

# Promjena sastava zajednice riba rijeke Krke s naglaskom na utjecaj invazivnih vrsta

---

Škugor, Tin

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:353370>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Tin Škugor

**Promjena sastava zajednice riba rijeke  
Krke s naglaskom na utjecaj invazivnih  
vrsta**

Diplomski rad

Zagreb, 2023.

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Tin Škugor

**Changes in the composition of the  
ichthyocenosis of the Krka river with an  
emphasis on the impact of invasive species**

Master thesis

Zagreb, 2023.

Ovaj rad je izrađen na Zoologijskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom doc. dr. sc. Zorana Marčića i komentorstvom dr. sc. Svena Horvatića. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra eksperimentalne biologije.

# ZAHVALE

Srdačno zahvaljujem doc. dr. sc. Zoranu Marčiću na ukazanoj prilici i inspiraciji pri odabiru istraživanja za ovaj diplomski rad te na svojoj pomoći koju sam dobio pri izradi rada.

Zahvaljujem i komentoru dr. sc. Svenu Horvatiću na mnogobrojnim savjetima, idejama i nesebičnoj pomoći tijekom čitavog studija i izrade diplomskog rada.

Zahvaljujem doc. dr. sc. Petru Žutiniću na prilici da radim u programu PRIMER i pomoći pri obradi podataka i zahvaljujem mag. oecol. et prot. nat. Luciji Ivić na pomoći prilikom obrade uzoraka.

Veliko hvala mojim prijateljima Beni, Luki, Niki, Martini, Mariti, Keki, Vukiju, dragoj djevojci Aniti i obitelji koji su me podupirali na svakom koraku ovoga puta.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

## Promjena sastava zajednice riba rijeke Krke s naglaskom na utjecaj invazivnih vrsta

Tin Škugor

Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska

Cilj provedenog istraživanja bio je usporediti ihtiozajednicu rijeke Krke između razdoblja 2004. – 2008. i 2020. – 2023. te odrediti utjecaj invazivnih vrsta na zavičajne vrste riba. Usporedbu ihtiozajednica kroz razdoblja proveli smo kroz kvalitativnu i kvantitativnu analizu zabilježenih vrsta sveukupnog uzorka te šest uzorkovanih postaja pojedinačno. Pri usporedbi ihtiozajednica također smo koristili i indekse raznolikosti, Cluster i Non-Metric MDS analize te kategorije dominantnosti. Kako bi utvrdili utjecaj invazivnih na zavičajne vrste, analizirali smo tri ekološke grupe zabilježenih vrsta koje su uspoređene između dva razdoblja. Također, u svrhu analize utjecaja invazivnih na zavičajne vrste, usporedili smo dužinsko-masene odnose i Fultonove kondicijske faktore zavičajne vrste drlje (*Scardinius dergle* Heckel i Kner, 1858) s jedne postaje između dva razdoblja. Rezultati ukazuju kako postoje značajne razlike u sastavu ihtiozajednice rijeke Krke između dva razdoblja, uslijed pojave stranih i translociranih vrsta te da su one najizraženije na tri uzorkovane postaje koje se mogu opisati kao lentički sustavi. Analiza ekoloških grupa ukazuje na istiskivanje zavičajnih vrsta pri kompeticiji sa stranim i translociranim vrstama zbog dijeljenja istih resursa u okolišu. Analiza dužinsko-masenih odnosa i Fultonovih kondicijskih faktora ukazuje na bolje stanje i kondiciju uzorkovane populacije drlja u razdoblju 2020. – 2023. u odnosu na one uzorkovane u razdoblju 2004. – 2008.

Ključne riječi: ihtiozajednica, strane vrste, translocirane vrste, ugroženost, *Scardinius dergle* (70 stranica, 22 slike, 26 tablica, 78 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Mentor: doc. dr. sc. Zoran Marčić

Komentor: dr. sc. Sven Horvatić

Ocjenitelji:

doc. dr. sc. Zoran Marčić

izv. prof. dr. sc. Duje Lisičić

izv. prof. dr. sc. Ana Previšić

Rad prihvaćen: 07. rujna 2023.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Master thesis

### Changes in the composition of the ichthyocenosis of the Krka river with an emphasis on the impact of invasive species

Tin Škugor

Ravnice 48, 10000 Zagreb, Croatia

The aim of this study was to compare the ichthyocenosis of the Krka River between two periods of 2004 – 2008 and 2020 – 2023 and to determine the impact of invasive on native species. The comparison of ichthyocenosis through periods was carried out through qualitative and quantitative analysis of the recorded species of the overall sample and of the six sampled stations individually. When comparing the ichthyocenosis, we also used diversity indices, *Cluster* and *Non-Metric MDS* analysis and dominance categories. In order to determine the impact of invasives on native species, we analyzed three ecological guilds of recorded species that were compared between the two periods. Also, for the purpose of analyzing the impact of invasives on native species, we compared the length-weight relationships and Fulton's condition factors of native species of dalmatian rudd (*Scardinius dergle* Heckel and Kner, 1858) from one station between two periods. The results indicate that there are significant differences in the composition of the Krka River ichthyocenosis between the two periods, due to the appearance of alien and translocated species and that they are most pronounced at the three sampled stations which are described as lentic systems. The analysis of ecological guilds indicates the displacement native species in competition with alien and translocated species due to the sharing of resources in the environment. The analysis of length-mass relationships and Fulton's condition factors indicates a better state and condition of the sampled population of dalmatian rudds in the period 2020 – 2023 compared to those sampled in the period 2004 – 2008.

Keywords: ichthyocenosis, alien species, translocated species, endangerment, *Scardinius dergle*

(70 pages, 22 figures, 26 tables, 78 references, original in: Croatian)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: Asst. Prof. Zoran Marčić

Comentor: Sven Horvatić, PhD

Reviewers:

Asst. Prof. Zoran Marčić

Assoc. Prof. Duje Lisičić

Assoc. Prof. Ana Previšić

Thesis accepted: 07. September 2023.

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Raznolikost riba u Hrvatskoj.....	1
1.2. Rijeka Krka.....	3
1.2.1. Hidrologija rijeke Krke.....	3
1.2.2. Geologija rijeke Krke.....	4
1.3. Ihtiofauna rijeke Krke.....	5
1.3.1. Ugroženost riba u Hrvatskoj i rijeci Krki.....	6
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	12
3. MATERIJALI I METODE.....	13
3.1. Područje istraživanja.....	13
3.2. Terensko istraživanje.....	14
3.3. Metode uzorkovanja.....	16
3.4. Obrada uzorkovanog materijala.....	17
3.5. Drlja ( <i>Scardinius dergle</i> Heckel et Kner, 1858).....	18
3.6. Analiza podataka.....	19
4. REZULTATI.....	22
4.1. Analiza kvalitativnog i kvantitativnog sastava ihtiozajednice <i>Povijesnog i Recentnog</i> razdoblja.....	22
4.1.1. Usporedba razdoblja ukupnog uzorka.....	22
4.1.2. Usporedba razdoblja kroz postaje i indekse raznolikosti.....	27
4.1.3. Analiza postaja kroz razdoblja uz pomoć PRIMER v7 programa.....	33
4.1.4. Dominantnost vrsta.....	42
4.2. Analiza ekoloških grupa.....	45
4.3. Analiza dužinsko-masenog odnosa i Fultonovog indeksa kod drlje ( <i>Scardinius dergle</i> ).....	49
5. RASPRAVA.....	54



5.1. Kvalitativni i kvantitativni sastav ihtiozajednice <i>Povijesnog</i> i <i>Recentnog</i> razdoblja ...	54
5.2. Ekološke grupe.....	59
5.3. Dužinsko-maseni odnos i Fultonov indeks kod drlje ( <i>Scardinius dergle</i> ).....	60
6. ZAKLJUČAK .....	62
7. LITERATURA .....	63

# 1. UVOD

## 1.1. Raznolikost riba u Hrvatskoj

Od danas poznatih 60.000 vrsta kralježnjaka (Nelson i sur. 2016), više od polovice vrsta čine ribe sa više od 36.000 validnih vrsta. Slatkovodne ribe čine više od polovice tog broja pa trenutno poznajemo više od 18.000 slatkovodnih vrsta (Fricke i sur. 2023). Dosad je prepoznato 85 redova i 536 porodica riba (Nelson i sur. 2016). U Europi je zabilježeno 546 zavičajnih i 33 stranih slatkovodnih vrsta (Freyhof i Kottelat 2007). Prema Nelsonu (2006), ribe su prema definiciji vodeni kralješnjaci sa škragama tijekom cijelog života i tjelesnim privjescima u obliku peraja. Prema Van der Laan i sur. (2014), pojam ribe obuhvaća sljedeće razrede: sljepulje (Myxini), paklare (Petromyzonti), prečnouste (Elasmobranchii), cjeloglavke (Holocephali), mnogoperke (Cladistii), zrakoperke (Actinopteri), resoperke (Coelacanthi) i dvodihalice (Dipneusti).

Prema Čaleta i sur. (2019), u Hrvatskoj obitava 137 vrsta slatkovodnih riba što svrstava Hrvatsku u sam vrh prema brojnosti vrsta slatkovodnih riba u Europi (Mrakovčić i sur. 2006). Slatkovodna ihtiofauna Hrvatske se može svrstati u dva razreda, 16 redova, 30 porodica te 75 rodova. Najveća raznolikost se može pronaći unutar reda Cypriniformes (78 vrsta, 56,9 % od ukupne ihtiofaune), Perciformes (13 vrsta, 9,5 %) te unutar redova Gobiiformes i Salmoniformes (11 vrsta, 8,0 %). Na razini porodica najveća raznolikost se može pronaći unutar porodice Leuciscidae (48 vrsta, 35,0 %), Gobiidae i Salmonidae (11 vrsta, 8 %), Cobitidae (10 vrsta, 7,3 %) te unutar porodica Percidae i Cyprinidae (osam vrsta, 5,8 %) (Čaleta i sur. 2019).

Slatke vode u Hrvatskoj hidrografski se dijele na dva slijeva: dunavski i jadranski slijev. U dunavskom slijevu zabilježena je 81 vrsta slatkovodnih riba, od kojih je 64 zavičajnih i 17 stranih vrsta. U jadranskom slijevu prisutno je 90 vrsta slatkovodnih riba, od kojih je 60 zavičajnih i 30 stranih vrsta (Čaleta i sur. 2019). U dunavskome slijevu nalazimo devet, a u jadranskome slijevu 36 endemskih vrsta (Čaleta i sur. 2019) što čini jadranske rijeke u Dalmaciji jednim od ihtiološki najzanimljivijih područja u Europi (Abell i sur. 2008; Čaleta i sur. 2015).

Pravih endemskih vrsta, čiji je areal ograničen i dijelom unutar Hrvatske, ima 40 (29,2 %) (Čaleta i sur. 2019). Te se vrste svrstavaju unutar sedam porodica, od kojih unutar porodice

Leuciscidae nalazimo čak 21 vrstu (Ćaleta i sur. 2015). Stenoendemskih vrsta, čiji je areal ograničen isključivo na slatke vode u Hrvatskoj, ima 15 ili 10,9 %, a to su: *Cobitis dalmatina* Karaman, 1928 (rijeka Cetina), *Cobitis jadonaensis* Mustafić i Mrakovčić, 2008 (rijeka Jadova), *Delminichthys jadonaensis* (Zupančić i Bogutskaya, 2002) (rijeka Jadova), *Delminichthys krbavensis* (Zupančić i Bogutskaya, 2002) (vode Krbavskog polja), *Phoxinellus dalmaticus* Zupančić i Bogutskaya, 2000 (rijeka Čikola), *Squalius illyricus* Heckel i Kner, 1858 (rijeke Cetina i Krka sa pritocima), *Squalius zrmanjae* Karaman, 1928 (rijeke Krka i Zrmanja, introducirana vrsta u rijeku Ričicu u Lici), *Telestes croaticus* (Steindachner, 1866) (rijeke Jadova, Ričica, Otuča i Obsenica u Lici), *Telestes fontinalis* (Karaman, 1972) (vode Krbavskog polja), *Telestes karsticus* Marčić i Mrakovčić, 2011 (potoci u Lug, Jasenačkom, Drežničkom, Stajničkom i Plaškom polju), *Telestes miloradi* Bogutskaya, Zupančić, Bogut i Naseka, 2012 (vode u Konavoskom polju), *Telestes polylepis* Steindachner, 1866 (rijeke Dobra i Zagorska Mrežnica i mali potoci i jezera u blizini Josipdola i Ogulina), *Telestes tursky* (Heckel, 1843) (rijeka Čikola), *Telestes ukliva* (Heckel, 1843) (rijeka Cetina i pritoke) i *Knipowitschia mrakovcici* Miller, 2009 (donji dio rijeke Krke) (Ćaleta i sur. 2019).

Endemske vrste riba, na današnjem teritoriju Hrvatske, prisutne su još od prije glacijalnih razdoblja. Kroz razne evolucijske procese preživjele su klimatske i geomorfološke promjene te opstale u smanjenom broju vrsta od razdoblja tercijara pa do danas. Uzrok velikoj raznolikosti ihtiofaune u Hrvatskoj pridodaje se velikoj raznolikosti klimatskih, geomorfoloških, ekoloških i stanišnih tipova (Ćaleta i sur. 2015). Naime, velika raznolikost ihtiofaune u Hrvatskoj može se objasniti prvenstveno kroz podjelu na dunavski i jadranski slijev koji imaju različite hidrološke, geografske i ekološke čimbenike (Ćaleta i sur. 2015). Rijeke u dunavskom slijevu su dugačke i s mnogo pritoka te su mnoge međusobno spojene, dok su rijeke jadranskog slijeva kratke, izolirane i s malo pritoka što dovodi do procesa alopatrijske specijacije te rezultira s velikim brojem vrsta od kojih su mnoge endemske (Bonacci 2019; Buj i sur. 2014; Buj i sur. 2015; Buj i sur. 2017; Ćaleta i sur. 2015). Nadalje, 49 % teritorija Hrvatske obuhvaća Dinarski krš koji je specifičan po mnogim izoliranim vodenim tijelima, kako na površini tako i u podzemlju. Osim toga krš predstavlja okoliš s vrlo intenzivnim okolišnim čimbenicima koji pogoduju nastanku velikog broja endemskih vrsta (Bonacci 2019; Ćaleta i sur. 2019). Razlog velikog bogatstva vrsta riba u Hrvatskoj može se objasniti i kompleksnom geološkom prošlošću i periodima povoljnih uvjeta koji pogoduju specijaciji i razvitku vrsta što je vidljivo kod roda *Cobitis* (Buj i sur. 2015) i roda *Telestes* (Buj i sur. 2017).

## 1.2. Rijeka Krka

Rijeka Krka duga je ukupno 72,5 km. Slatkovodni dio dug je 49 km i proteže se do Skradinskog buka nakon čega se nastavlja potopljeni dio rijeke pod utjecajem morske vode koji se proteže još 23,5 km (Cukrov i sur. 2016). Prosječni godišnji protok na Skradinskome buku (posljednji slatkovodni dio rijeke) u zadnjih 50 godina iznosi između 40 i 60 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> s minimumom od 5 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> i maksimumom od 565 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (Bonacci i sur. 2006). Na rijeci Krki prisutno je sedam sedrenih slapova s ukupnim padom od 242 metra koji predstavljaju najveći sustav sedrenih barijera u Europi. Najveći od 7 slapova je Skradinski buk preko kojeg se voda obrušava s 46 na ispod 2 metra nadmorske visine (Bonacci i sur. 2017). Rijeka Krka u slatkovodnom dijelu toka ima pet pritoka: Butižnicu (39 km), Čikolu s Vrbom (37,8 km), Kosovčicu (12,5 km), Krčić (10,5 km) i Orašnicu (5,3 km), a u potopljenom dijelu jednu pritoku, Guduču (7 km) (Nacionalni park Krka 2023). Duž toka Krke u funkciji su četiri hidroelektrane: HE Krčić, HE Jaruga, HE Miljacka i HE Roški slap te na pritoci Butižnici prisutna je i HE Golubić (Bonacci i Ljubenkov 2005).

Dio je rijeke Krke 24. siječnja 1985. godine proglašen Nacionalnim parkom. Danas područje Nacionalnog parka obuhvaća 109 km<sup>2</sup> te se granice pružaju od Skradinskog mosta na jugu do 2 km nizvodno od Knina na sjeveru zajedno s 3,5 km ušća Čikole i njenog kanjonskog dijela (Nacionalni park Krka 2023). Također, područje rijeke Krke i Nacionalnog parka obuhvaćeno je i ekološkom mrežom Natura 2000 prema EU Direktivi o staništima pod nazivima: Šire područje NP Krka - HR2000918, Ušće Krke - HR3000171 i Čikola - HR2000918 (Bioportal 2023).

### 1.2.1. Hidrologija rijeke Krke

Rijeka Krka smještena je na području srednje Dalmacije i ulijeva se u Jadransko more. Tipična je krška rijeka koja se snabdijeva vodom iz saturirane zone podzemnih voda. Veliki dio vode u rijeci Krki potječe iz slivnog područja rijeke Zrmanje s kojom je povezana podzemnim putem. Značajnu količinu vode rijeka Krka prima i od rijeke Krčić te od *Glavnog* izvora koji se nalazi neposredno ispod slapa Krčić kojim se Krčić ulijeva u Krku. Rijeka Krka se još napaja vodom iz *Malog* izvora i *Trećeg* izvora koji doprinose sa 10 – 20 % ukupne količine vode u rijeci (Bonacci 1985; Bonacci 1987). Izvori rijeke Krčić presuše svake godine zbog čega korito

rijeke Krčić ostane bez vode, a to se događa uglavnom kada protok iz izvora rijeke Krke padne ispod  $4,20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (Bonacci i sur. 2006). Značajan proces okršavanja je vidljiv u koritu rijeke Krčić što uzrokuje značajne gubitke vode duž korita zbog čega se tok vode uzduž rijeke Krčić djelomično odvija površinski, a djelomično kroz podzemlje (Bonacci 1985; Bonacci 1987). Prema istraživanju koje je proveo Jukić (2005), pokazalo se kako je hidrološka povezanost između 12 km međusobno udaljenih izvora rijeke Krčić i izvora rijeke Cetine značajnija nego između izvora rijeke Krčić i izvora rijeke Krke. Slivno područje rijeke Krke se rasprostire na otprilike  $2.427 \text{ km}^2$ . Prosječna površina slivnog područja za izvore rijeke Krke iznosi  $228 \text{ km}^2$  te  $134 \text{ km}^2$  za izvore rijeke Krčić što pokazuje da se značajan dio slivnog područja rijeke Krke nalazi izvan topografskih granica slivnih područja navedenih izvora (Bonacci i sur. 2006). Testovima trasiranja dokazana je hidrološka povezanost Pašić polja u Bosni i Hercegovini s rijekom Krkom (Bonacci i sur. 2006) odakle voda u polju ponire te perkolira (procjeđuje) kroz podzemlje prema izvorima rijeke Krčić i rijeke Krke (Bonacci i Ljubenković 2005).

Zbog visoke stope infiltracije vode u podzemlje u kršu, površinske vode su vrlo rijetke u usporedbi sa nekrškim područjima. Hidrološki režim površinskih tokova u kršu uvelike ovisi o kontaktu podzemnih i površinskih voda (Bonacci 1987). Glavna karakteristika površinskih tokova u kršu je gubitak vode u određenim dijelovima duž toka ili poniranje u podzemlje. Karakteristika rijeke Krke je da nikad ne presuši zbog slojeva nepropusnog sedimenta uglavnom sastavljenog od aluvijalnih sedimenata finog zrna koji ne propuštaju vodu (Bonacci 2015). Rijeka Krka se smatra hidrogeološkim fenomenom Dinaridskog krša (Bonacci i Perica 1990).

### **1.2.2. Geologija rijeke Krke**

Dinarski je krš razvijen, praktički bez zemljanog pokrova, s oskudnom vegetacijom i brojnim nadzemnim i podzemnim mikro i makro krškim fenomenima (Bonacci 1987). Obzirom na različite čimbenike poput litološkog sastava, hidroloških značajki, tektonike i egzogenih procesa u morfološkom smislu te njihovih kompleksnih međudnosa, porječje Krke može se podijeliti na tri dijela: planinsko područje na sjeveroistočnom dijelu, dolinska proširenja (polja) u središnjem dijelu i Sjevernodalmatinska zaravan (Friganović 1990; Fritz i sur. 1990). Dolina rijeke Krke, na području Sjevernodalmatinske zaravni teče kroz karbonatne naslage što predstavlja poseban fenomen jer rijeka Krka predstavlja viseći tok (Bonacci i Perica

1990; Fritz i sur. 1990). Naime, na dijelu toka od Kninskog polja do Roškog slapa, Krka teče i do 100 m iznad vodnog lica vode temeljnice, a istovremeno ne gubi vodu iz korita (Bonacci i Perica 1990).

Slivno područje rijeke Krke je građeno uglavnom od vapnenaca jurske starosti (Bonacci 1987). Središnji i istočni dio porječja najvećim dijelom je izgrađen od krednih naslaga. Gornjokredne naslage najviše su zastupljene na području sjevernodalmatinske zaravni gdje su usječene doline rijeke Krke i Čikole. Ukupna debljina krednih naslaga iznosi 2100 – 2200 m. Srednji i donji dio porječja, a u dolini Krke nizvodno od Bilušića buka do Skradinskog buka, izgrađuju naslage tercijarne starosti (Perica i sur. 2005).

### 1.3. Ihtiofauna rijeke Krke

Sa do sada zabilježenih 36 endemskih vrsta (Ćaleta i sur. 2019), Hrvatski dio jadranskog slijeva i rijeke u Dalmaciji čine jedno od ihtiološki najzanimljivijih područja u Europi (Abell i sur. 2008; Ćaleta i sur. 2015). U rijeci Krki zabilježene su 33 vrste riba, od kojih su 22 prave slatkovodne vrste riba, dok ostalih 11 vrsta predstavljaju one koje obitavaju u bočatim i prijelaznim staništima (Ćaleta i sur. 2019; Freyhof i Kottelat 2007; Fricke i sur. 2023) (Tablica 1.). Od sveukupno zabilježene ihtiofaune rijeke Krke, čak 11 vrsta je strano, prema čemu je Krka četvrta rijeka u Hrvatskoj prema brojnosti stranih vrsta, a ispred su rijeke Cetina, Lika i Neretva sa po 12 vrsta strane ihtiofaune. Prema brojnosti endemskih vrsta, Krka je sa devet endemskih vrsta riba druga rijeka u Hrvatskoj, a ispred je samo Neretva sa 14 endemskih vrsta riba. O raznolikosti rijeke Krke govori i podatak da njena ihtiofauna pripada u 11 redova, 18 porodica i 30 različitih rodova (Ćaleta i sur. 2019). Od sveukupne ihtiofaune koja obitava u rijeci Krki, 11 vrsta riba se nalazi na popisu *Pravilnika o strogo zaštićenim vrstama* Republike Hrvatske (Narodne novine 2016): *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), *Aulopyge huegelii* Heckel, 1843, *Barbus plebejus* Bonaparte, 1839, *Telestes tursky*, *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758, *Salaria fluviatilis* (Asso, 1801), *Knipowitschia mrakovcici*, *Knipowitschia panizzae* (Verga, 1841), *Ninnigobius canestrinii* (Ninni, 1883), *Salmo obtusirostris* (Heckel, 1851), i *Cottus gobio* Linnaeus, 1758. Također, od sveukupne ihtiofaune koja obitava u rijeci Krki, šest vrsta riba nalazi se na popisu ciljnih vrsta EU Direktive o staništima (Narodne novine, 2013): *Aulopyge huegelii*, *Barbus plebejus*, *Cottus gobio*, *Salmo obtusirostris*, *Knipowitschia panizzae* i *Ninnigobius canestrinii*.

**Tablica 1.** Kvalitativni sastav zabilježenih riba u rijeci Krki (prema Čaleta i sur. 2019; Freyhof i Kottelat 2007; Fricke i sur. 2023). Zelenom bojom označene su zavičajne, crvenom strane i plavom translocirane vrste.

Broj	Porodica	Vrsta (hrv.)	Vrsta (lat.)
1.	Leuciscidae	Zrmanjski klen	<i>Squalius zrmanjæ</i>
2.	Leuciscidae	Ilirski klen	<i>Squalius illyricus</i>
3.	Leuciscidae	Bijeli klen	<i>Squalius squalus</i>
4.	Leuciscidae	Drlja	<i>Scardinius dergle</i>
5.	Leuciscidae	Krkin pijor	<i>Phoxinus krkae</i>
6.	Cyprinidae	Šaran	<i>Cyprinus carpio</i>
7.	Cyprinidae	Mren	<i>Barbus plebejus</i>
8.	Cyprinidae	Oštrulja	<i>Aulopyge huegelii</i>
9.	Cyprinidae	Babuška	<i>Carassius gibelio</i>
10.	Salmonidae	Primorska pastrva	<i>Salmo farioides</i>
11.	Salmonidae	Mekousna pastrva	<i>Salmo obtusirostris</i>
12.	Salmonidae	Kalifornijska pastrva	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
13.	Anguillidae	Jegulja	<i>Anguilla anguilla</i>
14.	Blennidae	Riječna babica	<i>Salaria fluviatilis</i>
15.	Centrarchidae	Sunčanica	<i>Lepomis gibbosus</i>
16.	Esocidae	Štuka	<i>Esox lucius</i>
17.	Gasterosteidae	Koljuška	<i>Gasterosteus aculeatus</i>
18.	Gobiidae	Visovački glavočić	<i>Knipowitschia mrakovcici</i>
19.	Gobionidae	Bezribica	<i>Pseudorasbora parva</i>
20.	Ictaluridae	Crni somić	<i>Ameiurus melas</i>
21.	Percidae	Grgeč	<i>Perca fluviatilis</i>
22.	Poecillidae	Gambuzija	<i>Gambusia holbrooki</i>
23.	Tincidae	Linjak	<i>Tinca tinca</i>
24.	Xenocyprididae	Amur	<i>Ctenopharyngodon idella</i>

### 1.3.1. Ugroženost riba u Hrvatskoj i rijeci Krki

Najvažniji razlozi ugroženosti hrvatske ihtiofaune su unos stranih vrsta, onečišćenje, regulacija vodotoka i melioracija, degradacija staništa i izgradnja brana i hidroakumulacija (Mrakovčić i sur. 2006).

### ***1.3.1.1. Onečišćenje***

Onečišćenje voda postaje sve veća ugroza za slatkovodne ekosustave. Urbanizacija i industrijalizacija najviše doprinose ovome trendu putem opterećivanja voda otopljenim solima, organskim tvarima i nutrijentima, pesticidima, teškim metalima i različitim otrovima, što ima direktan ili indirektan utjecaj na ribe kao akvatičke organizme (Ćaleta i sur. 2015; Mrakovčić i sur. 2006). Većina gradskih i industrijskih otpadnih voda ulijeva se u rijeke i jezera u obliku točkastih izvora, dok su difuzni izvori onečišćenja najčešće utjecaj intenzivne poljoprivrede. Direktan utjecaj onečišćenja očituje se u obliku akutnog ili kroničnog trovanja riba, a indirektan u promjenama fizikalno-kemijskih parametara vode poput temperature, pH i količine otopljenog kisika (Mrakovčić i sur. 2006). Onečišćenje dovodi do promjena u strukturi zajednice riba, a nerijetko može imati i letalne posljedice za brojne populacije riba. Povećanje koncentracije organskih tvari u vodotocima, poput fosfata i nitrata, uzrokuje proces eutrofikacije kojim se povećava primarna produkcija, a istovremeno se smanjuje količina otopljenog kisika (Ćaleta i sur. 2015). Dugotrajno onečišćenje vodenih ekosustava dovodi do akumulacije štetnih tvari u hranidbenim lancima, što osim posljedica na biljni i životinjski svijet, utječe i na čovjeka kao krajnjeg korisnika (Ćaleta i sur. 2015; Mrakovčić i sur. 2006). Jedan od najvećih izvora onečišćenja u rijeci Krki predstavlja grad Knin (smješten u gornjem toku), odakle se otpadne vode ispuštaju u rijeku Krku bez prethodne prerade (Cukrov i sur. 2008; Cukrov i sur. 2012).

### ***1.3.1.2. Reguliranje vodotoka i melioracija***

Intenzivno reguliranje tekućica i melioracijski radovi u posljednja dva desetljeća na europskom prostoru promijenili su tokove rijeka i doveli do nestanka mnogih staništa. Melioracijom su stvorena poljoprivredna tla, a rijeke više ne mogu stvarati meandre koji su karakteristični za donje tokove rijeka (Mrakovčić i sur. 2006). Na mnogim rijekama, antropogenim utjecajima, poremećeni su prirodni hidrološki i geomorfološki uvjeti, čime su se rijeke odvojile od svojih naplavnih zona te na taj način ugrozile mnoge vrste riba. Prirodni procesi u kombinaciji sa antropogenim radovima u krškim područjima mogu izazvati nepredvidive, intenzivne i opasne posljedice za okoliš i ljude (Roje-Bonacci i Bonacci 2013). Bilo kakvi inženjerski poduhvati na krškom terenu predstavljaju nepredvidive i opasne redistribucije površinskih i podzemnih voda (Bonacci i Andrić 2010). Tokovi rijeka se značajno



mijenjanju i izgradnjom brana, a naročito je to slučaj kod krških rijeka. Najočitiye promjene prilikom takvih zahvata očituju se u prekidu longitudinalne povezanosti rijeke. Brane onemogućuju migracije riba koje se odvijaju od ušća do izvora i obrnuto, a od presudnog su značaja za pojedine vrste riba. Osim toga brane dovode do stvaranja jezerskih dijelova rijeke što dovodi do nestanka reofilnih vrsta poput pastrva, ali istovremeno se u hidroakumulacije unose i nove (strane) vrste riba (Ćaleta i sur. 2015). Na rijeci Krki, u funkciji su 4 hidroelektrane: HE Miljacka, HE Roški slap, HE Jaruga i HE Krčić te na pritocima Butižnici u funkciji je i HE Golubić (Bonacci i Ljubenkov 2005). Također, ispod Skradinskog buka prisutna je i HE Krka, poznatija kao druga hidroelektrana na svijetu, izgrađena 1895. godine, koja danas više nije u funkciji (Nacionalni park Krka 2023). Iako akumulacije navedenih hidroelektrana nemaju velike zapremnine, njihov rad promijenio je hidrološki režim rijeke Krke. Kako je sustavno bilježenje hidroloških podataka na Krki započelo od 1947. godine, proizlazi da se ne raspolaže podacima iz razdoblja prirodnog, neporemećenog hidrološkog režima (Bonacci i Ljubenkov 2005).

### ***1.3.1.3. Strane vrste***

Strana vrsta je vrsta koja je unesena izvan svog prirodnog područja rasprostranjenosti izravnim ili neizravnim posredovanjem čovjeka (Mihinjač i sur. 2019). Jedna od najvećih antropogenih ugroza na ribe, ne uzevši u obzir fizičke i kemijske promjene staništa, definitivno je unos stranih vrsta u neko područje. Za razliku od zavičajnih vrsta, ne nalaze se na području prirodne rasprostranjenosti, evoluirale su u drugim prostorima i uvjetima, prenesene su u novo stanište slučajno ili namjerno, a da pritom svrha često nije bila postignuta (Mrakovčić i sur. 2006). Ako strana vrsta u novome području obitavanja ugrožava ili štetno utječe na zavičajne vrste tog područja ili ugrožava zdravlje ljudi i gospodarstvo, tada govorimo o invazivnoj stranoj vrsti (Mihinjač i sur. 2019).

U Hrvatskoj je dosada zabilježeno 25 stranih vrsta slatkovodnih riba, od kojih se neke smatraju invazivnim stranim vrstama te najčešće potječu iz Azije i Sjeverne Amerike. Neke vrste se smatraju stranima, iako su autohtone na određenom dijelu neke države. Takve vrste su prenesene ili translocirane iz voda u kojima prirodno obitavaju u vode u koje ne mogu dospjeti bez čovjekovog posredovanja (Mihinjač i sur. 2019). Jedan od većih problema unošenja riba povezan je sa translokacijama riba iz dunavskog slijeva u jadranski slijev (Ćaleta i sur. 2015).

U jadranskom je slijevu zabilježeno čak 90 vrsta, od kojih je 60 zavičajnih, a 30 su strane. Od 30 stranih vrsta, 15 je vrsta translocirano iz dunavskog slijeva, a 15 je introduciranih stranih vrsta (Čaleta i sur. 2019). Većina vrsta koje su translocirane su se dobro prilagodile novim uvjetima u staništu te uspostavile samoodržive populacije, a neke od njih postale su invazivne negativnim djelovanjem na autohtone vrste (Mihinjač i sur. 2019).

Dva glavna razloga translokacija riba u Hrvatskoj su u svrhu sportskog ribolova, akvakulture, biološke kontrole i tržišta ukrasnim vrstama (namjerni unos) te unos drugih vrsta prilikom translokacija ciljanih vrsta ili prirodnim širenjem vrsta izvan njihovog prirodnog areala (nenamjerni unos) (Mihinjač i sur. 2019; Piria i sur. 2018; Pofuk i sur. 2017). Većina je vrsta uneseno u svrhu sportskog ribolova, dok je neprikladno rukovanje uzrokovalo većinu nenamjernih translokacija (Pofuk i sur. 2017). Radi sportskog ribolova, neke vrste su translocirane iz dunavskog slijeva u jadranski slijev gdje su se počele uspješno razmnožavati i ugrožavati autohtone vrste tog područja. Neke od translociranih vrsta su šaran (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), štika (*Esox lucius* Linnaeus, 1758), grgeč (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758), som (*Silurus glanis* Linnaeus, 1758) i lipljen (*Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758)). Uz njih, usputno su unesene i druge vrste riba kao što je bezribica (*Pseudorasbora parva* (Temminck i Schlegel, 1846)), babuška (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)), sunčanica (*Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758)), crni somić (*Ameiurus melas* (Rafinesque, 1820)) i crvenperka (*Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758)). Bitno je napomenuti kako se translokacije riba u svrhu poribljavanja često provode ilegalno (Mihinjač i sur. 2019). Sunčanica, crni somić i gambuzija se nalaze na popisu invazivnih stranih vrsta koje izazivaju zabrinutost u Uniji, a koji je ažuriran 2019. godine (Provedbena Uredba Komisije (EU) 2016/1141 u skladu s Uredbom (EU) br. 1143/2014 i Provedbena uredba Komisije (EU) 2022/1203 od 12. srpnja 2012. o izmjeni Provedbene uredbe Komisije EU 2016/1141, radi ažuriranja popisa invazivnih stranih vrsta koje izazivaju zabrinutost u Uniji).

Najveći broj unosa stranih riba u Hrvatskoj dogodio se u periodu između 1920. i 2000. godine (Pofuk i sur. 2017). U posljednjih 15 godina u Hrvatskoj, dogodio se najveći broj nenamjernih unosa stranih vrsta riba (Piria i sur. 2018). Jedan od glavnih razloga unosa stranih vrsta u nova područja je akvakultura. Neke od stranih vrsta riba unesenih u svrhu akvakulture su kalifornijska pastrva (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)), sivi glavaš (*Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844)), crni somić (*Ameiurus melas*) i bijeli amur (*Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844)) (Mihinjač i sur. 2019). Većina akvakulturnih

postrojenja u balkanskim državama je fokusirana na toplovodne vrste iz porodice Cyprinidae i hladnovodne vrste iz porodice Salmonidae među kojima dominiraju šaran (*Cyprinus carpio*) i kalifornijska pastrva (*Oncorhynchus mykiss*) (Piria i sur. 2018). Ribe iz akvakulturnih jedinica nepažnjom mogu dospjeti u prirodne vode te, ovisno o vrsti, mogu uspostaviti samoodržive populacije i postati invazivne vrste te se dalje širiti. Također, mnoge vrste su unesene za ukrasne svrhe u akvaristici. Nakon držanja u akvarijima, fontanama ili umjetnim jezerima, neke su vrste namjerno puštene ili su odbjegli u prirodu gdje su uspostavile populacije. Na taj način unesene su sunčanica (*Lepomis gibbosus*) i zlatna ribica (*Carassius auratus* (Linnaeus, 1758)) koje su se obje dobro prilagodile i uspješno se razmnožavaju u prirodi. Još jedan način unosa stranih vrsta je i biološka kontrola, a odnosi se na unos stranih vrsta radi kontrole populacija drugih vrsta. Tako je unesena gambuzija (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859) radi kontrole populacija komaraca i suzbijanja malarije u Europi, dok je bijeli amur (*Ctenopharyngodon idella*) unesen u svrhu kontrole vodenog bilja u stajaćim vodama. Obje vrste su uspostavile samoodržive populacije u našim prirodnim vodama te istovremeno negativno utječu na zavičajne vrste i ekosustave. Nadalje, za potrebe sportskog ribolova, unesene su kalifornijska pastrva (*Oncorhynchus mykiss*) i pastrvski grgeč (*Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) (Mihinjač i sur. 2019). Kalifornijska pastrva (*Oncorhynchus mykiss*) nalazi se na popisu “Top 100” najgorih invazivnih vrsta na svijetu (Lowe i sur. 2000).

Strane vrste mogu vrlo negativno utjecati na ekosustave i zavičajnu riblju zajednicu kroz procese pojačane kompeticije za hranu i stanište, predacije, hibridizacije, prijenosa patogena te promijene ekosustava (Mihinjač i sur. 2019; Ribeiro i Leunda 2012). Tako je sunčanica (*Lepomis gibbosus*) agresivnim ponašanjem i kompeticijom istisnula mnoge zavičajne vrste i smanjila im brojnost. Također, strane vrste riba mogu promijeniti strukturu zajednica i staništa i hranidbenu mrežu, čime mogu sasvim narušiti funkcioniranje ekosustava. Vrste koje se smatraju invazivnima često posjeduju značajke koje im omogućavaju da budu konkurentnije u novome staništu od drugih vrsta. Neke od tih značajki kod invazivnih slatkovodnih vrsta riba su te da mogu podnijeti široke raspone okolišnih uvjeta poput niskih i visokih temperatura vode, pH vrijednosti, uvjete hipoksije, povišeni salinitet i onečišćenje. Imaju i biološke značajke koje doprinose njihovoj uspješnosti i uspostavi populacija. Često su oportunistički svejedi, rano spolno sazrijevaju i imaju veliki broj potomaka za koje imaju razvijenu brigu za jaja. Izrazito negativan utjecaj stranih vrsta riba zabilježen je u jadranskome slijevu, uključujući i rijeku Krku gdje živi mnogo endemskih vrsta riba koje su osjetljive na promjene u okolišu (Mihinjač i sur. 2019).

Jedan od prvih slučajeva poribljavanja na području rijeke Krke zabilježen je u periodu od 1947. – 1949. kada je u Šarena jezera kod Knina unesen šaran (*Cyprinus carpio*) i linjak (*Tinca tinca* (Linnaeus, 1758)) kod kojih je nakon nekoliko godina zabilježeno uspješno razmnožavanje (Taler 1953a). Nadalje, 25. travnja 1949. godine, u jezero Visovac unesene su 24 odrasle jedinke šarana (*Cyprinus carpio*) koje su imale 3 – 4 kg te 1800 jedinki mase 200 – 300 g (Plančić 1950). U novijoj povijesti, 2014. godine, zabrinjavajući je nalaz štuke (*Esox lucius*) u Šarenim jezerima kod Knina. Unijeli su je nesavjesni sportski ribolovci u zatvoreni sustav Šarenih jezera, ali prilikom velikih količina oborine na kninskom području, došlo je do poplava koje su povezale rijeku Krku i Šarena jezera. Štuka je translocirana vrsta koja se brzo širi u svim vodotocima u koje je ubačena (Marčić i sur. 2014).

Strane i invazivne vrste prepoznate su kao prijetnja i od strane zakonodavnih tijela u Hrvatskoj po prvi put kroz Zakon o zaštiti prirode iz 2003. godine. Međutim, mjere propisane ovim zakonom često nisu provođene u praksi zbog čega je došlo do unosa i/ili širenja nekih stranih vrsta riba u prirodna staništa te mnogih negativnih posljedica. Zakoni koji se bave problematikom stranih i invazivnih vrsta u Hrvatskoj su: Zakon o sprječavanju unošenja i širenja stranih te invazivnih stranih vrsta i upravljanju njima (NN 15/2018), Zakon o slatkovodnom ribarstvu (NN 14/2014) i Zakon o akvakulturi (NN 130/2017). (Mihinjač i sur. 2019).

Vrlo je teško predvidjeti posljedice unosa novih vrsta u neki vodeni ekosustav. Glavni razlog tome je što kod većine slučajeva ne postoje podaci o lokalnoj ribljoj zajednici prije unosa novih vrsta, a često ne postoji kontinuirani monitoring pomoću kojeg bi se odredio stvarni utjecaj stranih vrsta na lokalnu riblju zajednicu i ekosustav. Također, većina vodenih ekosustava već je degradirano čovjekovim utjecajem (Čaleta i sur. 2015).

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Desetljećima poribljavanja dalmatinskih rijeka sa stranim vrstama uz druge antropogene pritiske, potencijalno je nanescna ozbiljna šteta na endemsku ihtiofaunu (Ćaleta i sur. 2015). Iako postoje poneki recentni zapisi o unosu stranih vrsta u rijeku Krku (Marčić i sur. 2014), ne postoji recentan zapis o sveukupnom sastavu i stanju ihtiozajednice rijeke Krke, zbog čega su glavni ciljevi ovog istraživanja:

1. Usporediti kvalitativni i kvantitativni sastav ihtiofaune rijeke Krke uzorkovanih u dva vremenska razdoblja: 2004. – 2008. i 2020. – 2023.
2. Analizirati ihtiofaunu rijeke Krke uzorkovane u dva vremenska razdoblja 2004. – 2008. i 2020. – 2023. s obzirom na brojnost unutar različitih ekoloških grupa (eng. *ecological guilds*).
3. Procijeniti utjecaj promjena ihtiocenoze na autohtonu vrstu drlju (*Scardinius dergle* Heckel et Kner, 1858) analizom dužinsko-maseni h odnosa i Fultonovog indeksa.

### 3. MATERIJALI I METODE

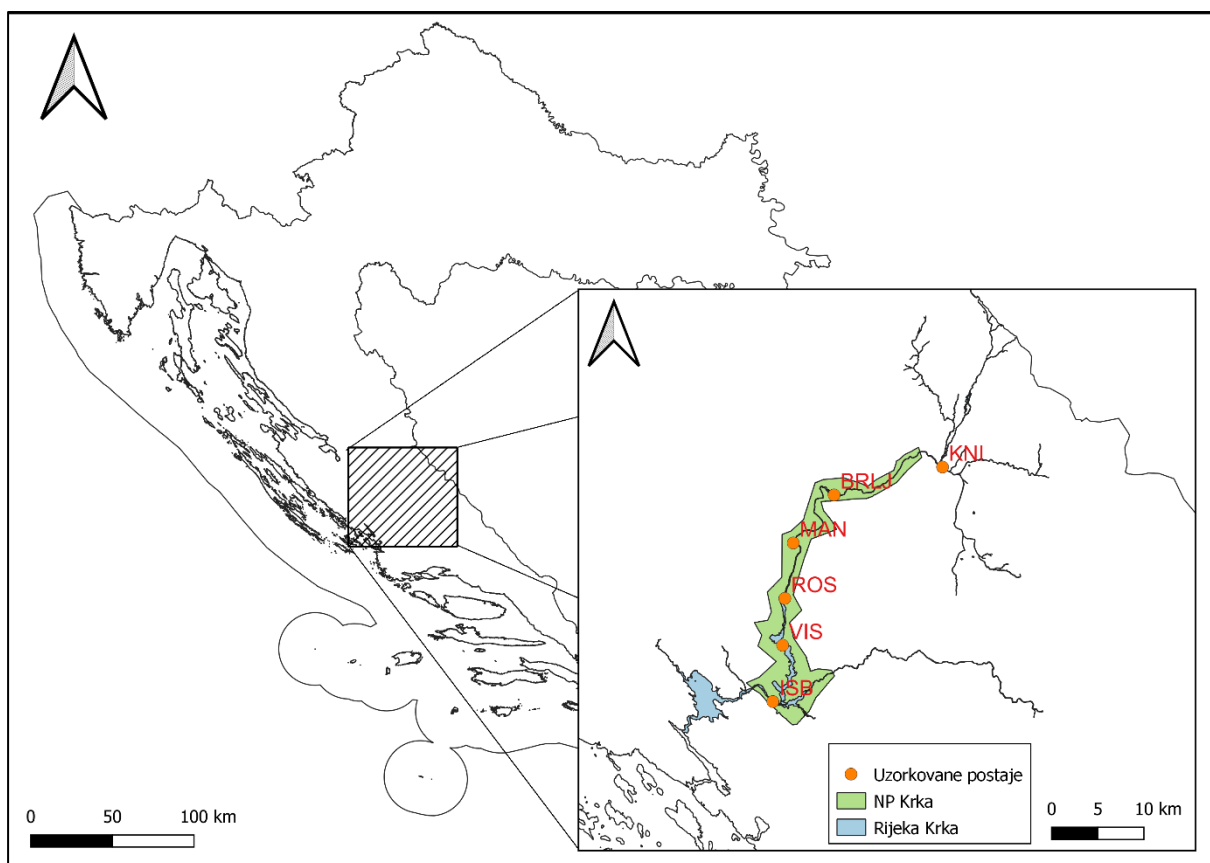
#### 3.1. Područje istraživanja

Područje istraživanja obuhvaća šest lokacija na rijeci Krki (Tablica 2.; Slika 1.). Idući od izvora prema ušću nazivi uzorkovanih postaja su sljedeći: *Knin*, *Brljan*, *Manastir*, *Roški slap*, *Visovac* i *Ispod Skradinskog buka*. Područje Knina predstavlja gornji tok rijeke Krke i pripada dijelu Krke kojeg Friganović (1990) i Fritz i sur. (1990) nazivaju dolinska proširenja i polja dok ostale postaje pripadaju Sjevernodalmatinskoj zaravni. Jezero Brljan dijelom je prirodno jezero nastalo rastom sedrenih barijera, a dijelom umjetna akumulacija za potrebe HE Miljacka (Bonacci i Perica 1990). Postaja Manastir čini ujezerenje rijeke Krke koje je prekriveno većinom vodenom vegetacijom (Zanella i sur. 2023). Roški slap visok je 25,5 m i dug 650 m. Na početku barijere građen je od sedrenih kaskada (Nacionalni park Krka 2023). Postaja Visovac predstavlja ujezerenje rijeke Krke omeđeno s uzvodne strane Roškim slapom i s nizvodne Skradinskim bukom (Hutchinson 1957). Posljednja postaja je Skradinski buk, najveći slap na rijeci Krki visok 44 m nakon kojeg se sljedećih 23,5 km Krka nastavlja pod utjecajem mora (Bonacci i sur. 2017; Cukrov i sur. 2016).

Iz praktičnih razloga, uzorkovanim postajama pridodao sam kratice kako bi kartografski prikaz bio jasniji i pregledniji. Koordinate uzorkovanih postaja zabilježene su u HTRS96/TM projekcijskom koordinatnom sustavu. Kartografski prikaz područja istraživanja izradio sam u QGIS 3.22.14. programskom paketu.

**Tablica 2.** Uzorkovane postaje s pripadajućim kraticama i koordinatama.

Postaja	Kratice postaje	X koordinata	Y koordinata
<i>Knin</i>	KNI	458967	4869073
<i>Brljan</i>	BRLJ	475128	4877295
<i>Manastir</i>	MAN	463390	4874275
<i>Roški slap</i>	ROS	458050	4863071
<i>Visovac</i>	VIS	456757	4851897
<i>Ispod Skradinskog buka</i>	ISB	457817	4857995



**Slika 1.** Kartografski prikaz područja istraživanja koji uključuje položaj rijeke Krke (prugasto) na području Hrvatske.

### 3.2. Terensko istraživanje

Terensko istraživanje odrađeno je kroz više terenskih izlazaka unutar dva vremenska razdoblja: 2004. – 2008. godine (*Povijesno razdoblje*) i 2020. – 2023. godine (*Recentno razdoblje*) na šest lokacija (Tablica 3.; Tablica 4.). Kroz terenska istraživanja obuhvaćena su četiri godišnja doba (proljeće, ljeto, jesen i zima) u oba vremenska razdoblja. Sudjelovao sam pri istraživanju na dva terenska izlaska u *Recentnom razdoblju* (8. i 9. ožujka 2023., na postajama Manastir i Brljan), dok je ostatak podataka prikupljen u *Povijesnom* i *Recentnom razdoblju* kroz terenske izlaske od strane djelatnika Zoologijskog zavoda Biološkog odsjeka. Terenska istraživanja odrađena su uz odgovarajuće dozvole za uzorkovanje i rukovanje riba, uključujući strogo zaštićene vrste, pribavljene od Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja (MINGOR) na području Nacionalnog parka Krka: KLASA: UP/I-612-07 /20-48/108, URBROJ: 517-05-1-1-20-3; KLASA: UP/I-612-07/21-48/226, URBROJ: 517-10-1-1-21-4; KLASA: UP/I-352-04/23-08/156, URBROJ: 517-10-1-2-23-2.

**Tablica 3.** Terenski izlasci provedeni kroz *Povijesno razdoblje* (2004. – 2008.).

	<b>KNI</b>	<b>BRLJ</b>	<b>MAN</b>	<b>ROS</b>	<b>VIS</b>	<b>ISB</b>
<b>3. 3. 2004.</b>	+	+	+	+		+
<b>23. 3. 2005.</b>						+
<b>11. 5. 2005.</b>		+			+	
<b>12. 5. 2005.</b>					+	+
<b>9. 7. 2005.</b>				+		
<b>8. 9. 2005.</b>		+				
<b>26. 7. 2005.</b>				+		
<b>20. 2. 2006.</b>				+	+	
<b>21. 2. 2006.</b>						
<b>12. 4. 2006.</b>			+			
<b>27. 6. 2006.</b>					+	
<b>28. 6. 2006.</b>			+	+	+	
<b>29. 6. 2006.</b>		+				
<b>18. 9. 2006.</b>				+		
<b>9. 10. 2006.</b>					+	
<b>10. 10. 2006.</b>					+	
<b>4. 4. 2007.</b>			+			+
<b>3. 7. 2007.</b>				+		
<b>8. 11. 2007.</b>						+
<b>2. 4. 2008.</b>				+		+



**Tablica 4.** Terenski izlasci provedeni kroz *Recentno razdoblje* (2020. – 2023.), crveno su označeni terenski izlasci na kojima sam sudjelovao.

	KNI	BRLJ	MAN	ROS	VIS	ISB
1. 9. 2020.	+					
8. 10. 2020.			+			
15. 9. 2021			+	+		
3. 11. 2021.	+	+	+			
8. 2. 2022.		+		+		
11. 3. 2022.		+	+			
13. 4. 2022.		+	+			
1. 6. 2022.	+	+			+	+
2. 6. 2022.			+			
9. 11. 2022.		+	+			
10. 11. 2022.					+	
8. 3. 2023.			+			
9. 3. 2023.		+	+			
3. 4. 2023.			+			

### 3.3. Metode uzorkovanja

U svrhu uzorkovanja kvalitativnog i kvantitativnog sastava ihtiofaune, korištene su različite ribolovne metode, elektroribolov, lov mrežama i lov vršama (Mrakovčić i sur. 2011; Zanella i sur. 2023). U oba vremenska razdoblja korišten je standardni postupak elektroribolova (CEN 14757 2005) kojeg preporučuje Europska unija (Mrakovčić i sur. 2011; Zanella i sur. 2023). Elektroribolov predstavlja aktivnu i neselektivnu metodu lova pomoću koje se nastoji obuhvatiti sva specifična mikrostaništa na području uzorkovanja (Zanella i sur. 2023). Uzorkovanje elektroribolovom u *Povijesnom razdoblju* provedeno je pomoću stacionarnog elektroagregata marke Hans Grassl snage 6,5 kW, dok je uzorkovanje u *Recentnom razdoblju* provedeno pomoću stacionarnih elektroagregata Hans Grassl snage 5 i 11 kW koji osiguravaju istosmjernu struju do 600 V (Mrakovčić i sur. 2011; Zanella i sur. 2023). Većina zavičajnih vrsta riba neozlijeđeno je vraćeno u vodeno stanište iz kojih su ulovljene, osim znanstveno zanimljivih ili sumnjivih jedinki koje su se konzervirale u svrhu daljnje obrade u laboratoriju. Strane i invazivne vrste ulovljene prilikom uzorkovanja elektroagregatom uklonjene su iz

vodenog staništa. Posebna pozornost i oprez pridani su rukovanju s endemskim, zaštićenim i ugroženim vrstama riba (Zanella i sur. 2023).

Uzorkovanje u jezerima obavljalo se uz pomoć ribolovnih mreža. U *Povijesnom razdoblju* u svrhu lova s mrežama korištene su mreže popunice duljine 30 m, dok su u *Recentnom razdoblju* korištene standardizirane najlonske mreže nordijskog tipa duljine 30 m i visine 1,5 m s 12 različitih veličina oka od 5 do 55 mm (Mrakovčić i sur. 2011; Zanella i sur. 2023). Mreže su postavljane preko noći u periodu od 12 h kako bi se povećala uspješnost lova (Zanella i sur. 2023).

### **3.4. Obrada uzorkovanog materijala**

Većina riba, nakon uzorkovanja, determinirali su djelatnici Zoologijskog zavoda odmah na lokaciji nakon ulova ili naknadno u laboratoriju na temelju vanjskih morfoloških karakteristika uz pomoć determinacijskih ključeva. Riba su u svrhu dodatnih analiza konzervirane u 96 %-tnoj otopini etilnog alkohola ili 4 %-tnoj otopini formaldehida (Zanella i sur. 2023).

Riba ulovljene 8. i 9. 3. 2023. i 3. 4. 2023. godine na postaji Manastir (MAN) i konzervirane u 4 %-tnoj otopini formaldehida, dodatno sam analizirao u laboratoriju. Determinirao sam vrste riba uz pomoć determinacijskog ključa (Freyhof i Kottelat 2007), prebrojavao jedinke te izmjerio morfometrijske karakteristike: totalnu dužinu (TL), standardnu dužinu (SL) u milimetrima i masu u gramima. Morfometrijske karakteristike mjerio sam na jedinkama drlje (*Scardinius dergle*) za potrebe provedbe 3. cilja diplomskog rada. Totalnu dužinu (TL) mjerio sam od vrha njuške ribe do kraja repne peraje, a standardnu dužinu (SL) od vrha njuške do kraja repnog drška prema Freyhof i Kottelat (2007). Obje sam mjere zabilježio u jedinici milimetra. Masu riba mjerio sam na elektroničkoj vagi. Masu riba zabilježio sam u jedinici grama s jednom decimalom. Drlje koje su odabrane za mjerenje i daljnju analizu uzorkovane su s postaje Manastir (MAN) iz *Povijesnog razdoblja* (37 jedinki, uzorkovane 12.04.2006.) i *Recentnog razdoblja* (96 jedinki, uzorkovane 8. i 9. 3. 2023. i 3. 4. 2023.).

### 3.5. Drlja (*Scardinius dergle* Heckel et Kner, 1858)

Rod *Scardinius* svrstava se u porodicu Leuciscidae i čini ga 10 vrsta (Fricke i sur. 2023). Drlja (eng. *Dalmatian rudd*), (*Scardinius dergle* Heckel et Kner, 1858) je regionalni endem jadranskog slijeva (Ćaleta i sur. 2015) rasprostranjen u rijekama Cetini i Krki, Šarenim jezerima kod Knina, Vranskom jezeru kod Biograda, vodama Livanjskog polja i u Buškom i Mandečkom jezeru (Ćaleta i sur. 2019; Freyhof i Kottelat 2007; Sabolić i sur. 2021).

Drlja je srednje velika riba koja može narasti do duljine od 30 cm (Slika 2.; Slika 3.). Tijelo je visoko i bočno spljošteno. Leđna peraja počinje malo iza ravnine početka trbušnih peraja. Usta su mala i gornja, glava je s gornje strane ravna s relativno širokim čelom. Tijelo je prekriveno srednje velikim ljuskama kojih u bočnoj pruzi ima 40 – 43. U odraslih riba, sve su peraje tamnosive boje, bokovi i leđa mogu biti srebrnosivozelene, a trbuh je srebrnobijele boje (Ćaleta i sur. 2015; Mrakovčić i sur. 2006). Spolno sazrijevaju u trećoj i četvrtoj godini života. Mrijeste se u proljetnim mjesecima na plitkim dijelovima koji su obrasli vegetacijom. Ženke odlažu jaja na vodeno bilje, nakon čega ih nekoliko mužjaka mogu oploditi. Mrijest se može dogoditi i više puta godišnje. Hrane se planktonom, vodenim biljem, faunom dna i kopnenim kukcima koji upadnu u vodu (Ćaleta i sur. 2015).

Drlje preferiraju sporo tekuće i stajaće vode. Nastanjuju riječne rukavce i poplavne zone s razvijenom vegetacijom (Ćaleta i sur. 2015). Zadržavaju se u jatima uz vodeno bilje. Dobro podnose niže koncentracije kisika i visoke temperature vode (Ćaleta i sur. 2015), ali su osjetljive na organsko zagađenje (Mrakovčić i sur. 2006). Prema Crvenom popisu IUCN-a, drlja se smatra gotovo ugroženom vrstom (NT, near threatened) (Freyhof i Kottelat 2008).



Slika 2. Drlja (*Scardinius dergle*) (Foto: Perica Mustafić).



**Slika 3.** Drlja (*Scardinius dergle*) iz rijeke Krke, s lokacije Manastir, ulovljena 09. ožujka 2023. godine.

### 3.6. Analiza podataka

Sve ribe uzorkovane prilikom istraživanja u *Povijesnom* i *Recentnom razdoblju*, djelatnici Zoologijskog zavoda zabilježili su u Microsoft Excel tablici zajedno s podacima o vrstama riba, njihovoj brojnosti jedinki, koordinatama lokacija, metodi uzorkovanja i datumima uzorkovanja. Pomoću spomenute tablice sa svim podacima, sortirao sam podatke u Microsoft Excel 2019 programskom paketu.

Za potrebe provedbe 1. cilja diplomskog rada, u Excel (Microsoft 2019) programskom paketu, tablično i grafički obradio sam podatke sveukupno sakupljenih uzoraka iz oba razdoblja kako bi uz podatke o brojnosti, vrstama i porodicama uzorkovanih riba prikazao i usporedio sveukupnu ihtiozajednicu *Povijesnog* i *Recentnog* razdoblja.

Osim toga, tablično i grafički obradio sam podatke uzoraka sa svake postaje kako bi prikazao ihtiozajednicu svake lovne postaje i usporedio ih između dva razdoblja. Također, kako bi analizirao ihtiozajednicu svake postaje unutar oba razdoblja, u programskom paketu BioDiversity Pro 2.0 (McAlece i sur. 1997) izračunao sam pet najpraktičnijih i najčešće korištenih indeksa raznolikosti (Fedor i Zvaríková 2019): Berger – Parker, Fisher Alpha, Margalef, Shannon i Simpson indeks raznolikosti te ih usporedio između razdoblja za svaku postaju.

Nadalje, u programskom paketu PRIMER v7, usporedio sam sastav ihtiozajednice i brojnost svake vrste sa svake uzorkovane postaje, uzimajući u obzir dva navedena razdoblja

(*Povijesno* i *Recentno*) kao i ostala istraživanja koja su se provela na rijeci Krki. Stoga, podaci za analizu su bili strukturirani u obliku matrice, gdje su redovi označavali zabilježene vrste riba, a stupci uzorkovane postaje sa pripadajućim datumom uzorkovanja. Za analizu cjelokupnog seta podataka, u PRIMER-u sam podatke prvo transformirao uz pomoć  $\log(x+1)$  funkcije, zatim sam ih proveo kroz *Resemblance* analizu koja se temelji na Bray-Curtis *Similarity* matrici. Nakon toga, proveo sam *Cluster* analizu kako bi konstruirao dendrogram grupiranja koristeći godine uzorkovanja kao faktor (grupnu varijablu). Jednaki slijed analiza sam ponovno proveo, ali u *Cluster* analizi pri izradi dendrograma koristio sam uzorkovane postaje kao faktor (grupnu varijablu). Sljedeća analiza temeljila se na *Non-metric* MDS analizi, u kojoj sam podatke prvo transformirao uz pomoć  $\log(x+1)$  funkcije zatim sam ih proveo kroz *Resemblance* analizu koja se temelji na Bray-Curtis *Similarity* matrici. Koristio sam *Non-metric* MDS analizu kako bi dobio 2-D prikaz (*scatterplot*) grupiranja postaja koristeći godine uzorkovanja kao faktor (grupnu varijablu). Jednaki slijed analiza sam ponovno proveo, ali u *Non-metric* MDS analizi pri izradi 2-D prikaza koristio sam uzorkovane postaje kao faktor (grupnu varijablu). Nadalje, pri analizi pojedinačnih postaja razdoblja *Povijesno* i *Recentno* (u obzir su uzete samo postaje KNI, BRLJ, MAN, ROS, VIS i ISB), prvo sam transformirao podatke svake postaje od svih terenskih izlazaka uz pomoć  $\log(x+1)$  funkcije zatim sam ih proveo kroz *Resemblance* analizu koja se temelji na Bray-Curtis *Similarity* matrici. Navedene podatke sam analizirao provodeći *Non-metric* MDS analizu kako bi konstruirao 2-D prikaz (*scatterplot*) grupiranja koristeći godine uzorkovanja kao faktor (grupnu varijablu). Nadalje, nad postajama KNI, BRLJ, MAN, ROS, VIS i ISB, podatke iz *Povijesnog* i *Recentnog* razdoblja prvo sam transformirao uz pomoć  $\log(x+1)$  funkcije, zatim sam ih proveo kroz *Resemblance* analizu koja se temelji na Bray-Curtis *Similarity* matrici, te *Cluster* analizu kako bi konstruirao dendrogram grupiranja koristeći godine uzorkovanja kao faktor (grupnu varijablu).

Nadalje, prema brojnosti jedinki unutar svake vrste, za oba razdoblja odredio sam dominantnost pojedinih vrsta prema kategorijama dominantnosti (Mühlenberg i Bogenrieder 1993) koje se svrstavaju u 6 klasa: eudominantne vrste (relativna brojnost veća od 16 %); dominantne vrste (relativna brojnost 8-16 %); subdominantne vrste (relativna brojnost 4-8 %); recedentne vrste (relativna brojnost 2-4 %); subrecedentne vrste (relativna brojnost 1-2 %) i sporadične vrste (relativna brojnost manja od 1 %).

Također, za potrebe provedbe 2. cilja diplomskog rada, sortirao sam uzorkovane vrste iz *Povijesnog* i *Recentnog* razdoblja u ekološke grupe određene prema Buj i sur. (2020), Freyhof i Kottelat (2007), Mustafić i sur. (2020) i Mrakovčić i sur. (2006) te ih prikazao tablično i grafički uz pomoć Excel (Microsoft 2019) programskog paketa. Analizirao sam četiri različite ekološke grupe: *Prehrambena strategija* (herbivori, planktivori, invertivori, piscivori i omnivori); *Stupac vode* (vodeni stupac, bentopelagičke i bentoske), *Supstrat za mrijest* (litofili, fitofili, fitolitofili, pelagofili, psamofili, speleofili, ostrakofili, vrste koje se mrijeste u moru i živorodne vrste) i *Status* (zavičajne, translocirane i strane). Ekološke grupe (engl. *ecological guilds*) su skupine vrsta koje koriste jednaku skupinu resursa iz okoliša na sličan način. Dakle, njima se označava funkcionalni položaj vrsta u zajednici. Podjela riba u ekološke grupe koristi se kako bi se pojednostavnila analiza i shvaćanje složenih ekosustava i njegovih značajki odnosno kako bi se opisao strukturni i funkcionalni sastav zajednice riba. (iz Izvješća "Analiza bioloških metoda ocjene ekološkog stanja za ribe u europskim interkalibracijskim tipovima rijeka Panonske i Dinaridske ekoregije; Analiza utjecaja okolišnih čimbenika i antropogenih opterećenja na biološke elemente kakvoće", Buj i sur. 2020).

Za potrebe provedbe 3. cilja diplomskog rada, podatke dobivene mjerenjem morfometrijskih karakteristika (TL - totalna dužina, SL - standardna dužina i masa) uzorkovanih drlja sortirao sam u Excel (Microsoft 2019) programskom paketu. Zatim sam navedene podatke statistički obradio u PAST 4.03 programskom paketu. Najprije sam testirao normalnu distribuciju podataka uz pomoć Shapiro-Wilks testa pri razini pouzdanosti od 95 % i provjerio sam ekstremne vrijednosti uz pomoć *Outlier* testa. Nakon rezultata dobivenih Shapiro-Wilks testom odabrao sam neparametarski Mann-Whitney test (Delorme 2006) s kojim sam usporedio morfometrijske karakteristike drlja uzorkovanih u *Povijesnom* s onima uzorkovanim u *Recentnom* razdoblju. Proveo sam korelaciju između standardne dužine (SL) i mase uz pomoć Spearman-ove  $r_s$  metode korelacije. Nadalje, u Excel (Microsoft 2019) programskom paketu izradio sam grafove dužinsko-masenog odnosa drlja iz *Povijesnog* i *Recentnog* razdoblja u kojima sam, nakon odabira opcije dodavanja *trendline*-a uz funkciju *power*, dobio jednadžbu  $m = a \times SL^b$  unutar koje koeficijent  $b$  govori o prirodi rasta riba. Kada je koeficijent  $b=3$ , radi se o izometrijskom rastu u kojem ribe dobivaju podjednako na masi i na dužini. Kada je koeficijent  $b<3$ , radi se o negativno alometrijskom rastu koji je karakteriziran bržim napretkom u dužinu, a kada je  $b>3$ , radi se o pozitivno alometrijskom rastu ribe koji je karakteriziran bržim napretkom u masi. Rast riba određen je prema Froese (2006).

## 4. REZULTATI

### 4.1. Analiza kvalitativnog i kvantitativnog sastava ihtiozajednice *Povijesnog* i *Recentnog* razdoblja

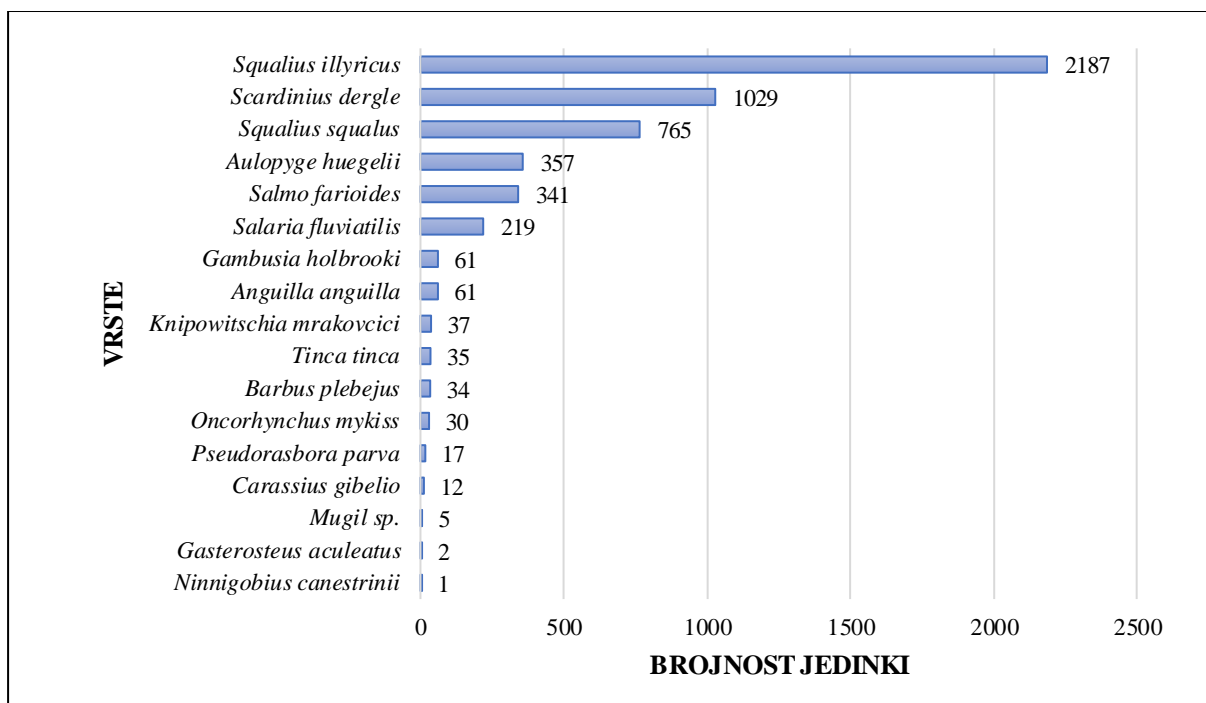
#### 4.1.1. Usporedba razdoblja ukupnog uzorka

U *Povijesnom* razdoblju (2004. – 2008.) ulovljeno je ukupno 5193 jedinki riba. Zabilježeno je 12 zavičajnih, četiri strane i jedna translocirana vrsta (Tablica 5., Slika 3.). Tri najzastupljenije vrste u *Povijesnom* razdoblju zavičajne su vrste: ilirski klen (42,11 %), drlja (19,82 %) i bijeli klen (14,73 %). Strane vrste čine ukupno 2,31 % uzorka od kojih je najzastupljenija gambuzija (1,17%), zatim kalifornijska pastrva (0,58%), bezribica (0,33 %) i babuška (0,23 %), dok zavičajne vrste čine 97,02 % uzorka. Od translociranih vrsta zabilježen je linjak koji je zastupljen sa 0,67 %. Prema EU Natura 2000 popisu ciljnih vrsta (Narodne novine 2013), u *Povijesnom* razdoblju zabilježene su tri ciljne vrste: oštrulja (*Aulopyge huegelii*) (6,87 %), mren (*Barbus plebejus*) (0,65 %) i glavočić crnotrus (*Ninnigobius canestrinii*) (0,62 %).

**Tablica 5.** Udio vrsta uzorkovanih u *Povijesnom* razdoblju (2004. – 2008.). Zelenom bojom označene su zavičajne, crvenom strane i plavom translocirane vrste.

Porodica	Vrsta (hrv.)	Vrsta (lat.)	Brojnost	%
Leuciscidae	Ilirski klen	<i>Squalius illyricus</i>	2187	42,11
Leuciscidae	Drlja	<i>Scardinius dergle</i>	1029	19,82
Leuciscidae	Bijeli klen	<i>Squalius squalus</i>	765	14,73
Cyprinidae	Oštrulja	<i>Aulopyge huegelii</i>	357	6,87
Salmonidae	Primorska pastrva	<i>Salmo farioides</i>	341	6,57
Blennidae	Riječna babica	<i>Salaria fluviatilis</i>	219	4,22
Anguillidae	Jegulja	<i>Anguilla anguilla</i>	61	1,17
Poecillidae	Gambuzija	<i>Gambusia holbrooki</i>	61	1,17
Gobiidae	Visovački glavočić	<i>Knipowitschia mrakovcici</i>	37	0,71
Tincidae	Linjak	<i>Tinca tinca</i>	35	0,67
Cyprinidae	Mren	<i>Barbus plebejus</i>	34	0,65
Salmonidae	Kalifornijska pastrva	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	30	0,58
Gobionidae	Bezribica	<i>Pseudorasbora parva</i>	17	0,33
Cyprinidae	Babuška	<i>Carassius gibelio</i>	12	0,23
Mugilidae	Cipal	<i>Mugil sp.</i>	5	0,10
Gasterosteidae	Koljuška	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	2	0,04
Gobiidae	Glavočić crnotrus	<i>Ninnigobius canestrinii</i>	1	0,02



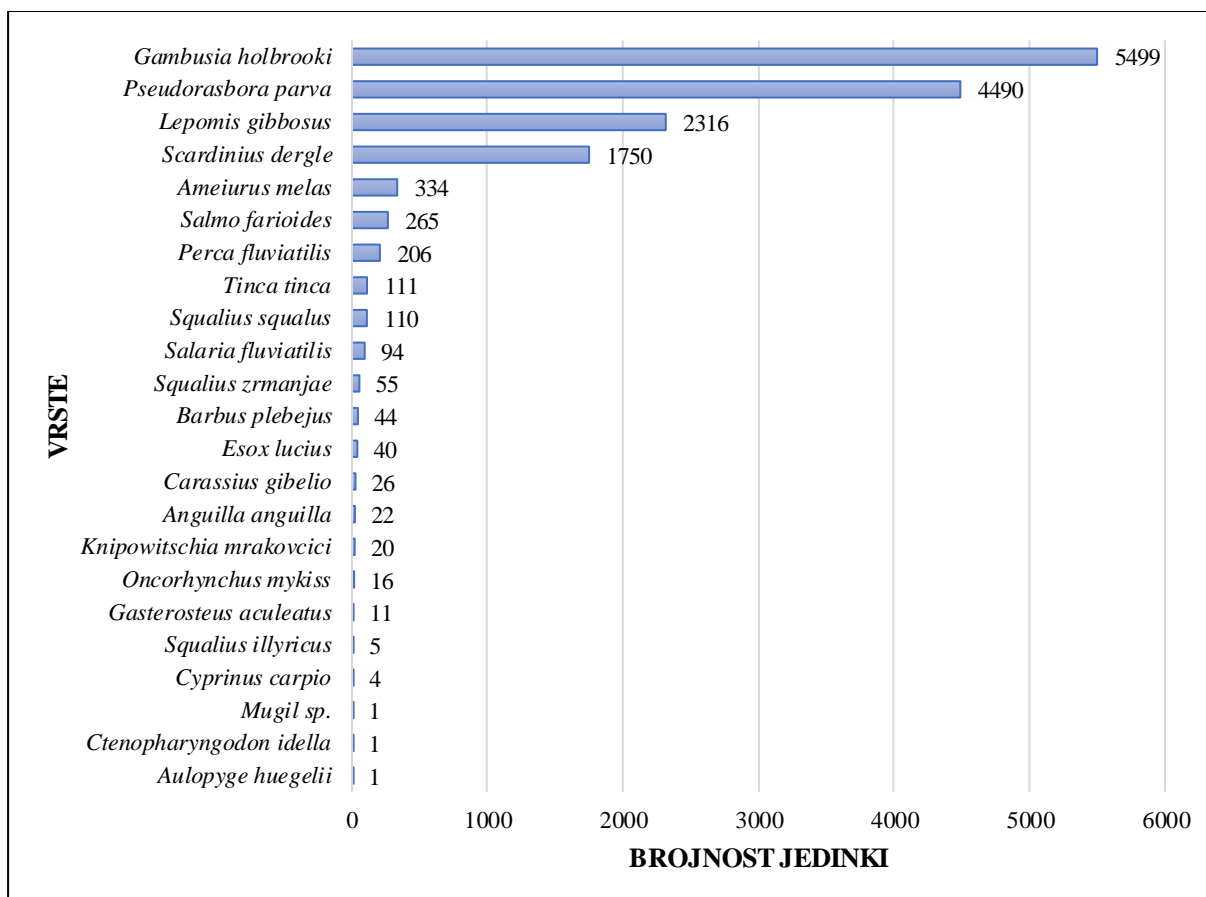


**Slika 3.** Grafički prikaz uzorkovanih vrsta riba u *Povijesnom* razdoblju (2004. – 2008.) i njihova ukupna brojnost jedinki

U *Recentnom* razdoblju (2020. – 2023.) ulovljeno je ukupno 15421 jedinka ribe. Zabilježeno je 12 zavičajnih, sedam stranih i četiri translocirane vrste (Tablica 6., Slika 4.). Tri najzastupljenije vrste u *Recentnom* razdoblju strane su vrste: gambuzija (35,66 %), bezribica (29,12 %) i sunčanica (15,02 %). Strane vrste čine 82,25 % uzorka, dok zavičajne vrste čine 15,43 % uzorka, od kojih je drlja najzastupljenija s 11,35 %. Translocirane vrste čine 2,35 % uzorka od kojih je najzastupljeniji grgeč (1,34 %), zatim linjak (0,72 %), štika (0,26 %) i šaran (0,03 %). Prema EU Natura 2000 popisu ciljnih vrsta (Narodne novine 2013), u *Recentnom* razdoblju zabilježene su dvije ciljne vrste: oštrulja (*Aulopyge huegelii*) (0,01 %) i mren (*Barbus plebejus*) (0,29 %).

**Tablica 6.** Udio vrsta uzorkovanih u *Recentnom* razdoblju (2020. – 2023.). Zelenom bojom označene su zavičajne, crvenom strane i plavom translocirane vrste.

Porodica	Vrsta (hrv.)	Vrsta (lat.)	Brojnost	%
Poecillidae	Gambuzija	<i>Gambusia holbrooki</i>	5499	35,66
Gobionidae	Bezribica	<i>Pseudorasbora parva</i>	4490	29,12
Centrarchidae	Sunčanica	<i>Lepomis gibbosus</i>	2316	15,02
Leuciscidae	Drlja	<i>Scardinius dergle</i>	1750	11,35
Ictaluridae	Crni somić	<i>Ameiurus melas</i>	334	2,17
Salmonidae	Primorska pastrva	<i>Salmo farioides</i>	265	1,72
Percidae	Grgeč	<i>Perca fluviatilis</i>	206	1,34
Tincidae	Linjak	<i>Tinca tinca</i>	111	0,72
Leuciscidae	Bijeli klen	<i>Squalius squalus</i>	110	0,71
Blennidae	Riječna babica	<i>Salaria fluviatilis</i>	94	0,61
Leuciscidae	Zrmanjski klen	<i>Squalius zrmanjiae</i>	55	0,36
Cyprinidae	Mren	<i>Barbus plebejus</i>	44	0,29
Esocidae	Štuka	<i>Esox lucius</i>	40	0,26
Cyprinidae	Babuška	<i>Carassius gibelio</i>	26	0,17
Anguillidae	Jegulja	<i>Anguilla anguilla</i>	22	0,14
Gobiidae	Visovački glavočić	<i>Knipowitschia mrakovcici</i>	20	0,13
Salmonidae	Kalifornijska pastrva	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	16	0,10
Gasterosteidae	Koljuška	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	11	0,07
Leuciscidae	Ilirski klen	<i>Squalius illyricus</i>	5	0,03
Cyprinidae	Šaran	<i>Cyprinus carpio</i>	4	0,03
Cyprinidae	Oštrulja	<i>Aulopyge huegelii</i>	1	0,01
Xenocyprididae	Amur	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	1	0,01
Mugilidae	Cipal	<i>Mugil sp.</i>	1	0,01

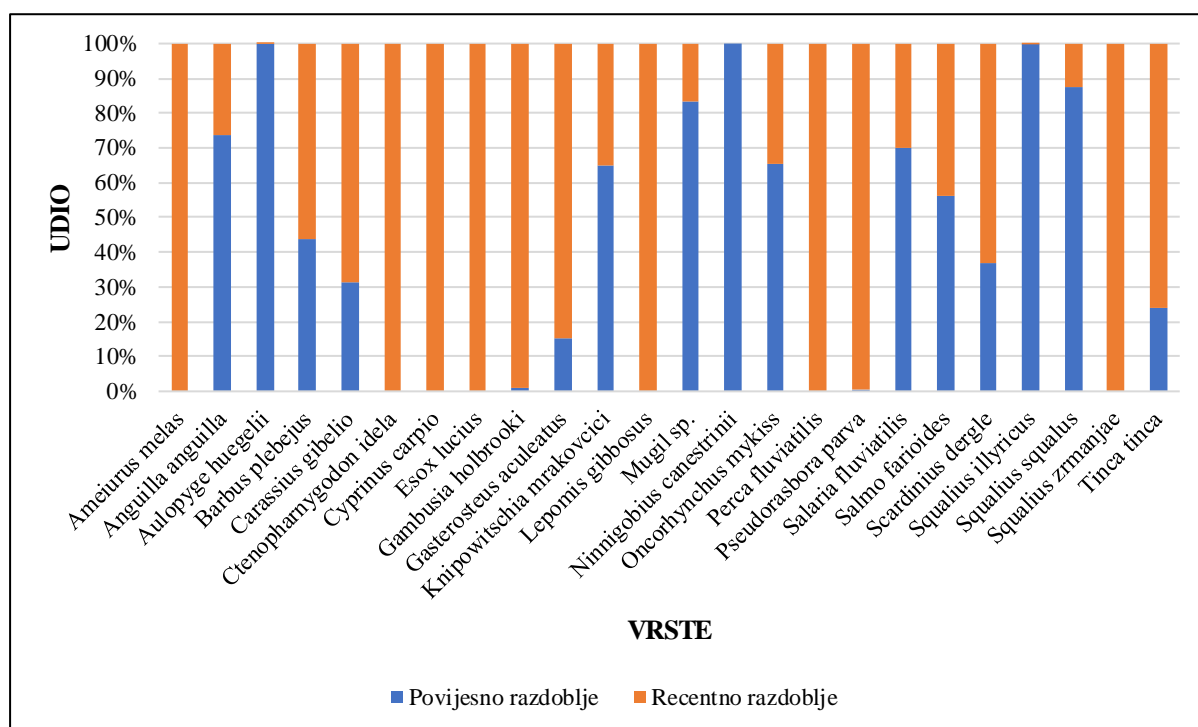


**Slika 4.** Grafički prikaz uzorkovanih vrsta riba u *Recentnom* razdoblju (2020. – 2023.) i njihova ukupna brojnost jedinki.

U *Recentnom* razdoblju (23 vrste) zabilježeno je sedam novih vrsta za razliku od *Povijesnog* razdoblja (17 vrsta). Nove vrste koje su zabilježene u *Recentnom* razdoblju čine jedna zavičajna: zrmanjski klen (*Squalius zrmanjæ*) sa 55 jedinki (0,36 %), tri strane: crni somić (*Ameiurus melas*) koji je zastupljen s 334 jedinke (2,17 %), sunčanica (*Lepomis gibbosus*) s 2316 jedinki (15,02 %) i amur (*Ctenopharyngodon idella*) s jednom jedinkom (0,01 %) i tri translocirane vrste: grgeč (*Perca fluviatilis*) s 206 jedinki (1,34 %), štika (*Esox lucius*) s 40 jedinki (0,26 %) i šaran (*Cyprinus carpio*) s četiri jedinke (0,03 %). U *Recentnom* razdoblju nije zabilježena jedna vrsta koja je zabilježena u *Povijesnom*, zavičajna vrsta: glavočić crnotrus (*Ninnigobius canestrinii*).

Od vrsta koje su zabilježene u oba razdoblja, jegulja (*A. anguilla*) bilježi pad uzorkovanog broja jedinki s 61 u *Povijesnom* na 22 jedinke u *Recentnom* razdoblju (pad od 63,9 %), oštrulja (*A. huegelii*) s 357 na jednu jedinku (99,7 %), visovački glavočić (*K.*

*mrakovcici*) s 37 na 20 jedinki (45,9 %), cipal (*Mugil sp.*) s pet na jednu jedinku (80,0 %), kalifornijska pastrva (*O. mykiss*) s 30 na 16 jedinki (46,7 %), riječna babica (*S. fluviatilis*) s 219 na 94 jedinke (57,1 %), primorska pastrva (*S. farioides*) s 341 na 265 jedinki (22,3 %), ilirski klen (*S. illyricus*) s 2187 na pet jedinki (99,8 %) i bijeli klen (*S. squalus*) s 765 na 110 jedinki (85,6 %), a dok mren (*B. plebejus*) bilježi porast uzorkovanog broja jedinki s 34 u *Povijesnom* na 44 jedinke u *Recentnom* razdoblju (porast od 29,4 %), babuška (*C. gibelio*) s 12 na 26 jedinki (116,7 %), gambuzija (*G. holbrooki*) s 61 na 5499 jedinki (8914,8 %), koljuška (*G. aculeatus*) s dvije na 11 jedinki (450,0 %), bezribica (*P. parva*) s 17 na 4490 jedinki (26311,8 %, drlja (*S. dergle*) s 1029 na 1750 jedinki (70,1 %) i linjak (*T. tinca*) s 35 na 111 jedinki (217,1 %) (Slika 5.)



**Slika 5.** Grafički prikaz omjera brojnosti jedinki uzorkovanih vrsta riba *Povijesnog* i *Recentnog* razdoblja.

#### 4.1.2. Usporedba razdoblja kroz postaje i indekse raznolikosti

Uspoređujući lokacije na kojima se vršilo uzorkovanje između razdoblja, na postaji *Knin* (KNI) u *Povijesnom* razdoblju zabilježeno je dvije vrste, od kojih je jedna zavičajna i

jedna strana vrsta, dok je u *Recentnom* razdoblju također zabilježeno dvije vrste, jedna zavičajna i jedna strana vrsta (Tablica 7.). U oba razdoblja uzorkovane su iste vrste: primorska pastrva (*S. farioides*) i kalifornijska pastrva (*O. mykiss*). U Tablici 8. prikazani su izračunati indeksi raznolikosti za postaju KNI za oba razdoblja.

**Tablica 7.** Vrste i njihova brojnost jedinki uzorkovane na postaji *Knin* (KNI) u *Povijesnom* (2004. – 2008.) i *Recentnom* (2020. – 2023.) razdoblju. Zelenom bojom označene su zavičajne, crvenom strane i plavom translocirane vrste.

Vrsta (lat.)	Povijesno	Recentno
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	28	16
<i>Salmo farioides</i>	172	197

**Tablica 8.** Indeksi raznolikosti izračunati za postaju *Knin* (KNI) u *Povijesnom* i *Recentnom* razdoblju.

KNI	Berger-Parker	Fisher Alpha	Margalef	Shannon	Simpson
<i>Povijesno</i> razdoblje	0,895	0,564	12,512	0,146	0,801
<i>Recentno</i> razdoblje	0,925	0,306	9,449	0,116	0,86

Na postaji *Brljan* (BRLJ) u *Povijesnom* razdoblju zabilježeno je sedam vrsta, od kojih je pet zavičajnih, jedna strana i jedna translocirana vrsta, dok je u *Recentnom* razdoblju zabilježeno šest vrsta, od kojih su dvije zavičajne, jedna strana i tri translocirane vrste (Tablica 9.). Vrste zabilježene u *Povijesnom*, a izostaju iz *Recentnog* razdoblja su: ilirski klen (*S. illyricus*), bijeli klen (*S. squalus*), linjak (*T. tinca*), oštrulja (*A. huegelii*) i kalifornijska pastrva (*O. mykiss*), dok je u *Recentnom* razdoblju zabilježeno četiri vrste koje izostaju iz *Povijesnog* razdoblja: grgeč (*P. fluviatilis*), štika (*E. lucius*), amur (*C. idella*) i šaran (*C. carpio*). U Tablici 10. prikazani su izračunati indeksi raznolikosti za postaju BRLJ za oba razdoblja.

**Tablica 9.** Vrste i njihova brojnost jedinki uzorkovane na postaji *Brljan* (BRLJ) u *Povijesnom* (2004. – 2008.) i *Recentnom* (2020. – 2023.) razdoblju. Zelenom bojom označene su zavičajne, crvenom strane i plavom translocirane vrste.

Vrsta (lat.)	Povijesno	Recentno
<i>Aulopyge huegelii</i>	2	0
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	0	1
<i>Cyprinus carpio</i>	0	1
<i>Esox lucius</i>	0	2
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	2	0
<i>Perca fluviatilis</i>	0	164
<i>Salmo farioides</i>	88	23
<i>Scardinius dergle</i>	12	73
<i>Squalius illyricus</i>	504	0
<i>Squalius squalus</i>	45	0
<i>Tinca tinca</i>	5	0

**Tablica 10.** Indeksi raznolikosti izračunati za postaju *Brljan* (BRLJ) u *Povijesnom* i *Recentnom* razdoblju.

BRLJ	Berger-Parker	Fisher Alpha	Margalef	Shannon	Simpson
<i>Povijesno</i> razdoblje	0,766	1,096	5,677	0,348	0,609
<i>Recentno</i> razdoblje	0,621	1,094	9,085	0,41	0,468

Na postaji *Manastir* (MAN) u *Povijesnom* razdoblju zabilježeno je devet vrsta, od kojih je šest zavičajnih, dvije strane i jedna translocirana vrsta, dok je u *Recentnom* razdoblju zabilježeno 11 vrsta, od kojih su dvije zavičajne, pet stranih i četiri translocirane vrste (Tablica 11.). Vrste zabilježene u *Povijesnom*, a izostaju iz *Recentnog* razdoblja su: ilirski klen (*S. illyricus*), oštrulja (*A. huegelii*), bijeli klen (*S. squalus*) i primorska pastrva (*S. farioides*), dok je u *Recentnom* razdoblju zabilježeno šest vrsta koje izostaju iz *Povijesnog* razdoblja: gambuzija (*G. holbrooki*), sunčanica (*L. gibbosus*), crni somić (*A. melas*), grgeč (*P. fluviatilis*), štika (*E. lucius*) i šaran (*C. carpio*). U Tablici 12. prikazani su izračunati indeksi raznolikosti za postaju MAN za oba razdoblja.

**Tablica 11.** Vrste i njihova brojnost jedinki uzorkovane na postaji *Manastir* (MAN) u *Povijesnom* (2004. – 2008.) i *Recentnom* (2020. – 2023.) razdoblju. Zelenom bojom označene su zavičajne, crvenom strane i plavom translocirane vrste.

Vrsta (lat.)	Povijesno	Recentno
<i>Ameiurus melas</i>	0	333
<i>Aulopyge huegelii</i>	343	0
<i>Carassius gibelio</i>	10	26
<i>Cyprinus carpio</i>	0	3
<i>Esox lucius</i>	0	35
<i>Gambusia holbrooki</i>	0	4292
<i>Lepomis gibbosus</i>	0	2145
<i>Perca fluviatilis</i>	0	27
<i>Pseudorasbora parva</i>	14	4475
<i>Salaria fluviatilis</i>	1	2
<i>Salmo farioides</i>	3	0
<i>Scardinius dergle</i>	620	675
<i>Squalius illyricus</i>	373	0
<i>Squalius squalus</i>	44	0
<i>Tinca tinca</i>	11	53

**Tablica 12.** Indeksi raznolikosti izračunati za postaju *Manastir* (MAN) u *Povijesnom* i *Recentnom* razdoblju.

MAN	Berger-Parker	Fisher Alpha	Margalef	Shannon	Simpson
<i>Povijesno</i> razdoblje	0,437	1,287	5,076	0,565	0,319
<i>Recentno</i> razdoblje	0,371	1,2	5,391	0,595	0,3

Na postaji *Roški slap* (ROS) u *Povijesnom* razdoblju zabilježeno je 11 vrsta, od kojih je osam zavičajnih, dvije strane i jedna translocirana vrsta, dok je u *Recentnom* razdoblju zabilježeno osam vrsta, od kojih je pet zavičajnih, dvije strane i jedna translocirana vrsta (Tablica 13.). Vrste zabilježene u *Povijesnom*, a izostaju iz *Recentnog* razdoblja su: bijeli klen (*S. squalus*), visovački glavočić (*K. mrakovcici*), mren (*B. plebejus*), oštrulja (*A. huegelii*) i bezribica (*P. parva*), dok je u *Recentnom* razdoblju zabilježena jedna vrsta koja izostaje iz *Povijesnog* razdoblja: sunčanica (*L. gibbosus*). U Tablici 14. prikazani su izračunati indeksi raznolikosti za postaju ROS za oba razdoblja.

**Tablica 13.** Vrste i njihova brojnost jedinki uzorkovane na postaji *Roški slap* (ROS) u *Povijesnom* (2004. – 2008.) i *Recentnom* (2020. – 2023.) razdoblju. Zelenom bojom označene su zavičajne, crvenom strane i plavom translocirane vrste.

Vrsta (lat.)	Povijesno	Recentno
<i>Aulopyge huegelii</i>	6	0
<i>Barbus plebejus</i>	33	12
<i>Gambusia holbrooki</i>	2	1
<i>Knipowitschia mrakovcici</i>	36	0
<i>Lepomis gibbosus</i>	0	6
<i>Pseudorasbora parva</i>	2	0
<i>Salaria fluviatilis</i>	163	21
<i>Salmo farioides</i>	78	45
<i>Scardinius dergle</i>	58	2
<i>Squalius illyricus</i>	594	5
<i>Squalius squalus</i>	282	0
<i>Tinca tinca</i>	4	4

**Tablica 14.** Indeksi raznolikosti izračunati za postaju *Roški slap* (ROS) u *Povijesnom* i *Recentnom* razdoblju.

ROS	Berger-Parker	Fisher Alpha	Margalef	Shannon	Simpson
<i>Povijesno</i> razdoblje	0,472	1,662	5,162	0,664	0,297
<i>Recentno</i> razdoblje	0,469	2,076	11,098	0,667	0,285

Na postaji *Visovac* (VIS) u *Povijesnom* razdoblju zabilježeno je 10 vrsta, od kojih je osam zavičajnih, jedna strana i jedna translocirana vrsta, dok je u *Recentnom* razdoblju zabilježeno 15 vrsta, od kojih je osam zavičajnih, četiri strane i tri translocirane vrste (Tablica 15.). Vrste zabilježene u *Povijesnom*, a izostaju iz *Recentnog* razdoblja su: jegulja (*A. anguilla*) i ilirski klen (*S. illyricus*), dok je u *Recentnom* razdoblju zabilježeno 7 vrsta koje izostaju iz *Povijesnog*: crni somić (*A. melas*), mren (*B. plebejus*), štika (*E. lucius*), sunčanica (*L. gibbosus*), grgeč (*P. fluviatilis*), bezribica (*P. parva*) i zрманjski klen (*S. zrmanjae*). U Tablici 16. prikazani su izračunati indeksi raznolikosti za postaju VIS za oba razdoblja.



**Tablica 15.** Vrste i njihova brojnost jedinki uzorkovane na postaji *Visovac* (VIS) u *Povijesnom* (2004. – 2008.) i *Recentnom* (2020. – 2023.) razdoblju. Zelenom bojom označene su zavičajne, crvenom strane i plavom translocirane vrste.

Vrsta (lat.)	Povijesno	Recentno
<i>Ameiurus melas</i>	0	1
<i>Anguilla anguilla</i>	9	0
<i>Aulopyge huegelii</i>	2	1
<i>Barbus plebejus</i>	0	27
<i>Esox lucius</i>	0	3
<i>Gambusia holbrooki</i>	14	1000
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	1	10
<i>Knipowitschia mrakovcici</i>	1	20
<i>Lepomis gibbosus</i>	0	156
<i>Perca fluviatilis</i>	0	15
<i>Pseudorasbora parva</i>	0	10
<i>Salaria fluviatilis</i>	20	50
<i>Scardinius dergle</i>	71	1000
<i>Squalius illyricus</i>	167	0
<i>Squalius squalus</i>	76	60
<i>Squalius zrmanjae</i>	0	55
<i>Tinca tinca</i>	3	50

**Tablica 16.** Indeksi raznolikosti izračunati za postaju *Visovac* (VIS) u *Povijesnom* i *Recentnom* razdoblju.

VIS	Berger-Parker	Fisher Alpha	Margalef	Shannon	Simpson
<i>Povijesno</i> razdoblje	0,459	1,899	6,247	0,643	0,295
<i>Recentno</i> razdoblje	0,407	2,131	6,489	0,617	0,337

Na postaji *Ispod Skradinskog buka* (ISB) u *Povijesnom* razdoblju zabilježeno je 14 vrsta, od kojih je 10 zavičajnih, tri strane i jedna translocirana vrsta, dok je u *Recentnom* razdoblju zabilježeno 10 vrsta, od kojih je šest zavičajnih, tri strane i jedna translocirana vrsta (Tablica 17.). Vrste zabilježene u *Povijesnom*, a izostaju iz *Recentnog* razdoblja su: oštrulja (*A. huegelii*), babuška (*C. gibelio*), glavočić crnotrus (*N. canestrinii*), drlja (*S. dergle*) i ilirski klen (*S. illyricus*), dok je u *Recentnom* razdoblju zabilježena jedna vrsta koja izostaje iz *Povijesnog* razdoblja: sunčanica (*L. gibbosus*). U Tablici 18. prikazani su izračunati indeksi raznolikosti za postaju ISB za oba razdoblja.

**Tablica 17.** Vrste i njihova brojnost jedinki uzorkovane na postaji *Ispod Skradinskog buka* (ISB) u *Povijesnom* (2004. – 2008.) i *Recentnom* (2020. – 2023.) razdoblju. Zelenom bojom označene su zavičajne, crvenom strane i plavom translocirane vrste.

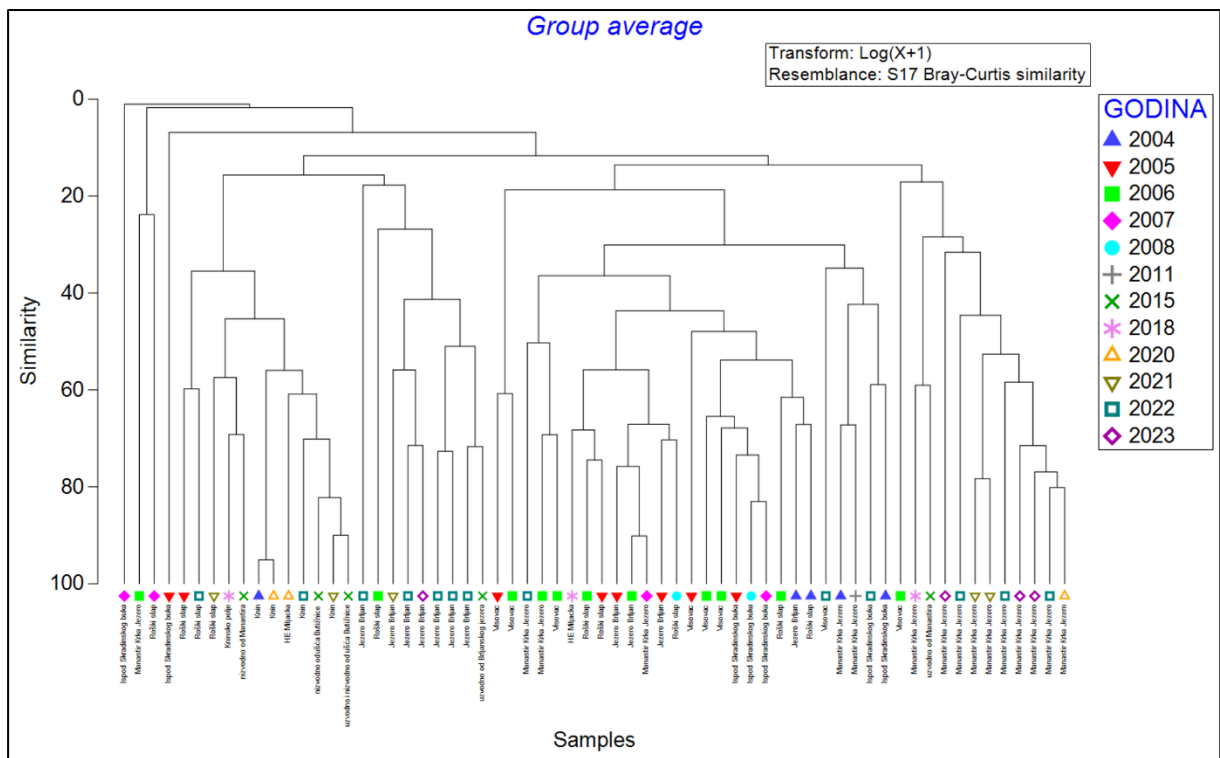
Vrsta (lat.)	Povijesno	Recentno
<i>Anguilla anguilla</i>	52	22
<i>Aulopyge huegelii</i>	4	0
<i>Barbus plebejus</i>	1	5
<i>Carassius gibelio</i>	2	0
<i>Gambusia holbrooki</i>	45	206
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	1	1
<i>Lepomis gibbosus</i>	0	9
<i>Mugil sp.</i>	5	1
<i>Ninnigobius canestrinii</i>	1	0
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0	0
<i>Pseudorasbora parva</i>	2	5
<i>Salaria fluviatilis</i>	35	21
<i>Scardinius dergle</i>	268	0
<i>Squalius illyricus</i>	549	0
<i>Squalius squalus</i>	318	50
<i>Tinca tinca</i>	12	4

**Tablica 18.** Indeksi raznolikosti izračunati za postaju *Ispod Skradinskog buka* (ISB) u Povijesnom i Recentnom razdoblju.

ISB	Berger-Parker	Fisher Alpha	Margalef	Shannon	Simpson
<i>Povijesno</i> razdoblje	0,42	2,195	5,134	0,65	0,285
<i>Recentno</i> razdoblje	0,636	1,956	8,763	0,545	0,437

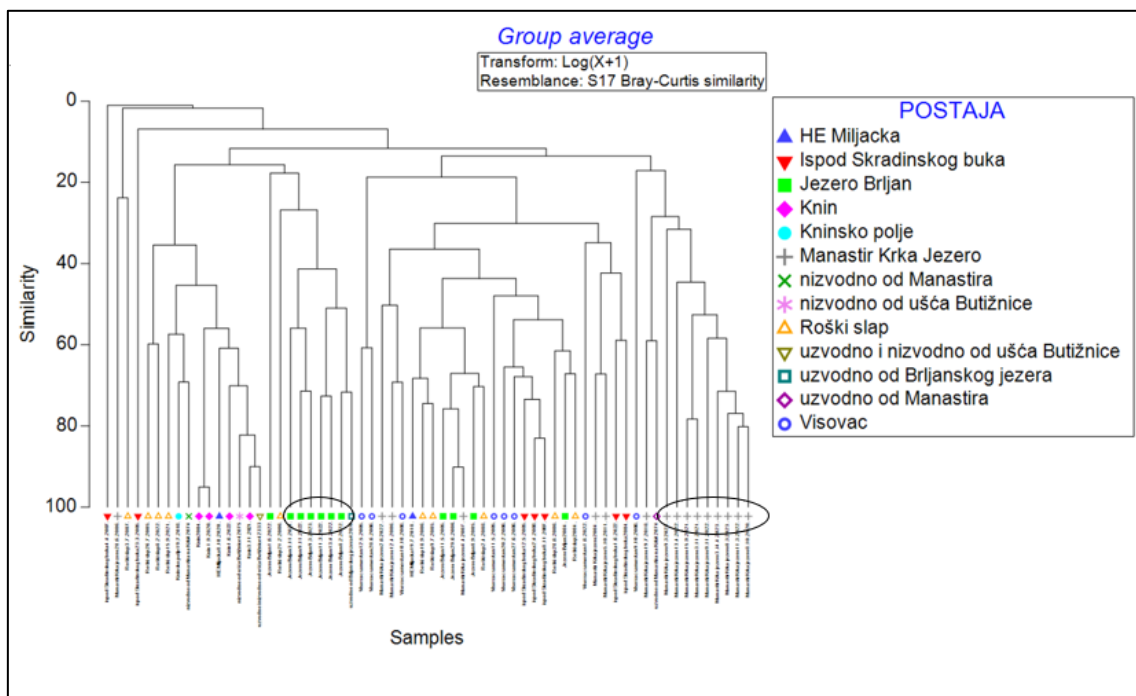
#### 4.1.3. Analiza postaja kroz razdoblja uz pomoć PRIMER v7 programa

U *Cluster* analizi u kojoj sam koristio godine kao faktor (grupnu varijablu), dendrogram ukazuje na to da nema logičnog grupiranja postaja po godinama (Slika 6.).



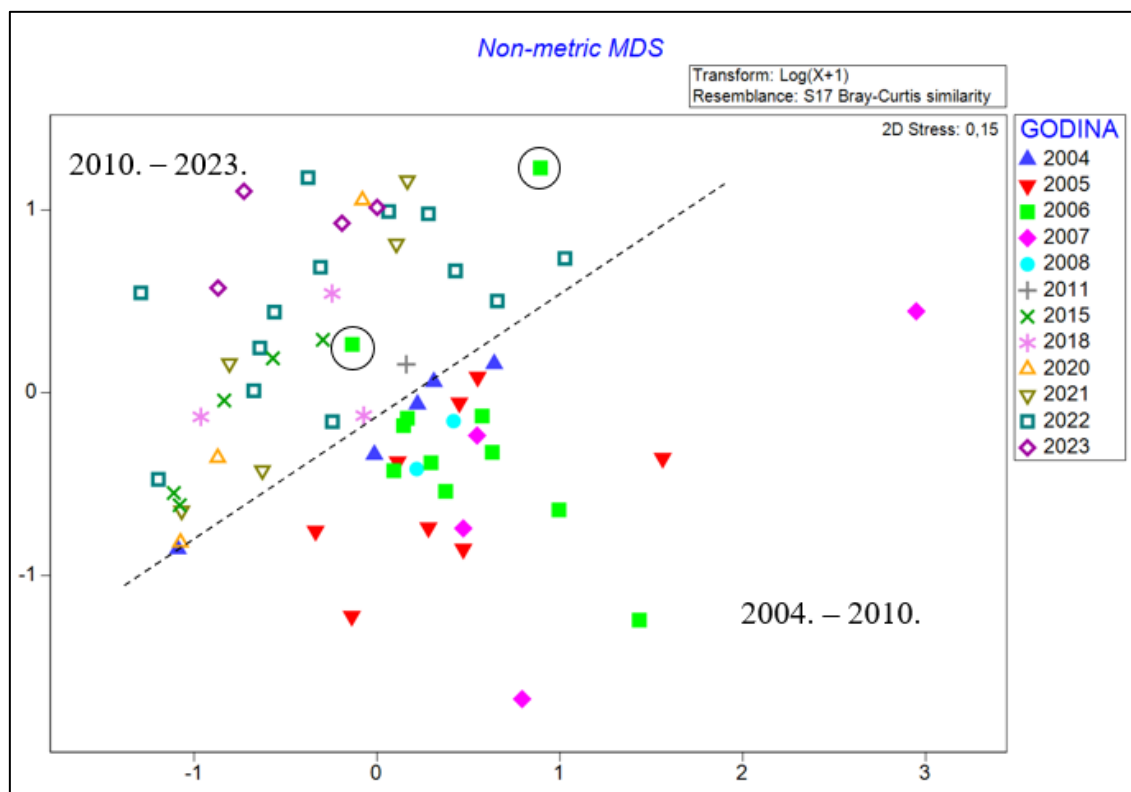
Slika 6. Dendrogram dobiven *Cluster* analizom koristeći godine kao faktor (grupnu varijablu).

U *Cluster* analizi u kojoj sam koristio postaje kao faktor (grupnu varijablu), dendrogram ukazuje na to da su se postaje *Brljan* i *Manastir* grupirale (Slika 7.).



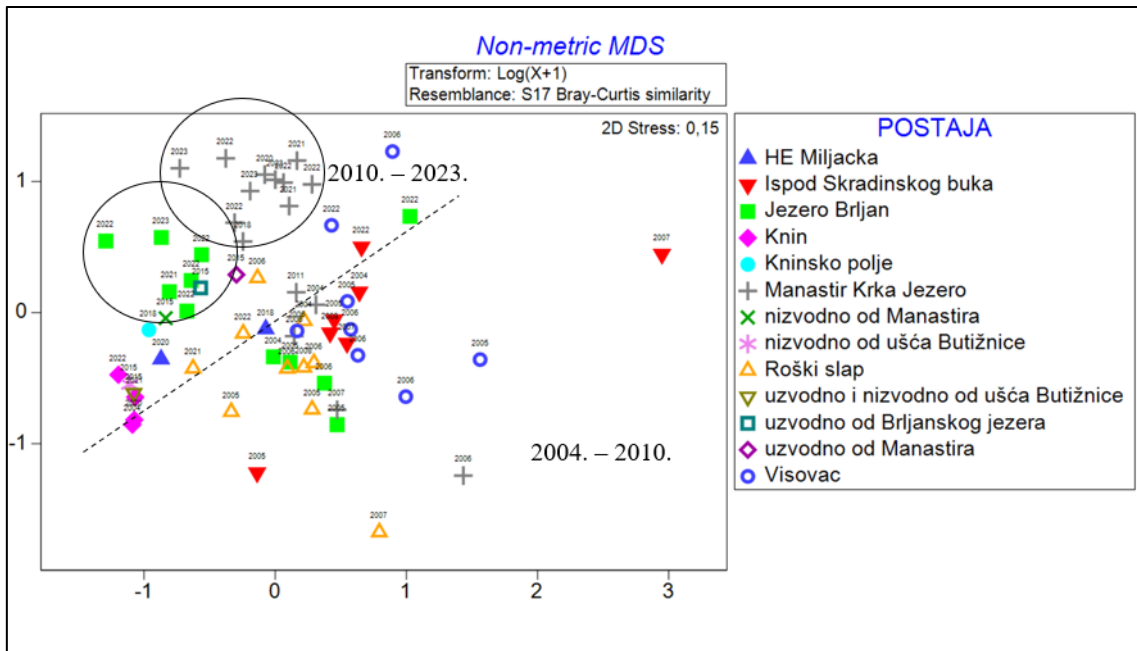
Slika 7. Dendrogram dobiven *Cluster* analizom koristeći postaje kao faktor (grupnu varijablu).

U *Non-metric MDS* analizi u kojoj sam koristio godine kao faktor (grupnu varijablu) vidljivo je kako se većina postaja uzorkovanja iz razdoblja od 2004. – 2010. razlikuju od postaja uzorkovanja iz razdoblja 2010. – 2023. uz odstupanja dvije postaje na kojima je uzorkovano 2006. godine (Slika 8.).



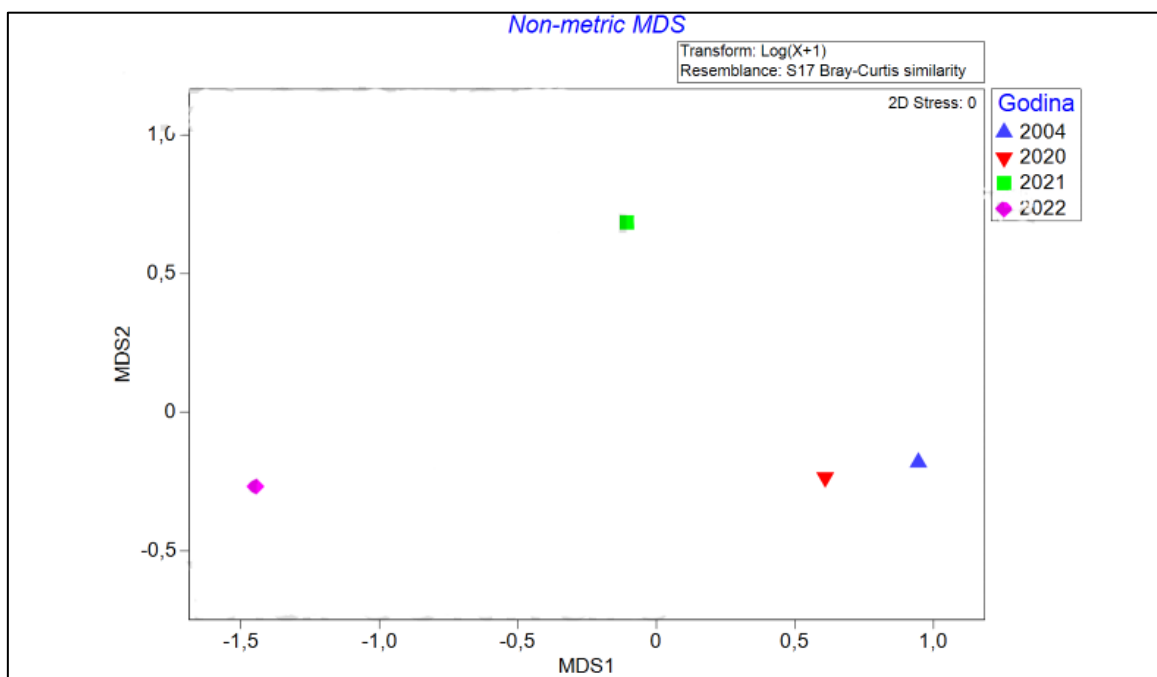
**Slika 8.** 2-D grafički prikaz (*scatterplot*) dobiven *Non-metric MDS* analizom koristeći godine kao faktor (grupnu varijablu). Isprekidanom crtom ucrtana je aproksimalna granica razdvajanja između dva razdoblja, crnim krugovima označene su postaje koje odstupaju od razdoblja uzorkovanja.

U *Non-metric MDS* analizi u kojoj sam koristio postaje kao faktor (grupnu varijablu) vidljivo je kako se većina postaja uzorkovanja iz razdoblja od 2004. – 2010. razlikuju od postaja uzorkovanja iz razdoblja 2010. – 2023., uz grupiranje postaja *Manastir* i *Brljan* na temelju strukture i sastava ihtiofaune u razdoblju 2010. – 2023. (Slika 9.).



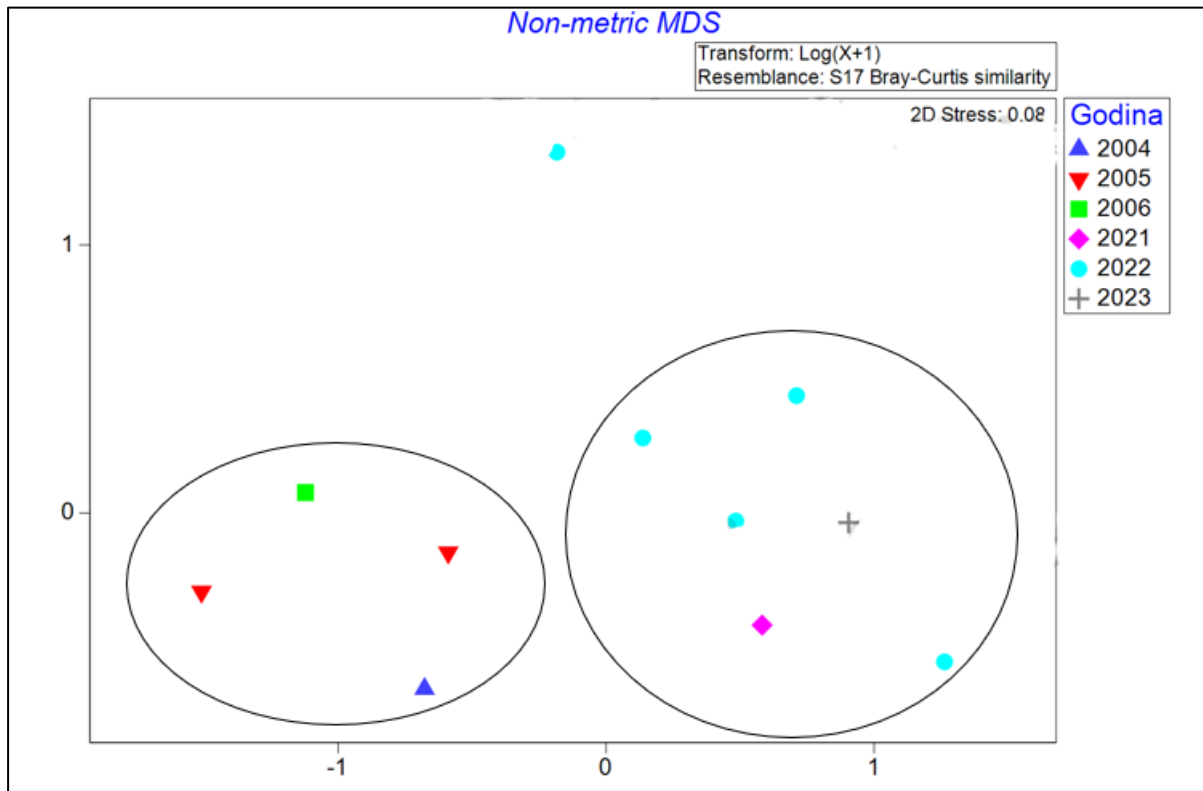
**Slika 9.** 2-D grafički prikaz (scatterplot) dobiven *Non-metric MDS* analizom koristeći postaje kao faktor (grupnu varijablu). Isprekidanom crtom ucrtana je aproksimalna granica razdvajanja između dva razdoblja, crnim krugovima označene su postaje koje se grupiraju.

Rezultati *Non-Metric MDS* analize postaje *Knin* (KNI) za *Povijesno* i *Recentno* razdoblje ne ukazuju na grupiranje postaja na temelju strukture i sastava ihtiofaune (Slika 10.).



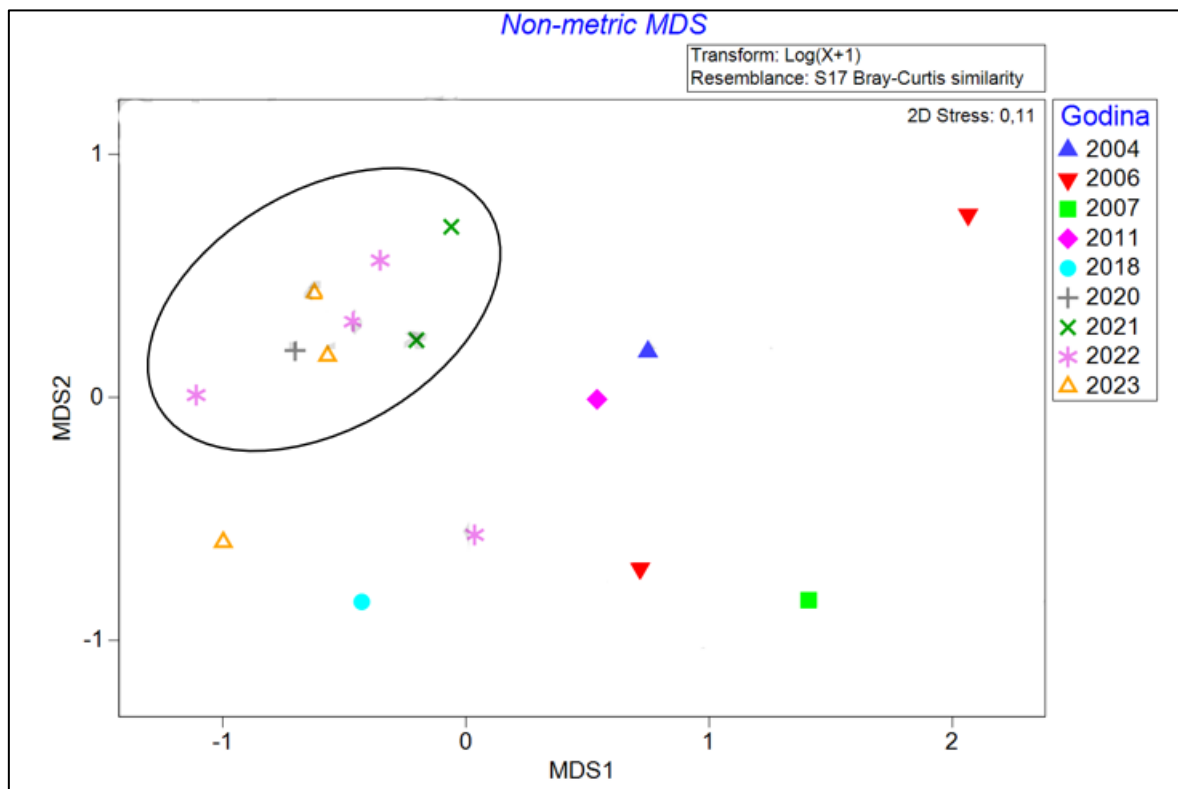
**Slika 10.** 2-D grafički prikaz (scatterplot) dobiven *Non-metric MDS* analizom koristeći godine kao faktor (grupnu varijablu) za postaju *Knin* (KNI).

Rezultati *Non-Metric MDS* analize postaje *Brljan* (BRLJ) za *Povijesno* i *Recentno* razdoblje ukazuju na određeno grupiranje postaja iz *Povijesnog* i grupiranje postaja iz *Recentnog* razdoblja (Slika 11.).



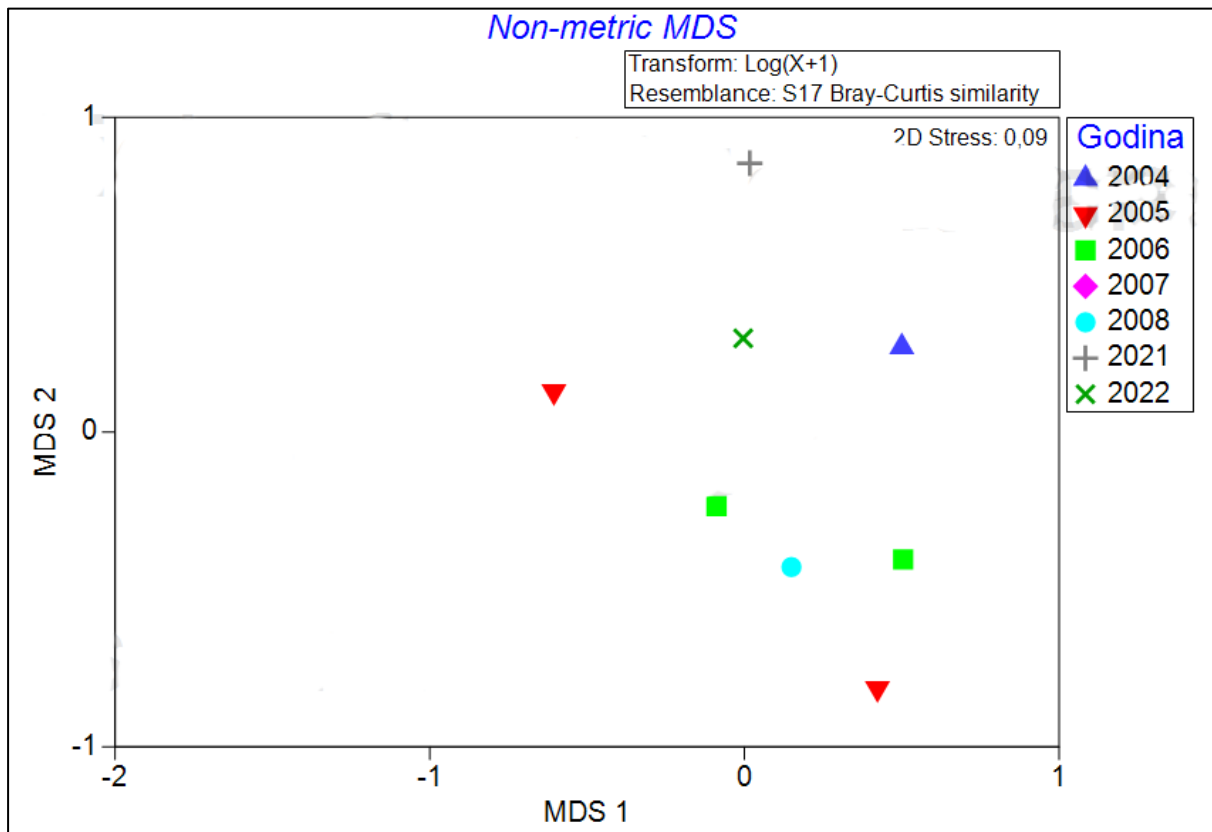
**Slika 11.** 2-D grafički prikaz (*scatterplot*) dobiven *Non-metric MDS* analizom koristeći godine kao faktor (grupnu varijablu) za postaju *Brljan* (BRLJ). Grupirane postaje prikazane su crnim krugovima.

Rezultati *Non-Metric MDS* analize postaje *Manastir* (MAN) za *Povijesno* i *Recentno* razdoblje ukazuju na određeno grupiranje postaja iz *Recentnog* razdoblja (Slika 12.).



**Slika 12.** 2-D grafički prikaz (*scatterplot*) dobiven *Non-metric MDS* analizom koristeći godine kao faktor (grupnu varijablu) za postaju *Manastir* (MAN). Grupirane postaje prikazane su crnim krugovima.

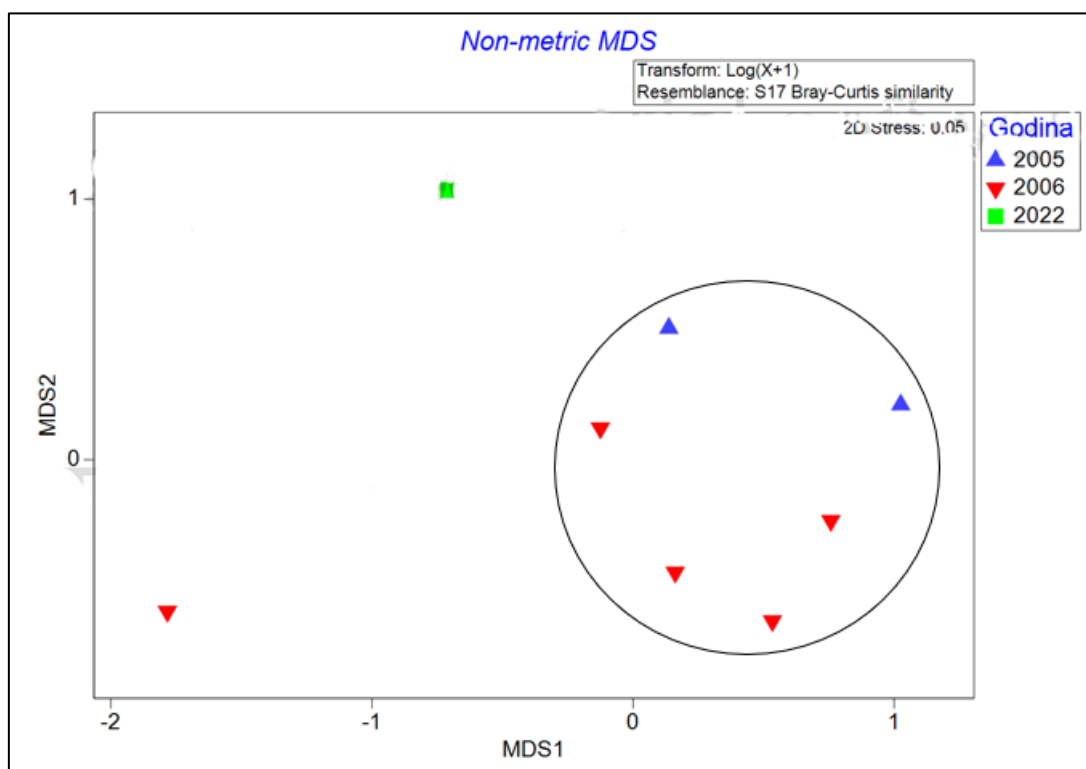
Rezultati *Non-Metric MDS* analize postaje *Roški slap* (ROS) ne ukazuju na određeno logičko grupiranje postaja (Slika 13.).



**Slika 13.** 2-D grafički prikaz (*scatterplot*) dobiven *Non-metric MDS* analizom koristeći godine kao faktor (grupnu varijablu) za postaju *Roški slap* (ROS).

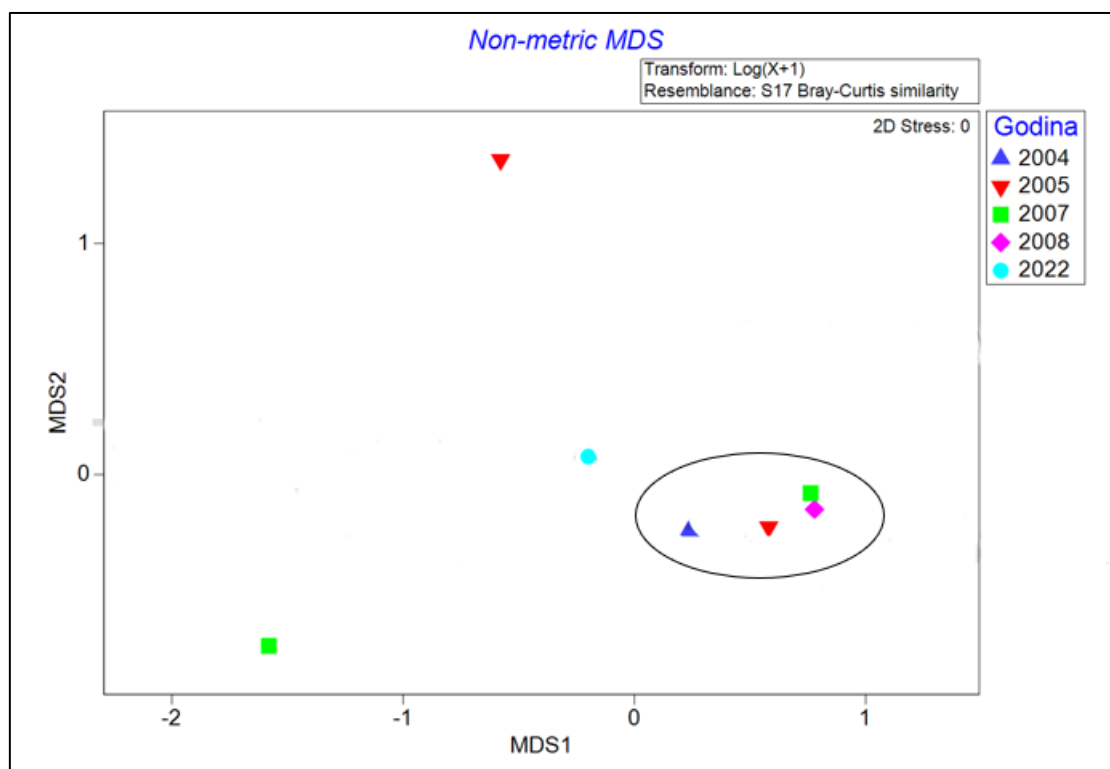


Rezultati *Non-Metric MDS* analize postaje *Visovac* (VIS) ukazuju na određeno grupiranje u *Povijesnom* razdoblju (Slika 14.).



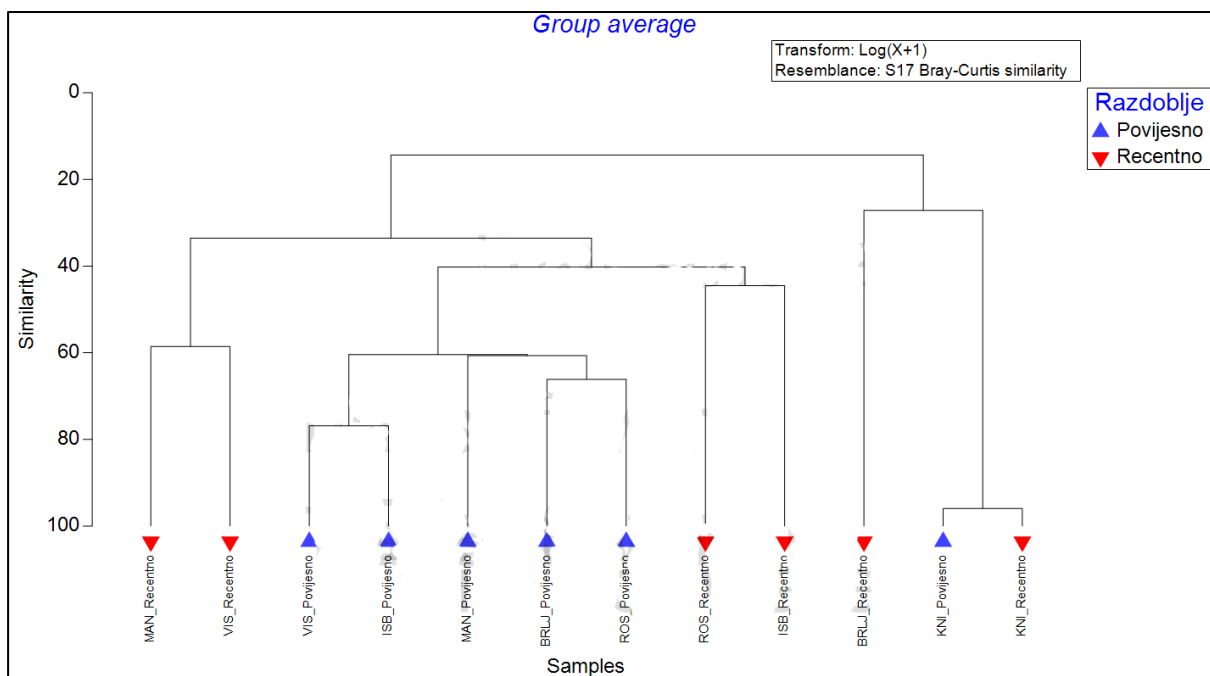
**Slika 14.** 2-D grafički prikaz (*scatterplot*) dobiven *Non-metric MDS* analizom koristeći godine kao faktor (grupnu varijablu) za postaju *Visovac* (VIS). Grupirane postaje prikazane su crnim krugovima.

Rezultati *Non-Metric MDS* analize postaje Ispod Skradinskog buka (ISB) za *Povijesno* i *Recentno* razdoblje ukazuju na određeno grupiranje postaja iz *Povijesnog* razdoblja (Slika 15.).



**Slika 15.** 2-D grafički prikaz (*scatterplot*) dobiven *Non-metric MDS* analizom koristeći godine kao faktor (grupnu varijablu) za postaju *Ispod Skradinskog buka* (ISB). Grupirane postaje prikazane su crnim krugovima.

U *Cluster* analizi postaja KNI, BRLJ, MAN, ROS, VIS i ISB dendrogram ukazuje na grupiranje postaje KNI u *Povijesnom* i *Recentnom* razdoblju, grupiranje postaji VIS, ISB, BRLJ i MAN i ROS iz *Povijesnog* razdoblja te grupiranje postaja MAN i VIS i ROS i ISB iz *Recentnog* razdoblja (Slika 16.).



Slika 16. Dendrogram dobiven *Cluster* analizom koristeći razdoblja kao faktor (grupnu varijablu).

#### 4.1.4. Dominantnost vrsta

Analizom kategorija dominantnosti, u *Povijesnom* razdoblju zabilježeno je dvije eudominantne (EU) (relativna brojnost veća od 16 %), jedna dominantna (DOM) (relativna brojnost između 8 – 16 %), tri subdominantne (SUBD) (4 – 8 %), dvije subrecendentne (SUBR) (1 – 2 %) i devet sporadičnih vrsta (SPOR) (relativna brojnost manja od 1 %) (Tablica 19.), dok je u *Recentnom* razdoblju zabilježeno dvije eudominantne, dvije dominantne, jedna recendentna (relativna brojnost između 2 – 4 %), dvije subrecendentne i 16 sporadičnih vrsta (Tablica 20).

**Tablica 19.** Kategorije dominantnosti za vrste uzorkovane u *Povijesnom* razdoblju (2004. – 2008.).

Porodica	Vrsta (hrv.)	Vrsta (lat.)	Brojnost	%	Kategorija dominantnosti
Leuciscidae	Iirski klen	<i>Squalius illyricus</i>	2187	42,11	EU
Leuciscidae	Drlja	<i>Scardinius dergle</i>	1029	19,82	EU
Leuciscidae	Bijeli klen	<i>Squalius squalus</i>	765	14,73	DOM
Cyprinidae	Oštrulja	<i>Aulopyge huegelii</i>	357	6,87	SUBD
Salmonidae	Primorska pastrva	<i>Salmo farioides</i>	341	6,57	SUBD
Blennidae	Riječna babica	<i>Salaria fluviatilis</i>	219	4,22	SUBD
Anguillidae	Jegulja	<i>Anguilla anguilla</i>	61	1,17	SUBR
Poecillidae	Gambuzija	<i>Gambusia holbrooki</i>	61	1,17	SUBR
Gobiidae	Visovački glavočić	<i>Knipowitschia mrakovcici</i>	37	0,71	SPOR
Tincidae	Linjak	<i>Tinca tinca</i>	35	0,67	SPOR
Cyprinidae	Mren	<i>Barbus plebejus</i>	34	0,65	SPOR
Salmonidae	Kalifornijska pastrva	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	30	0,58	SPOR
Gobionidae	Bezribica	<i>Pseudorasbora parva</i>	17	0,33	SPOR
Cyprinidae	Babuška	<i>Carassius gibelio</i>	12	0,23	SPOR
Mugilidae	Cipli	<i>Mugil sp.</i>	5	0,10	SPOR
Gasterosteidae	Koljuška	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	2	0,04	SPOR
Gobiidae	Glavočić crnotrus	<i>Ninnigobius canestrinii</i>	1	0,02	SPOR

**Tablica 20.** Kategorije dominantnosti za vrste uzorkovane u *Recentnom* razdoblju (2020. – 2023.)

Porodica	Vrsta (hrv.)	Vrsta (lat.)	Brojnost	%	Kategorija dominantnosti
Poecillidae	Gambuzija	<i>Gambusia holbrooki</i>	5499	35,66	EU
Gobionidae	Bezribica	<i>Pseudorasbora parva</i>	4490	29,12	EU
Centrarchidae	Sunčanica	<i>Lepomis gibbosus</i>	2316	15,02	DOM
Leuciscidae	Drlja	<i>Scardinius dergle</i>	1750	11,35	DOM
Ictaluridae	Crni somić	<i>Ameiurus melas</i>	334	2,17	REC
Salmonidae	Primorska pastrva	<i>Salmo farioides</i>	265	1,72	SUBR
Percidae	Grgeč	<i>Perca fluviatilis</i>	206	1,34	SUBR
Tincidae	Linjak	<i>Tinca tinca</i>	111	0,72	SPOR
Leuciscidae	Bijeli klen	<i>Squalius squalus</i>	110	0,71	SPOR
Blennidae	Riječna babica	<i>Salaria fluviatilis</i>	94	0,61	SPOR
Leuciscidae	Zrmanjski klen	<i>Squalius zrmanjae</i>	55	0,36	SPOR
Cyprinidae	Mren	<i>Barbus plebejus</i>	44	0,29	SPOR
Esocidae	Štuka	<i>Esox lucius</i>	40	0,26	SPOR
Cyprinidae	Babuška	<i>Carassius gibelio</i>	26	0,17	SPOR
Anguillidae	Jegulja	<i>Anguilla anguilla</i>	22	0,14	SPOR
Gobiidae	Visovački glavočić	<i>Knipowitschia mrakovcici</i>	20	0,13	SPOR
Salmonidae	Kalifornijska pastrva	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	16	0,10	SPOR
Gasterosteidae	Koljuška	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	11	0,07	SPOR
Leuciscidae	Ilirski klen	<i>Squalius illyricus</i>	5	0,03	SPOR
Cyprinidae	Šaran	<i>Cyprinus carpio</i>	4	0,03	SPOR
Cyprinidae	Oštrulja	<i>Aulopyge huegelii</i>	1	0,01	SPOR
Xenocyprididae	Amur	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	1	0,01	SPOR
Mugilidae	Cipal	<i>Mugil sp.</i>	1	0,01	SPOR

## 4.2. Analiza ekoloških grupa

Na temelju analize ekoloških grupa, u *Povijesnom* razdoblju (2004. – 2008.), unutar ekološke grupe *Stupac vode*, 13 vrsta (76,47 %) pripada ekološkoj grupi *Vodeni stupac*, a četiri vrste (23,53 %) grupi *Bentos*. Unutar ekološke grupe *Supstrat za mrijest*, sedam vrsta (41,17 %) pripada ekološkoj grupi *Litofil*, pet vrsta (29,41 %) grupi *Fitofil*, dvije vrste (11,77 %) grupi *Fitolitofil* i grupi *More*, dok jedna vrsta (5,88 %) pripada grupi *Živorodne*. Unutar ekološke grupe *Prehrambena strategija*, šest vrsta (35,30 %) pripada grupi *Invertivor* i *Omnivor*; tri vrste (17,64 %) grupi *Invertivor/Piscivor* i dvije vrste (11,76 %) grupi *Omnivor/Piscivor*. Unutar grupe *Status*, 12 vrsta (70,59 %) pripada grupi *Zavičajna*, četiri vrste (23,53 %) grupi *Strane* i jedna vrsta (5,88 %) grupi *Translocirane* (Tablica 21.; Slika 17.).

Na temelju analize ekoloških grupa, u *Recentnom* razdoblju (2020. – 2023.), unutar ekološke grupe *Stupac vode*, 18 vrsta (78,26 %) pripada grupi *Vodeni stupac*, a pet vrsta (21,74 %) grupi *Bentos*. Unutar ekološke grupe *Supstrat za mrijest*, 10 vrsta (43,48 %) pripada grupi *Litofil*, sedam vrsta (30,43 %) grupi *Fitofil*, tri vrste (13,04 %) grupi *Fitolitofil*, dvije vrste (8,70 %) grupi *More* i jedna vrsta (4,35 %) grupi *Živorodne*. Unutar ekološke grupe *Prehrambena strategija*, devet vrsta (39,13 %) pripada grupi *Omnivori*, šest vrsta (26,09 %) grupi *Invertivori*, četiri vrste (17,39 %) grupi *Invertivor/Piscivor*, tri vrste (13,04 %) grupi *Omnivor/Piscivor* i jedna vrsta (4,35 %) grupi *Piscivor*. Unutar grupe *Status*, 12 vrsta (52,17 %) pripada grupi *Zavičajna*, 7 vrsta (30,44 %) grupi *Strana* i četiri vrste (17,39 %) grupi *Translocirane* (Tablica 21.; Slika 17.).

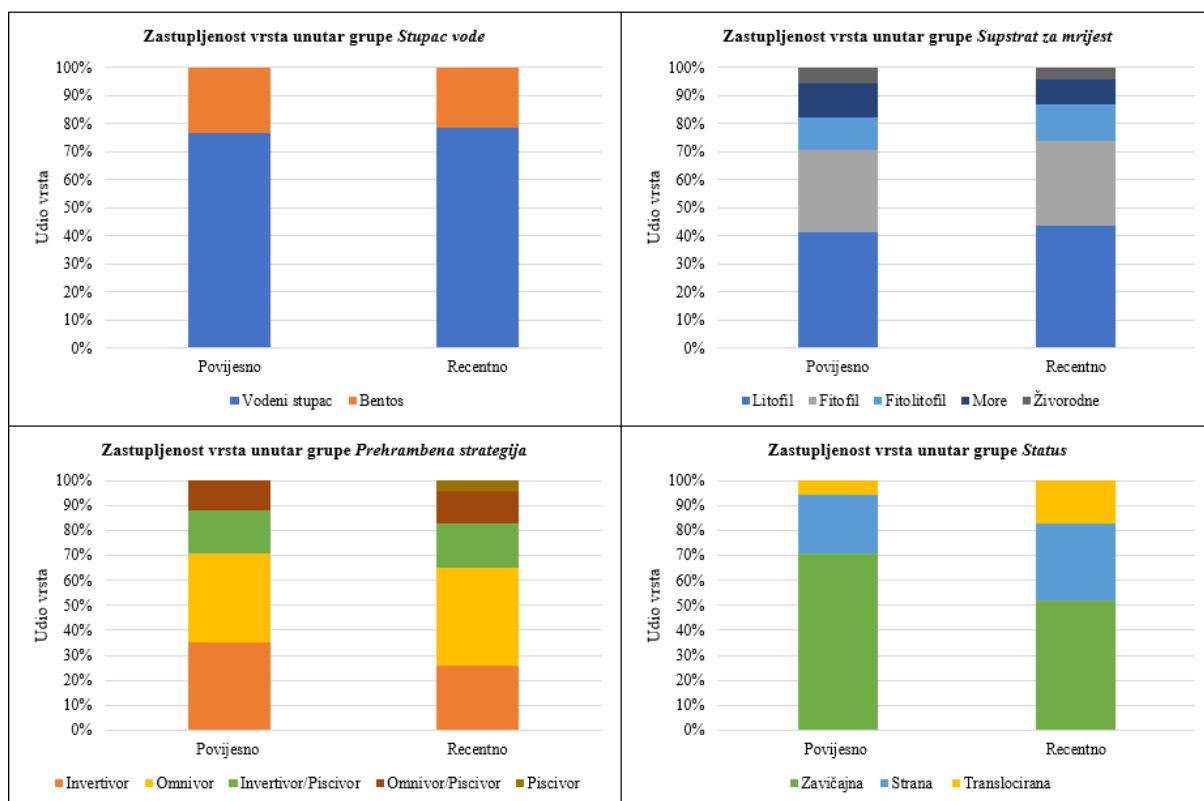
**Tablica 21.** Ekološke grupe vrsta uzorkovanih u *Povijesnom* (2004. – 2008.) i *Recentnom* razdoblju (2020. – 2023.).

Porodica	Vrsta (lat.)	Stupac vode	Supstrat za mrijest	Prehrambena strategija	Status
Poecillidae	<i>Gambusia holbrooki</i>	Vodeni stupac	Živorodna	Invertivor	Strana
Gobionidae	<i>Pseudorasbora parva</i>	Vodeni stupac	Fitolitofil	Omnivor	Strana
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Strana
Leuciscidae	<i>Scardinius dergle</i>	Vodeni stupac	Fitofil	Omnivor	Zavičajna
Ictaluridae	<i>Ameiurus melas</i>	Bentos	Fitolitofil	Omnivor	Strana
Salmonidae	<i>Salmo farioides</i>	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor/Piscivor	Zavičajna
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Vodeni stupac	Fitolitofil	Invertivor/Piscivor	Translocirana
Tincidae	<i>Tinca tinca</i>	Bentos	Fitofil	Omnivor	Translocirana
Leuciscidae	<i>Squalius squalus</i>	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor/Piscivor	Zavičajna
Blennidae	<i>Salaria fluviatilis</i>	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Zavičajna
Leuciscidae	<i>Squalius zrmanjæ</i>	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor/Piscivor	Zavičajna
Cyprinidae	<i>Barbus plebejus</i>	Bentos	Litofil	Invertivor	Zavičajna
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Vodeni stupac	Fitofil	Piscivor	Translocirana
Cyprinidae	<i>Carassius gibelio</i>	Bentos	Fitofil	Omnivor	Strana
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	Vodeni stupac	More	Invertivor/Piscivor	Zavičajna

Nastavak **tablice 21.** Ekološke grupe vrsta uzorkovanih u *Povijesnom* (2004. – 2008.) i *Recentnom* razdoblju (2020. – 2023.).

Gobiidae	<i>Knipowitschia mrakovcici</i>	Vodeni stupac	Fitofil	Invertivor	Zavičajna
Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor/Piscivor	Strana
Gasterosteidae	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Vodeni stupac	Fitofil	Omnivor	Zavičajna
Leuciscidae	<i>Squalius illyricus</i>	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor/Piscivor	Zavičajna
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Bentos	Fitofil	Omnivor	Translocirana
Cyprinidae	<i>Aulopyge huegelii</i>	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Zavičajna
Xenocyprididae	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor	Strana
Mugilidae	<i>Mugil sp.</i>	Vodeni stupac	More	Omnivor	Zavičajna
Gobiidae	<i>Ninnigobius canestrinii</i>	Bentos	Fitolitofil	Invertivor	Zavičajna



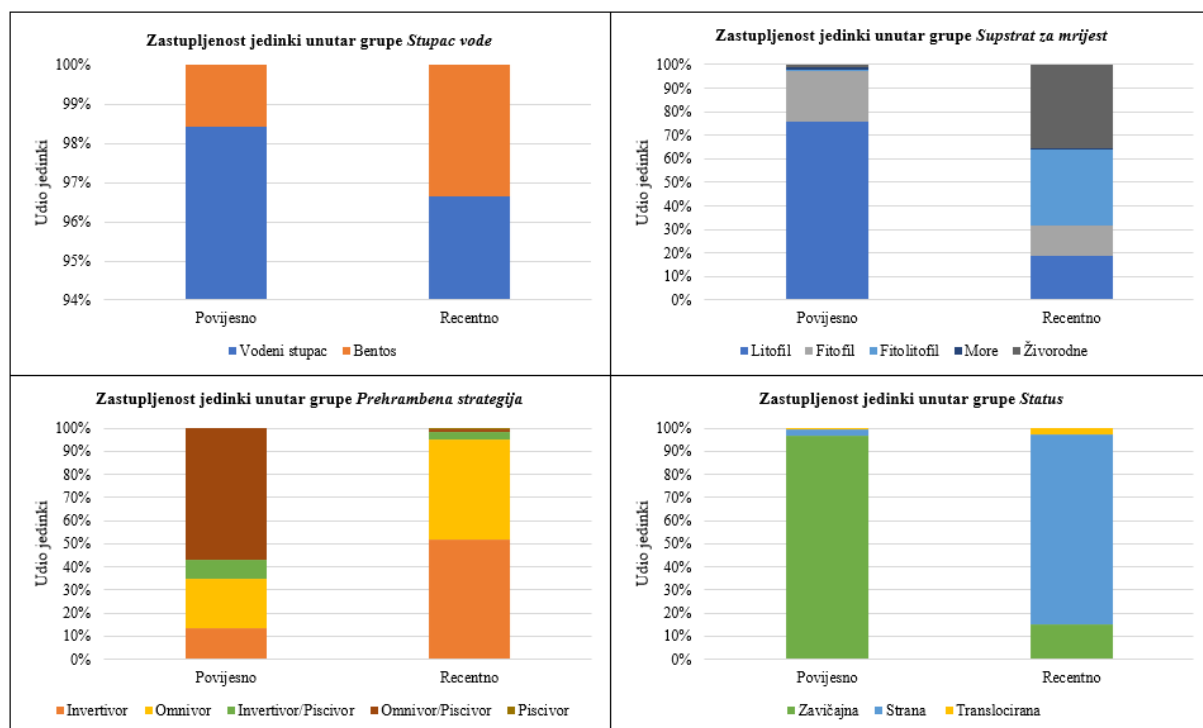


**Slika 17.** Zastupljenost vrsta unutar ekoloških grupa u *Povijesnom* (2004. – 2008.) i *Recentnom* (2020. – 2023.) razdoblju.

Prema brojnosti jedinki u *Povijesnom* razdoblju (2004. – 2008.) unutar ekološke grupe *Stupac vode*, grupa *Vodeni stupac* zastupljena je s 5111 jedinki (98,42 %), a grupa *Bentos* s 82 jedinke (1,58 %). Prema brojnosti jedinki unutar ekološke grupe *Supstrat za mrijest*, grupa *Litofil* zastupljena je s 3933 jedinke (75,74 %), grupa *Fitofil* s 1115 jedinki (21,47 %), grupa *Fitolitofil* s 18 jedinki (0,35 %), grupa *More* s 66 jedinki (1,27 %) i grupa *Živorodne* s 61 jedinkom (1,17 %). Prema brojnosti jedinki unutar ekološke grupe *Prehrambena strategija*, grupa *Invertivor* zastupljena je s 709 jedinki (13,65 %), grupa *Omnivor* s 1100 jedinki (21,18 %), grupa *Invertivor/Piscivor* s 432 jedinke (8,32 %) i grupa *Omnivor/Piscivor* s 2952 jedinke (56,85 %). Prema brojnosti jedinki unutar grupe *Status*, grupa *Zavičajne* zastupljena je s 5038 jedinki (97,02 %), grupa *Strane* s 120 jedinki (2,31 %) i grupa *Translocirane* s 35 jedinki (0,7 %) (Tablica 21.; Slika 18.).

Prema brojnosti jedinki u *Recentnom* razdoblju (2020. – 2023.) unutar ekološke grupe *Stupac vode*, grupa *Vodeni stupac* zastupljena je s 14902 jedinke (96,63 %), a grupa *Bentos* s 519 jedinki (3,37 %). Prema brojnosti jedinki unutar ekološke grupe *Supstrat za mrijest*, grupa *Litofil* zastupljena je s 2907 jedinki (18,85 %), grupa *Fitofil* s 1962 jedinke (12,72 %), grupa

*Fitolitofil* s 5030 jedinki (32,62 %), grupa *More* s 23 jedinice (0,15 %) i grupa *Živorodne* s 5499 jedinki (35,66 %). Prema brojnosti jedinki unutar ekološke grupe *Prehrambena strategija*, grupa *Omnivori* zastupljena je s 6728 jedinki (43,63 %), grupa *Invertivori* s 7974 jedinice (51,71 %), grupa *Invertivor/Piscivor* s 509 jedinki (3,30 %), grupa *Omnivor/Piscivor* s 170 jedinki (1,10 %) i grupa *Piscivori* s 40 jedinki (0,26 %). Prema brojnosti jedinki unutar grupe *Status*, grupa *Zavičajne* zastupljena je s 2378 jedinki (15,42 %), grupa *Strane* s 12682 jedinice (82,24 %) i grupa *Translocirane* s 361 jedinkom (2,34 %) (Tablica 21.; Slika 18.).



**Slika 18.** Zastupljenost jedinki unutar ekoloških grupa u Povijesnom (2004. – 2008.) i Recentnom (2020. – 2023.) razdoblju.

### 4.3. Analiza dužinsko-masenog odnosa i Fultonovog indeksa kod drlje (Scardinius dergle)

Drlje iz *Recentnog* razdoblja imaju veću prosječnu standardnu dužinu, masu i Fultonov indeks od drlja iz *Povijesnog* razdoblja, dok je medijan Fultonovog indeksa drlja iz *Povijesnog* razdoblja veći od medijana Fultonovog indeksa drlja iz *Recentnog* razdoblja (Tablica 23.).

**Tablica 23.** Minimum, maksimum, prosjek, standardna devijacija i medijan izmjerenih morfometrijskih karakteristika i Fultonovog indeksa drlja iz *Povijesnog* (2004. – 2008.) i *Recentnog* razdoblja (2020. – 2023.).

	TL		SL		Masa		FCF	
	Povijesno	Recentno	Povijesno	Recentno	Povijesno	Recentno	Povijesno	Recentno
N	37	95	37	96	37	96	37	96
Prosjek	119,75	130,96	95,10	107,02	24,22	35,75	2,58	3,30
Medijan	120,00	129,00	95,00	105,50	21,80	27,00	2,55	2,35
Min	92,00	48,00	73,00	36,00	8,50	0,80	2,18	1,54
Max	159,00	210,00	129,00	173,00	66,70	159,90	3,22	3,08
Stand. dev.	17,57	29,39	14,18	24,50	12,98	28,26	0,25	0,30

Provedbom Shapiro-Wilks testa pri razini pozdanosti od 95% ( $p < 0,05$ ),  $p$  vrijednosti za parametre totalne dužine (TL), standardne dužine (SL) i mase iznose manje od 0,05, dok je  $p$  vrijednost Fultonovog indeksa (FCF) veća od 0,05 (Tablica 24.), zbog čega sam podatke transformirao uz pomoć logaritma po bazi 10 te ponovnom provedbom Shapiro-Wilks (*normality*) testa,  $p$  vrijednosti svih parametara iznose manje od 0,05 (Tablica 25.) prema čemu se zaključuje da podaci nemaju normalnu distribuciju (Delorme 2006). Također, proveo sam *Outlier* test nad svim parametrima pri čemu je masa četiri jedinice iz *Recentnog* razdoblja prepoznata kao *outlier* vrijednost, no takav rezultat sam odbacio jer vrijednost unesenih podataka za masu nije rezultat pogreške.

**Tablica 24.** Rezultati Shapiro-Wilks testa s izračunatim  $p$  vrijednostima (statistički značajne vrijednosti su crveno označene).

	TL	SL	Masa	FCF
N	132	133	133	133
Shapiro-Wilk W	0,9697	0,9645	0,7785	0,9906
$p$ (normal)	0,00472	0,00150	6,78E-13	0,5076

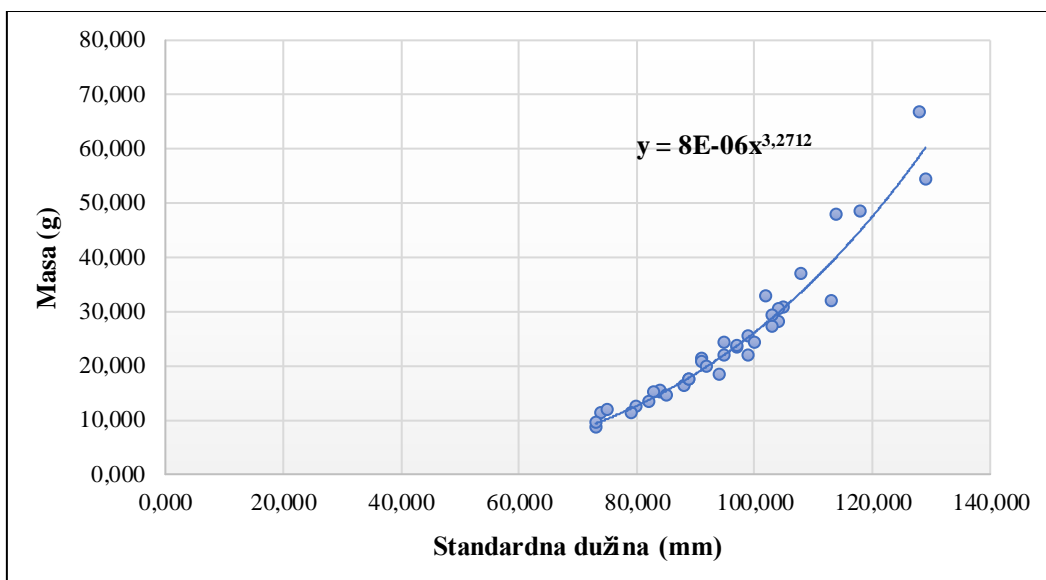
**Tablica 25.** Rezultati ponovljenog Shapiro-Wilks (*normality*) testa s izračunatim *p* vrijednostima (statistički značajne vrijednosti su crveno označeno) nakon transformacije.

	TL	SL	Masa	FCF
N	132	133	133	133
Shapiro-Wilk W	0,9673	0,9608	0,9652	0,9742
<i>p</i> (normal)	0,00288	0,00071	0,00175	0,0124

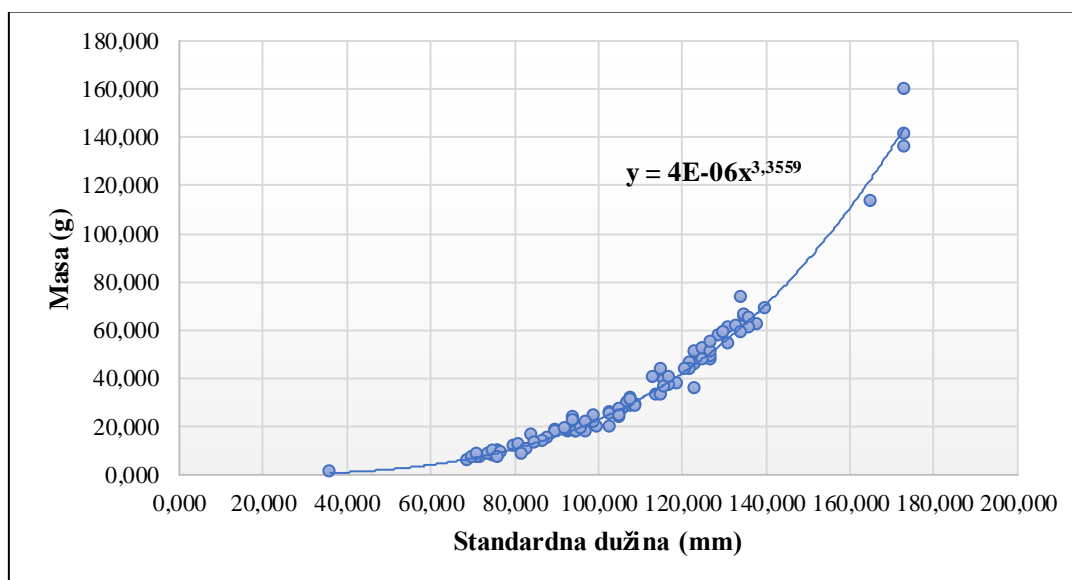
Na temelju nenormalne distribucije dva nezavisna seta podataka odabrao sam Mann-Whitney test te tako usporedio svaki parametar (TL, SL, Masu i FCF) između dva razdoblja (Delorme 2006). Usporedbom razdoblja na temelju Mann-Whitney testa, *p* vrijednosti manje su od 0,05 za parametre TL, SL i FCF, dok je *p* vrijednost za parametar mase veći od 0,05 (Tablica 26.). Rezultati Mann-Whitney testa ukazuju kako postoji statistički značajna razlika između drlja iz *Povijesnog* i *Recentnog* razdoblja na temelju parametara TL, SL i FCF, ali ne i mase. Provedbom Spearman-ove korelacije za standardnu dužinu i masu, postignuta je značajna korelacija za *Povijesno* razdoblje te koeficijent korelacije iznosi 0,98 ( $p < 0,05$ ), kao i za *Recentno* razdoblje, gdje koeficijent korelacije iznosi 0,98 ( $p < 0,05$ ). Dužinsko-maseni odnosi izraženi su *b* vrijednošću (eksponent u jednadžbi *trendline*-a funkcije *power*) za *Povijesno* ( $b = 3,27$ ) (Slika 19.) i *Recentno* razdoblje ( $b = 3,35$ ) (Slika 20.) prema čemu se može zaključiti kako ribe iz oba uzorka imaju pozitivno alometrijski rast (raspon).

**Tablica 26.** Rezultati Mann-Whitney testa provedenog za usporedbu parametara drlje između *Povijesnog* i *Recentnog* razdoblja: *Mann-Whitney U*, *z* i *p* vrijednost (statistički značajne *p* vrijednosti crveno označene).

	TL	SL	Masa	FCF
<i>Mann-Whitney U</i>	1313,5	1199,0	1405,5	951,0
<i>z</i>	2,24	2,89	1,85	4,14
<i>p</i>	0,024	0,003	0,063	3,47E-05

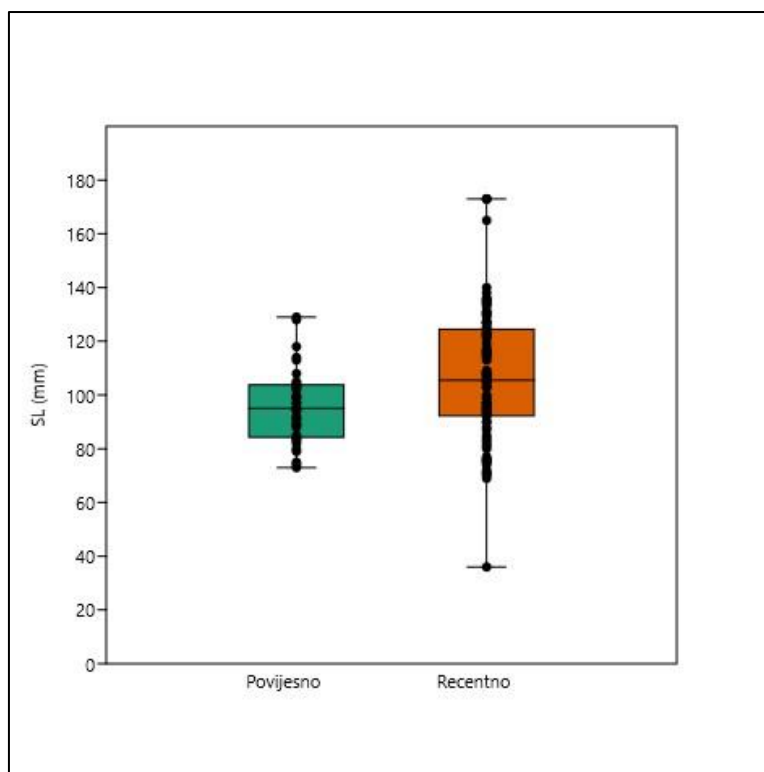


**Slika 19.** Grafički prikaz dužinsko-masenog odnosa drlja uzorkovanih u *Povijesnom* razdoblju (2004. – 2008.).

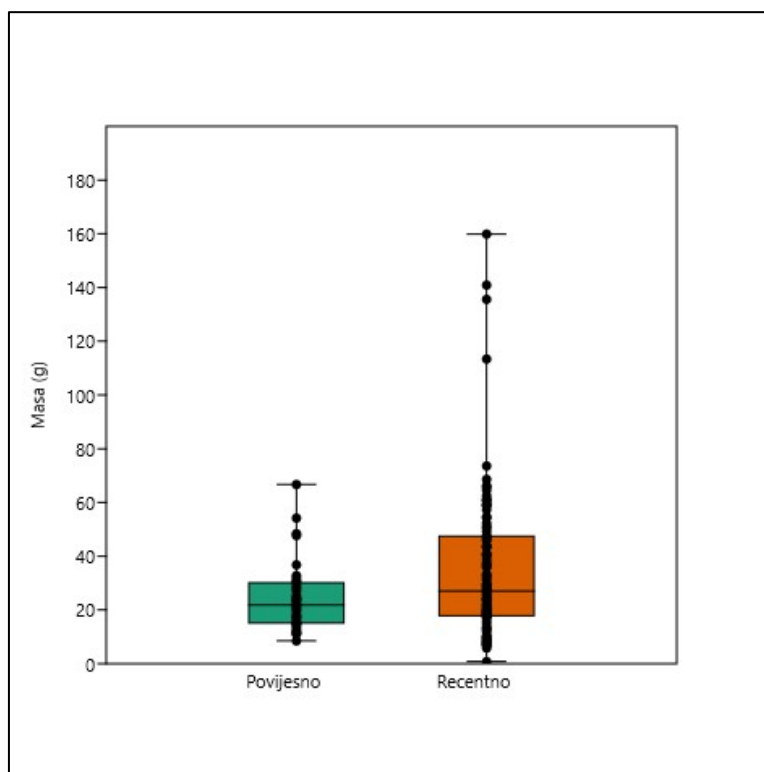


**Slika 20.** Grafički prikaz dužinsko-masenog odnosa drlja uzorkovanih u *Recentnom* razdoblju (2020. – 2023.).

Uzorak drlja iz *Povijesnog* razdoblja sastoji se od 37 jedinki, među kojima najmanja i najveća izmjerena standardna dužina (SL) iznose 73 i 129 mm (Slika 21.), a najmanja i najveća izmjerena masa iznose 8,5 i 66,7 g (Slika 22.). Uzorak drlja iz *Recentnog* razdoblja sastoji se od 104 jedinke, među kojima najmanja i najveća standardna dužina (SL) iznose 36 i 173 mm (Slika 21.), a najmanja i najveća izmjerena masa iznose 0,8 i 159,9 g (Slika 22.).



**Slika 21.** Box and jitter grafički prikaz izmjerenih standardnih dužina (SL) drlja iz *Povijesnog* (2004. – 2008.) i *Recentnog* razdoblja (2020. – 2023.).



**Slika 22.** Box and jitter grafički prikaz izmjerenih masa drlja iz *Povijesnog* (2004. – 2008.) i *Recentnog* razdoblja (2020. – 2023.).

## 5. RASPRAVA

Zbog povezanosti s vodenim ekosustavom u kojem žive i velikog antropogenog pritiska na njihova staništa, smatra se kako su slatkovodne ribe danas najugroženija skupina kralježnjaka (Ćaleta i sur. 2015). Ihtiozajednice, a naročito neke vrste, dobri su indikatori biološkog i ekološkog integriteta staništa. Naime, ribe pokazuju različite vrste bioloških odgovora kao što su promjena brzine rasta, promjena brojnosti i rasporeda koje ovise o degradaciji staništa, eutrofikaciji, promjeni temperature i dostupnosti hrane. Zbog navedenog, ribe se smatraju ključnim elementom u programima trajnog motrenja vodenih ekosustava (Ćaleta i sur. 2015).

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi kvalitativni i kvantitativni sastav ihtiozajednice u rijeci Krki te kakav utjecaj invazivne vrste imaju na istu. Ovo je dosad prvo istraživanje na rijeci Krki u kojem se istražuju dva vremenska razdoblja u svrhu usporedbe i promjene ihtiozajednice.

### 5.1. Kvalitativni i kvantitativni sastav ihtiozajednice *Povijesnog* i *Recentnog* razdoblja

Prema relativno recentnim istraživanjima i dostupnim podacima (Ćaleta i sur. 2019; Freyhof i Kottelat 2007; Fricke i sur. 2023), u rijeci Krki zabilježeno je 24 vrste slatkovodnih riba, od kojih je 13 zavičajnih, sedam stranih i pet translociranih vrsta. Ovim istraživanjem sveukupno je zabilježeno također 24 različite vrste, od čega u *Recentnom* razdoblju (2020. – 2023.) 23 vrste, od kojih je 12 zavičajnih, sedam stranih i četiri translocirane vrste, a u *Povijesnom* razdoblju (2004. – 2008.) 17 vrsta, od kojih je 12 zavičajnih, četiri strane i jedna translocirana vrsta.

Izrazita promjena u ihtiozajednici rijeke Krke u posljednjih 15 godina jasno je vidljiva iz broja jedinki zavičajnih i stranih vrsta. Naime, zavičajne su vrste činile čak 97,02 % ukupnog uzorka ihtiozajednice *Povijesnog* razdoblja (2004. – 2008.), a strane i translocirane vrste tek 2,98 % ukupnog uzorka, dok su u *Recentnom* razdoblju (2020. – 2023.) većinski zastupljene strane vrste riba koje čine 82,25 % ukupnog uzorka, dok zavičajne vrste čine 15,43 %, a translocirane 2,35 % uzorka. Također, prema kategorijama dominantnosti koje su postavili Mühlenberg i Bogenrieder (1993), uloge tri najbrojnije vrste *Povijesnog* razdoblja, zavičajne vrste ilirski klen, drlja i bijeli klen, u *Recentnom* razdoblju preuzele su strane vrste gambuzija,

bezribica i sunčanica. Zabrinjavajuć je značajan pad brojnosti jedinki oštrulje (*Aulopyge huegeli*) koja između *Povijesnog* i *Recentnog* razdoblja bilježi pad brojnosti jedinki od čak 99,7 %. Oštrulja je važna Natura 2000 ciljna i ugrožena vrsta prema IUCN-u (EN) (Crivelli 2006). Oštrulja je ugrožena zbog degradacije i gubitka staništa, onečišćenja vodenih ekosustava, neodrživog iskorištavanja vode i unosa stranih vrsta što dovodi do smanjivanja njenih populacija do kritično malih razmjera ili čak do izumiranja (Crivelli 2006).

Uspoređujući lovne postaje, na postaji *Knin* zabilježen je najmanji broj vrsta (njih dvije) a to su strana kalifornijska pastrva i zavičajna primorska pastrva. Na tome dijelu rijeke Krke voda je bistra, brzotekuća, a dno većinom prekriveno kamenom i šljunkom (Mrakovčić i sur. 2011; Zanella i sur. 2023) što odgovara salmonidnim vrstama (Freyhof i Kottelat 2007). Prisustvo pastrvskog uzgajališta 200 m nizvodno od slapa Krčić (Kulišić 1986) u kojem se uzgajaju primorske i kalifornijske pastrve (Viribus 2016) može biti potencijalan izvor jedinki pastrva obje vrste. Analizirajući indekse raznolikosti može se zaključiti kako postaja *Knin* u oba uzorkovana razdoblja ima najmanju raznolikost zajednice te da raznolikost opada u *Recentnom* razdoblju.

Na postajama *Brljan*, *Manastir* i *Visovac*, kao primjerima lentičkih sustava, u *Recentnom* razdoblju u odnosu na *Povijesno*, zabilježen je najveći pad zavičajnih vrsta i istovremeno porast stranih i translociranih vrsta, naročito na postajama *Brljan* i *Manastir*. Uspješnost stranih i translociranih vrsta koje su zabilježene u *Recentnom* razdoblju na navedenim postajama može biti objašnjena prilagodbom i preferencijom tih vrsta na uvjete mirnih i sporotekućih vodenih ekosustava (Freyhof i Kottelat 2007; Mihinjač i sur. 2019).

Na postajama *Roški slap* i *Ispod Skradinskog buka* između dva razdoblja zabilježen je pad broja zavičajnih vrsta, ali ne i porast broja stranih i translociranih vrsta što može biti objašnjeno uvjetima brzotekuće vode na postaji *Roški slap* i prisutnosti bočate vode na postaji *Ispod Skradinskog buka* koje strane i translocirane vrste u rijeci Krki ne preferiraju (Freyhof i Kottelat 2007; Mihinjač i sur. 2019).

Analizirajući indekse raznolikosti prema Fedor i Zvarikova (2019), Fisher i sur. (1943), Death (2008) i Heip i sur. (1998), svih pet indeksa raznolikosti ukazuju na manju raznolikost zajednice *Knin* u *Recentnom* razdoblju zbog povećanja brojnosti jedinki primorske pastrve i smanjene brojnosti jedinki kalifornijske pastrve. Na postajama *Brljan* i *Manastir*, četiri od pet indeksa raznolikosti ukazuju na veću raznolikost zajednice *Recentnog* u odnosu na *Povijesno* razdoblje što se može interpretirati većim brojem stranih i translociranih vrsta u uzorku. Na



postaji *Visovac*, tri od pet indeksa raznolikosti ukazuju na povećanje raznolikosti zajednice između razdoblja, što i korelira sa zabilježenih pet više stranih i translociranih vrsta. Na postaji *Roški slap*, svih pet indeksa raznolikosti ukazuju na povećanje raznolikosti zajednice između razdoblja iako se broj vrsta u *Recentnom* razdoblju smanjio za tri zavičajne vrste, što se može objasniti osjetljivošću indeksa raznolikosti na ujednačenost brojnosti jedinki u zajednici. Na postaji *Ispod Skradinskog buka*, četiri od pet indeksa raznolikosti ukazuju na smanjenje raznolikosti zajednice u *Recentnom* razdoblju, što i korelira s zabilježene četiri zavičajne vrste manje.

Analizirajući sličnost postaja kroz razdoblja u PRIMER v7 programskom paketu uz pomoć priručnika kojeg su izradili Clarke i Warwick (2001), *Cluster* analiza s godinama kao faktorom (grupna varijabla) ukazuje na to kako nema logičkog grupiranja postaja prema sastavu i brojnosti unutar ihtiozajednice. Međutim, *Cluster* analiza u kojoj sam kao faktor koristio postaje, ukazuje na to da na postajama *Manastir* i *Brljan* je došlo do grupiranja što znači da postoji sličnost u sastavu i brojnosti unutar ihtiozajednice. Nadalje, u *Non-Metric MDS* analizi u kojoj sam kao faktor koristio godine, 2-D grafički prikaz ukazuje na razdvajanje razdoblja između 2004. – 2010. i 2010. – 2023., što ukazuje na jasnu promjenu u strukturi ihtiozajednice u rijeci Krki u posljednjih 15 godina, uz odstupanja dva događaja uzorkovanja iz 2006. godine koji se pridružuju razdoblju 2010. – 2023. Za razliku od toga, u *Non-Metric MDS* analizi u kojoj sam kao faktor koristio postaje, 2-D grafički prikaz ponovno ukazuje na grupiranje postaja *Manastir* i *Brljan* i to u *Recentnom* razdoblju, ali bez izraženog obrasca. Pri analizi pojedinih postaja, kroz *Non-Metric MDS* analizu u kojoj sam kao faktor koristio godine, na postaji *Knin* ne dolazi do logičnog grupiranja prema sličnosti sastava i brojnosti unutar ihtiozajednice, dok na postaji *Brljan* dolazi do grupiranja i razdvajanja ihtiozajednica *Povijesnog* i *Recentnog* razdoblja. Na postaji *Manastir* dolazi do grupiranja postaja iz *Recentnog* razdoblja što ukazuje na promjenu ihtiozajednice u *Recentnom* razdoblju u sastavu i brojnosti vrsta. Na postaji *Roški slap* ne dolazi do logičnog grupiranja prema sličnosti sastava i brojnosti unutar ihtiozajednice. Na postaji *Visovac* dolazi do grupiranja postaja iz *Povijesnog* razdoblja što ukazuje na promjenu ihtiozajednice između dva razdoblja prema sličnosti sastava i brojnosti vrsta. Na postaji *Ispod Skradinskog buka* dolazi do grupiranja postaja iz *Povijesnog* razdoblja što ukazuje na promjenu ihtiozajednice između dva razdoblja prema sličnosti sastava i brojnosti vrsta. Pri analizi postaja *Knin*, *Brljan*, *Manastir*, *Roški slap*, *Visovac* i *Ispod Skradinskog buka* uz pomoć *Cluster* analize, dendrogram ukazuje na grupiranje postaje *Knin* u *Povijesnom* i *Recentnom* razdoblju pri sličnosti ihtiozajednice od oko 95 % što ukazuje na

veliku sličnost ihtiozajednice oba razdoblja. Postaje *Visovac*, *Ispod Skradinskog buka*, *Manastir*, *Brljan* i *Roški slap* iz *Povijesnog* razdoblja su se grupirale pri sličnosti ihtiozajednice od oko 60 % što ukazuje na ujednačenu strukturu ihtiozajednice prije pojave novih vrsta, postaje *Manastir* i *Visovac* iz *Recentnog* razdoblja su se grupirale pri sličnosti ihtiozajednice od oko 60 % što može ukazivati na sličnost ihtiozajednice zbog lentičkog staništa i uvjeta koji u njima prevladavaju, a preferiraju ih strane i translocirane vrste (Freyhof i Kottelat 2007; Mihinjač i sur. 2019). Postaje *Ispod Skradinskog buka* i *Roški slap* iz *Recentnog* razdoblja grupiraju se pri sličnosti ihtiozajednice od oko 45 % te se istovremeno grupiraju s postajama *Visovac*, *Ispod Skradinskog buka*, *Manastir*, *Brljan* i *Roški slap* iz *Povijesnog* razdoblja pri sličnosti ihtiozajednice od oko 40% što potencijalno može biti uvjetovano smanjenom uspješnošću stranih i translociranih vrsta na staništu postaje *Roški slap* gdje prevladavaju uvjeti brzotekuće vode bogate kisikom i u bočatom staništu postaje *Ispod Skradinskog buka* (Freyhof i Kottelat 2007; Mihinjač i sur. 2019).

Navedena kvalitativna i kvantitativna izmjena ihtiozajednice u rijeci Krki može se objasniti utjecajem stranih i translociranih vrsta na zavičajne vrste kroz procese pojačane kompeticije za hranu i stanište, predacije, hibridizacije, prijenosa patogena te promjene ekosustava (Mihinjač i sur. 2019; Ribeiro i Leunda 2012). Invazivne vrste često imaju značajke koje im omogućavaju da budu konkurentnije u novome staništu od drugih vrsta. Neke od značajki kod invazivnih slatkovodnih vrsta riba su te da imaju mogućnost podnijeti široke raspone okolišnih uvjeta poput niskih i visokih temperatura vode, pH vrijednosti, uvjete hipoksije, povišeni salinitet i onečišćenje. Također, imaju i biološke značajke koje doprinose njihovoj uspješnosti i uspostavi populacija poput tih da su oportunistički svejedi, rano spolno sazrijevaju i imaju veliki broj potomaka za koje imaju razvijenu brigu za jaja (Mihinjač i sur. 2019). Uspješnost stranih i translociranih vrsta te istovremeno opadanje brojnosti i populacija zavičajnih vrsta može biti opisana kroz ponašanje, biologiju i ekologiju stranih i translociranih vrsta. Navedene procese opisat ću kroz slučajeve tri najbrojnije strane vrste zabilježene u *Recentnom* razdoblju. Gambuzija (*Gambusia holbrooki*) se često zadržava u plitkim rubnim dijelovima gdje nisu prisutne predatorske ribe, a temperatura vode je visoka te može preživjeti u vrlo zagađenim staništima uzimajući kisik u gornjim slojevima vodenog stupca. Ima vrlo brz ciklus razmnožavanja te unutar jedne godine može imati tri do četiri generacije potomaka. Vrlo je agresivna u kompeticiji za hranu i stanište s zavičajnim vrstama prilikom čega napada i grize peraje drugih riba te direktno smanjuje brojnost zavičajnih vrsta hraneći se ribljim jajima i mlađi (Mihinjač i sur. 2019). Rezultati FISK (*Fish Invasiveness Screening Kit*) analize za

Hrvatsku svrstavaju gambuziju u kategoriju srednje do visoke invazivnosti s prosječnim koeficijentom invazivnosti od 17,5 (Piria i sur. 2016). Nadalje, bezribica (*Pseudorasbora parva*) ima višestruki mrijest u kojem može položiti do nekoliko tisuća jajašaca nakon čega mužjak čuva gnijezdo. U pogodnim staništima, bezribica može uspostaviti vrlo brojne populacije koje su onda u kompeticiji sa zavičajnim vrstama za hranu i stanište. Hrane se jajima i ličinkama zavičajnih riba te zooplanktonom što utječe na povećanje fitoplanktona, a zatim dovodi i do eutrofikacije (Mihinjač i sur. 2019). Osim toga bezribice su poznate i kao prijenosnici patogena zaraznih bolesti poput *Sphaerothecum destruens* (Mihinjač i sur. 2019; Spikmans i sur. 2020) na kojeg su otporne (Gozlan i sur. 2005). Istraživanje koje su proveli Spikmans i sur. (2020) ukazuje na mogućnost prijenosa ovog patogena na druge vrste putem bezribice, ali i preko asimptomatskog prijenosnika koljuške (*Gasterosteus aculeatus*) koja se nalazi i u rijeci Krki. Rezultati FISK analize za Hrvatsku svrstavaju bezribicu u kategoriju srednje do visoke invazivnosti s prosječnim koeficijentom invazivnosti od 21,5 (Piria i sur. 2016). Za kraj, sunčanica (*Lepomis gibbosus*) dobro podnosi visoke temperature vode, niske količine kisika i povišeni salinitet. Mužjak čuva gnijezdo do izlijeganja ličinki što sunčanicu čini konkurentnijom vrstom od zavičajnih vrsta riba (Mihinjač i sur. 2019). Vrlo je agresivna vrsta u kompeticiji za stanište i hranu zbog čega često ugrožava zavičajne vrste riba (Almeida i sur. 2014; Mihinjač i sur. 2019). Po prehrani, sunčanica je omnivor, a u nedostatku druge hrane, hranit će se jajima i mlađi drugih riba te predstavljaju veliki problem u rijeci Krki kao i u drugim većim rijekama jadranskog slijeva (Mihinjač i sur. 2019). Rezultati FISK analize za Hrvatsku svrstavaju sunčanicu u kategoriju srednje do visoke invazivnosti s prosječnim koeficijentom invazivnosti od 17,5 (Piria i sur. 2016).

Osim invazivnih vrsta, na smanjenje brojnosti zavičajnih vrsta riba koje je zabilježeno ovim istraživanjem mogli su potencijalno utjecati i patogeni poput *Aeromonas salmonicida* i *Dentitruncus truttae* koji su pronađeni na salmonidnim vrstama u rijeci Krki (Kapetanović i sur. 2008; Vardić Smrzlić i sur. 2013) ili antropogeno zagađenje zabilježeno u rijeci Krki na području Knina gdje se u rijeku ispuštaju prethodno neobrađene industrijske i komunalne vode te tako doprinose porastu nutrijenata, bakterija (Filipović Marijić i sur. 2018) i otopljenih metala koji su pronađeni u jetrama pastrva (Filipović Marijić 2016). Nadalje, ugrozu za ribe predstavljaju i izgradnja brana i hidroakumulacija koje uzrokuju promjene iz riječnog u jezerski ekosustav čime se mijenjaju fizikalno-kemijske značajke vode poput temperature, količine otopljenog kisika i količine nutrijenata (Ćaleta i sur. 2015; Mrakovčić i sur. 2006) te se potencijalno mogu stvoriti uvjeti pogodni za strane i translocirane vrste (Freyhof i Kottelat

2007; Mihinjač i sur. 2019). Takav primjer izmjene ekosustava na rijeci Krki nalazimo na jezeru Brljan koje je jednim dijelom umjetna akumulacija stvorena za potrebe HE Miljacka (Bonacci i Perica 1990), a na kojem je ovim istraživanjem u *Recentnom* razdoblju u odnosu na *Povijesno* zabilježen pad od tri zavičajne vrste i porast translociranih za dvije vrste. Također, ugrozu za zavičajne vrste riba predstavljaju i klimatske promjene koje će nanositi posljedice poput povećanja temperature vode, smanjenje areala salmonidnih vrsta, smanjenje rasta jedinki te učestali periodi poplave i suše. Pretpostavlja se da će u europskim rijekama doći do promjena u strukturi ihtiozajednica koje će pratiti dominacija šaranki i grgečki (Čaleta i sur. 2015; Mrakovčić i sur. 2006).

## 5.2. Ekološke grupe

Ekološke grupe (eng. *ecological guilds*) su skupine vrsta koje koriste istu skupinu resursa na sličan način iz okoliša. Pomoću ekoloških grupa označavaju se funkcionalni položaji vrsta u zajednici te služe kako bi se pojednostavila analiza i razumijevanje složenih ekosustava i njihovih značajki, to jest kako bi se opisao strukturni i funkcionalni sastav zajednice riba (Buj i sur. 2020).

U staništima gdje invazivne i zavičajne vrste dijele resurse koji su ograničeni, može doći do jakih interspecifičnih interakcija poput kompeticije (Gozlan i sur. 2010). Kada su takve interakcije kompeticije osobito intenzivne, a invazivne vrste jak kompetitor, zavičajne vrste mogu u potpunosti biti istisnute iz svoje originalne ekološke niše (Bøhn i sur. 2008; Tran i sur. 2015).

Nakon unosa strane vrste u određeno stanište, jedni od prvih ekoloških utjecaja stranih vrsta odvijaju se kroz interakcije hranjenja s zavičajnim vrstama (Gozlan i sur. 2010; Cucherousset i sur. 2012). Prema ekološkim grupama koje su odredili Buj i sur. (2020), Freyhof i Kottelat (2007), Mustafić i sur. (2020), strane i translocirane vrste koje zauzimaju prehrambeni tip strategije *Invertivor*, *Omnivor*, *Invertivor/Piscivor* poput gambuzije, bezribice i sunčanice koje su ujedno i najbrojnije vrste *Recentnog* razdoblja, crnog somića, grgeča i linjaka, potencijalno su mogle istisnuti zavičajne vrste koje zauzimaju iste niše poput oštrulje, riječne babice i jegulje, a ujedno im je zabilježen pad brojnosti jedinki između dva razdoblja. Također, introducirane vrste koje su piscivori mogu imati ozbiljan predacijski utjecaj nad zavičajnim vrstama (Britton 2022) što je moguće i slučaj sa štukom koja je introducirana u

rijeku Krku. Zabilježene su i kompeticije za staništa za mrijest između stranih i zavičajnih vrsta (Ribeiro i Leunda 2012), tako na primjer babuška može dovesti do istiskivanja zavičajnih vrsta preko kompeticije za staništa za mrijest (Paschos i sur. 2004) koja je ovim istraživanjem i zabilježena u rijeci Krki u *Recentnom* razdoblju. Strane i translocirane vrste koje unutar ekološke grupe *Supstrat za mrijest* zauzimaju ekološku nišu *Fitolitofil* i *Litofil* poput bezribice, sunčanice, crnog somića i grgeča potencijalno su mogli istisnuti zavičajne vrste koje zauzimaju iste niše poput oštrulje, ilirskog i bijelog klena, riječne babice, a ujedno im je zabilježen pad brojnosti jedinki između dva razdoblja. Također, strane i translocirane vrste koje unutar ekološke grupe *Supstrat za mrijest* zauzimaju ekološku nišu *Fitolitofil* i *Fitofil* poput bezribice, crnog somića, grgeča, linjaka, štuke, babuške i šarana potencijalno su mogli istisnuti zavičajne vrste koje zauzimaju iste niše poput visovačkog glavočića kod kojeg je ujedno zabilježen pad brojnosti jedinki između dva razdoblja.

### **5.3. Dužinsko-maseni odnos i Fultonov indeks kod drlje (*Scardinius dergle*)**

U *Recentnom* razdoblju zabilježen je veći raspon izmjerene SL (36 – 173 mm) i mase (0,80 – 159,90 g) u odnosu na izmjerenu SL (73 – 129 mm) i masu (8,50 – 66,70 g) u *Povijesnom* razdoblju te je za navedene parametre između razdoblja utvrđena statistički značajna razlika pri razini pouzdanosti od 95 % ( $p < 0,05$ ). Mogući razlozi za razliku u rasponu SL i mase između razdoblja u ovome istraživanju mogu biti razni: prisutnost parazita može utjecati na prosječnu duljinu i starost riba u populaciji (Poulin 2000); intraspecifična kompeticija (Sandheinrich i Hubert 1984); smanjena dostupnost hrane (Eschmeyer 1937; Linfield 1980; Rask 1983); prisutnost predatora (Blumenshine i sur. 2000); razlika u veličini uzorka. Naime, istraživanje koje su proveli Kritzer i sur. (2001) ukazuje na to da se najveća preciznost prosječne duljine postiže pri broju od 75 jedinki, dok je u ovom istraživanju za parametar SL u *Povijesnom* razdoblju izmjereno 37, a u *Recentnom* 96 jedinki drlja.

U istraživanju koje su proveli Sabolić i sur. (2021) izmjereno je 22 jedinki drlje ulovljenih u listopadu 2010. godine u jezeru Visovac, čiji je raspon SL iznosio 177 – 230 mm čime je zabilježena veća prosječna standardna dužina u odnosu na ovo istraživanje. Također, u istraživanju koje su proveli Valić i sur. (2013), izmjereno je 30 jedinki drlja ulovljenih u razdoblju od 2006. – 2008. godine na više lokacija u rijeci Krki te čiji je raspon SL parametra iznosio 76 – 130 mm, a mase 2,10 – 54,30 g što je vrlo sličan rezultat dobiven sa drljama iz

*Povijesnog* razdoblja u ovome istraživanju. Najvećoj izmjerenoj jedinki u ovom istraživanju totalna dužina iznosila je 210 mm, standardna dužina 173 mm i masa 159,90 g, dok Valić i sur. (2013) u svome istraživanju navode jedinku drlje s totalnom dužinom od 210 mm, standardnom dužinom od 175 mm i masom od 123,70 g kao drlju s najvećom izmjerenom standardnom dužinom dosad.

Drlje analizirane u *Povijesnom* i *Recentnom* razdoblju karakterizirane su pozitivno alometrijskim rastom ( $b > 3$ ) uz visoku korelaciju dužine i mase, što znači da ribe napreduju brže u masi u odnosu na dužinu tijela (Froese 2006), s naglaskom da drlje iz *Recentnog* razdoblja imaju nešto veći koeficijent  $b$  od onih iz *Povijesnog* ( $3,35 > 3,27$ ). Također, prosjek Fultonovog kondicijskog faktora izmjerenih drlja veći je u *Recentnom* razdoblju u odnosu na *Povijesno* ( $3,30 > 2,58$ ). Visoke vrijednosti koeficijenta rasta i Fultonovog kondicijskog faktora potencijalno mogu biti pripisane proljetnom periodu godine u kojem su drlje uzete za analizu uzorkovane i u kojem se mrijeste (Ćaleta i sur. 2015).

Veća zastupljenost drlja u *Recentnom* razdoblju u odnosu na *Povijesno* te veći koeficijent rasta i Fultonovog kondicijskog faktora potencijalno može ukazivati na to da strane i translocirane vrste nisu imale negativan utjecaj kao i na druge zabilježene zavičajne vrste. Otpornost drlja na invazivne vrste i antropogene utjecaje moguće može biti pripisana otpornosti vrste na niske količine kisika i visoke temperature vode (Ćaleta i sur. 2015; Mrakovčić i sur. 2006).

## 6. ZAKLJUČAK

1. Rezultati provedenog istraživanja ukazuju na izrazitu promjenu ihtiozajednice u rijeci Krki u periodu od posljednjih 15 godina u kojem je došlo do pada zastupljenosti zavičajnih vrsta od 81,59 %, a istovremeno do porasta zastupljenosti stranih i translociranih vrsta od 81,62 % u uzorku.
2. U lentičkim sustavima kao što su Brljan, Manastir i Visovac zabilježen je najveći pad zavičajnih i najveći porast stranih i translociranih vrsta na kojeg ukazuju kvalitativna i kvantitativna analiza podataka i analiza u PRIMER programskom paketu.
3. Ekološke grupe stranih i translociranih vrsta za koje je zabilježen porast zastupljenosti između dva razdoblja poklapaju se sa ekološkim grupama zavičajnih vrsta kod kojih je zabilježen pad zastupljenosti između dva razdoblja što ukazuje na kompeticiju i istiskivanje zavičajnih vrsta od strane stranih i translociranih.
4. Usporedba drlja između *Povijesnog* i *Recentnog* razdoblja s postaje Manastir (MAN) iz proljetnog razdoblja ukazuje na bolje stanje i kondiciju drlja uzorkovanih u *Recentnom* razdoblju u odnosu na one iz *Povijesnog* razdoblja.

## 7. LITERATURA

- Abell, R., Thieme, M. L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., Coad, B., Mandrak, N., Balderas, S. C., Bussing, W., Stiassny, M. L. J., Skelton, P., Allen G. R., Unmack, P., Naseka, A., Ng R., Sindorf, N., Robertson, J., Armijo, E., Higgins, J. V., Heibel, T. J., Wikramanayake, E., Olson, D., López, H. L., Reis, R. E., Lundberg, J. G., Sabaj Pérez, M. H., & Petry, P. (2008). Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*, 58(5), 403-414.
- Almeida, D., Merino-Aguirre, R., Vilizzi, L., & Copp, G. H. (2014). Interspecific aggressive behaviour of invasive pumpkinseed *Lepomis gibbosus* in Iberian fresh waters. *PLoS One*, 9(2), e88038.
- Bonacci, O. (1985). Hydrological investigations of Dinaric karst at the Krčić catchment and the river Krka springs (Yugoslavia). *Journal of Hydrology*, 82(3-4), 317-326.
- Bonacci, O. (1987). *Karst Hydrology*. Springer Verlag, Berlin, Germany.
- Bonacci, O. (2009). Karst landscape ecohydrology. In *Proceedings of International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering, Ohrid* (pp. 781-790).
- Bonacci, O. (2015). Karst hydrogeology/hydrology of dinaric chain and isles. *Environmental Earth Sciences*, 74, 37-55.
- Bonacci, O., & Perica, S. (1990). Specifičnosti hidrologije sliva Krke, Ekološke monografije knjiga 2, Zbornik radova sa Simpozija: "NP Krka – stanje i problemi zaštite ekosistema, HED, 85-114, Zagreb.
- Bonacci, O., & Ljubenković, I. (2005). New insights into the Krka river hydrology. *Hrvatske vode*, 13(52), 265-281.
- Bonacci, O., & Andrić, I. (2010). Impact of an inter-basin water transfer and reservoir operation on a karst open streamflow hydrological regime: an example from the Dinaric karst (Croatia). *Hydrological processes*, 24(26), 3852-3863.



- Bonacci, O., JUKIĆ, D., & Ljubenkov, I. (2006). Definition of catchment area in karst: case of the rivers Krčić and Krka, Croatia. *Hydrological Sciences Journal*, 51(4), 682-699.
- Bonacci, O., Andrić, I., & Roje-Bonacci, T. (2017). Hydrological analysis of skradinski Buk tufa waterfall (Krka River, dinaric karst, Croatia). *Environmental Earth Sciences*, 76(19), 669.
- Britton, J. R. (2022). Contemporary perspectives on the ecological impacts of invasive freshwater fishes. *Journal of Fish Biology*.
- Buj, I., Mustafić, P., Marčić, Z., Čaleta, M., Zanella, D., Ivić, L., Raguž, L., & Horvatić, S. (2020). Analiza bioloških metoda ocjene ekološkog stanja za ribe u europskim interkalibracijskim tipovima rijeka panonske i dinaridske ekoregije; Analiza utjecaja okolišnih čimbenika i antropogenih opterećenja na biološke elemente kakvoće. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
- Buj, I., Šanda, R., Marčić, Z., Čaleta, M., & Mrakovčić, M. (2014). Combining morphology and genetics in resolving taxonomy—a systematic revision of spined loaches (genus *Cobitis*; Cypriniformes, Actinopterygii) in the Adriatic watershed. *PLoS One*, 9(6), e99833.
- Buj, I., Čaleta, M., Marčić, Z., Šanda, R., Vukić, J., & Mrakovčić, M. (2015). Different histories, different destinies—impact of evolutionary history and population genetic structure on extinction risk of the Adriatic spined loaches (genus *Cobitis*; Cypriniformes, Actinopterygii). *PLoS One*, 10(7), e0131580.
- Buj, I., Marčić, Z., Čaleta, M., Šanda, R., Geiger, M. F., Freyhof, J., Machordom, A., & Vukić, J. (2017). Ancient connections among the European rivers and watersheds revealed from the evolutionary history of the genus *Telestes* (Actinopterygii; Cypriniformes). *PLoS One*, 12(12), e0187366.
- CEN document (2005). Water quality – Sampling of fish with of fish sampling methods. CEN/TC 230, Ref. No. EN 14757: 2005 E
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). Change in marine communities. An approach to statistical analysis and interpretation, 2, 1-168.

- Cucherousset, J., Bouletreau, S., Martino, A., Roussel, J. M., & Santoul, F. (2012). Using stable isotope analyses to determine the ecological effects of non-native fishes. *Fisheries Management and Ecology*, 19(2), 111-119.
- Cukrov, N., Cmuk, P., Mlakar, M., & Omanović, D. (2008). Spatial distribution of trace metals in the Krka River, Croatia: an example of the self-purification. *Chemosphere*, 72(10), 1559-1566.
- Cukrov, N., Tepić, N., Omanović, D., Lojen, S., Bura-Nakić, E., Vojvodić, V., & Pižeta, I. (2012). Qualitative interpretation of physico-chemical and isotopic parameters in the Krka River (Croatia) assessed by multivariate statistical analysis. *International journal of environmental analytical chemistry*, 92(10), 1187-1199.
- Ćaleta, M., Marčić, Z., Buj, I., Zanella, D., Mustafić, P., Duplić, A., & Horvatić, S. (2019). A Review of Extant Croatian Freshwater Fish and Lampreys. *Croatian Journal of Fisheries*, 77(3) 137-234.
- Ćaleta, M., Buj, I., Mrakovčić, M., Mustafić, P., Zanella, D., Marčić, Z., Duplić, A., Mihinjač, T., & Katavić, I. (2015). *Hrvatske endemske ribe*. Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb.
- Death, R. (2008). Margalef's Index.
- Delorme, A. (2006). *Statistical Methods*.
- Eschmeyer, R. W. (1937). Some characteristics of a population of stunted perch. *Pap. Mich. Acad. Sci. Arts Lett*, 23, 611-631.
- Fedor, P., & Zvaríková, M. (2019). Biodiversity indices. *Encycl. Ecol*, 2, 337-346.
- Filipović Marijić, V., Kapetanović, D., Dragun, Z., Valić, D., Krasnići, N., Redžović, Z., Grgić, I., Žunić, J., Kružlicová, D., Nemeček, P., Ivanković, D., Vardić Smrzlić, I., & Erk, M. (2018). Influence of technological and municipal wastewaters on vulnerable karst riverine system, Krka River in Croatia. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 4715-4727.
- Fisher, R. A., Corbet, A. S., & Williams, C. B. (1943). The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *The Journal of Animal Ecology*, 42-58.

- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. & Van der Laan, R. (2023). Eschmeyers's catalog of fishes: Genera, species, references.
- Friganović, M. (1990). Geografske značajke i vrednote Krke, Ekološke monografije knjiga 2, Zbornik radova sa Simpozija: NP Krka – stanje i problemi zaštite ekosistema, HED, 1-14, Zagreb.
- Fritz, F., Pavičić, A., & Renić, A. (1990). Porijeklo voda u nacionalnom parku Krka, Ekološke monografije knjiga 2, Zbornik radova sa Simpozija: "NP Krka – stanje i problemi zaštite ekosistema, HED, 115-126, Zagreb.
- Freyhof, J., & Kottelat, M. (2007). Handbook of European freshwater fishes.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of applied ichthyology*, 22(4), 241-253.
- Gozlan, R. E., St-Hilaire, S., Feist, S. W., Martin, P., & Kent, M. L. (2005). Disease threat to European fish. *Nature*, 435(7045), 1046-1046.
- Gozlan, R. E., Britton, J. R., Cowx, I., & Copp, G. H. (2010). Current knowledge on non-native freshwater fish introductions. *Journal of fish biology*, 76(4), 751-786.
- Heip, C. H., Herman, P. M., & Soetaert, K. (1998). Indices of diversity and evenness. *Oceanis*, 24(4), 61-88.
- Hutchinson, G. E. (1957). A treatise on limnology. Vol 1: Geography, physics and chemistry. John Wiley & Sons.
- Irena, V. S., Damir, V., Damir, K., Zrinka, D., Emil, G., Helena, Ć., & Emin, T. (2013). Molecular characterisation and infection dynamics of *Dentitruncus truttae* from trout (*Salmo trutta* and *Oncorhynchus mykiss*) in Krka River, Croatia. *Veterinary Parasitology*, 197(3-4), 604-613.
- Jukić, D. (2005). Continuous wavelet transformations and their application on the Krčić River catchment and the Krka River springs. *Croatian Waters* 50, 39–52 (in Croatian).

- Kapetanović, D., Vardić, I., Kurtović, B., Valić, D., & Teskeredžić, E. (2008). Detection of the causative agent of furunculosis, *Aeromonas salmonicida* in salmonids of the Krka River. *Veterinary research communications*, 32, 131-135.
- Kritzer, J. P., Davies, C. R., & Mapstone, B. D. (2001). Characterizing fish populations: effects of sample size and population structure on the precision of demographic parameter estimates. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(8), 1557-1568.
- Kulišić, B. (1986). O pastrvskom ribogojilištu Knin. *Croatian Journal of Fisheries*, 41 (4-5), 100-101.
- Linfield, R. S. J. (1980). Ecological changes in a lake fishery and their effects on a stunted roach *Rutilus rutilus* population. *Journal of Fish Biology*, 16(2), 123-144.
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., & De Poorter M. (2000). 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12pp. First published as special lift-out in *Aliens* 12, December 2000. Updated and reprinted version: November 2004.
- Marčić, Z., Mustafić, P., Zanella, D., Čaleta, M., Buj, I., Mihinjač, T., Mrakovčić, M. (2014). Uneseni predatori u slatkovodnim ihtiozajednicama Jadranskog slijeva. 1. Hrvatski simpozij o invazivnim vrstama.
- Marijić, V. F. (2016). Water Quality and Metal Exposure Assessment in the Krka River, Karstic Phenomenon and National Park in Croatia. In *Proceedings of the 18th International Conference on Heavy Metals in the Environment*.
- McAleece, N., Gage, J. D. G., Lamshead, P. J. D., & Paterson, G. L. J. (1997). *BioDiversity Professional statistics analysis software*.
- Mihinjač, T., Sučić, I., Špelić, I., Vucić, M. & Ješovnik, A. (2019). *Strane vrste slatkovodnih riba u Hrvatskoj*. Zagreb, Ministarstvo okoliša i energetike Republike Hrvatske; Udruga Hyla.

- Mrakovčić, M., Kerovec, M., Mihaljević, Z., Ternjej, I., Mustafić, P., Zanella, D., Čaleta, M., Marčić, Z., Buj, I., Brigić, A., & Mihinjač, T. (2011). Ihtiološka istraživanja na rijeci Krki s ciljem očuvanja ihtiofaune rijeke. Zagreb, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu; Institut Ruđer Bošković (IRB). Elaborat.
- Mrakovčić, M., Brigić, A., Buj, I., Čaleta, M., Mustafić, P. & Zanella, D. (2006). Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Ministarstvo kulture i Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
- Mühlenberg, M., & Bogenrieder, A. (1993). Freilandökologie. Quelle & Meyer.
- Mustafić, P., Buj, I., Zanella, D., Marčić, Z., & Čaleta, M. (2020). Report on the Croatian assessment method for fish in natural lakes in the case where the Intercalibration exercise is not possible (Gap 3). Hrvatske vode.
- Nelson, J. S. (2006). Fishes of the world John Wiley and Sons. Inc., Hoboken, New Jersey.
- Nelson, J. S., Grande, T. C., & Wilson, M. V. (2016). Fishes of the World. John Wiley & Sons.
- Paschos, I., Nathanailides, C., Tsoumani, M., Perdikaris, C., Gouba, E., & Leonardos, I. (2004). Intra and inter-specific mating options for gynogenetic reproduction of *Carassius gibelio* (Bloch, 1783) in Lake Pamvotis (NW Greece). *Belgian Journal of Zoology*, 134(1), 55-60.
- Perica, D., Orešić, D., & Trajbar, S. (2005). Geomorphologic features of the Krka valley and its river basin, with respect to the section from Knin to Bilušić Buk. *Geoadria*, 10(2), 131-156.
- Piria, M., Povž, M., Vilizzi, L., Zanella, D., Simonović, P., & Copp, G. H. (2016). Risk screening of non-native freshwater fishes in Croatia and Slovenia using the Fish Invasiveness Screening Kit. *Fisheries management and ecology*, 23(1), 21-31.
- Piria, M., Simonović, P., Kalogianni, E., Vardakas, L., Koutsikos, N., Zanella, D., Ristovska, M., Apostolou, A., Adrović, A., Mrdak, D., Serhan Tarkan, A., Milošević, D., Zanella, L. N., Bakiu, R., Ekmekçi, F. G., Povž, M., Korro, K., Nikolić, V., Škrijelj, R., Kostov, V., Gregori, A., & Joy, M. K. (2018). Alien freshwater fish species in the Balkans—Vectors and pathways of introduction. *Fish and fisheries*, 19(1), 138-169.

- Plančić J. (1950). Stocking of carp in the Visovac, Mišovica and Imotski lake. *Ribarstvo Jugoslavije* 5(8): 160–161.
- Pofuk, M., Zanella, D., & Piria, M. (2017). An overview of the translocated native and non-native fish species in Croatia: pathways, impacts and management. *Management of Biological Invasions*, 8(3), 425.
- Poulin, R. (2000). Variation in the intraspecific relationship between fish length and intensity of parasitic infection: biological and statistical causes. *Journal of Fish Biology*, 56(1), 123-137.
- Rask, M. (1983). Differences in growth of perch (*Perca fluviatilis* L.) in two small forest lakes. In *Forest Water Ecosystems: Nordic symposium on forest water ecosystems held at Färna, Central Sweden, September 28-October 2, 1981* (pp. 139-143). Springer Netherlands.
- Roje-Bonacci, T., & Bonacci, O. (2013). The possible negative consequences of underground dam and reservoir construction and operation in coastal karst areas: an example of the hydro-electric power plant (HEPP) Ombla near Dubrovnik (Croatia). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(8), 2041-2052.
- Sabolić, M., Buj, I., Čaleta, M., & Marčić, Z. (2021). Morphological diversity and relationships of *Scardinius dergle* and *Scardinius plotizza* populations (Actinopteri; Cypriniformes) from Croatia and Bosnia and Herzegovina. *Journal of Central European Agriculture*, 22(4), 713-734.
- Sandheinrich, M. B., & Hubert, W. A. (1984). Intraspecific resource partitioning by yellow perch (*Perca flavescens*) in a stratified lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41(12), 1745-1752.
- Taler, Z. (1953). Dva slučaja prenosa šarana i linjaka u druge vode. *Croatian Journal of Fisheries*, 8 (5), 110-112.
- Tran, T. N. Q., Jackson, M. C., Sheath, D., Verreycken, H., & Britton, J. R. (2015). Patterns of trophic niche divergence between invasive and native fishes in wild communities are predictable from mesocosm studies. *Journal of Animal Ecology*, 84(4), 1071-1080.

Van der Laan, R., Eschmeyer W. N., & Fricke, R. (2014). Family-group names of Recent fishes. *Zootaxa* 3882 (1), 1–230.

Zanella, D., Čaleta, M., Mustafić, P., Marčić, Z., & Horvatić, S. (2023). Utvrđivanje stanja invazivnih vrsta na širem području NP Krka. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Završno izvješće.

Internetski izvori:

Bioportal (2023). <https://www.bioportal.hr/gis/> (pristupljeno 13.06.2023.).

Crivelli, A.J. (2006). *Aulopyge huegelii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2006: e.T61350A12466288. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T61350A12466288.en>. (pristupljeno 05.08.2023.).

Freyhof, J. & Kottelat, M. (2008). *Scardinius dergle*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008:e.T135544A4141766. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T135544A4141766.en>. (pristupljeno 19.07.2023.).

IUCN Crvena lista ugroženih vrsta (2023). <https://www.iucnredlist.org/> (pristupljeno 23.07.2023.).

Nacionalni park Krka (2023). <https://www.npkrka.hr/hr/prirodna-bastina/geologija/kako-je-sve-pocelo-reljef/895-2/> (pristupljeno 10.06.2023.).

Narodne novine (2013). [https://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013\\_10\\_124\\_2664.html](https://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_10_124_2664.html) (pristupljeno: 23.06.2023.).

Narodne novine (2016). [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016\\_08\\_73\\_1745.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_08_73_1745.html) (pristupljeno: 23.06.2023.).

Viribus (2016). <https://viribus.hr/tag/ribnjak-krcic-knin/> (pristupljeno: 22.08.2023.).

## ŽIVOTOPIS

Rođen sam 4. 11. 1999. godine u Šibeniku gdje sam završio Osnovnu Školu Jurja Šižgorića i Medicinsku školu Šibenik, smjer Farmaceutski tehničar. Nakon završene srednje škole, 2018. godine upisao sam preddiplomski studij Znanosti o okolišu na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na kojem 2021. godine sam stekao zvanje *univ. bacc. oecol.* Zatim na istom fakultetu upisujem diplomski studij Eksperimentalne biologije, modul Zoologija.

Tijekom studija sudjelovao sam u raznim projektima, ponajviše u projektima Udruge studenata biologije – BIUS. Kao voditelj Sekcije za gljive i Sekcije za ribe, organizirao sam i vodio predavanja, terenska istraživanja i pisao izvještaje. Također, bio sam voditelj projekta „Slatkovodna ihtiofauna otoka Krka 2022“, što je uključivalo pisanje projekta, prijavljivanje na natječaje za sufinanciranje projekta, pribavljanje dozvole za rad sa strogo zaštićenim vrstama, nabavu opreme, edukacija i osposobljavanje studenata i terenski rad.

Ostali istraživačko-edukacijski projekti koje je provodila Udruga studenata biologije – BIUS na kojima sam sudjelovao su: „Invazivna ihtiofauna rijeke Čikole“, „Histrina 2022“, „Žumberak 2021“, „Ihtiofauna Zagrebačkih potoka 2021“, „Žumberak 2020“, „Endemi Like 2020“ i „Insula Auri 2019“.

Također, sudjelovao sam i na projektima koje je provodio Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu: istraživačko-edukacijski projekt „ProSPer PMF“, stručni projekti „Istraživanje rasprostranjenosti i stanja populacija ciljnih vrsta riba NP Krka“, „Uklanjanje invazivnih ribljih vrsta u Nacionalnom parku Plitvička jezera“ i „Obnova populacije potočne pastreve“ te popularno-edukacijska manifestacija „Noć biologije 2019“.