 1882 – trebinjska (popovska) gaovica



***Slika 1. Delminichthys ghetaldii***

*Foto: Prirodnjački muzej u Beču*

Klasa: Osteichthyes

Potklasa: Actinopterygii

Infraklasa: Chondrostei

Red: Cypriniformes

Porodica: Leuciscidae

Rod: Telestes

*Telestes dabar*, Bogutskaya i sar., 2012– dabarska gaovica



*Slika 2. Telestes dabar*

*Foto: Prirodnjački muzej u Beču*

Trebinjska gaovica (*Delminichthys ghetaldii*) je vrsta ribe iz potporodice Leuciscinae, porodice Leuciscidae, reda Cypriniformes. Ova endemska vrsta rasprostranjena je u Bosni i Hercegovini, gdje naseljava pet kraških polja: Popovo, Mokro, Ljubomirsko, Dabarsko i Fatničko, kao i jednu lokaciju u Hrvatskoj, u Konavlima. Mužjaci su manji od ženki, a njihove krljušti su tanke, ne preklapaju se međusobno, često su slabo razvijene i prisutne samo duž bočne linije. Vretenasto tijelo je bočno spljošteno, sa dugom repnom drškom i često nepotpunom ili isprekidanom bočnom linijom. Boja leđa je tamnozeleno, bokovi su tamnožuti, dok je trbuh srebrnobijele ili žute boje. Tokom mriještenja, osnove trbušnih peraja mijenjaju boju iz žute u crvenu. Leđna strana tijela i bokovi su prekriveni brojnim tamnim tačkama koje mogu formirati nepravilne mrlje. Tokom ljetnjih mjeseci, kada voda presuši, ribe se povlače u podzemlje i zakopavaju u supstrat. U nadzemnim vodotocima ponovo se pojavljuju u jesen, kada vode ponovno nabujaju. Ove ribe su vrlo dobro prilagođene takvom načinu života i često nastanjuju vodotoke sa vrlo malo drugih vrsta riba. U zimskom periodu formiraju veća jata i odlaze u podzemlje gdje miruju. U proljeće se ponovo pojavljuju na površini i tada započinju razmnožavanje. Mrijeste se u proljeće, obično od maja do juna, ali ponekad i do jula. Ženke polažu 1000-2000 sitnih jaja na kamenitom i šljunkovitom supstratu, dok ih mužjaci oplođuju. U poređenju sa drugim ribama, polažu manje jaja, što je posljedica malog broja predatora i veće stope preživljavanja mlađi. Tokom mriještenja, mužjaci razvijaju karakteristične mrijesne kvržice na glavi i prsnim perajama (Vuković, 1977). Popovska gaovica je na Crvenoj listi IUCN-a (IUCN, 2023), Version 2023-1, navedena kao osjetljiva vrsta. Brza degradacija njihovih staništa u kraškim poljima zbog zagađenja, isušivanja kraških vodotoka te unošenja invazivnih vrsta (dužičasta pastrmka *Parasalmo mykiss*, pijor *Phoxinus phoxinus*) predstavlja ozbiljnu prijetnju njihovom opstanku. Vrlo ograničen opseg rasprostranjenosti i nedovoljna istraženost dodatno otežavaju očuvanje ove vrste.

Dabarska gaovica (*Telestes dabar*) takođe pripada porodici Leuciscidae i redu Cypriniformes. Ova vrsta je endemična za dvije rijeke, Vrijeku i Opačicu, u Dabarskom polju u Bosni i Hercegovini (Bogustkaya i sar., 2012). Kasnija istraživanja (Francuski i sar., 2019) proširuju opseg distribucije na dodatne dvije lokacije unutar Dabarskog polja: Pribitul i Suški Potok. Ova vrsta se prethodno nazivala gatačkom gaovicom, dok je sada potvrđeno da je dabarska gaovica specifična za Dabarsko polje, dok gatačka gaovica živi u Gatačkom i Nevesinjskom polju.

Morfološki, dabarsku gaovicu karakteriše cjelovita bočna pruga koja se završava na ustima, kao i izražena tamna pruga duž bokova tijela od oka do kraja repne drške. Tamna pruga duž bokova tijela je izraženija kod odraslih jedinki nego kod mladih riba i posebno je izražena tokom perioda mriještenja. Tijelo je vitko i izduženo, blago spljošteno sa strane, dok je glava relativno mala. Čitavo tijelo, osim glave, prekriveno je krljuštima koje se većim dijelom ne preklapaju. Peraje su pri osnovici od žute do lagano narandžaste boje. Leđno peraje počinje malo iza polovine tijela ili malo iza početka trbušnih peraja. Leđni dio tijela je maslinasto zelene do tamnosmeđe boje, dok su bokovi ispod pruge, kao i trbuh sivobijeli. Mrijeste se u proljećnom periodu, od marta do juna mjeseca, kada voda nabuja i temperatura vode postane povoljna za razvoj oplođenih jaja. Mrijeste se u mirnijim, otvorenim vodama gdje se okupljaju u manje grupe i polažu jaja na kamenitom dnu. Mrijest se odvija u nekoliko navrata, tako što ženke ispuste jaja na dno, a mužjaci ih oplođuju ispuštanjem veće količine sperme. Žive u nizijskim, kraškim vodama koje su slabo protočne, kao i izvorima i pridruženim močvarama. Tokom nepovoljnih perioda godine, tj. u zimskom i ljetnom periodu povlače se u podzemlje, preko ponora ili izvora i tu provode mirujući u podzemlju ili zakopani u supstrat. Njihova staništa su posebno ugrožena zbog zagađenja tj. neadekvatnog odlaganja otpada, zatim kanalizacije i unošenja agresivnih stranih vrsta riba (Vuković, 1977).

## 1.2. Opšti podaci o slivu Trebišnjice

### 1.2.1. Geografski položaj

Područje Istočne Hercegovine predstavlja vrlo specifičnu hidrogeološku cjelinu, koja je geografski odvojena kroz nekoliko ključnih tačaka. Na zapadu, graniči se sa dolinom donjeg toka rijeke Neretve, dok se na jugu prostire do Jadranskog mora. Na istoku se pruža moćni planinski masiv Orjena, koji zajedno s vododjelnicom prema slivu zaliva Boke Kotorske čini prirodnu granicu. Dalje, sjevernu granicu čini vododjelnica koja odvaja slivove gornjeg toka Neretve i Drine. Iako manji dio Gatačkog polja pripada slivu Jadranskog mora, cjelokupno područje Istočne Hercegovine pripada slivu Jadranskog mora, ali se na sjeveru dodiruje sa slivom Crnog mora. Geološki i geomorfološki, ovo područje u potpunosti predstavlja dio globalno poznatog karsta Dinarida (Milanović, 2006).

Rijeka Trebišnjica, čija je ukupna dužina 96.5 kilometara, izvire na nadmorskoj visini od 398 metara i predstavlja definitivno najznačajniju rijeku ponornicu na području Bosne i Hercegovine. Ova rijeka predstavlja ključni dio složenog hidrološkog sistema koji uključuje kako

podzemne, tako i nadzemne vodotokove, a izvor joj je ispod planinskih masiva Lebršnik i Čemerno. Trebišnjica se uliva u Jadransko more i tu završava svoj tok u rijeci Dubrovačkoj (poznatoj i kao Ombla), koja se ulijeva u more kod Dubrovnika.

Širi sliv rijeke Trebišnjice prikazuje geološke i hidrološke karakteristike Dinarskog sistema, čineći ga vrlo jedinstvenim u smislu prirodnih fenomena, a posebno su zanimljiva kraška polja i podzemne rijeke. Hidrološka specifičnost ovog područja pored rijeke obuhvata i niz kaskadno povezanih kraških polja koja su hidrološki zatvorena. Ta polja se prostiru od nadmorske visine od oko 950 metara do približno 220 metara i veoma doprinose bogatom hidroenergetskom potencijalu regije. Rijeka Trebišnjica zajedno sa ovim specifičnim kraškim poljima čine izuzetno značajan prirodni resurs za hidroenergetske projekte.

Takođe, važno je spomenuti da je sliv rijeke Trebišnjice jedan od najkišovitijih u Evropi, sa prosječnim godišnjim padavinama koje dostižu čak 1.800 milimetara i ova činjenica značajno utiče na hidrološke procese u regiji.

### 1.2.2. Tok rijeke Trebišnjice

Rijeka Trebišnjica se dijeli na tri glavna toka: gornji, srednji i donji. Svaki od ova tri toka ima svoje vrlo specifične hidrološke i geografske karakteristike, oblikovane takođe specifičnim kraškim terenom kojim rijeka protiče.

Gornji (izvorišni) tok formira složen i jako dinamičan hidrološki sistem koji karakterišu međusobno povezani nadzemni i podzemni vodeni tokovi, što je tipično za kraška područja. Rijeka Trebišnjica nastaje spajanjem dvije pritoke: Mušnice i Gračanice. Mušnica izvire na istočnoj strani Gatačkog polja i proteže se duž cijelog polja i teče prema njegovoj zapadnoj granici. Na ovom putu prolazi kroz jezero Klinje, koje je vrlo važan vodeni resurs za područje i dalje nastavlja tok kroz više naseljenih mjesta: Avtovac, Gacko, Srđevići, Kula i Branilovići. Kraške karakteristike ovog područja doprinose složenosti hidrološkog režima, pri čemu veliki dio vode ponire ispod površine i tako nastavlja svoj tok kroz podzemne kanale prije nego što se ponovno pojave kao dijelovi nadzemnih tokova. Ova jaka hidrološka interakcija između nadzemnih i podzemnih voda ima ključnu ulogu u očuvanju ekosistema regije i pruža potencijal za istraživanje geoloških i ekoloških procesa u kraškim područjima. Rijeka Mušnica jer prolazi kroz više naselja, ima važan uticaj na lokalnu poljoprivredu i vodosnabdijevanje i tako čini ovaj vodotok ključnim resursom za stanovnike regije.

Rijeka Gračanica izvire ispod planine Čemerno i teče prema Gatačkom polju, pa se u blizini Srđevića spaja s Mušnicom, formirajući Trebišnjicu. U ovom dijelu rijeka povremeno presušuje, pa se ponovno javlja kao Fatnička rijeka u Fatničkom polju i tako potvrđuje složen podzemni tok u kršu.

Dalje, rijeka Trebišnjica nastavlja svoj put prema srednjem toku i izbija na površinu u blizini grada Bileće. Ovaj dio toka je karakterističan po dopunjavanju vode iz moćnih kraških izvora, koji

su direktno povezani s dubokim i kompleksnim podzemnim vodotocima. Ovi izvori imaju ključnu ulogu u cjelokupnoj hidrološkoj ravnoteži šireg područja. Izvori zajedno formiraju nadzemni dio rijeke Trebišnjice, koji teče prema jugu kroz Miruško polje. U ovom dijelu toka, rijeka je pregrađena branom u naselju Grančarevo, i tako je formirano Bilećko jezero, koje je jedno od najvećih vještačkih jezera u regiji. Ovaj jezerski sistem je potopio brojne kraške izvore i sela, a istočna obala ovog jezera označava granicu sa Crnom Gorom. Ovaj dio toka je od velike hidrološke važnosti jer sakuplja vodu sa šireg područja Hercegovine. Hidrološki potencijal ovog područja se uveliko oslanja na interakciju podzemnih voda i površinskog toka i ovo čini Trebišnjicu jedinstvenom rijekom na kraškom terenu. U periodima smanjenih padavina ova povezanost s dubokim podzemnim vodotocima osigurava stabilan dotok vode tokom cijele godine što značajno doprinosi održivosti ekosistema i stabilnosti lokalnih vodenih resursa.

Donji dio toka prolazi kroz grad Trebinje i dalje rijeka Trebišnjica prolazi kroz Popovo polje, koje je poznato po svojoj vrlo specifičnoj sezonskoj prirodi. Dakle, tokom kišnih perioda polje je poplavljeno, dok tokom sušnih ljetnih mjeseci voda uglavnom presuši jer se povlači u podzemne tokove. Nakon Popovog polja dalje se Trebišnjica dijeli na tri odvojena toka, gdje svaki ima neke svoje specifičnosti:

1. Čapljina – Jedan tok vodi prema području opštine Čapljina i tu se Trebišnjica uliva u donji tok rijeke Neretve. Ovdje rijeka utiče na nizinske ekosisteme, ali i obezbjeđuje vodu za poljoprivredne površine.
2. Podvodni izvori u Slanom, Hrvatska – Drugi tok vodi prema podvodnim izvorima koji se nalaze u blizini mjesta Slano u Hrvatskoj, smješteno sjeverozapadno od Dubrovnika. Ovi izvori direktno komuniciraju sa Jadranskim morem i tako obogaćuju obalna područja slatkim vodom.
3. Vrelo Ombla – Treći i najsnažniji tok izlazi na površinu iz pećine Gruž u blizini Dubrovnika i stvaraju izvor poznat kao Ombla ili rijeka Dubrovačka. Ovo vrelo, čiji je protok od oko 24 m<sup>3</sup>/s, veoma je značajan resurs za Dubrovnik, koji koristi ovu vodu još od 1437. godine za vodosnabdijevanje grada (Devon karst, 2016).

Ovaj složen hidrološki sistem Trebišnjice, koji obuhvata površinske i podzemne tokove, ima ključnu ulogu kako u snabdijevanju vodom šireg područja, tako i u formiranju specifičnih ekosistema koji su od velikog značaja za cijelu regiju.

### **1.2.3. Osnovni klimatološki podaci**

Klimatske karakteristike ovog regiona su veoma raznolike, ali sa dominantnim uticajem mediteranskog klimatskog režima, koji se manifestuje kroz blage zime i vrela, suva ljeta, posebno u priobalnim oblastima i dolinama. Dalje, područje između morske obale i Popovog polja karakteriše humidna klima s dugim, kišovitim zimama i suvim ljetima. Zime u ovom regionu su vrlo blage, dok su sniježne padavine veoma rijetke, a ljetnji mjeseci topli i suvi, sa značajnim porastom temperatura. U Trebinju, koje je smješteno na nadmorskoj visini od oko 273 metra,

prosječna godišnja temperatura iznosi 14.1 °C, što takođe odražava mediteranski klimatski uticaj.

Klima postepeno prelazi iz mediteranske u umjereno kontinentalnu, kako se udaljavamo od obale i prelazimo nadmorsku visinu od 400 metara. Na visinama iznad 800 metara dolazi do značajnog hlađenja i tu klima poprima planinske karakteristike, sa hladnijim zimama i nešto umjerenijim ljetima. Ovo klimatsko raslojavanje je najvećim dijelom rezultat geografskog položaja kao i reljefa koji formira složene mikroklimatske uslove u pojedinim dijelovima regije.

Prva meteorološka i hidrološka mjerenja u ovom području datiraju iz 1888. godine, što nam govori o dugogodišnjoj praksi praćenja klimatskih promjena u Istočnoj Hercegovini. Količina padavina u slivu rijeke Trebišnjice kreće se od 1500 mm do 2700 mm godišnje i ova činjenica čini ovu oblast hidrološki povoljnom. Međutim, distribucija padavina tokom godine je veoma neravnomjerna, sa vrlo izraženim sezonskim karakterom jer se većina padavina javlja u zimskim mjesecima, dok su ljeta znatno suvlja.

Područje je pod uticajem ciklona, koji se kreću duž Jadranskog mora, u periodu od oktobra do marta, i koji izazivaju nestabilno vrijeme. Tokom ovog perioda padne više od 60% ukupnih godišnjih padavina, i ova je je karakteristika tipična za mediteransku klimu. Tako je 8. oktobra 1998. godine u roku od 24 sata palo čak 192 mm kiše (Milanović, 2006).

U proljeće i ljeto, tj. od aprila do septembra, subtropski pojas se pomjera ka sjeveru i dovodi do smanjenja padavina i stabilizacije vremena. Tokom ovog perioda, a posebno u julu, padavine su minimalne, a samim tim se i jul ističe kao najsušniji mjesec u godini.

Reljef takođe ima značajnu ulogu u distribuciji padavina u slivu rijeke Trebišnjice. Najviše količine padavina zabilježene su na planinskim padinama izloženim vlažnim južnim vjetrovima, kao što su područja: Dračevo, Dobromani i Ždrijelovići. Nasuprot tome, niža nadmorska visina i manje povoljan geografski položaj u odnosu na vlažne vjetrove dovode do smanjene količine padavina u Mokrom polju, Trebinju i Grančarevu. Područja kao što su Gacko i Čemerno, koja se nalaze u unutrašnjosti, iako su na većim nadmorskim visinama, bilježe niže nivoe padavina zbog svoje udaljenosti od Jadranskog mora (Banjak, 2016).

Ovaj složen međusobni odnos klime, reljefa i geografskog položaja čini ovaj region posebnim u pogledu klimatskih i hidroloških karakteristika i ima direktan uticaj na ekosisteme i uslove života u ovom dijelu Hercegovine.

### **1.2.4 Hidrološke i hidrogeološke karakteristike terena**

Hidrološki slivovi Istočne Hercegovine predstavljaju tipične karakteristike kraškog reljefa, gdje je površinska hidrografska mreža vrlo slabo razvijena, ali je varijabilnost vodotoka značajno izražena u zavisnosti od sezonskih padavina. Specifični geološki faktori, posebno prisustvo dolomita i fliša, omogućavaju formiranje površinskih tokova na određenim mjestima, dok veza podzemnih voda sa ovim slojevima, ali i ljudske intervencije kroz hidrotehničke projekte, značajno utiču na dinamiku kao i na režim voda u regionu (Milanović, 2006).



## Uvod

Prije nego što su sprovedeni značajni hidrotehnički zahvati sredinom 20. vijeka, rijeka Trebišnjica bila je priznata kao najduža ponornica ne samo u Evropi, već i potencijalno na globalnom nivou. Ovaj izuzetno složen hidrološki sistem, koji se protezao u dužini od 326 kilometara, započinjao je svojim tokom na izvoru Dobre vode, smještenom na planini Čemerno, i nastavljao put sve do Jadranskog mora u blizini Dubrovnika, kao i do ušća rijeke Krupe u Neretvu. Specifičnost toka Trebišnjice bila je njena sposobnost da više puta ponire i izranja, prolazeći kroz niz podzemnih prolaza i formirajući brojne izvore duž puta. Ova jedinstvena geološka pojava dovela je do toga da su lokalni stanovnici, suočeni sa kompleksnošću riječnog sistema, davali različite nazive njegovim dijelovima, ne prepoznajući međusobnu povezanost svih tih segmenata (Banjak, 2016).

U njenom gornjem toku, od izvora Dobre vode pa sve do jezera Klinje, Trebišnjica je bila poznata pod lokalnim nazivom Vrba. U tom dijelu svog toka, rijeka je prolazila kroz raznovrsne kraške formacije, stvarajući složen sistem podzemnih kanala i površinskih tokova koji su mijenjali svoj intenzitet u zavisnosti od sezonskih uslova. Kada bi stigla do Gatačkog polja, dio rijeke koji teče kroz ovo područje nosio je ime Mušnica. Ovaj segment karakterišu periodični izvori i ponori, što ga čini još jednim ključnim dijelom hidrografske mreže Trebišnjice, sa izrazitim uticajem na okolne ekosisteme i lokalnu zajednicu.

Nakon što bi ponirala, podzemni tok Mušnice prelazio je planinski masiv Babe i izbijao na površinu u Cerničkom polju kao Ključka rijeka, čiji je površinski tok iznosio oko 300 metara prije nego što bi ponovo nestala u podzemlju. Voda iz ovog regiona doseže Fatničko polje, gdje izvire iz sezonskih izvora poput Oboda i Babe Jame, formirajući kratke površinske tokove koji se brzo gube u ponoru Pasmica na južnom dijelu polja. Nakon poniranja, voda nastavlja podzemnim putem sve do izvora Trebišnjice, danas potopljenih ispod Bilečkog jezera.

Dužina rijeke Trebišnjice iznosila je oko 90 kilometara, s tim da su mnogi njeni dijelovi bili aktivni samo tokom vlažnijih perioda godine. U gornjem toku, rijeka je zadržavala svoj tok sve do estavele u Gorici, koja se nalazi oko 540 metara uzvodno od današnje brane. Ispod ovog dijela, Trebišnjica se račvala u nekoliko rukavaca, među kojima je najpoznatiji Pridvorački krak, koji se kasnije ponovo spajao sa glavnim tokom.

Zbog prisustva mnogobrojnih ponora i estavela, donji tok Trebišnjice bio je sklon isušivanju tokom sušnih perioda, koji su obično trajali od maja do oktobra. U ovim mjesecima, dionica rijeke dužine oko 60 kilometara, između Dražin Dola i ponora Ponikva kod Hutova, pretvarala se u periodični tok, dok je Ponikva predstavljala kraj površinskog toka Trebišnjice. Sušni periodi predstavljali su izazov za lokalno stanovništvo, koje se suočavalo sa nedostatkom vode za poljoprivredu i svakodnevne potrebe, posebno u Popovom polju, gdje su uslovi za navodnjavanje i pristup pijaćoj vodi bili znatno otežani.

Vlažni period, koji traje od novembra do aprila, značajno je mijenjao hidrološku sliku Trebišnjice. Uslijed obilnih padavina, vodostaj rijeke drastično je rastao, a protok je dosežao velike vrijednosti. Tokom najvećih poplava, nivo vode u Popovom polju dostizao je visinu od 40 metara, a ujezerena zapremina polja prelazila je 356.5 miliona kubnih metara, pri čemu je oticanje kroz

ponore trajalo preko 50 dana (Milanović, 2006).

Prosječno trajanje poplava u Popovom polju trajalo je 253 dana godišnje, a maksimalna poplavljena površina dostizala je 7.500 hektara. Zbog ovih nepovoljnih hidroloških uslova, razvoj hidroenergetskog sistema postao je ključan za regulaciju voda u Istočnoj Hercegovini. U periodu od pedesetih do šezdesetih godina prošlog vijeka, započeta su intenzivna istraživanja koja su pokazala mogućnost višestrukog korišćenja vodnih resursa ovog područja. Planirano je da ovaj sistem uključuje izgradnju sedam hidroelektrana i pet akumulacija, od kojih su dvije već izgrađene u opštini Trebinje (Banjak, 2016).

Ovaj složen hidrološki sistem, kroz regulaciju voda i razvoj hidroenergije, postao je ključan ne samo za zaštitu lokalnog stanovništva od poplava, već i za obezbjeđivanje stabilnog snabdijevanja vodom i energijom u širem regionu.

U Dinaridima je primarna poroznost karbonatnih stijena zanemarljiva, dok je sekundarna poroznost, nastala usljed tektonskih procesa, imala značajnu ulogu. Ova sekundarna poroznost predstavlja osnovu za dalji razvoj tercijarne, odnosno disolucione poroznosti. Zajedno, ove dvije vrste poroznosti čine ukupnu poroznost u karstifikovanoj stijenskoj masi. Na mjestima gdje se susreću rasjedi i dodiruju krečnjačke stijene sa manje vodopropusnim slojevima, formiraju se zone intenzivnog rastvaranja, što na površini stvara specifične geomorfološke oblike poput vrtača, kraških dolina, ili polja sa brojnim jamama i ponorima.

Unutar ovih stijenskih masa stvaraju se podzemni kanali sa visokim kapacitetom propusnosti, koji služe kao pravci podzemne bifurkacije. Intenzitet i pravac razvoja karstifikacije zavise od obilnih količina vode koja prolazi kroz ove kanale, ali i od položaja erozionih baza koje utiču na usmjeravanje podzemnih tokova. U području Istočne Hercegovine, karstni procesi su dostigli visoki stepen razvoja, što ovom regionu daje specifične hidrogeološke karakteristike, koje ga izdvajaju čak i u poređenju sa karstnim predjelima kao što su karst Taurida, Helenida, Kine i Jukatana (Milanović, 2006).

Zbog složenih geoloških struktura, specifičnih klimatskih uslova i geografskih karakteristika, sliv rijeke Trebišnjice odlikuje se jedinstvenim hidrogeološkim osobinama. Ove osobine uključuju gustu mrežu površinskih vodotoka u sjeveroistočnom dijelu, povremena plavljenja kraških polja i intenzivno kretanje podzemnih voda. Podzemni tokovi prate dinarske slojeve, orijentisane u pravcu sjeverozapad-jugoistok, dok u oblastima sa tektonskim poremećajima dolazi do iznenadnog pada hidrauličkog pritiska, što dodatno ubrzava procese karstifikacije.

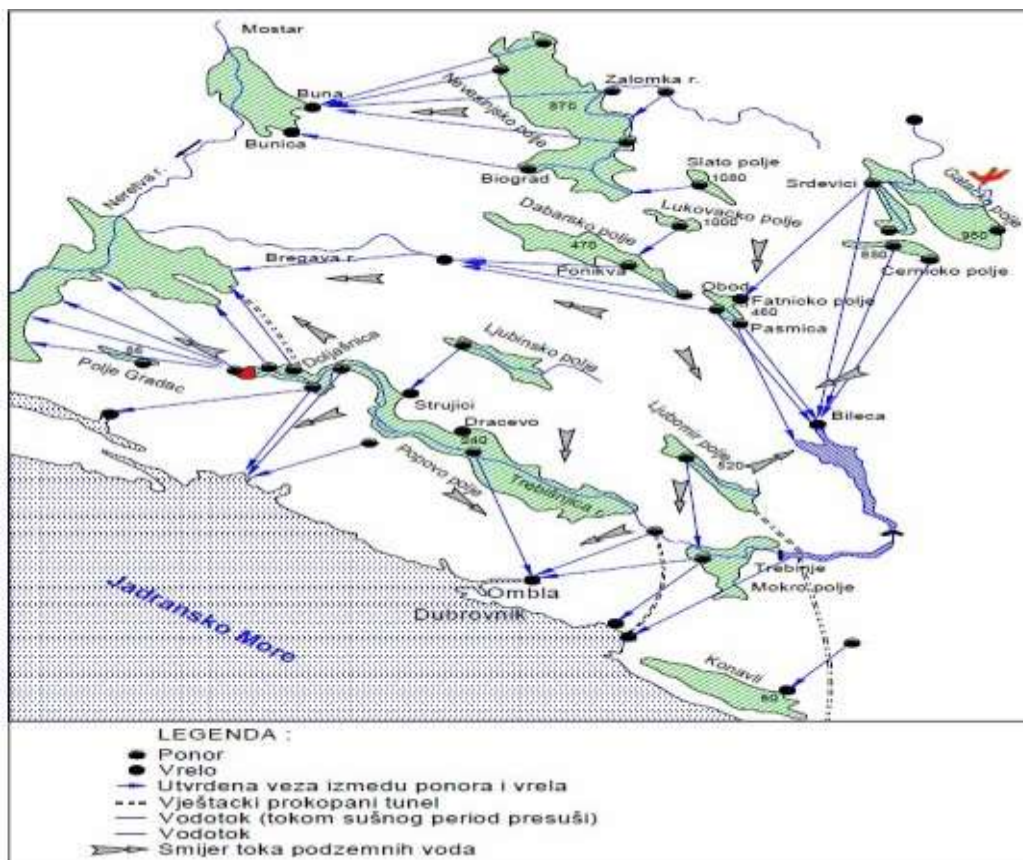
Istraživanja hidroloških odnosa između ponora i izvora u regionu pokazala su da podzemne vode uglavnom cirkulišu kroz koncentrisane tokove u periodima obilnih padavina, dok se u sušnim periodima ovi tokovi povlače dublje u karstnu strukturu. Posebno su interesantne zone sa gusto isprepletanim podzemnim kanalima, koje omogućavaju značajnu akumulaciju vode u kraškim sistemima, ali i brzi protok tokom poplava. Flišni slojevi, koji su karakteristični za kraška polja u ovom regionu, uzrokuju pojavu podzemnih voda u vidu izvora i estavela, gdje se nakon kratkog površinskog toka voda ponovo gubi u ponorima pri kontaktu sa krečnjačkim masama. Ovakav

fenomen može se vidjeti duž cijelog toka Trebišnjice, od izvora pa sve do ušća (Banjak, 2016).

Istraživanja sprovedena traserskim metodama u 20. vijeku, najčešće korišćenjem Na-fluoresceina, ali i drugih sredstava poput radioaktivnih izotopa i spora likopodijuma, omogućila su detaljno praćenje podzemnih tokova u slivu Trebišnjice. Ova istraživanja su pokazala da podzemne vode cirkulišu kroz dobro razvijene kanale u srednjem i gornjem horizontu kraških polja, a hidrološke veze između ponora u Gatačkom i Fatničkom polju i izvora Trebišnjice kod Bileće potvrđuju ovu složenu cirkulaciju podzemnih voda.

Podzemne vode iz nižih dijelova sliva Trebišnjice kreću se u dva glavna pravca: prema dolini rijeke Neretve i prema Jadranskom moru. Vode iz sjeverozapadnog dijela Popovog polja ulaze u ponore poput Popove Ponikve, Crnulje, i Doljašnice, odakle dalje cirkulišu ka slivu Neretve, dok drugi dio podzemnih voda iz ovog područja nastavlja svoj put prema Jadranskom moru, izbijajući na izvore kao što je Janska vrulja kod Doli (Energoinvest, 1967).

Ovakav složeni hidrogeološki sistem sliva Trebišnjice, sa svojim brojnim ponorima, estavelama i izvorištima, predstavlja jedinstven primer karstifikacije i podzemne hidrologije u Dinarskom kršu, koji igra ključnu ulogu u kontroli vodenih resursa i upravljanju hidroenergetskim potencijalima ovog područja (Slika 3).



*Slika 3. Kraška polja Istočne Hercegovine i njihove međusobne podzemne veze (izvor: Projekt a.d.2012)*

Podzemne vode iz nižih dijelova sliva rijeke Trebišnjice kreću se u dva dominantna smjera: prema dolini rijeke Neretve i prema Jadranskom moru. U pravcu Neretve, sjeverozapadni dio Popovog polja služi kao glavni odvodni sistem kroz brojne ponore kao što su Popova Ponikva, Crnulja, Doljašnica, Lisac i Kaluđerov Ponor. Ovi ponori omogućavaju podzemnim vodama da se usmjere prema slivu Neretve. Međutim, značajna je i zona podzemne bifurkacije, gdje dolazi do razdvajanja podzemnih tokova (Banjak, 2016).

Podzemne vode iz centralnih dijelova Popovog i Trebinjskog polja uglavnom se kreću prema izvoru Omble. Ove podzemne veze su vrlo kompleksne i utvrđeno je da se dio voda iz Pridvoraca i Slivnice odvodi prema Zavrclju u Mlinima. Dalje, podzemni tokovi iz Mokrog polja koji izbijaju na izvorima jugoistočno od Dubrovnika, potvrđeni su hidrološkim vezama između ponora Trnje i izvora Robinzon, kao i između ponora Trap i izvora Robinzon i Plat (Banjak, 2016).

Brzina kretanja podzemnih voda u ovom složenom hidrološkom sistemu u velikoj mjeri zavisi od sezonskih promjena i fluktuacija nivoa vode na izvorima. Dakle, tokom kišnih perioda tok podzemnih voda, koji se odvija kroz mrežu kraških kanala i šupljina, ubrzava jer dolazi do povećanog dotoka površinskih voda u podzemne rezervoare. S druge strane, brzina kretanja podzemnih voda znatno usporava tokom sušnih mjeseci, jer padavine opadaju i vodostaji na izvorima dostižu svoje minimume. Ovi sezonski faktori u kombinaciji sa lokalnim geološkim karakteristikama, kao što su propustljivost terena i prisustvo prirodnih barijera, dovode do dinamičnih promjena u toku podzemnih voda. Fiktivne brzine podzemnih tokova se kreću u rasponu od 0.5 cm/s do čak 55.2 cm/s, zavisno od specifičnih hidrodinamičkih uslova u sistemu. Najveća brzina podzemnog toka u Istočnoj Hercegovini utvrđena je između ponora Ponikva u Popovom polju i bušotina kod Hutova. Brzina kretanja vode na razdaljini od 1.5 km iznosila je impresivnih 55 cm/s, dok je na udaljenosti od 4.3 km brzina iznosila 33.3 cm/s (Milanović, 2006).

U sušnim periodima, brzina podzemnih tokova značajno opada zbog difuzne prirode kretanja vode kroz kraške sisteme, gdje se voda često zadržava u sifonima i prirodnim akumulacijama unutar kraških kanala. Ovi prirodni rezervoari usporavaju tok i omogućavaju akumulaciju vode koja se postepeno oslobađa u izvore, pružajući dragocjeni izvor vode tokom sušnih sezona (Milanović, 2006). Različiti režimi protoka, kao i morfološke i tektonske karakteristike kraškog sistema, čine sliv Trebišnjice jednim od najinteresantnijih hidroloških fenomena na prostoru Dinarida i šire (Milanović, 2006).

### 1.3. Prethodni radovi i studije

Kraško područje unutar Bosne i Hercegovine predstavlja dom mnogim stenoendemičnim vrstama riba koje su sa ograničenim geografskim rasprostranjenjem i naseljavaju specifične lokalitete. Značajan broj ovih vrsta pripada podporodici ciprinida, Leuciscinae (Kottelat, 1997), što uključuje vrste iz tri ključna roda: *Delminichthys*, *Phoxinellus* i *Telestes*, koje su lokalno poznate kao "gaovice".

### 1.3.1. Opis i ekologija

Vrsta *Delminichthys ghetaldii* prvobitno je opisana kao *Phoxinellus ghetaldii* od strane Franza Steindachnera 1882. godine, na osnovu uzoraka pronađenih u pećinama Popovog polja u Bosni i Hercegovini. Iste godine, Steindachner je opisao i *Phoxinellus pstrossii*, otkriven u rijeci Trebišnjici u blizini Trebinja. Kasnije revizije ovih vrsta, koje su sproveli Bogutskaya i Zupančić 2003. godine, podjelile su deset vrsta roda *Phoxinellus* u dvije glavne grupe, pri čemu je jedna od njih dalje podjeljena na dvije podgrupe. Freyhof i saradnici (2006) su otkrili da je rod *Phoxinellus* djelimično monofiletičan na osnovu nuklearnih i mtDNA sekvenci, sa tri nezavisne monofiletične jedinice: *Phoxinellus*, *Delminichthys* i *Telestes*. Zupančić i Bogutskaya (2003) su naznačili da su ove dvije vrste sinonimi. Kasnije su *Phoxinellus pstrossii* i *Phoxinellus ghetaldii* spojene u jednu vrstu pod imenom *Delminichthys ghetaldii*.

Vrsta *Telestes metohiensis* (gatačka gaovica) iz Dabarskog kraškog polja prvobitno je opisana kao *Paraphoxinus metohiensis* od strane Franza Steindachnera 1882. godine. Prema istraživanju Bogutskaye i saradnika (2012), rod *Telestes* na ovom području obuhvata tri vrste: pored *Telestes metohiensis*, koja je poznata kao gatačka gaovica, pronađene su još dvije vrste: *Telestes dabar* (dabarska gaovica) i *Telestes miloradi* (konavoska gaovica). Ove vrste naseljavaju potoke ili plitke kanale sa slabim strujanjem i čistom vodom (Bogutskaya i Zupančić, 2003). Tokom nepovoljnih perioda, ove ribe se povlače u podzemne vode (Markotić, 2013). *T. dabar* je zabilježen u rijekama Vrijeka i Opačica u Dabarskom polju u Bosni i Hercegovini (Bogutskaya i saradnici, 2012), dok Francuski i saradnici (2019) proširuju areal na još dva potoka: Pribitul i Suški potok, oba u Dabarskom polju. *T. metohiensis* nastanjuje Gatačko, Cerničko i Nevesinjsko polje u Istočnoj Hercegovini, dok vrsta *T. miloradi* naseljava rijeku Ljutu u Konavoskom polju u Hrvatskoj.

Istraživanje Dekić i sar. (2017) otkriva morfometrijske razlike između *D. ghetaldii* iz Fatničkog i Ljubomirskog polja, dok Mustafić i saradnici (2016) bilježe slične razlike između jedinki iz Dabarskog i Fatničkog kraškog polja. Takođe, rad Lukač i sar. (2024) potvrđuje razlike između jedinki iz Dabarskog i Fatničkog polja.

Bogutskaya i sar. (2012) pružaju prve morfološke podatke o *T. dabar* i upoređuju ih sa dvije vrste, *T. metohiensis* i *T. miloradi*, koje su ranije sve smatrane istom vrstom.

Nema podataka o ishrani drugih vrsta unutar roda *Delminichthys* u dostupnoj literaturi, a što se tiče ishrane vrsta iz roda *Telestes*, postoje različita saznanja među istraživačima. Vrsta *Telestes souffia* iz rijeke Drine (Vuković, 1985), pokazuje omnivorno ponašanje, ali sa znatno većom konzumacijom biljnog materijala, i klasifikuje je u podgrupu zoofitofaga, što takođe podržava Krivokapić (1992) za vrstu *Telestes montenegrinus*. Međutim, s druge strane istraživanja ishrane vrsta *Telestes ukliva* (Marčić i saradnici, 2017) i *Telestes karsticus* (Zanella i saradnici, 2009) pokazuju da se ove vrste uglavnom hrane larvama vodenih insekata. Ipak, ovi autori sugerišu da se navedene vrste ne mogu strogo klasifikovati kao vrste koje se hrane isključivo insektima, jer su pronađene i druge kategorije vodenih beskičmenjaka, riba ali i algi u njihovoj ishrani.

### 1.3.2. Morfometrija

Morfometrija je grana morfologije koja se bavi proučavanjem oblika i veličine morfoloških struktura uz primjenu statističkih metoda i sa posebnim naglaskom na multivarijantne tehnike zasnovane na podacima dobijenim mjerenjem (Rohlf, 1990). Ova biološka disciplina omogućava preciznu kvantifikaciju karakteristika kao što su oblik i veličina tijela i pruža uvid u osnovne morfološke karakteristike ali i način na koji se one mijenjaju u različitim kontekstima. Morfometrija ima veoma široku primjenu u različitim biološkim disciplinama, posebno u biologiji razvića, genetici, ekologiji, sistematici i drugim oblastima. Njena upotreba u biologiji predstavlja vrlo važan istraživački pravac koji obuhvata analizu i interpretaciju oblika kao i varijacija u obliku organizama (Ivanović i Kalezić, 2009).

Postoje dva osnovna pristupa u okviru morfometrije, a to su: linearna (tradicionalna) morfometrija i geometrijska morfometrija. Tradicionalna morfometrija kombinuje kvantitativnu morfologiju i oslanja se na mjerenje morfoloških struktura, zajedno sa statističkim metodama za analizu dobijenih podataka. Ovaj pristup koristi mjerenja unutrašnjih i spoljašnjih anatomskih dimenzija, kao što su dužina, širina i visina, ali i rastojanja između precizno definisanih homologih tačaka na određenoj morfološkoj strukturi. Analiziraju se rezultati mjerenja tako što se koriste različite statističke multivarijantne tehnike i one omogućavaju detaljnu analizu varijacija i odnosa između različitih morfoloških karakteristika. Prednost ove metode je u njenoj jednostavnosti i jasnoj interpretaciji, iako mjerenje linearnih udaljenosti može biti otežano zbog njihove zavisnosti od ukupne veličine objekta. Morfometrija pruža važne uvide u biologiju organizama i koristi se u istraživanjima koja teže razumjevanju morfoloških karakteristika i evolutivnih promjena.

### 1.3.3. Meristika

Meristika predstavlja važnu oblast ihtiologije koja broji specifične morfološke karakteristike riba, kao što su broj žbica na perajama, broj krljušti, pršljenova ili miozoma. Ove brojive, diskretne strukture omogućavaju identifikaciju i opisivanje vrsta, ali i diferencijaciju između populacija. Meristički atributi se često zapisuju u formi tzv. merističkih formula, koje predstavljaju standardni način prikazivanja ovih podataka.

Meristički karakteri predstavljaju ključnu ulogu u sistematici riba. Ovi parametri su jedan od najčešće korišćenih alata za diferencijaciju vrsta zbog svoje konzervativnosti i relativne stabilnosti kroz evoluciju. Na primjer, kod lososa broj krljušti se redovno koristi za razlikovanje populacija unutar iste vrste, dok kod pastrmki i šarana postoje važne razlike u broju krljušti između različitih populacija, i to pomaže u proučavanju njihove genetike i ekologije.

Izvođenje ovih studija nije uopšte jednostavno, iako je meristička analiza važan metod u ihtiologiji. Uglavnom se analize obavljaju na ribama koje su konzervisane u alkoholu, jer se na taj način lakše uočavaju određene strukture. Brojanje na živim ribama je znatno izazovnije zbog nejasnoća i pokretljivosti organizama. Na malim ribama neophodno je koristiti binokularnu lupu kako bi se precizno brojali meristički karakteri.

Ihtiolozi koriste stroga pravila prilikom merističke analize, da bi se postigli što precizniji rezultati. Međutim, specifične metode mogu varirati u zavisnosti od vrste ribe koja se analizira. Meristički parametri su od velike važnosti jer omogućavaju jasnu diferencijaciju i klasifikaciju riba unutar populacija i vrsta, čineći ih jednim od glavnih alata u taksonomiji.

U ovom istraživanju meristički parametri su bazirani na osteološkim karakteristikama. Osteologija ima ključan značaj u sistematici riba. Kostii kod riba su jedne od najkonzervativnijih struktura pa proučavanje koštanih struktura pruža dublji uvid u evolucione obrasce. Osteološki karakteri se smatraju pouzdanim indikatorima za taksonomske studije zbog njihove relativne otpornosti na promjene izazvane okolinom. Osteološka analiza omogućava identifikaciju i klasifikaciju riba na osnovu njihovih skeletnih struktura, čime se otkrivaju adaptivne varijacije među različitim vrstama (Dhanze, 1980).

Prema istraživanjima mnogih naučnika osteološki karakteri su od velike važnosti kako za identifikaciju na nivou rodova i vrsta, tako i za rekonstrukciju filogenetskih odnosa. Zbog toga se osteologija koristi kao ključni alat u otkrivanju evolucione istorije i međusobnih odnosa unutar ihtioloških grupa. Mnoge studije su pokazale da su koštane strukture stabilan izvor informacija za taksonomske svrhe, a njihova upotreba omogućava precizno razlikovanje vrsta, čak i kada druge morfološke karakteristike nisu dovoljne za jasnu diferencijaciju (Shukla i Verma, 1973; Gosline, 1955).

### 1.3.4. Ishrana

Analiza sadržaja digestivnog trakta, odnosno ishrana riba, igra ključnu ulogu u razumijevanju njihove biologije i ekološke niše. Naime, lanac ishrane je jedan od primarnih faktora koji utiče na pozicioniranje određene vrste unutar ekosistema. Proučavanje želudačnog sadržaja riba omogućava uvid u njihove prehrambene navike i interakcije sa ostalim vrstama u ekosistemu čime se otkrivaju važne informacije o njihovoj ulozi u lancu ishrane.

Mnogi istraživači posvetili su se proučavanju prirodne ishrane riba jer istraživanje ishrane riba ima veoma dugu tradiciju. Nažalost, mnoge vrste riba u našim krajevima još uvijek nisu dovoljno proučene sa aspekta ishrane, iako raznovrsnost ihtiofaune u našim vodama i bogatstvo vodenih ekosistema pružaju brojne mogućnosti za istraživanje. Popović i sar., 1992. govore o primjeru iz rijeke Cetine, koji pokazuje da do tada nije postojala nijedna studija o ishrani riba iz ove rijeke, što potvrđuje da još uvijek postoje značajni nedostaci u istraživanjima naše ihtiofaune.

Takođe, istraživanja ishrane ribljih populacija trebala bi biti sveobuhvatna i kontinuirana tokom čitave godine, jer rezultati dobijeni tokom samo jedne sezone ne pružaju potpunu sliku o njihovim prehrambenim navikama. Sezonske varijacije u dostupnosti plijena i promjene u ponašanju riba mogu značajno uticati na rezultate istraživanja. Ipak, podaci prikupljeni u okviru jedne sezone mogu pružiti važne osnovne informacije o prehranbenom režimu ispitivanih vrsta i njihovim međusobnim odnosima (Kaćanski i saradnici, 1978.).

Laboratorijski eksperimenti koji se bave ishranom riba često ne uspijevaju u potpunosti

imitirati složene prirodne uslove u kojima ribe borave. Naime, u prirodnim ekosistemima dinamika između predatora i plijena podložna je mnogim promjenjivim faktorima kao što su dostupnost skloništa, sezonske promjene u dostupnosti hrane i međusobnu konkurenciju među vrstama i to je nemoguće ispuniti pri laboratorijskim uslovima. Kada su pod intenzivnim pritiskom predatorstva populacije visoko preferiranog plijena mogu doživjeti značajan pad brojnosti, a u ekstremnim slučajevima to može dovesti i do njihovog lokalnog izumiranja (Hodgson i Kitchell, 1987). Ovi procesi u prirodi ukazuju na važnost održavanja ekološke ravnoteže i mogu se teže detektovati u kontrolisanim laboratorijskim uslovima, gdje nedostaju ključni elementi prirodnog okruženja.

Ishrana riba može se podijeliti na tri osnovne faze i to: traženje, hvatanje i procesiranje plijena. Ribe koje imaju vitkija tijela, kao i jaku repnu dršku i veće oči često su bolje prilagođene lovu u pelagijskim zonama, gdje lov na plijen zahtijeva brzinu i preciznost. S druge strane, ribe sa višim tijelima su favorizovane u staništima sa vegetacijom ili kamenjem, gdje se plijen teže uočava i hvatanje zahtijeva drugačije prilagodjenosti (Parsons i Robinson, 2007.).

U ekološkom smislu, ishrana riba osim što određuje njihovu poziciju u lancu ishrane, takođe i utiče na dinamiku cijelog ekosistema. Promjene u dostupnosti plijena, ali i interakcije između različitih predatora, mogu imati velike posljedice na cijeli ekosistem i one čine proučavanje ishrane riba ključnim za očuvanje i upravljanje vodenim resursima.

### 1.3.5. Ugroženost gaovica

*Delminichthys ghetaldii* je na IUCN Crvenoj listi klasifikovana kao osjetljiva vrsta (VU) (IUCN, 2024), dok za vrstu *Telestes dabar* još uvek nije ustanovljen zvaničan status na IUCN listi vjerovatno zbog nedostatka podataka kao novoopisana vrsta.

Vrsta *D. ghetaldii* je prema istorijskim izvorima bila široko rasprostranjena u određenim izvorima na području Hercegovine. Njena brojnost je bila velika te su lokalni stanovnici često organizovali ribolov koristeći tradicionalne metode, i postavljali košare ili sakove na izvorima kako bi uhvatili ribe u velikim količinama. Nakon ulova, sušili su ribu na suncu i zatim prodavali na lokalnim pijacama, i to je predstavljalo važan izvor hrane i prihoda.

Nekadašnja rasprostranjenost *D. ghetaldii* je obuhvatala mnoge izvore, bunare i estavele, u kojima su se mogle naći brojne i stabilne populacije. Međutim, savremena istraživanja ukazuju na vrlo značajno smanjenje broja populacija ove vrste. U većini ranije poznatih lokaliteta *D. ghetaldii* je gotovo iščezla, a na nekima je čak i potpuno nestala. Na određenim lokacijama, kao što su jame i pećine u Popovom polju, vrsta *Phoxinus karsticus* (Bianco i sar., 2015) sada dominira, što upućuje na moguće ekološke promjene i zamjenu između ove dvije vrste. Lokalno stanovništvo ovu vrstu naziva "gaovica" što potvrđuje složenost u promjeni lokalnih ekosistema i percepcije ovih vrsta.

Trenutno, *D. ghetaldii* je veoma rijetka i vrlo ugrožena, a od 1996. godine je klasifikovana kao osjetljiva vrsta (VU) na IUCN Crvenoj listi (IUCN, 2024). Na međunarodnom nivou, ova vrsta je zaštićena u okviru Evropske direktive o zaštiti prirodnih staništa i divlje faune i flore. U Bosni i Hercegovini nalazi se na Crvenim listama oba entiteta: Federacije Bosne i Hercegovine, prema



## Uvod

Službenom glasniku FBiH 66/13 i Republike Srpske, prema Službenom glasniku RS 124/12.

Posebna pažnja treba da bude posvećena zaštiti *Telestes dabar* koja naseljava samo male kraške potoke Dabarskog polja. Ova vrsta se nalazi u izuzetno osjetljivom položaju zbog brojnih prijetnji kao što su klimatske promjene, zagađenje, iscrpljivanje vodenih resursa, suše i prisustvo invazivnih vrsta. Klimatske promjene mogu izazvati značajne promjene u vodnom režimu i kvalitetu staništa i to dodatno ugrožava ovu već ranjivu vrstu. Suše mogu dovesti do smanjenja nivoa vode i povećanja temperature i tako direktno otežavaju uslove za preživljavanje ove vrste. Prisutnost invazivnih vrsta može promijeniti dinamiku ekosistema i tako povećati konkurenciju za resurse i dodatno ugroziti autohtonu vrstu *T. dabar*.



## **2 CILJEVI**



## Ciljevi

Cilj ovog istraživanja bio je istražiti morfološke razlike između populacija endemičnih vrsta riba: trebinjske i dabarske gaovice. Osim toga, cilj istraživanja je proučavanje ishrane ovih riba, s obzirom na nedostatak informacija o tom području u literaturi. Istraživanje je imalo za svrhu utvrđivanje postojanja i prirode preklapanja njihovih niša ishrane u istom staništu, odnosno sintopiji i simpatriji, kao i analizu različitih proporcija plijena u ishrani.

Osnovni ciljevi istraživanja su bili:

- Utvrditi morfološke karakteristike dvije endemične polupećinske vrste riba (*Delminichthys ghetaldii*, *Telestes dabar*) iz kraških polja u slivu Trebišnjice istočnog dijela Hercegovine.
- Utvrditi da li je izražen polni dimorfizam kod ovih istraživanih vrsta.
- Identifikovati razlike između pet populacija *D. ghetaldii* u merističkim karakteristikama baziranim na osteološkim karakteristikama.
- Utvrditi merističke parametre bazirane na osteološkim karakteristikama kod vrste *T. dabar*
- Istražiti korelaciju između promjenljivosti morfoloških karakteristika i ekoloških uslova staništa specifičnih kraških polja.
- Analizirati sastav ishrane navedenih vrsta, ali i istražiti preklapanje njihovih ekoloških niša u periodu boravka u poljima, tj. u nadzemnom dijelu životnog ciklusa.
- Ispitati selektivnost u ishrani prema određenim tipovima plijena na različitim lokalitetima sa različitim ekološkim karakteristikama.
- Precizno odrediti rasprostranjenje istraživanih vrsta.

Krajnji cilj istraživanja je davanje preporuka koje bi pomogle u programima zaštite ove dvije endemične vrste riba.

## **3 MATERIJA I METODE**

### 3.1. Karakteristike staništa i opis istraživanih lokaliteta

Koncept istraživanja bazirao se na proučavanju populacija dvije endemične vrste gaovica tokom plavnog perioda na pet kraških polja Istočne Hercegovine. Period istraživanja kontinuirano je trajao od 2016. do 2019. godine, pri čemu su se različite hidrološke prilike tokom ovog perioda značajno odrazile na rezultate prikupljanja podataka. Dakle, 2016. godina je bila jedna od najsušnijih u ovom regionu i polja nažalost uopšte nisu plavila. Zatim, 2017. godine, polja su plavila u jesen i pokušali smo da uhvatimo ribe više puta, ali su svi pokušaji bili neuspješni. Konačno, u proljeće 2018. godine, uspješno su uzorkovane sve pomenute jedinke u ograničenom broju po polju (Tabela 1). Takođe, pokušali smo još nekoliko puta nakon toga, ali bez uspjeha.

Istraživana polja su odabrana na osnovu podataka iz literature, koja su ukazivala da su istraživane vrste pronađene samo na tim lokacijama (Slika 4). Takođe, pretpostavljeno je da se ova polja razlikuju po mnogim karakteristikama, kao što su vrsta podloge, turbulentnost toka, fizičko-hemijski parametri i dostupna hrana za ribe. Ova raznolikost je poslužila kao osnova za analizu diverziteta riba i njihovog plijena, kao i za procjenu uticaja ekoloških uslova staništa na varijabilnost morfoloških karakteristika. Ovo istraživanje imalo je za cilj poređenje ponašanja u ishrani na staništima različitih karakteristika, istraživanje drugih populacionih parametara te preciznije određivanje stvarne distribucije istraživanih vrsta.



*Slika 4: Položaj kraških polja (Popovo, Mokro, Dabarsko, Fatničko i Ljubomirsko) sa njihovim nadmorskim visinama (u metrima iznad nivoa mora), gdje crveni krugovi označavaju lokacije sa kojih su primjerci *Delminichthys ghetaldii* i *Telestes dabar* sakupljeni (autor: Srđan Čabrilo)*

## Materijal i metode

Zajedno je prikupljeno 115 jedinki vrsta *D. ghetaldii* i *T. dabar* sa pet različitih lokacija za uzorkovanje. *D. ghetaldii* je prikupljena na lokacijama Popovo (42° 96' 45" N, 18°55'37" E, 240 m nadmorske visine; 7 jedinki – 2 mužjaka, 5 ženki), Mokro (42 39' 35"N, 18 20' 03"E, 270 m nadmorske visine; 6 jedinki – 5 mužjaka, 1 ženka) i Ljubomirsko (42° 46' 3.54" N, 18° 21' 6.804" E; 520 m nadmorske visine; 24 jedinke – 10 mužjaka, 14 ženki) kraško polje. Obje vrste su uzorkovane na lokacijama Fatničko (43° 1' 54.12" N, 18° 19' 0.768" E; 460 m nadmorske visine; *D. ghetaldii*: 35 jedinki - 17 mužjaka, 18 ženki; *T. dabar* - 2 jedinke - 2 ženke) i Dabarsko (44° 57' 15.3432" N, 15° 18' 11.592" E, 470 m nadmorske visine; *D. ghetaldii*: 4 jedinke - 3 mužjaka, 1 ženka; *T. dabar*: 37 jedinki - 18 mužjaka, 19 ženki) kraško polje, u slivu rijeke Trebišnjice (Tabela 1).

**Tabela 1:** Opisni podaci uzorkovanja *Delminichthys ghetaldii* i *Telestes dabar* sa podacima o datumu uzorkovanja i broju uhvaćenih jedinki.

Lokalitet	Datum	Vrsta	Broj jedinki
<b>Popovo Polje</b>	1.04.2018	<i>D.ghetaldii</i>	2
	20.04.2018	<i>D.ghetaldii</i>	5
<b>Mokro Polje</b>	23.03.2018	<i>D.ghetaldii</i>	6
<b>Ljubomirsko Polje</b>	13.04.2018	<i>D.ghetaldii</i>	10
	17.04.2018	<i>D.ghetaldii</i>	14
<b>Fatničko Polje</b>	15.04.2018	<i>D.ghetaldii</i>	11
	22.04.2018	<i>D.ghetaldii</i>	24
		<i>T. dabar</i>	2
<b>Dabarsko Polje</b>	1.05.2018	<i>T. dabar</i>	12
	16.05.2018	<i>T. dabar</i>	25
		<i>D.ghetaldii</i>	4

Popovo polje (Slika 5) jedno je od najvećih kraških područja u Bosni i Hercegovini, poznato po svojim izuzetnim karakteristikama i specifičnostima. Rijeka Trebišnjica prolazi kroz ovo polje kao jedna od najvećih rijeka ovog tipa na svijetu, čineći ga izuzetno značajnim i jedinstvenim. Značajan karakterni element ovog područja čini sistem pećina, posebno Vjetrenica, smješten na zapadnom/jugozapadnom dijelu doline. Ovo polje obuhvata plodne (aluvijalne) nanose, pružajući se na dužini od oko 37 km i širine od 1 do 3 km, obuhvatajući površinu od 68.4 kvadratnih kilometara (Milanović, 2006). Više od 500 ponora i estavela zabilježeno je unutar ovog polja. Doljašnica je najveći ponor i ima kapacitet gutanja vode od oko 55 m<sup>3</sup>/s. Estavele su imale značajan uticaj na ovom području, kako u pogledu plavljenja tako i odvodnje. Neke estavele predstavljaju dijelove velikih karstnih sistema i manifestuju se kao jame i pećine značajnih dimenzija na površini.



## Materijal i metode

Popovo polje je oduvijek bilo vrlo interesantno za razne naučnike različitih sfera interesovanja. Friedrich Katzer je još 1903. godine opisao Popovo polje kao jedno od najkarakterističnijih obilježja kraškog pejzaža Bosne i Hercegovine, te ga je zbog njegovih specifičnih geomorfoloških karakteristika izdvojio kao jedno od najzanimljivijih područja Hercegovine. Zatim je Eduard Richteru svom radu iz 1905. godine, pružio veoma detaljan opis Popovog polja i naglasio njegov divlji, neravni kraški reljef ispunjen brojnim vrtačama. Posebno je istakao rijeku Trebišnjicu i naglasio da nema značajnije kraške rijeke u regionu koja završava u ponorima, što dodatno doprinosi jedinstvenosti ovog područja.

Riječno korito unutar polja činile su uglavnom velike stijene (25%), šljunak (55%) i pijesak (30%) (AQEM Consortium, 2002). Ribe su upecane u aprilu i tada je korito bilo široko oko 2 m, s maksimalnom dubinom od 150 cm. Dno rijeke je bilo lako prohodno i pokriveno vegetacijom u rasponu od 20 do 50%, većinom *Ceratophyllum demersum*. Obale su obložene ljutićima (*Ranunculus spp.*) i poljima nizinskih žitarica. Voda rijeke karakteriše se prozirnošću, s temperaturom od 8.1 °C i manjim varijacijama. Provodljivost vode iznosila je 333  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , dok je pH vrijednost vode izmjerena kao 8.07. Ribe su uglavnom ulovljene iz pećine u Dračevu i bunara Pokrivenik u Čvaljini. Dominantne vrste riba su *Delminichthys ghetaldii* i *Phoxinus karsticus*, dok se u manjoj mjeri pojavljuje *Squalius svalize*. U ovom staništu prisutne su sve uobičajene grupe makroinvertebrata, pri čemu su Trichoptera i Nematoda bile najzastupljenije.



*Slika 5. Lokalitet Popovo polje*

*Foto: D. Berak Čihorić*

Mokro polje (Slika 6), smješteno južno od Trebinja, predstavlja klinasto polje s površinom od 18 km<sup>2</sup> i nadmorskom visinom od 275-268 m. Iako nema stalnih izvora, uočen je značajan broj povremenih vrela u obliku jama s vodom, prilagođenih za pristup sifonskim jezerima tokom sušnih perioda. Među većim povremenim vrelima su Oko Rasovac, Zbora i Bugovina. Riječno korito na istraženom području pretežno se sastoji od velikih stijena (40%), šljunka (35%) i pijeska (25%),

## Materijal i metode

kako je dokumentovano tokom istraživanja (AQEM Consortium, 2002). Izvor rijeke širok je otprilike 5 m, s maksimalnom dubinom od 100 cm, što je izmjereno u martu na istraženom dijelu. Dno rijeke bilo je prekriveno vegetacijom u rasponu od 20 do 30%, većinom zastupljene makrofitom *Mentha aquatica*. Okolne obale prekrivene su travom (*Carex spp.*), nizinskim žitaricama i susjednim vinogradom. Tempertaura vode bila je 7.83 °C. Provodljivost vode je 290  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , dok je pH vrijednost vode iznosila 7.83. Većina ulovljene ribe potiče iz poplavljenog polja formiranog od izvora i jama unutar polja. Riba prisutna na ovom području je samo vrsta *Delminichthys ghetaldii*. U zajednici makroinvertebrata primijećene su Diptera, Trichoptera i Oligochaeta, pri čemu je *Chironomus thummi* iz reda Diptera bio dominantan takson unutar zajednice.



*Slika 6. Lokalitet Mokro polje*

*Foto: D. Berak Čihorić*

Ljubomirsko polje (Slika 7) proteže se na površini od otprilike 12.5 km<sup>2</sup>. Dužina polja iznosi oko 10 km, a širina varira između 500 i 1000 m. Ovo područje obiluje brojnim vrtacama, posebno u zapadnom dijelu, te kamenitim blokovima, pećinama i pukotinama od dolomita preko kojih se voda sliva tokom obilnih kiša. Zanimljivo je spomenuti da povremeni površinski tok Brova, iako teče prema zapadu, nakon poniranja podzemno teče u suprotnom smjeru, prema istoku i jugoistoku (Milanović, 2006). Korito rijeke na istraženom području većinom se sastoji od velikih stijena (45%), šljunka (45%) i pijeska (10%) (AQEM Consortium, 2002). Širina potoka iznosi oko 4 m, s maksimalnom dubinom od 200 cm, što je izmjereno u aprilu na tom području. Dno potoka prekriveno je vegetacijom u rasponu od 30 do 60%, s većinskim sastavom makrofita poput *Berula erecta*. Okolne obale okružene su vrbama (*Salix spp.*). Vodu ovog područja karakteriše prozirnost s temperaturom od 11°C, uz manje varijacije. Provodljivost vode iznosi 333  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , dok je pH

## Materijal i metode

vrijednost vode 7.6. Većina riba ulovljena je iz manjeg, prohodnog Ljubomirskog potoka, a jedina prisutna riblja vrsta bila je *Delminichthys ghetaldii*. Zapažene su većina uobičajenih grupa zajednica makroinvertebrata, pri čemu su *Elmis aenea* iz reda Coleoptera i *Ancylus fluviatillis* iz klase Gastropoda bili dominantni taksoni unutar zajednice.



*Slika 7. Lokalitet Ljubomirsko polje*

*Foto: D. Berak Čihorić*

Dabarsko i Fatničko polje (Slika 8) su dva susjedna, geografski blisko povezana kraška polja smještena u Istočnoj Hercegovini, udaljena samo 3 km jedno od drugog. Dabarsko polje (Slika 9), koje je veće, nalazi se sjeverozapadno od nešto manjeg Fatničkog polja. Budući da vrtače ne mogu primiti sav kišni vod, oba polja obično su poplavljena između novembra i maja (Milanović, 2006). Ona su redovno poplavljena i dio su slivova rijeka Neretve i Trebišnjice. Površina poplavljenog Dabarskog polja iznosi 16.69 km<sup>2</sup>, dok Fatničko polje zauzima 7.27 km<sup>2</sup>. Na ovim područjima pojavljuju se različiti manji potoci i rijeke koje izvire, prolaze kroz polja, a zatim nestaju u vrtačama na drugim mjestima.

Fatničko polje je poznato kao jedno od najčešće poplavljenih polja s vrlo visokim i dugotrajnim poplavama. Zabilježena su maksimalna trajanja poplava od 51 dana (1992. godine) do 235 dana (1979. godine). Važni dijelovi izvora uključuju povremena vrela na sjeveroistočnom obodu polja poput Oboda, Jame i Pribabića. Najveći ponor je Pasmica. Dabarsko polje ima blagi nagib od SZ-JI od kote 551 m (Potkom) do najniže tačke, ponora Ponikve (471 m.n.m) i Kutskih jama (472 m.n.m). Ovo polje je povremeno poplavljeno, a nivo vode dostiže 14 m. Poplave su posljedica bujičnog toka Opačice, koja nastaje u Trusinskom polju, širi se u središnjem dijelu Dabarskog polja i zatim postaje stalno vrelo Vrijeka. Estavela Ljeleljšnica te povremena vrela Sušica i Pribitul takođe doprinose izvorima u ovom području

## Materijal i metode

(Milanović, 2006). U Fatničkom polju, korito rijeke sastoji se od velikih stijena (15%), šljunka (55%) i pijeska (30%), dok je u Dabarskom polju, na istraženoj lokaciji, korito rijeke sastavljeno od velikih stijena (25%), šljunka (35%) i pijeska (40%), kako je utvrđeno tokom istraživanja (metodom AQUEM). Korito rijeke u Fatničkom polju široko je oko 6 m, s maksimalnom dubinom od 70 cm, izmjereno u aprilu, dok je u Dabarskom polju mali potok Vrijeka širok oko 3 m, s maksimalnom dubinom od 90 cm, izmjenom u maju na istraženom dijelu. U Fatničkom polju, dominantna makrofita bila je *Veronica anagalis-aquatica*, dok je korito potoka Vrijeka bilo pokriveno vegetacijom u rasponu od 20–50%, uglavnom sastavljene od makrofite *Mentha aquatica*. Obale potoka Fatnice okružene su travom (*Poacea spp.*), dok su na potoku Vrijeka okružene ljutićima (*Ranunculus spp.*) i nizinskim poljima žitarica. Na oba lokaliteta, voda je bila prozirna s temperaturom od otprilike 9°C. Provodljivost u Fatničkom polju iznosila je 254  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , dok je u Dabarskom polju bila 340  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , a pH vrijednost vode u Fatničkom polju bila je 7.83, a u Dabarskom polju 7.97. Većina riba u Fatničkom polju uhvaćena je iz poplavljenog polja tokom kišne sezone, dok su ribe u Dabarskom polju uhvaćene iz potoka Vrijeka. Riblji svijet u Fatničkom polju bio je uglavnom zastupljen vrstom *Delminichthys ghetaldii*, ali smo pronašli dvije jedinke *Telestes dabar*, dok je u Dabarskom polju bio uglavnom zastupljen *Telestes dabar* i u manjoj mjeri *Delminichthys ghetaldii*. Na oba polja bile su prisutne sve uobičajene grupe zajednica makroinvertebrata, ali je u Fatničkom polju *Chironomus thummi* iz reda Diptera prevladavao u zajednici u odnosu na druge taksone, dok je u Dabarskom polju *Gammarus fossarum* iz podfiluma Crustacea bio dominantan.



**Slika 8.** Lokalitet Fatničko polje

Foto: D. Berak Čihorić



*Slika 9. Lokalitet Dabarsko polje*

*Foto: D. Berak Čihorić*

### 3.2. Fizičko-hemijski parametri vode

Tokom terenskih istraživanja, kontinuirano je korišćen napredni multiparametarski mjerač, modela WTW Multi 3410, radi prikupljanja ključnih parametara kvaliteta vode. Ovi sofisticirani uređaji omogućili su precizno mjerenje i evidentiranje osnovnih fizičko-hemijskih parametara, uključujući pH vrijednost, koncentraciju kiseonika u vodi (izraženu u ppm), temperaturu vode (u stepenima Celzijusa), elektroprovodljivost (konduktivitet u  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), kao i koncentraciju suspendovanih čestica (izraženu u ppm) na svim istraživanim lokalitetima.

Pored terenskih mjerenja, uzorci vode prikupljeni na različitim lokacijama podvrgnuti su detaljnoj laboratorijskoj analizi, sprovedenoj prema standardima BAS ISO i EN-ISO za površinske vode. Ova analiza obuhvatila je širok spektar hemijskih i fizičkih parametara, čime je osiguran sveobuhvatan pregled kvaliteta vode na istraživanim lokalitetima. Laboratorijska ispitivanja sprovedena su u laboratoriji "Hidroelektrane na Trebišnjici". Ovi podaci su ključni za praćenje ekoloških uslova i procjenu stanja vodenih ekosistema u okviru studije.

### 3.3. Uzorkovanje ribe

Tokom terenskih istraživanja, prikupljeno je ukupno 115 jedinki riba vrsta *Delminichthys ghetaldii* i *Telestes dabar*, sa pet različitih lokaliteta. Uzorci vrste *D. ghetaldii* prikupljeni su sa tri karakteristična kraška polja: Popovo, Mokro i Ljubomirsko polje. Na kraškim poljima Fatničko i Dabarsko, uzorkovane su obje vrste riba, čime je omogućeno poređenje između različitih staništa unutar istog sliva.

Uzorci su sakupljeni primjenom standardizovane metode elektro-ribolova, koja je uključivala upotrebu elektroagregata IG 200/2, omogućavajući reverzibilno omamljivanje riba bez trajnih povreda. Ova metoda je odabrana kako bi se minimizirao stres kod riba, dok je obezbjeđivala

efikasan način uzorkovanja. Pored toga, tokom istraživanja korišćena je i ribolovna oprema lokalnih ribolovaca, čime je dodatno povećana efikasnost terenskih aktivnosti.

Svi zahvati nad ribama sprovedeni su u skladu sa važećim propisima, u okviru dozvole za ribolov i elektroribolov u naučne svrhe, koja je izdata od strane Ministarstva prosvjete i kulture Republike Srpske, pod brojem Protokola 30/625-751/18. Ovaj protokol obuhvata sve neophodne mjere zaštite životinja, osiguravajući da su postupci u potpunosti usklađeni sa zakonskim normama o dobrobiti životinja.

Nakon prikupljanja, uzorci riba su odmah fiksirani u 70% etil-alkoholu kako bi se očuvale njihove morfološke karakteristike za dalju laboratorijsku analizu. Fiksirani uzorci su pažljivo transportovani u laboratoriju, gdje su sprovedene detaljne analize morfometrijskih i merističkih karakteristika, omogućavajući temeljno istraživanje njihove taksonomije, varijacija unutar populacija i adaptivnih osobina u različitim staništima.

### 3.4. Morfometrijske karakteristike

Morfometrijska analiza izvršena je na 22 klasična morfometrijska karaktera (Bogutskaya i Zupančič, 2010) i pri mjerenju je korišten digitalni kaliper do najbližih 0,1 mm. Karakteri koji su ispitivani su: standardna dužina (SL), dužina glave (HL), horizontalni dijametar oka (OL), dužina njuške (SLN), interokularna širina (IOW), postorbitalna udaljenost (POD), maksimalna širina glave (MHW), dužina gornje vilice (UJL), dužina donje vilice (LJL), maksimalna visina tijela (MDM), dužina repne drške (CPL), visina repne drške (CPD), dužina baze dorzalnog peraja (DBL), visina dorzalnog (leđnog) peraja (DFD), dužina ventralnog (trbušnog) peraja (VFL), dužina pektoralnog (grudnog) peraja (PFL), predventralna dužina (PVL), predanalna dužina (PAL), predodorzalna dužina (PDL), postodorzalna dužina (PODL), udaljenost pektoralno-ventralnog peraja (P-VD), udaljenost ventralno-analnog peraja (V-AD). Polovi su određeni specifičnom izraženom genitalnom papilom kod ženki koja izgleda kao zadebljani trougaoni nabor s anusom u osnovi. Genitalni otvor se nalazi anteriorno, otprilike u sredini nabora (nikada na prednjem vrhu nabora). Papila je već razvijena kod juvenilnih ženki (39-53 mm SD), iako je uska i izdužena; kod odraslih ženki (oko 53-58 mm SD), mnogo je veća, sa širokom osnovom i proteže se preko donjeg dijela prvih žbica analnog peraja (Bogutskaya i Zupančič, 2003).

Standardna dužina (SL) mjerena je od najanteriornije tačke gornje usne (ne od vrha njuške) do kraja hipuralnog kompleksa. Dužina glave mjerena je od najanteriornije tačke gornje usne do najposterolateralnije tačke operkularne membrane. Interorbitalna širina mjerena je uključujući kožni nabor. Izraz 'dužina dorzalnog peraja' koristi se za dužinu baze dorzalnog peraja, a izraz 'visina dorzalnog peraja' koristi se za dužinu najduže žbice dorzalnog peraja.

Morfometrijski parametri *D. ghetaldii* upoređeni su u pet kraških polja. Svaki primjerak iz jednog kraškog polja posmatran je kao operativna taksonomska jedinica (OTU) po uzoru na Sneath i Sokal (1973).

### 3.5. Merističke karakteristike

Za analizu osobina kičmenog stuba, svi primjerci su snimljeni uz pomoć prenosivog Pardus rendgen aparata u Prirodnjačkom muzeju u Beču, Austrija.

Osam merističkih karaktera prebrojani su iz radiografija svakog uzorka, a to su: broj granatih žbica leđnog peraja, broj granatih žbica analnog peraja, broj negranatih žbica leđnog peraja, broj leđnih pršljenova, broj trbušnih pršljenova, broj repnih pršljenova, broj prekaudalnih pterigofora analnog peraja (intermedijarni pršljenovi) i ukupan broj pršljenova (Slika 10). Posljednje dvije granate žbice dorzalnog i analnog peraja zabilježene su kao  $1^{1/2}$ . Terminologija merističkih osobina pratila je Haringtona (1955). Ukupan broj pršljenova uključuje četiri Veberova pršljena i srasli preuralno-uralni centar kao posljednji. Trbušni i kaudalni pršljenovi se razlikuju pojavom dobro razvijenog pterigofora u prvom kaudalnom pršljenu. Trbušni pršljenovi ispred prvog pterigiofora dorzalnog peraja smatrani su preddorzalnim pršljenovima, dok su ostali posteriorni trbušni pršljenovi sa parapofizama sraslim s centrima i nevezanim za rebra smatrani odvojenima.



*Slika 10. Kičmeni stub i položaj peraja kod Delminichthys ghetaldii Foto: Prirodnjački muzej u Beču*

### 3.6. Ishrana

Nakon završenih morfometrijskih analiza, pristupilo se detaljnom ispitivanju ishrane prikupljenih riba. Proces je započeo vađenjem stomačnog sadržaja svake jedinke kako bi se utvrdio sastav njihove ishrane. Uzorci iz želuca pažljivo su sortirani, prebrojani i identifikovani do najnižeg mogućeg taksonomskog nivoa, što je omogućilo preciznu klasifikaciju plijenskih organizama.

Nakon identifikacije, sadržaj želuca je blago presušen na papirnim ubrusima kako bi se uklonio višak tečnosti, a zatim vagan na analitičkoj vagi Tehntnica ET-1111 sa preciznošću od 1 mg. Ova metoda je omogućila tačnu kvantifikaciju biomase različitih vrsta plijena, što je bilo ključno za utvrđivanje dominantnih komponenti ishrane riba u različitim ekološkim uslovima.

Detaljna analiza sadržaja želuca sprovedena je u laboratorijskim uslovima, koristeći binokularnu lupu i mikroskop kako bi se osigurala tačna identifikacija čak i najmanjih organizama. Vrste plijena su identifikovane na različitim taksonomskim nivoima, u zavisnosti od specifičnosti svakog taksona. Ovaj postupak je omogućio sveobuhvatan uvid u prehrambene navike riba i njihov odnos sa bentosnim i planktonskim organizmima, pružajući dragocjene podatke o ekološkim interakcijama unutar njihovih staništa.

Rezultati analize ishrane pružaju važan uvid u prehrambene preferencije vrsta *Delminichthys ghetaldii* i *Telestes dabar*, što može ukazati na prisustvo specifičnih ekoloških niša i strategija ishrane koje su se razvile kao odgovor na lokalne uslove u kraškim poljima.

### 3.7. Uzorkovanje planktona i beskičmenjaka iz sredine

Uzorkovanje za kvalitativnu i kvantitativnu analizu makroinvertebrata obavljeno je ručnom mrežom kako bi se dobio uvid u sastav zajednice makroinvertebrata na datom mjestu. Ovaj proces je sproveden kick-sampling metodom duž čitave širine korita (Slika 11). Ručna mreža je optimalan alat za prikupljanje uzoraka makroinvertebrata s dna i može se koristiti u različitim tipovima plitkih vodenih tokova. Za uzorkovanje duž lokaliteta koristila se standardna ručna mreža za uzimanje uzoraka makroinvertebrata, s metalnim okvirom dimenzija 25 cm sa 25 cm i drškom dužine 1.5 m. Okca mreže imaju promjer oko 0.5 mm.

Proces prikupljanja uzoraka uključuje postavljanje mreže uspravno i čvrsto na supstrat s otvorom okrenutim nizvodno. Nakon toga, uznemirava se dno korita vrteći petama čizama kako bi se podigao supstrat najmanje 10 – 15 cm duboko (eng. kick and sweep sampling). Nakon što se voda zamuti, sačeka se da struja vode odnese sediment i organizme u mrežu. Ovaj postupak se ponavlja još jednom na istom mjestu nakon što se voda ponovno razbistri. Nakon tri ili četiri uzorkovanja, sakupljeni materijal se ispere potezanjem mreže suprotno od smjera vode i ručnim miješanjem kako bi se odstranile sitne čestice (mulj). Zatim se veći supstrat uklanja iz mreže, s



## Materijal i metode

kojeg su prethodno uklonjeni svi organizmi, kako bi se smanjio volumen uzorka. Organizmi su konzervirani na terenu u 70% alkoholu i transportovani u laboratoriju radi sortiranja i identifikacije.

Kada navedena polja poplave neophodno je uzorkovanje iz čamca, a bentos se prikuplja pomoću Ekmanovog bagera. Dok se bager spušta dva tanka viseća krilca ostaju otvorena. Krilca se zatvaraju kada se aktivira padanje teškog objekta niz sajlu s površine (preko sajle) ili kada se pritisne dugme (preko štapa). Pritisak uzorka sprječava veći gubitak materijala. Ovaj bager zahvata 3.5 litre i ima dimenzije 152 x 152 x 152 mm. Na terenu se uzorci odmah ispiraju kroz sito s veličinom oka od 0.5 mm, kako bi se smanjila zapremina uzorka uklanjanjem mulja i finih čestica. Nakon ispiranja, uzorci se pohranjuju u teglice i konzerviraju upotrebom 70% etilnog alkohola, osiguravajući očuvanje biološkog materijala za dalju laboratorijsku analizu.

Planktonski organizmi su uzorkovani pomoću planktonskih mreža poput EFE i GB mreža, napravljenih od Monodur Nytal (najlon), s porama promjera 10 do 20  $\mu\text{m}$ , na način da se planktonska mrežica 5 do 10 puta potapa u vodu. To se može činiti sa mosta ili čamca. Koliko puta će se spustiti mrežica u vodi zavisi od količine suspendovane materije u vodi. Da bi se izbjeglo zatvaranje pora na planktonskoj mrežici dovoljno je potopiti mrežicu 5 puta. Sadržaj mrežice se preko ventila ispusti u plastičnu bočicu za spremanje uzoraka i konzervira Lugolovim rastvorom. Svi organizmi iz uzoraka bentosa i planktona su prebrojani i identifikovani do nivoa porodice, vrste ili roda.



*Slika 11. a) Uzorkovanje bentosa ručnom mrežom i b) bagerom*

*Foto: D. Mrdak*

### 3.8. Analiza vrsta iz uzoraka planktona, bentosa i uzoraka ishrane

Proces identifikacije prikupljenih organizama iz okoline i uzoraka ishrane sproveden je detaljno, koristeći odgovarajuće metode i opremu. Organizmi iz okoline prikupljeni su kvantitativnim uzorkovanjem pomoću bentološke mreže, zatim su organizmi razvrstani i prebrojani pomoću binokularne lupe Motic ST-30 Series. Identifikacija je izvršena do najnižeg mogućeg taksonomskog nivoa uz pomoć relevantnih morfoloških ključeva i dostupne literature.

Za identifikaciju planktonskih uzoraka korišćen je invertni mikroskop Optech Model IB, dok je brojnost fito- i zooplanktona određena pomoću Sedgewick-Rafter komore. Uzorci ishrane su prebrojani i identifikovani, a zatim su sušeni na papirnom ubrusu radi uklanjanja viška alkohola, nakon čega su izmjereni na analitičkoj vagi Tehntnica ET-1111 sa preciznošću od 1 mg.

Kako bi analiza i interpretacija rezultata bila jednostavnija, identifikovani taksoni iz uzoraka okoline i ishrane grupisani su u manje operativne kategorije plijena, pri čemu su morfologija i ekologija organizama korišćene za definisanje ovih kategorija. Ishrana je prikazana kroz broj i masu organizama u ovim kategorijama, dok su organizmi iz uzoraka sredine predstavljeni procentualno prema broju jedinki. Udio plijena u okolini takođe je prikazan procentualno za svaki od pet istraženih lokaliteta.

Analiza ishrane i plijena sprovedena je na dva nivoa, obuhvatajući osnovne i detaljnije kategorije plijena, koje su podijeljene prema porijeklu na bentosni plijen, zooplankton i fitoplankton.

Kako bi se utvrdile razlike u dostupnosti hrane za gaovice između pet istraženih lokaliteta, izvršena je procjena brojnosti (br. org./m<sup>2</sup>) i biomase (g/m<sup>2</sup>) bentosne zajednice, budući da ona čini većinski dio ishrane trebinjske gaovice. Za procjenu biomase korišćeni su podaci o brojnosti organizama (kvantitativni uzorak bentosa) i njihove prosječne suve mase (masa bez pepela), kao što je prikazano u radu Morante i saradnika (2012) za najčešće porodice beskičmenjaka u vodotocima.

- $B = N \times W$

B predstavlja biomasu (npr. g/m<sup>2</sup>), što je ukupna masa živih organizama u određenoj jedinici površine ili volumena.

N je brojnost organizama (npr. broj jedinki po m<sup>2</sup>).

W je prosječna suva masa jedne jedinke (npr. g/jedinki), koja se koristi da bi se dobio bolji uvid u stvarni energetska sadržaj organizama.

Prema navedenoj formuli, suva masa pruža bolji uvid u energetska sadržaj organizama nego brojnost ili vlažna masa, kao što ističu Morante i saradnici (2012). Oni objašnjavaju da neki organizmi, zbog čvrstih, sklerotizovanih tijela, imaju veliku vlažnu masu i visoku brojnost na

staništu, ali nisku suhu masu. S druge strane, organizmi s mesnatim tijelima, iako manje brojni, značajnije doprinose stvarnoj iskoristivoj biomasi.

Za analizu bentosne zajednice izračunati su indeksi ujednačenosti, diverziteta Simpsonov i Šenonov i u tu svrhu korišćen je softver Asterics 4.04, koji je baziran na osnovu podataka iz kvantitativnih uzoraka bentosa prikupljenih prema AQEM protokolu (AQEM Consortium, 2002).

Abundanca je mjera relativne zastupljenosti vrsta u određenom ekosistemu i izražava se kao broj pronađenih jedinki po uzorku ili po jedinici površine. Abundanca predstavlja važan pokazatelj za procjenu biološke raznolikosti ekosistema i njena veća vrijednost obično ukazuje na veće ili bolje ekološko stanje. Sa prisustvom zagađenja smanjuje se njena vrijednost.

### 3.9. Preklapanje ishrane i diverzitet između vrsta i polja

Diverzitet je kvantitativna mjera različitih vrsta ili tipova prisutnih u uzorku, a veoma veliku ulogu ima i ravnomjernost distribucije tih vrsta. Vrijednost indeksa diverziteta povećava se kada su te vrste ravnomjernije raspoređene kao i sa porastom broja vrsta.

Simpsonov indeks diverziteta (D) pokazuje raznolikost unutar bentosne zajednice i ishrane riba na određenim lokalitetima. Takođe, ovaj indeks omogućava i procjenu raznovrsnosti populacija organizama ili vrsta na datom uzorku ili lokalitetu. Simpsonov indeks izračunava se prema formuli:

- $D = 1 - \frac{\sum [N_i (N_i - 1)]}{[N_t (N_t - 1)]}$

gdje  $N_i$  označava broj jedinki određene vrste, dok  $N_t$  predstavlja ukupan broj organizama u uzorku. Vrijednost indeksa varira od 0 (niski diverzitet) do 1 (visoki diverzitet).

Šenon-Viverov indeks diverziteta ( $H'$ ) izračunava se prema formuli:

- $H' = - \sum (n_i/N) \log_2(n_i/N_i)$

gdje  $n_i$  označava brojnost vrste u uzorku, zatim  $N$  predstavlja ukupnu brojnost, a  $s$  broj vrsta. Viša vrijednost ovog indeksa ukazuje na veću raznolikost u uzorku.

Ravnomjernost distribucije vrsta predstavlja odnos uočene raznolikosti prema maksimalnoj mogućoj raznolikosti, prema formuli:

- $E = H'/\ln S$

gdje  $E$  označava ujednačenost, dok  $H'$  predstavlja Šenon-Viverov indeks diverziteta, a  $S$  pokazuje broj vrsta u uzorku.

Poređenje pet lokaliteta obuhvatilo je analizu abundanci, kao i indeksi ujednačenosti, i indeks diverziteta bentosne zajednice, što nam omogućava razumijevanje različitih karakteristika zajednica na tim mjestima.

## Materijal i metode

Indeks preklapanja (O) koji su razvili MacArthur i Levin i koji predstavlja Piankaovu modifikaciju indeksa koristi se za kvantitativnu analizu preklapanja u ishrani između više ekoloških niša ili između vrsta. Ovaj indeks omogućava procjenu sličnosti u strukturi ishrane između pet različitih niša ili dvije vrste, i daje nam uvid u to koliko se njihove prehrambene navike podudaraju.

Formula za izračunavanje ovog indeksa je:

- $O = \frac{\sum AN_{ij}^2 \times \sum AN_{ik}^2}{\sum (AN_{ij} \times AN_{ik})}$

U formuli, k i j označavaju različite grupe (bilo ekološke niše ili vrste), dok AN predstavlja procenat organizama iz svake kategorije plijena (i). Ovaj pristup omogućava da se bolje razumije međusobna konkurencija između vrsta u pogledu ishrane, ali i način na koji one dijele resurse u zajedničkom ekosistemu.

Upotrebom ovog indeksa možemo utvrditi da li vrste koriste iste izvore hrane u sličnom stepenu, što je vrlo važno za proučavanje ekoloških odnosa kao što su kompeticija i koegzistencija. Što je sličnost u ishrani veća, veća je i vrijednost ovog indeksa, dok niže vrijednosti ukazuju na veći stepen specijalizacije i manjeg preklapanja resursa.

Ovaj indeks mjeri sličnost ishrane među grupama, i u njemu 0 znači potpuno nepoklapanje, a 1 potpuno poklapanje.

Ove analize i računanje parametara obavljaju se pomoću softverskog programa MS Excel, gdje se podaci obrađuju prema navedenim formulama i dobijaju se vrijednosti diverziteta bentosne zajednice i preklapanje ishrane između različitih lokaliteta ili vrsta.

### 3.10. Značaj različitih tipova plijena u ishrani

Analiza strukture ishrane istraženih riba izračunava se preko nekoliko ključnih parametara: brojnost plijena (A), frekvencija pojavljivanja (F) i indeks relativnog značaja (IRI). Ovi parametri omogućavaju detaljnu procjenu uloge pojedinih vrsta plijena u ishrani i takođe daju bolji uvid u prehrambene navike riba u datom ekosistemu.

Brojnost plijena određuje se na osnovu ukupnog broja kao i težine pojedinih kategorija plijena koje ribe konzumiraju. Za računanje brojnosti plijena koriste se slijedeće formule:

- $AN_i = (N_i/N_t) \times 100 (\%)$ , gdje  $N_i$  predstavlja broj organizama određenog tipa plijena (i), a  $N_t$  pokazuje ukupan broj organizama u ishrani svih analiziranih riba.
- $AW_i = (W_i/W_t) \times 100 (\%)$ , gdje  $W_i$  pokazuje ukupnu težinu određenog tipa plijena (i), a  $W_t$  predstavlja ukupnu masu svih kategorija plijena u ishrani.

Ove formule omogućavaju kvantifikaciju prisustva različitih vrsta plijena, i po broju organizama ali i po njihovoj masi, i tako se dobija kompletna slika o značaju pojedinih kategorija plijena.

Frekvencija pojavljivanja (F) se računa tako što se utvrđuje koliko se često određeni tip plijena

pojavljuje u ishrani predatora. Formula za računanje ovog indeksa je:

- $F_i = (P_i/P_t) \times 100 (\%)$ , gdje  $P_i$  označava broj predatora kod kojih je pronađen određeni tip plijena ( $i$ ), dok  $P_t$  predstavlja ukupan broj analiziranih predatora.

Ovaj parametar pokazuje koliko je široko rasprostranjen određeni tip plijena među predatorima i detaljno govori koliko je taj plijen važan za veći broj jedinki ili je pak specifičan za manju grupu.

Indeks relativnog značaja (IRI) predstavlja sveobuhvatan pokazatelj značaja određenog tipa plijena jer kombinuje prethodna tri indeksa: brojnost po broju organizama, brojnost po težini i frekvenciju pojavljivanja. Formula za izračunavanje IRI indeksa je:

- $IRI = (AN\% + AW\%) \times F\%$ ,

gdje AN označava procentualnu brojnost prema broju organizama, AW procentualnu brojnost prema težini, a F frekvenciju pojavljivanja određenog tipa plijena. Ovaj indeks omogućava precizniju procjenu relativnog značaja različitih vrsta plijena u ishrani predatora, što je ključno za ekološke studije koje se bave trofičkim interakcijama i analizom prehrambenih navika.

Za potrebe ovih analiza korišćen je softver MS Excel 2010, koji omogućava efikasnu obradu i analizu podataka, kao i precizno izračunavanje svih navedenih parametara.

### 3.11. Indeks selektivnosti

Analiza selektivnosti u ishrani izračunata je korišćenjem indeksa selektivnosti E (Electivity Index) prema Vanderploegu i Scavii (1979a). Ovaj indeks se izračunava na osnovu Česonovog koeficijenta (Chesson, 1978) koristeći formulu:

- $W_i = (d_i/e_i) / \Sigma(d_i/e_i)$ ,

gdje  $d_i$  označava procenat određenog tipa plijena u ishrani ( $d$  – ishrana), a  $e_i$  procenat istog plijena u okolini ( $e$  – okolina), dobijen iz uzoraka bentosa ili planktona. Nakon što se izračuna  $W_i$ , indeks selektivnosti E se dobija na slijedeći način:

- $E = (W_i - 1/n) / (W_i + 1/n)$ ,

pri čemu je  $n$  broj kategorija plijena prisutnih u okolini i ishrani. Vrijednost indeksa E kreće se od -1 do +1. Vrijednost -1 ukazuje na potpunu negativnu selekciju, što znači da je plijen prisutan u okolini, ali ga nema u ishrani. Nasuprot tome, +1 označava izrazito pozitivnu selekciju, odnosno plijen koji je prisutan u ishrani, ali ga nema ili je vrlo malo zastupljen u okolini.

Svi podaci su analizirani i parametri su izračunati korišćenjem programa MS Excel 2010.

### 3.12. Statistička analiza rezultata

Morfometrijski parametri *D. ghetaldii* upoređeni su u pet kraških polja. Svaki primjerak iz jednog kraškog polja posmatran je kao operativna taksonomska jedinica (OTU) po uzoru na Sneath i Sokal (1973). Zbog velike varijacije u veličini riba iz različitih kraških područja, morfometrijske karakteristike su transformisane u odnosu na standardnu dužinu (SL) i testirane na normalnost distribucije korištenjem Šapiro–Vilkovog testa (Shapiro i Wilk, 1965) kako univarijantno za svaku od karakteristika, tako i multivarijantno za sve karakteristike istovremeno zajedno [funkcija `mshapiro.test` iz paketa `mvnrmtest` u program R] (R Core Team, 2020). U oba slučaja korišćen je nivo  $p < 0.01$ . Ostale analize rađene su u programu Statistica za Windows 7.0 (StatSoft Inc, 2004).

Multivarijatna diskriminantna analiza je korištena kako bi se provjerila pojava i testirala razlika između OTU-a (operativna taksonomska jedinica) riba iz pet kraških polja, kao i između muških i ženskih jedinki zajedno. Ista metoda je korištena da bi se iz opterećenja morfometrijskih karaktera na diskriminacionim korijenima koji objašnjavaju veliki broj razlika između OTU-a, utvrdilo koji od 22 morfometrijska karaktera ima najveću moć diskriminacije. Mahalanobis  $D^2$  rastojanja između centara pet OTU u diskriminacionih skorova, koja predstavljaju razliku u multivarijantnom obliku između njih, procijenjena su na osnovu svih diskriminacionih korijenova. Značajnost razlika koje su objasnili procijenjena je korišćenjem MANOVA F vrijednosti na nivou  $p < 0.01$ . Odnosi između pet *D. ghetaldii* OTU-a izvedeni su korišćenjem hijerarhijske Unweighted Pair-Group of Arithmetic Averages metode klasterovanja (UPGMA) (Sokal i Rohlf, 1981).

Karakteristike koje posjeduju najveću diskriminativnu moć podvrgnute su univarijantnoj analizi varijanse (ANOVA), kako bi se potvrdila njihova diskriminativna vrijednost putem značajnosti u varijaciji kod pet OTU-a *D. ghetaldii*. Post-hoc test Tukey HSD (Sokal i Rohlf, 1981) korišten je kako bi se utvrdilo između kojih specifičnih OTU-a postoji značajna varijacija za svaku od diskriminativnih karakteristika na nivou  $p < 0.01$ . To je razmatrano u svrhu identifikacije i razlikovanja OTU-a po poljima.

Kanonijska analiza korespondencije (CCA) je multivarijantna istraživačka tehnika za diskretne podatke (Hill i Gauch 1980) korištena za utvrđivanje veze između određenih stanja u svakom merističkom karakteru u odnosu na OTU i pol kao izvoru njihove varijacije. Značaj razlike između OTU-a u učestalosti pojavljivanja određenih stanja u svakom od merističkih karaktera testiran je analizom kontigencije i potvrđen parnim  $\chi^2$  testiranjem (Petz, 1985) između pojedinih OTU-a, uz Yatesovu korekciju za kontinuitet (Yates, 1934) kod karaktera kod kojih je otkriven značaj. Postojanje razlika između mužjaka i ženki *T. dabar* ispitani su ANOVA metodom.

## Materijal i metode

Veličina tijela i težina su podvrgnuti Analizi varijanse (ANOVA) kako bi se potvrdila njihova diskriminativna moć putem značajnosti varijacije za pet *D. ghetaldii* OTU-ova. Tukey HSD post-hoc test (Sokal i Rohlf, 1981) služio je za određivanje između kojih posebnih OTU-a postoji značajnost u varijaciji za svaki od ova dva karaktera.

## **4 REZULTATI**





#### 4.1. Fizičko-hemijski parametri vode

Mjerenja fizičko-hemijskih parametara pokazala su da lokaliteti imaju različite vrijednosti nekoliko osnovnih parametara (Tabela 2). Prosječna temperatura vode na lokalitetu Popovo polje iznosila je  $12.2 \pm 1.19^{\circ}\text{C}$ , a srednje vrijednosti mutnoće ( $1.57$  oNTU jed). Na lokalitetu Mokro polje voda je nešto hladnija sa prosječnom vrijednosti  $11.8 \pm 2.97^{\circ}\text{C}$  i veoma niskom mutnoćom ( $0.90$  oNTU jed). Lokalitet Ljubomirsko polje ima najveću vrijednost temperature vode ( $12.7 \pm 2.99^{\circ}\text{C}$ ;) pa je i mutnoća najveća  $3.42$  oNTU jed. Fatničko polje ima najmanju vrijednost temperature vode  $8.9 \pm 1.19^{\circ}\text{C}$  kao i mutnoću  $0.33$  oNTU jed. Prosječna temperatura vode na lokalitetu Dabarsko polje je  $10.1^{\circ}\text{C}$ , a mutnoća je  $0.38$  oNTU jed. Laboratorijska ispitivanja uzoraka vode takođe su pokazala da postoje razlike u koncentracijama rastvorenih jedinjenja i elemenata između različitih lokaliteta (Tabela 2.). Lokalitet Popovo polje se odlikuje umjerenom provodljivošću kao i koncentracijama kalcijuma i magnezijuma. Lokalitet Mokro polje ima takođe umjerene vrijednosti električne provodljivosti kao i koncentracije hemijskih elemenata. Lokalitet Ljubomirsko polje ima visoku mutnoću pa samim tim i boju kao i povišene vrijednosti azota. Fatničko polje odlikuje se najnižom mutnoćom kao i bojom, ali najvišim vrijednostima kalcijuma i magnezijuma, dok Dabarsko polje ima najveći alkalitet i tvrdoću vode.

**Tabela 2.** Laboratorijska ispitivanja uzoraka vode s analiziranih lokaliteta.

Red.br.	Parametri	Jedinica	Popovo polje	Mokro polje	Ljubomirsko polje	Fatničko polje	Dabarsko polje
1.	Protok	m <sup>3</sup> /s	-	-	-	-	-
2.	Temperatura vazduha	°C	11.5	11.5	13.0	-	-
3.	Temperatura vode	°C	12.2	11.8	12.7	8.9	10.1
4.	pH	pH jedinica	8.07	8.08	7.88	7.97	7.68
5.	Izgled	Organolept.	-	-	-	-	-
6.	Boja	CoPt skala	15	13	29	2	0
7.	Miris	Organolept.	-	-	-	-	-
8.	Ukus	Organolept.	-	-	-	-	-
9.	El. provodljivost 20°C	µS/cm	333	328	352	254	371
10.	Mutnoća	°NTU jed.	1.57	0.90	3.42	0.33	0.38
11.	Prozirnost	m	-	-	-	-	-
12.	Alkalitet	mg CaCO <sub>3</sub> /l	160.52	143.02	147.52	117.51	196.53
13.	Ukupna tvrdoća	°dH	9.90	9.99	9.95	7.48	11.04
14.	Isparni ostatak	mg/l	181	180	197	133	199
15.	Ukupne susp. materije	mg/l	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
16.	Deterdženti	mg/l	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
17.	Sulfati	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l	15.50	16.91	16.15	20.82	17.81
18.	CO <sub>2</sub>	mg/l	1.5	1.5	3.5	4.0	9.0
19.	Hloridi	mg Cl/l	6.25	4.75	8.65	4.45	2.00
20.	Rastvoreni kiseonik	mg/l	10.65	13.73	12.77	12.35	12.79
21.	Zasićenje sa O <sub>2</sub>	%	102.89	131.38	124.58	110.07	117.34
22.	HPK	mg O <sub>2</sub> /l	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
23.	BPK <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	0.30	0.91	1.85		

## Rezultati

24.	Utrošak KMnO <sub>4</sub>	mg KMnO <sub>4</sub> /l	10.00	7.54	14.47	3.67	3.73
25.	TC	mg C/l	-	-	-	-	-
26.	IC	mg C/l	-	-	-	-	-
27.	TOC	mg C/l	<0.5	<0.5	0.7	<0.5	<0.5
28.	TN	mg N/l	-	-	-	-	-
29.	Amonijačni azot	mg N/l	0.120	0.087	0.147	<0.05	<0.05
30.	Nitritni azot	mg N/l	0.008	0.007	0.016	<0.005	<0.005
31.	Nitratni azot	mg N/l	0.8	0.5	1.7	0.7	<0.5
32.	Ukupni fosfor	mg P/l	0.026	0.027	0.208	0.025	<0.01
33.	Mineralna ulja	mg/l	-	-	-	-	-
34.	Hlorofil A	µg/l	-	-	-	-	-
35.	Kalcijum Ca	mg CaO/l	81.31	76.60	77.95	90.94	81.31
36.	Magnezijum Mg	mg MgO/l	12.72	16.75	15.49	17.65	11.56
37.	Gvoždje Fe	mg/l	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
38.	Mangan Mn	mg/l	-	-	-	-	-

## 4.2. Morfometrijski parametri

### 4.2.1. *Delminichthys ghetaldii*

Kod vrste *Delminichthys ghetaldii* dorzalni profil tijela je konveksan između glave i početka dorzalne peraje, dok je ventralni profil gotovo prav ili blago konveksan. Međutim, koštac repne peraje je izdužen i plitak, njegova dužina (20-25% SL) iznosi 2.3-2.9 puta njegove dubine, dubina neposredno iza zadnjeg kraja analnog peraja je 10-12% SL, a na zadnjem kraju 8-10% SL. V-A distanca je 66-80% od P-V, u prosjeku 73-75%. Oko je malo kod primjeraka dužih od 60-70 mm SL (20-24 % HL, prosječno 22.2 %) i značajno manje od dužine njuške (27-33 % HL, prosječno 29.8 %). Kod manjih riba (25-60 mm SL), oko može biti relativno veliko, prečnik mu može doseći do 28 % HL i otprilike je jednako dužini njuške. *Delminichthys ghetaldii* je karakterističan po prilično promjenljivom obliku njuške, obliku i položaju usta. Najčešće, njuška je umjereno konična, blago zaobljena na samom vrhu, usta su donja (subterminalna) s najvišom tačkom proreza usta na ili ispod nivoa donje ivice oka. Prorez usta je gotovo horizontalan. Postoji određena korelacija između položaja usta i veličine ribe; veće ribe (preko 90 mm SL) imaju niža usta. Istovremeno, kod nekih većih primjeraka, usta su terminalna, s vrhom na nivou sredine oka. Spoj donje vilice i kvadratne kosti je malo iza vertikalne kroz prednju ivicu oka. *D. ghetaldii* posjeduje jedinstveni karakterističan status. Gornja usna je prekinuta na sredini, nema brazde između usne i kože iznad nje. Gornja vilica nije izlazna prilikom otvaranja usta. Prekinuta gornja usna prisutna je kod većine primjeraka, uključujući i one dužine samo 30-50 mm SL. Veći primjeri sa potpunom gornjom usnom nisu pronađeni. Usne su značajno zadebljane na svojim bočnim dijelovima. Dubina operkuluma kod vrste *D. ghetaldii* iznosi 31-34 % SL, dok je dužina donje vilice (31-35 % SL) veća ili jednaka dubini operkuluma.

Morfometrijski parametri *D. ghetaldii* upoređeni su kod svih jedinki iz pet kraških polja. Shapiro-Wilk test normalnosti za 21 morfometrijsku karakteristiku skaliran je za svaku jedinku u odnosu na njegovu SL i otkrio je da varijacije kod većine karakteristika odgovaraju normalnoj

distribuciji. Pet morfometrijskih karakteristika pokazalo je odstupanje od normalne distribucije, a to su: Horizontalni prečnik oka ( $W = 0.917$ ,  $p = 1.04e-06$ ), Postorbitalna distanca ( $W = 0.94916$ ,  $p = 4.16e-03$ ), Maksimalna širina glave ( $W = 0.93653$ ,  $p = 8.93e-04$ ), Minimalna visina tijela ( $W = 0.88531$ ,  $p = 5.023e-06$ ) i Dubina leđne peraje ( $W = 95341$ ,  $p = 7.18e-03$ ). Multivarijantno testiranje je pokazalo da čitav uzorak odgovara normalnosti distribucije ( $W = 0.90683$ ,  $p = 0.05011$ ), čineći skup podataka pogodnim za primjenu parametarskih multivarijantnih statističkih metoda.

Diskriminantna analiza pokazala je da prva četiri diskriminatna korijena objašnjavaju sve (100%) diskriminacije između OTU-a. Prvi diskriminanti korijen ( $\lambda_1 = 13,072$ , 59,6%) objašnjen je interorbitalnom širinom i maksimalnom visinom tijela kao najdiskriminativnijim karakterima, na drugom diskriminatnom korijenu ( $\lambda_2 = 4,845$ , 22,1%), posebno je naglašen horizontalni očni dijametar, treći diskriminatni korijen ( $\lambda_3 = 2,919$ , 13,3%) objašnjen je uglavnom intrerorbitalnom širinom, dok je četvrti ( $\lambda_4 = 1,094$ , 5,0%) objašnjen uglavnom maksimalnom širinom glave (tabela 3). Tačnost *a priori* postavljene klasifikacije bila je potpuna, odnosno 100%. To ukazuje na snažnu diferencijaciju, odnosno različitost *D. ghetaldii* OTU-a.

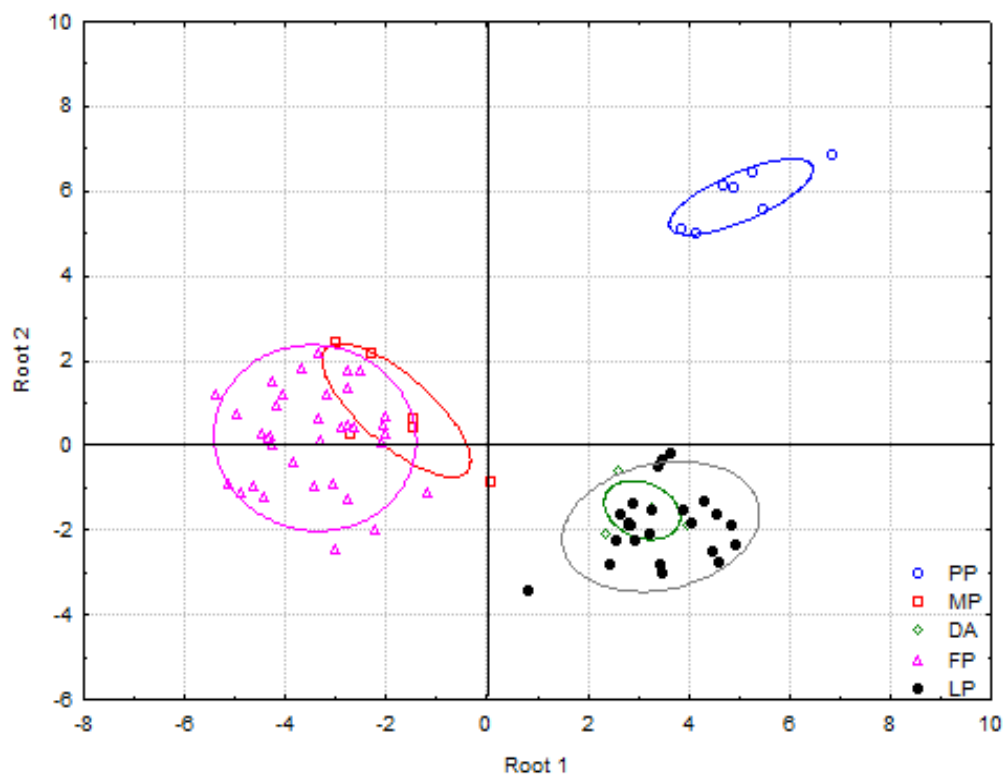
**Tabela 3.** Matrica faktorske strukture prva tri diskriminatna korijena sa Eigen vrijednostima ( $\lambda$ ) i dijelom diskriminatne moći (u % od ukupne diskriminacije) koju poseduju, objašnjavajući diskriminatnu moć korijena 1-3 i morfometrijskih karaktera na diskriminatnom korijenu koji ga najbolje objašnjava.

Karakter	Korijen1	Korijen 2	Korijen3	Korijen4
Dužina njuške	-0.107	-0.171	-0.101	-0.188
Horizontalni očni dijametar	-0.178	-0.525	0.216	0.142
Postorbitalna udaljenost	-0.113	0.069	0.008	0.021
Dužina glave	-0.107	-0.127	-0.094	-0.273
Maksimalna širina glave	0.169	0.105	0.252	-0.557
Interorbitalna širina	0.482	0.155	0.354	0.167
Dužina gornje vilice	-0.123	-0.039	-0.069	-0.124
Dužina donje vilice	-0.061	-0.078	-0.063	-0.108
Maksimalna visina tijela	0.337	0.070	-0.279	0.098
Visina repne drške	0.219	-0.256	-0.263	0.111
Preddorzalna dužina	0.009	0.175	0.081	0.085
Postdorzalna dužina	-0.060	0.084	-0.099	0.035
Predventralna dužina	-0.057	0.213	0.117	0.014
Predanalna dužina	-0.059	0.228	0.108	0.059
Dužina repne drške	0.068	0.021	0.056	-0.259
Dužina repnog peraja	0.212	-0.136	0.182	0.161
Visina dorzalnog peraja	0.094	-0.211	-0.022	-0.133
Dužina pektoralnog peraja	0.078	-0.152	-0.238	0.199
Dužina ventralnog peraja	0.056	-0.053	-0.069	-0.004
Udaljenost pektoralno-ventralnog peraja	-0.061	0.106	0.002	-0.115
Udaljenost ventralno-analnog peraja	0.032	-0.152	-0.017	0.360
Eigen vrijednost ( $\lambda$ )	13.072	4.845	2.917	1.094
Proporcija diskriminacije (%)	59.6	22.1	13.3	5.0

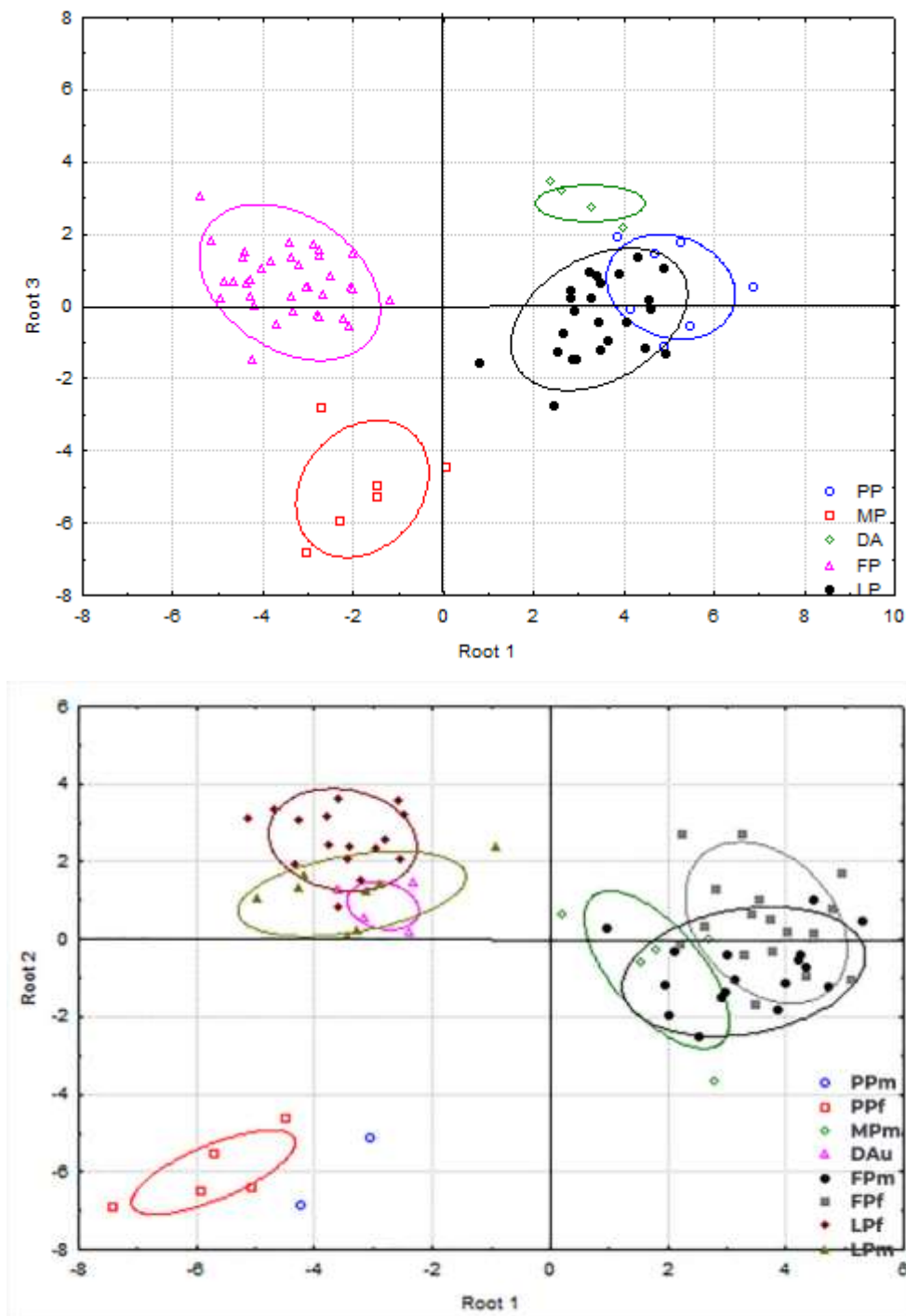
Kumulativna proporcija	59.6	81.7	95.0	100.0
------------------------	------	------	------	-------

Rezultati diskriminacione analize za operativne taksonomske jedinice (OTU) vrste *D. ghetaldii* iz pet različitih kraških polja, prikazani za oba pola zajedno, kao i odvojeno za mužjake i ženke (Slika 12), pokazali su jasnu diferencijaciju među ovim grupama. Ova diferencijacija bila je najizraženija u prostoru definisanom prva tri diskriminatna korijena, s tim što je najizolovaniji OTU bio iz Popovog polja, što ukazuje na jedinstvene morfološke karakteristike ove populacije.

Prvi diskriminatni korijen, koji je objašnjen interorbitalnom širinom i maksimalnom visinom tijela, pokazao se kao ključni faktor diferencijacije između svih OTU-ova. Ovaj korijen imao je najjači uticaj na razdvajanje različitih populacija. Nasuprot tome, drugi diskriminatni korijen, koji je bio definisan horizontalnim očnim dijametrom, imao je manji, ali još uvek značajan uticaj na diferencijaciju populacija. Iako je ovaj korijen imao manji doprinos u odnosu na prvi, pokazao je sposobnost da dodatno diferencira populacije, posebno u slučajevima kada je prvi korijen imao ograničen uticaj. Treći diskriminatni korijen, koji je imao ključnu ulogu u razlikovanju OTU-ova iz Fatničkog i Mokrog polja, omogućio je dodatnu morfološku diferencijaciju ovih populacija. Ovi rezultati ukazuju na to da, iako svi OTU-ovi pokazuju morfološke razlike, neke populacije, poput onih iz Fatničkog i Mokrog polja, poseduju specifične morfološke osobine koje ih jasno izdvajaju od ostalih. U populacijama u kojima su oba pola bila zastupljena, uočena je slična diferencijacija po oba pola, pri čemu su diskriminantni korijeni 1 i 2 pokazali približno jednak značaj u razlikovanju mužjaka i ženki. Ovi rezultati ukazuju na to da su polne razlike unutar OTU-ova relativno konzistentne i da oba diskriminatna korijena imaju sličnu ulogu u razdvajanju morfoloških karakteristika između mužjaka i ženki.



Rezultati

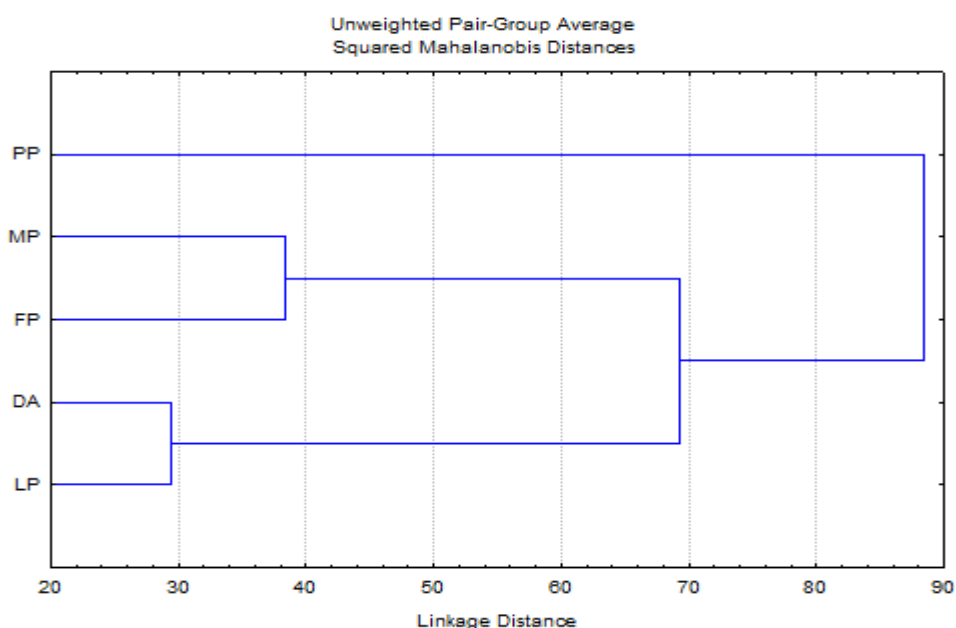


**Slika 12.** *Delminichthys ghetaldii* objedinjeni OTU-i u prostoru diskriminatnih korijena 1 i 2 (gore) i 1 i 3 (sredina), sa razdvajanjem jedinki prema polu u prostoru diskriminatnih korijena 1 i 2 (dole) iz pet kraških polja (PP, Popovo; MP, Mokro; DA, Dabarsko; FP, Fatničko; LP, Ljubomirsko)

**Tabela 4.** Mahalanobis  $D^2$  distanci centroida *Delminichthys ghetaldii* OTUa iz pet kraških polja (PP, Popovo; MP, Mokro; DA, Dabarsko; FP, Fatničko; LP, Ljubomirsko) (iznad dijagonale), i njihove F vrijednosti koje su sve bile od značaja na nivou  $p < 0.01$  (ispod dijagonale)

OTU	PP	MP	DA	FP	LP
PP		106.124	79.802	103.903	64.112
MP	11.728		97.840	38.328	61.075
DA	6.948	8.032		65.535	29.472
FP	20.732	6.715	8.047		52.635
LP	11.884	10.028	3.456	25.633	

UPGMA (eng. Unweighted Pair Group Average Method) klasterovanje Mahalanobisovih distanci  $D^2$  (Tabela 4) između centroida diskriminativnih skorova mužjaka i ženki iz pet *D. ghetaldii* OTU-a zajedno otkrilo je razlike između tri klastera. Mahalanobis  $D^2$  rastojanja prikazana u tabeli (Tabela 4), zajedno sa klasterovanjem prikazanim na dendrogramu (Slika 13), pružaju sveobuhvatan model razlika u morfološkim karakteristikama među populacijama *D. ghetaldii*, naglašavajući statističku značajnost ovih razlika. Vrijednosti iznad dijagonale u tabeli predstavljaju Mahalanobis  $D^2$  rastojanja između centara OTU-ova, pri čemu veća rastojanja ukazuju na izraženije razlike između OTU-ova. Nasuprot tome, vrijednosti ispod dijagonale prikazuju F-vrijednosti povezane sa Mahalanobis  $D^2$  rastojanjima, ukazujući na to da li su razlike između OTU-ova statistički značajne na nivou  $p < 0.01$ . Dok je *D. ghetaldii* OTU iz kraškog Popovog polja bio najrazličitiji, druga dva klastera činio je po par OTU-a sugerišući da su karakteristike koje ih najviše objašnjavaju (horizontalni dijametar oka i međuorbitalna širina), bile zajedno važne za njihovo razlikovanje. Njihovi odnosi i značajnost  $D^2$  distanci sugerišu na složen obrazac diferencijacije koji može biti povezan s njihovom prostornom rasprostranjenosti u slivu rijeke Trebišnjice.



**Slika 13.** UPGMA klasterovanje *Delminichthys ghetaldii* mužjaka i ženki iz pet kraških polja (PP, Popovo; MP, Mokro; DA, Dabarsko; FP, Fatničko; LP, Ljubomirsko) posmatranih zajedno.

MANOVA (multivarijantna analiza varijanse) je utvrdila značajnu diferencijaciju kod OTUa ( $F = 12.366$ ,  $df = 63.147$ ;  $p < 0.0001$ ) i pola ( $F = 4.233$ ;  $df = 21.49$ ;  $p < 0.0001$ ) *D. ghetaldii*.

Karakteristike koje su pokazale najveću diskriminaciju bile su podvrgnute ANOVA testu kako bi se potvrdila njihova diskriminaciona moć kroz značajnost varijacija između pet OTU-ova *D. ghetaldii*. Nakon toga, koristili smo Tukey HSD post-hoc da se utvrdi između kojih specifičnih OTU-ova postoji značajna varijacija za svaku od diskriminacionih karaktera. Tukey HSD post-hoc je bio ključan za identifikaciju i razlikovanje OTU-ova između polja. ANOVA je pokazala značajne razlike između pet OTU-a ( $df = 3.70$ ) u 17 od 21 morfometrijska karaktera (Tabela 5), a to su: dužina njuške ( $F = 3.456$ ;  $p = 0.021$ ), horizontalni dijametar oka ( $F = 47.211$ ;  $p < 0,0001$ ), postorbitalna udaljenost ( $F = 4.014$ ;  $p = 0.011$ ), dužina glave ( $F = 6.362$ ;  $p = 0.0007$ ), maksimalna širina glave ( $F = 8.884$ ;  $p < 0.0001$ ), interorbitalna širina ( $F = 71.631$ ;  $p < 0.0001$ ), dužina gornje vilice ( $F = 6.314$ ;  $p = 0.0007$ ), maksimalna visina tijela ( $F = 36.726$ ;  $p < 0.0001$ ), visina repne drške ( $F = 16.412$ ;  $p < 0.0001$ ), preddorzalna dužina ( $F = 3.163$ ;  $p = 0.029$ ), predventralna dužina ( $F = 5.422$ ;  $p = 0.002$ ), predanalna dužina ( $F = 5.739$ ;  $p = 0.001$ ), dužina baze dorzalnog peraja ( $F = 16.773$ ;  $p < 0.0001$ ), visina dorzalnog peraja ( $F = 6.588$ ;  $p = 0.0005$ ), dužina pektoralnog peraja ( $F = 7.635$ ;  $p = 0.0002$ ), udaljenost pektoralno-ventalnog peraja ( $F = 3.710$ ;  $p = 0.015$ ) i udaljenost ventralno-analnog peraja ( $F = 3.508$ ;  $p = 0.020$ ). Tukey HSD post-hoc je testirao karakteristike koje su bile visoko diskriminativne (u multivarijantnoj diskriminantnoj analizi i univarijantnoj ANOVA) i otkrio je slijedeće:

- U odnosu na maksimalnu visinu tijela, populacije riba iz Dabarskog i Fatničkog kraškog polja bile su međusobno slične i značajno različite od svih ostalih, dok je populacija iz Mokrog kraškog polja bila značajno različita od riba iz svih kraških polja osim od riba iz Dabarskog i Ljubomirskog kraškog polja (Tabela 6).
- U odnosu na dužinu glave, populacija riba iz Popovog kraškog polja bila je značajno različita od jedinki iz svih ostalih kraških polja, iako je populacija iz Ljubomirskog kraškog polja bila na granici značajnosti. Dalje, ribe iz Mokrog i Ljubomirskog kraškog polja takođe su bile značajno različite, dok su ribe iz svih ostalih kraških polja bile međusobno slične (Tabela 6).
- U odnosu na maksimalnu širinu glave, populacije riba iz Dabarskog i Popovog kraškog polja bile su međusobno slične i značajno različite od svih jedinki iz drugih kraških polja, dok su ribe iz Mokrog, Ljubomirskog i Fatničkog kraškog polja bile slične jedna drugoj (Tabela 6).
- U odnosu na širinu međurobitalnog prostora (međuočnu širinu), populacije iz Fatničkog i Mokrog kraškog polja bile su značajno različite od svih ostalih, dok su one iz Ljubomirskog kraškog polja bile značajno različite od svih ostalih osim od riba iz Dabarskog kraškog polja, a populacija riba iz Popovog kraškog polja bila je značajno različita od svih njih (Slika 14).
- U odnosu na horizontalni očni dijametar, populacija iz Dabarskog kraškog polja bila je značajno slična sa onima iz Mokrog, Fatničkog i Ljubomirskog kraškog polja, koje su takođe bile slične jedna drugoj, dok je populacija riba iz Popovog kraškog polja bila značajno različita



od svih njih (Slika 14).

**Tabela 5.** Aritmetička sredina ( $\bar{x}$ ) sa standardnom greškom (SE) i ANOVA F vrijednosti (F) sa stepenima slobode (df = 3.70) za 21 morfometrijski karakter, sa nivoom značajnosti (p) koji ukazuje na značajnost razlika između OTUa (n označava veličinu uzorka OTU; indeks pri svakoj veličini uzorka i srednjim vrijednostima označava OTU-e: PP, Popovo; MP, Mokro; DP, Dabarsko; FP, Fatničko; LP, Ljubomirsko).

Karakter	$\bar{x}_{PP \pm SE_{PP}}$ (n <sub>PP</sub> =7)	$\bar{x}_{MP \pm SE_{MP}}$ (n <sub>MP</sub> =6)	$\bar{x}_{DP \pm SE_{DP}}$ (n <sub>DP</sub> =4)	$\bar{x}_{FP \pm SE_{FP}}$ (n <sub>FP</sub> =35)	$\bar{x}_{LP \pm SE_{LP}}$ (n <sub>LP</sub> =24)	F <sub>(3.70)</sub>	p
SL	0.078±0.0021	0.097±0.0039	0.0950.0019	0.094±0.0018	0.091±0.0013	3.456	0.0209
OL	0.044±0.0011	0.065±0.0047	0.079±0.0011	0.081±0.0015	0.079±0.0016	47.211	0.0000
POD	0.152±0.0022	0.158±0.0022	0.146±0.0011	0.162±0.0041	0.146±0.0024	4.014	0.0107
HL	0.286±0.0112	0.355±0.0119	0.340±0.0056	0.330±0.0053	0.317±0.0039	6.362	0.0007
MHW	0.155±0.0048	0.139±0.0027	0.170±0.0014	0.139±0.0014	0.143±0.0017	8.884	0.0000
IOW	0.110±0.0032	0.068±0.0033	0.097±0.0009	0.076±0.0012	0.095±0.0013	71.631	0.0000
UJL	0.060±0.0014	0.070±0.0029	0.065±0.0016	0.067±0.0012	0.063±0.0010	6.314	0.0007
LJL	0.071±0.0020	0.083±0.0037	0.078±0.0028	0.078±0.0015	0.077±0.0010	2.074	0.1115
MDM	0.215±0.0052	0.191±0.0067	0.174±0.0067	0.154±0.0040	0.201±0.0024	36.726	0.0000
CPD	0.085±0.0007	0.099±0.0031	0.090±0.0034	0.081±0.0017	0.105±0.0026	16.412	0.0000
PDL	0.602±0.0139	0.548±0.0085	0.549±0.0175	0.563±0.0066	0.550±0.0072	3.163	0.0290
PODL	0.361±0.0107	0.370±0.0137	0.334±0.0074	0.361±0.0058	0.347±0.0054	1.573	0.2035
PFL	0.575±0.0098	0.525±0.0123	0.523±0.0093	0.5450.0081	0.5050.0083	5.422	0.0021
PAL	0.735±0.0118	0.674±0.0119	0.666±0.0117	0.700±0.0087	0.657±0.0085	5.739	0.0014
CPL	0.233±0.0141	0.218±0.0125	0.254±0.0091	0.216±0.0039	0.222±0.0049	1.958	0.1282
DBD	0.092±0.0047	0.071±0.0029	0.096±0.0011	0.081±0.0017	0.099±0.0029	16.773	0.0000
DFD	0.148±0.0049	0.166±0.0049	0.188±0.0025	0.157±0.0037	0.180±0.0053	6.588	0.0005
PVL	0.146±0.0062	0.174±0.0058	0.138±0.0013	0.149±0.0033	0.174±0.0053	7.635	0.0002
VFL	0.113±0.0055	0.119±0.0099	0.116±0.0051	0.109±0.0037	0.122±0.0052	2.702	0.0521

## Rezultati

Karakter	$\bar{X}_{PP \pm SE_{PP}}$ ( $n_{PP}=7$ )	$\bar{X}_{MP \pm SE_{MP}}$ ( $n_{MP}=6$ )	$\bar{X}_{DP \pm SE_{DP}}$ ( $n_{DP}=4$ )	$\bar{X}_{FP \pm SE_{FP}}$ ( $n_{FP}=35$ )	$\bar{X}_{LP \pm SE_{LP}}$ ( $n_{LP}=24$ )	F <sub>(3,70)</sub>	p
P-VD	0.263±0.0103	0.263±0.0065	0.258±0.0051	0.261±0.0047	0.244±0.0043	3.710	0.0154
V-AD	0.156±0.0049	0.158±0.0074	0.150±0.0056	0.165±0.0030	0.176±0.0028	3.509	0.0197

**Tabela 6.** Rezultati post-hoc Tukey HSD testiranja između pet OTU-a *Delminichthys ghetaldii* iz kraških polja (PP, Popovo; MP, Mokro; DP, Dabarsko; FP, Fatničko; LP, Ljubomirsko) za karaktere koji su imali najizražajnuju diskriminativnu moć (df = 69).

Horizontalni očni dijametar	PP	MP	DP	FP	LP
PP		0.000	0.000	0.000	0.000
MP			0.141	0.001	0.012
DA				0.966	1.000
FP					0.809
LP					

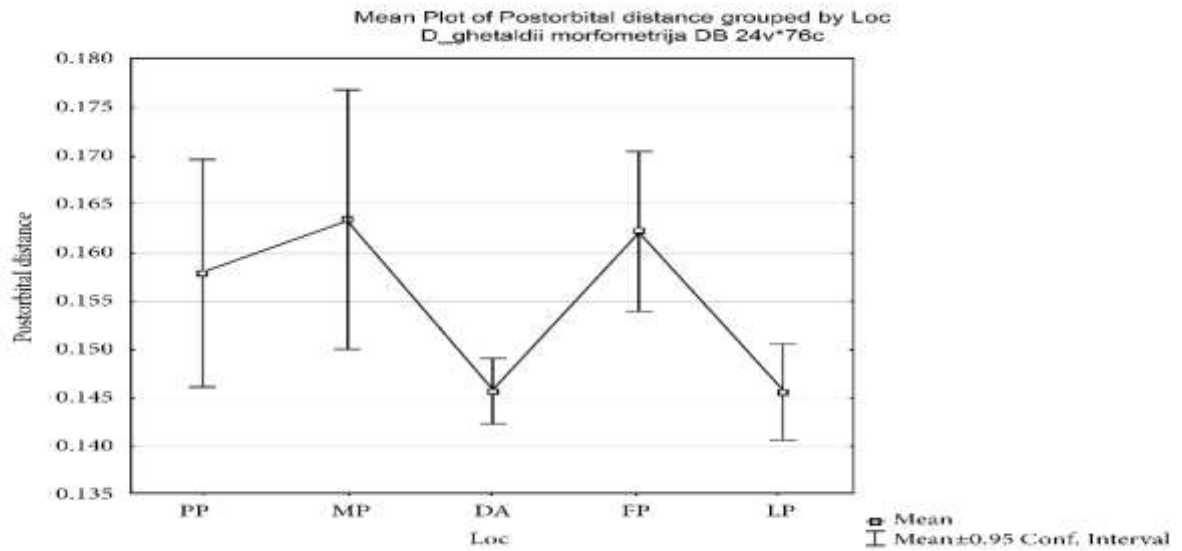
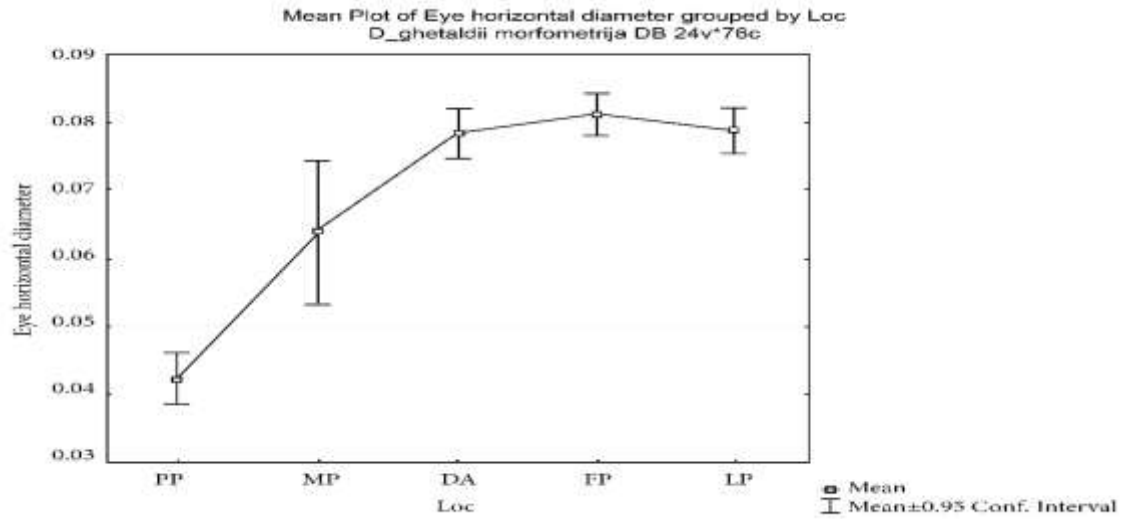
Dužina glave	PP	MP	DP	FP	LP
PP		0.001	0.017	0.002	0.070
MP			0.923	0.294	0.041
DA				0.948	0.504
FP					0.386
LP					

Maksimalna širina glave	PP	MP	DP	FP	LP
PP		0.009	0.061	0.000	0.007
MP			0.000	1.000	0.861
DA				0.000	0.000
FP					0.382
LP					

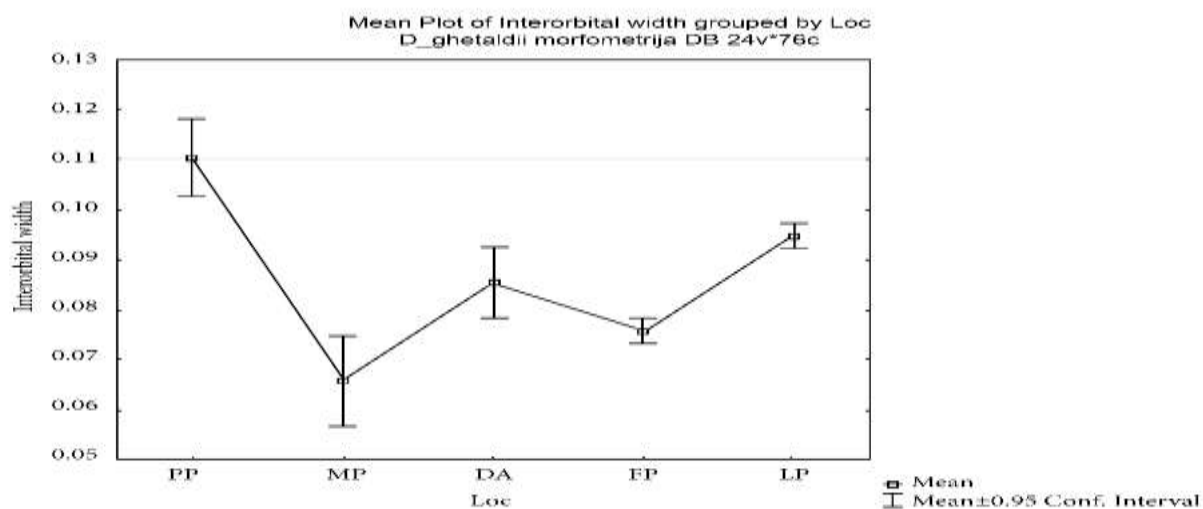
Interorbitalna širina	PP	MP	DP	FP	LP
PP		0.000	0.023	0.000	0.000
MP			0.000	0.155	0.000
DA				0.000	0.978
FP					0.000
LP					

Rezultati

Maksimalna visina tijela	PP	MP	DP	FP	LP
PP		0.190	0.007	0.000	0.368
MP			0.661	0.001	0.839
DA				0.280	0.078
FP					0.000
LP					



## Rezultati



**Slika 14.** Rezultati Box-plot dijagrama pet OTU-a *Delminichthys ghetaldii* iz kraških polja (PP, Popovo; MP, Mokro; DP, Dabarsko; FP, Fatničko; LP, Ljubomirsko) za karakteristike koje pokazuju najveću sličnost kao i diskriminatnu moć među njima.

Polni dimorfizam ( $df = 1.70$ ) je uočen za četiri morfološka karaktera (Tabela 7) i to su: dužina repne drške ( $F = 12.977$ ;  $p < 0.001$ ), dužina ventralnog peraja ( $F = 7.788$ ,  $p = 0.007$ ), udaljenost pektoralno-ventralnog peraja ( $F = 3=11.617$ ;  $p = 0.001$ ) i udaljenost ventralno-analnih peraja ( $F = 26.448$ ;  $p < 0.0001$ ). Dakle, mužjaci imaju dužu repnu dršku od ženki (23-25% SL u odnosu na 21-23% SL), ali i kraće razdaljine između grudnih i trbušnih peraja kao i između trbušnih i analnih peraja (26-28% SL i 16-17% SL u odnosu na 28-30% SL i 17-19% SL, redom), ali i duža trbušna peraja (14-16% SL u odnosu na 11-13% SL). Najspecifičnija karakteristika i najveća razlika između mužjaka i ženki je prisustvo vrlo izražene genitalne papile kod ženki, dok se genitalni otvor nalazi približno u sredini njene donje površine, ali nikada na vrhu nabora.

**Tabela 7.** Polni dimorfizam ( $\bar{X}$ , aritmetička sredina; SE, standardna greška srednje vrijednosti; F, ANOVA F vrijednost, sa stepenom slobode ( $df = 1.70$ ); p, nivo značajnosti; indeksi "m", "f" označavaju mužjake i ženke, tim redom) kod objedinjenih OTU-a *Delminichthys ghetaldii*, kako je otkriveno univarijantnim ANOVA testiranjem između polova.

Karakter	$\bar{X}_m \pm SE_m$ (Nm=33)	$\bar{X}_f \pm SE_f$ (Nf=39)	F (1.70)	p
SL	0.091±0.0016	0.091±0.0017	0.442	0.5084
OL	0.075±0.0023	0.076±0.0024	0.873	0.3535
POD	0.155±0.0036	0.155±0.0031	0.663	0.4183
HL	0.329±0.0050	0.317±0.0052	0.256	0.6143
MHW	0.142±0.0019	0.142±0.0013	1.473	0.2289
IOW	0.081±0.0023	0.089±0.0024	0.325	0.5701
UJL	0.065±0.0011	0.065±0.0011	3.059	0.0847
LJL	0.078±0.0015	0.077±0.0011	0.016	0.8998

## Rezultati

Karakter	$\bar{x}_m \pm SE_m$ (Nm=33)	$\bar{x}_f \pm SE_f$ (Nf=39)	F (1,70)	p
MDM	0.173±0.0051	0.183±0.0052	0.623	0.4327
CPD	0.088±0.0026	0.093±0.0025	1.512	0.2231
PDL	0.560±0.0077	0.562±0.0055	0.005	0.9440
PODL	0.360±0.0056	0.354±0.0055	0.046	0.8299
PFL	0.531±0.0091	0.534±0.0070	0.455	0.5024
PAL	0.683±0.0091	0.690±0.0083	0.519	0.4738
CPL	0.228±0.0045	0.212±0.0035	12.977	0.0006
DBD	0.085±0.0028	0.089±0.0022	0.486	0.4882
DFD	0.168±0.0049	0.161±0.0034	3.847	0.0538
PVL	0.163±0.0045	0.155±0.0037	3.477	0.0665
VFL	0.121±0.0041	0.109±0.0034	7.788	0.0070
P-VD	0.248±0.0051	0.262±0.0033	11.617	0.0011
V-AD	0.158±0.0026	0.176±0.0023	26.448	0.0001

#### 4.2.2. Telestes dabar

Tijelo je spljošteno, izduženo. Standardne dužine (SL) svih uzoraka kretale su se od 47.4-91.1 mm. Dužina glave čini 25.1-29.2% standardne dužine. Prečnik donjeg oka čini 5.1-7.3% standardne dužine; dužina glave veća od maksimalne dubine tijela. Dubina repne drške samo malo manja od polovine maksimalne dubine tijela. Njuška mesnata, blago do uočljivo izbočena iznad gornje usne, njuška se lateralno završava u prominentnom naboru duž prednjeg ruba prvog infraorbitala. Usta su subterminalna, vrh rascjepa usta na nivou ventralnog ruba oka ili, češće, ispod njega. Dužina donje vilice 10–12% SL ili 36–41% HL, ili 102–132% dubine operkuluma. Širina glave 43–52% dužine glave; i donja vilica duga, dužina 10–12% dužine tijela.

Tabela 8. Opisni podaci o morfometrijskim karakteristikama *Telestes dabar*

Parametri	Minimum	Maximum	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
Standardna dužina	47.4	91.1	71.5	8.9
Dužina njuške	3.6	6.8	4.9	0.8
Horizontalni očni dijametar	2.9	4.9	4.2	0.6
Postorbitalna udaljenost	7.3	12.3	9.4	1.6
Dužina glave	13.8	22.4	17.8	2.5
Maksimalna širina glave	8.2	14.3	11.1	2.2
Interorbitalna širina	4.7	8.7	6.7	1.2
Dužina gornje vilice	2.5	5.7	3.8	1.0
Dužina donje vilice	3.1	6.4	4.6	1.0
Maksimalna visina tijela	8.4	20.4	13.4	3.7
Visina repne drške	5.0	14.7	8.4	3.0
Preddorzalna dužina	27.9	50.5	39.3	6.5
Postdorzalna dužina	15.6	31.5	23.6	4.6
Predventralna dužina	26.3	48.1	37.8	6.0
Predanalna dužina	35.2	65.3	51.3	8.8
Dužina repne drške	7.0	18.2	12.9	3.0
Dužina repnog peraja	5.6	10.2	7.8	1.4
Visina dorzalnog peraja	7.4	15.3	11.7	2.1
Dužina pektoralnog peraja	7.4	14.8	12.7	2.1

## Rezultati

<b>Dužina ventralnog peraja</b>	6.3	11.9	9.2	1.7
<b>Udaljenost pektoralno-ventralnog peraja</b>	12.0	26.9	19.6	4.0
<b>Udaljenost ventralno-analnog peraja</b>	9.5	18.5	13.8	3.0

Boja. Tamna leđa oštro kontrastiraju sa svjetlim dijelom ispod bočne srednje linije, čak i kod malih uzoraka. Crna srednja bočna pruga proteže se od glave do repne drške, formirajući ventralnu granicu tamno pigmentisane oblasti na leđima. Druga crna bočna pruga pojavljuje se više ventralno, na inače svijetlom ventralnom dijelu tijela; ova pruga se proteže od oka ili poklopca (ili neposredno iza poklopca) do najmanje vertikale kroz tačku na pola puta između početaka karlice i analne peraje, ponekad se proteže kao slabo spojene tačke na repnoj dršci. Crni pigment takođe se javlja na žbicama dorzalnog i repnog peraja, ali njegov intenzitet varira među jedinkama. Peritoneum je crn. Genitalna papila odsutna i kod mužjaka i kod ženki. Većina morfometrijskih karakteristika nije značajno različita između mužjaka i ženki (Tabela 9), osim u tri slučaja.

Zreli mužjaci imaju male, ali uočljive konične razmnožavajuće mresne kvržice. Mresne kvržice redovno pokrivaju cijelo tijelo, uključujući dorzalne i ventralne površine repne drške, osim najdonje površine glave. Jedna mresna kvržica je locirana na svakoj krljušti. Na svim perajama (osim na repnoj peraji), mresne kvržice su prisutne sa obje strane duž svih žbica i na membrani peraja, posebno gusto duž marginalnih žbica. Mresne kvržice formiraju redove duž spoljnih ivica operkuluma i grudne peraje; mresne kvržice u tim redovima su veći od ostalih na tijelu. Stepenn razvoja mresnih kvržica varira između mužjaka u pogledu kako veličine mresnih kvržica, tako i njihove lokacije. Mresne kvržice su uvijek prisutne na glavi, leđima i grudnim perajima.

Univarijantno testiranje ANOVA nije otkrilo značajne razlike između OTU-a ( $df = 3, 70$ ) ( $F = 3.456$ ;  $p = 0.091$ ) ali je pokazala razlike između polova.

Polni dimorfizam ( $df = 1, 70$ ) u objedinjenim uzorcima OTUa uočen je za tri karaktera (tabela 9). Kod mužjaka, dorzalna peraja dublja ( $P < 0.002$ ), grudna peraja duža ( $P < 0.0001$ ), često dosežući početak ventralne peraje kod mužjaka, a ventralna peraja su duža ( $P < 0.0001$ ), često dosežući početak analne peraje kod mužjaka.

**Tabela 9.** Polni dimorfizam ( $\bar{X}$ , aritmetička sredina; SE, standardna greška srednje vrijednosti; F, ANOVA F vrijednost, sa stepenom slobode ( $df = 1, 70$ ); p, nivo značajnosti; indeksi "m", "f" označavaju mužjake i ženke, tim redom) kod objedinjenih OTU-a *Telestes dabar*, kako je otkriveno univarijantnim ANOVA testiranjem između polova

Karakter	$\bar{X}_m \pm SE_m$ (Nm=17)	$\bar{X}_f \pm SE_f$ (Nf=20)	F (1,70)	p
SL	0.091±0.0016	0.091±0.0017	0.442	0.5084
OL	0.075±0.0023	0.076±0.0024	0.873	0.3535
POD	0.155±0.0036	0.155±0.0031	0.663	0.4183
HL	0.329±0.0050	0.317±0.0052	0.256	0.6143
MHW	0.142±0.0019	0.142±0.0013	1.473	0.2289
IOW	0.081±0.0023	0.089±0.0024	0.325	0.5701
UJL	0.065±0.0011	0.065±0.0011	3.059	0.0847

## Rezultati

<b>LJL</b>	0.078±0.0015	0.077±0.0011	0.016	0.8998
<b>MDM</b>	0.173±0.0051	0.183±0.0052	0.623	0.4327
<b>CPD</b>	0.088±0.0026	0.093±0.0025	1.512	0.2231
<b>PDL</b>	0.560±0.0077	0.562±0.0055	0.005	0.9440
<b>PODL</b>	0.360±0.0056	0.354±0.0055	0.046	0.8299
<b>PFL</b>	0.531±0.0091	0.534±0.0070	0.455	0.0024
<b>PAL</b>	0.683±0.0091	0.690±0.0083	0.519	0.4738
<b>CPL</b>	0.228±0.0045	0.212±0.0035	12.977	0.0306
<b>DBD</b>	0.085±0.0028	0.089±0.0022	0.486	0.4882
<b>DFD</b>	0.168±0.0049	0.161±0.0034	3.847	0.0018
<b>PVL</b>	0.163±0.0045	0.155±0.0037	3.477	0.0665
<b>VFL</b>	0.121±0.0041	0.109±0.0034	7.788	0.0030
<b>P-VD</b>	0.248±0.0051	0.262±0.0033	11.617	0.0181
<b>V-AD</b>	0.158±0.0026	0.176±0.0023	26.448	0.0171

### 4.3. Meristički karakteri

#### 4.3.1. *Delminichthys ghetaldii*

Kod vrste *D. ghetaldii*, dorzalna peraja sadrže uglavnom 7 granatih žbica, a početak dorzalne peraje se nalazi iznad baze karlične peraje, što je karakteristično za ovu vrstu. Repno peraje kod većine jedinki je umjereno račvasto, a režnjevi su blago zašiljeni, što doprinosi specifičnoj morfologiji ribe. Krljušti su duboko usađene u kožu, koja se kod odraslih jedinki zadebljava, naročito tokom perioda razmnožavanja, koji obično nastupa u maju. Kod većih odraslih jedinki, krljušti postaju gotovo nevidljive, uključujući i lateralnu liniju, gdje se samo pore mogu prebrojati. Nasuprot tome, mlađe jedinke, kao i manji odrasli primerci izvan sezone razmnožavanja, imaju primjetno uočljivije krljušti.

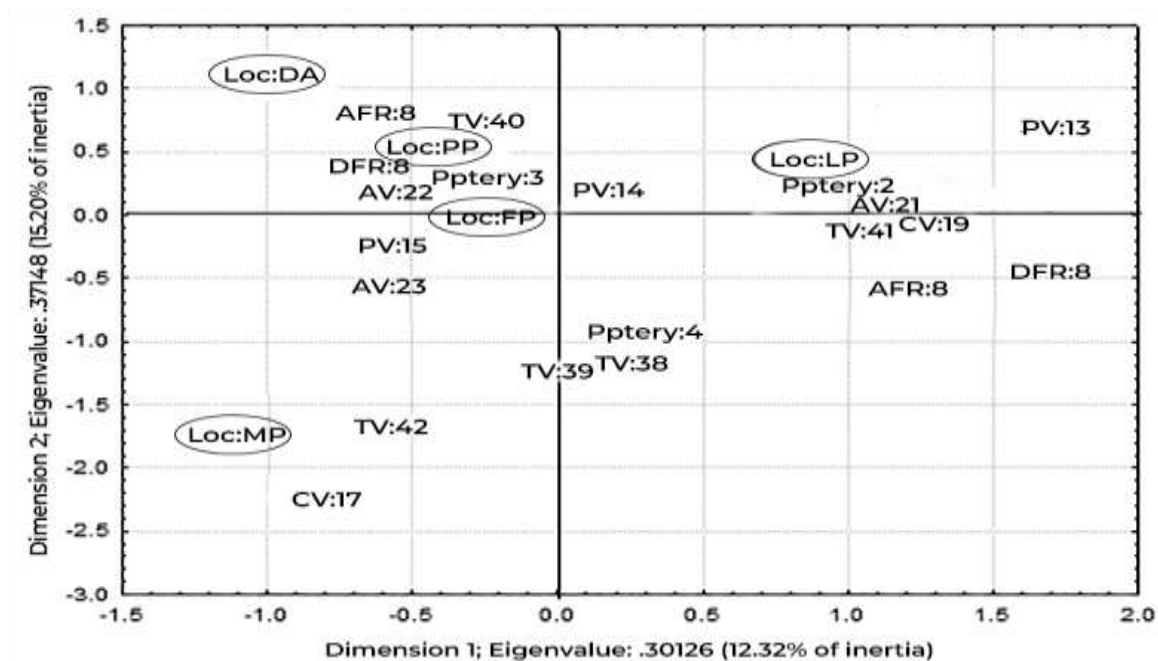
Krljušti na tijelu su ovalnog ili okruglog oblika, a njihov raspored varira. Iako pokrivaju cijelo tijelo, na prednjem dijelu i gornjem dijelu leđa mogu biti vrlo rasute. Lateralne krljušti su blizu jedna druge i veće od krljušti na ostatku tijela, a njihov broj kod odraslih jedinki iznosi od 80 do 99. Ukupan broj krljušti u bočnom nizu može varirati između 100 i 110, dok se broj krljušti između lateralne linije i dorzalne peraje kreće između 19 i 26. Intermedijarni pršljenovi kod većine jedinki broje tri, iako se kod nekih može javiti i četvrti pršljen.

Boja tijela *D. ghetaldii* je specifična, jer su gornja površina i bokovi prekriveni brojnim tamnim mrljama nepravilnog oblika i različitih veličina. Na leđima su ove mrlje prilično guste i često se spajaju, stvarajući veće fleke nepravilnog oblika, što doprinosi kamuflažnoj funkciji ove ribe u njenom prirodnom staništu.

Merističke karakteristike ove vrste pokazuju značajnu konzistentnost među različitim populacijama, ali postoje i neke varijacije. Svi posmatrani OTU-i *D. ghetaldii* imaju tri negranate žbice u dorzalnoj peraji. Većina jedinki (96.1%) ima sedam granatih žbica, dok je kod manjeg broja (3.9%), koji potiče iz Fatničkog kraškog polja, zabilježeno osam granatih žbica. Sličan trend primjećen je i kod analne peraje, gde 93.4% jedinki ima sedam granatih žbica, dok 6.6% ima osam, i to ponovo jedinke iz Fatničkog kraškog polja.

Što se tiče grudnih pršljenova, kod većine riba (72.3%) broj pršljenova iznosi 14, dok kod 27.7% taj broj dostiže 15. Broj trbušnih pršljenova varira, pri čemu 30.1% riba ima 21 pršljen, 61.4% njih ima 22, a 8.5% jedinki ima 23 pršljena. Broj repnih pršljenova takođe varira, sa 17 kod 12.1% riba, 18 kod 61.4%, dok 26.5% riba ima 19 repnih pršljenova.

Intermedijarni pršljenovi su kod 68.7% riba zastupljeni u broju od tri, dok 15.7% ima dva, a 15.6% četiri intermedijarna pršljena. Ukupan broj pršljenova kod *D. ghetaldii* varira, sa 4.8% riba koje imaju 38 pršljenova, 18.1% koje imaju 39, 53.0% koje imaju 40, i 24.1% riba koje imaju 41 pršljen. Ove morfološke karakteristike su ključne za diferencijaciju unutar populacija, kao i za prilagođavanje ekološkim uslovima unutar različitih kraških polja gdje ova vrsta živi.



**Slika 15.** Veza između OTUa *Delminichthys ghetaldii* i diskretne vrijednosti stanja njihovih merističkih karaktera u prostoru prve dvije korespondente dimenzije.

Analizom kanonijske korespondencije ispitivane su veze između diskretnih stanja karaktera u ovim metrističkim karakterima sa određenim OTU-ima *D. ghetaldii* u prve dvije dimenzije korespondencije, sa Eigen vrijednostima  $\lambda_1 = 0.371$  and  $\lambda_2 = 0.301$ . Otkriveno je da je ukupna diferencijacija za merističke karaktere slaba, izuzev za ukupan broj pršljenova. Ispitivanje razlika između OTU-a za sve merističke karaktere koji su pokazali varijabilnost u broju, i.e. diskretnih stanja karaktera (granate žbice analnog peraja, grudni pršljenovi, trbušni pršljenovi, repni pršljenovi i intermedijarni pršljenovi) koristeći tabele kontigencije i poredeći dobijene  $\chi^2$  vrijednosti 6.26; 11.36; 12.22; 11.67; 13.22, tim redom sa kritičnom vrijednošću  $\chi^2 = 15.50$  za  $df = 4$  na nivou vjerovatnoće  $p = 0.05$ ) otkrilo je da razlike u učestalosti pojavljivanja nisu bile od značaja ni za koju od njih. Jedini meristički karakter sa značajnom razlikom u učestalosti pojavljivanja kod pet OTU-a bio je ukupan broj pršljenova ( $\chi^2 = 19.38$ ;  $df = 4$ ;  $p < 0.05$ ), što je u najvećoj mjeri bilo posljedica

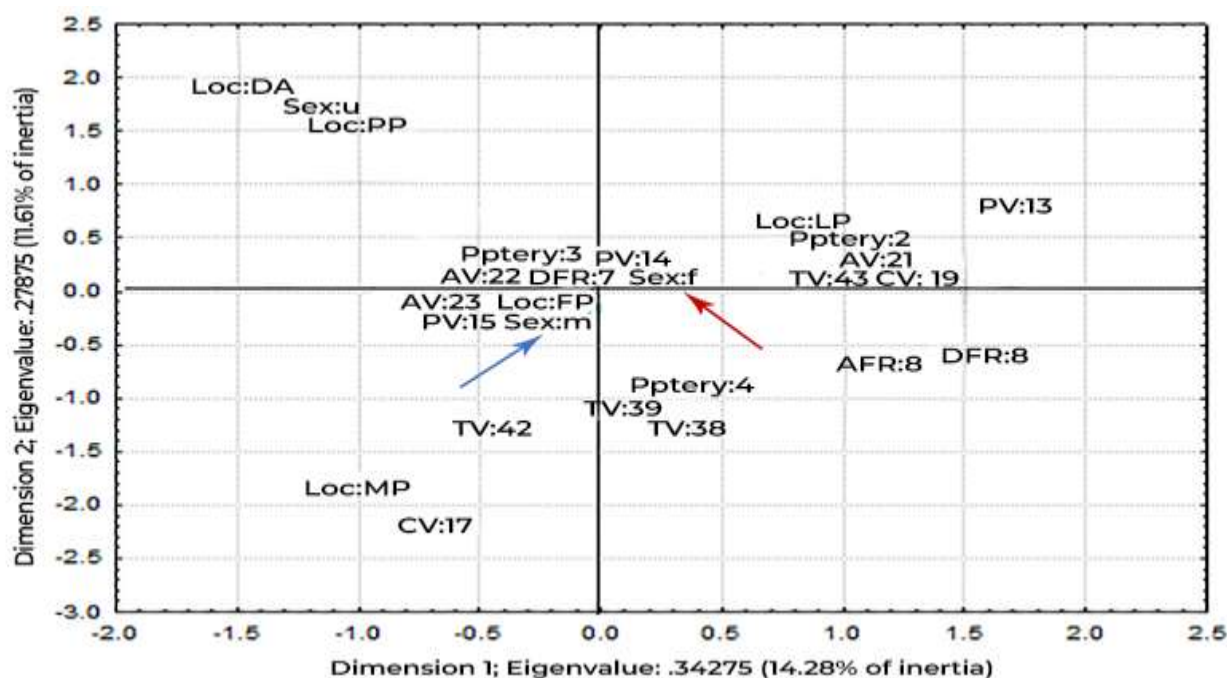


razlike između OTU-a iz kraškog Popovog polja i svih drugih OTU-a (Tabela 10). Kod najvećeg broja OTU-a, ukupan broj pršljenova 38 i 39 su bili najučestalija stanja ovog karaktera koja su se javljala kod *D. ghetaldii* u OTU-ima svih kraških polja. Ono što je bilo specifično je da je stanje karaktera od ukupno 40 pršljenova bilo u vezi sa OTU-om *D. ghetaldii* iz kraških polja Popovo i Dabarsko polje, 41 sa OTU-om iz Ljubomirskog kraškog polja, a 42 kod OTU-a iz kraškog Mokrog polja (Slika 15).

**Tabela 10.** Vrijednosti testiranja u paru  $\chi^2$  između *Delminichthys ghetaldii* OTU-a iz kraških polja (PP, Popovo; MP, Mokro; DP, Dabarsko; FP, Fatničko; LP, Ljubomirsko) na ukupan broj pršljenova, jedini karakter koji je pokazao značajnost u analizi kontigencije (iznad dijagonale) i stepeni slobode za svakog od njih, sa samo jednom značajnom vrijednošću ( $p < 0.05$ ) boldovanom.

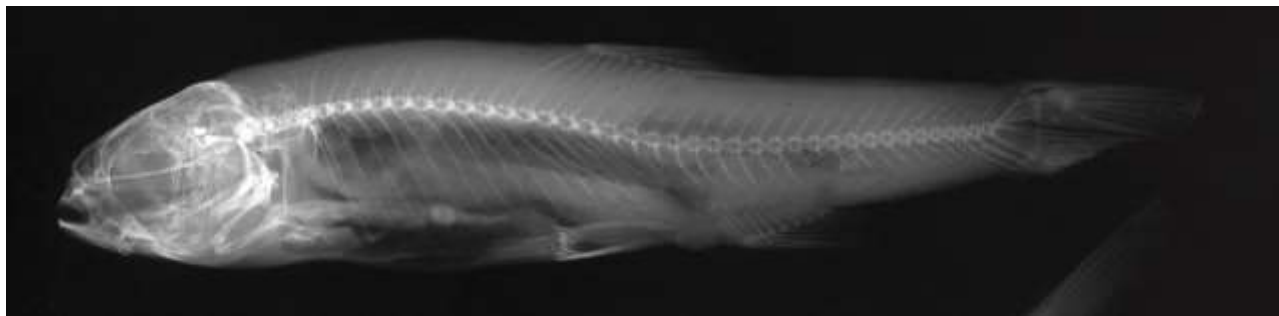
	PP	MP	DA	FP	LP
PP		7.252	0.015	0.531	1.363
MP	1		1.483	7.804	4.138
DA	1	2		0.812	0.604
FP	3	4	3		3.345
LP	1	2	1	4	

Važno je napomenuti da nijedno od stanja za ovaj karakter nije bilo povezano sa određenim polom (Slika 16). To sugerise da navedene karakteristike ne pokazuju seksualni dimorfizam, što znači da nema razlika u karakteristikama između mužjaka i ženki. Nedostatak povezanosti implicira da ova osobina nije korisna za razlikovanje polova u ovom konkretnom kontekstu.



**Slika 16.** Veza između polova u svim OTU-ima *Delminichthys ghetaldii* i diskretne vrijednosti stanja njihovih merističkih kataka u prostoru prve dvije korespondentne dimenzije (crvena strelica označava položaj ženki, a plava položaj mužjaka).

### 4.3.2. *Telestes dabar*



**Slika 17.** Kičmeni stub i položaj peraja kod *Telestes dabar*

Foto: Prirodnjački muzej u Beču

Kod vrste *T. dabar* utvrđeno je da dorzalna peraja ima  $7\frac{1}{2}$  granatih žbica kod 9 jedinki,  $8\frac{1}{2}$  kod 26 jedinki i  $9\frac{1}{2}$  kod 2 jedinke (Slika 17). Početak dorzalne peraje nalazi se iznad zadnjeg kraja baze karlične peraje, što je karakteristično za ovu vrstu. Ovaj morfološki detalj omogućava lakše razlikovanje *T. dabar* od drugih srodnih vrsta. Analna peraja takođe pokazuje određenu varijabilnost, sa  $8\frac{1}{2}$  granatih žbica kod 31 uzorka i  $9\frac{1}{2}$  granatih žbica kod 6 uzoraka (Tabela 11). Spoljašnja ivica analne peraje je blago konkavna ili gotovo ravna, što doprinosi specifičnom izgledu ove vrste. Repno peraje je umjereno račvasto, sa režnjevima koji su blago oštri, a prisutno je 9+8 glavnih granatih žbica, što je tipično za ovu vrstu.

Krljušti kod *T. dabar* pokrivaju cijelo tijelo, uključujući predpektoralnu oblast i abdomen, ali se na većini tijela ne preklapaju. Međutim, krljušti se preklapaju u trouglastom području odmah iza pektoralnog obruča i obično na repnoj dršci iza analne peraje. Krljušti duž bočne linije uvijek se preklapaju, stvarajući gustu i kompaktnu strukturu, koja je karakteristična za ovu vrstu. Krljušti su neregularno postavljene, ali blizu jedna drugoj, što omogućava zaštitu tijela ribe. Većina krljušti na bokovima je ovalnog oblika, nešto dublja nego što je duga, dok su krljušti na repnoj dršci izduženije, sa izraženim zadnjim suženjem. Krljušti na trupu su nešto manje od onih duž bočne linije, ali razlika u veličini nije značajna. Sve krljušti kod ove vrste su dobro vidljive, što je dodatna specifičnost. Bočna linija je duga, ali može biti nepotpuna ili prekinuta na nekoliko mjesta. Ukupno odsustvo krljušti na bočnoj liniji varira između 24 i 69 mjesta. Bočna linija pravi jasno vidljivu krivinu iznad početka analne peraje, što doprinosi prepoznatljivom morfološkom izgledu *T. dabar*. Broj krljušti u ukupnom bočnom nizu kreće se od 62 do 69, što dodatno diferencira ovu vrstu.

Što se tiče broja pršljenova, zabilježene su sljedeće varijacije: ukupan broj pršljenova je 39 kod 10 uzoraka, 40 kod 25 uzoraka i 41 kod 2 uzorka. Abdominalni pršljenovi su prisutni u broju od 22 kod 25 jedinki, 23 kod 10 jedinki i 24 kod 2 jedinke. Repni pršljenovi se javljaju u rasponu od 16 kod 1 uzorka, 17 kod 22 uzorka i 18 kod 14 uzoraka. Broj predorzalnih pršljenova je 13 kod 1 uzorka, 14 kod 27 uzoraka i 15 kod 9 uzoraka. Intermedijarni pršljenovi su zabilježeni u broju od 3 kod 30 jedinki i 4 kod 7 jedinki. Najčešće formule pršljenova kod ove vrste su 22+17 kod 8 jedinki, 22+18 kod 27 jedinki i 23+17 kod 2 jedinke (Tabela 11).

**Tabela 11.** Merističke karakteristike vrste *Telestes dabar*

Meristički parametri	Podaci
Broj negranatih žbica dorzalnog peraja	UD 3
Broj granatih žbica dorzalnog peraja (bez 1/2)	D 7-9
Broj granatih žbica analnog peraja (bez 1/2)	A 8-9
Broj leđnih pršljenova	PV 13-15
Broj trbušnih pršljenova	AV 22 – 24
Broj repnih pršljenova	CV 16-18
Broj intermedijarnih pršljenova	PAP 3 – 4
Ukupan broj pršljenova	TV 38-42

#### 4.4. Ishrana

##### 4.4.1. Težina i dužina tijela riba

Distribucija veličina riba unutar pet različitih populacija *D. ghetaldii* u pet kraških polja pokazala je značajnu varijabilnost (Tabela 12). Statistička analiza putem univarijantnog ANOVA testa potvrdila je da postoje značajne razlike u veličini tijela i težini između pet OTU-ova *D. ghetaldii* (Fveličina = 27.605, dfveličina = 1.4, pveličina < 0.001; Ftežina = 18.361, dftežina = 1.4, ptežina < 0.001). Ovi rezultati jasno pokazuju postojanje varijacija među populacijama, što može biti povezano sa specifičnim uslovima u svakom kraškom polju.

Detaljnija analiza izvedena korišćenjem Tukey post-hoc testa za veličinu tijela i težinu riba otkrila je da su populacije iz Popovog i Mokrog kraškog polja međusobno slične po ovim parametrima, dok su populacije iz Ljubomirskog i Dabarskog kraškog polja takođe pokazale sličnosti između sebe. Nasuprot tome, populacija iz Fatničkog kraškog polja značajno se razlikuje od svih ostalih populacija, što ukazuje na moguće izolovane uslove staništa u tom području koji su doveli do ovakvih razlika (Tabela 13).

Najveća jedinka *D. ghetaldii* zabilježena tokom ovog istraživanja imala je dužinu od 172.5 mm i težinu od 75.0 g, Ova veličina može biti indikator povoljnih uslova staništa ili veće dostupnosti hrane u određenim poljima. S druge strane, maksimalna zabilježena dužina za *T. dabar* iznosila je 84.3 mm, dok je maksimalna težina iznosila 9.5 g, što nam ukazuje na značajno manje dimenzije ove vrste u poređenju sa *D. ghetaldii*.

**Tabela 12.** Morfometrijske karakteristike vrsta *Delminichthys ghetaldii* i *Telestes dabar* iz različitih kraških polja Istočne Hercegovine: dužina (mm) i težina (g) jedinki.

Lokacija	Vrsta	N	Min-Max (dužina)	Mean± S.D. (dužina)	Min-Max (težina)	Mean± S.D. (težina)
Popovo	<i>D.ghetaldii</i>	7	97.7-143.2	122.5±14.3	10.1-48.5	33.41±14.2
Mokro	<i>D.ghetaldii</i>	6	94.5-172.5	126.6±36.2	9.1-75.0	30.6±27.8
Ljubomirsko	<i>D.ghetaldii</i>	24	50.9-77.3	61.1±7.2	3.3-7.8.	4.7±1.3

## Rezultati

<b>Fatničko</b>	D.ghetaldii	35	50.1-117.7	111.35±21.30	5.4-29.9	18.2±7.8
	T. dabar	2	51.2-55.4	51.4±5.7	3.1-3.5	3.3±0.3
<b>Dabarsko</b>	D.ghetaldii	4	50.5-55.2	52.8±1.8	3.1-3.3	3.2±0.1
	T. dabar	35	50.1-84.3	59.3±13.0	3.0-9.5	6.3±2.3

**Tabela 13.** Rezultati post-hoc Tukey HSD testa između pet OTU-ova *Delminichthys ghetaldii* iz pet kraških polja (PP, Popovo; MP, Mokro; DP, Dabarsko; FP, Fatničko; LP, Ljubomirsko) za veličinu tijela (SL, iznad dijagonale) i težinu (W, ispod dijagonale)

SL	PP	MP	DP	FP	LP
<b>W</b>					
<b>PP</b>		0.998	0.000	0.000	0.000
<b>MP</b>	0.986		0.000	0.000	0.012
<b>DP</b>	0.000	0.000		0.009	0.993
<b>FP</b>	0.002	0.036	0.046		0.000
<b>LP</b>	0.000	0.000	0.997	0.000	

#### 4.4.2. Makroinvertebrate u ishrani i uzorcima sredine

Svi identifikovani taksoni bentosnih organizama zajedno sa taksonima pronađenim u uzorcima riba kao plijen, raspoređeni su u 12 specifičnih kategorija plijena (Tabela 14). Ova kategorizacija omogućava detaljno i precizno računanje proporcija različitih vrsta plijena koje su ribe konzumirale u različitim kraškim poljima. Svaka kategorija grupiše beskičmenjake na osnovu njihovih ekoloških i morfoloških osobina i to nam olakšava analizu prehrambenih navika riba (Tabela 14).

U ishrani riba, na lokalitetu Popovo polje registrovano je 8 od ukupno 12 definisanih kategorija plijena, dok je u Mokrom polju zabilježeno prisustvo samo 5 kategorija. U Ljubomirskom polju identifikovano je ukupno 7 kategorija, dok je u Fatničkom polju samo 3, a u Dabarskom polju 6 kategorija. Ove varijacije slikovito pokazuju razlike između lokaliteta u dostupnosti hrane i ekološkim uslovima na različitim kraškim područjima.

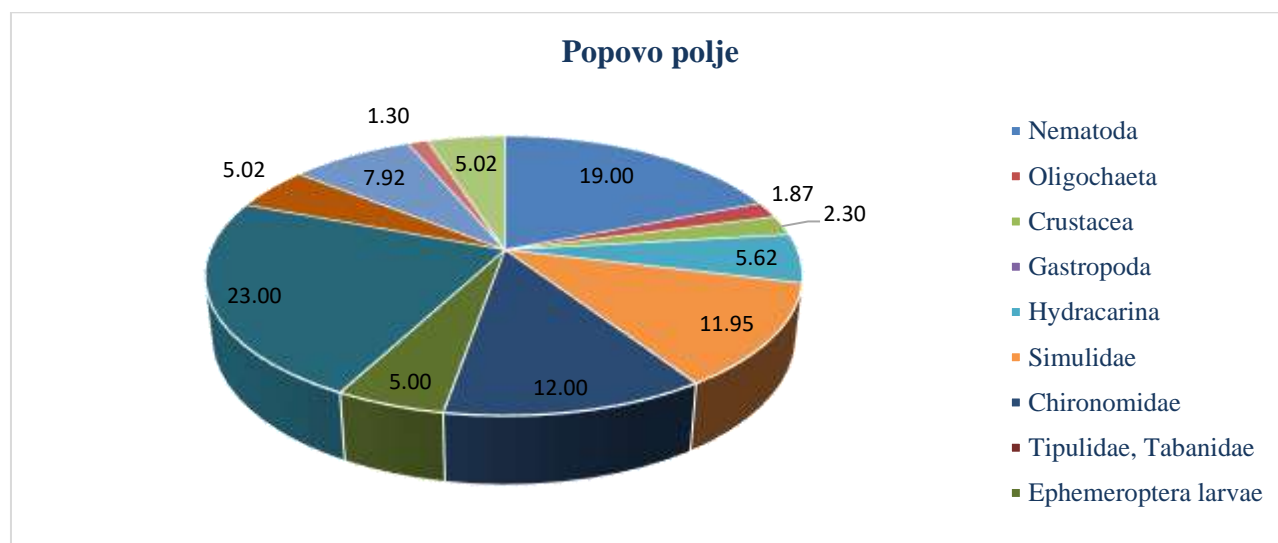
Identifikovani taksoni beskičmenjaka prikupljeni su kroz dva tipa uzorkovanja i to: kvantitativno i kvalitativno i koristila se ručna mreža za oba tipa. Taksoni su takođe evidentirani i u uzorcima iz ishrane riba, a rezultati su predstavljeni u vidu detaljne liste taksona, koja pruža uvid u biodiverzitet bentosne faune, kao i njihovu ulogu u ishrani gaovica. Ova lista obuhvata bogatstvo različitih vrsta beskičmenjaka, i one variraju zavisno od lokaliteta i sezonskih uslova i pružaju širi okvir za razumjevanje ekoloških interakcija između riba i organizama koji su nađeni kao plijen.

**Tabela 14.** Osnovne kategorije plijena koje su određene prema analiziranoj ishrani sa svih pet lokaliteta.

Kategorije plijena	Taksoni
<b>Oligochaeta</b>	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826), <i>Lumbriculus variegatus</i> (Müller, 1774)
<b>Nematoda</b>	<i>Nematods sp.</i>
<b>Crustacea</b>	<i>Gammarus fossarum</i> , <i>Asselus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)
<b>Gastropoda</b>	<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758), <i>Ancylus fluviatilis</i> , <i>Physa acuta</i> (Draparnaud, 1805)
<b>Hydracarina</b>	<i>Neumania sp.</i>
<b>Chironomidae</b>	<i>Chironomus thummi</i> , <i>Chironomus sp.</i>
<b>Simuliidae</b>	<i>Simulium sp.</i>
<b>Tipulidae and Tabanidae</b>	<i>Tabanus sp.</i> , <i>Tipula sp.</i>
<b>Ephemeroptera larvae</b>	<i>Baetis rhodani</i> , <i>Habrophlebia fusca</i> (Curtis, 1834), <i>Baetis muticus</i> (Linnaeus, 1758)
<b>Plecoptera larvae</b>	<i>Perla bipunctata</i> (Geoffroy, 1762), <i>Chloroperla tripunctata</i> (Scopoli, 1763)
<b>Trichoptera larvae</b>	<i>Hydropsyche instabilis</i> , <i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834), <i>Sericostoma perssonatum</i>
<b>Coleoptera and Heteroptera larvae</b>	<i>Elmis aenea</i> , <i>Haliphus fluviatilis</i> (Aubé, 1836), <i>Micronecta poweri</i>

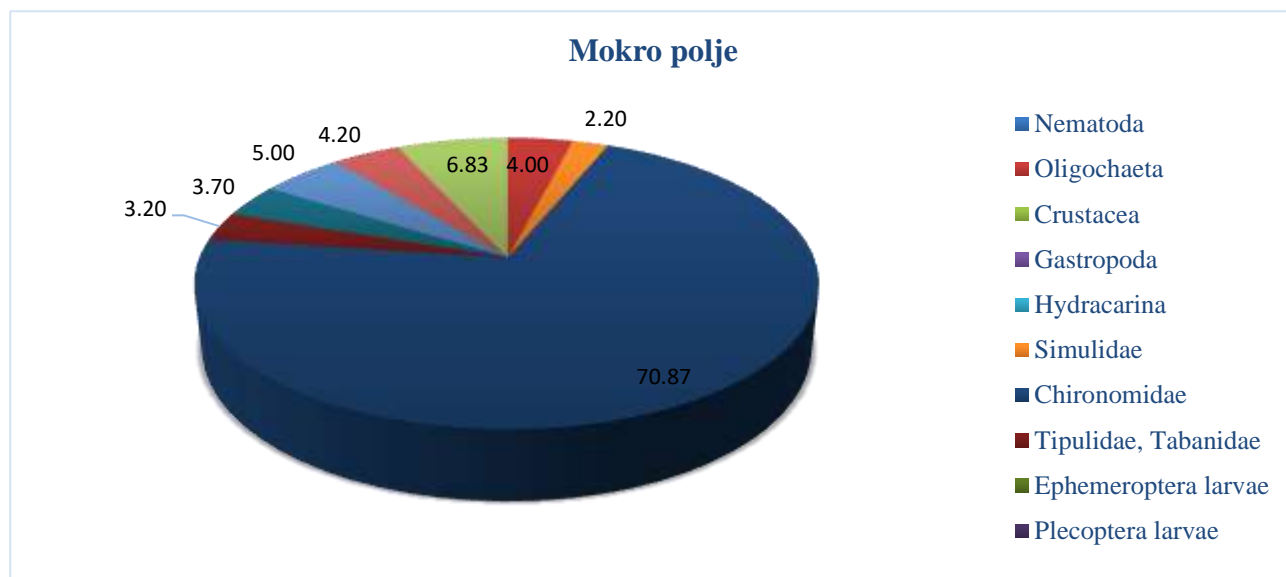
Za potrebe opisa i poređenja raspoloživog plijena na svih pet istraživanih lokaliteta, procentualni udio (srednje vrijednosti) različitih kategorija plijena prikazan je grafički (Slike 18-22).

Analiza zajednice makroinvertebrata u Popovom polju (Slika 18) pokazala je dominaciju Trichoptera, koja čini 23% ukupne zajednice. Nematode su druga najzastupljenija grupa s udjelom od 19%, dok Chironomidae doprinose sa 12%. Simuliidae čine 11.95%, dok Hydracarina imaju udio od 5.62%. Grupa Coleoptera je prisutna sa 5.02%, a Ephemeroptera sa 5%. Udio Crustacea iznosi 2.30%, dok Oligochaeta obuhvataju 1.87% ukupne zajednice.



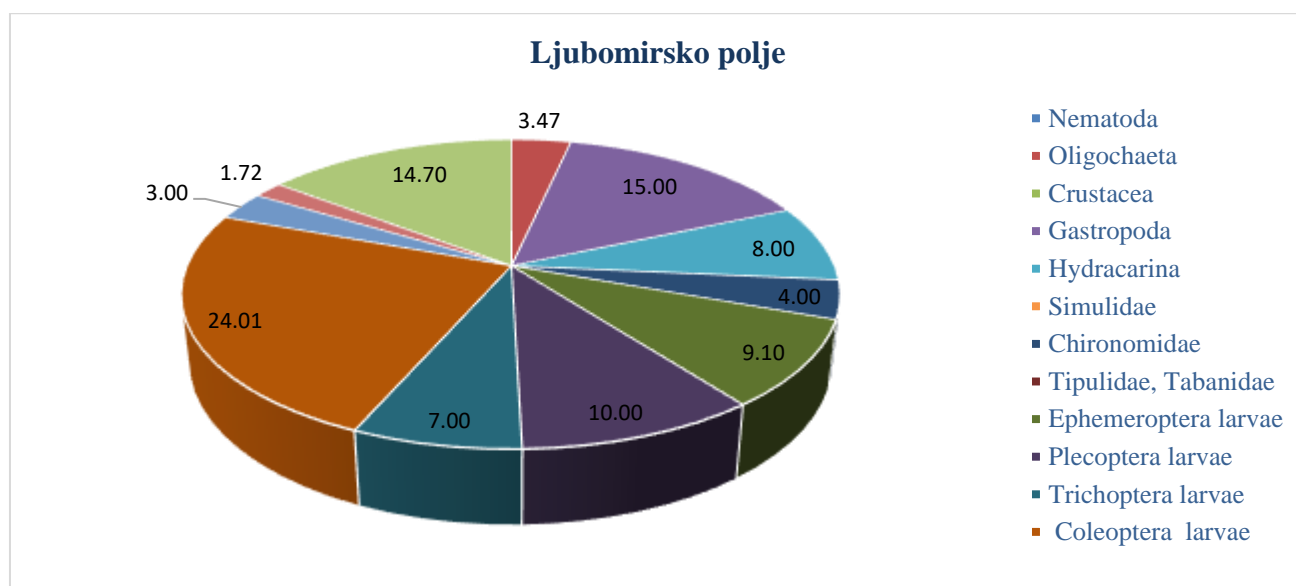
**Slika 18.** Grafička analiza strukture bentosne zajednice u Popovom polju

U Mokrom polju (Slika 19), struktura zajednice makroinvertebrata ukazuje na izrazitu dominaciju Chironomidae, koji čine čak 70.87% ukupnog sastava. Oligochaeta su zastupljeni sa 4%, dok Trichoptera čine 3.7% zajednice. Tipulidae su prisutni s udjelom od 3.2%, a Simuliidae sa 2.2%. U Mokrom kraškom polju, zajednica makroinvertebrata pokazuje pretežnu prisutnost Chironomidae, čineći značajan udio od 70.87% u zajednici. Oligochaeta slijede sa udjelom od 4%, dok Trichoptera čini 3.7%, Tipulidae 3.2%, a Simulidae 2.2%.



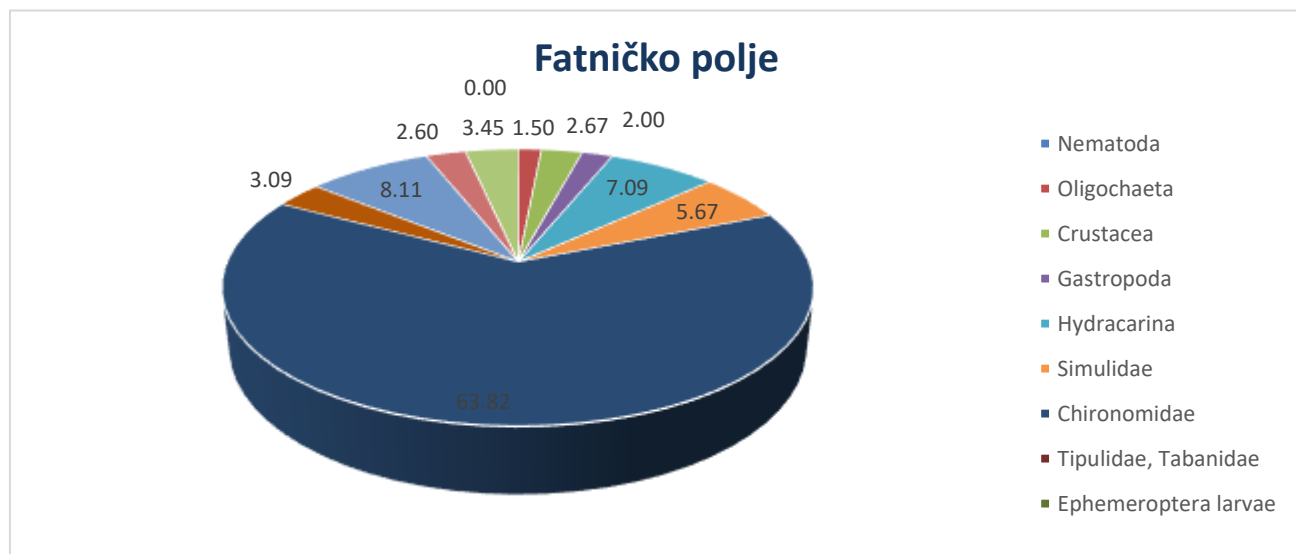
**Slika 19.** Grafička analiza strukture bentosne zajednice u Mokrom polju

U Ljubomirskom kraškom polju (Slika 20) uzorak je karakterisan bogatom bentosnom faunom, vjerovatno zato što smo uzorkovali u potoku. Najbrojnije vrste su iz reda Coleoptera sa udjelom od 24.01% u zajednici, klase Gastropoda sa 15.0% i Plecoptera udjelom od 10.00%. Ostale grupe doprinose nešto manje, kako slijedi: Ephemeroptera sa 9.10%, Hydracarina sa 8%, Trichoptera 7.0%, Chironomidae sa 4% i Oligochaeta sa 3.47%.



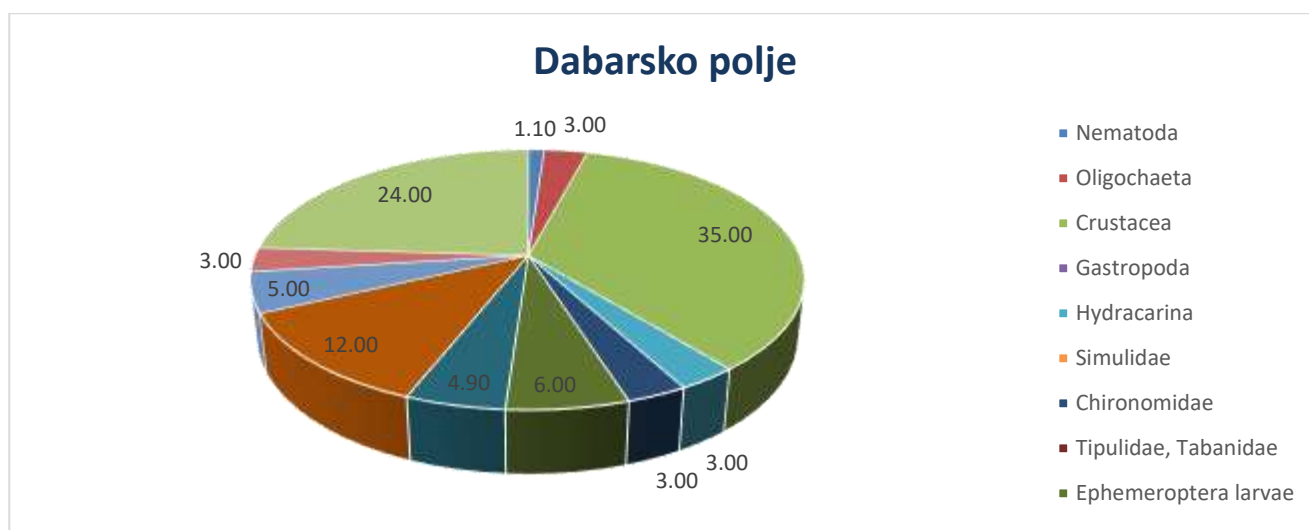
**Slika 20.** Grafička analiza strukture bentosne zajednice u Ljubomirskom polju

Zajednica makroinvertebrata u Fatničkom kraškom polju (Slika 21) slična je onoj u Mokrom polju, pretežno karakterisana dominacijom Chironomidae sa 63.82%. Hydracarina slijede sa udjelom od 7.09%, Simuliidae sa 5.67%, Coleoptera sa 3.09%, Crustacea sa 2.67%, Gastropoda sa 2% i na kraju, Oligochaeta sa udjelom od 1.5% u zajednici.



**Slika 21.** Grafička analiza strukture bentosne zajednice u Fatničkom polju

U Dabarskom kraškom polju (Slika 22), zajednica makroinvertebrata uzorkovana je iz potoka Vrijeka. Najdominantnija vrsta bila je rak *Gammarus fossarum*, čineći 35% zajednice. Larve Coleoptera slijede sa udjelom od 12%, dok larve Ephemeroptera, uglavnom vrsta *Baetis rhodani* (Pictet, 1843), čine 6%. Larve Trichoptera predstavljaju 4.90%, Chironomidae 3%, Hydracarina 3%, Oligochaeta 3%, a Nematoda ima zastupljenost od 1.1%. Sve navedene vrijednosti korišćene su za izračunavanje IRI indeksa za svaki uzorak polja.



**Slika 22.** Grafička analiza strukture bentosne zajednice u Dabarskom polju

Način na koji su vrste raspoređene unutar jednog ekosistema nazivamo relativno bogatstvo vrsta. Ovaj pokazatelj je vrlo važan za računanje biološke raznolikosti ili diverziteta. Što je njegova vrijednost veća, to je ekološko stanje u datom ekosistemu više ili bolje. Prisustvo zagađenja direktno utiče na smanjenje bogatstva vrsta. Ispitivani lokaliteti značajno se razlikuju u pogledu zabilježenih vrijednosti abundanci, diverziteta i ujednačenosti bentosnih organizama tokom ispitivanog perioda. Najveća abundanca bentosnih organizama zabilježena je na lokalitetu Ljubomirsko polje, dok je najmanja zabilježena na lokalitetu Mokro polje. Najveću ujednačenost ima lokalitet Popovo polje, a najmanju lokalitet Mokro polje. Najveću biomasu bentosnih organizama ima lokalitet Ljubomirsko polje, a najmanju lokalitet Mokro polje (Tabela 15).

**Tabela 15.** Abundanca, diverzitet, ujednačenost i biomasa makroinvertebrata na pet kraških polja.

Lokalitet	Abundanca (br. org./m <sup>2</sup> )	Diverzitet (Simpson)	Diverzitet (Shannon- Wiener)	Ujednačenost (Evenness)	Biomasa (g/m <sup>2</sup> )
<b>Popovo polje</b>	198	0.862	2.119	0.883	0.79
<b>Mokro polje</b>	178	0.629	1.33	0.683	0.61
<b>Ljubomirsko polje</b>	358	0.883	2.313	0.876	0.81
<b>Fatničko polje</b>	186	0.675	1.584	0.688	0.65
<b>Dabarsko polje</b>	197	0.711	2.134	0.698	0.77

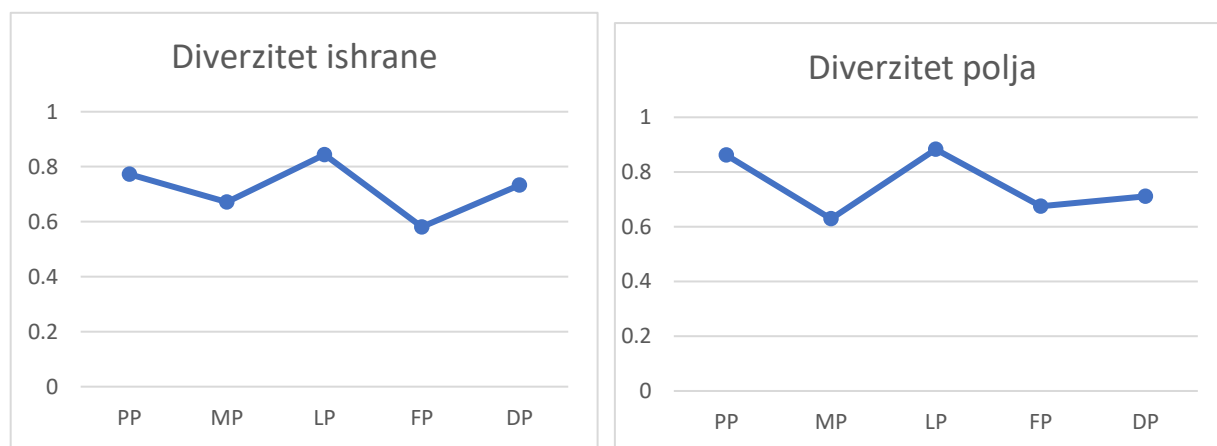
Šenon-Viverov indeks se koristio za računanje diverziteta polja. Vrijednosti ovog indeksa veće od 3 karakterišu čiste vodotoke ili I klasu. II klasi pripadaju vrijednosti od 2-3, a III od 1-2. Za veličine manje od 1 određuje se jako zagađena voda (Tabela 16). Lokaliteti Mokro i Fatničko polje imaju najmanji diverzitet i vrijednosti manje od 2, što nam govori da pripadaju u treću klasu vodotoka, tj u srednje zagađene. Ova dva lokaliteta značajno se razlikuju od ostala tri lokaliteta, jer su ovdje vrste ulovljene direktno iz poplavljenih polja.



**Tabela 16.** Klasifikacija vodotoka na osnovu Šenon-Viverovog indeksa.

Shannon-Weaver index	Opis kategorije	Klasa vodotoka	Boja
>3	Čista	I	Blue
2 – 3	Malo zagađena	II	Green
1 – 2	Srednje zagađena	III	Yellow
<1	Jako zagađena	IV	Red

Diverzitet dostupnog plijena u sredini tokom ispitivanog perioda može se izraziti putem raznovrsnosti bentosnog plijena. Što se tiče raznolikosti kategorija plijena u ishrani i na kraškim poljima, Simpsonov indeks diverziteta pokazao je najniže vrijednosti u Fatničkom i Mokrom polju, dok su najviše vrijednosti zabilježene u Popovom i Ljubomirskom kraškom polju (Slika 23). Sve vrijednosti Simpsonovog indeksa diverziteta nalazile su se u rasponu od 0.6 do 0.9, što ukazuje na srednji do visoki nivo raznolikosti.

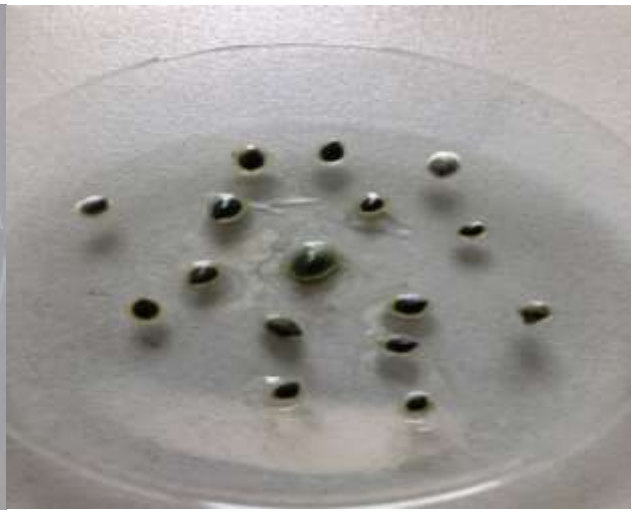


**Slika 23.** a) Simpsonov index diverziteta ishrane vrste *Delminichthys ghetaldii* kroz pet polja. (b) Diverzitet polja: Popovo (PP), Mokro (MP), Ljubomirsko (LP), Fatničko (FP) i Dabarsko (DP). Na y-osi je predstavljen Simpsonov indeks diverziteta, a na x-osi su polja.

Rezultati



*Slika 24. Gammarus fossarum Foto:D. Berak*



*Slika 25. Ancyclus fluviatilis Foto:D. Berak*



*Slika 26. Perla bipunctata Foto:D. Berak*



*Slika 27. Tipula sp. Foto:D. Berak*



*Slika 28. Hydropsiche instabilis Foto:D. Berak*



*Slika 29. Elmis aenea Foto:D. Berak*

### 4.4.3. Fitoplankton

Svi identifikovani taksoni fitoplanktona, zajedno sa taksonima identifikovanim kao plijen u uzorcima riba, predstavljani su u tri razdela algi (Tabela 17). Takođe, navedene su i pronađene vrste algi

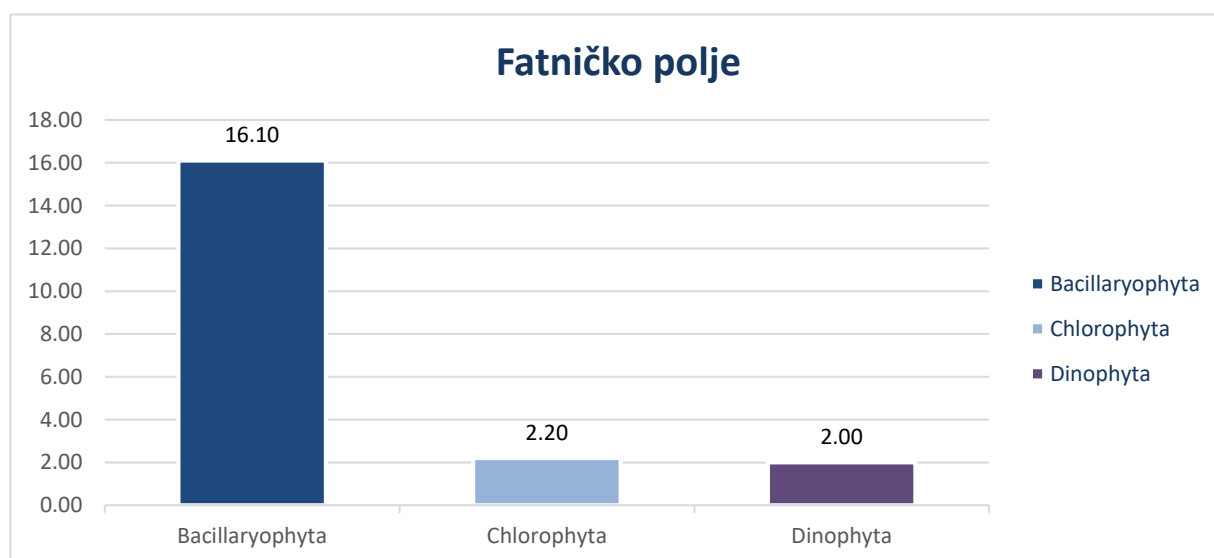
**Tabela 17.** Potpuni popis taksona fitoplanktonskog plijena pronađenog u uzorcima ishrane *Telestes dabar* kombinovan je u 3 različite kategorije plijena.

Kategorije plijena	Taksoni
<b>Bacillariophyta</b>	<i>Synedra sp.</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> (Kützing, 1844), <i>Tabellaria fenestrata</i> (Kützing, 1844), <i>Asterionella sp.</i> , <i>Navicula cuspidata</i> (Kützing, 1844), <i>Fragillaria crotonensis</i> (Kitton, 1869), <i>Cymbella sp.</i> , <i>Cocconeis placentula</i> (Ehrenberg, 1838), <i>Diatoma sp.</i>
<b>Chlorophyta</b>	<i>Ulothrix sp.</i> , <i>Spyrogira sp.</i> , <i>Closterium sp.</i> , <i>Ankistrodesmus sp.</i>
<b>Dinophyta</b>	<i>Ceratium hirundinella</i> (Dujardin, 1841), <i>Cryptomonas sp.</i>

Na ispitivanom lokalitetu Fatničko polje u okviru zajednice fitoplanktona utvrđeno je prisustvo 3 osnovna razdela algi (Slika 30):

- Bacillariophyta (silikatne alge)
- Dinophyta (vatrene alge)
- Chlorophyta (zelene alge)

Najdominantniji razdeo je Bacillariophyta koji je prisutan u sredini 16.10%, zatim Dynophyta 2.20% i Chlorophyta 2.00 %. Prisutni karakterisitični rodovi: *Dinobryon*, *Cocconeis*, *Fragillaria*, *Asterionella*, *Peridinium*, *Ceratium*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Zygnema*, *Spirogyra*, *Mougeotia*, *Cosmarium*.



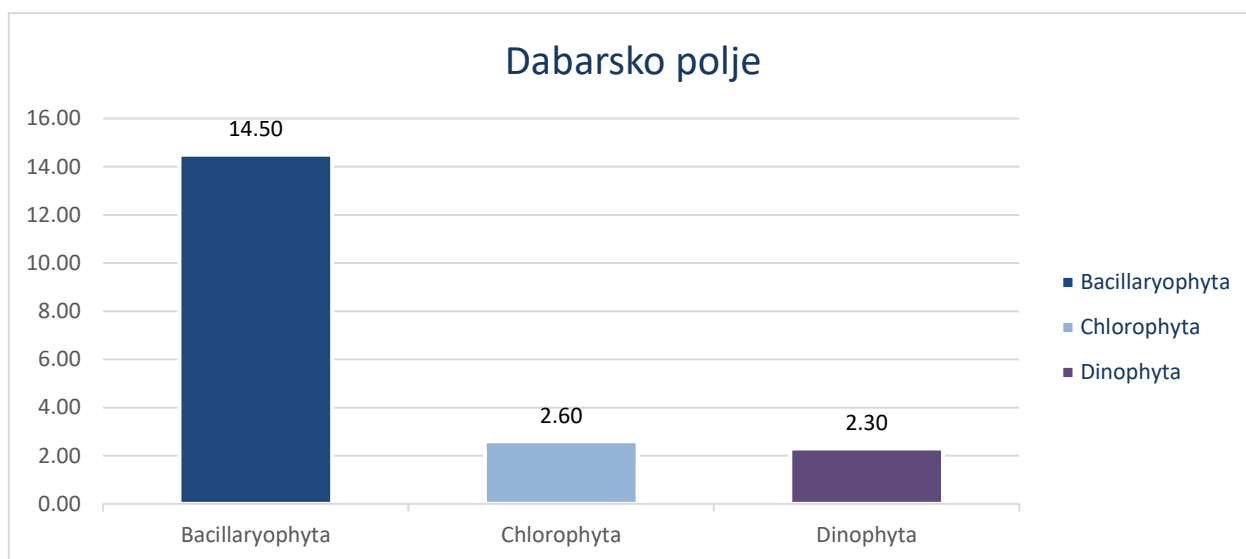
**Slika 30.** Procentualni udio dostupnog plijena u fitoplanktonu na lokalitetu Fatničko polje

Na ispitivanom profilu Dabarsko polje u okviru zajednice fitoplanktona utvrđeno je

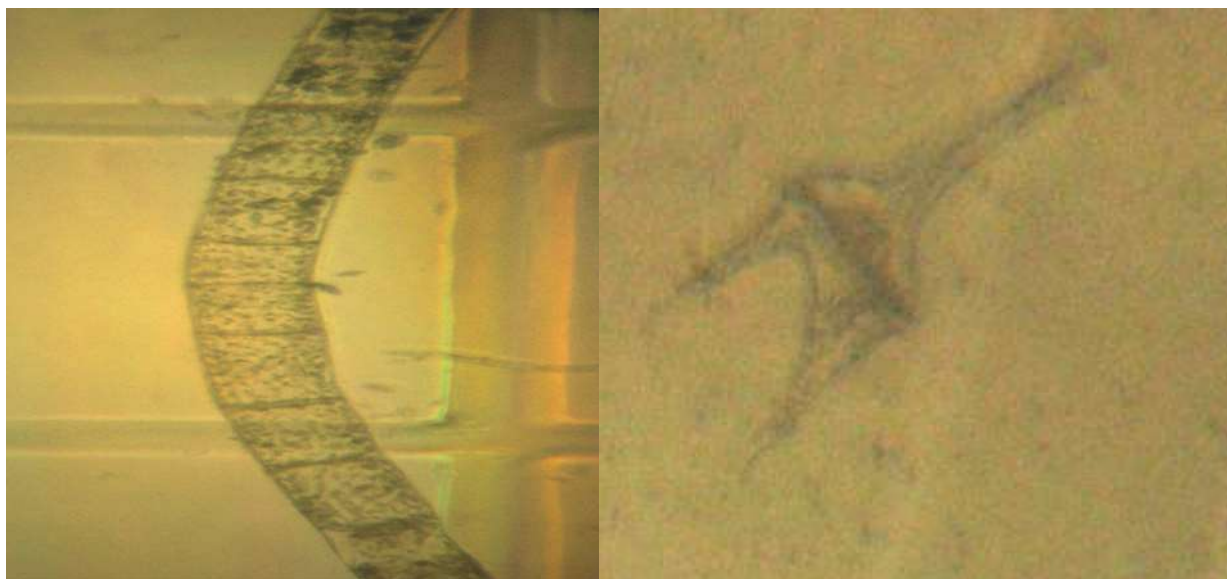
prisustvo osnovnih razreda algi (slika 31):

- Bacillariophyta (silikatne alge)
- Dynophyta (vatrene alge)
- Chlorophyta (zelene alge)

Najdominantniji razdeo je Bacillariophyta koji je prisutan u sredini 14.50%, zatim Dynophyta 2.60% i Chlorophyta 2.30 %. Prisutni karakteristični rodovi: *Dinobryon*, *Cymbela*, *Cocconeis*, *Navicula*, *Fragillaria*, *Asterionella*, *Ceratium*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*.

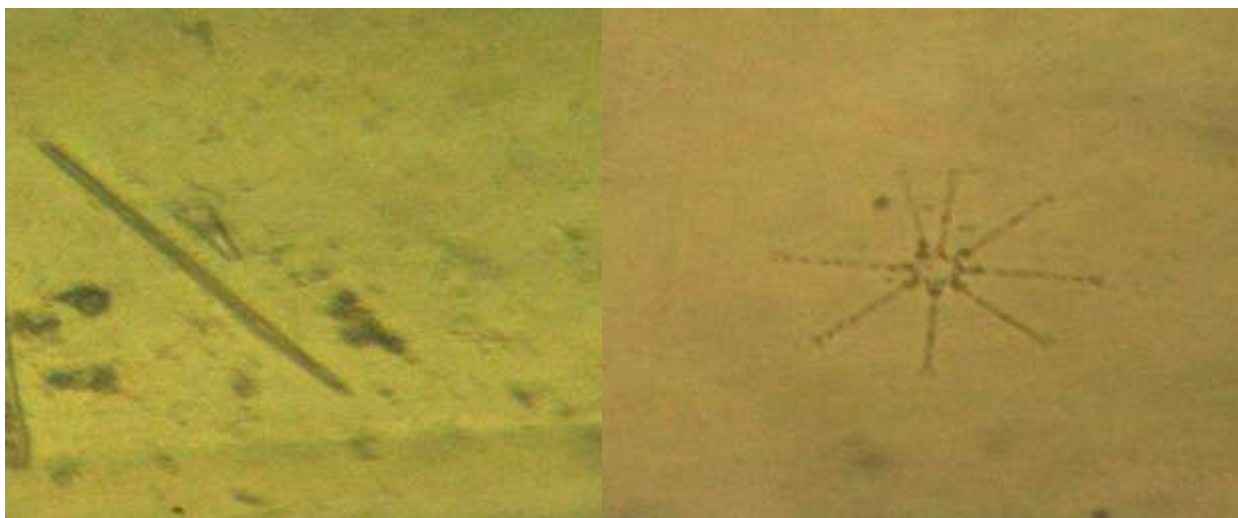


**Slika 31.** Procentualni udio dostupnog plijena u fitoplanktonu na lokalitetu Dabarsko polje



**Slika 32.** *Sirogonium* sp. Foto: D. Berak

**Slika 33.** *Ceratium hirundinella* Foto: D. Berak



**Slika 34.** *Synedra sp.* Foto:D. Berak      **Slika 35.** *Asterionella sp.* Foto:D. Berak

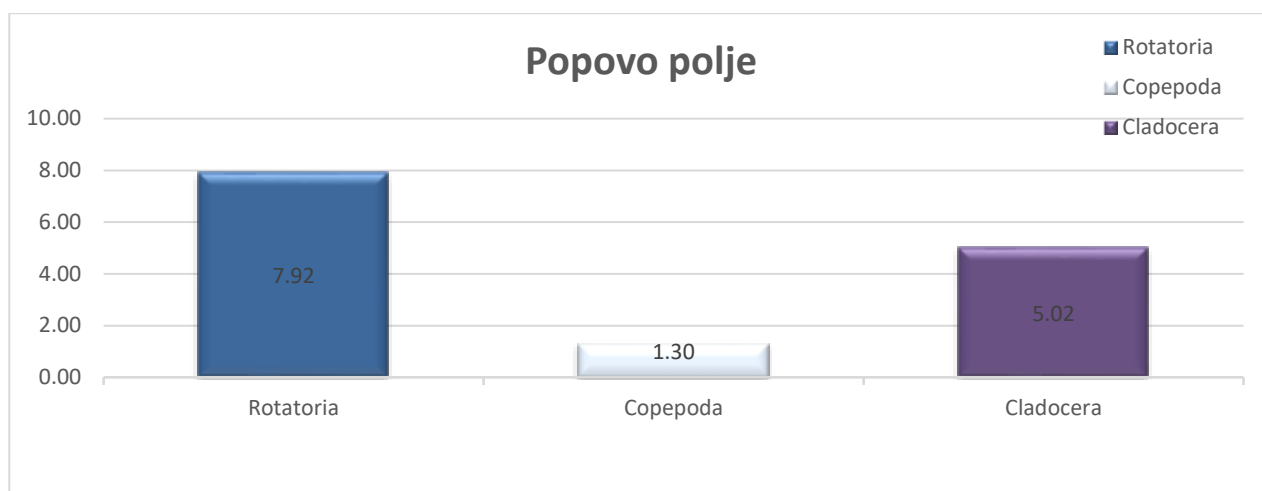
#### 4.4.4. Zooplankton

Svi identifikovani taksoni zooplanktona, zajedno sa taksonima identifikovanim kao plijen u uzorcima riba, predstavljeni su u tri kategorije: Rotatoria (Rotifera) i dvije klase rakova: Copepoda (veslonošci) i Cladocera (vodene buve) (Tabela 17). Takođe, navedene su i pronađene vrste rakova i rotifera.

**Tabela 18.** Potpuni popis taksona plijena zooplanktona pronađenog u uzorcima ishrane vrsta *Delminichthys ghetaldii* i *Telestes dabar* kombinovan je u 3 različite kategorije plijena.

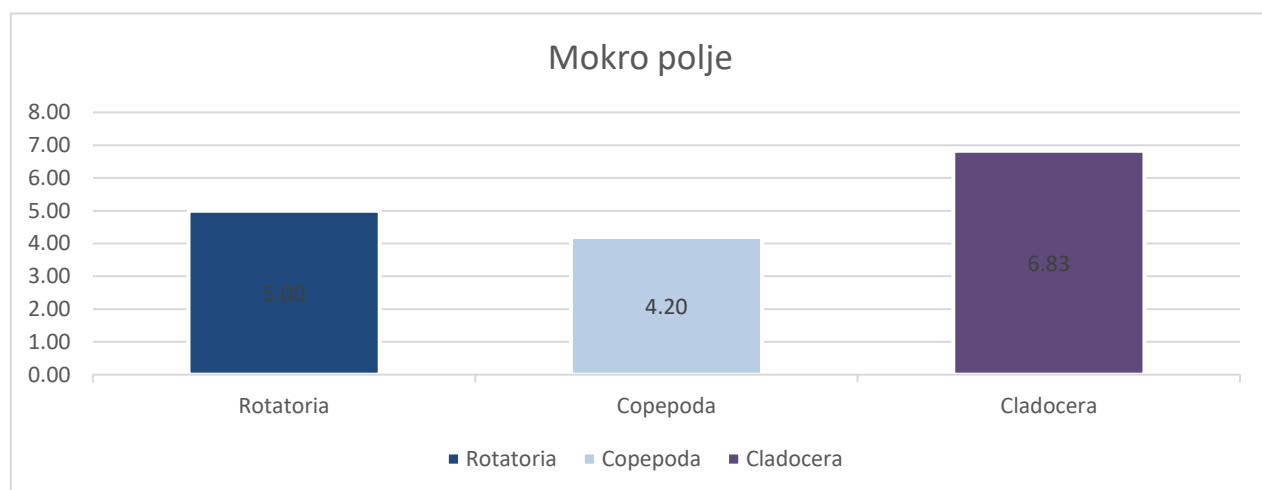
Kategorije plijena	Taksoni
<b>Rotatoria</b>	<i>Polyarthra major</i> (Burckhardt, 1900), <i>Polyarthra vulgaris</i> (Carlin, 1934), <i>Keratella sp.</i> , <i>Lepadella sp.</i>
<b>Cladocera</b>	<i>Daphnia magna</i> (Straus, 1820), <i>Bosmina longirostris</i> (Müller, 1776)
<b>Copepoda</b>	<i>Cyclops strenuus</i> (Fischer, 1851), <i>Harpacticoid sp.</i>

U uzorku planktona na lokalitetu Popovo polje, Rotatoria je bila najznačajniji sastojak sa udjelom od 7.92%, zatim slijedi Cladocera sa udjelom od 5.02%, dok Copepoda doprinosi zajednici sa 1.30% (Slika 36).



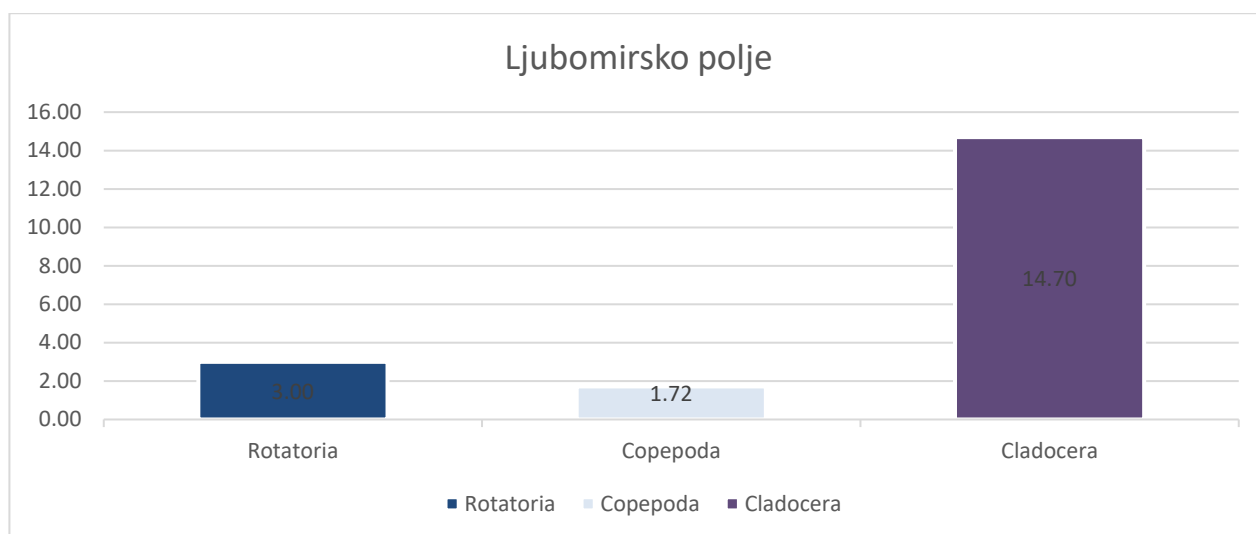
*Slika 36. Procentualni udio zooplanktonskog plijena na lokalitetu Popovo polje*

U uzorku planktona na lokalitetu Mokro polje, Cladocera je zauzela vodeću poziciju sa udjelom od 6.83%, zatim slijedi Rotatoria sa udjelom od 5%, dok je Copepoda zastupljena sa 4.20% (Slika 37).



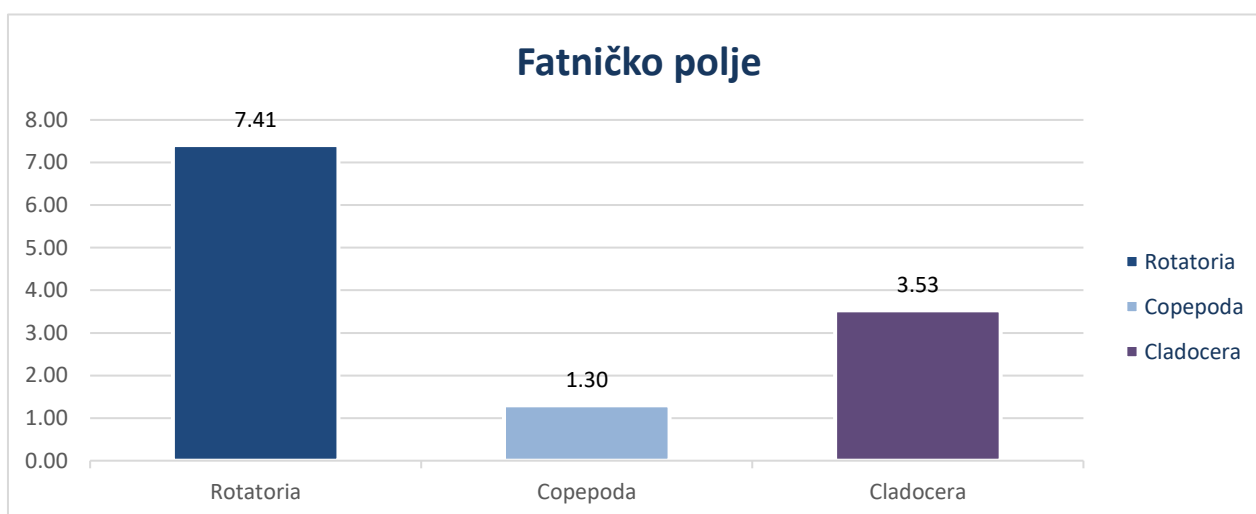
*Slika 37. Procentualni udio zooplanktonskog plijena na lokalitetu Mokro polje*

U uzorku planktona na lokalitetu Ljubomirsko polje, najbrojnije su bile Cladocera sa udjelom od 14.7%, Rotatoria sa 3%, dok je Copepoda doprinjela zajednici sa udjelom od 1.72% (Slika 38).



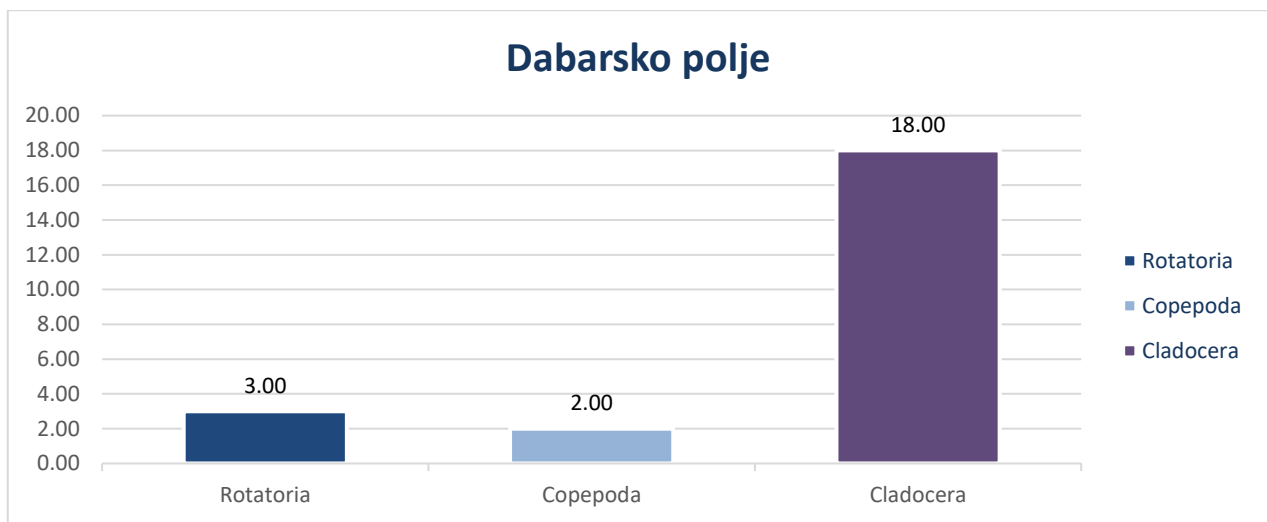
**Slika 38.** Procentualni udio zooplanktonskog plijena na lokalitetu Ljubomirsko polje

U uzorcima planktona na lokalitetu Fatničko polje, Rotatoria je zauzela vodeću poziciju sa udjelom od 8.11%, zatim slijedi Cladocera sa udjelom od 3.45%, dok je Copepoda doprinjela sa udjelom od 2.60% (Slika 39).



**Slika 39.** Procentualni udio zooplanktonskog plijena na lokalitetu Fatničko polje

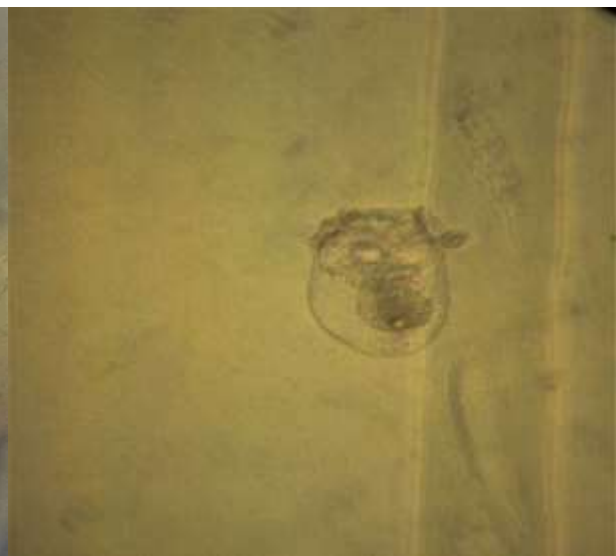
U zajednici planktona na lokalitetu Dabarsko polje, Cladocera je pokazala najveću obilnost od 24%, zatim slijedi Rotatoria sa 5%, dok je Copepoda doprinjela sa 3% zajednici. Ove proporcije su korišćene za izračunavanje IRI indeksa za svaki uzorak polja (Slika 40).



*Slika 40. Procentualni udio zooplanktonskog plijena na lokalitetu Dabarsko polje*



*Slika 41. Harpacticoid sp. Foto:D. Berak*



*Slika 42. Asplanchna sp. Foto:D. Berak*



*Slika 43. Lepodella sp. Foto:D. Berak*



*Slika 44. Cyclops strennus Foto:D. Berak*



#### 4.4.5. *Delminichthys ghetaldii*

##### 4.4.5.1. Analiza ishrane prema broju (AN) i težini (AW) plijena, frekvencija javljanja (F) i indeksa relativnog značaja (IRI).

Prema istraživanju značaja različitih kategorija plijena u ishrani vrste *D. ghetaldii* u pet kraških polja, uočene su značajne razlike u prehranbenim navikama među ovim izolovanim lokalitetima. Analizom pet najvažnijih kategorija plijena (Čanak Atlagić i sar., 2021) prema svim indeksima za populaciju otkriveno je da prehrabene sklonosti *D. ghetaldii* variraju u zavisnosti od polja.

Na primjer, u poljima Fatničko i Mokro, *D. ghetaldii* preferira predstavnike porodice Chironomidae, dok ribe u Ljubomirskom i Dabarskom polju preferiraju zooplankton, kao što su Cladocera, i manje makroinvertebrate poput Hydracarina i manjih larvi Coleoptera. Slobodnoživjeće Nematode su primjetne u ishrani u Popovom polju, gde predstavljaju najbrojniji plijen prema različitim indeksima (AW, AN, F i IRI) (Tabela 19). Chironomidae su prisutne u svim poljima, zajedno sa stalnom prisutnošću Rotatoria i Cladocera.

Za ocjenu značaja različitih kategorija plijena korišćeni su indeksi značajnosti AW, AN, F i IRI. Iako se prvih pet kategorija plijena po značaju razlikuju od polja do polja, zajedničke kategorije plijena uključuju Gammaridae, larve Ephemeroptera, Chironomidae, Trichoptera, Rotatoria i Cladocera.

U Popovom polju, značajni bentosni organizmi u ishrani vrste *D. ghetaldii* uključuju Nematode, Oligochaeta, larve Chironomidae, Ephemeroptera, i Trichoptera, dok su među planktonskim organizmima istaknuti Rotatoria i Cladocera. Zanimljivo je napomenuti da, prema indeksu relativnog značaja (IRI), planktonski organizmi nisu igrali ključnu ulogu u ishrani ove vrste.

U Mokrom polju, ishrana se uglavnom sastoji od bentosnog plijena, koji čini više od 85% ukupnog unosa hrane, dok je zastupljenost zooplanktona znatno manja (13%). Među najvažnijim bentosnim organizmima prema indeksima značajnosti su Oligochaeta, Chironomidae i Simulidae, dok su Rotatoria i Cladocera važni među zooplanktonom. Chironomidae dominiraju u ishrani trebinjske gaovice na ovom lokalitetu, dok je Oligochaeta prisutna u većem procentu nego što je zastupljena u sredini. Iako je grupa Tipulidae brojna u sredini, njen značaj u ishrani je relativno nizak. Simulidae su konzumirane u sličnom procentu kao što su zastupljene u sredini. Larve Trichoptera takođe igraju važnu ulogu u ishrani trebinjske gaovice u Mokrom polju. Što se tiče zooplanktona, najviše su zastupljene Rotatoria, Copepoda i Cladocera. Rotatoria su najbrojnije u sredini, dok Cladocera dominiraju u ishrani

U Ljubomirskom polju, na osnovu indeksa značajnosti, ključni bentosni plijen uključuje Gastropoda, Coleoptera i larve Ephemeroptera i Plecoptera. Planktonski organizmi poput Rotatoria, Cladocera i Copepoda predstavljaju važan plijen. Iako su Coleoptera najzastupljeniji u sredini, nisu toliko prisutni u ishrani. S druge strane, puževi Gastropoda su u ishrani zastupljeni slično kao i u sredini, što sugerira da trebinjska gaovica konzumira puževe u skladu s njihovim prisustvom u

okolini. Larve Ephemeroptera i Plecoptera su nešto manje zastupljene u ishrani u odnosu na njihovu brojnost u bentosu. To može biti posljedica veličine ovih larvi, s obzirom na to da su ribe na ovom lokalitetu manje veličine. Nematode su pronađene u crijevnim sadržajima riba, ali i u sredini, dok su Oligochaeta prisutne u sredini, ali ne i u ishrani trebinjske gaovice. Zooplanktonski organizmi su generalno zastupljeniji u ishrani nego u sredini, pri čemu Cladocera čine najveći dio ishrane (58%). Rotatoria i Copepoda su prisutni u sličnom procentu i u ishrani i u sredini.

Na Fatničkom polju, značajan bentosni plijen tokom većeg dijela sezone obuhvata Chironomidae, Oligochaeta, larve Trichoptera, Coleoptera i Hydracarina, dok su Rotatoria i Cladocera istaknuti među planktonskim organizmima. Iako su Simulidae, Hydracarina i Coleoptera prisutni u sredini, njihov značaj u ishrani je manji. Chironomidae, koje su najdominantniji plijen u sredini, čine veliki dio ishrane trebinjske gaovice, sa udjelom od čak 80%. Oligochaeta se pojavljuju u ishrani u sličnom procentu kao i u sredini. Larve Trichoptera su značajne u ishrani, iako nisu prisutne u sredini. Među planktonskim organizmima, najdominantnije su Rotatoria, dok Cladocera čine većinu ishrane trebinjske gaovice. Copepoda su prisutni u sredini, ali imaju manji značaj u ishrani.

U Dabarskom polju, prema indeksima značajnosti, ključni bentosni plijen obuhvata Crustacea, Nematoda i larve Ephemeroptera, dok su među planktonskim organizmima značajni Rotatoria i Cladocera. Iako su Crustacea najzastupljeniji u sredini, njihova uloga u ishrani nije toliko izražena. Drugi bentosni organizmi su također manje prisutni u ishrani u poređenju sa njihovom zastupljenošću u sredini. Planktonski organizmi dominiraju u ishrani, čineći 79% ukupnog plijena. Cladocera, iako subdominantni u sredini, su najzastupljeniji u ishrani trebinjske gaovice na ovom lokalitetu. Rotatoria i Copepoda su prisutni u sličnom procentu i u sredini i u ishrani. Oligochaeta i larve Trichoptera su prisutne u sredini, ali nisu pronađene u crijevima trebinjske gaovice, možda zbog veličine ovih riba, koje su ovdje manje kao i u Ljubomirskom polju.

**Tabela 19.** Pet najznačajnijih kategorija plijena u ishrani vrste *Delminichthys ghetaldii* u pet kraških polja (PP, Popovo; MP, Mokro; DP, Dabarsko; FP, Fatničko; LP, Ljubomirsko) na osnovu parametara AW, AN, F i IRI, predstavljeno u procentima. Prikazane su samo vrijednosti za prvih pet kategorija plijena za svako kraško polje.

	AN	PP	MP	LP	FP	DP
<b>Oligochaeta</b>			3.50		4.54	
<b>Nematoda</b>		45.83				5.47
<b>Crustacea</b>						5.53
<b>Gastropoda</b>				8.20		
<b>Hydracarina</b>						
<b>Chironomidae</b>		9.38	48.95		64.04	
<b>Simulidae</b>			7.69			2.73
<b>Ephemeroptera larvae</b>		4.17				
<b>Plecoptera larvae</b>						
<b>Trichoptera larvae</b>					5.78	
<b>Coleoptera and Heteroptera</b>				7.18		6.85
<b>Rotatoria</b>		9.90	10.49	7.18	7.44	71.19
<b>Cladocera</b>		15.63	23.08	52.82	18.18	
<b>Copepoda</b>				9.23		

## Rezultati

<b>Bacillariophyta</b>					
<b>Chlorophyta</b>					
<b>Dinophyta</b>					
<b>AW</b>	<b>PP</b>	<b>MP</b>	<b>LP</b>	<b>FP</b>	<b>DP</b>
<b>Oligochaeta</b>	8.07	21.89		19.88	
<b>Nematoda</b>	7.58				3.79
<b>Crustacea</b>					25.31
<b>Gastropoda</b>			16.68		
<b>Hydracarina</b>					6.32
<b>Chironomidae</b>	14.68	51.20		43.02	
<b>Simuliidae</b>		7.06			
<b>Ephemeroptera larvae</b>			9.18		
<b>Plecoptera larvae</b>			9.79		
<b>Trichoptera larvae</b>	43.59	9.88		34.47	
<b>Coleoptera and Heteroptera</b>			23.70		12.65
<b>Rotatoria</b>				0.45	
<b>Cladocera</b>	2.64	3.32	18.35	2.17	37.97
<b>Copepoda</b>					
<b>Bacillariophyta</b>					
<b>Chlorophyta</b>					
<b>Dinophyta</b>					
<b>F</b>	<b>PP</b>	<b>MP</b>	<b>LP</b>	<b>FP</b>	<b>DP</b>
<b>Oligochaeta</b>		33.33		16.66	
<b>Nematoda</b>	100				
<b>Crustacea</b>					50.0
<b>Gastropoda</b>			25.0		
<b>Hydracarina</b>	43				
<b>Chironomidae</b>	57	100.0		76.66	
<b>Simuliidae</b>		66.67			
<b>Ephemeroptera larvae</b>			25.0		50.0
<b>Plecoptera larvae</b>			25.0		
<b>Trichoptera larvae</b>	71.43			13.33	
<b>Coleoptera and Heteroptera</b>					
<b>Rotatoria</b>		50.0	25.0	27.0	75.0
<b>Cladocera</b>	57.14	50.0	50.0	40.0	100.0
<b>Copepoda</b>			20.0		50.0
<b>Bacillariophyta</b>					
<b>Chlorophyta</b>					
<b>Dinophyta</b>					
<b>IRI</b>	<b>PP</b>	<b>MP</b>	<b>LP</b>	<b>FP</b>	<b>DP</b>
<b>Oligochaeta</b>		5.78		4.0	
<b>Nematoda</b>	40.98				3.09
<b>Crustacea</b>					10.27
<b>Gastropoda</b>			10.17		
<b>Hydracarina</b>					
<b>Chironomidae</b>	10.55	68.40		80.65	
<b>Simuliidae</b>		6.71			
<b>Ephemeroptera larvae</b>			4.59		
<b>Plecoptera larvae</b>			5.05	5.27	
<b>Trichoptera larvae</b>	26.17				
<b>Coleoptera and Heteroptera</b>			7.57		2.3
<b>Rotatoria</b>	3.66	4.14		2.07	5.0
<b>Cladocera</b>	8.01	9.01	58.21	7.99	72.75
<b>Copepoda</b>					
<b>Bacillariophyta</b>					
<b>Chlorophyta</b>					
<b>Dinophyta</b>					

Selektivnost u ishrani odnosi se na to koliko je određeni plijen privlačan za ribu i procjenjuje se poređenjem procentualnog udjela plijena u sredini (uzorak bentosa/planktona) i u ishrani pomoću Electivity indeksa. Na primjer, iako se Chironomidae često pojavljuju u ishrani, selektivnost prema njima je tokom većeg dijela ispitivanog perioda bila negativna. To znači da, iako su prisutni u velikim količinama, Chironomidae nisu toliko prisutni u ishrani koliko bi se moglo očekivati prema njihovoj brojnosti u sredini. Za većinu drugih tipova plijena, koji su manje prisutni u sredini, indeks selektivnosti pokazuje pozitivnu selekciju, što znači da su zastupljeni u ishrani u većem procentu nego u sredini. Indeks selektivnosti varira od -1 do 1, pri čemu vrijednosti od -1 do -0.3 ukazuju na negativnu selekciju, od -0.3 do 0.3 na neutralnu (Čanak Atlagić i sar. 2021), a od 0.3 do 1 na pozitivnu selekciju (Tabela 20).

Tokom ispitivanog perioda, trebinjska gaovica je pokazala pozitivnu selektivnost prema bentosnim organizmima, dok je za zooplankton selekcija bila neutralna. Selektivnost za najznačajnije tipove plijena analizirana je u pet kraških polja.

Iako su Chironomidae značajan dio ishrane, *D. ghetaldii* ih konzumira u većim proporcijama nego što su prisutni u sredini (pozitivna selekcija) samo u Fatničkom polju. Nasuprot tome, u Ljubomirskom i Dabarskom polju, Chironomidae su konzumirani u manjem procentu nego što se javljaju u sredini (negativna selekcija). U Mokrom i Popovom polju, selekcija je neutralna. *D. ghetaldii* pokazuje preferenciju za Cladocera u svim kraškim poljima, što je indikacija pozitivne selekcije. Larve Trichoptera su pozitivno selekcionisane u Fatničkom polju, dok su u Ljubomirskom i Dabarskom polju negativno selekcionisane, a u Mokrom i Popovom polju neutralno selekcionisane (Tabela 20). Rotatoria su u svim poljima selekcionisane neutralno. *D. ghetaldii* konzumira Hydracarina u manjoj mjeri nego što su prisutni u sredini (negativna selekcija) u Popovom i Fatničkom polju, dok je u Ljubomirskom i Dabarskom polju selekcija neutralna. Selekcija prema larvama Ephemeroptera je neutralna u Ljubomirskom i Popovom polju, dok je u Dabarskom polju negativna. Nematode, koje su najbrojnije u Popovom polju, pokazale su pozitivnu selekciju, dok su Copepoda, koja su prisutna u manjim količinama, takođe selekcionisana pozitivno. U Mokrom polju, pozitivno su selekcionisane samo rijetke larve Simulidae i Tipulidae. U Ljubomirskom polju, pozitivno su selekcionisane Copepoda i Cladocera, koji su dominantni plijen, kao i rijetke Nematode. U Fatničkom polju, pozitivno su selekcionisani rijetki plijen, Oligochaeta i Copepoda. U Dabarskom polju, Nematode i Copepoda, označeni kao rijetki plijen, takođe su selekcionisani pozitivno.

**Tabela 20.** Elektivnost najznačajnijih kategorija plijena u ishrani vrste *Delminichthys ghetaldii* na pet kraških polja (PP, Popovo; MP, Mokro; DP, Dabarsko; FP, Fatničko; LP, Ljubomirsko) klasifikovana je kao pozitivna (+, > 0.3), neutralna (0, -0.3–0.3) ili negativna (–, <–0.3) selekcija.

<b>Delminichthys ghetaldii</b>					
<b>Kategorija plijena</b>	<b>PP</b>	<b>MP</b>	<b>LP</b>	<b>FP</b>	<b>DP</b>
<b>Nematoda</b>	+	-	+	-	+
<b>Oligochaeta</b>	o	o	-	+	-
<b>Crustacea</b>	o	-	-	-	-
<b>Gastropoda</b>	-	-	o	-	-
<b>Hydracarina</b>	-	-	o	-	O
<b>Simulidae</b>	-	o	-	-	-
<b>Chironomidae</b>	o	o	-	+	-
<b>Tipulidae, Tabanidae</b>	-	+	-	-	-
<b>Ephemeroptera larvae</b>	o	-	o	-	-
<b>Plecoptera larvae</b>	-	-	o	-	-
<b>Trichoptera larvae</b>	o	o	-	+	-
<b>Coleoptera larvae</b>	-	-	-	-	-
<b>Rotatoria</b>	o	o	o	o	O
<b>Cladocera</b>	-	-	+	-	O
<b>Copepoda</b>	+	o	+	+	+

#### 4.4.5.3. Preklapanje ishrane između polja

Indeks preklapanja ishrane određen je za sve kombinacije između kraških polja, i u većini slučajeva zabilježeno je vrlo nisko preklapanje, s vrijednostima bliskim nuli. Međutim, u četiri slučaja, preklapanje je bilo gotovo potpuno, s vrijednostima bliskim jedan (Tabela 21). Najveće nepodudaranje u ishrani primjećeno je između Ljubomirskog i Mokrog polja, kao i između Fatničkog i Dabarskog polja. S druge strane, najizraženije preklapanje zabilježeno je između Mokrog i Fatničkog polja te između Ljubomirskog i Dabarskog polja. Ovi rezultati ukazuju na to da su neka kraška polja imala vrlo slične prehrambene navike, dok su druga pokazivala značajne razlike.

**Tabela 21.** Preklapanje ishrane vrste *Delminichthys ghetaldii* među pet polja (PP, Popovo; MP, Mokro; DP, Dabarsko; FP, Fatničko; LP, Ljubomirsko), visoko preklapanje je označeno sjenčenjem (0–1, nisko–visoko).

	<b>PP</b>	<b>MP</b>	<b>LP</b>	<b>FP</b>	<b>DP</b>
<b>PP</b>		0.26	0.20	0.27	0.21
<b>MP</b>	0.26		0.11	0.99	0.14
<b>LP</b>	0.20	0.14		0.12	0.96
<b>FP</b>	0.27	0.99	0.12		0.11
<b>DP</b>	0.21	0.14	0.96	0.11	

#### 4.4.6. *Telestes dabar*

##### 4.4.6.1. Analiza ishrane prema broju (AN) i težini (AW) plijena, frekvencija javljanja (F) i indeksa relativnog značaja (IRI).

Analizirana je ishrana 39 jedinki vrste *T. dabar*. Analiza je sprovedena za dva kraška polja, a najveći broj plijena u želucu jedne jedinke dostigao je 233, uz identifikaciju 34 različite vrste organizama.

Na nivou populacije, ishrana se značajno oslanjala na fitoplankton, koji je činio 95.5% ukupne ishrane prema srednjoj vrijednosti indeksa relativnog značaja (IRI), dok je bentosni plijen bio najmanje prisutan, a zooplankton činio samo 4%.

Prema indeksima značajnosti (AW, AN, F, IRI), na Fatničkom polju, među prvih pet tipova plijena od bentosnih organizama izdvajaju se Chironomidae, dok su među zooplanktonom značajni Rotatoria i Cladocera. Od fitoplanktona, najvažniji su Bacillaryophyta, Chlorophyta i Dinophyta.

U Dabarskom polju, slični obrasci su primijećeni. Prema indeksima značajnosti, među prvih pet tipova bentosnog plijena nalaze se larve Chironomidae i Simulidae, dok su od zooplanktona značajni Rotatoria i Cladocera. Fitoplanktonski organizmi, uključujući Bacillaryophyta, Chlorophyta i Dinophyta, također igraju ključnu ulogu. Iako se bentosne zajednice razlikuju između ovih polja, postoji određena sličnost u prehranbenom sastavu.

Chironomidae, koji su prisutni u sredini i bentosnoj zajednici, čine značajan dio ishrane ove ribe. Coleoptera, iako prisutni u sredini, imaju mali značaj u ishrani. Hydracarina, prisutna u sredini na Fatničkom polju, nisu značajna u ishrani *T. dabar*. Trichoptera se pojavljuju u Dabarskom polju, ali nisu prisutni u ishrani. Grupa Oligochaeta nije zabilježena u ishrani, iako je prisutna u sredini.

**Tabela 22.** Pet najznačajnijih kategorija plijena u ishrani vrste *Telestes dabar* u dva kraška polja (DP, Dabarsko; FP, Fatničko), na osnovu parametara AW, AN, F i IRI, predstavljeno u procentima. Prikazane su samo vrijednosti za prvih pet kategorija plijena za svako kraško polje.

	AN	FP	DP
<b>Oligochaeta</b>			
<b>Nematoda</b>			
<b>Crustacea</b>			
<b>Gastropoda</b>			
<b>Hydracarina</b>			
<b>Chironomidae</b>		1.54	
<b>Simulidae</b>			
<b>Ephemeroptera larvae</b>			
<b>Plecoptera larvae</b>			
<b>Trichoptera larvae</b>			
<b>Coleoptera and Heteroptera</b>			
<b>Rotatoria</b>		1.54	4.29
<b>Cladocera</b>			4.29
<b>Copepoda</b>			1.43
<b>Bacillariophyta</b>		92.31	73.33
<b>Chlorophyta</b>		1.54	6.19

## Rezultati

<b>Dinophyta</b>	1.54	
<b>AW</b>	<b>FP</b>	<b>DP</b>
<b>Oligochaeta</b>		
<b>Nematoda</b>		
<b>Crustacea</b>		
<b>Gastropoda</b>		
<b>Hydracarina</b>		
<b>Chironomidae</b>		7.52
<b>Simuliidae</b>		7.52
<b>Ephemeroptera larvae</b>		
<b>Plecoptera larvae</b>		5.01
<b>Trichoptera larvae</b>		
<b>Coleoptera and Heteroptera</b>		7.52
<b>Rotatoria</b>		
<b>Cladocera</b>	6.43	
<b>Copepoda</b>	3.86	
<b>Bacillariophyta</b>	75.58	52.90
<b>Chlorophyta</b>	9.0	
<b>Dinophyta</b>	3.86	
<b>F</b>	<b>FP</b>	<b>DP</b>
<b>Oligochaeta</b>		
<b>Nematoda</b>		
<b>Crustacea</b>		
<b>Gastropoda</b>		
<b>Hydracarina</b>		
<b>Chironomidae</b>		
<b>Simuliidae</b>		
<b>Ephemeroptera larvae</b>		
<b>Plecoptera larvae</b>		
<b>Trichoptera larvae</b>		
<b>Coleoptera and Heteroptera</b>		
<b>Rotatoria</b>	50.0	20.0
<b>Cladocera</b>	50.0	10.0
<b>Copepoda</b>		
<b>Bacillariophyta</b>	100.0	56.67
<b>Chlorophyta</b>	50.0	16.67
<b>Dinophyta</b>	50.0	20.0
<b>IRI</b>	<b>FP</b>	<b>DP</b>
<b>Oligochaeta</b>		
<b>Nematoda</b>		
<b>Crustacea</b>		
<b>Gastropoda</b>		
<b>Hydracarina</b>		
<b>Chironomidae</b>		0.71
<b>Simuliidae</b>		
<b>Ephemeroptera larvae</b>		
<b>Plecoptera larvae</b>		
<b>Trichoptera larvae</b>		
<b>Coleoptera and Heteroptera</b>		
<b>Rotatoria</b>	2.17	2.02
<b>Cladocera</b>	1.47	1.64
<b>Copepoda</b>		
<b>Bacillariophyta</b>	91.27	90.04
<b>Chlorophyta</b>		
<b>Dinophyta</b>		

#### 4.4.6.2. Indeks selektivnosti

Analiza ishrane *T. dabar* u dva različita kraška polja otkrila je specifične obrasce selektivnosti prema različitim vrstama plijena. Istraživanje je pokazalo značajne razlike u preferencijama za pojedine tipove hrane, koje su jasno predstavljene u Tabeli 23. Tokom istraživanog perioda, primjećeno je da dabarska gaovica ispoljava negativnu selektivnost prema bentosnim organizmima i zooplanktonu, dok se pokazuje pozitivan odnos prema fitoplanktonu.

U Fatničkom polju, iako su larve porodice Chironomidae najzastupljenije u bentosnoj zajednici, dabarska gaovica ih konzumira u manjoj mjeri nego što bi se očekivalo na osnovu njihovog prisustva u ekosistemu, što ukazuje na negativnu selekciju. S druge strane, silikatne alge iz razdela Bacillariophyta, koje su prisutne u relativno malim količinama u ovom staništu, bile su pozitivno selektovane. To znači da ove alge čine značajan dio ishrane ribe, uprkos njihovoj niskoj zastupljenosti u okolini. Takođe, zelene alge (Chlorophyta) su pokazale sličan obrazac pozitivne selektivnosti. Kada je riječ o račićima iz reda Copepoda i vatrenim algama (Dinophyta), primjećena je neutralna selektivnost, što znači da njihovo prisustvo u ishrani odgovara njihovoj zastupljenosti u okruženju. Druge kategorije plijena, uključujući razne bentosne organizme, bile su pod negativnom selekcijom, što sugerše manju upotrebu ovih izvora hrane.

U Dabarskom polju, prisutnost račića *Gammarus fossarum*, dominantne vrste u bentosnoj zajednici, takođe nije rezultirala proporcionalnom potrošnjom. Ovaj plijen je bio pod negativnom selekcijom, što znači da su ga ribe konzumirale u manjoj količini nego što je bio prisutan u ekosistemu. Račići iz reda Cladocera, koji su bili manje prisutni u staništu, takođe su pokazali negativnu selektivnost, što ukazuje na relativno nisku upotrebu ovog plijena. Zanimljivo je da je rijetki plijen, poput rotatorija (Rotatoria) iz zooplanktona, zajedno sa zelenim i vatrenim algama iz fitoplanktona, imali neutralnu selektivnost. U ovom polju, jedino su silikatne alge bile pozitivno selektovane, što ukazuje da dabarska gaovica preferira ovaj tip hrane u znatno većoj mjeri nego što se očekuje na osnovu njihove rasprostranjenosti u sredini.

Za potrebe ove analize selektivnosti, ishrana dabarske gaovice je upoređena sa uzorcima bentosa i planktona prikupljenim iz oba polja. Ovi uzorci korišćeni su za procjenu udjela različitih kategorija plijena u staništu, prema metodi AN. U svakom od polja, analiziran je sastav makrozoobentosa i planktona, a zatim je upoređen sa prisustvom tih organizama u ishrani riba. Posebna pažnja posvećena je ključnim kategorijama plijena, među kojima su Chironomidae, Trichoptera, Hydracarina i Ephemeroptera iz makrozoobentosa, te Rotatoria i Cladocera iz zooplanktona. Takođe, Bacillariophyta iz fitoplanktona bila je u fokusu zbog svoje važnosti u ishrani dabarske gaovice (Tabela 23).

Ovi podaci pružaju uvid u obrasce ishrane i ekološke preferencije dabarske gaovice, što je od ključnog značaja za razumjevanje dinamike ekosistema kraških polja i održavanje populacija ove endemske vrste. Razlike u selektivnosti između polja ukazuju na to da različiti ekološki uslovi, poput sastava zajednica plijena i dostupnosti hrane, mogu značajno uticati na ishranu riba u ovim specifičnim staništima.



**Tabela 23.** Elektivnost najznačajnijih kategorija plijena u ishrani *Telestes dabar* na dva kraška polja (DP, Dabarsko; FP, Fatničko) klasifikovana je kao pozitivna (+, > 0.3), neutralna (0, -0.3–0.3) ili negativna (–, <–0.3) selekcija.

Kategorija plijena	FP	DP
Nematoda	-	-
Oligochaeta	-	-
Crustacea	-	-
Gastropoda	-	-
Hydracarina	-	-
Simulidae	-	-
Chironomidae	-	-
Tipulidae, Tabanidae	-	-
Ephemeroptera larvae	-	-
Plecoptera larvae	-	-
Trichoptera larvae	-	-
Coleoptera larvae	-	-
Rotatoria	-	O
Cladocera	-	-
Copepoda	o	-
Bacillariophyta	+	+
Chlorophyta	+	O
Dinophyta	o	O

#### 4.4.6.3. Preklapanje niša

Analiza preklapanja ishrane između vrsta *D. ghetaldii* i *T. dabar* u kraškim poljima Fatničko i Dabarsko koristila je Piankin indeks preklapanja, koji se često koristi za procjenu sličnosti u ishrani među vrstama. Ovaj indeks ima skalu od 0 do 1, gdje vrijednost veća od 0.6 ukazuje na značajan stepen preklapanja u ishrani između dvije vrste. U ovom istraživanju, rezultati su pokazali izrazito nisko preklapanje u ishrani između *D. ghetaldii* i *T. dabar* u oba kraška polja, sa vrijednostima koje iznose svega 0.01. Ovakvi rezultati upućuju na to da ove dvije vrste, iako koegzistiraju u istim staništima, imaju vrlo različite prehrambene navike i preferencije.

S druge strane, analiza preklapanja ishrane unutar same vrste *Telestes dabar*, koja je obuhvatila poređenje između Fatničkog i Dabarskog polja, otkrila je gotovo potpunu sličnost. Vrijednost Piankinog indeksa u ovom slučaju iznosi 0.99, što ukazuje na visok stepen preklapanja u ishrani *T. dabar* između ova dva polja. To sugerirše da bez obzira na razlike u sredinskim uslovima i dostupnosti resursa u različitim kraškim poljima, ova vrsta zadržava sličan način ishrane.

Ovi nalazi naglašavaju ekološke razlike između dvije vrste riba koje dijele stanište. *D. ghetaldii*, iako se nalazi u istim ekosistemima, očigledno koristi drugačije resurse u poređenju sa *T. dabar*.

## **5 DISKUSIJA**



## 5.1. Karakteristike staništa, fizičke odlike

U ovom istraživanju praćeno je pet populacija trebinjske gaovice i dvije populacije dabarske gaovice tokom četiri godine na pet odabranih lokaliteta s različitim karakteristikama staništa. Uzorkovanje je obavljeno u periodu od 2016. do 2019. godine. Godina 2016. bila je jedna od najsušnijih u ovom regionu, te polja uopšte nisu plavila. U 2017. godini, iako su polja plavila tokom jeseni, bilo je više neuspješnih pokušaja hvatanja riba. Konačno, u proljeće 2018. godine, sve pomenute jedinke su uhvaćene, ali u ograničenom broju po polju. Naknadni pokušaji takođe nisu donijeli uspjeh, što dodatno ukazuje na izazove koje postavljaju prirodni uslovi i klimatske promjene u proučavanju i očuvanju ovih endemskih vrsta. Važno je istaknuti da je u ovom istraživanju zabilježen neravnomjeran broj prikupljenih jedinki, što je neizbježan rezultat specifičnosti kraškog terena i endemskog karaktera ovih vrsta. Klimatske promjene dodatno otežavaju situaciju, jer polja više ne plave kao ranije, što direktno ugrožava opstanak ovih riba. Nadzemni dio njihovog životnog ciklusa, koji uključuje hranjenje i mriješćenje, postaje sve ugroženiji zbog sve kraćih perioda plavljenja.

Cilj je bio utvrditi kako specifičnosti sredine u kojoj ove gaovice žive utiču na njihov spoljašnji izgled i oblik, istražiti moguće morfološke razlike između pet populacija *Delminichthys ghetaldii* iz pet kraških polja, kao i između dvije populacije *Telestes dabar* iz dva kraška polja. Takođe, proučavano je kako specifičnosti staništa utiču na njihovo ponašanje u ishrani, selektivnost i preklapanje niša. Rezultati su pokazali da trebinjska gaovica ima predatorsko ponašanje, dok dabarska gaovica ima planktivorno ponašanje, te da ove dvije vrste žive u sintopiji, ali ne i u simpatriji.

*Delminichthys ghetaldii* je na IUCN Crvenoj listi kategorizovan kao ranjiva vrsta (VU), dok *Telestes dabar* nije uvršten na listu zbog nedostatka podataka, s obzirom na to da je riječ o novootkrivenoj vrsti. Ipak, s obzirom na vrlo ograničenu distribuciju, *T. dabar* bi vjerovatno trebao biti klasifikovan kao ugrožena vrsta.

Karakteristična staništa ovih vrsta ukazuju na izazove za njihov opstanak. Kraška polja se međusobno razlikuju. Na primjer, kroz Ljubomirsko i Dabarsko polje protiče potok koji ima karakteristike tipičnog krečnjačkog vodotoka, s hladnom vodom koja presušuje tokom ljetnih mjeseci, visokim konduktivitetom i ukupnom tvrdoćom. S druge strane, na lokalitetima Fatničko i Mokro polje, podlogu čine metamorfne stijene, što ih čini gotovo inertnim u poređenju s krečnjakom. Razlike između lokaliteta evidentne su u konduktivitetu, količini suspendovanih čestica i temperaturi vode. Konkretno, Popovo polje se razlikuje po niskom konduktivitetu, prisustvu krupnih stijena u koritu i okruženju visokog drveća.

Razlike u ishrani i rastu ovih riba povezane su s dostupnošću vodenih beskičmenjaka koji naseljavaju dno, plivaju u vodi ili ih nosi vodena struja. Analiza kvantitativnih i kvalitativnih uzoraka bentosa s različitih lokaliteta otkriva značajne varijacije u zajednicama vodenih beskičmenjaka. Na primjer, u Dabarskom polju zabilježena je veća abundanca bentosne zajednice, posebno s dominacijom račića *Gammarus fossarum*, što ukazuje na povoljne uslove za rast i ishranu riba na ovom lokalitetu.

S druge strane, Popovo i Ljubomirsko polje pokazuju veću raznolikost bentosnog plijena, ali s nižom abundancom u poređenju s Dabarskim poljem. Ova raznolikost može uticati na različite aspekte ishrane i rasta, zavisno od specifičnih potreba riba za određenim vrstama plijena.

Mokro polje se izdvaja kao najsiromašnije po abundanci i biomasi bentosnog plijena, što može negativno uticati na ishranu i rast riba na ovom lokalitetu. Sličan obrazac se primećuje i u planktonskim zajednicama, gdje Dabarsko polje ima najvišu abundancu organizama, pružajući bogat izvor hrane za ribe. Nasuprot tome, Mokro polje se ističe najnižom raznolikošću i abundancom planktonskog plijena, što dodatno naglašava razlike u uslovima ishrane između lokaliteta.

Ove razlike mogu biti rezultat različitih ekoloških faktora kao što su vodni režim, temperatura, i dostupnost hranljivih materija, što sve zajedno utiče na strukturu i dinamiku zajednica vodenih beskičmenjaka, a time i na ishranu i rast riba. Dakle, lokalni ekološki uslovi igraju ključnu ulogu u oblikovanju prehrambenih resursa i mogu značajno uticati na vitalne procese ovih endemskih riba.

## 5.2. Opšti odnosi među OTU-ima

Postojale su jasne razlike između *D. ghetaldii* iz pet kraških polja u vezi sa oblikom njihove glave (i dužinom i širinom), kao i određenim drugim morfometrijskim karakteristikama. Ovaj rad potvrđuje prethodna istraživanja Dekić i sar. (2017) gde je navedeno da su *D. ghetaldii* iz Fatničkog i Ljubomirskog kraškog polja različiti u morfometriji, dok Mustafić i sar. (2016) tvrde isto za one iz Dabarskog i Fatničkog kraškog polja. Karakteri koji su imali najznačajniji uticaj na varijaciju između vrsta iz Dabarskog i Fatničkog kraškog polja su visina tijela i dužina glave, što je u skladu sa Mustafić i sar. (2016). Lukač i saradnici (2024) su uporedili jedinke iz Fatničkog, Dabarskog i Ljubomirskog polja. Dabarsko Polje se izdvojilo najnižim vrijednostima svih linearnih mjerenja, dok je Fatničko Polje karakterisano najvišim vrijednostima i/ili najvišim prosječnim vrijednostima svih linearnih mjerenja, što je komplementarno sa ovim rezultatima. Takođe, utvrdili su da se populacija iz Dabarskog Polja značajno razlikuje od populacije iz Fatničkog Polja, što je u skladu sa ovim mjerenjima. Naglašeno je da nije nađena statistički značajna razlika između populacija u Ljubomirskom i Fatničkom polju u horizontalnom očnom dijametru, maksimalnoj širini glave i visini repne drške što se potpuno slaže sa ovim rezultatima. Ipak naglašeno je da nema razlika u maksimalnoj visini tijela između ove dvije populacije, dok je ovo istraživanje pokazalo statističku značajnost u toj mjeri. Ovi rezultati potvrđuju da se jedinke iz Ljubomirskog Polja uglavnom preklapaju u svim osobinama sa jedinkama iz Dabarskog Polja. Iako se ekološke karakteristike tih lokaliteta razlikuju, postulirane su podzemne migracije, ali nikada nisu bile detaljno proučene. Ova analiza UPGMA klasterovanja otkrila je morfološku sličnost *D. ghetaldii* iz Dabarskog i Ljubomirskog OTU-a, kao i između OTU-a iz Mokrog i Fatničkog kraškog polja (Berak Čihorić i sar., 2024) Značajno je da su određene morfometrijske karakteristike koje su imale jedinstvenu varijabilnost, što je rezultiralo njihovim odstupanjem od normalne distribucije kada su testirane univarijantno, bile istaknute u diskriminaciji. Na primjer, horizontalni prečnik oka imao je najveću moć diskriminacije na drugom diskriminantnom korijenu. Diskriminisao je OTU-ove iz kraških

polja Mokro i Fatničko, a u kombinaciji sa međuočnom širinom određivao je sličnost između dva glavna klastera koji obuhvataju OTU-ove iz drugih kraških polja. Slično tome, maksimalna širina glave diskriminisala je OTU-ove iz Dabarskog i Popovog kraškog polja od svih ostalih. Nijedna od karakteristika koja je značajna za diferencijaciju polova nije značajno odstupala od normalne distribucije niti je imala veliku ukupnu moć diskriminacije, što implicira slab seksualni dimorfizam kod *D. ghetaldii* (Berak Čihorić i sar., 2024).

### 5.3. Veza između geologije i morfologije

Trebišnjica, nekada najduža rijeka ponornica u Evropi, imala je izuzetno složen hidrološki sistem koji se protezao na 326 km, od izvora Dobra Voda do Čemerna, a zatim nastavljao ka Dubrovačkoj rijeci do Jadranskog mora. Tok rijeke se smjenjivao između površinskih i podzemnih dijelova, što je izazvalo da lokalno stanovništvo daje različite nazive svakom dijelu toka, ne znajući za njihovu međusobnu povezanost. Sistem Trebišnjice karakteriše podzemna bifurkacija u kraškom Fatničkom polju, gde se voda dijeli u dva smjera: prema slivu Trebišnjice i prema rijeci Neretvi. Ova bifurkacija pruža objašnjenje za primjećene sličnosti u morfološkim karakteristikama *Delminichthys ghetaldii* između jedinki iz Fatničkog i Mokrog polja.

S obzirom na to da Dabarsko polje pripada slivovima obje rijeke, Trebišnjice i Neretve, postoji mogućnost miješanja populacija između različitih kraških polja. Najznačajniji ponor na ovom polju je Ponikva. Rijeka Vrijeka, sa pritokom, rijekom Pribitul, čini osnovni tok koji se gubi u ponoru Ponikva (Pecelj, 1989). U Ljubomirskom kraškom polju postoji podzemna veza sa izvorima duž desne obale rijeke Trebišnjice. Sličnost OTU-a sa ovih lokacija može se pripisati mjestima uzimanja uzoraka na potoku Vrijeka u Dabarskom kraškom polju i na Ljubomirskom potoku u Ljubomirskom kraškom polju, koje pripadaju površinskim tokovima. To bi bilo u suprotnosti sa drugim poljima gdje su jedinke *D. ghetaldii* uzorkovane direktno iz poplavljenih polja, gdje su se našle uslijed pećinske precipitacije ili iz estavela. *D. ghetaldii* iz Dabarskog kraškog polja ima neke zajedničke morfološke karakteristike, poput horizontalnog očnog dijametra i postorbitalne udaljenosti, sa onima iz Ljubomirskog kraškog polja.

Međutim, najkarakterističnija i najizolovanija OTU dolazi iz Popovskog kraškog polja. Morfološke razlike između *D. ghetaldii* jedinki iz Popovog polja, naročito u pogledu dužine glave (HL), maksimalne širine glave (MHW), interorbitalne širine (IW) i horizontalnog očnog dijametra, potvrđuju teoriju da u poređenju sa OTU-ima iz Dabarskog i Ljubomirskog kraškog polja, OTU-i iz Mokrog i Fatničkog kraškog polja ispoljavaju veću sličnost. Ovaj zaključak je u skladu sa Steindachner (1882), koji je isprva opisao ovu vrstu kao *Paraphoxinus ghetaldii*, dok je drugu vrstu u Popovom kraškom polju nazvao *Paraphoxinus pstrossi*. On je dakle prepoznao razlike između vrsta iz Popovog kraškog polja i onih iz drugih kraških polja Istočne Hercegovine. Ova podjela se održala sve do skorije rađenih molekularnih analiza gdje su Palandačić i sar. (2010), koristeći DNK sekvence, ustanovili da *D. ghetaldii* iz Ljubomirskog kraškog polja predstavlja sestrinsku grupu sa populacijama *D. ghetaldii* u kraškom Popovom polju. Donji tok rijeke Trebišnjice protiče kroz Popovo kraško polje različito od ostalih zbog svog „krivudavog oblika” poput doline „svake druge obične rijeke” (Absolon, 1916), stoga Absolon prihvata tvrdnje Cvijića (1918) da je ovo kraško

polje „čist rezultat riječnog toka” (Spahić, 2015).

#### 5.4. Morfometrijske karakteristike

Razumijevanje osnovnih uzroka morfoloških razlika među populacijama riba predstavlja složen zadatak, koji uključuje interakciju genetskih faktora i uslova životne sredine. Prema istraživanjima, morfološke karakteristike riba oblikuju ne samo genetski faktori, već i specifični uslovi životne sredine u kojima se jedinke razvijaju, posebno tokom ranih faza njihovog životnog ciklusa, kada su najosjetljivije na spoljašnje uticaje. Ova morfološka plastičnost omogućava ribama da se prilagode različitim ekološkim uslovima, što može dovesti do značajnih varijacija u njihovim morfološkim osobinama između različitih populacija.

Morfološke razlike koje smo uočili među populacijama sa različitih lokacija mogu se pripisati specifičnim uslovima životne sredine koji su jedinstveni za svako područje. Osim toga, diferencijacija među populacijama iz susjednih lokaliteta može biti rezultat geografske izolacije, što je proces koji dovodi do ograničene genetičke razmjene između populacija i, samim tim, do diverzifikacije morfoloških karakteristika. Ovaj fenomen je opširno diskutovan u literaturi, gdje se ističe značaj parametara životne sredine u oblikovanju morfometrijskih osobina i uloge ovih osobina u diferencijaciji ribljih populacija.

Analizom varijanse (ANOVA) ustanovljen je polni dimorfizam u okviru 4 od 21 proučavanih morfometrijskih karaktera. Konkretno, mužjaci su bili uočljivo različiti od ženki radi kraće udaljenosti P-V i V-A, dužeg repnog peraja i repne drške. Ovi rezultati su u skladu sa rezultatima Bogutskaya i Zupančič (2003); međutim, oni su takođe identifikovali polni dimorfizam u dužim pektoralnim perajima kod mužjaka, karakteru koji u ovom istraživanju nije pokazao statističku značajnost ( $p = 0.0568$ ). Takođe, veća visina dorzalnog peraja pokazala je statističku značajnost među jedinkama neodređenog pola, što sugerise na prisustvo jasnog polnog dimorfizma. S obzirom na ove razlike, opravdano je pretpostaviti da su od tri jedinke iz Dabarskog kraškog polja neodređenog pola, dvije bile mužjaci, dok je jedna bila ženka (Tabela 7).

Ovo istraživanje potvrđuje da je polni dimorfizam relativno suptilan, pri čemu mužjaci i ženke izgledaju gotovo identično golim okom, sa izuzetkom izražene genitalne papile koja se opaža kod ženki. Zaključno, rezultati ovog istraživanja ističu suštinski uticaj različitih kraških polja na morfometrijsku varijabilnost izraženu kod *D. ghetaldii*. Ustanovljena je heterogena morfologija među OTU-ima *D. ghetaldii* u pet istočno-hercegovačkih kraških polja. Osim toga, identifikovane su razlike između polova u četiri morfometrijska karaktera.

Kod *Telestes dabar* univarijantno testiranje ANOVA je pokazalo razlike između polova. Polni dimorfizam ( $df = 1,70$ ) u objedinjenim uzorcima OTU-a primećen je kod tri karaktera: mužjaci su imali dublje dorzalne peraje, duža grudna peraja koja često doseže početak ventralnog peraja, dok su ventralne peraje bile duže često dosežući početak analne peraje kod mužjaka. Dakle, kao i kod *D. ghetaldii* polni dimorfizam je veoma suptilan, mužjaci i ženke izgledaju gotovo identično golim okom, sa izuzetkom da zreli mužjaci imaju male, ali uočljive konične razmnožavajuće mresne kvržice. Pretpostavka je da mala veličina uzorka u Fatničkom polju

predstavlja ograničenje ove studije. Postoji vjerovatnoća da bi bilo razlike u morfološkim parametrima između dva polja kao kod *T. dabar* da imamo malo veći uzorak ovih riba u Fatničkom polju. Međutim, izgleda da je populacija koja nastanjuje ovo polje vrlo mala.

## 5.5. Merističke karakteristike

Nisu otkrivene značajne razlike u merističkim karakteristikama između muških i ženskih primjeraka *D. ghetaldii*. Abdominalni dio je izdužen, sa najčešćom vertebralnom formulom 22+18 ili 21+18, praćeno sa 14-15 i ne tako često 13, preddorzalnih pršljenova. Slično, 21-23 abdominalnih pršljenova i 17-19 kaudalnih pršljenova predstavljalo je obrazac karakterističan za ovu vrstu. Raspon broja prekaudalnih pterigofora analnog peraja kretao se od 2 do 4, dok je ukupan broj pršljenova bio između 38 i 42. Ova saznanja potpuno se podudaraju s istraživanjima Bogutskaye i Zupančića (2003), posebno u vezi s preovladavajućim vertebralnim formulama od 21+18 i često uočenim obrazcem sa 14 preddorzalnih pršljenova. Takođe, zabilježeni broj prekaudalnih pterigofora analnog peraja obično iznosi 3, ponekad 4, a rijetko 2, što se slaže s rezultatima ovog istraživanja. Ujednačenost je ostala prisutna u broju negranatih žbica u dorzalnom peraju u svih pet polja, kao i u stalnom broju granatih žbica u analnom peraju između upoređivanih OTU-ova. Takođe, gotovo isti broj granatih žbica u dorzalnim perajama (D) ostao je konzistentan u svim poljima. Manji raspon varijacija uočen je u broju pterigofora predkaudalnog A peraja unutar svih OTU-ova, kao i u ukupnom broju pršljenova. Osim toga, meristički karakteri zajedno sugerišu nedostatak uočljivog odstupanja između polova.

Važno je napomenuti da meristički osteološki karakteri unutar pet OTU-ova *D. ghetaldii*, kao i između polova, nisu pokazali značajne razlike (Berak Čihorić i sar. 2024). Ova saznanja značajno doprinose boljem razumijevanju biologije ove osjetljive vrste i postavlja temeljni okvir za efikasnu strategiju očuvanja na širem području.

Nisu primjetne značajne razlike u merističkim karakteristikama između dvije populacije *T. dabar* kao i između muških i ženskih jedinki *T. dabar*. Abdominalni dio je izdužen, sa najčešćom vertebralnom formulom od 22+17 ili 22+18, praćenom sa 13-15 preddorzalnih pršljenova. Slično tome, raspon od 21-23 abdominalnih pršljenova i 17-19 kaudalnih pršljenova predstavlja karakterističan obrazac za ovu vrstu. Broj prekaudalnih pterigofora analnog peraja varira od 3 do 4, dok je ukupan broj pršljenova između 38 i 42. Ova saznanja potpuno se poklapaju sa istraživanjima Bogutskaya i sar (2012), naročito u vezi sa preovlađujućim vertebralnim formulama od 22+17 i 22+18 i čestim obrazcem sa 14 preddorzalnih pršljenova. Takođe, zabilježeni broj prekaudalnih pterigofora analnog peraja obično iznosi 3, ponekad 4, što se podudara sa rezultatima ovog istraživanja. Ujednačenost je ostala prisutna u broju negranatih žbica u dorzalnom peraju, kao i u konstantnom broju granatih žbica u analnom peraju između upoređenih OTU-ova. Takođe, gotovo identičan broj granatih žbica u dorzalnim perajama (D) ostao je dosljedan u oba polja. Dakle, meristički karakteri zajedno sugerišu nedostatak uočljivih razlika između polova.



## 5.6. Ishrana

Ispitivanje prehrambenih navika riba putem analize sadržaja crijeva igra ključnu ulogu u ekologiji riba kako bi se proučavali trofički odnosi unutar vodenih zajednica (Fagbenro et al., 2000). Trenutno nema dostupnih podataka u literaturi o prirodnoj ishrani *D. ghetaldii* i *T. dabar*, što onemogućava direktno upoređivanje s informacijama dobijenim u ovom istraživanju. Nedostatak podataka takođe se primjećuje u literaturi u vezi s ishranom drugih vrsta unutar roda *Delminichthys*. Što se tiče ishrane roda *Telestes*, razna istraživanja pružaju različite informacije. Naša istraživanja se podudaraju s nalazima Vukovića (1985), koji je primjetio da *T. souffia* iz rijeke Drine pokazuje omnivorno ponašanje, s većim unosom biljnog materijala. Ovo opažanje kategorizuje vrstu kao zoofitofagnu podgrupu, što podržava i Krivokapić (1992) za *T. montenegrinus*. Međutim prema Marčiću i sar. (2017), ishrana *T. karsticus* i prema Zanella i sar. (2009), ishrana *T. ukleva* pretežno je sastavljena od vodenih insekata. Ipak, ta istraživanja sugerišu da se ove vrste ne mogu striktno kategorizovati kao vrste koje se hrane insektima, jer su u njihovoj ishrani pronađene i druge kategorije vodenih beskičmenjaka, riba i algi.

Ovo istraživanje predstavlja prve uvide u prehrambene navike ovih endemičnih vrsta unutar izolovanih kraških polja koja se karakterišu brojnim jamama i pećinama. Istraživanje obuhvata primjenu četiri indeksa značaja plijena, procjene selektivnosti i procjene preklapanja ishrane, kako među populacijama *D. ghetaldii* širom svih kraških polja, tako i između *D. ghetaldii* i *T. dabar* u dva kraška polja gdje koegzistiraju u simpatriji. Na taj način otkrivaju se sličnosti u konzumaciji određenih kategorija plijena unutar populacija *D. ghetaldii*, kao i značajne razlike u ishrani između ove dvije vrste koje koegzistiraju u simpatriji.

Intenzitet i učestalost hranjenja direktno su povezani sa veličinom obroka i vremenom varenja (Fänge i Grove, 1979). Stoga su veći primjerci pokazivali smanjenu učestalost hranjenja u poređenju sa mlađim jedinkama. Sličan trend primjećen je kod različitih vrsta riba (Martin, 1970) i povezan je sa energetske troškovima koji proizlaze iz procesa dobijanja hrane, s obzirom da se metabolička aktivnost obično smanjuje sa starenjem ili veličinom (Webb, 1978).

Struktura veličine i težina varirale su među pet populacija *D. ghetaldii*. Naime, jedinke iz Ljubomirskog i Dabarskog kraškog polja značajno su manje i lakše od jedinki u ostala tri polja. Ove populacije konzumirale su sitniji plijen, tj. plankton, kao dominantan izvor svoje ishrane, uprkos prisustvu obilne ponude makroinvertebrata u okolini. Razlog za ovaj fenomen nije potpuno jasan, ali vjerovatno igra ulogu tip staništa. Konkretno, vrste iz ova dva polja pronađene su u malim potocima, dok su ostale tri populacije uhvaćene u poplavljenim poljima ili direktno iz pećina. Nije bilo značajnih razlika u veličini tijela i težini između dvije populacije *T. dabar*.

Nalazi ovog istraživanja otkrivaju da *D. ghetaldii* pokazuje zoofagni način ishrane, odnosno, mesojednu ishranu, u kraškim poljima Istočne Hercegovine. Vrsta obuhvata širok spektar ishrane, uključujući Rotifere, Copepode, Cladocere, Chironomidae, Nematode, Oligohaete, Crustacea, Trichoptera, Coleoptera, Plecoptera, Diptera i Ephemeroptera. S obzirom na njihovu veličinu, razumno je pretpostaviti da funkcionišu kao predatori, selektivno loveći pojedinačni plijen umesto da koriste ram hranjenje ili filtraciju. Od pet kraških polja, larve Chironomidae bile su dominantne u ishrani *D. ghetaldii* u dva od njih (Mokro i Fatničko), dok su Cladocera dominirala u

Ljubomirskom i Dabarskom kraškom polju, a Nematode prevladavale u Popovom polju. Dulić i sar. (2011) su dokumentovali značajan udio Rotifera u ishrani malih riba, trend koji se smanjivao u ishrani većih riba, što je u saglasnosti sa našim saznanjima. Fitoplankton, posebno Bacillariophyta, pojavio se kao dominantan plijen u ishrani *T. dabar*, zatim zooplankton (Cladocera, Copepoda, Rotifera), i mali makroinvertebrati (npr. larve Diptera) u značajno manjem udjelu. Ova zapažanja sugeriraju da *T. dabar* usvaja planktivorni, tj. herbivorni način ishrane, vjerovatno uključujući filtraciju fitoplanktona. Moguće je da tokom hranjenja, mali broj jedinki makroinvertebrata slučajno bude unesen kako se penju u vodeni stub. Takođe, potrebno je ovdje napomenuti da istraživanje sprovedeno u samo jednoj sezoni ne može pružiti potpunu sliku o ishrani populacija riba. Međutim, dobijeni pokazatelji pružaju priliku da se pregledaju osnovne karakteristike režima ishrane ispitivanih ribljih vrsta, kao i njihovi međusobni odnosi (Kačanski i sar., 1978). Nemoguće je pratiti sve sezone za ove ribe zbog njihovog specifičnog načina života i njihovog ugroženog statusa.

### 5.6.1. Metode za uzorkovanje plijena iz sredine i iz ishrane

U svrhu uzorkovanja dostupnog plijena u okolini, korišćene su bentološka i planktonska mreža. Standardizovano uzorkovanje vodenih beskičmenjaka omogućilo je prikupljanje informacija o bogatstvu plijena koji stalno nastanjuje vodotok. Ipak, ovom metodom nisu obuhvaćeni svi organizmi koji služe kao plijen za gaovice, poput fito i zooplanktona. Taj nedostatak prevaziđen je uzorkovanjem pomoću planktonske mreže, koja efikasno prikuplja planktonske organizme sa površine vode. Zbog toga se ovako prikupljeni uzorci smatraju potpunim i reprezentativnim pokazateljem dostupnog plijena u staništu gaovica.

Kada je riječ o istraživanju ishrane, uzorci su prikupljeni izolacijom sadržaja želuca, metoda koja je odabrana zbog svoje jednostavnosti i visoke pouzdanosti. Ova metoda omogućava detaljan uvid u sastav ishrane riba, ali njen nedostatak je što zahtjeva žrtvovanje jedinki kako bi se sprovela analiza.

### 5.6.2. Raznolikost plijena u sredini i diverzitet ishrane populacije

Najniže vrijednosti Simpsonovog indeksa raznovrsnosti, koje su zabilježene kako za ishranu vrste *Delminichthys ghetaldii*, tako i za bentosnu faunu, primjećene su u Fatničkom i Mokrom polju, dok su najviše vrijednosti uočene u Popovom i Ljubomirskom polju (Berak Čihorić i sar., 2024). Ovi rezultati ukazuju na značajan uticaj karakteristika staništa i dinamike dostupnosti plijena na ishranu *D. ghetaldii* i *T. dabar*.

Povećani indeksi raznovrsnosti u Popovom i Ljubomirskom polju mogu se povezati sa stabilnijim i dugotrajnijim riječnim staništima na ovim lokalitetima. Nasuprot tome, smanjeni indeksi raznovrsnosti u Fatničkom i Mokrom polju vjerovatno su rezultat privremenog karaktera staništa, koja su pretežno plitka i sezonski poplavljena jezera. Ovi uslovi, zajedno sa ograničenim vremenom za proliferaciju vrsta u planktonu i bentosu, smanjuju dostupnost hrane za ribe, što se ogleda u manjoj raznovrsnosti planktonske i bentosne zajednice.

Ograničena raznovrsnost hrane u ovim poljima dovodi do smanjenog spektra plijena unutar crijevnog sadržaja riba. Ipak, na lokalitetima kao što su Fatničko i Mokro polje, ribe pokušavaju da diversifikuju svoju ishranu selektujući druge tipove plijena, uprkos dominaciji Chironomida. S druge strane, u Ljubomirskom i Dabarskom polju primjećuje se veća raznovrsnost plijena u staništu nego u ishrani, što može biti rezultat smanjene efikasnosti u lovu zbog turbulentnijeg toka i fizičke razuđenosti staništa. Takva razuđenost, poput prisustva stijena i brzaka, smanjuje vizuelno polje predatora, što otežava lov na plijen (Wilzbach i sar., 1986).

### 5.6.3. Značajnost plijena u ishrani

Za procjenu značaja plijena korišćeni su tri ključna parametra: broj plijena (AN), težina plijena (AW) i indeks hranjenja (F), uz integrisani IRI indeks. Broj plijena (AN) osvjetljava učestalost prisustva različitih vrsta plijena u ishrani riba, pružajući uvid u njihovu preferenciju prema određenim vrstama. Težina plijena (AW) pokazuje količinu konzumirane hrane i njen indeks hranjenja (F) pomaže u identifikaciji plijena koji su prioritetni u ishrani riba; u slučaju da je F veći od 50%, to ukazuje na to da ribe u velikoj mjeri preferiraju određenu vrstu plijena. Konačno, IRI indeks integriše sve ove parametre kako bi se identifikovao ključan plijen iz različitih dostupnih opcija (Liao i sar., 2001).

Uniformnost u proporcijama AN i AW u ishrani *D. ghetaldii* ukazuje na dosljedan obrazac u odabiru plijena slične veličine i težine, iako su veće kategorije plijena, kao što su larve Trichoptera, Hirudinea i Coleoptera, pokazivale veću težinu nego broj. Prema IRI indeksu, važan plijen u ishrani *D. ghetaldii* su uključivali larve Chironomidae, Trichoptera i Ephemeroptera, kao i Rotatoria, Cladocera i Nematoda. Kod *T. dabar*, značajan plijen identifikovan IRI-jem su Bacillariophyta i Rotatoria.

Na lokalitetu Popovo polje, najznačajniji plijen u ishrani su Nematode, koje su dominantan član akvatične zajednice beskičmenjaka, dok su larve Trichoptera takođe visoko pozicionirane u ishrani. Ove osnovne kategorije plijena su akvatičnog porijekla i bentosne. Nematode se ističu kao dominantan plijen kako u sredini tako i u ishrani.

Na lokalitetu Mokro polje, Chironomidae dominiraju u sredini, zajedno sa Simuliidae, Trichoptera i Oligochaeta (5%). U ishrani, značajne su iste kategorije plijena, izuzev Trichoptera, koje nisu prisutne u prvih pet. Ishrana je vrlo raznovrsna, a u prvih pet kategorija plijena tokom sezone pojavljuje se više od 10 različitih kategorija.

Na lokalitetu Ljubomirsko polje, larve Coleoptera preovlađuju, praćene puževima Gastropoda i račićima Cladocera. Najznačajniji plijen u ishrani su račići Cladocera, Gastropoda i Coleoptera, koji dominiraju i u sredini. Ishrana je izuzetno raznovrsna, s više od 15 različitih kategorija plijena zabilježenih tokom sezone.

Lokalitet Fatničko polje ima sličan sastav bentosa kao Mokro polje, gdje dominiraju Chironomidae, Simuliidae i vodene buve Hydracarina (> 5%) u bentosu, dok je u zooplanktonu prisutna Rotatoria. Fitoplankton pokazuje dominaciju silikatnih algi Bacillariophyta. U ishrani su značajni isti tipovi plijena, osim Hydracarina i Simuliidae, čija je uloga u ishrani manja nego u

sredini. Za dabarsku gaovicu, silikatne alge imaju najveći značaj, dok su ostale grupe prisutne u manjoj mjeri (<5%).

Lokalitet Dabarsko polje dijeli sličan sastav bentosa s Ljubomirskim poljem, pokazujući veliku raznovrsnost u ishrani. U bentosu dominiraju račići *Gammarus fossarum*, larve insekata Coleoptera i Ephemeroptera (> 5%). U zooplanktonu prevladavaju Cladocera, dok u fitoplanktonu dominiraju silikatne alge Bacillariophyta. Značaj u ishrani odnosi se na iste kategorije plijena, izuzev larvi Coleoptera i Ephemeroptera, čija je uloga u ishrani manja nego u sredini.

Rezultati indeksa značajnosti pokazuju da *D. ghetaldii* u svim lokalitetima najviše zavisi od najzastupljenijeg plijena, što ukazuje na preferenciju za stabilne izvore hrane tokom cijele sezone. Na primjer, Nematode u Popovom polju, Chironomidae u Mokrom i Fatničkom polju, i Cladocera u Ljubomirskom i Dabarskom polju.

Velika sličnost u ishrani dabarske gaovice između dva polja, koja se razlikuju po sastavu vrsta, sugerise da ova riba ima izraženu sklonost prema određenim vrstama plijena, kao što su silikatne alge Bacillariophyta. Ovo može biti rezultat nekoliko faktora:

1. **Preferencija za fitoplankton:** Dabarska gaovica može imati specifičnu prehrambenu adaptaciju koja se fokusira na fitoplankton, naročito silikatne alge. Fitoplankton je važan izvor hrane za mnoge vrste riba zbog svoje dostupnosti i nutritivne vrijednosti. Silikatne alge, kao što su Bacillariophyta, često su bogate hranljivim materijama i mogu biti značajan izvor energije za ribe.
2. **Dostupnost resursa:** Čak i u različitim staništima, ako su silikatne alge prisutne u značajnoj količini, dabarska gaovica će ih vjerovatno preferirati zbog njihove dostupnosti. Pošto se u oba polja, uprkos razlikama u ukupnom sastavu vrsta, prisutnost Bacillariophyta održava na visokom nivou, to može objasniti sličnost u ishrani.
3. **Ekološka fleksibilnost:** Dabarska gaovica može biti ekološki fleksibilna, sposobna da se prilagodi varijacijama u sastavu planktona, ali sa stalnom preferencijom za specifične vrste plijena. Ova fleksibilnost može omogućiti ribi da održi slične prehrambene obrasce čak i u različitim okruženjima.
4. **Sezonske i ekološke varijacije:** U različitim periodima godine, dostupnost plijena može varirati, ali s obzirom da Bacillariophyta ostaju stabilan izvor hrane tokom cijele godine, ribe će se prilagoditi njihovom prisustvu. Ova stabilnost u prehrambenim resursima može dovesti do sličnih obrazaca ishrane.

Ukratko, sličnost u ishrani dabarske gaovice u različitim poljima može se pripisati njenoj specifičnoj prehrambenoj preferenciji za fitoplankton, naročito silikatne alge, što omogućava ribi da održi dosljedan obrazac ishrane uprkos razlikama u ekološkim uslovima i sastavu vrsta u različitim staništima.

### **5.6.4. Preklapanje ishrane između polja i između vrsta**

Najveći stepen preklapanja u ishrani među populacijama *D. ghetaldii* uočen je između jedinki iz Mokrog i Fatničkog kraškog polja, dok je preklapanje između populacija iz Dabarskog i

Ljubomirskog kraškog polja bilo nešto manje. Ovi nalazi mogu se povezati sa specifičnostima staništa i raspoloživim plijenom u različitim lokalitetima.

Mokro i Fatničko kraško polje pokazuju visoku sličnost u ishrani *D. ghetaldii*, što može biti rezultat sličnih ekoloških uslova i dostupnosti plijena u ovim područjima. Ovo sugerise da u ova dva polja postoji značajna zajednička karakteristika u vrsti i količini dostupnog plijena koje *D. ghetaldii* konzumira. Različite vrste plijena, kao što su larve insekata i bentosni organizmi, mogu biti prepoznatljive u ishrani *D. ghetaldii* zbog njihove visoke zastupljenosti u ovim staništima, što rezultira velikim preklapanjem u ishrani među populacijama.

S druge strane, nešto manje preklapanje između populacija iz Dabarskog i Ljubomirskog kraškog polja može ukazivati na varijacije u dostupnosti i vrstama plijena u ovim lokalitetima. S obzirom da su resursi u Dabarskom i Ljubomirskom polju različiti, to dovodi do različitih prehrambenih strategija i niša za *D. ghetaldii*. Ove varijacije mogu biti uzrokovane različitim tipovima bentosnih i planktonskih organizama koji su prisutni u tim područjima.

Interesantno je da u Fatničkom i Dabarskom kraškom polju nije zabilježeno značajno preklapanje u ishrani između *D. ghetaldii* i *T. dabar*. Ovo je očekivano zbog različitih prehrambenih strategija ovih vrsta: *D. ghetaldii* je pretežno mesojed, dok *T. dabar* preferira biljnu ishranu. Različiti prehrambeni režimi znače da ove vrste koriste različite izvore hrane, što rezultira minimalnim preklapanjem u ishrani između njih.

S druge strane, skoro potpuno preklapanje u ishrani između *T. dabar* u Fatničkom i Dabarskom kraškom polju može ukazivati na sličnu dostupnost plijena u tim područjima za ovu biljnu vrstu. S obzirom da su resursi kao što su alge i fitoplankton bogati i dostupni u oba polja, *T. dabar* pokazuje visoki stepen sličnosti u ishrani zbog zajedničke zavisnosti od ovih resursa.

Ovi nalazi ukazuju na to da su ekologija i prehrambene navike *D. ghetaldii* i *T. dabar* u velikoj mjeri oblikovane lokalnim uslovima staništa i dostupnošću plijena. Različiti stepeni preklapanja u ishrani mogu pružiti uvid u kompleksnost ekoloških interakcija u kraškim staništima i ukazati na specifične adaptacije i konkurentske strategije između ovih vrsta.

### 5.6.5. Indeks selektivnosti u ishrani

Rezultati indeksa selektivnosti (E) otkrivaju značajne razlike u prehrambenim preferencijama između različitih lokaliteta i vrsta plijena. Pozitivna selektivnost za Chironomidae u Fatničkom kraškom polju ukazuje na njihovu visoku važnost u ishrani *D. ghetaldii* u tom okruženju, dok u Mokrom kraškom polju, gdje Chironomidae dominiraju, selekcija je neutralna zbog njihove visoke zastupljenosti u sredini. Ove razlike u selektivnosti odražavaju varijacije u dostupnosti i ulogu različitih kategorija plijena u ishrani.

U svim kraškim poljima, Cladocera su pokazale pozitivnu selekciju, dok su Rotatoria bile neutralno selektovane, što može biti rezultat njihove različite uloge u ekosistemu i dostupnosti u svakom polju. Posebno je zanimljivo da su silikatne alge Bacillariophyta bile pozitivno selektovane od strane *T. dabar* u Fatničkom i Dabarskom polju, dok je zooplankton, uključujući Rotatoria i Cladocera, bio negativno selektovan u Dabarskom polju. Ova negativna selekcija zooplanktona u Dabarskom polju može ukazivati na nisku zastupljenost ili nisku nutritivnu vrijednost ovih

organizama u poređenju sa fitoplanktonom.

Larve Trichoptera su pokazale varijacije u selektivnosti, pozitivnu u Fatničkom polju, negativnu u Ljubomirskom i Dabarskom polju, i neutralnu u Popovom i Mokrom polju. Ove promjene u selektivnosti mogu biti povezane sa specifičnim karakteristikama staništa i dostupnošću ovih organizama u različitim poljima.

Kao što je pokazano, *D. ghetaldii* konzumira Hydracarina u manjim proporcijama nego što su zastupljene u okolini (negativna selekcija) u Popovom i Fatničkom polju, dok u Ljubomirskom i Dabarskom polju selekcija za ovu kategoriju plijena pokazuje neutralan trend. Ovo može biti rezultat specifičnih prehrambenih prilagođenosti ribe u različitim uslovima staništa.

Slične varijacije u selektivnosti zapažene su za Nematode, Oligochaeta i larve Plecoptera i Ephemeroptera, gdje su Nematode pozitivno selektovane u Popovom polju, dok su u Ljubomirskom i Dabarskom polju selektovane kao rijetke vrste. Slično, Oligochaeta su pozitivno selektovane u Fatničkom polju, ali ne u Mokrom polju.

Na lokalitetima sa niskom abundancom plijena, poput Mokrog i Fatničkog polja, indeksi selektivnosti su blizu nule za mnoge kategorije plijena, što sugerise neselektivnu ishranu gdje ribe konzumiraju sve dostupne opcije. Ovo može biti posljedica niske dostupnosti plijena u ovim staništima. Ako određeni plijen nije prisutan u uzorcima iz sredine ali se često pojavljuje u ishrani, to može biti rezultat grešaka u uzorkovanju ili visoke uniformnosti dostupnog plijena s niskim frekvencijama u sredini. Na mjestima gdje je diverzitet plijena visok, a količina manja, selektivnost prema specifičnim vrstama plijena može biti više rezultat dostupnosti nego stvarne preferencije za te vrste.

### 5.6.6. Povezanost morfologije i ishrane

Različiti oblici tijela kod riba, kao što je slučaj sa vrstama *D. ghetaldii* i *T. dabar*, imaju značajnu povezanost s različitim faktorima životne sredine, uključujući pH vode, brzinu strujanja i temperaturu (Collin i Fumagalli, 2011). Ove varijacije u obliku tijela mogu biti rezultat prilagođenosti na specifične uslove staništa, prehrambene navike i prisustvo predatora (Ramler i saradnici, 2017). S obzirom na složenost evolutivnih faktora koji utiču na morfološku varijabilnost, važno je uzeti u obzir kako molekularni markeri i morfološke karakteristike interaguju u okviru ekoloških i geografskih uslova (Collin i Fumagalli, 2011).

Osnovni faktori koji utiču na morfološku varijabilnost kod slatkovodnih riba uključuju protok vode, specifičan ekosistem u kojem ribe žive, prisustvo predatora, polni dimorfizam i ishranu (Lostrom i saradnici, 2015). Protok vode je ključan faktor; u uslovima jakog protoka, ribe često razvijaju izduženija i niža tijela sa izraženijim repnim stablom kako bi smanjile trenje (Lostrom i saradnici, 2015). Međutim, neka istraživanja su pokazala da u vodotokovima sa većim protokom, ribe mogu imati viši i fusiformni oblik tijela (Kristjansson i saradnici, 2012).

Ovo istraživanje je pokazalo da su jedinke iz Ljubomirskog potoka, gdje je protok vode najintenzivniji, imale najnižu maksimalnu visinu tijela i najduže repno stablo.

Prisutnost predatora igra značajnu ulogu u oblikovanju morfologije plijena i strukturi ribljih

zajednica. Predatori mogu direktno uticati na morfologiju plijena kroz promjene u ponašanju i izboru staništa ili indirektno kroz izbor plijena (Tonn i saradnici, 1990). Na primjer, ribe koje se suočavaju sa većim rizikom od predatora često razvijaju bodlje ili veću visinu tijela kao način zaštite (Godin, 1997). Takođe, neke vrste koriste rafalno plivanje kao mehanizam izbjegavanja predatora, gdje veća visina tijela može poboljšati brzinu i ubrzanje tokom bježanja (Domenici i saradnici, 2008). Stoga, superiorne performanse riba u bježanju mogu biti rezultat kombinacije veće mišićne snage i većih dimenzija tijela. Istraživanja potvrđuju da povećanje visine tijela može poboljšati sposobnost ubrzanja tokom bježanja, što je ključno za izbjegavanje predatora kod većine ribljih vrsta (Godin, 1997).

Od svih istraživanih lokaliteta, jedino u Popovom polju trebinjska gaovica živi u prisustvu predatora, gde je zabilježena najveća visina tijela među jedinkama, ali je broj tih riba bio samo sedam. Ova situacija naglašava da je gustina naseljenosti trebinjske gaovice mnogo veća na lokalitetima gdje predatori nisu prisutni.

Prethodna istraživanja su ukazala na to da odsustvo predatora može značajno uticati na oblik tijela riba. U zajednicama gde dominira jedna vrsta, često se bilježe ribe sa manjom visinom tijela i većim glavama (Holopainen i saradnici, 1997). Nasuprot tome, u većim jezerima sa raznovrsnijom ihtiofaunom, ribe sa većom visinom tijela su uobičajene. Takođe, Tonni i saradnici (1990) bilježe da u lokalitetima sa visokom gustom naseljenosti dominiraju manje ribe sa nižom visinom tijela. Kada se ove ribe premjeste u manje naseljene lokalitete, uočava se značajan porast visine tijela, čak i kod većih jedinki koje nisu bilježile rast u dužini.

U ovom istraživanju, ribe sa manjom visinom tijela su zabilježene u Mokrom i Ljubomirskom polju, gdje su predatori odsutni, dok su ribe sa većom visinom tijela primjećene u Popovom polju, gdje su prisutni predatori i gdje trebinjska gaovica koegzistira sa kraškim pijorom (*Phoxinus karsticus*) i strugačem (*Squalius svalize*).

S obzirom na to da trebinjska gaovica može da se hrani različitim tipovima plijena, od planktonskih oblika do makrozoobentosa, ishrana može značajno uticati na morfološku varijabilnost (Berak Čihorić i sar., 2024). Kod vrste *Telestes dabar* je utvrđeno da je usisavanje plijena osnovni način ishrane, što dovodi do značajnih razlika između riba koje se hrane planktonom, koji nije sposoban za bjeg, i onih koje se hrane amfipodama, koje su izuzetno pokretne (Parsons i Robinson, 2007). Ribe koje se pretežno hrane Chironomidama često imaju veći prednji dio glave, veća usta i viša tijela, dok ribe koje konzumiraju pelagijsku hranu obično imaju manje oči.

U ovom istraživanju, jedinke iz Mokrog i Fatničkog polja, koje se hrane Chironomidama, imaju manje oči i duže usne, dok ribe iz Dabarskog i Ljubomirskog polja, koje se hrane zooplanktonom, imaju veće oči i manje usne. U Popovom polju, gdje su ribe najviše hranjene Nematodama i larvama insekata, primjećena je najšira glava i najmanje oči među jedinkama.

Zaključno, ovo istraživanje otkriva da *D. ghetaldii* i *T. dabar* zauzimaju različite prehrambene niše i koriste različite vrste plijena u dva kraška polja gdje koegzistiraju. *D. ghetaldii* pokazuje mesojedni način ishrane, dok je *T. dabar* pretežno planktonski i biljojedni. Rezultati

ukazuju na minimalno preklapanje u njihovim prehrambenim navikama, što sugerira da ove simpatrične vrste riba ne dijele sintopički svoje prehrambene niše. *D. ghetaldii* u poljima Ljubomirsko i Dabarsko konzumira manji plijen zbog svoje manje veličine, dok u drugim poljima konzumira veći plijen. Raznovrsnost ishrane je bila najveća kod riba iz tokova u poljima Ljubomirsko i Popovo, a najmanja kod riba iz privremenih, kratkotrajnih staništa u poljima Fatničko i Mokro (Berak Čihorić i sar., 2024).

### 5.7. Zaštita trebinjske i dabarske gaovice

Da bi se osigurala dugoročna zaštita trebinjske i dabarske gaovice, hitno je potrebno uvesti mjere zaštite u sve postojeće i buduće projekte na područjima njihovih staništa.

#### **Endemične vrste gaovica zahtijevaju određene uslove za uspješno obavljanje svog životnog ciklusa:**

1. Nesmetana povezanost između podzemnih voda, izvora i poplavljenih polja: Održavanje slobodne komunikacije između podzemnih i nadzemnih vodenih sistema, što je ključno za vertikalnu migraciju ovih riba, od vitalnog je značaja. Gaovice su prilagođene životu u podzemlju, ali takođe koriste nadzemna staništa za hranjenje i razmnožavanje. Stoga, osiguranje nesmetane veze između polja i podzemlja je ključno za njihov opstanak.
2. Poplavna područja s očuvanim prirodnim režimom plavljenja: Da bi se osigurao normalan životni ciklus, reprodukcija i hranjenje endemičnih gaovica, neophodno je održati prirodne poplavne režime u područjima gdje su prisutni specifični tipovi tla i veze s podzemnim vodama. Ova poplavna područja, koja su povezana s podzemljem putem izvora, ponora ili estavela, omogućuju prirodne cikluse plavljenja u proljeće i jesen, kada se javljaju obilne padavine, topljenje snijega i visoke vode. Međutim, ljudske aktivnosti, poput regulacije vodotoka, pregrada na izvorima, ponorima i estavelama, kao i klimatske promjene, narušavaju ove prirodne cikluse. Za opstanak vrsta, presudna su prirodna plavljenja kraških polja ili njihovih dijelova, jer je životni ciklus gaovica usko povezan s ovom pojavom.
3. Stabilna fauna pećina kao izvor hrane: Trebinjska gaovica se hrani beskičmenjacima, dok se dabarska prehranjuje fitoplanktonom, stoga je ključno očuvati stabilnost faune koja im služi kao hrana. Slatkovodni beskičmenjaci su posebno osjetljivi na zagađenje i unošenje stranih i invazivnih vrsta, koje mogu poremetiti osjetljivu ravnotežu pećinskog ekosistema. Ove vrste predstavljaju važnu kariku u lancu pećinskih i podzemnih ekosistema, pa njihov opstanak direktno utiče na opstanak gaovica.
4. Nepostojanje invazivnih vrsta: Alohtone (strane) i invazivne vrste predstavljaju ozbiljnu prijetnju autohtonoj bioraznolikosti jer često imaju predatorsku prirodu i takmiče se sa domaćim vrstama, istiskujući ih iz njihovih staništa. Među vrstama koje predstavljaju prijetnju endemičnim gaovicama su dužičasta pastrmka (*Parasalmo mykiss*) i obični pijor (*Phoxinus phoxinus*). Sprječavanje unošenja i širenja ovih vrsta je ključno za očuvanje autohtone faune.
5. Čista voda bez zagađivača: Endemične vrste gaovica prilagođene su životu u vrlo čistoj, hladnoj i



dobro oksigeniranoj vodi, bez prisutnosti organskih ili neorganskih zagađivača. Endemične gaovice su izrazito osjetljive na zagađenje, što ih čini posebno ugroženima.

### **Mjere koje će značajno doprinijeti poboljšanju uslova staništa za endemične vrste gaovica:**

1. Detaljno kartiranje izvorišta i prepreka: Da bi se uspješno identifikovale prijetnje koje ugrožavaju povezanost podzemnih voda, izvora i poplavnih polja, ključno je izraditi sveobuhvatno kartiranje svih relevantnih izvorišta i fizičkih prepreka. Ovo podrazumijeva mapiranje prirodnih i antropogenih elemenata koji ometaju hidrolosku komunikaciju ili uzrokuju fragmentaciju staništa, kao što su brane, pregrade i drugi infrastrukturni objekti. Fokus bi trebao biti na strukturama koje ozbiljno narušavaju tokove podzemnih voda ili remete migracione puteve akvatičnih vrsta. Na osnovu prikupljenih podataka, važno je uspostaviti prioritete za postupno uklanjanje tih prepreka, kako bi se staništa obnovila i omogućila prirodna dinamika vodnih tokova.
2. Uklanjanje prepreka na ključnim izvorima: Nakon završetka kartiranja, pažnja treba biti usmjerena na identifikaciju najvažnijih izvora povezanih sa podzemnim vodenim sistemima, koji predstavljaju stanište za endemične vrste, poput gaovica. Na ovim lokacijama, neophodno je ukloniti sve prepreke koje sprječavaju prirodne migracije između podzemnih voda i poplavnih područja. Ovaj postupak bi omogućio slobodan protok vode i kretanje organizama, čime bi se uspostavili prirodni stanišni uslovi potrebni za očuvanje i oporavak endemskih populacija. Pored uklanjanja prepreka, trebalo bi razmotriti i dugoročne mjere za prevenciju ponovnog narušavanja tih ekosistema.
3. Kontrola invazivnih vrsta i zaštita ključnih područja: Ključan korak u očuvanju endemičnih vrsta je identifikacija i praćenje širenja stranih i invazivnih vrsta, naročito u osjetljivim područjima kao što su izvori, ponori i estavele. Ova staništa predstavljaju ključne tačke za očuvanje biodiverziteta, ali su istovremeno podložna negativnim uticajima zbog prodora invazivnih vrsta u podzemne ekosisteme. Preporučuje se primjena mjera koje uključuju selektivni lov i fizičko uklanjanje invazivnih jedinki kako bi se spriječilo njihovo dalje širenje i očuvala stabilnost autohtonih ekosistema. Ove mjere bi trebale biti redovno praćene i prilagođavane kako bi se povećala njihova efikasnost.
4. Programi uzgoja za očuvanje autohtonih vrsta: Za dugoročnu zaštitu endemičnih vrsta kao što su gaovice, neophodno je razviti i implementirati sveobuhvatne programe uzgoja u prirodnim (in situ) i kontrolisanim uslovima (ex situ). In situ uzgoj podrazumijeva poboljšanje staništa kako bi se omogućio oporavak populacija direktno u prirodnim ekosistemima, dok ex situ uzgoj, koji uključuje akvarijume, ribnjake ili specijalizovane centre, pruža sigurnu sredinu za povećanje broja jedinki. Ovaj pristup omogućava reintrodukciju jedinki u područja gdje su populacije znatno opale ili izumrle, čime se doprinosi obnovi genetske raznovrsnosti i očuvanju ekološke ravnoteže.
5. Obrazovanje i podizanje svijesti javnosti: Kroz medijske kampanje, radionice, predavanja i druge aktivnosti, važno je podići svijest javnosti o značaju očuvanja endemičnih gaovica, kako bi šira zajednica aktivno učestvovala u njihovoj zaštiti.
6. Odgovorno upravljanje otpadom i otpadnim vodama: Adekvatno uklanjanje otpada, izgradnju kanalizacijskih sistema sa prečištačima i promovisanje bioloških prečištača za manja ruralna domaćinstva ključno je za očuvanje čistoće vode.

## **6 ZAKLJUČCI**



## Zaključci

- Primjenom linearne morfometrijske analize ustanovljena je izražena fenotipska varijabilnost u obliku tijela između pet populacija trebinjske gaovice, a najveći uticaj na varijabilnost imali su lokalni uslovi staništa koji su se razlikovali među lokalitetima. Utvrđene međupopulacione razlike u obliku analiziranih morfoloških cjelina, prisutne na nivou ukupne komponente varijabilnosti oblika su najvjerojatnije posljedica razlika u uslovima sredine.
- Najveću varijabilnost od svih morfoloških parametara pokazala je visina tijela, veličina glave i glavenog regiona.
- Kod merističkih parametara (baziranih na kostima riba) najviše su varirale vrijednosti ukupnog broja pršljenova.
- Utvrđeno je prisustvo polnog dimorfizma u 4 morfometrijska karaktera između mužjaka i ženki trebinjske gaovice. Mužjaci su bili uočljivo različiti od ženki radi kraće udaljenosti P-V i V-A, dužeg repnog peraja i repne drške.
- Najspecifičnija karakteristika i najveća razlika između mužjaka i ženki je prisustvo genitalne papile kod ženki. Genitalni otvor se nalazi približno u sredini njene donje površine, nikada na vrhu nabora.
- UPGMA analiza klasterovanja otkrila je morfološku sličnost *D. ghetaldii* iz Dabarskog i Ljubomirskog OTU-a, kao i između OTU-a iz Mokrog i Fatničkog kraškog polja.
- Najkarakterističnija i najizolovanija OTU dolazi iz Popovog polja.
- U odnosu na horizontalni očni dijametar, ribe iz Dabarskog kraškog polja bile su slične onima iz Mokrog, Fatničkog i Ljubomirskog kraškog polja, koje su takođe bile slične međusobno, dok su one iz Popovog kraškog polja bile značajno različite od svih njih.
- U odnosu na dužinu glave, ribe iz Popovog kraškog polja bile su značajno različite od jedinki iz svih ostalih kraških polja, one iz Mokrog i Ljubomirskog kraškog polja takođe su bile značajno različite, a ribe iz svih ostalih kraških polja bile su slične.
- U odnosu na maksimalnu širinu glave, ribe iz Dabarskog i Popovog kraškog polja bile su slične, a zajedno su bile značajno različite od svih jedinki iz drugih kraških polja, dok su ribe iz Mokrog, Ljubomirskog i Fatničkog kraškog polja bile međusobno slične.
- U odnosu na širinu međuorbitalnog prostora, ribe iz Fatničkog i Mokrog kraškog polja bile su značajno različite od svih ostalih, one iz Ljubomirskog kraškog polja bile su značajno različite od svih ostalih osim od onih iz Dabarskog kraškog polja, a ribe iz Popovog kraškog polja bile su različite od svih njih.
- U odnosu na maksimalnu visinu tijela, ribe iz Dabarskog i Fatničkog kraškog polja bile su međusobno slične i značajno različite od svih ostalih, dok su one iz Mokrog kraškog polja bile značajno različite od riba iz svih kraških polja osim od onih iz Dabarskog i Ljubomirskog kraškog polja.

## Zaključci

- Ne postoje morfološke razlike u merističkim parametrima na odabranim elementima skeletnog sistema između pet populacija trebinjske gaovice sa različitih lokaliteta.
- Ne postoje ni razlike u merističkim parametrima između polova trebinjske gaovice.
- Utvrđena su 22 morfometrijska karaktera dabarske gaovice (veličina i oblik tijela i glavenog regiona).
- Utvrđeno je prisustvo polnog dimorfizma u tri morfometrijska karaktera između mužjaka i ženki dabarske gaovice. Mužjaci su imali dublje dorzalne peraje, duža grudna peraja koja često doseže početak ventralnog peraja, dok su ventralne peraje bile duže često dosežući početak analne peraje kod mužjaka.
- Zreli mužjaci imaju male, ali uočljive konične mresne kvržice. Mresne kvržice redovno pokrivaju cijelo tijelo, jedna mresna kvržica je locirana na svakoj krljušti.
- Ne postoje ni razlike u merističkim parametrima između polova dabarske gaovice.
- Osnovni faktori koji utiču na morfološku varijabilnost kod endemičnih vrsta gaovica jesu: protok vode, dio ekosistema koji ribe naseljavaju, prisustvo predatora, polni dimorfizam, ishrana
- Protok vode je jedan od osnovnih faktora sredine koji utiču na morfologiju gaovica. U uslovima jakog protoka vode, ribe najčešće imaju izduženija i niža tijela sa jače izraženim repnim stablom pošto takva forma smanjuje trenje.
- Jedinke iz Ljubomirskog potoka, gdje je najbrži protok vode, imale su najnižu vrijednost maksimalne visine tijela, a najduže repno stablo.
- Morfologija tijela može da utiče na rizik da jedinka postane žrtva za predatore. Povećanjem visine tijela mogu poboljšati performanse ubrzanja tokom kretanja u bjekstvu, koje se smatraju ključnim za izbjegavanje predatora kod gaovica.
- Jedino je u Popovom polju, trebinjska gaovica živjela sa predatorima i na ovom lokalitetu je izmjerena najveća visina tijela riba.
- U prirodnim ekosistemima gdje nema prisutnih predatora, sama brojnost jedinki unutar populacije može značajno uticati na morfologiju tijela gaovica. Ribe sa niskim tijelom i relativno velikim glavama su karakteristične za pretrpane zajednice u kojima preovladava jedna vrsta, dok su ribe sa većim tijelima češće prisutne u širim vodotocima bogatim raznovrsnim ribljim vrstama.
- Ribe sa manjom visinom tijela su bilježene na lokalitetima Mokro i Ljubomirsko polje gdje su predatori bili odsutni i prisutna je samo trebinjska gaovica. Suprotno tome, jedinke sa većim visinama tijela zabilježene su u Popovom polju, gdje su predatori prisutni i gdje trebinjska gaovica živi u simpatriji sa kraškim pijorom (*Phoxinus karsticus*) i strugačem (*Squalius svalize*).

## Zaključci

- Dokazana je povezanost morfologije i ishrane. Stoga, jedinke iz Mokrog i Fatničkog polja u kojim dominira ishrana Chironomidama, imaju manje oči, a veću dužinu gornje i donje usne. Dok su jedinke iz Dabarskog i Ljubomirskog polja u kojima dominira ishrana zooplanktonom, sa većim očima, ali manjim ustima. Jedinke iz Popovog polja se najviše hrane Nematodama i larvama insekata i one su imale najširu glavu, a najmanje oči.
- Prema indeksu preklapanja ishrane trebinjske gaovice, najveće podudaranje ishrane između ispitivanih lokaliteta je zabilježeno između Mokrog i Fatničkog polja, što proizilazi iz niskog diverziteta plijena.
- Preklapanje ishrane između Dabarskog i Ljubomirskog polja je značajno ( $> 0.6\%$ ), a kod ovih populacija zastupljena je ishrana generalističkog tipa. Sve razlike u ishrani posljedica su raznovrsnosti i ujednačenosti plijena.
- Najmanje podudaranje između ishrane proučavanih lokaliteta zabilježeno je između Fatničkog i Dabarskog polja, dva susjedna polja. To je rezultat velike raznovrsnosti i istovremeno veoma niske abundance plijena u okolini.
- Bentosni organizmi su prema indeksima značajnosti ključni u ishrani trebinjske gaovice, ali Electivity indeks pokazuje negativnu selekciju prema njima. Oni predstavljaju pouzdan izvor hrane, dok se pozitivna selekcija javlja za manje zastupljene vrste plijena koje su trenutno prisutne.
- Planktonski plijen, iako manje zastupljen u staništu od bentosnog, uglavnom je pozitivno selekcionisan. On je od većeg značaja na lokalitetima Ljubomirsko i Dabarsko polje, gde je količina plijena u bentosu značajno manja nego na drugim lokalitetima.
- Selektivnost varira između lokaliteta u skladu sa njihovom abundancom na staništu.
- Plijen koji je najzastupljeniji u staništu obično postaje prioritetna meta za predatore, jer ga lakša dostupnost čini atraktivnijim i energetski isplativijim izborom. To rezultira pozitivnom selekcijom najabundantnijih vrsta plijena u ekosistemu.
- Rijetke vrste plijena često postaju meta predatora zbog oportunističkog načina ishrane, gdje predator iskorištava resurse koji su trenutno dostupni. Ovakav način selekcije može biti posebno izražen kada postoji mogućnost da određena vrsta plijena postane manje dostupna u budućnosti, čime predator unaprijed osigurava svoj opstanak koristeći trenutne resurse.
- Na područjima gdje postoji veći diverzitet i ravnomjerna raspodjela dostupnog plijena, predatorska selekcija uglavnom odražava relativnu dostupnost pojedinih vrsta plijena, umjesto da pokazuje pravu selektivnost predatora prema određenim vrstama. U takvim uslovima, predator češće koristi ono što je najzastupljenije, smanjujući specifične preferencije za određeni plijen.
- Planktonski plijen je interesantan s obzirom na svoje sitne i ograničene pokrete u vodenoj sredini.

## Zaključci

- Planktonski plijen ima veći značaj u ishrani nego što je njegova zastupljenost u vodi, potvrđujući time njegovu pozitivnu selekciju.
- Povećanje udjela planktonskog plijena u vodenoj sredini prati i povećanje njegove prisutnosti u ishrani gaovica, što ukazuje na odsustvo negativne selekcije čak i kada se udio ovog plijena povećava u okolini.
- Brojnost riba predstavlja direktni pokazatelj kvaliteta staništa, određenog količinom dostupnog plijena. Najviša brojnost riba zabilježena je na lokalitetu Ljubomirsko polje, dok je najniža zabilježena na lokalitetu Mokro polje.
- Visoka brojnost riba može se javiti i na staništima sa raznovrsnom dostupnom hranom i visokim udjelom planktonskog plijena, što se potvrdilo na lokalitetu Ljubomirsko polje.
- Trebinjska gaovica koristi širok spektar predatorskih strategija, što joj omogućava prilagodljivost i brzo reagovanje na promjene u okruženju, uključujući promjene u dostupnosti plijena. Ova fleksibilnost u ishrani pomaže joj da preživi u dinamičnim uslovima karstnih ekosistema, gdje su resursi često nepredvidivi i promjenjivi.
- Ovo istraživanje otkriva da *D. ghetaldii* i *T. dabar* zauzimaju različite prehrambene niše, koristeći različite kategorije plijena u dva kraška polja gdje koegzistiraju u simpatriji, naime *Delminichthys ghetaldii* ima zoofagnu planktivornu ishranu, tj. mesojednu, dok *Telestes dabar* pokazuje fitofagnu planktivornu ishranu, tj. biljojednu.
- Rezultati ukazuju na minimalno preklapanje u njihovim prehrambenim navikama, sugerišući da ove simpatrične riblje vrste ne dijele sintopički svoje prehrambene niše.
- Dokazano je maksimalno preklapanje u ishrani dabarske gaovice između dva ispitivana lokaliteta.
- Silikatne alge (Bacillariophyta) su bile najdominantiji plijen u ishrani dabarske gaovice u oba polja i bile su pozitivno selekcionisane.
- Kod vrste *Telestes dabar* ustanovljeno je da je glavni mehanizam ishrane usisavanje plijena.
- *Telestes dabar* nije naveden na IUCN-u zbog nedostatka podataka o ovoj novootkrivenoj vrsti. *T. dabar* verovatno zaslužuje status ugrožene vrste zbog svoje veoma ograničene distribucije.
- Obje vrste se nalaze u veoma malom broju, njihov opstanak je neizvjestan s toga je neophodno sprovesti mjere zaštite ovih endemičnih vrsta riba.

Endemične vrste gaovica igraju vitalnu ulogu u očuvanju jedinstvene biološke raznolikosti i ekološke stabilnosti kraških polja i podzemnih voda Istočne Hercegovine. Njihova prisutnost ne samo da doprinosi bogatstvu lokalnih ekosistema, već ima i duboku povezanost sa kulturnom i tradicijskom baštinom ovog kraja. Ove ribe nisu samo čuvari prirodne ravnoteže, već su i simboli identiteta i načina života u karstnim područjima, te predstavljaju ključnu vrijednost kako za lokalnu zajednicu, tako i za očuvanje prirodnih resursa.

## **7 LITERATURA**





- Absolon, K. (1916). Zvýzkumných cest po krasech Balkánu. Zlatá Praha, *Roč. XXXIII*, 51. Praha, 609- 611.
- Aubé CN. (1836). Iconographie et histoire naturelle des coléoptères d'Europe. Tome cinquième. Hydrocanthares. [Livraison 1]. Méquignon-Marvis Père et Fils, Paris, 415 pp
- AQEM Consortium (2002). Manual for the Application of the AQEM Method. A Comprehensive Method to Assess European Streams Using Benthic Macroinvertebrates, Developed for the Purpose of the Water Framework Directive, Version 1.0; AQEM Consortium: Duisburg, Germany.
- Banjak, D. (2016). Hidrogeohemijske karakteristike i kvalitet voda sliva rijeke Trebišnjice, Republika Srpska. (Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet).
- Berak Čihorić D, Mrdak D, Čanak Atlagić J, Simonović P (2024). Feeding habits and diet overlap between *Delminichthys ghetaldii* and *Telestes dabar*, two endemic species from karst poljes in Bosnia and Herzegovina. *The European Zoological Journal* 2024: 714-727.
- Berak Čihorić D, Marić A, Mrdak D, Simonović P (2024). Morphometric and meristic differentiation among five populations of *Delminichthys ghetaldii* (Actinopterygii, Cyprinidae) from five karst fields in Eastern Herzegovina. *Turk J Zoology* (2024) 48: 296-309.
- Bianco, P. G.; De Bonis, S. (2015). A taxonomic study on the genus *Phoxinus* (Actinopterygii, Cyprinidae) from Italy and western Balkans with description of four new species: *P. ketmaieri*, *P. karsticus*, *P. apollonicus* and *P. likai*. *Researches on Wildlife Conservation*, IGF Publishing. 4: 1-17.
- Bogutskaya, N. G., Zupančič, P. (2003). *Phoxinellus pseudalepidotus*, a new species from the Neretva basin (Teleostei: Cyprinidae) with an overview of the morphology of *Phoxinellus* species in Croatia and Bosnia and Herzegovina. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 14, 369–383.
- Bogutskaya, N. G., Zupančič, P. (2010). *Squalius janae*, a new species of fish from the Adriatic Sea basin in Slovenia (Actinopterygii: Cyprinidae). *Zootaxa*. 2536 (1): 53-68
- Bogutskaya, N. G., Zupančič, 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.
- Burckhardt, R. (1900). Beiträge zur Anatomie und Systematic der Laemargiden. *Anatomischer Anzeiger*, 18, 488–492.
- Chesson, J. (1978). Measuring preference in selective predation. *Ecology*, 59, 211–215.
- Collin H, Fumagalli L. (2011). Evidence for morphological and adaptive genetic divergence between lake and stream habitats in European minnows (*Phoxinus phoxinus*, Cyprinidae).

- Molecular Ecology 20: 4490–4502.
- Curtis, J. (1834). Descriptions of some nondescript British Species of May-flies of Anglers. The London and Edinburgh philosophical magazine and journal of science, 3(4): 212-218.
- Cvijić, J. (1918). *Podzemna hidrologija i morfološka evolucija karsta* (p.35). Posebna izdanja SGD, Beograd.
- Čanak Atlagić, J., Marić, A., Tubić, B., Andjus, S., Đuknić, J., Marković, V., Paunović, M. & Simonović, P. (2021). What's on the menu for the resident brown trout in a rich limestone stream? *Water*, 13(18), 2492.
- Dekić, R., Friščić, J., Lolić S., Lubarda B., Manojlović M. (2017). Morfometrijske karakteristike *Delminichthys ghetaldii* (Steindachner, 1882) u različitim staništima, Sutomore, Crna Gora, 4-7.
- Dhanze, R. (1980). Studies on the Cranial Osteomyology of Some Indian Perciform Fishes and Taxonomy of the Leognathids. PhD Thesis, Department of Zoology. University of Calcutta (WB.): 1-385.
- Domenici P, Booth D, Blagburn JM, Bacon JP. (2008). Cockroaches keep predators guessing by using preferred escape trajectories. *Current Biology* 18: 1792-1796.
- Draparnaud, J.-P.-R. (1805). Histoire naturelle des mollusques terrestres et fluviatiles de la France. 2 pp.
- Dulić Z., Stanković M., Rašković B., Spasić M., Ćirić M., Grubišić M., Marković Z. (2011). Role and significance of zooplankton in semi-intensive carp production. In: Vth International Conference "Aquaculture & Fishery". Marković Z. (ed), University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade, 66-71.
- Dujardin, F. (1841). Histoire naturelle des Zoophytes, Infusoires, comprenant la physiologie et la clasification de ces animaux et la manière de les étudier à l'aide du microscope. pp. i-xii, 1-684. Paris: Librairie Encyclopédique de Roret.
- Ehrenberg, C.G. (1838). Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen. Ein Blick in das tiefere organische Leben der Natur. pp. i-xviii, [1-4], 1[548], 64 pls. Leipzig: Verlag von Leopold Voss.
- Energoinvest (1967). Kraška polja Istočne Hercegovine -vodoprivredna osnova, Sarajevo
- Fagbenro O., Adedire C. O., Ayotunde E. O., Faminu E. O. (2000). Hematological profile, food composition and digestive enzyme assay in the gut of the African bony-tongue fish, *Heterotis (Clupisudis) niloticus* (Cuvier 1829) (Osteoglossidae). *Tropical Zoology* 13:1-9.
- Fange R., Grove D. (1979). Digestion. In: Fish physiology, bioenergetics and growth. Hoar W. S., Randall D. J., Brett J. R. (eds), Academic Press, Inc., New York 8:161-260
- Fischer, S. (1851). Beitrage zur Kenntnis der in der Umgegend vonSt Petersburg sich findenden Cyclopiden. Bulletin de la SociétéImpériale des Naturalistes de Moscou, 24, 409–438
- Francuski Lj., Ludoški J., Lukač M., Dekić R., Milankov V. (2019). Integrative study of population

structure of *Telestes dabar*, the strictly endemic cyprinid species from the Dinaric karst on the Balkan Peninsula. *European Journal of Wildlife Research* 65:66.

- 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* 37: 371–384.
- Geoffroy, E.L. (1762). *Histoire abrégée des insectes qui se trouvent aux environs de Paris, dans laquelle ces animaux sont rangés suivant un ordre méthodique*. Tome premier. Durand, Paris. xxviii + 523 pp., 10 pl.
- Godin J-G. J. (1997). Evading predators. In *Behavioural ecology of teleost fishes* (ed. J.-G. J. Godin), pp. 191–236. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Gosline W.A. (1955). The osteology and relationships of certain Gobioid fishes, with particular reference to the genera *Kraemeria* and *Microdesmus*. *Pac Sci* 9(2): 158-170.
- Harrington, R. W. (1955). The osteocranium of the American cyprinid fish, *Notropis bifrenatus*, with an annotated synonymy of teleost skull bones. *Copeia*, 1955, 267-290.
- Heckel, J. J.; Kner, R. (1857). *Die Süßwasserfische der Österreichischen Monarchie, mit Rücksicht auf die angränzenden Länder*. Leipzig. i-xii + 1-388
- Hill, M. O., Gauch, H.G. JR. (1980). Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetatio*, 42, 47-58.
- Hodgson, J. R. & Kitchell, J. F. (1978). Opportunistic Foraging by Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*). *The American Midland Naturalist*, 118, (2), 323-335.
- Holopainen, I. J., Pitkänen A.K. (1985). Population size and structure of crucian carp (*Carassius carassius* (L.)) in two small natural ponds in Eastern Finland. *Annales Zoologici Fennici* 22: 397-406.
- Ivanović A., Kalezić M. (2013). Evolucionarna morfologija: teorijske postavke i geometrijska morfometrija. *Biološki fakultet*, Beograd, 1-223.
- IUCN, 2023. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-1. <https://www.iucnredlist.org>. Accessed on [day month year].
- Karst hydrology and hydrogeology (2016). The Trebišnjica River Spring-group below Bileća (Vrela Rijeke Trebišnjice) - 2.3.2. Overview of the Fatničko Polje Karst Outlet Springs". [www.devonkarst.org.uk](http://www.devonkarst.org.uk). The Devon Karst Research Society.
- Katzer F. (1903 a). *Geologischer Führer durch Bosnien und die Hercegovina*. Print Book, German, 1-318.
- Kačanski D, Jerković L, Hafner D, Aganović M. (1978). On the nutrition of some species of fishes in the Buško Blato. *Ichthyologia* 10(1):67–75.
- Kitton, F. (1869) Notes on New York diatoms with description of a new species *Fragilaria crotonensis*. *Hardwicke's Science-Gossip* 5: 109–110,

- Kottelat, M. (1997). European freshwater fishes. An heuristic checklist of the freshwater fishes of Europe (exclusive of former USSR), with an introduction for non-systematists and comments on nomenclature and conservation (p.271). *Biologia, Section Zoology*, 52 (Suppl. 5).
- Kristjansson B.K., Skulason S., Snorrason S.S., Noakes D.L. (2012). Fine-scale parallel patterns in diversity of small benthic Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in relation to the ecology of lava/groundwater habitats. *Ecology and Evolution*, 2: 1099–1112.
- Krivokapić, M. (1992). Ishrana endemične podvrste jelšovke *Leuciscus souffia montenegrinus* (Vuković, 1963) iz rijeke Morače (Crna Gora, Jugoslavija). *Glasilno republičkog zavoda zaštite prirode Prirodnjačkog muzeja Podgorica*, 25, 93–103
- Kützing, F.T. (1833). Synopsis Diatomacearum oder Versuch einer systematischen Zusammenstellung der Diatomeen. *Linnaea*, 8(5): 529-620, pls. XIII-XIX.
- Kützing, F.T. (1844). Die Kieselschaligen. Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen. 152 pp., 30 pls.
- Linnaeus, C. (1758). *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Tomus I. Editio decima, reformata.* Holmiae [= Stockholm]: L. Salvii, 824 pp.
- Lostrom, S, Evans JP, Gierson PF, Collin SP, Davies PM, Kelley JL. (2015). Linking stream ecology with morphological variability in a native freshwater fish from semi-arid Australia. *Ecology and Evolution* 5: 3272-3287.
- Lukač M., Ludoški J., Dekić R., Milankov V. (2024). Evolutionary history of the Balkan endemic genus *Delminichthys* (Teleostei, Leuciscidae) with an emphasis on the population structure of Southern Dalmatian minnow. *Contributions to Zoology*.
- Marčić, Z., Sučić, I., Čaleta, M., Buj, I., Mustafić, P., Zanella, D. (2017). Seasonal profile of the diet of the endemic dace *Telestes karsticus* (Cyprinidae, Leuciscinae). *Journal of Applied Ichthyology*, 33(5), 943–949.
- Markotić, I. (2013). Biological and ecological characteristics of Mostar minnow, *Phoxinellus pseudalepidotus* Bogutskaya & Zupančić, 2003 (Teleostei: Cyprinidae) from Mostarsko blato, Bosnia and Herzegovina. (Doctoral thesis, Department of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb).
- Martin N. V. (1970). Long-term effects of diet on the biology of the lake trout and the fishery in Lake Opeongo, Ontario. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 27, 125-146.
- Milanovic, P. (2006). Karst Istočne Hercegovine i dubrovačkog priobalja, Asocijacija speleoloških organizacija Srbije, Beograd
- Morante, T.; Garcia-Arberas, L.; Anton, A., Rallo, A. (2012). Macroinvertebrate biomass estimates in Cantabrian streams and relationship with brown trout (*Salmo trutta*) populations.

*Limnetica*, 31(1):85-94.

- Müller, O. F. (1774). Vermium terrestrium et fluviatilium, seu animalium infusorium, Helminthicorum, et testaceorum, non marinorum, succincta historia. vol 2: I-XXXVI, 1-214, 10 pp
- Müller OF. (1776). Zoologiæ Danicæ prodromus, seu animalium Daniæ et Norvegiæ indigenarum characteres, nomina, et synonyma imprimis popularium. Havniæ. (Hallager). pp. I- XXXII [= 1–32], 1–274.
- Mustafić, P., Buj, I., Opašić, M., Zanella, D., Marčić, Z., Čaleta, M., Šanda, Horvatić, R.S., Mrakovčić M. (2016). Morphological comparison of *Delminichthys ghetaldii* (Steindachner, 1882), *D. adpersus* (Heckel, 1843), *D. jadovensis* (Zupančić & Bogutskaya, 2002) and *D. krbavensis* (Zupančić & Bogutskaya, 2002), endemic species of the Dinaric karst, Croatia, *Journal of Applied Ichthyology* 33, 1-7.
- Palandačić, A., Zupančić, P., Snoj, A. (2010). Revised classification of former genus *Phoxinellus* using nuclear DNA sequences. *Biochemical Systematics and Ecology* 38, 1069–1073.
- Parsons KJ, Robinson BW. (2007). Foraging performance of diet-induced morphotypes in pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*) favours resource polymorphism. *Journal of Evolutionary Biology*, Volume 20, Issue 2, 1: 673–684.
- Pecelj, M. (1989). Fizičkogeografski problem polja u kršu hercegovačkih rudina, Univerzitet u Novom Sadu (p.303) Prirodno-matematički fakultet, Institut za geografiju.
- Petz, B. (1985). *Basic statistical methods for non-mathematicians* (p.192). Zagreb: Sveučilišna naklada Liber.
- Pianka, E.R. (1973). The Structure of Lizard Communities. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic*, 4, 53–74.
- Pictet FJ. (1834). Recherches pour servir à l’histoire et l’anatomie des Phryganides. Vol. 235. Geneva. pp. [20 plates].
- Popović, J., Šurmanović, D., Mišetić, S. i Tomašković, N. (1992). Prirodna ishrana Ilirskog klena - *Leuciscus illyricus* (Hecket et Kner, 1858) iz rijeke Cetine. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, 57, (3/4), 425-434
- Projekt a.d. (2012), Studija uticaja projekta HE „Dabar” na životnu sredinu, Banja Luka
- Ramler D, Palandačić A, Delmastro GB, Wanzenböck J, Ahnelt H. (2017). Morphological divergence of lake and stream Phoxinus of Northern Italy and the Danube basin based on geometric morphometric analysis. *Ecol Evol* 7: 572–584.
- Richter, E. (1905). Prilozi zemljopisu Bosne i Hercegovine. *Glasnik Zemaljskog muzeja u Bosni i Hercegovini*, 17(1-4), 257-413.
- Rohlf F.J. (1990). Morphometrics. *Annual Reviewes of Ecology and Systematics* 21, 299-316
- Savigny, J.C. (1826). Analyse d'un Mémoire sur les Lombrics par Cuvier. *Mémoires de l'Académie*

- des sciences de l'Institut de France, 5: 176-184
- Shapiro SS, Wilk MB. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52: 591-611.
- Shukla GR, Verma SR. (1973). Appendicular skeleton of *Colisa fasciatus* and *Glossogobius giurus* with the remark of phylogenetic consideration. *Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch Leipzig*, 119(5):696-711.
- Scopoli, J. A. (1763). *Entomologia carniolica exhibens insecta Carnioliae indigena et distributa in ordines, genera, species, varietates. Methodo Linnaeana. Vindobonae [=Vienna]: J. Trattner, xxxvi + 420 pp.*
- Službeni glasnik Republike Srpske, broj 124/12.
- Službene novine Federacije BiH, broj 66/13 /28.8.2013.
- Sneath, P. H. A. and Sokal, R. R. (1973). *Numerical taxonomy: the principle and practice of numerical classification* (p.573). W. H. Freeman and Company, New York.
- Spahić, M. (2015). The Vjetrenica cave in Popovo karst field – New understanding of speleogenesis. *Acta geographica Bosniae et Herzegovinae* 4, 51-61.
- Sokal, R. R. and Rohlf, F. J. (1981). *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research* (p.859) San Francisco.
- StatSoft Inc. (2004). *Statistica. Data Analysis Software System. Version 7.*
- Steindachner, F. (1882). Beitrage zur Kenntniss der Fische Afrikas (II:) und Beschreibung einer neuen Paraphoxinus-Art aus Herzegowina. *Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, 45, 1–18.
- Straus, H. E. (1820). Mémoire sur les Daphina, de la classe des Crustacés (Secondi Partie). In: *Memoires du Muséum d'Histoire Naturelle*, 6: 149–162.
- Tonn WM, Magnuson JJ, Rask M, Toivonen J. (1990). Intercontinental comparison of small-lake fish assemblages: the balance between local and regional processes. *The American Naturalist* 136: 345–375
- Vanderploeg, H.A.; Scavia, D. (1979). Calculation and use of selectivity coefficients of feeding: Zooplankton grazing. *Ecological Modelling*, 7, 135–149.
- Vuković, N. (1985). Ekološke i biosistematske karakteristike *Leuciscus souffia* Risso, 1826 iz gornjeg toka reke Drine. Doctoral dissertation, Faculty of Science, University of Sarajevo, Sarajevo. 191 pp
- Vuković, T. (1977). *Fishes of Bosnia and Hercegovina* (p.205). Svjetlost, Sarajevo.
- Zanella, D., Mihaljević, Z., Mrakovčić, M., Čaleta, M. (2009). Ecology and diet of the endemic *Telestes ukliva* (Cyprinidae) in the Cetina River system, Croatia. *Cybiurn*, 33(2), 97–105
- Zupančić, P., Bogutskaya, N. (2000). Description of a new species, *Phoxinellus dalmaticus* (Cyprinidae: Leuciscinae), from the Cikola river in the Krka river system, Adriatic basin

(Croatia). *Natura Croatica*, 9, 67-81.

Zupančič, P., Bogutskaya, N. (2002). Description of two new species, *Phoxinellus krbavensis* and *P. jadovensis*, re-description of *P. fontimalis* Karaman, 1972, and discussion on distribution of *Phoxinellus* species (Teleostei: Cyprinidae) in Croatia and Bosnia-Herzegovina. *Natura Croatica*, 11, 411-438.

Webb P. W. (1978) Partitioning of energy into metabolism and growth. In: Ecology of freshwater fish production. Gerking S. D. (ed), Blackwell, Oxford, 184-214.

Wilzbach, M. A., Cummins, K. W., & Hall, J. D. (1986). Influence of habitat manipulations on interactions between cutthroat trout and invertebrate drift. *Ecology*, 67(4), 898-911.

Yates, F. (1934). Contingency table involving small numbers and the  $\chi^2$  test. Supplement to the *Journal of the Royal Statistical Society* 1(2), 217-235.

### **Lista korišćene literature za identifikaciju akvatičnih beskičmenjaka**

Armitage. P., Cranston. P. S., Pinder. L. C. V. 1995. The Chironomidae. The biology. Ecology of non-biting midges. Chapman. Hall. London. 572 pp.

Brinkhurst, R.O., Jamieson B.G.M.ED. (1971). Aquatic Oligochaeta of the World. Edinburg, 860 pp.

Corbet. P. S. 1983. A biology of dragonflies. Clasley. London. 247 pp.

Delgado C. 2002. Spatial and Temporal Distribution Patterns of Odonata Larvae in the Streams of a Terra firma forest of the Central amazon. Brazil. *Journal of Freshwater ecology*. 17: 555

Dohet. A. 2002. Are caddisflies an ideal group for the biological assessment of water quality in streams. *Proceedings of the 10th International Symposium on Trichoptera*. Nova Supplementa Entomologica. Keltern. 15: 507-520

Elliott, J.M., Humpesch U.H., Macan T.T. (1988). Larvae of British Ephemeroptera: a key with ecological notes. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 49, 1-145.

Gledhill T., Sutcliffe D.W., Williams W.D. (1993). British Freshwater Crustacea Malacostraca: A key with ecological notes. Freshwater biological association scientific publication No.52. 170 pp

Hubbard. M.D. (1990): Mayflies of the World. A catalog of the Family and Genus. Group Taxa. Flora and Fauna Handbook 8.

Hynes. H. B. (1967). A key to the adults and nymphs of the British Stoneflies (Plecoptera). Freshwater Biological Association. Scientific Publication. 17. Ambleside. 91 pp.

Kerovec, M. (1986). Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka. Zagreb. 125 pp.

Pescador. M. L. Rasmussen. A. K. & Harris. S. C. (1995). Identification manual for the caddisfly (Trichoptera) larvae of Florida. State of Florida. Department of Environmental Protection. Division of Water Facilities. Tallahassee. 132 pp.



- Pillot. H. K. M. M. (2009). Chironomidae Larvae of the Netherlands. adjacent lowlands: biology. ecology of the chironomini. KNNV Publishing. Zeist. 144 pp.
- Robert T., Dillon JR. (2004). The Ecology of Freshwater Molluscs. Cambridge University Press. 506 pp.
- Verdonschot P.F.M., Wang H., Pinder A., Nijboer R. (2006) Aquatic Oligochaete Biology IX. Springer. Netherlands. 222 pp.
- Williams. D.D. Feltmate. B.W. (1992): Aquatic Insects. CAB International Wallingford. UK

### **Lista korišćene literature za identifikaciju fito i zooplanktona**

- Blaženčić, J. (1994). Sistematika algi. Beograd. 296pp.
- Bellinger E.G., Sigeo D.C. (2010). Freshwater algae: Identification and Use as Bioindicators. Oxford, 271 pp
- Brodie J., Lewis, J. (1997). Unravelling the algae: the past, present and future of algal systematics. London. 776 pp
- Cvijan M. (2013). Algologija. Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet, Beograd, 196 str.
- Hindak, F. (2008). Atlas of Cyanophytes. Bratislava. 253 pp
- Houk, V., Klee, R., Tanaka H. (2013) Fottea: Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. 532 pp.
- Hofmann G., Werum M., Lange-Bertalot H. (2013). Diatomeen im Süßwasser - Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. Koeltz Scientific Books, Königstein, 908 pp
- Hopkins W.G., Hüner N. (2004). Introduction to plant physiology. John Wiley and Sons, 4th edition, 528 pp.
- Huber-Pestalozzi, G., Komárek, J., Fott, B. (1983). Das Phytoplankton des Süßwasser. Band XVI, 7. Teil, 1. Hälfte. Chlorophyceae, Ordnung: Chlorococcales. U: Elster, H. J., Ohle, W. (Eds.). Die Binnengewässer. E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 914 pp.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (1988). Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. U: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/2. G. Fischer Verlag, Stuttgart & Jena, 596 pp.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (1991a). Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. U: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D. (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/3. Elsevier GmbH, München, 576 pp.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. (1991b). Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. U: Ettl, H., Gartner, G., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D. (eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/4. G. Fischer

Verlag, Stuttgart & New York, 437 pp.

Krammer K. (1997). Die cymbelloiden Diatomeen. Ein Monographie der weltweit bekannten Taxa. Teil 1. Allgemeines und Encyonema part. In: Lange-Bertalot H. and Kociolek P. (eds.), Bibliotheca Diatomologica 36. J. Cramer, Berlin-Stuttgart, 382 pp.

Krammer K. (2000). The genus *Pinnularia*. Vol. 1. In: Lange-Bertalot H. (ed.), Diatoms of Europe: Diatoms of European Inland Waters and comparable habitats. Gantner Verlag, Ruggell, 703 pp.

Lange – Bertalot H. (2011). Diatomeen im Supzwasser-Bentos von Mitteleuropa, Frankfurt am Main. 906 pp.

O’Sullivan P.E. & Reynolds C.S. (1988). The lakes Handbook. Limnology and Limnetic ecology. Oxford. 699 pp.

Reynolds, C. (2006). Ecology of Phytoplankton. Cambridge. 535 pp.

Ricmond A. (2004). Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology. Oxford. 566 pp.

Stevenson, R.J., Bothwell M.L., Lowe R.L. (1996). Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems. San Diego. 752 pp

Stoermer E.F., Smol J.P. (2004) The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences. Cambridge University Press. 469 pp

Živković, A. (1987). Fauna Rotatoria jugoslovenskog dela Dunava. Beograd. 115 pp.

## Biografija

Dušanka Berak Čihorić, rođena je 19.07.1990. u Trebinju. Završila je Gimnaziju „Jovan Dučić” sa odličnim uspjehom 2009. Nastavila je obrazovanje upisom na Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu, smjer Biologija, gde je završila Osnovne akademske studije 2014. Nakon toga, upisuje Master studije smjer Biologija na modulu Akvatična zoologija, a njen master rad pod nazivom „Značaj makrozoobentosa u određivanju kvaliteta vode u slivu rijeke Trebišnjice” ocjenjen je desetkom. Doktorske akademske studije upisuje 2016. na Biološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, smjer Biologija, modul Morfologija, sistematika i filogenija životinja.

Od septembra 2014. zaposlena je u A.D. Hidroelektrane na Trebišnjici – Laboratorija kao hidrobiolog. Njen naučno-istraživački rad fokusira se na hidrobiologiju slatkovodnih ekosistema, s posebnim interesovanjem za biomonitoring rijeke Trebišnjice i njenih akumulacija, koristeći makroinvertebrate, fitoplankton i fitobentos kao bioindikatore. Takođe, proširuje svoje interesovanje na ihtiologiju, posebno na endemične vrste riba u slivu rijeke Trebišnjice, što je i tema njene doktorske disertacije.

Tokom svog istraživačkog rada, Dušanka Berak Čihorić je objavila ukupno četiri rada, gdje je prvi autor u svim radovima. Dva rada su domaćeg značaja, dok su dva objavljena u međunarodnim časopisima, uz dodatak dva saopštenja na domaćim naučnim skupovima. Prvi je autor u dva rada kategorisana kao M20 (<https://doi.org/10.1080/24750263.2024.2365387>; <https://doi.org/10.55730/1300-0179.3184>), oba proizašla iz njenog dokorskog rada.

Učestvovala je do sada na 19 projekata kao hidrobiolog za istraživanje zoobentosa širom Crne Gore i BiH.

## Изјава о ауторству

Потписана Душанка М. Берак Чихорић

Број индекса Б3027/2016

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

**Морфолошке, еколошке и фаунистичке одлике требињске гаовице *Delminichthys ghetaldii* и дабарске гаовице *Telestes dabar*, ендемичних врста из крашких поља у сливу реке Требишњице источног дела Херцеговине**

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршиола ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Душанка М. Берак Чихорић  
Број индекса Б3027/2016  
Студијски програм Морфологија, систематика и филогенија животиња  
Наслов рада **Морфолошке, еколошке и фаунистичке одлике требињске гаовице *Delminichthys ghetaldii* и дабарске гаовице *Telestes dabar*, ендемичних врста из крашких поља у сливу реке Требишњице источног дела Херцеговине**  
Ментори професор др Предраг Симоновић  
професор др Данило Мрдак  
Потписана Душанка М. Берак Чихорић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

**Морфолошке, еколошке и фаунистичке одлике требињске гаовице *Delminichthys ghetaldii* и дабарске гаовице *Telestes dabar*, ендемичних врста из крашких поља у сливу реке Требишњице источног дела Херцеговине**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предала сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучиола.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

**Потпис докторанда**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. Ауторство - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.