

# Promjene u strukturi ihtiofaune akumulacije Butoniga u deset godina istraživanja

---

Debogović, Izabela

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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:217:324020>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-10**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Izabela Debogović

**Promjene u strukturi ihtiofaune akumulacije  
Butoniga u deset godina istraživanja**

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Izabela Debogović

**Structural changes of the Butoniga reservoir  
ichthyofauna during the ten year period**

Master thesis

Zagreb, 2024.

Ovaj rad je izrađen na Zoologijskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom doc.dr.sc. Zorana Marčića. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra struke znanosti o okolišu.

## ZAHVALE

Zahvaljujem se svome mentoru, doc. dr. sc. Zoranu Marčiću, na predloženoj temi diplomskog rada, za svu pomoć i savjete tijekom izrade diplomskog rada i na bezgraničnom strpljenju prilikom ispravljanja mojih grešaka.

Posebno hvala mojoj obitelji , jer mi je bila moralna podrška tijekom izrade diplomskog rada i što me je hrabrila da ne odustanem kada mi je došla žuta minuta.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

## Promjene u strukturi ihtiofaune akumulacije Butoniga u deset godina istraživanja

Izabela Debogović

Ravnice 48, 10000 Zagreb, Hrvatska

Ciljevi ovog istraživanja bili su: odrediti promjene u sastavu ihtiofaune akumulacije Butoniga tijekom desetogodišnjeg razdoblja i odrediti povezanost između sastava ihtiofaune i mutnoće vode. Sastav ihtiofaune odredila sam preko ekoloških grupa te kvalitativnog i kvantitativnog sastava. Prema rezultatima kvalitativnog sastava, 12 vrsta živi u akumulaciji Butoniga. Rezultati kvantitativnog sastava ukazuju na smanjivanje broja jedinki i biomase primorske uklije (*Alburnus arborella* Bonaparte, 1841), šarana (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), babuške (*Carassius gibelio* Bloch, 1782), sunčanice (*Lepomis gibbosus* Linnaeus, 1758) i bijelog klena (*Squalius squalus* Bonaparte, 1837), dok se kod linjaka (*Tinca tinca* Linnaeus, 1758) brojnost smanjila uz povećanje biomase. Kod bodorke (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) i smuđa (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) došlo je do povećanja brojnosti i biomase, dok kod štuke (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) brojnost stagnira uz povećanje biomase. Rezultati analize ekoloških grupa ukazuju na dominaciju vrsta koje žive u vodenom stupcu te fitolitofilnih, omnivornih, euritopnih i alohtonih vrsta. Za ispitivanje povezanosti mutnoće vode i sastava ihtiofaune, koristila sam metodu linearne regresije. Odabrala sam bivarijantni model linearne regresije u kojem je mutnoća vode nezavisna varijabla, a udjeli jedinki fitofilnih, fitolitofilnih, omnivornih i piscivornih vrsta su zavisne varijable. Rezultati dobiveni regresijskom analizom ukazuju na vrlo visoku negativnu korelaciju fitofilnih vrsta, visoku negativnu korelaciju piscivornih vrsta te visoku pozitivnu korelaciju fitolitofilnih i omnivornih vrsta.

Ključne riječi: rijeka Mirna, umjetna jezera, ihtiozajednica, ekološke grupe, mutnoća vode (63 stranice, 55 slika, 2 tablice, 87 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Mentor: doc.dr.sc. Zoran Marčić

Ocjenitelji:

doc. dr. sc. Zoran Marčić

izv. prof. dr. sc. Ivana Buj

doc. dr. sc. Mladen Maradin

prof. dr. sc. Blanka Cvetko Tešović

Zamjena: prof.dr. sc. Nenad Buzjak

Rad prihvaćen: 08.02.2024.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Master thesis

# Structural changes of the Butoniga reservoir ichthyofauna during the ten-year period

Izabela Debogović

Ravnice 48, 10000 Zagreb, Croatia

Aims of this study were to determine the changes of ichthyofauna composition during the ten-year period and to determine the correlation between ichthyofauna composition and water turbidity. I determined the ichthyofauna composition through the qualitative, quantitative, and ecological guilds analysis. The results of qualitative analysis indicate that 12 fish species inhabit the Butoniga reservoir. According to the quantitative analysis results, the biomass and abundance of alborella (*Alburnus arborella* Bonaparte, 1841), common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), gibel carp (*Carassius gibelio* Bloch, 1782), pumpkinseed (*Lepomis gibbosus* Linnaeus, 1758) and Italian chub (*Squalius squalus* Bonaparte, 1837) decreased. At the same time, the biomass of tench (*Tinca tinca* Linnaeus, 1758) while its abundance decreased. Roach (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) and pikeperch (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) increased their biomass and abundance, while the northern pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) only increased its biomass. Ecological guilds analysis results indicate that the fish who live in the water column, phyto-lithophilous, omnivorous, eurytopic and allochthonous species are dominant. I used the linear regression method to determine the correlation between ichthyofauna composition and water turbidity. I chose the bivariate model in which the turbidity is independent variable and proportions of phytophilous, phyto-lithophilous, omnivorous and piscivorous fish are dependent variables. The results of linear regression analysis indicate that the correlation of phytophilous fish proportion is very strong and negative, the correlation of piscivorous fish is strong and negative and the correlation of phyto-lithophilous and omnivorous fish is strong and positive.

Keywords: Mirna River, man-made lakes, ichthyocenosis, ecological guilds, water turbidity  
(63 pages, 55 figures, 2 tables, 87 references, original in: Croatian)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: Asst. Prof. Zoran Marčić, PhD

Reviewers:

Asst. Prof. Zoran Marčić, PhD

Assoc. Prof. Ivana Buj, PhD

Asst. Prof. Mladen Maradin, PhD

Prof. Blanka Cvetko Tešović, PhD

Replacement: Prof. Nenad Buzjak, PhD

Thesis accepted: 08. February 2024.

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
1.1.	Akumulacijska jezera.....	1
1.1.1.	Utjecaj akumulacijskih jezera na ekosustav.....	1
1.1.2.	Akumulacijska jezera u Republici Hrvatskoj.....	2
1.2.	Ekološke grupe .....	3
1.2.1.	Podjela riba prema ekološkim grupama.....	3
1.3.	Biomanipulacija.....	4
1.3.1.	Teorija hranidbene mreže.....	5
1.3.2.	Biomanipulacija u realnim ekosustavima.....	6
1.3.3.	Posljedice biomanipulacije .....	6
1.4.	Ihtiofauna Istre.....	9
1.4.1.	Ihtiofauna porječja rijeke Mirne... ..	10
2.	CILJ ISTRAŽIVANJA.....	23
3.	PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....	24
4.	MATERIJALI I METODE... ..	25
4.1.	Terensko istraživanje.....	26
4.2.	Obrada podataka. ....	26
4.2.1.	Kvalitativni i kvantitativni sastav ihtiofaune .....	26
4.2.2.	Ekološke grupe riba u akumulaciji Butoniga.....	27
4.2.3.	Utjecaj mutnoće vode na sastav ihtiofaune.....	27
5.	REZULTATI.....	29
5.1.	Kvalitativni sastav ihtiofaune.....	29
5.2.	Kvantitativni sastav ihtiofaune.....	30
5.3.	Ekološke grupe riba u akumulaciji Butoniga.....	42
5.3.1.	Kvalitativni sastav .....	42



5.3.2.	Kvantitativni sastav.....	43
5.4.	Utjecaj mutnoće vode na sastav ihtiofaune. ....	46
5.4.1.	Udio jedinki fitofilnih vrsta. ....	46
5.4.2.	Udio jedinki fitolitofilnih vrsta. ....	47
5.4.3.	Udio jedinki omnivornih vrsta. ....	47
5.4.4.	Udio jedinki piscivornih vrsta. ....	48
6.	RASPRAVA. ....	49
6.1.	Kvalitativni i kvantitativni sastav ihtiofaune ....	49
6.2.	Ekološke grupe riba u akumulaciji Butoniga.....	50
6.3.	Utjecaj mutnoće vode na sastav ihtiofaune ....	52
7.	ZAKLJUČAK. ....	54
8.	LITERATURA.....	55

# 1. UVOD

## 1.1. Akumulacijska jezera

Akumulacijska jezera definiraju se kao umjetna vodena tijela u kojima se skuplja zaliha vode tijekom obilnih oborina. Nastaju izgradnjom brana, koje zadržavaju vodu u pogodnim uvalama, dolinama matične rijeke ili njezinih pritoka (Hrvatska enciklopedija 2023). Tako skupljena voda koristi se za vodoopskrbu stanovništva, navodnjavanje, obranu od poplava, proizvodnju električne energije te kao tehnološka voda za potrebe industrije (Habdija i Primc 2019). Ukupni obujam čine korisni obujam, retencijski obujam, čija je uloga preuzimanje veće količine vode i mrtvi obujam, koji čini mulj nakupljen u akumulacijskom jezeru. Postizanje ravnoteže između potrošnje vode u određenom razdoblju i dotoka određuje ukupni obujam (Hrvatska enciklopedija 2023). S obzirom na mjesto izgradnje i namjenu, razlikujemo dva tipa umjetnih jezera: spremnici za vodu u riječnoj dolini i spremnici za vodu na slobodnom prostoru (Riđanović 1993).

### 1.1.1. Utjecaj akumulacijskih jezera na ekosustav

Utjecaj akumulacijskih jezera na ekosustav očituje se preko promjena u hidrološkom režimu, riječnom kontinuitetu i sastavu ihtiofaune (Turgeon i sur. 2019).

Hidrološki režim vode je pokretačka sila slatkovodnih ekosustava koja određuje produktivnost ekosustava, protok tvari i energije, hidrogeološku strukturu te distribuciju i funkciju biote. Promjena prirodnog hidrološkog režima i morfodinamičkih karakteristika vodenog tijela uzrokuje promjene u funkciji akvatičkih ekosustava, njihovoj produktivnosti i bioraznolikosti (Nilsson i sur. 2005).

Ekološke, hidrološke i limnološke značajke akumulacijskih jezera razlikuju se od onih u prirodnim jezerima. Kod umjetnih jezera, ovisno o obliku i veličini, može se razviti longitudinalni hidrološki gradijent od brane (lakustrična zona) prema utoku potoka /rijeke (riječna zona). Između te dvije zone nalazi se prijelazna zona koja ima i lotička i lentička obilježja (Kimmel i Groeger 1984).

Unutar riječne zone akumulacije talože se krupniji sedimenti (šljunak), dok se unutar lakustrične zone talože partikulirana organska tvar (POM) i sitniji sedimenti (pijesak i silt). Promjene u kemijskoj i termalnoj stratifikaciji vodenog stupca nastupaju nakon punjenja akumulacije. Zbog dotoka organske tvari uzvodno od akumulacije, raspadanja te iste

organske tvari i oslobađanja nutijenata iz nje, u akumulaciji se javlja eutrofikacija. Za razliku od rijeka, koje imaju veću sposobnost autopurifikacije, akumulacije su podložnije eutrofikaciji. Eutrofikacija uzrokuje degradaciju kvalitete vode u akumulacijama (acidifikacija, termalni stres, niže koncentracije otopljenog kisika), a najviše su pogođeni slojevi vode koji su u kontaktu sa sedimentom. Ovisno o karakteristikama akumulacije, taloženje i raspadanje organske tvari može uzrokovati nastanak anoksičnog sedimenta i anoksičnih slojeva vode, dok stratifikacija vodenog stupca dovodi do promjena u hranidbenoj mreži i produktivnosti (Agostinho i sur. 2008).

Uz umjetne akumulacije se često nalaze i nasipi koji prekidaju kontakt između akumulacije i poplavne ravnice. Posljedice su smanjena mogućnost rekolonizacije akumulacije i smanjena ili onemogućena komunikacija površinske i podzemne vode. Novonastali ekosustav koloniziraju one vrste riba koje se mogu prilagoditi promijenjenom staništu, a to su euritopne i limnofilne vrste. Zbog promjene ekosustava iz lotičkog u lentički, gubitka staništa za mrijest i fragmentacije staništa, migratorne i reofilne autohtone vrste nestaju, a euritopne i limnofilne vrste ih zamjenjuju i počinju dominirati u akumulacijama (Zhong i Power 1996). U takvim okolnostima, autohtone vrste obitavaju u područjima gdje su prisutne karakteristike lotičkog ekosustava ili u područjima gdje je heterogenost staništa relativno visoka (ušća potoka i rijeka i područje uzvodno od njih) (Jungwirth i sur. 2003).

Za razliku od prirodnih jezera, akumulacije su degradirana staništa i kao takva su podložna kolonizaciji alohtonih vrsta. Nakon introdukcije, alohtone vrste ulaze u kompeticiju za stanište i hranu s autohtonim vrstama, a mogu povećati i predatorski pritisak na autohtone vrste (Franssen i Tobler 2013).

### **1.1.2. Akumulacijska jezera u Republici Hrvatskoj**

U hidrografskoj mreži Hrvatske, tijekom dvadesetog stoljeća, izgrađeno je mnogo umjetnih jezera radi zaštite od bujičnih i erozijskih voda, za navodnjavanje te kao akumulacijski sustavi vodoopskrbnih postrojenja i hidroelektrana. Najpoznatija akumulacijska jezera u Republici Hrvatskoj su : Bajer, Butoniga, Čakovec, Dubrava, Đale, Gusić, Kruščica, Lepenica, Letaj, Lokvarka, Opsenica, Peruća, Ponikve, Prančevići, Ričice, Sabljaci, Štikada i Varaždin (Habdija i Primc 2019).

## 1.2. Ekološke grupe

Američki ekolog Richard Root bio je prvi znanstvenik koji je 1967. godine predložio koncept ekološke grupe. U autekološkom istraživanju sive mušičarke (*Poliopitila caerulea* Linnaeus, 1766) definirao je ekološku grupu kao skupinu vrsta koje na sličan način koriste istu skupinu resursa iz okoliša. Grupa obuhvaća sve vrste čiji se zahtjevi za resursima značajno preklapaju bez obzira na taksonomski položaj (Root 1967). Rootov koncept doživio je revidiranje te je nekoliko autora predložilo da se iz njegove definicije ukloni dio „na sličan način“. Prema novoj definiciji, vrste u ekološkoj grupi mogu se taksonomski značajno razlikovati. Tako se, bez obzira na prehrambene strategije, unutar skupine insektivora mogu naći sisavci, ptice, žabe, pauci i mravi (MacMahon i sur. 1981; Kornan i Adamik 2007).

Kryzhanovsky je (1948) bio prvi znanstvenik koji je grupirao ribe prema preferirajućem staništu. Balon (1975, 1990) je razvrstao ribe u reproduktivne grupe, a Bain i sur. (1988) te Leonard i Orth (1988) podijelili su ribe u grupe s obzirom na njihove hidrološke zahtjeve.

Koncept ekoloških grupa često se koristi u suvremenim ihtiološkim istraživanjima, a svoju primjenu nalazi i u zaštiti prirode, zbog toga što se preko ekoloških grupa mogu dobiti važne informacije o kvaliteti staništa. Metoda podjele riba prema ekološkim grupama koristi se i za procjenu funkcionalnosti i ekološkog integriteta riječnih ekosustava (Aarts i Nienhuis 2003).

### 1.2.1. Podjela riba prema ekološkim grupama

#### Prehrambene grupe

S obzirom na vrstu hrane koju konzumiraju, postoji sedam kategorija prehrambenih grupa (Allan 1995; Buj i sur. 2020): invertivori/insektivori, piscivori, detritivori, planktivori, omnivori, herbivori i bentivori.

#### Stanišne grupe

Ribe se prema ekološkim zahtjevima dijele na reofilne (cijeli svoj životni vijek ili određeni stadiji provode u tekućoj vodi), limnofilne (cijeli svoj životni vijek ili određeni stadiji provode u stajaćicama ili slabo tekućoj vodi) i euritopne (žive u tekućicama i stajaćicama) (Aarts i Nienhuis 2003; Buj i sur. 2020). Schiemer i Waidbacher (1992) podijelili su reofilne vrste na reofilne A (svi razvojni stadiji žive u tekućoj vodi) i reofilne B (određeni razvojni stadiji žive u pritokama i rukavcima glavnih rijeka). Prema hidrološkim zahtjevima, ribe dijelimo na: limnofilne, oligoreofilne, reofilne i indiferentne (Buj i sur. 2020). Prema preferirajućim

staništu (odnosi se na to gdje se ribe hrane i gdje žive), ribe dijelimo na pelagičke, demerzalne i pridnene vrste (Allan 1995).

#### Reproduktivne grupe

Unutar reproduktivnih grupa, ribe se dijele prema ponašanju tijekom mrijesta, prema načinu mrijesta i vrsti supstrata te prema broju jaja izbačenih tijekom mrijesta (Balon 1981; Buj i sur. 2020). Prema ponašanju tijekom mrijesta ribe se dijele na one koje čuvaju mrijest i one koje ne čuvaju mrijest. S obzirom na način mrijesta, postoje ribe koje grade gnijezdo, skrivaju mrijest ili se gnijezde na otvorenom supstratu. Prema vrsti supstrata postoje: speleofili, ariadnofili, ostrakofili, polifili, pelagofili, litofili, fitofili, fitolitofili i litopelagofili (Buj i sur 2020).

#### Veličinske grupe

Veličina vrsta vrlo je često povezana s njihovom dugovječnošću, ali to nije univerzalno pravilo. Unutar ove grupe postoje: velike, srednje i male ribe (Buj i sur. 2020).

#### Grupe dugovječnosti

S obzirom na duljinu života, ribe se dijele na: dugoživuće, srednježivuće i kratkoživuće (Buj i sur. 2020).

#### Temperaturne grupe

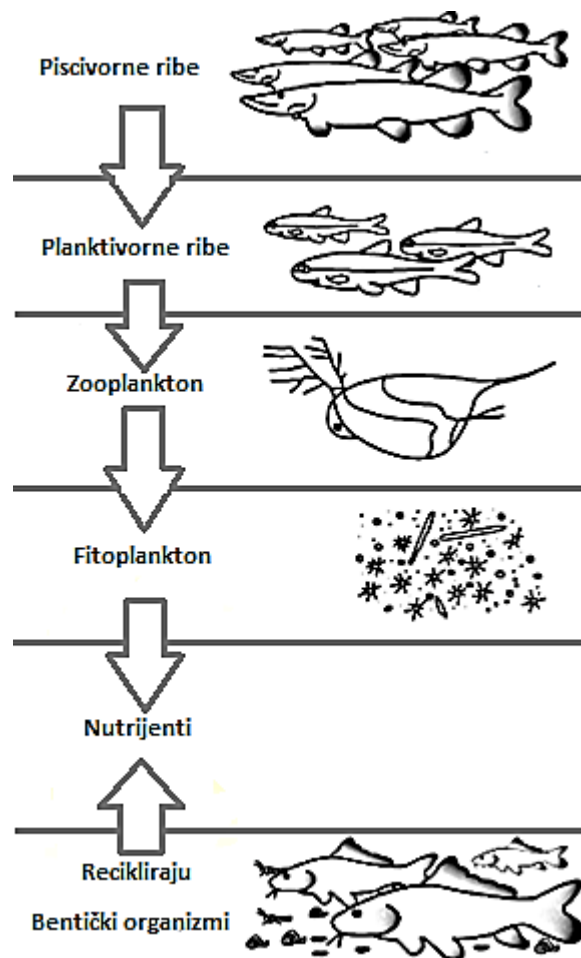
Ribe se, prema temperaturi na kojoj započinje reproduktivna aktivnost i mrijest, dijele na: toplovodne, hladnovodne i srednjetoplovodne vrste (Buj i sur. 2020).

### **1.3. Biomanipulacija**

Manipulacija jezerske biocenoze, s ciljem poboljšanja kvalitete vode, naziva se biomanipulacija, a temelji se na teoriji hranidbene mreže. Reduciranje biomasealgi u eutrofnim jezerima glavni je cilj biomanipulacije (Perrow i sur. 1997). Ovom metodom nastoji se smanjiti brojnost planktivornih i bentivornih riba i to tako da se u jezero unesu piscivorne ribe ili se provodi izlov planktivornih i bentivornih riba. Ako se pritisak zooplanktona na alge poveća, a brojnost planktivornih i bentivornih riba smanji, tada se može reći da je biomanipulacija uspješno provedena. U slučaju uspješno provedene biomanipulacije, prozirnost vode se povećava, a učestalost cvjetanja algi se smanjuje (Carpenter i sur. 1985; Hansson i Brönmark 2017).

### 1.3.1. Teorija hranidbene mreže

Prema teoriji hranidbene mreže, piscivorne ribe hrane se planktivornim ribama, planktivorne ribe hrane se zooplanktonom, a zooplankton se hrani fitoplanktonom (Slika 1). U eutrofnim jezerima, u hranidbeni lanac dopijeva višak nutrijenata koji uzrokuje brzi rast biomase fitoplanktona (Reynolds 1994). Taj bi brzi rast trebao, u teoriji, pozitivno djelovati na sve trofičke razine u hranidbenom lancu. U jezerskim ekosustavima, situacija nije tako jednostavna, jer su piscivorne ribe većinom vizualni predatori. Kako voda postaje mutna i poprima zelenu boju, njihova učinkovitost kao predatora se smanjuje i više nisu u mogućnosti regulirati brojnost planktivornih riba (Hansson i sur. 1998). Zbog smanjenog predatorskog pritiska (engl. *predator-prey pressure*) piscivornih riba, njihova brojnost opada, planktivorne ribe postaju dominantne i pojačavaju predatorski pritisak na krupniji, algivorni zooplankton (Carpenter i sur. 1985).



Slika 1. Hranidbeni lanac u jezerima (preuzeto i prilagođeno iz [https://waterontheweb.org/under/lakeecology/11\\_foodweb.html](https://waterontheweb.org/under/lakeecology/11_foodweb.html))

Prema onome što predviđa teorija hranidbene mreže, unošenje piscivornih riba i/ili uklanjanje planktivornih riba trebalo bi dovesti do smanjenja predatorskog pritiska planktivornih riba na zooplankton, povećanja pritiska ispaše krupnijeg, algivornog zooplanktona na fitoplankton i povećanja prozirnosti vode (Horpilla i sur. 1998).

### **1.3.2. Biomanipulacija u realnim ekosustavima**

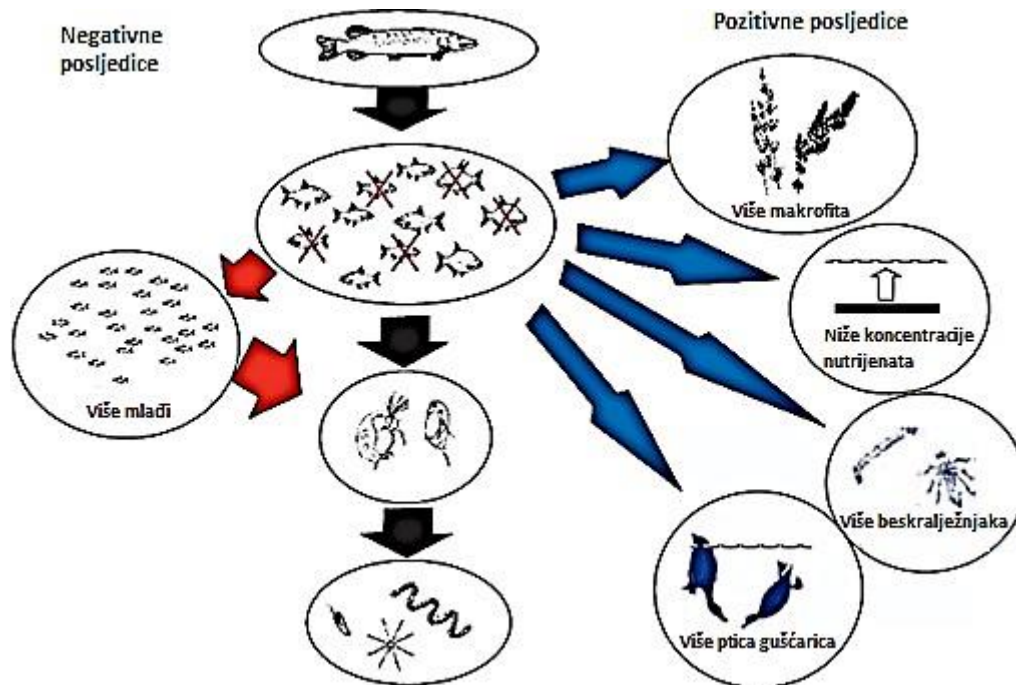
Teorija hranidbene mreže primjenjuje se u restauraciji eutrofnih jezera i sprječavanju cvjetanja algi koje se učestalo pojavljuje u eutrofnim jezerima. Rezultati istraživanja prvih biomanipulacija ukazali su na to da procesi predviđeni teorijom hranidbene mreže nisu jedini procesi koji se događaju tijekom biomanipulacije (Hosper i Meijer 1993). Unošenje piscivornih riba i/ili uklanjanje planktivornih riba utječe na niže trofičke razine, ali ne nužno na način koji predviđa teorija hranidbene mreže (Carpenter i sur. 1985). Rezultati dobiveni istraživanjem plitkih jezera ukazali su na važnost procesa koje hranidbena mreža ne predviđa, a ti procesi su pojačano novačenje mlađi i promjena načina prehrane planktivornih riba (Perrow i sur. 1997; Hansson i Brönmark 2010).

U jezero Ringsjön (Švedska) proveden je izlov planktivornih i bentivornih riba u razdoblju od 1988. do 1992. godine. Izlov je proveden pomoću dvaju brodova između kojih je razapeta mreža. Nakon izlova, piscivorne ribe su vraćene u jezero, dok su planktivorne i bentivorne ribe uklonjene iz jezera. Nakon provedene biomanipulacije, uočeno je da se povećala prozirnost vode, brojnost bentičkih beskralježnjaka i ptica gušćarica, ali je također primijećeno i pojačano novačenje mlađi te izostanak ekspanzije submerznih makrofita (Hansson i Bergman 2013).

Potrebno je naglasiti da se u jezerima, koja su prošla biomanipulaciju, često smanjuje brojnost krupnijeg, algivornog zooplanktona te se ponovno javlja cvjetanje algi. Time se želi reći da su pozitivni učinci biomanipulacije često kratkotrajni te da je, kroz dulji vremenski period, teško održavati jezero u restauriranom stanju (Søndergaard i sur. 2007).

### **1.3.3. Posljedice biomanipulacije**

Posljedice biomanipulacije mogu biti pozitivne i negativne (Slika 2). Pozitivne posljedice su: povećanje brojnosti vodenih beskralježnjaka i ptica gušćarica (lat. Anseriformes), smanjivanje koncentracije nutrijenata i ekspanzija submerznih makrofita, a negativne posljedice su: pojačano novačenje mlađi i promjena načina prehrane planktivornih riba (Hansson i Brönmark 2010).



**Slika 2.** Posljedice biomanipulacije (preuzeto i prilagođeno iz Hansson i Brönmark 2010)

### Pojačano novačenje mlađi

Kako se tijekom biomanipulacije brojnost ciprinidnih vrsta smanjuje, tako se istovremeno pojačava novačenje jednogodišnje mlađi i povećava se predatorski pritisak na zooplankton (Hairston i sur. 1960). Kako mlađ brzo raste tako izlučuje i mobilizira velike količine nutrijenata. Pojačano novačenje mlađi, koja se hrani zooplanktonom, dovodi u pitanje uspješnost biomanipulacije (Søndergaard i sur. 2007). Jednu do četiri godine nakon biomanipulacije primijećeno je pojačano novačenje mlađi, a mlađ se hrani krupnijim, algivornim zooplanktonom i tako smanjuje njihovu brojnost (Shapiro i Wright 1984).

Kada se planira biomanipulacija, visoki reproduktivni potencijal riba predstavlja problem koji se mora uzeti u obzir. Rješenja za ovaj problem su unošenje piscivornih riba u jezero, uništavanje ikre i pojačani izlov nepoželjnih riba (Hosper i Meijer 1993; Moss i sur. 2004).

### Promjena načina prehrane planktivornih riba

Teorija hranidbene mreže uzima u obzir samo pelagičke procese (planktivorne ribe hrane se zooplanktonom, a zooplankton fitoplanktonom), a utjecaj bentivornih riba često se zanemaruje. Bentivorne ribe, kao što su deverika (*Abramis brama* (Linnaeus, 1758)) i šaran (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), traže hranu tako da ruju po sedimentu (Hansson i sur. 1998;



Hansson i Brönmark 2010). Resuspenzija sedimenta, koju uzrokuje način hranjenja bentivornih riba, smanjuje prozirnost vode i učinkovitost štuke (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) kao vizualnog predatora (Horppila i sur. 1998).

U slučaju smanjene brojnosti zooplanktona, planktivorne ribe mogu se hraniti bentičkim beskralježnjacima. Bioturbacija i resuspenzija sedimenta, koje uzrokuje promjena u načinu prehrane planktivornih riba, rezultiraju povećanim internim dotokom nutrijenata čime fitoplankton dobiva dodatan izvor hrane (Horppila i sur. 1998 ; Moss i sur. 2004). Zbog toga se, osim izlova planktivornih riba, provodi i izlov bentivornih riba (Meijer i sur. 1994).

#### Ekspanzija submerznih makrofita

Nakon uspješno provedene biomanipulacije, smanjuje se brojnost fitoplanktona, a povećava se pokrovnost jezerskog dna submerznim makrofitima. Razlozi koji mogu objasniti ekspanziju submerznih makrofita nakon uspješne biomanipulacije su: algivorni zooplankton regulira brojnost fitoplanktona i održava vodu prozirkom čime do makrofita dopire veća količina sunčeve svjetlosti, a disturbancija sedimenta je manja zbog smanjene brojnosti bentivornih riba (Hansson i Brönmark 2010). Osim toga, makrofiti i njihove perifitonske alge tijekom ljetnih mjeseci apsorbiraju veće količine nutrijenata od fitoplanktona i svojim korijenjem stabiliziraju sediment, a krupniji zooplankton koristi makrofite kao zaklon kako bi izbjegli predaciju planktivornih riba (Hilt i sur. 2006).

#### Smanjivanje koncentracije nutrijenata

Kada je koncentracija nutrijenata niska, ihtiofaunom dominiraju piscivorne ribe, razvijene su zajednice submerznih makrofita, a voda je prozirna. Kako koncentracija nutrijenata raste, pokrovnost dna submerznim makrofitima se smanjuje, a planktivorne ribe i fitoplankton postaju dominantni u jezeru (Gulati i van Donk 2002; Moss i sur. 2004).

Za trajno održavanje pozitivnih učinaka biomanipulacije, potrebno je paziti da koncentracija fosfora bude manja od  $100 \mu\text{gL}^{-1}$ . Uspješnu biomanipulaciju moguće je provesti i pri višim koncentracijama fosfora, zato što se, makar privremeno, koncentracija fosfora u vodi smanji (Søndergaard i sur. 2007).

Smanjivanje brojnosti bentivornih riba, apsorpcija fosfora od submerznim makrofitima i smanjivanje internog dotoka nurtijenata su procesi čije kombinirano djelovanje uzrokuje opadanje koncentracije fosfora (Meijer i sur. 1993; Moss i sur. 2004).

#### Povećanje brojnosti bentičkih beskralježnjaka i ptica gušćarica

Smanjivanjem brojnosti bentivornih riba, a time i njihove aktivnosti, brojnost bentičkih beskralježnjaka se povećava. Povećanju brojnosti bentičkih beskralježnjaka doprinosi i ekspanzija submerznih makrofita (Shapiro i Wright 1984; Perrow i sur. 1997). Brojnost submerznih makrofita i bentičkih beskralježnjaka raste nakon biomanipulacije, a oni su izvor hrane za ptice gušćarice (Hansson i sur. 1998). Jezera zahvaćena prethodno navedenim promjenama prelaze iz stanja kojeg karakterizira cvjetanje algi i dominacija planktivornih riba u jezero kojeg karakterizira bistra voda, brojne populacije ptica gušćarica i dobro strukturirane livade submerznih makrofita, a povećava se i rekreativna vrijednost jezera (Meijer i sur. 1994; Søndergaard i sur. 2007).

## **1.4. Ihtiofauna Istre**

Prema dosadašnjim istraživanjima (Leiner i sur. 1995; Mustafić i sur. 2018; Čaleta i sur. 2019) 21 vrsta slatkovodnih riba naseljava istarske rijeke (Dragonja, Mirna, Pazinčica i Raša) i njihove pritoke.

Endemske vrste riba su: primorska uklija (*Alburnus arborella* (Bonaparte, 1841)) mren (*Barbus plebejus* Bonaparte, 1839), glavočić vodenjak (*Knipowitschia panizzae* (Verga, 1841)), slatkovodni glavočić (*Padogobius bonelli* (Bonaparte, 1846)), glavočić crnotrus (*Ninnigobius canestrini* (Ninni, 1883)), talijanska krkuša (*Romanogobio benacensis* (Pollini, 1816)) i masnica (*Rutilus aula* (Bonaparte, 1841)) (Leiner i sur. 1995; Čaleta i sur. 2019).

Jegulja (*Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)), bijeli klen (*Squalius squalus* (Bonaparte, 1837)) i koljuška (*Gastrosteus aculeatus* Linnaeus, 1758) su autohtone vrste, dok su babuška (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)), šaran (*Cyprinus carpio*), štika (*Esox lucius*), gambuzija (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859), dunavska krkuša (*Gobio obtusirostris* Valenciennes, 1842), sunčanica (*Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758)), grgeč (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758), bodorka (*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)), smuđ (*Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758)) i linjak (*Tinca tinca* (Linnaeus, 1758)) strane vrste u istarskim vodotocima (Čaleta i sur. 2019; Buj i sur. 2021).

Relativno siromaštvo Istre trajnim vodotocima, regulacija rijeka i dugotrajno onečišćenje rijeka antropogenim djelovanjem za posljedicu imaju relativno mali broj riba koje nastanjuju istarske rijeke (Mrakovčić i sur. 2006; Čaleta i sur. 2015). Kod antropogenog djelovanja ističu se točkasti izvori onečišćenja, kao što su industrija i urbana središta. Posljedice regulacije rijeka i njihovog onečišćenja uslijed antropogenog djelovanja su promjene u temperaturi, količini i razini vode, koncentraciji otopljenog kisika te brzini strujanja, a zbog tih promjena u ljetnim mjesecima dolazi do pomora riba (Mrakovčić i sur. 2006). Riba unesene iz dunavskog slijeva i/ili drugih dijelova svijeta utjecale su na promjenu sastava ihtiofaune i time predstavljaju dodatan problem za autohtonu ihtiofaunu (Mrakovčić i sur. 2006; Čaleta i sur. 2015).

#### **1.4.1. Ihtiofauna porječja rijeke Mirne**

##### Primorska uklija (*Alburnus arborella*)

Primorska uklija nastanjuje rijeke i jezera u Sloveniji (Soča), sjevernoj i južnoj Italiji (Tirenski bazen u porječju rijeke Arno) i Hrvatskoj (Baćinska jezera, Modro oko, akumulacija Butoniga, Krka, Mirna, Neretva i Zrmanja) (Mrakovčić i sur. 2006; Kottelat i Freyhof 2007). Unesena je vrsta u porječjima Ombrone i Tibera (Italija) i u Ričici (Hrvatska) (Kottelat i Freyhof 2007).

Primorska uklija (Slika 3) postaje spolno zrela u prvoj ili drugoj godini života, a mrijesti se jedanput godišnje od svibnja do kolovoza, kada je temperatura vode viša od 15°C (Kottelat i Freyhof 2007). Za mrijest treba plitku vodu s pjeskovitim ili šljunkovitim dnom i razvijenom vodenom vegetacijom na koju ženke odlažu jaja (Mrakovčić i sur. 2006). Hrane se kukcima, koje pronalaze na površini vode, ličinkama kukaca i drugim beskralježnjacima te zooplanktonom (Mrakovčić i sur. 2006; Kottelat i Freyhof 2007). Žive u vodenom stupcu jezera, rijeka, potoka i stajaćica, a najčešće ih se može naći u površinskim slojevima (Kottelat i Freyhof 2007).



**Slika 3.** Primorska uklija (Autor: Stefano Porcellotti)

### Jegulja (*Anguilla anguilla*)

Jegulja nastanjuje Atlantski ocean i njegovu obalu od Skandinavije do Maroka, Crno, Sredozemno i Baltičko more te pripadajuće sljevove (Rochard i Elie 1994). U Hrvatskoj je široko rasprostranjena u jadranskom slijevu, dok je u dunavskom slijevu rijetka vrsta (Ćaleta i sur. 2019).

Mužjaci postaju spolno zreli između pete i osme godine života, a ženke od dvanaeste godine naviše. Jegulja (Slika 4) se mrijesti od ožujka do srpnja. Mrijest se odvija u Sargaškom moru na 300 do 700m dubine, a nakon mrijesta odrasle jedinke ugibaju. Hrani se sitnom ribom i bentičkim beskralježnjacima. Živi na dnu obalnog područja velikih jezera, rijeka i manjih potoka. Prirodno stanište su joj samo ona vodena tijela koja su povezana s morem (Rochard i Elie 1994; Kottelat i Freyhof 2007).



**Slika 4.** Jegulja (Autor: Perica Mustafić)

### Mren (*Barbus plebejus*)

Mren živi u rijekama jadranskog slijeva Hrvatske (Dragonja, Mirna, Pazinčica, Raša, Zrmanja i Krka), sjeverne Italije, Švicarske i Slovenije (Mrakovčić i sur. 2006; Ćaleta i sur. 2015).

Mužjaci postaju spolno zreli u drugoj ili trećoj godini života, a ženke u četvrtoj ili petoj. Mren (Slika 5) se mrijesti jedanput godišnje od travnja do kolovoza, a najčešće tijekom svibnja i lipnja. Za mrijest treba pjeskovito ili muljevito dno, a ženka polaže jaja u udubljenje koje je iskopao mužjak (Ćaleta i sur. 2015). Hrani se uginulim kralježnjacima, detritusom, ličinkama riba i beskralježnjacima (ličinke kukaca, maločetinaši i račići) koji su mu glavna hrana. Živi uz dno gornjih i srednjih tokova rijeka gdje je prisutno turbulentno strujanje vode (Ćaleta i sur. 2015).



**Slika 5.** Mren (Autor: Perica Mustafić)

Babuška (*Carassius gibelio*)

Prirodno područje rasprostranjenosti babuške proteže se od rijeke Amur do porječja rijeke Pearl, a uključuje Koreju i Tajvan. Strana je vrsta u drugim dijelovima Azije, Europi i Sjevernoj Americi gdje je uspostavila stabilne populacije (Mihinjač i sur. 2019).

Babuška (Slika 6) postaje spolno zrela u prvoj ili drugoj godini života. Mrijesti se jedanput godišnje od lipnja do srpnja (Kottelat i Freyhof 2007). Za mrijest treba plitku, toplu vodu s razvijenom vodenom vegetacijom (Mihinjač i sur. 2019). Hrani se bentičkim beskralježnjacima, biljnim materijalom, detritusom i planktonom (Mihinjač i sur. 2019; Buj i sur. 2021). Živi uz dno donjih tokova rijeka i stajaćica, najčešće su to poplavna područja ili područja s razvijenom podvodnom vegetacijom (Kottelat i Freyhof 2007; Mihinjač i sur. 2019). Babuška je inženjer okoliša tj. njezino kopanje po dnu i hranjenje vodenim biljem mijenja izgled staništa što dovodi do smanjenja brojnosti autohtonih vrsta i povećava trofiju. U kompeticiji je sa šaranom za hranu i prostor, a prenosi patogene i zoonoze. Mogu hibridizirati sa šaranom i karasom i na taj način smanjuju njihovu gensku raznolikost. Hibridi izgledom nalikuju na roditeljske vrste, mogu se razmnožavati i davati plodno potomstvo (Mihinjač i sur. 2019).



**Slika 6.** Babuška (foto: Perica Mustafić)

### Šaran (*Cyprinus carpio*)

Šaran nastanjuje područje Kine, jugoistočne Azije, Sibira i Europe. U doba Rimljana šaran je introduciran u Europu, a od srednjeg vijeka nastanjuje cijelu Europu. U Americi je prisutan od prve polovice 19. stoljeća, a od 60-tih godina 20. stoljeća i u Australiji (Mrakovčić i sur. 2006). U Hrvatskoj je prisutan u akumulacijama, jezerima i rijekama dunavskog i jadranskog slijeva (Ćaleta i sur. 2019).

Šaran (Slika 7) postaje spolno zreo u trećoj ili četvrtoj godini života. Mrijesti se jedanput ili dvaput godišnje, od svibnja do lipnja, kada je temperatura vode viša od 18 °C. Za mrijest su mu potrebni mirni dijelovi rijeka ili plitka voda u poplavnoj zoni te razvijena vodena vegetacija. Hrane se algama, bentičkim beskralježnjacima (ličinke kukaca, mekušci, odrasli kukci i račići), biljnim materijalom, detritusom i sitnom ribom. Šarani se hrane tako da ruju po dnu što doprinosi povećanju mutnoće vode i trofije. Šaran živi uz muljevito ili pjeskovito dno sporotekućih voda ili toplijih stajaćica u kojima je prisutna gusta vodena vegetacija (Mrakovčić i sur. 2006; Kottelat i Freyhof 2007).



**Slika 7.** Šaran (Autor: Perica Mustafić)

### Štuka (*Esox lucius*)

Prirodno područje rasprostranjenosti uključuje Europu, Aziju i Sjevernu Ameriku (Kottelat i Freyhof 2007). U Hrvatskoj je autohtona vrsta u dunavskom slijevu, dok je u jadranskom slijevu (unesena je u rijeke Cetinu, Gacku, Liku, Mirnu i Neretvu, Vransko jezero kod Biograda na Moru, Vransko jezero na Cresu i u jezero Ponikve na otoku Krku) strana vrsta (Ćaleta i sur. 2019).

Štuka (slika 9) postaje spolno zrela između prve i treće godine života. Mrijesti se jedanput godišnje, u ožujku, kada je temperatura vode 6 do 8 °C. Za mrijest treba poplavno područje s razvijenom vodenom vegetacijom (Kottelat i Freyhof 2007). Prema načinu prehrane je piscivor (Buj i sur. 2021). Hrani se uglavnom ribama, ali će pojesti i žabe i rakove, a raširen je i kanibalizam (Page i Burr 2011). Živi u vodenom stupcu velikih i manjih rijeka, rukavaca i jezera s razvijenom vodenom vegetacijom. Mogu se naći i u brakičnim vodama sjevernog dijela Baltičkog bazena (Kottelat i Freyhof 2007).



**Slika 8.** Štuka (Autor: Perica Mustafić)

#### Gambuzija (*Gambusia holbrooki*)

Prirodno područje rasprostranjenosti gambuzije proteže se od porječja rijeke Delavare do Floride i Alabame u Sjevernoj Americi . Unesena je na sve kontinente, osim Antarktike (Mihinjač i sur. 2019). U Hrvatskoj je prisutna u jezeru Savica (Zagreb, porječje rijeke Save), dok je u jadranskom slijevu prisutna u akumulacijama, jezerima, lokvama i rijekama (Ćaleta i sur. 2019).

Gambuzija (Slika 9) postaje spolno s 4 do 6 tjedana zrela što znači da jedna jedinka tijekom godine može imati 1 do 4 generacije potomaka. Razmnožavanje počine u travnju i traje do listopada. Ženke su ovoviviparne (živorodne). Prestaje se razmnožavati kada se temperatura vode spusti ispod 18 °C. Hranu uzima ispod površine ili u gornjim slojevima vode. Agresivno se ponaša kod hranjenja te zbog toga ulazi u kompeticiju za hranu i stanište s autohtonim vrstama. Hrani se vodenim beskralježnjacima, ličinkama vodozemaca, ribljim jajima i mlađi čime uzrokuje opadanje brojnosti autohtonih vrsta. Napada druge ribe i grize im peraje te ih na taj način izlaže bolestima. Nastanjuje jezera, lokve i rukavce s razvijenom vodenom vegetacijom i sporotekuće vode. Živi u gornjim slojevima vode. Ako je stanište zagađeno, tada uzima kisik iz gornjih slojeva vode (Mihinjač i sur. 2019).



**Slika 9.** Gambuzija (Autor: Milorad Mrakovčić)

Koljuška (*Gastrosteus aculeatus*)

Prirodno područje rasprostranjenosti obuhvaća Iran, sjever Japana, Beringovo more obale Sjevernog mora uz Škotsku i Skandinaviju, jugoistočnu obalu Baltičkog mora, obalu Crnog mora, južnu obalu Kaspijskog jezera, sjeverni Atlantik od zaljeva Chesapeake do Baffina i Hudsona, Pirinejski poluotok (Mrakovčić i sur. 2006; Kottelat i Freyhof 2007). U Hrvatskoj je autohtona vrsta u jadranskom slijevu (rijeke Krka, Mirna, Neretva i njihovi pritoci, Baćinska jezera, Bokanjačko blato i Vransko jezero kod Biograda na Moru), dok je u crnomorskom slijevu (rijeke Drava i Mura) strana vrsta (Ćaleta i sur. 2019).

Koljuška (slika 10) postaje spolno zrela u prvoj godini života. Mrijesti se jedanput godišnje, od ožujka do lipnja, a temperatura vode i fotoperiod određuju početak mrijesta. Na mjesto mrijesta prvi dolazi mužjak i agresivno brani zauzeti teritorij. Na zauzetom teritoriju iskopava plitko udubljenje i gradi okruglo gnijezdo od sakupljenog biljnog materijala kojeg lijepi pomoću bubrežastih izlučevina (Mrakovčić i sur. 2006). Hrani se manjom ribom, kukcima, račićima i trzalcima. Slatkovodne jedinke žive u vodenom stupcu stajaćih voda i velikih rijeka s muljevitim ili pješčanim dnom, vodotocima s dobrim protokom vode i gustom vodenom vegetacijom, dok se morske jedinke zadržavaju u obalnim dijelovima mora (Mrakovčić i sur. 2006; Kottelat i Freyhof 2007).





**Slika 10.** Koljuška (Autor: Perica Mustafić)

Dunavska krkuša (*Gobio obtusirostris*)

Dunavska je krkuša rasprostranjena u gornjem i srednjem dijelu dunavskog slijeva (Ćaleta i sur. 2015). U Hrvatskoj je autohtona vrsta u Dravi, Kupi, Savi i njihovim pritocima, dok je u jadranskom slijevu (introducirana je u Mirnu, Otuču i Ričicu) stana vrsta (Ćaleta i sur. 2019).

Dunavska krkuša (Slika 11) postaje spolno zrela u drugoj ili trećoj godini života. Mrijesti se nekoliko puta godišnje od travnja do lipnja. Za mrijest treba kamenito ili pješčano dno ili vegetaciju (Kottelat i Freyhof 2007). Hrani se jajima drugih riba, biljnim materijalom, detritusom, ličinkama kukaca, pužićima i račićima. Živi na muljevitom ili pjeskovitom dnu sporotekućih voda, a može ju se naći i u barama i jezerima (Ćaleta i sur. 2015).



**Slika 11.** Dunavska krkuša (Autor: Perica Mustafić)

Glavočić vodenjak (*Knipowitschia panizzae*)

Prirodno područje rasprostranjenosti glavočića vodenjaka obuhvaća lagune i ušća rijeka jadranskog slijeva uz hrvatsku, talijansku i slovensku obalu (Ćaleta i sur. 2015; Ćaleta i sur. 2019).

Glavočić vodenjak (Slika 12) postaje spolno zreo u prvoj godini života. Počinje se mrijestiti u veljači i ožujku, a sezona mrijesta traje do kraja rujna i u tom periodu mrijeste se svakih 10 do 15 dana. Ženke polažu jaja u gnijezdo koje je napravio mužjak i ono se nalazi ispod kamenja,

ljuštura ili vodene vegetacije (Kottelat i Freyhof 2007; Čaleta i sur. 2015). Hrani se manjim beskralježnjacima (Kottelat i Freyhof 2007). Živi na muljevitom dnu s pojedinačnim kamenjem i rijetkim šljunkom, u rijekama i jezerima gdje je prisutan utjecaj mora, ušćima rijeka i lagunama (Čaleta i sur. 2015).



**Slika 12.** Glavočić vodenjak (Autor. Lubomir Pialek)

#### Sunčanica (*Lepomis gibbosus*)

Prirodno područje rasprostanjenosti sunčanice obuhvaća područje Sjeverne Amerike: Velika jezera, porječje rijeke St. Lawrence i gornje porječje rijeke Mississippi. Široko je rasprostranjena strana vrsta u Europi (Kottelat i Freyhof 2007). U Hrvatskoj nastanjuje akumulacije, jezera i rijeke dunavskog i jadranskog slijeva (Čaleta i sur. 2019).

Sunčanica (Slika 13) postaje spolno zrela u drugoj godini života. Mrijesti se jedanput godišnje, od travnja do lipnja, kada je temperatura vode 16 do 18 °C. Za mrijest treba toplu vodu čija je dubina manja od 1 m te pjeskovito ili šljunkovito dno. Ženka polaže jaja u gnijezdo koje je iskopao mužjak (Mihinjač i sur. 2019). Hrani se vodenim beskralježnjacima (Kottelat i Freyhof 2007). Živi u vodenom stupcu stajaćica i sporotekućih voda, kao što su velike rijeke, jezera, kanali, lokve i rukavci (Kottelat i Freyhof 2007).



**Slika 13.** Sunčanica (Autor: Perica Mustafić)

### Glavočić crnotrus (*Ninnigobius canestrini*)

Prirodno je rasprostranjen od delte rijeke Po (Italija) do delte Neretve (Hrvatska). Strana je vrsta u rijeci Sinni (Italija, Tarantski zaljev) i u jezeru Trasimeno (središnja Italija) (Ćaleta i sur. 2015). U Hrvatskj živi u Baćinskim jezerima te jezerima Desne, Kuti i Modro oko i rijekama Cetini, Jadru, Krki, Mirni, Neretvi, Raši, Zrmanji i Žrnovnici (Mrakovčić i sur. 2006; Ćaleta i sur. 2015).

Glavočić crnotrus (Slika 14) se mrijesti nekoliko puta godišnje u razdoblju od ožujka do srpnja . Ženke odlažu jaja u gnijezda ispod ljuštura ili kamenja (Ćaleta i sur. 2015). Živi na muljevitom ili pjeskovitom dnu jezera, srednje velikih do velikih rijeka, estuarija, brakičnih i slatkovodnih laguna (Kottelat i Freyhof 2007).



**Slika 14.** Glavočić crnotrus (Autor: Zoran Marčić)

### Slatkovodni glavočić (*Padogobius bonelli*)

Prirodno područje rasprostranjenosti obuhvaća sjeverni dio jadranskog slijeva od porječja rijeke Vomano (Italija) do porječja Zrmanje (Hrvatska) (Ćaleta i sur. 2015). U Hrvatskoj živi u porječjima Mirne, Raše i Zrmanje te u Vranskom jezeru kod Biograda na Moru i jezeru Ričica u Lici (Ćaleta i sur. 2019). Strana je vrsta u sjevernoj i središnjoj Italiji i u jezeru Ričica (Hrvatska) (Ćaleta i sur. 2015; Ćaleta i sur. 2019).

Postaje spolno zreo krajem prve ili početkom druge godine života. Slatkovodni glavočić (slika 15) se mrijesti nekoliko puta godišnje u razdoblju od početka travnja do kraja srpnja. Mužjak priprema gnijezdo u koje ženka polaže jaja i ono se nalazi između ili ispod ljuštura školjke, kamenja ili vodenog bilja (Kottelat i Freyhof 2007; Ćaleta i sur. 2015). Hrane se ličinkama tulara i vodencvjetova. Živi na dnu hladnih i umjereno brzih tekućica s ljetnom temperaturom vode 17 do 22 °C, kamenito-šljunkovitim dnom i nadmorskom visinom do 400 m (Ćaleta i sur. 2015).



**Slika 15.** Slatkovodni glavočić (Autor: Perica Mustafić)

Talijanska krkuša (*Romanogobio benacensis*)

Prirodno područje rasprostranjenosti obuhvaća porječje rijeka Po (Italija), Soče i Reke (Slovenija) te Mirne (Hrvatska) (Ćaleta i sur. 2015; Ćaleta i sur. 2019). Strana je vrsta u nekim vodama sjeverne Italije (Ćaleta i sur. 2015).

Talijanska krkuša (Slika 16) postaje spolno zrela u drugoj ili trećoj godini života. Mrijesti se nekoliko puta godišnje u razdoblju od travnja do lipnja (Ćaleta i sur. 2015). Hrani se manjim vodenim beskralježnjacima. Živi na dnu potoka, kanala, jezera i donjih tokova rijeka (Kottelat i Freyhof 2007).



**Slika 16.** Talijanska krkuša (Preuzeto iz Kottelat i Freyhof 2007)

Bodorka (*Rutilus rutilus*)

Područje prirodne rasprostranjenosti u Europi obuhvaća prostor sjeverno od Alpa i Pirineja, istočno do porječja Urala, porječja rijeka Pinej, Vardar, Strume i Marice. Strana je vrsta u sjeveroistočnoj Italiji i Španjolskoj (Kottelat i Freyhof 2007). U Hrvatskoj je autohtona vrsta u rijekama dunavskog slijeva, dok je u jadranskom slijevu strana vrsta. U jadranskom slijevu introducirana je u rijeke Cetinu, Gacku i Liku i akumulacije Butoniga i Tribalj (Ćaleta i sur. 2019).

Bodorka (Slika 17) postaje spolno zrela u drugoj ili trećoj godini života. Mrijesti se jedanput godišnje, od travnja do svibnja, kada je temperatura vode viša od 12 °C. Za mrijest u rijekama s većim brzinama strujanja treba šljunkovito dno ili vodenu vegetaciju, u jezerima i rukavcima

treba vodenu vegetaciju, dok u sporotekućim rijekama treba poplavne livade ili plićake. Hrani se biljnim materijalom, bentičkim beskralježnjacima, detritusom i zooplanktonom. Živi u vodenom stupcu donjih tokova srednje velikih i velikih rijeka, rukavaca i jezera koja su bogata nutrijentima (Kottelat i Freyhof 2007).



**Slika 17.** Bodorka (Autor: Perica Mustafić)

Smuđ (*Sander lucioperca*)

Područje prirodne rasprostranjenosti obuhvaća sljevove Baltičkog, Crnog, Egejskog (rijeka Marica) i Sjevernog mora (rijeka Elba) i slijev Kaspijskog jezera (Kottelat i Freyhof 2007). U Hrvatskoj je autohtona vrsta u jezerima te donjim i srednjim tokovima rijeka dunavskog slijeva. U hrvatskom dijelu jadranskog slijeva je introducirana u rijeku Neretvu te akumulacije Butoniga i Tribalj (Ćaleta i sur. 2019).

Smuđ (Slika 18) postaje spolno zreo između treće i pete godine života. Mrijesti se jedanput godišnje, od travnja do svibnja, kada je temperatura 10 do 14 °C. Ženka polaže jaja na korijenje vodene vegetacije ili u gnijezdo koje je mužjak iskopao u pijesku ili šljunku. Hrani se isključivo drugim ribama. Živi u vodenom stupcu estuarija, brakičnih priobalnih jezera, eutrofnih jezera i velikih, mutnih rijeka (Kottelat i Freyhof 2007).



**Slika 18.** Smuđ (Autor: Perica Mustafić)

### Bijeli klen (*Squalius squalus*)

Područje prirodne rasprostranjenosti obuhvaća vode srednje Španjolske, sjeverne Italije i rijeke jadranskog slijeva. U Sloveniji obitava u rijeci Soči (Mrakovčić i sur. 2006). U Hrvatskoj živi u rijeci Krki i istarskim rijekama (Mirna i Pazinčica) (Mrakovčić i sur. 2006; Čaleta i sur. 2019).

Bijeli klen (Slika 19) postaje spolno zreo u trećoj godini života (Mrakovčić i sur. 2006). Mrijesti se više puta godišnje, od travnja do srpnja, kada je temperatura vode viša od 14 °C (Kottelat i Freyhof 2007). Ženka polaže jaja na kamenito ili šljunkovito dno. Hrani se biljnim materijalom i vodenim beskralježnjacima (ličinke kukaca, maločetinaši, mekušci i rakovi) (Mrakovčić i sur. 2006). Živi u vodenom stupcu jezera, manjih potoka i rijeka (Kottelat i Freyhof 2007).



**Slika 19.** Bijeli klen (Autor: Nina G. Bogutskaya)

### Linjak (*Tinca tinca*)

Područje prirodne rasprostranjenosti u Europi obuhvaća sva područja osim Irske, Skandinavije, istočne obale Jadranskog mora, zapadne i južne Grčke (Kottelat i Freyhof 2007). U Hrvatskoj prirodno obitava u rijekama dunavskog slijeva, dok je u akumulacijama i rije kama jadranskog slijeva strana vrsta (Čaleta i sur. 2019).

Linjak (Slika 20) postaje spolno zreo u trećoj ili četvrtoj godini života. Mrijesti se od svibnja do srpnja kada je temperatura vode 22 do 24 °C. Ako toplo vrijeme dovoljno dugo traje, tada se može mrijestiti do devet puta godišnje svakih 11 do 15 dana. Ženka polaže jaja na vodenu vegetaciju. Hrani se biljnim materijalom, bentičkim beskralježnjacima i detritusom. Živi uz dno plitkih jezera, sporotekućih rijeka i rukavaca s razvijenom vodenom vegetacijom (Kottelat i Freyhof 2007).



**Slika 20.** Linjak (Autor: Perica Mustafić)

## **2. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Ciljevi mojeg istraživanja su:

1. Analizirati promjene u kvalitativnom i kvantitativnom sastavu ihtiofaune akumulacije Butoniga tijekom deset godina
2. Analizirati ihtiofaunu akumulacije Butoniga s obzirom na ekološke grupe (eng. *ecological guilds*)
3. Analizirati povezanost promjena u sastavu ihtiofaune s promjenama mutnoće vode

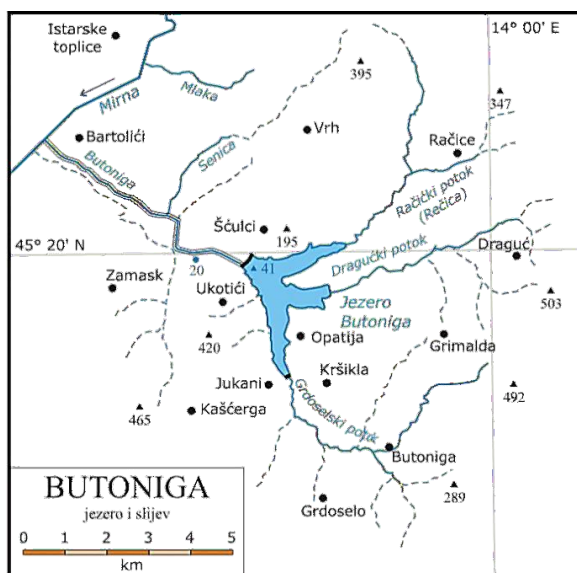


### 3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Akumulacija Butoniga (Slika 21) nalazi se u Istri, na teritoriju gradova Buzeta i Pazina te općine Cerovlje (Hajduk Černeha 2007). Formirana je 1987. godine na istoimenoj lijevoj pritoci rijeke Mirne, na sutoku triju vodotoka: Butoniga (Grdoselski potok), Podmerišće (Dragučki potok) i Račice (Hajduk Černeha 2007; Hajduk Černeha 2021). Primarna namjena akumulacije je vodoopskrba, a ostale namjene su navodnjavanje i zaštita nizvodnog dijela porječja Mirne od poplava (Hajduk Černeha 2007).

Litološku podlogu u slijevu čini fliš unutar kojeg se izmjenjuju lapor i pješčenjak, uz sporadično pojavljivanje breča i konglomerata. Lapor je jako podložan trošenju i ispiranju te se akumulira u pridnenim slojevima zaplavnog prostora akumulacije (Hajduk Černeha 2007; Hajduk Černeha 2021).

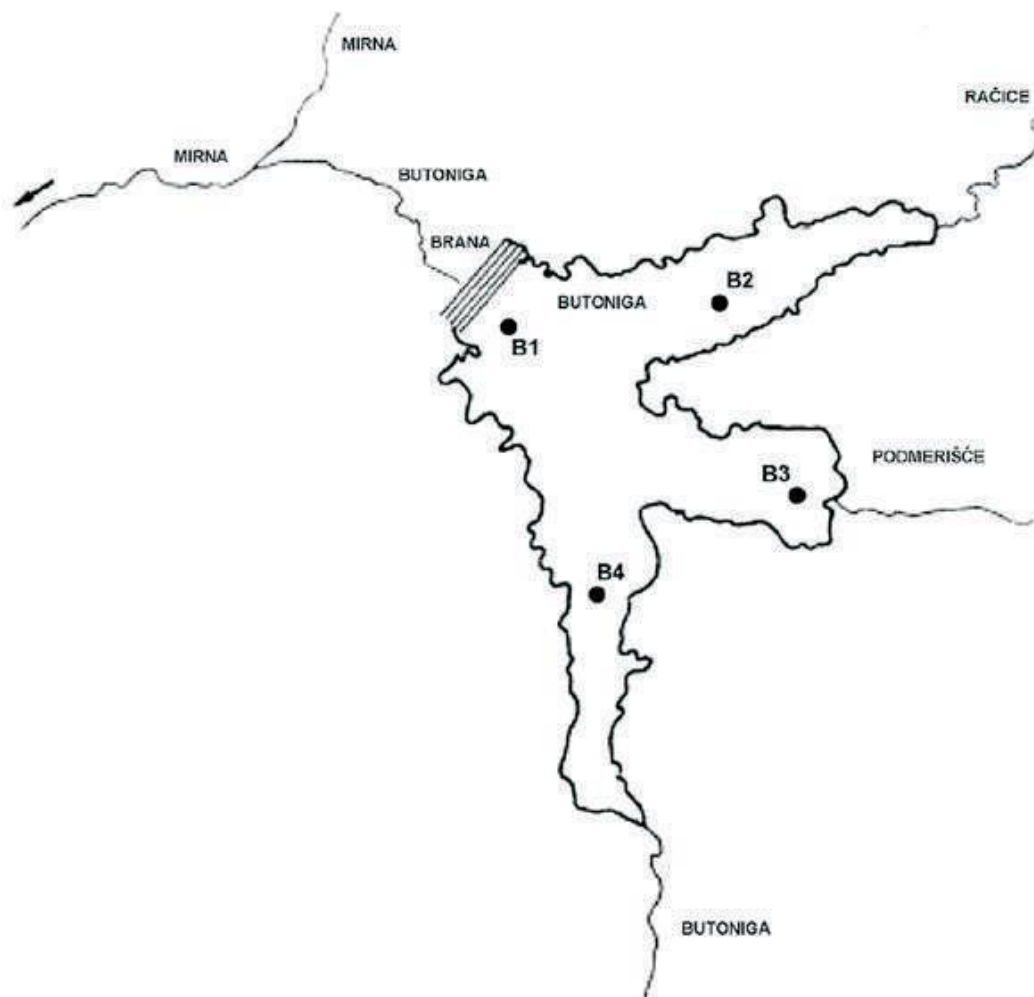
Slijev akumulacije Butoniga nalazi se između 40 i 500 m n.m., a njegova površina iznosi 73 km<sup>2</sup> (Hajduk Černeha 2007). Kota praga preljeva nalazi se na 41 m n.m. i na toj koti volumen akumulacije iznosi 19,5 mil. m<sup>3</sup> (od toga 2,2 mil. m<sup>3</sup> otpada na mrtvi prostor za prihvatanje nanosa), srednja dubina iznosi 7,8 m, a površina akumulacije je 2,5 km<sup>2</sup>. Ulazni prag temeljog ispusta (kota dna akumulacije) nalazi se na 23,5 m n.m. i iz toga proizlazi da je, u odnosu na kotu praga preljeva, maksimalna dubina akumulacije 17,5 m. Zbog nataloženog nanosa i održavanja razine vode na nižim kotama tijekom prvih godina eksploatacije, srednja dubina akumulacije iznosi 5m, a maksimalna dubina iznosi 15 m (Hajduk Černeha 2007; Hajduk Černeha 2021).



Slika 21. Akumulacija Butoniga (Izvor: Wikipedia)

Istraživanja (Mrakovčić i sur. 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014; Mustafić i sur. 2015, 2016, 2017, 2018) su provedena na četiri lokacije (Slika 22):

- **Postaja B1** smještena je uz branu. Dubina vode iznosi 12,7 m i to je najdublji dio akumulacije.
- **Postaja B2** nalazi se u blizini utoka potoka Račice i dubina vode na tom dijelu iznosi 10,5 m.
- **Postaja B3** smještena je nasuprot brane, u plićem dijelu akumulacije. U blizini postaje nalazi se ušće potoka Podmerišće i dubina vode na tom dijelu iznosi 5,6 m.
- **Postaja B4** nalazi se blizu utoka potoka Butoniga i dubina vode na tom dijelu iznosi 6,5 m.



**Slika 22.** Položaj istraživanih lokacija (Izvor: Mustafić i sur. 2018)

## **4. MATERIJALI I METODE**

### **4.1. Terensko istraživanje**

Djelatnici Zoologijskog zavoda obavljali su ihtiološka istraživanja pet puta godišnje od 2008. do 2017. godine (Mrakovčić i sur. 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014; Mustafić i sur. 2015, 2016, 2017, 2018). Ihtiofaunu su uzorkovali pomoću 12 mreža stajaćica čija se veličina oka kreće između 10 i 40 mm. Mreže koje su koristili pripadaju mrežama tipa popunica i one daju pasivni tip ulova. Za ove mreže smatra se da daju realnu sliku sastava ihtiofaune. Lokacije za postavljanje mreže odredili su s obzirom na oblik jezera i najpogodnija staništa (Mrakovčić i sur. 2014; Mustafić i sur. 2018).

Osim mreža stajaćica, za uzorkovanje ihtiofaune upotrebljavali su i ribolovni elektroagregat snage 7,5 kW (Mrakovčić i sur. 2014; Mustafić i sur. 2018). Ova metoda daje najbolje procjene međusobnih odnosa ulovljenih vrsta riba, bogatstva vrsta i gustoće populacija. U usporedbi s drugim metodama, ovaj način ribolova je najmanje štetan (Buj i sur. 2020). RIBE su determinirali, izmjerili, izvagali i prebrojali na terenu (Mrakovčić i sur. 2014; Mustafić i sur. 2018).

### **4.2. Obrada podataka**

#### **4.2.1. Kvalitativni i kvantitativni sastav ihtiofaune**

Za određivanje kvalitativnog i kvantitativnog sastava ihtiofaune, koristila sam podatke koje su prikupili Mrakovčić i sur. (2009–2014) i Mustafić i sur. (2015–2018). U računalnom programu Microsoft Excel 2019 sortirala sam podatke o prisutnosti vrsta ulovljenih u akumulaciji Butoniga tijekom desetogodišnjeg razdoblja (2008–2017). Te podatke sam tablično prikazala po godinama i znakom \* označila sam one vrste koje su prisutne u određenoj godini.

Za kvantitativni sastav sam, također u računalnom programu Microsoft Excel 2019, sortirala podatke o biomasi i broju jedinki tijekom desetogodišnjeg razdoblja (2008–2017). Te podatke sam grafički prikazala u istom računalnom programu. Za prikazivanje sam koristila stupčasti dijagram u kojem se iznad svake kolone vidi biomasa/broj jedinki. Na os x stavila sam godine, a na os y stavila sam samo natpis biomasa/broj jedinki. Radi bolje preglednosti, napravila sam dijagram za svaku pojedinu vrstu u akumulaciji Butoniga.

#### **4.2.2. Ekološke grupe riba u akumulaciji Butoniga**

Za podjelu prema ekološkim grupama, koristila sam podatke koje su prikupili Mrakovčić i sur. (2009–2014), Mustafić i sur. (2015–2018) i Buj i sur. (2021). Vrste sam podijelila prema ekološkim grupama onako kako su to učinili Buj i sur. (2021), što znači da sam analizirala 5 ekoloških grupa : *Stupac vode* (vodeni stupac, bentos i bentopelagička), *Supstrat za mrijest* (litofil, fitofil, fitolitofil, more i živorodna), *Prehrambena strategija* (invertivor, omnivor, piscivor i omnivor/piscivor), *Ekološki zahtjevi* (euritopna i limnofilna) i *Strana vrsta u istarskim vodotocima* (autohtona i alohtona). Za svaku vrstu sam odredila grupu unutar ekoloških grupa *Stupac vode* (vodeni stupac, bentos i bentopelagička), *Supstrat za mrijest* (litofil, fitofil, fitolitofil, more i živorodna), *Prehrambena strategija* (invertivor, omnivor, piscivor i omnivor/piscivor), *Ekološki zahtjevi* (euritopna i limnofilna) i *Strana vrsta u istarskim vodotocima* (autohtona i alohtona) i te podatke sam sortirala u računalnom programu Microsoft Excel 2019. Te iste podatke sam tablično prikazala u računalnom programu Microsoft Excel 2019.

Za kvantitativni sastav sam, također u računalnom programu Microsoft Excel 2019, sortirala podatke o broju jedinki svake pojedine grupe tijekom desetogodišnjeg razdoblja. Za svaku grupu unutar prethodno navedenih ekoloških grupa, izračunala sam udio jedinki tako da sam broj jedinki unutar određene grupe podijelila s ukupnim brojem jedinki. Te podatke sam prikazala grafički u računalnom programu Microsoft Excel 2019. Za prikaz sam koristila grupirani stupčasti dijagram u kojem sam na os x stavila godine, a na os y udio jedinki unutar ekoloških grupa. Radi bolje preglednosti, napravila sam dijagram za svaku ekološku grupu u akumulaciji Butoniga.

#### **4.2.3. Mutnoća vode i sastav ihtiofaune**

Za ispitivanje povezanosti mutnoće vode i sastava ihtiofaune, koristila sam podatke o mutnoći vode i prethodno izračunatim udjelima jedinki ekoloških grupa. Za podatke o udjelu mutnoći vode, koristila sam literaturu Mrakovčić i sur. (2009–2014) te Mustafić i sur. (2015–2018). Što se tiče mutnoće vode, koristila sam one podatke koje su autori označili kao mjerodavne. Te podatke sam sortirala u računalnom programu Microsoft Excel 2019.

Povezanost mutnoće vode i sastava ihtiofaune ispitala sam metodom jednostavne linearne regresije u programskom paketu Past 4.03 pri razini pouzdanosti od 95%. Koristila sam

bivarijantni model, što znači da je jedna varijabla nezavisna, a druga zavisna. Mutnoću vode sam stavila kao nezavisnu varijablu, a kao zavisne varijable stavila sam udjele jedinki ekoloških grupa. Kako bih mogla koristiti ovu metodu, morala sam prethodno normalizirati podatke. To sam napravila tako da sam, u računalnom programu Microsoft Excel 2019, izračunala srednju vrijednost i standardnu devijaciju za mutnoću vode i udjele jedinki ekoloških grupa. Kad sam izračunala prethodno navedene podatke, onda sam koristila funkciju NORM.DIST koja vraća normalnu distribuciju za navedenu srednju vrijednost i standardnu devijaciju.

S obzirom na to da sam odabrala jednostavnu linearnu regresiju s razinom pouzadnosti od 95%, razina značajnosti ( $p$ ) iznosi 0,05. Pearsonov koeficijent korelacije ( $r$ ) pokazuje mjeru povezanosti između promjene vrijednosti jedne varijable i promjene vrijednosti druge varijable, dok koeficijent determinacije ( $r^2$ ) govori o tome koliko se varijacija u jednoj varijabli podudara s varijacijom u drugoj varijabli (Ternjej i sur. 2019). Za tumačenje koeficijenata korelacije i determinacije koristila sam kategorije koje je odredio Salkind (2006).

Rezultati koji nisu statistički značajni ( $p \geq 0,05$ ), ne smiju se tumačiti bez obzira na jačinu povezanosti (Ternjej i sur. 2019). Zato sam u poglavlju Rezultati prikazala samo one varijable koje su dale statistički značajan odgovor ( $p < 0,05$ ) na mutnoću vode.

## 5. REZULTATI

### 5.1. Kvalitativni sastav ihtiofaune

Tijekom desetogodišnjeg razdoblja, u akumulaciji Butoniga ulovljeno je 12 vrsta riba (Tablica 1). Porodicama Anguillidae, Centrarchidae, Esocidae, Gobiidae, Percidae, Poecilidae i Tincidae pripada po jedna vrsta (*Anguilla anguilla*, *Lepomis gibbosus*, *Esox lucius*, *Padogobius bonelli*, *Sander lucioperca*, *Gambusia holbrooki* i *Tinca tinca*, 2 vrste pripadaju porodici Cyprinidae (*Carassius gibelio* i *Cyprinus carpio*) i 3 vrste pripadaju porodici Leuciscidae (*Alburnus arborella*, *Rutilus rutilus* i *Squalius squalus*).

Vrste *Gambusia holbrooki* i *Padogobius bonelli* pojavljuju se samo jednom tijekom desetogodišnjeg razdoblja. Vrsta *Alburnus arborella* pojavljuje se 6 puta, dok se vrsta *Anguilla anguilla* pojavljuje 3 puta tijekom desetogodišnjeg razdoblja. Vrsta *Carassius gibelio* prisutna je u akumulaciji Butoniga od 2008. do 2014. godine, a vrsta *Cyprinus carpio* prisutna je također od 2008. do 2014. godine, ali se pojavljuje i tijekom 2016. godine. Ostale vrste prisutne su u svim godinama desetogodišnjeg razdoblja.

**Tablica 1.** Kvalitativni sastav akumulacije Butoniga tijekom desetogodišnjeg razdoblja.

Simbol \* znači da je vrsta prisutna u određenoj godini.

Vrsta	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
<i>Alburnus arborella</i>	*	*	*			*	*		*	
<i>Anguilla anguilla</i>		*			*	*				
<i>Carassius gibelio</i>	*	*	*	*	*	*	*			
<i>Cyprinus carpio</i>	*	*	*	*	*	*	*		*	
<i>Esox lucius</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Gambusia holbrooki</i>							*			

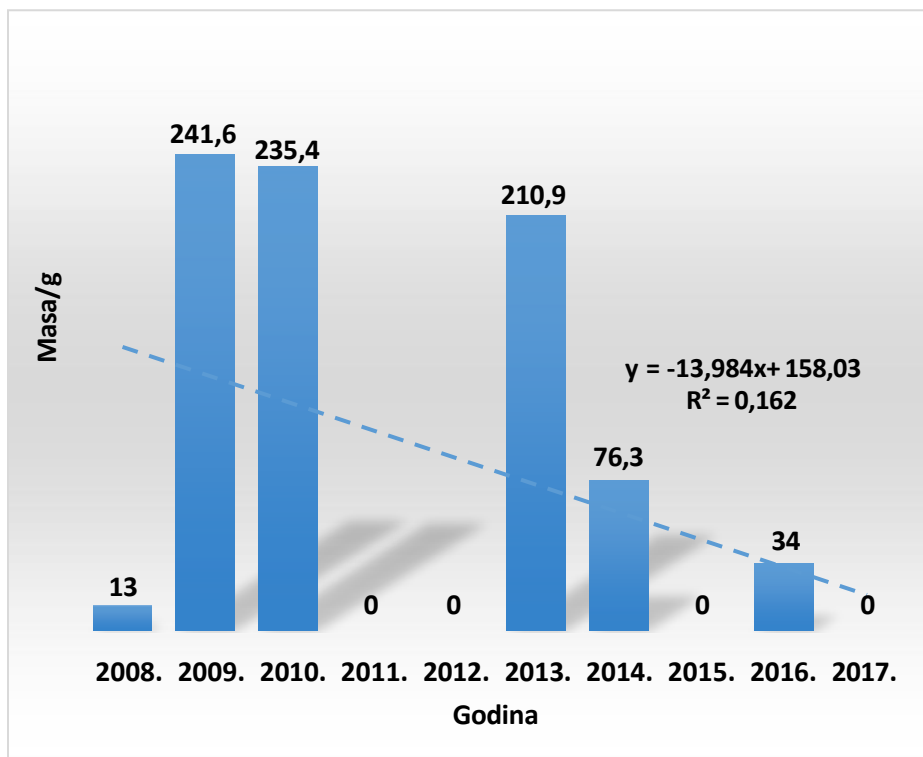
<i>Lepomis gibbosus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Padogobius bonelli</i>		*								
<i>Rutilus rutilus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Sander lucioperca</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Squalius squalus</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Tinca tinca</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

## 5.2. Kvantitativni sastav ihtiofaune

### 5.2.1. Biomasa

Primorska uklija (*Alburnus arborella*)

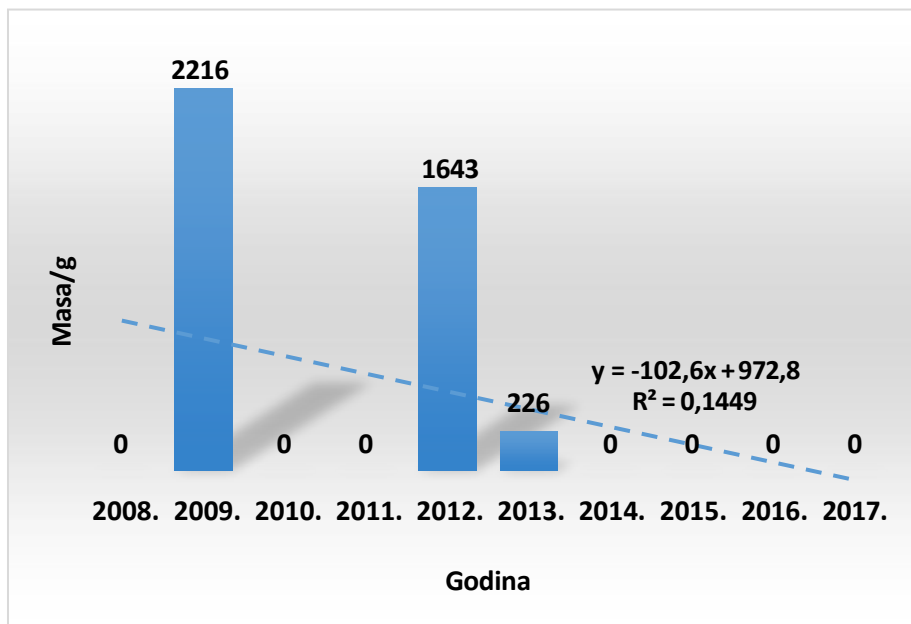
Biomasa primorske uklije smanjuje se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 23).  
Maksimalna vrijednost biomase iznosi 235,4 g, a minimalna 0 g.



Slika 23. Biomasa primorske uklije tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Jegulja (*Anguilla anguilla*)

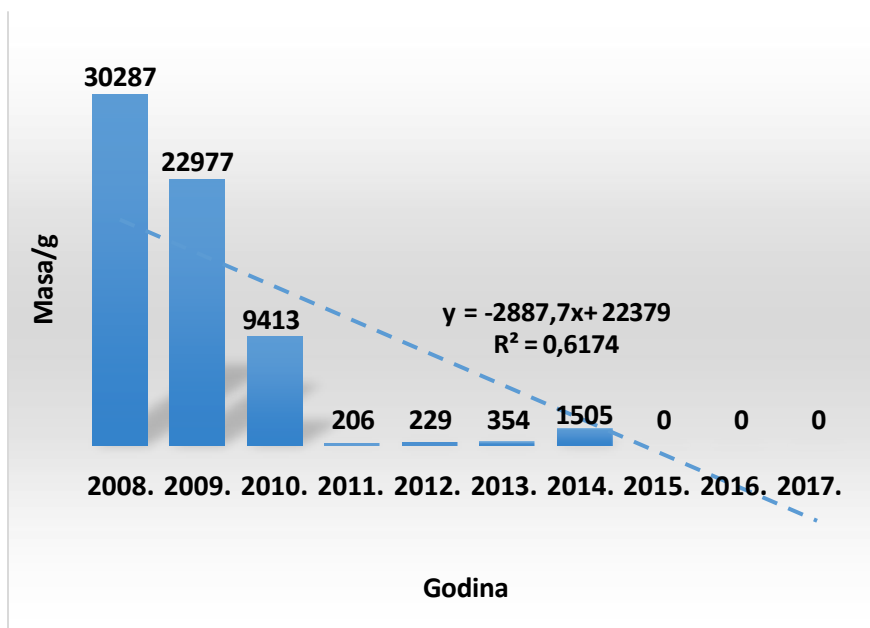
Biomasa jegulje smanjuje se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 24). Maksimalna vrijednost biomase iznosi 2216 g, a minimalna vrijednost je 0 g.



**Slika 24.** Biomasa jegulje tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Babuška (*Carassius gibelio*)

Biomasa vrste babuške smanjuje se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 25). Maksimalna vrijednost biomase iznosi 30287 g, a minimalna 0 g.

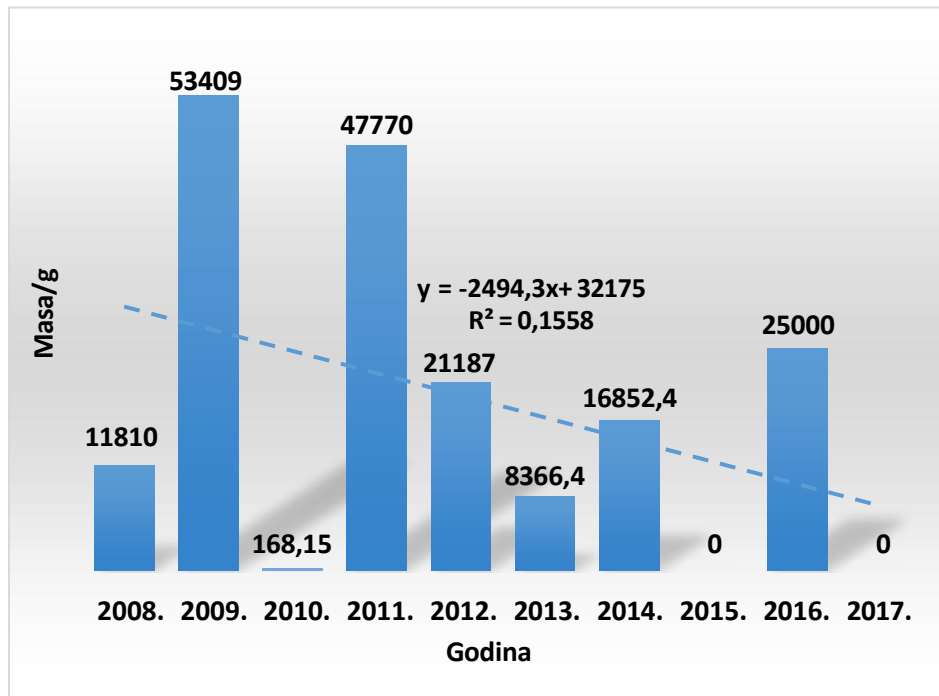


**Slika 25.** Biomasa babuške tijekom desetogodišnjeg razdoblja



### Šaran (*Cyprinus carpio*)

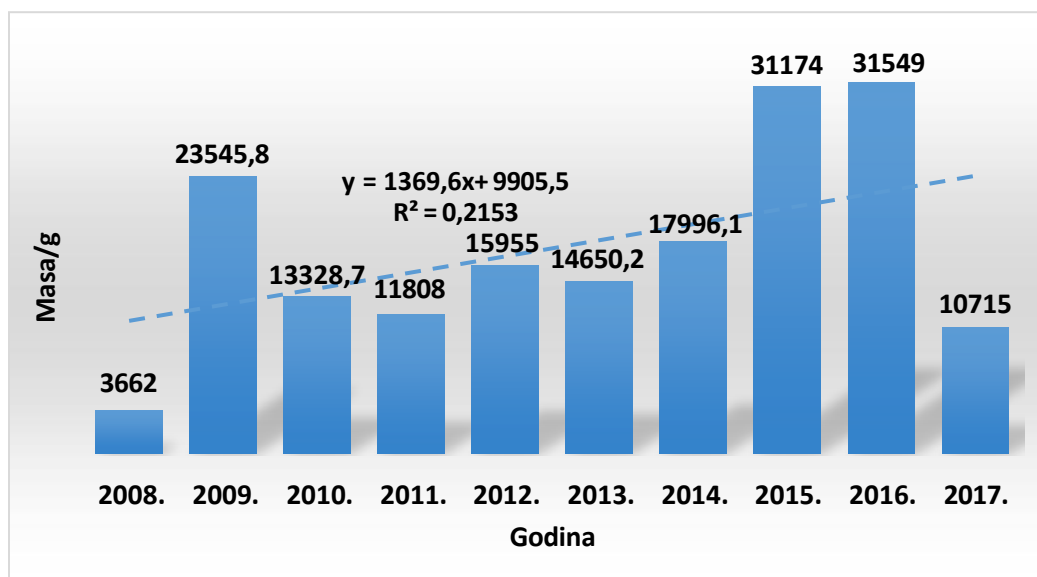
Biomasa šarana smanjuje se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 26). Maksimalna vrijednost biomase iznosi 53409 g, a minimalna 0 g.



**Slika 26.** Biomasa šarana tijekom desetogodišnjeg razdoblja

### Štuka (*Esox lucius*)

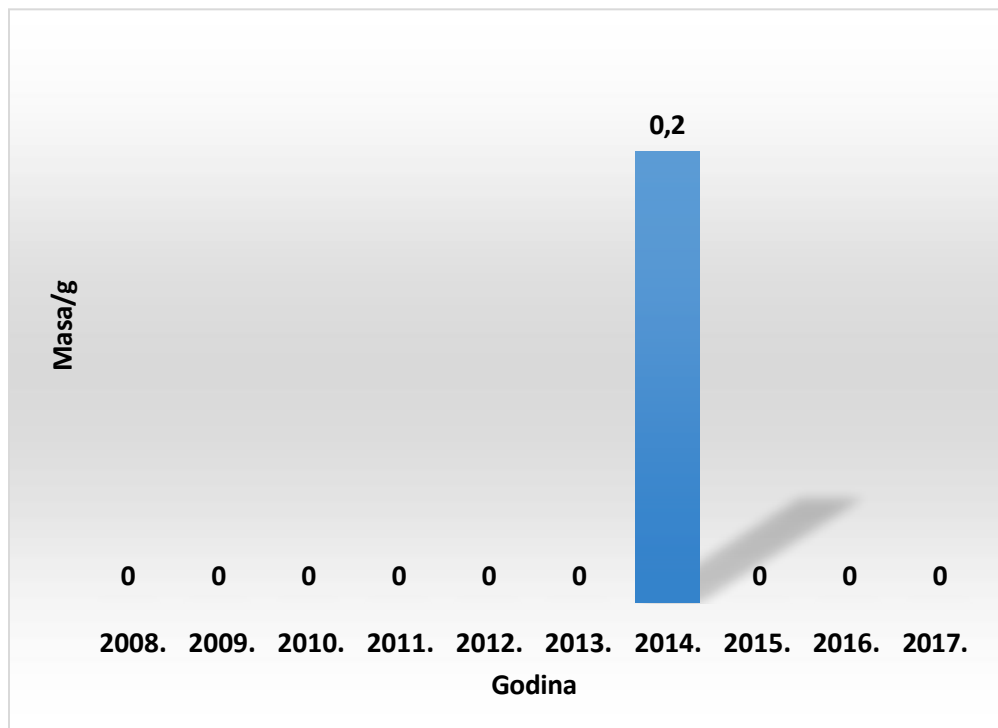
Biomasa štuke povećava se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 27). Maksimalna vrijednost biomase iznosi 31549 g, a minimalna 3662 g.



**Slika 27.** Biomasa štuke tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Gambuzija (*Gambusia holbrooki*)

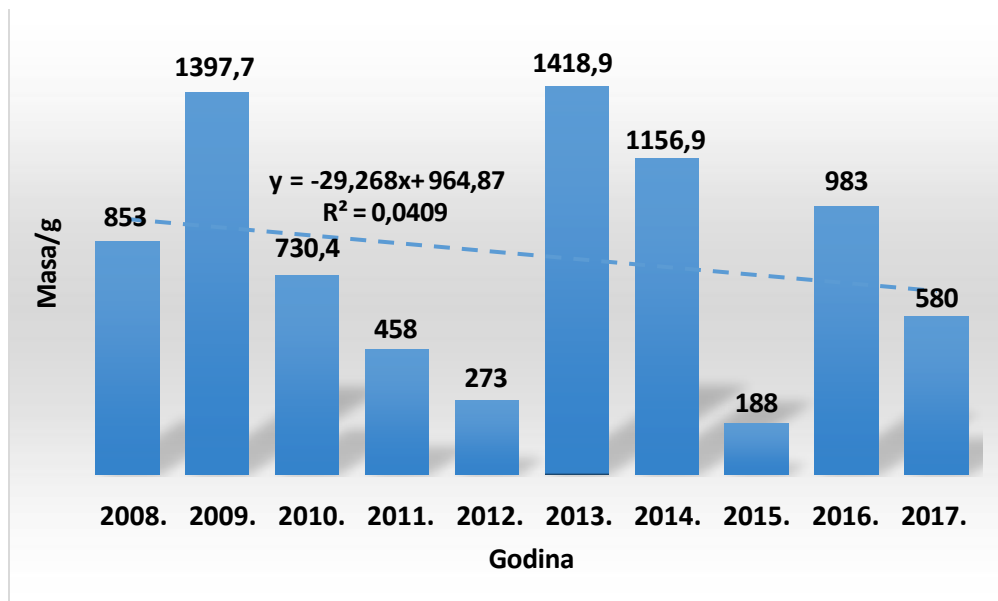
Biomasa gambuzije iznosi 0,2g.



**Slika 28.** Biomasa gambuzije tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Sunčanica (*Lepomis gibbosus*)

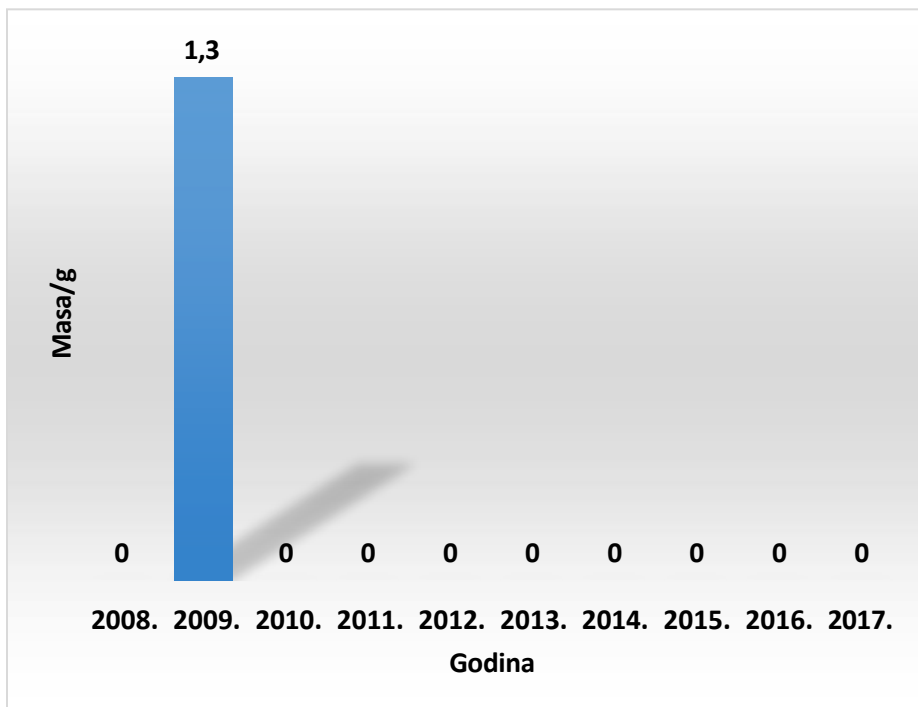
Biomasa sunčanice smanjuje se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 29). Maksimalna vrijednost biomase iznosi 1418,9 g, a minimalna 188 g.



**Slika 29.** Biomasa sunčanice tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Slatkovodni glavočić (*Padogobius bonelli*)

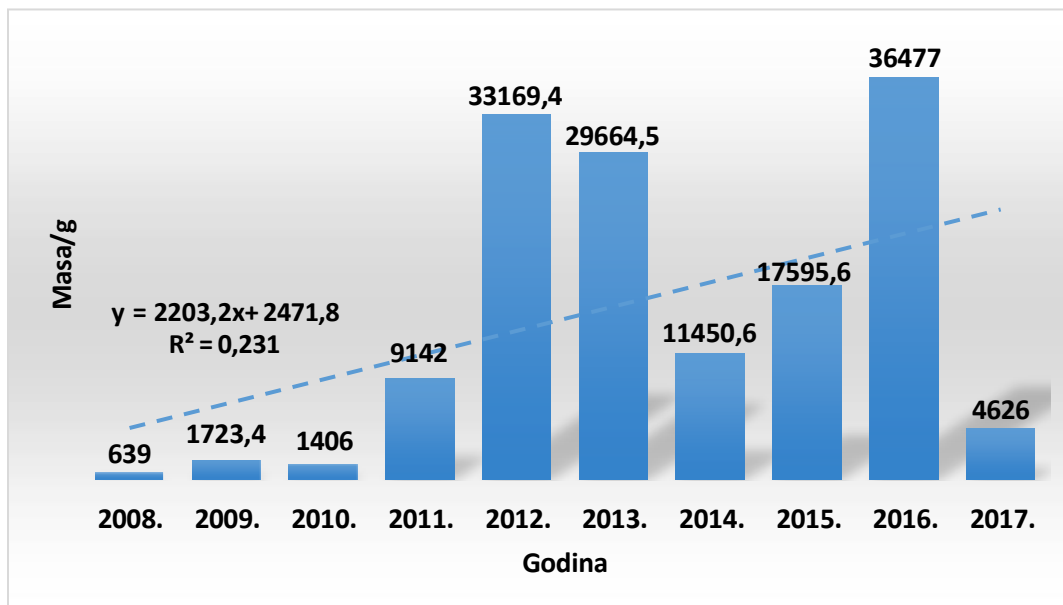
Biomasa slatkovodnog glavočića iznosi 1,3 g.



**Slika 30.** Biomasa slatkovodnog glavočića tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Bodorka (*Rutilus rutilus*)

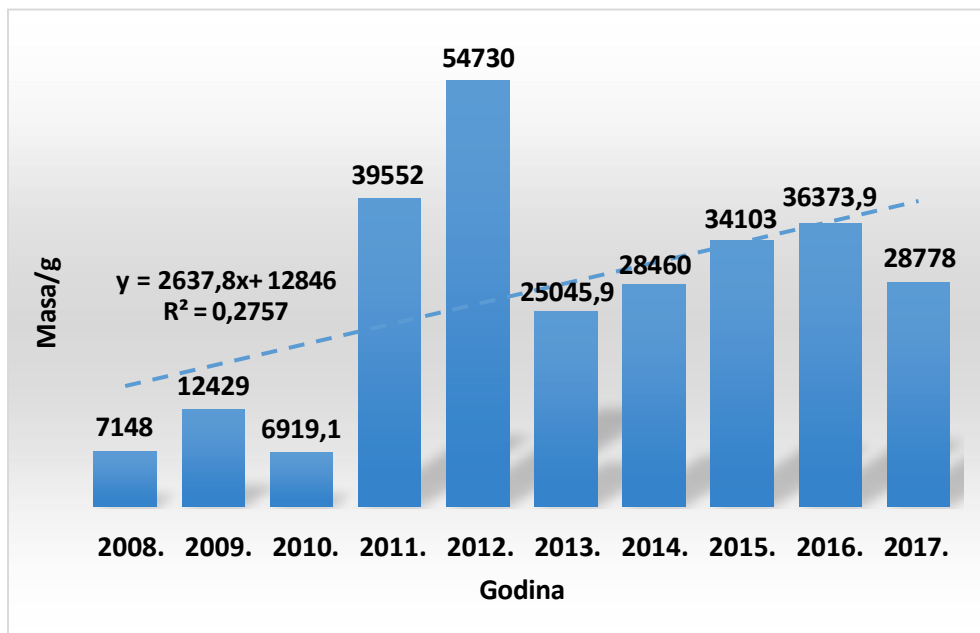
Biomasa bodorke povećava se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 31). Maksimalna vrijednost biomase iznosi 36477 g, a minimalna 639 g.



**Slika 31.** Biomasa bodorke tijekom desetogodišnjeg razdoblja

### Smuđ (*Sander lucioperca*)

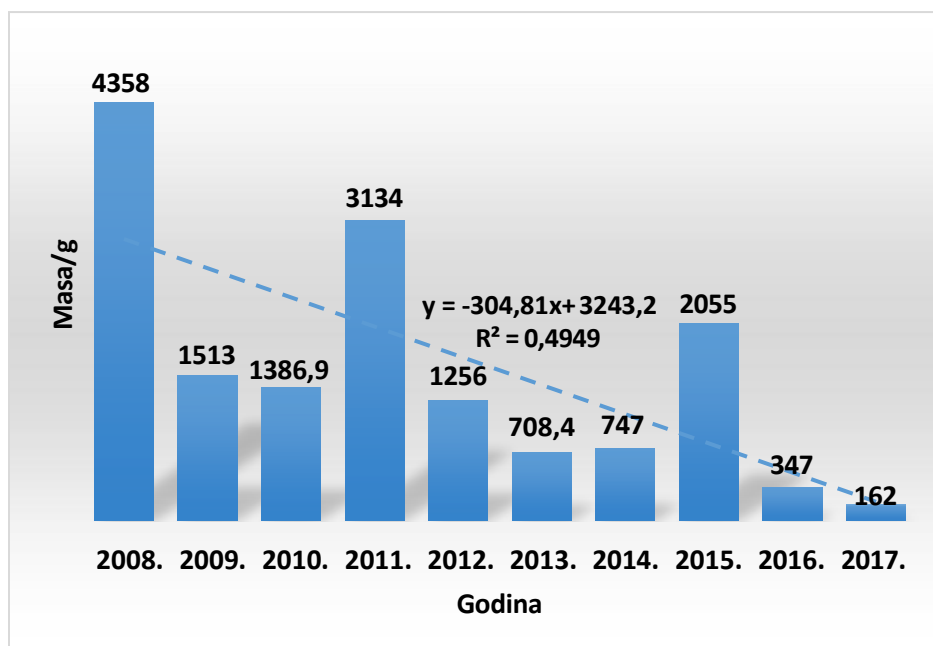
Biomasa smuđa povećava se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 32). Maksimalna vrijednost biomase iznosi 54730 g, a minimalna 6919,1 g.



**Slika 32.** Biomasa smuđa tijekom desetogodišnjeg razdoblja

### Bijeli klen (*Squalius squalus*)

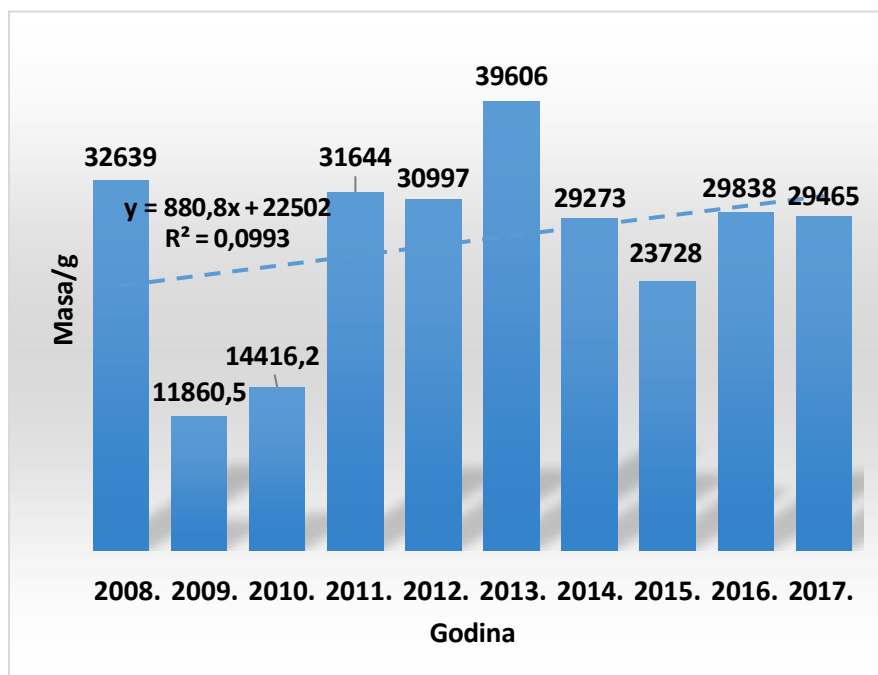
Biomasa bijelog klena smanjuje se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 33). Maksimalna vrijednost biomase iznosi 4358 g, a minimalna 162 g.



**Slika 33.** Biomasa bijelog klena tijekom desetogodišnjeg razdoblja

### Linjak (*Tinca tinca*)

Biomasa linjaka povećava se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 34). Maksimalna vrijednost biomase iznosi 39606 g, a minimalna 11860,5 g.

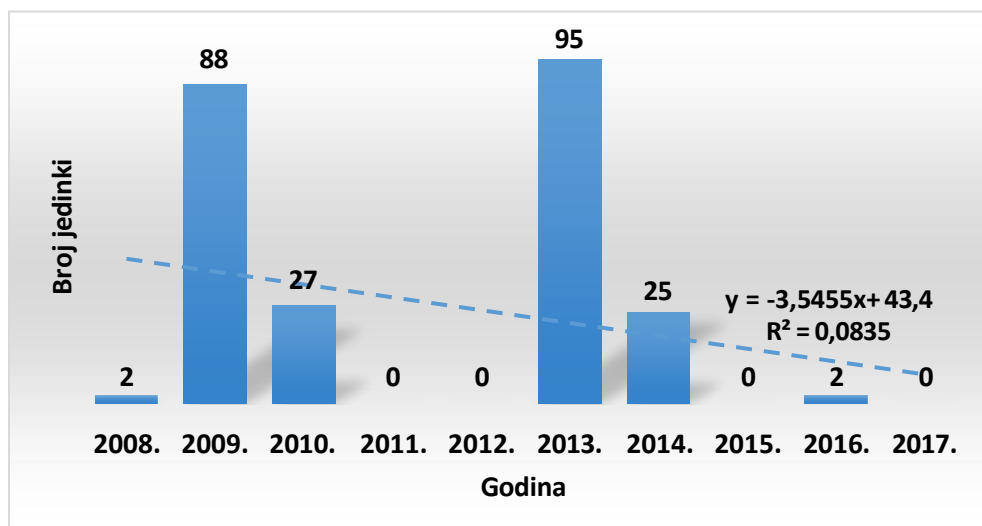


Slika 34. Biomasa linjaka tijekom desetogodišnjeg razdoblja

### 5.2.2. Brojnost

#### Primorska uklija (*Alburnus arborella*)

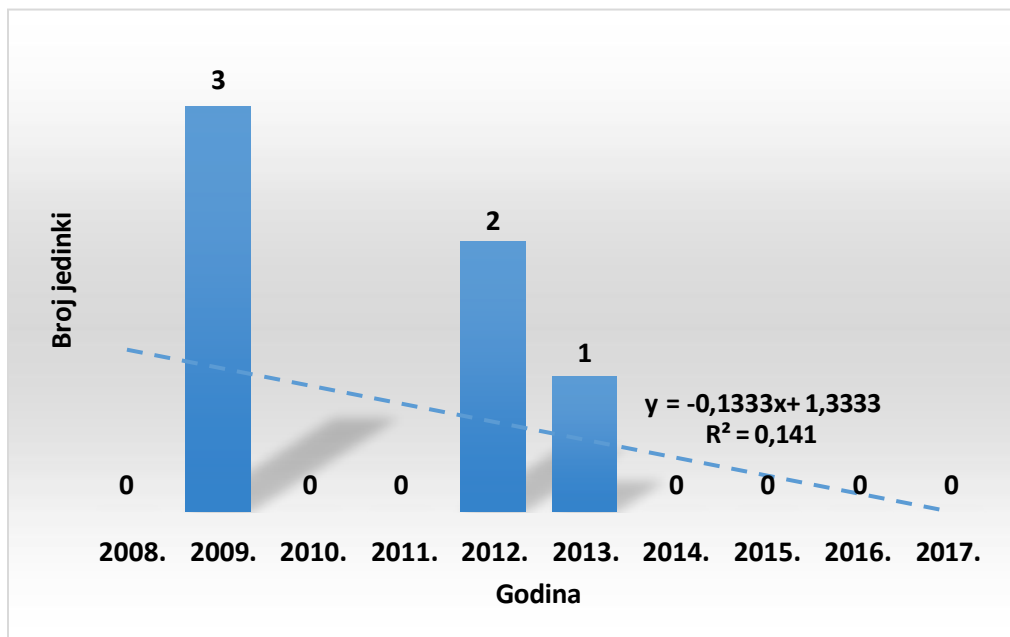
Broj jedinki primorske uklije smanjuje se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 35). Maksimalan broj jedinki iznosi 95, a minimalan 0.



Slika 35. Broj jedinki primorske uklije tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Jegulja (*Anguilla anguilla*)

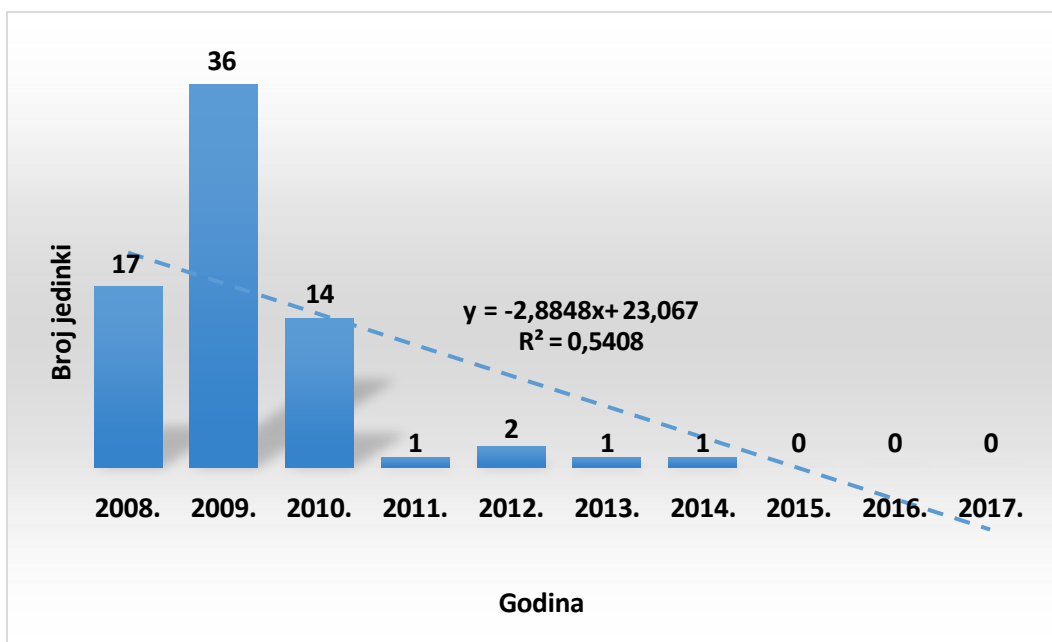
Broj jedinki jegulje smanjuje se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 36). Maksimalan broj jedinki iznosi 3, a minimalan 0.



**Slika 36.** Broj jedinki jegulje tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Babuška (*Carassius gibelio*)

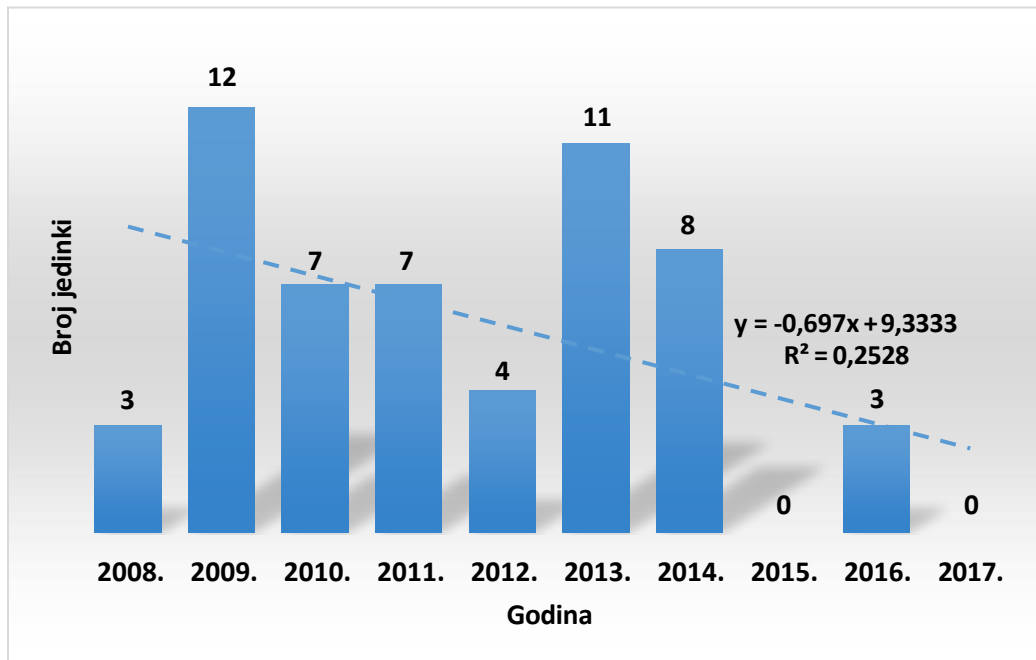
Broj jedinki babuške smanjuje se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 37). Maksimalan broj jedinki iznosi 36, a minimalan 0.



**Slika 37.** Broj jedinki babuške tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Šaran (*Cyprinus carpio*)

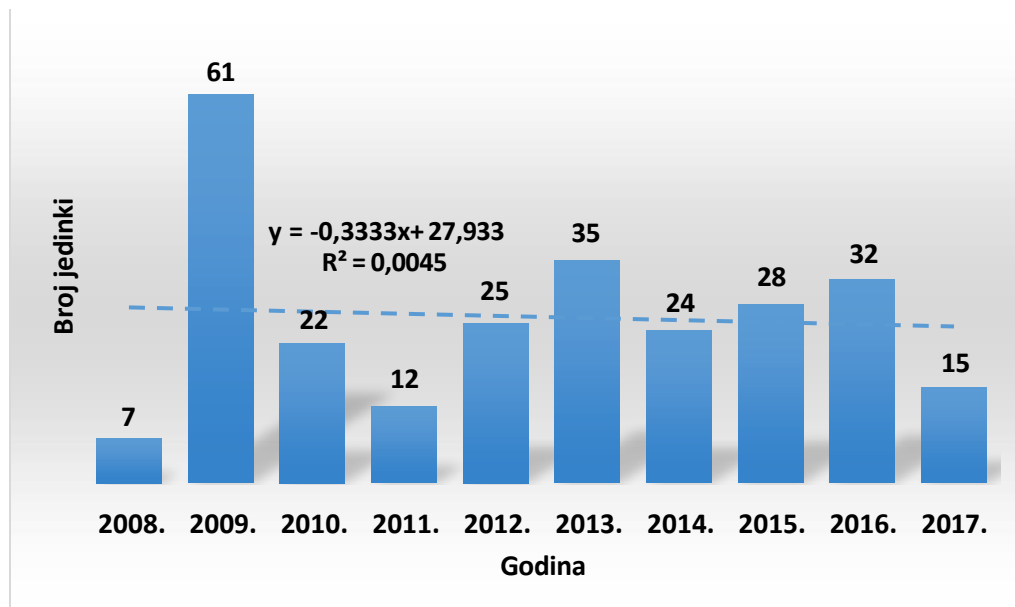
Broj jedinki šarana smanjuje se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 38). Maksimalan broj jedinki iznosi 12, a minimalan 0.



**Slika 38.** Broj jedinki šarana tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Štuka (*Esox lucius*)

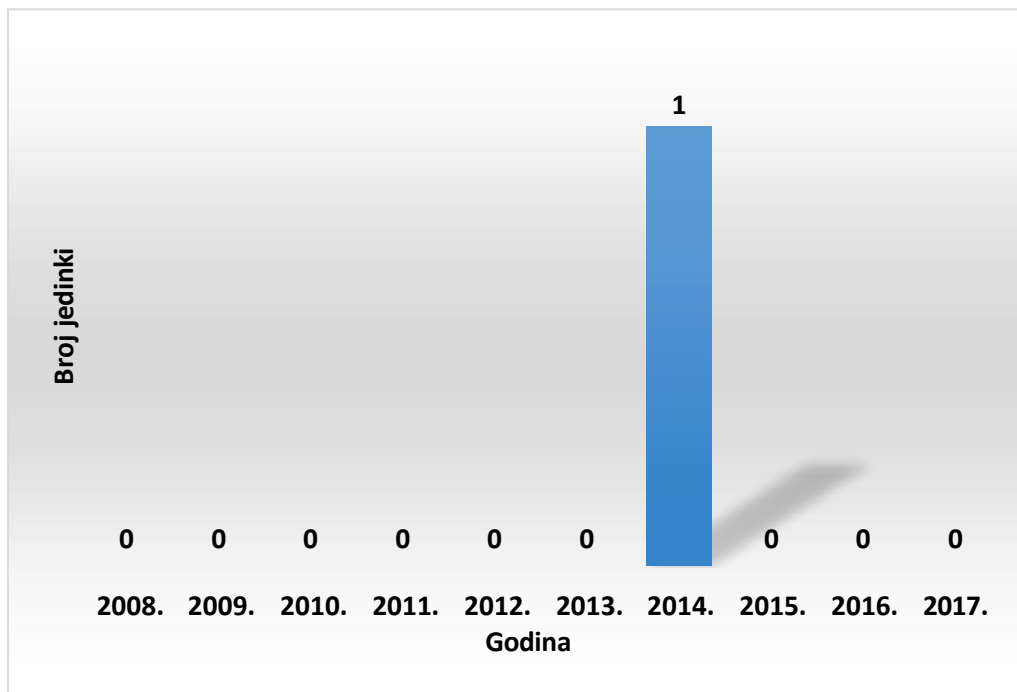
Broj jedinki štuke stagnira tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 39). Maksimalan broj jedinki iznosi 61, a minimalan 7.



**Slika 39.** Broj jedinki štuke tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Gambuzija (*Gambusia holbrooki*)

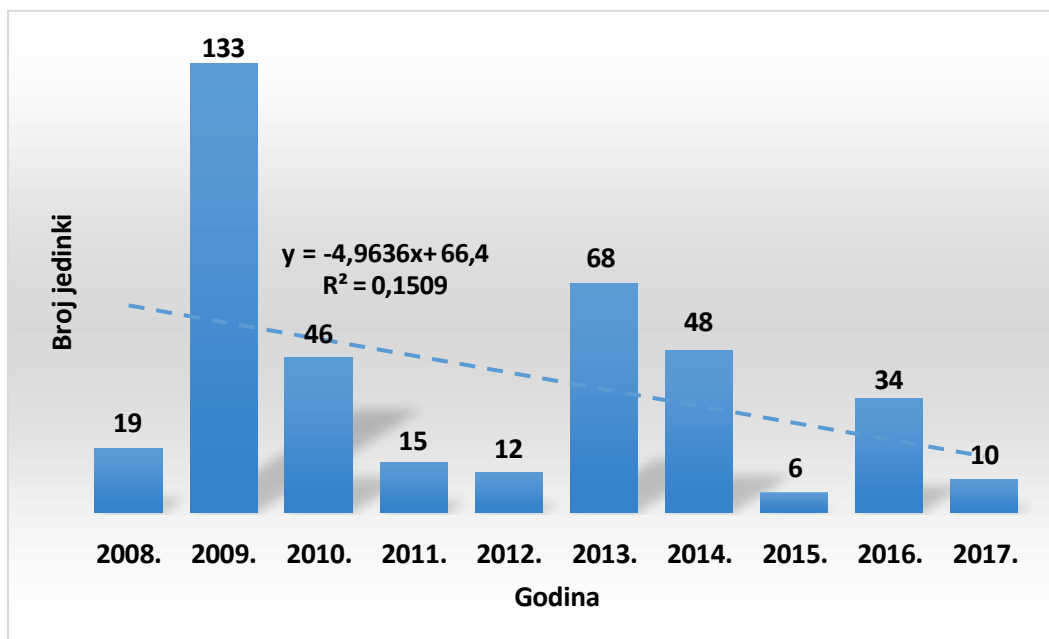
Broj jedinki gambuzije iznosi 1.



**Slika 40.** Broj jedinki gambuzije tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Sunčanica (*Lepomis gibbosus*)

Broj jedinki sunčanice smanjuje se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 41).  
Maksimalan broj jedinki iznosi 133, a minimalan 6.

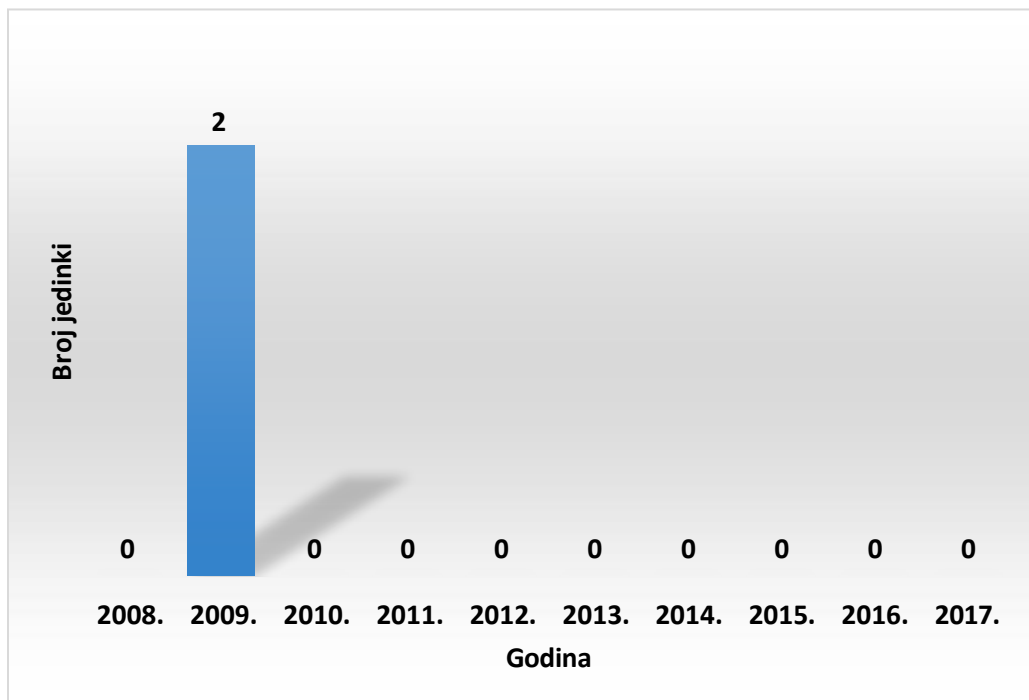


**Slika 41.** Broj jedinki sunčanice tijekom desetogodišnjeg razdoblja



Slatkovodni glavočić (*Padogobius bonelli*)

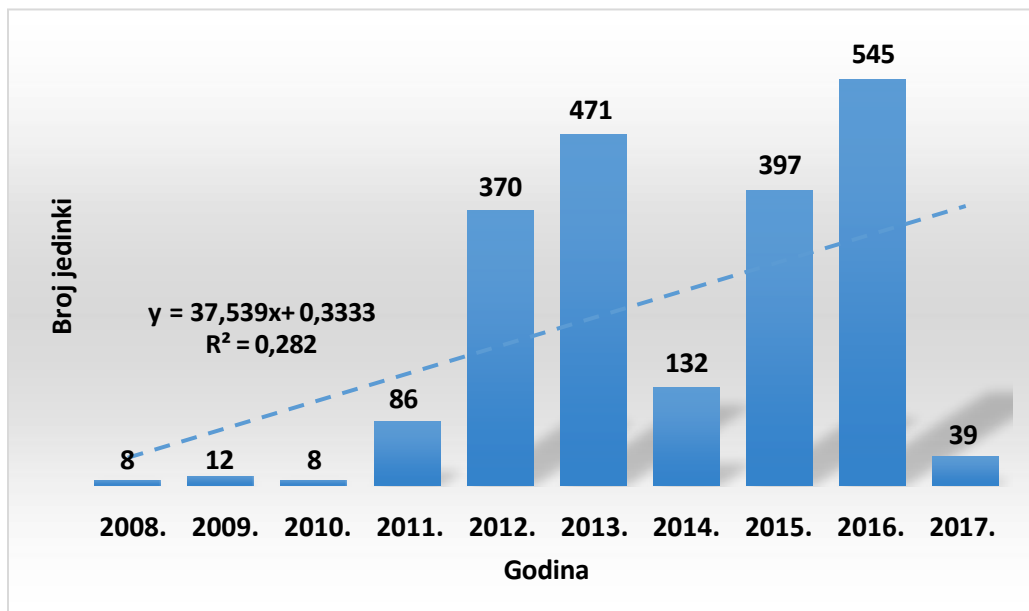
Broj jedinki slatkovodnog glavočića iznosi 2.



**Slika 42.** Broj jedinki slatkovodnog glavočića tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Bodorka (*Rutilus rutilus*)

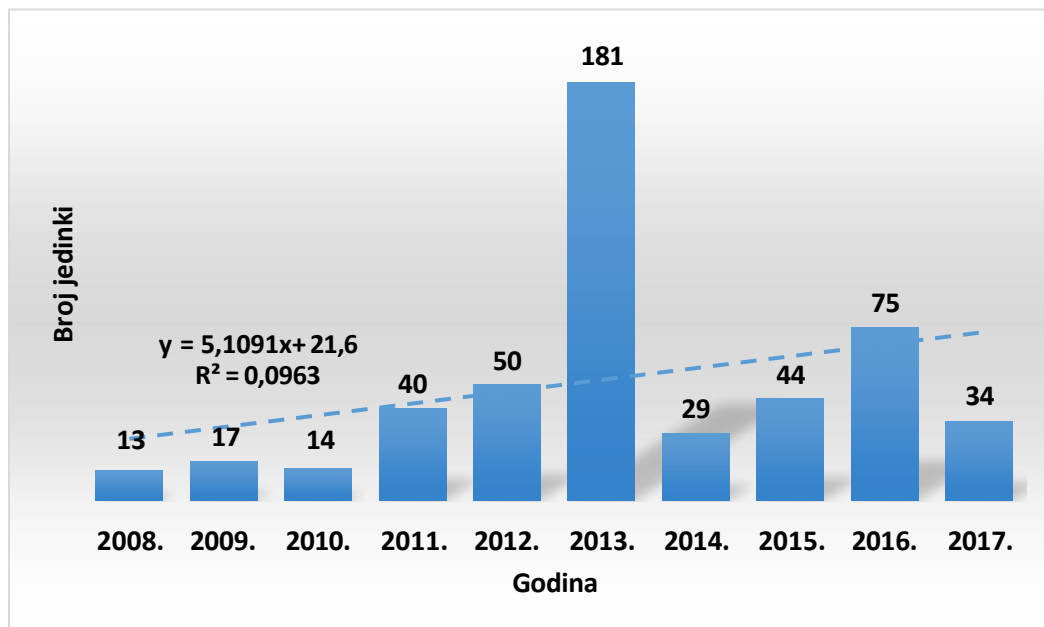
Broj jedinki bodorka povećava se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 43).  
Maksimalan broj jedinki iznosi 545, a minimalan 8.



**Slika 43.** Broj jedinki bodorka tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Smuđ (*Sander lucioperca*)

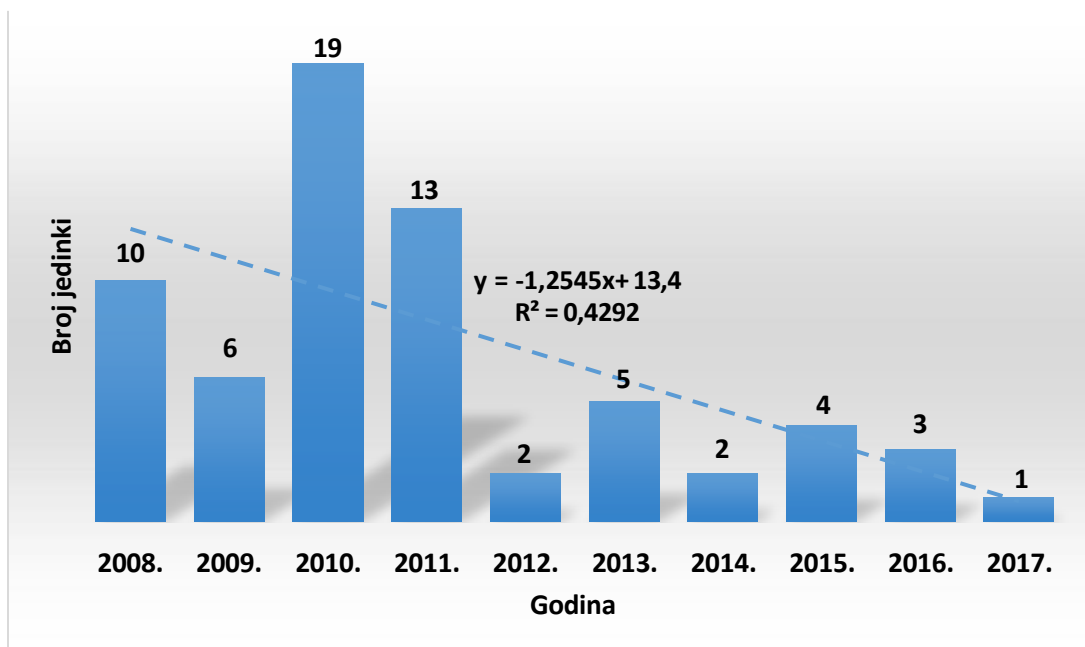
Broj jedinki smuđa povećava se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 44). Maksimalan broj jedinki iznosi 181, a minimalan 13.



**Slika 44.** Broj jedinki smuđa tijekom desetogodišnjeg razdoblja

Bijeli klen (*Squalius squalus*)

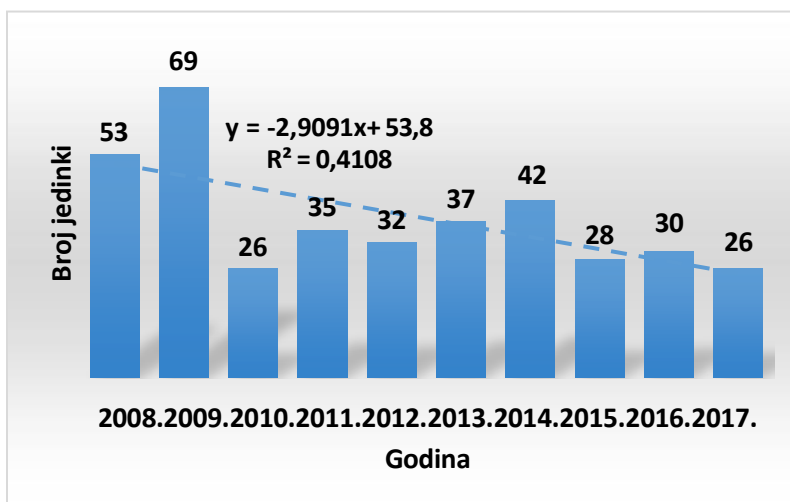
Broj jedinki bijelog klana smanjuje se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 45). Maksimalan broj jedinki iznosi 19, a minimalan 1.



**Slika 45.** Broj jedinki bijelog klana tijekom desetogodišnjeg razdoblja

### Linjak (*Tinca tinca*)

Broj jedinki linjaka smanjuje se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (Slika 46). Maksimalan broj jedinki iznosi 69, a minimalan 26.



Slika 46. Broj jedinki linjaka tijekom desetogodišnjeg razdoblja

## 5.3. Ekološke grupe riba u akumulaciji Butoniga

### 5.3.1. Kvalitativni sastav

U vodenom stupcu živi 7 vrsta, 2 vrste su bentičke, a 3 vrste su bentopelagičke. S obzirom na supstrat za mrijest, 3 vrste su fitolitofilne, 1 se mrijesti u moru, 1 je živородna, 5 je fitofilno i 2 su litofilne. S obzirom na prehrambenu strategiju, 5 vrsta je omnivorno, 2 su piscivorne, 3 su invertivorne, 1 vrsta pripada grupi *Invertivor/Piscivor* i 1 vrsta pripada grupi *Omnivor/Piscivor*. S obzirom na ekološke zahtjeve, prisutno je 9 euritopnih vrsta i 3 limnofilne vrste. U akumulaciji Butoniga prisutne su 4 autohtone i 8 alohtonih vrsta (Tablica 2).

Tablica 2. Ekološke grupe u akumulaciji Butoniga

Vrsta	Stupac vode	Supstrat za mrijest	Prehrambena strategija	Ekološki zahtjevi	Strana vrsta u istarskim vodotocima
<i>Alburnus arborella</i>	Vodeni stupac	Fitolitofil	Omnivor	Euritopna	Autohtona
<i>Anguilla anguilla</i>	Bentos	More	Invertivor/Piscivor	Euritopna	Autohtona
<i>Carassius gibelio</i>	Bentopelagička	Fitofil	Omnivor	Euritopna	Alohtona
<i>Cyprinus carpio</i>	Bentopelagička	Fitofil	Omnivor	Euritopna	Alohtona

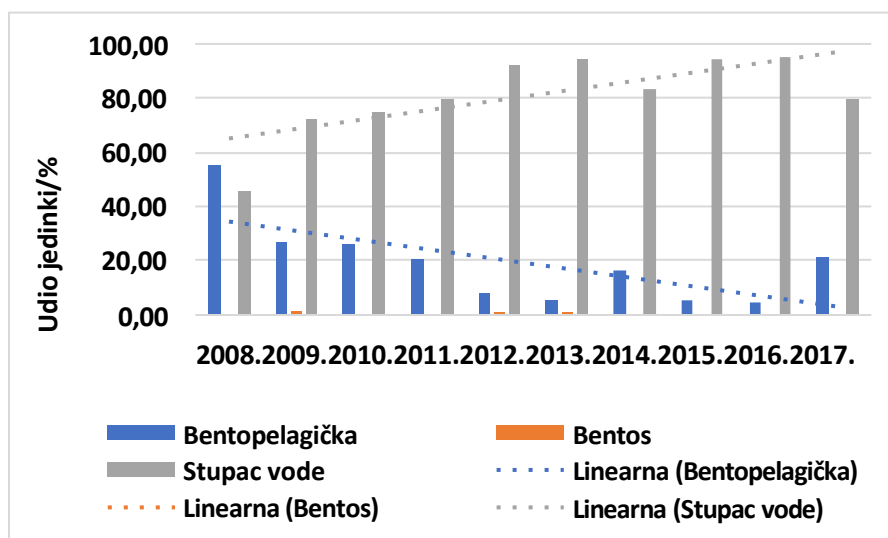
<i>Esox lucius</i>	Vodeni stupac	Fitofil	Piscivor	Euritopna	Alohtona
<i>Gambusia holbrooki</i>	Vodeni stupac	Živorodna	Invertivor	Limnofilna	Alohtona
<i>Lepomis gibbosus</i>	Vodeni stupac	Litofil	Invertivor	Limnofilna	Alohtona
<i>Padogobius bonelli</i>	Bentos	Fitolitofil	Invertivor	Euritopna	Autohtona
<i>Rutilus rutilus</i>	Vodeni stupac	Fitolitofil	Omnivor	Euritopna	Alohtona
<i>Sander lucioperca</i>	Vodeni stupac	Fitofil	Piscivor	Euritopna	Alohtona
<i>Squalius squalus</i>	Vodeni stupac	Litofil	Omnivor/Piscivor	Euritopna	Autohtona
<i>Tinca tinca</i>	Bentopelagička	Fitofil	Omnivor	Limnofilna	Alohtona

### 5.3.2. Kvantitativni sastav

U svim grafovima Linearna predstavlja crtu trenda koja prognozira kretanje udjela jedinki unutar ekoloških grupa Stupac vode, Supstrat za mrijest, Prehrambena strategija, Ekološki zahtjevi i Strana vrsta u istarskim vodotocima tijekom desetogodišnjeg razdoblja.

#### Stupac vode

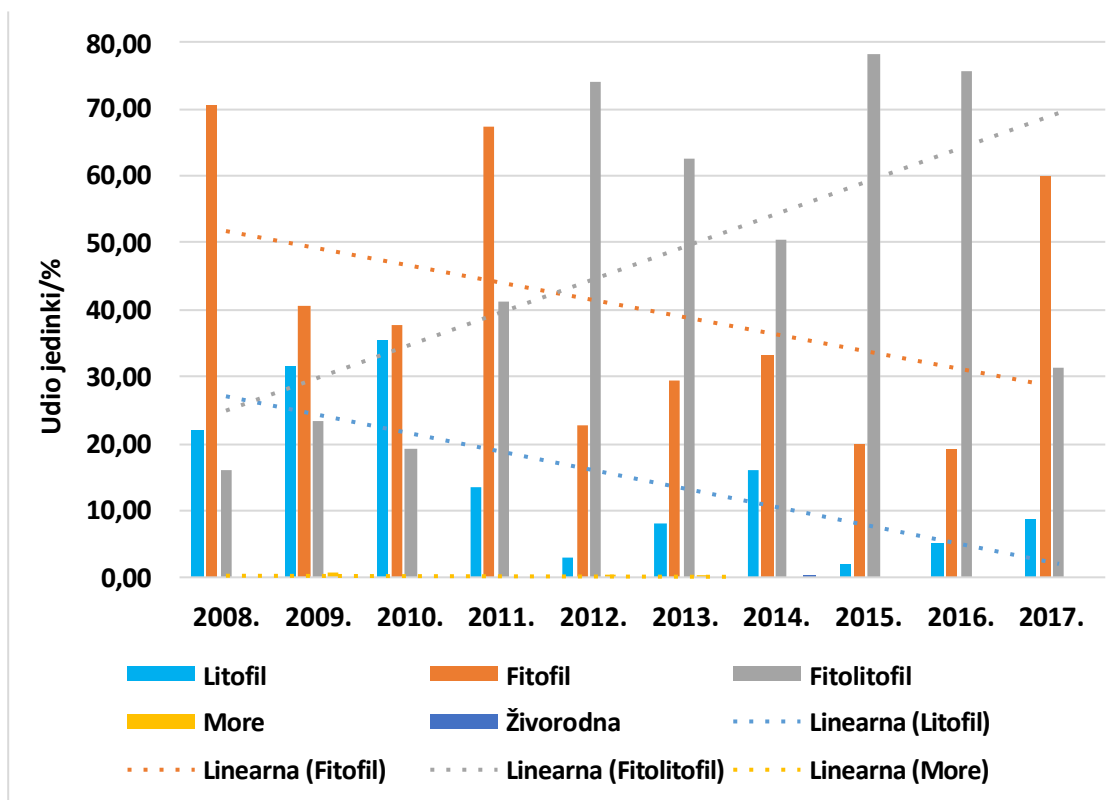
Tijekom desetogodišnjeg razdoblja, udio jedinki koje žive u vodenom stupcu se povećava, dok se udio jedinki bentičkih i bentopelagičkih vrsta smanjuje (Slika 47). Maksimalan udio jedinki koje žive u vodenom stupcu iznosi 95,45%, a minimalan 45,30%. Maksimalan udio jedinki bentičkih vrsta iznosi 1,14%, a minimalan 0,00%. Maksimalan udio jedinki bentopelagičkih vrsta iznosi 54,70%, a minimalan 4,55%.



Slika 47. Udio jedinku unutar ekološke grupe Stupac vode

### Supstrat za mrijest

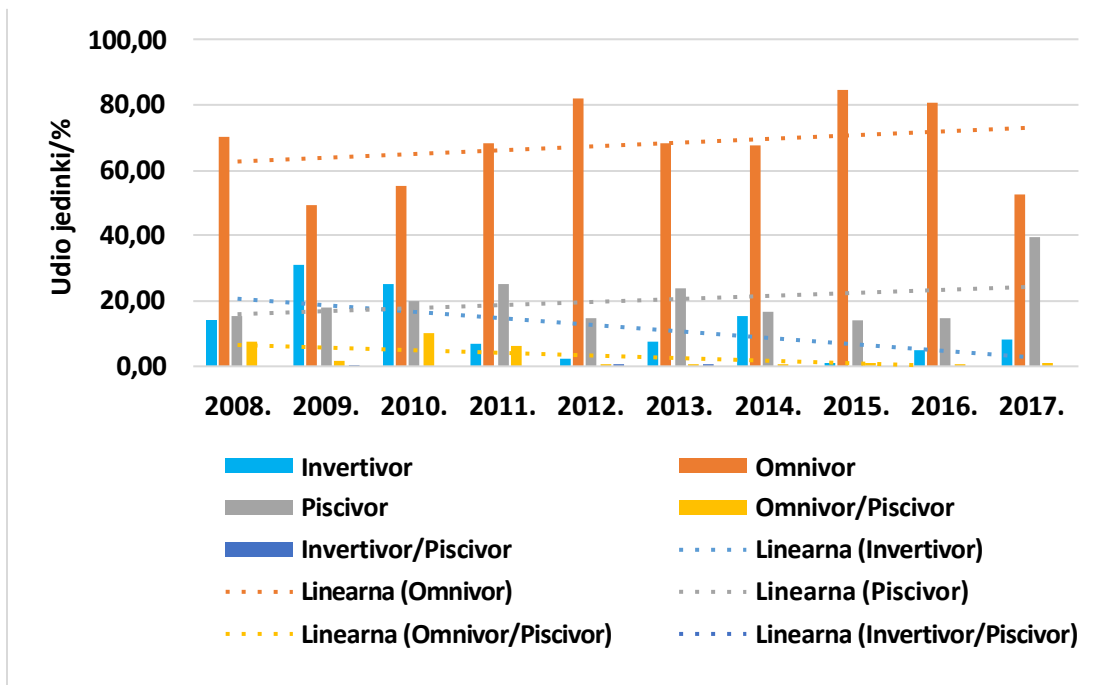
Tijekom desetogodišnjeg razdoblja, smanjuje se udio jedinki unutar litofilnih, fitofilnih i vrsta koje se mrijeste u moru, dok se udio jedinki fitolitofilnih vrsta povećava. (Slika 48). Maksimalan udio jedinki litofilnih vrsta iznosi 35,52%, a minimalan 1,97%. Maksimalan udio jedinki fitofilnih vrsta iznosi 70,45%, a minimalan 19,34%. Maksimalan udio jedinki fitolitofilnih vrsta iznosi 78,30%, a minimalan 15,91%. Maksimalan udio vrsta koje se mrijeste u moru iznosi 0,68%, a minimalan 0,00%. Maksimalan udio jedinki živorodnih vrsta iznosi 0,20%, a minimalan 0,00%.



**Slika 48.** Udio jedinki unutar ekološke grupe Supstrat za mrijest

### Prehrambena strategija

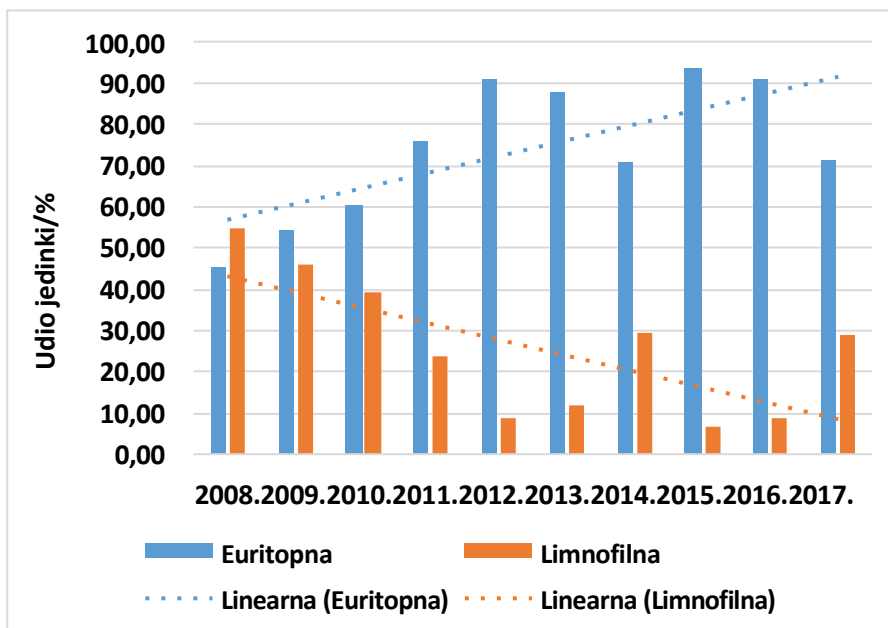
Tijekom desetogodišnjeg razdoblja, udio jedinki omnivornih i piscivornih vrsta raste, dok se istovremeno udio jedinki ostalih grupa smanjuje (Slika 49). Maksimalan udio jedinki invertivornih vrsta iznosi 30,75%, a minimalan 1,18%. Maksimalan udio jedinki omnivornih vrsta iznosi 84,62%, a minimalan 49,43%. Maksimalan udio jedinki piscivornih vrsta iznosi 39,20%, a minimalan 14,20%. Maksimalan udio jedinki unutar grupe *Omnivor/Piscivor* iznosi 10,38%, a minimalan 0,40%. Maksimalan udio jedinki unutar grupe *Invertivor/Piscivor* iznosi 0,68%, a minimalan 0,00%.



**Slika 49.** Udio jedinki unutar ekološke grupe Prehrambena strategija

### Ekološki zahtjevi

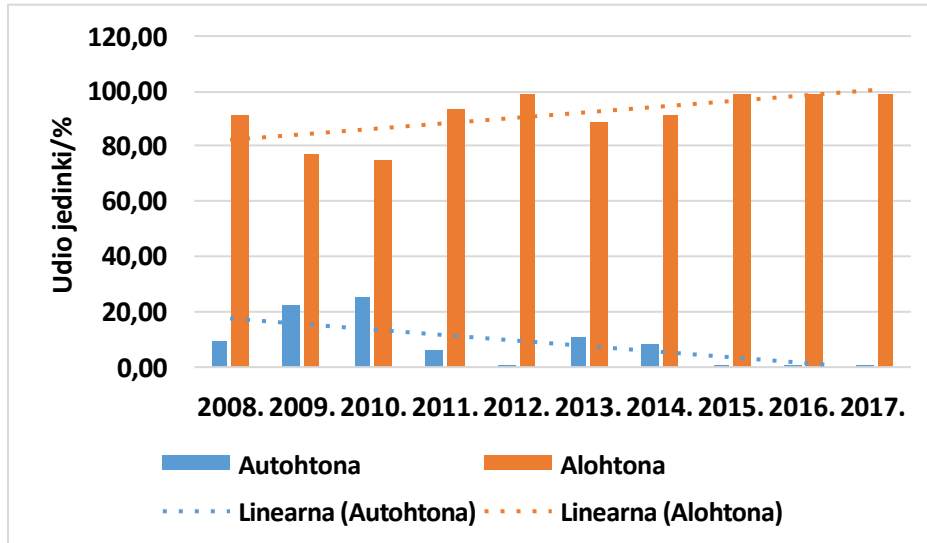
Tijekom desetogodišnjeg razdoblja, udio jedinki euritopnih vrsta se povećava, dok se udio jedinki limnofilnih vrsta smanjuje smanjuje (Slika 50). Maksimalan udio jedinki euritopnih vrsta iznosi 93,29%, a minimalan 45,46%. Maksimalan udio jedinki limnofilnih vrsta iznosi 54,54%, a minimalan 6,71%.



**Slika 50.** Udio jedinki unutar ekološke grupe Ekološki zahtjevi

## Strana vrsta u istarskim vodotocima

Tijekom desetogodišnjeg razdoblja, raste udio jedinki alohtonih vrsta, dok se udio jedinki autohtonih vrsta smanjuje. Maksimalan udio jedinki autohtonih vrsta iznosi 25,13%, a minimalan 0,69%. Maksimalan udio jedinki alohtonih vrsta iznosi 99,20%, a minimalan 74,87%.

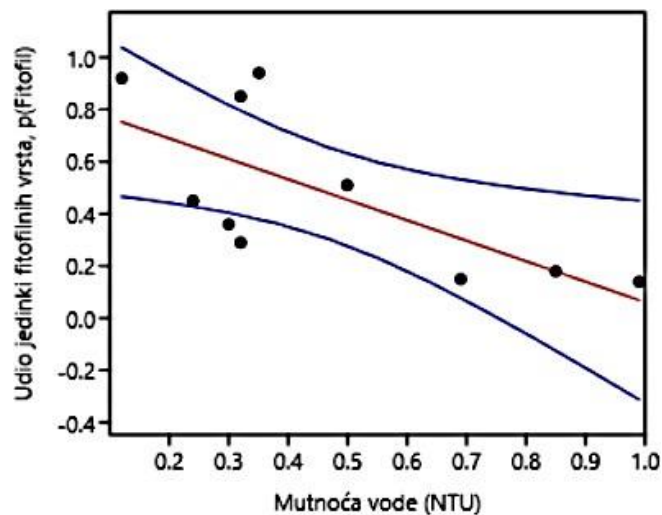


Slika 51. Udio jedinki unutar ekološke grupe Strana vrsta u istarskim vodotocima

## 5.4. Utjecaj mutnoće vode na sastav ihtiofaune

### 5.4.1. Udio fitofilnih vrsta

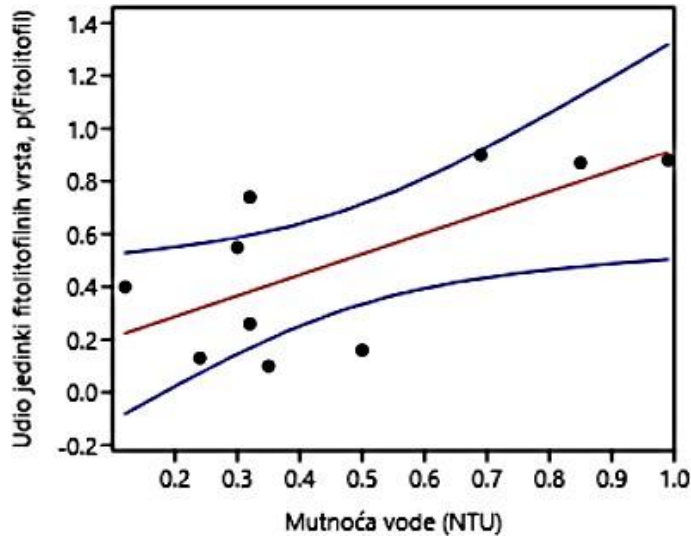
Udio jedinki fitofilnih vrsta pokazuje jak, statistički značajan negativan odgovor na mutnoću vode ( $p = 0,0191$ ,  $r = -0,7026$ ,  $r^2 = 0,4931$ ), što znači da se udio jedinki fitofilnih vrsta smanjuje kako se mutnoća vode povećava (Slika 52).



Slika 52. Linearna regresija između udjela jedinki fitofilnih vrsta i mutnoće vode

#### 5.4.2. Udio jedinki fitolitofilnih vrsta

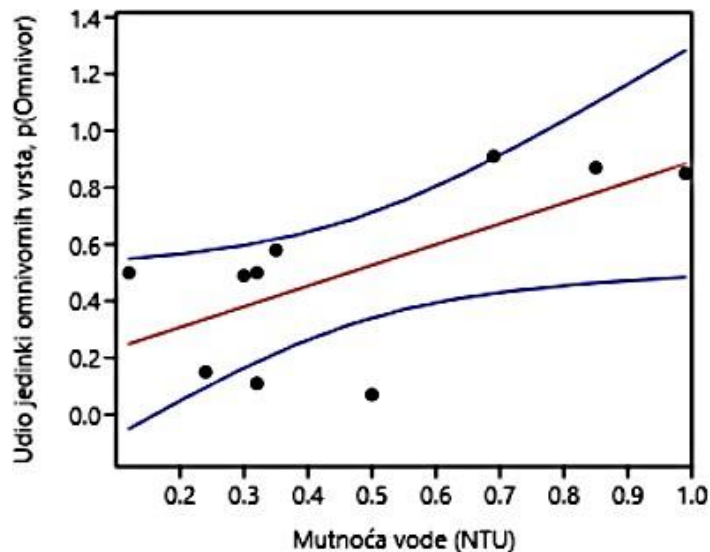
Udio jedinki fitolitofilnih vrsta pokazuje statistički značajan pozitivan odgovor na mutnoću vode ( $p = 0,0305$ ,  $r = 0,68103$ ,  $r^2 = 0,46381$ ), što znači da udio jedinki fitolitofilnih vrsta raste kako se mutnoća vode povećava (Slika 53).



Slika 53. Linearna regresija između udjela jedinki fitolitofilnih vrsta i mutnoće vode

#### 5.4.3. Udio jedinki omnivornih vrsta

Udio jedinki omnivornih vrsta pokazuje statistički značajan pozitivan odgovor na mutnoću vode ( $p = 0,0356$ ,  $r = 0,6586$ ,  $r^2 = 0,43776$ ), što znači da udio jedinki omnivornih vrsta raste kako se mutnoća vode povećava (Slika 54).

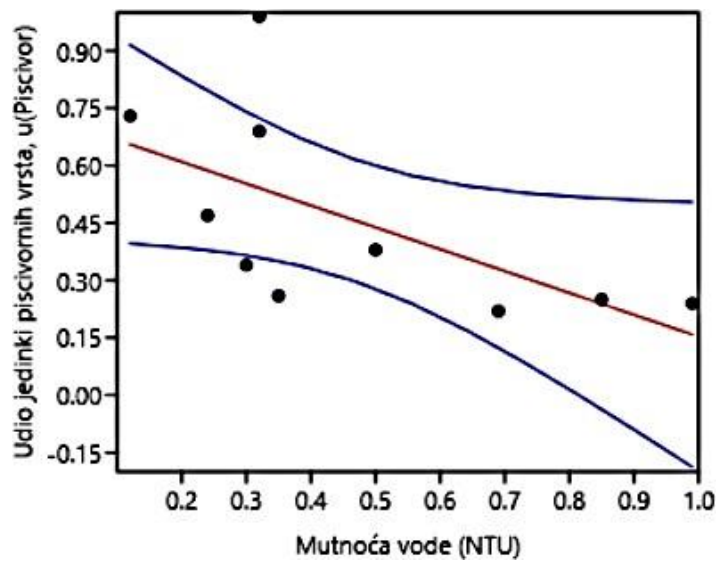


Slika 54. Linearna regresija između udjela jedinki omnivornih vrsta i mutnoće vode



#### 5.4.4. Udio jedinki piscivornih vrsta

Udio jedinki piscivornih vrsta pokazuje statistički značajan negativan odgovor na mutnoću vode ( $p = 0,0463$ ,  $r = -0,6209$ ,  $r^2 = 0,38476$ ), što znači da udio jedinki piscivornih vrsta opada kako se mutnoća vode povećava (Slika 55).



Slika 55. Linearna regresija između udjela jedinki piscivornih vrsta i mutnoće vode

## 6. RASPRAVA

### 6.1. Kvalitativni i kvantitativni sastav ihtiofaune

Četiri vrste su autohtone (*Anguilla anguilla*, *Alburnus arborella*, *Padogobius bonelli* i *Squalius squalus*), dok su ostale vrste alohtone (*Carassius gibelio*, *Gambusia holbrooki*, *Lepomis gibbosus*, *Cyprinus carpio*, *Esox lucius*, *Rutilus rutilus*, *Sander lucioperca* i *Tinca tinca*).

S obzirom na stagnaciju broja jedinki štuke i istovremeno povećanje biomase, može se pretpostaviti da je populacija dosegla maksimum i da u njoj dominiraju jedinke većeg habitusa. Biomasa i brojnost smuđa povećale su se zbog toga što se povećala i biomasa i brojnost bodorki, koje su mu glavna hrana (Persson i Brönmark 2002).

Bodorke u akumulacijama sklone su eksplozivnom razmnožavanju, a da bi se njihova populacija mogla držati pod kontrolom, udio jedinki piscivornih vrsta mora biti veći od 30% (Vašek i sur. 2013; Kyritsi i Kokkinakis 2020). S obzirom da unošenje novih stranih vrsta nije prihvatljivo sa stajališta zaštite prirode, potrebno je posegnuti za drugim metodama. Nepoželjne vrste riba mogu se uklanjati otrovima ili izlovom. Otrovi također nisu poželjni, jer su neselektivni (Hansson i Brönmark 2017). Uspješnost izlova ovisi o intenzitetu ribolovnog napora. Nije isto izloviti 1 tonu riba svake godine tijekom desetogodišnjeg razdoblja ili 10 tona samo jedanput tijekom desetogodišnjeg razdoblja. Ako je intenzitet ribolovnog napora prenizak, visoki reproduktivni potencijal riba može kompenzirati mortalitet (Hansson i Brönmark 2010). Budući da bodorka preferira litoralno područje s blagim nagibom, muljevitim dnom i umjerenom pokrivenošću makrofitima, na takvo područje bi trebalo postavljati lebdeće mreže (Brosse i Lek 2000).

Smanjenje brojnosti i istovremeno povećanje biomase linjaka ukazuje na to da u populaciji dominiraju jedinke većeg habitusa koje ne mogu biti plijen piscivornih riba zbog svoje veličine. Smanjenje broja jedinki i biomase primorske uklije, babuške, šarana, sunčanice i bijelog klana u akumulaciji ukazuje na to da predatorski pritisak smuđa i štuke može kontrolirati njihovu brojnost.

Rezultati biomase i brojnosti za jegulju, gambuziju i slatkovodnog glavočića ukazuju na to da te vrste rijetko budu uhvaćene u mrežu. Metoda lova ribolovnim elektroagregatom je

učinkovitija kod hvatanja ovih vrsta. Kako je ova metoda ovdje korištena kao dopunska metoda, nije bilo moguće uloviti navedene vrste u svakoj godini.

Biomasa i brojnost riba u akumulacijama povezane su s evolucijom vodenog tijela od trenutka njegovog postanka. Proces ekspanzije te visoka brojnost i biomasa karakteriziraju pionirsku fazu (Encina i sur. 2006). Druga faza, koju karakteriziraju varijacije u broju vrsta, biomasi, brojnosti i stopi rasta, nastupa ovisno o geografskim, klimatskim i trofičkim uvjetima. U ovoj fazi ihtiofauna nastoji postići ravnotežno stanje i tu se javljaju fluktuacije koje ovise o vodnom režimu (Granado Lorenzo 1996). Nakon druge fazedolazi fazazrelosti. U ovoj se fazi ihtiofauna prilagođava kruženju nutrijenata i protoku energije unutar ekosustava. U slučaju otvorenih akumulacija (imaju više od jedne pritoke), biomasa i brojnost vrsta mogu se jako razlikovati od godine do godine (Granado Lorenzo 1992). S obzirom na sve navedeno, akumulacija Butoniga nalazi se u drugoj fazi.

## **6.2. Ekološke grupe riba u akumulaciji Butoniga**

Primorska uklija, štika, gambuzija, sunčanica, bodorka, smuđ i bijeli klen žive u vodenom stupcu, jegulja i slatkovodni glavočić su bentičke vrste, dok su šaran, babuška i linjak bentopelagičke vrste. Pad broja jedinki bentičkih i bentopelagičkih vrsta veći je u odnosu na broj jedinki koje žive u vodenom stupcu, zato što je kod bentopelagičkih vrsta samo linjak stalno prisutan tijekom desetogodišnjeg razdoblja, a kod bentičkih vrsta nijedna nije stalno prisutna.

Babuška, šaran, štika, smuđ i linjak su fitofilne vrste, a primorska uklija, slatkovodni glavočić i bodorka su fitolitofilne vrste. Razdoblje mrijesta preklapa se kod primorke uklije, babuške šarana, bodorke, smuđa i linjaka. Budući da se bodorka i smuđ mrijeste u sličnom temperaturnom rasponu, a poznato je da temperatura vode određuje razdoblje mrijesta, može doći do kompeticije za stanište za mrijest (Treer i sur. 1995; Ribeiro i Leunda 2012). Sličan raspon temperature za mrijest kod primorske uklije, babuške i šarana također može dovesti do kompeticije za stanište za mrijest. Štika nije u kompeticiji za stanište za mrijest, zato jer se mrijesti prije drugih vrsta u akumulaciji. Linjak također nije u kompeticiji za stanište za mrijest, zao što se mrijesti pri temperaturnom rasponu koji drugim vrstama ne odgovara za mrijest (Kottelat i Freyhof 2007; Ribeiro i Leunda 2012). Sunčanica (grupa *Litofil*) i slatkovodni glavočić (grupa *Fitolitofil*) mrijeste se na sličan način, u sličnom temperaturnom i vremenskom

rasponu te između njih također može doći do kompeticije za stanište za mrijest (Holtan i sur. 1998; Ribeiro i Leunda 2012). Jegulja je jedina vrsta u akumulaciji koja se mrijesti u moru. Brane prekidaju riječni kontinuitet, modificiraju protok vode i to se negativno odražava na stopu preživljavanja jegulja tijekom njihove slatkovodne faze (Watz i sur. 2019).

Najveći udio jedinki u akumulaciji Butoniga pripada omnivornim vrstama i to je karakteristika većine akumulacija (Stein i sur. 1996). Postoje dva razloga zašto su omnivori dominantni u akumulacijama. Prvi je taj što se i autohtone i strane vrste moraju prilagoditi staništu, a vrste koje konzumiraju više različitih tipova hrane su uspješnije u pronalaženju hrane. Drugi razlog je taj što se, u slučaju smanjene količine jednog tipa hrane, omnivorne vrste mogu prebaciti na tip hrane koji im je dostupniji u njihovom okolišu (Edds i sur. 2002). Primorska uklija i bijeli klen mogu ući u kompeticiju sa sunčanicom koja je invertivorna vrsta, babuškom, šaranom i linjakom, zato jer su akvatički beskralježnjaci glavna hrana svih ovih vrsta. Udio jedinki omnivornih vrsta se smanjio zbog pada broja jedinki koje pripadaju omnivornim vrstama. Udio jedinki invertivornih vrsta se smanjio zbog pada broja jedinki koje pripadaju invertivornim vrstama.

Smuđ i štika su piscivorne vrste u akumulaciji Butoniga. Smuđ u svojoj prehrani preferira plijen koji je manji od 47% njegove duljine i 12% njegove mase (Treer i sur. 1995). Različite uzrasne kategorije smuđa pokazuju preferencije prema određenim vrstama. Tako se smuđevi manji od 25 cm hrane glavočima i uklijama (Peltonen i sur. 1996). Smuđevi, čija se duljina tijela kreće između 25 i 73 cm i više, hrane se bodorkama, šaranima i drugim ciprinidnim vrstama (Persson i Brönmark 2002). Kod smuđa je izražen i kanibalizam, osobito kada je količina plijena mala ili je broj jedinki manjih uzrasnih kategorija velik, a svrhamu je regulacija veličine populacije smuđa (Frankiewicz i sur. 1999). Odrasle štuke predstavljaju model pravih piscivornih riba, zato što ne pokazuju preferencije prema određenim ekološkim ili sistematskim grupama (Mikl i sur. 2017). Zabilježeno je da se štika hrani bodorkama, babuškama i drugim ciprinidnim vrstama, glavočima, jeguljama, a pojesti će i sunčanicu (Deelder 1970; Holtan i sur. 1998; Didenko i Gurbyk 2016). Kod štika je također zabilježen kanibalizam čiji je uzrok kompeticija za hranu i stanište (Polis 1988). Štika i smuđ nisu uspjeli u potpunosti eliminirati bijelog klenu, bodorku, sunčanicu i linjaka, zato jer bodorka i sunčanica imaju visoki fekunditet, a bijeli klen i linjak mogu se mrijestiti više puta u jednoj godini (Kottelat i Freyhof

2007; Kyritsi i Kokkinakis 2020). Udio jedinki piscivornih vrsta povećao se zbog porasta broja jedinki smuđa.

S obzirom na ekološke zahtjeve, u akumulaciji Butoniga prisutne su samo euritopne i limnofilne vrste. Iz razdoblja prvih istraživanja (1987) zabilježeno je da su akumulaciju naseljavale i reofilne vrste (krkuš, mren i pijor (*Phoxinus phoxinus* Linnaeus, 1758)) koje su s vremenom nestale (Mustafić i sur. 2018). Izgradnjom brane nastaje novi ekosustav koji koloniziraju one vrste koje su bolje prilagođene na novonastale uvjete. U novom ekosustavu počinju dominirati euritopne i limnofilne vrste, zato jer je njihov životni ciklus manje zahtjevan od životnog ciklusa reofilnih vrsta (Agostinho i sur. 2008). Zbog promjena uvjeta u ekosustavu, spomenutih u odlomku 1.1.1., reofilne vrste nestaju (Zhong i Power 1996). Povećanju udjela jedinki euritopnih vrsta pridonijeli su bodorka i smuđ, dok se udio jedinki limnofilnih vrsta smanjio, zato što se smanjio udio jedinki sunčanice i linjaka.

U ekološkoj grupi *Strana vrsta u istarskim vodotocima*, raste udio jedinki alohtonih vrsta, dok se udio jedinki autohtonih vrsta smanjuje. Povećanje broja jedinki smuđa i bodorke uzrokuje porast udjela jedinki alohtonih vrsta. Smanjivanje udjela jedinki autohtonih vrsta uzrokovao je pad broja jedinki primorske uklije i bijelog klana.

### **6.3. Utjecaj mutnoće vode na sastav ihtiofaune**

Udio jedinki fitofilnih vrsta pokazao je vrlo visoku negativnu korelaciju s mutnoćom vode. Povećana mutnoća vode ograničava rast submerznih makrofita i oni s vremenom odumiru, a posljedica je smanjivanje površine staništa za mrijest. To smanjivanje uzrokuje intraspecijsku kompeticiju (Parks i sur. 2014). Babuška, šaran, štuka, smuđ i linjak su obligatni fitofili, što znači da se ne mogu mrijestiti bez prisutnosti vodene vegetacije (Dibble i sur. 1997). Makrofiti ovim vrstama služe i kao zaklon od predatora tijekom ličinačkog i postličinačkog stadija, što znači da gubitkom makrofita postaju ranjiviji na predaciju (Wilcox i Meeker 1992).

Udio jedinki fitolitofilnih i omnivornih vrsta pokazao je visoku pozitivnu korelaciju s mutnoćom vode, dok je udio jedinki piscivornih vrsta pokazao visoku negativnu korelaciju. U mutnoj vodi dolazi do rasipanja svjetlosti, što za posljedicu ima smanjenje kontrasta između pozadine i objekta. Kako udaljenost između oka i objekta raste, tako se eksponencijalno smanjuje kontrast između pozadine i objekta. Iz toga proizlazi da će vidljivost krupnijeg plijena, kojeg je moguće primijetiti na većoj udaljenosti, biti više smanjena nego vidljivost

sitnijeg plijena, kojeg je moguće primijetiti na manjoj udaljenosti. To znači da u mutnoj vodi vidljivost može biti takva da štika ne može procijeniti veličinu plijena i time se smanjuje njezina sposobnost selektiranja plijena prema veličini (Utne Palm 2002). Vjerojatnost susreta predatora i plijena određuje snagu njihove interakcije. Kako se mutnoća vode povećava, tako se ta vjerojatnost smanjuje, zato jer je sposobnost detekcije plijena proporcionalna štukinom vidnom polju (Mazur i Beauchamp 2003). Za razliku od štuke, mutna voda ne smanjuje sposobnost smuđa kao predatora. Iako se hrani i noću u bistroj vodi, preferira lov u mutnoj vodi, što mu omogućuje građa očiju (Miles i sur. 1999). Iako lovi u mutnoj vodi, ne podnosi niske koncentracije kisika (Sonesten 1991). Mutnoća vode i koncentracija kisika su obrnuto proporcionalne (Argenal i Gomez 2006). Ako je mutnoća previsoka, tada nepovoljno djeluje na smuđa zbog njegove osjetljivosti na niske koncentracije kisika (Sonesten 1991). Udio fitolitofilnih i omnivornih vrsta je pozitivno korelirano s mutnoćom, zato jer povećanje mutnoće smanjuje učinkovitost štuke koja je vršni predator u akumulaciji Butoniga, a hrani se omnivornim i fitolitofilnim vrstama.

## 7. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata dobivenih ovim istraživanjem, mogu se izvesti slijedeći zaključci:

1. Tijekom desetogodišnjeg razdoblja, smanjenje broja jedinki i biomase primijećeno je kod primorske uklije, bijelog klana, babuške, šarana i sunčanice, kod linjaka se samo broj jedinki smanjio, brojnost štuke stagnira uz povećanje biomase, dok su se brojnost i biomasa bodorke i smuđa povećali.
2. Dominaciji alohtonih vrsta najviše je pridonijelo povećanje brojnosti i biomase bodorke i smuđa.
3. Zbog promjene staništa došlo je do nestanka reofilnih vrsta, a euritopne i limnofilne vrste preuzele su dominaciju.
4. Kod prehrambenih grupa dominiraju omnivorne vrste zbog mogućnosti korištenja različitih tipova hrane.
5. Mutnoća vode smanjila se tijekom desetogodišnjeg razdoblja zbog povećanja biomase i broja jedinki piscivornih vrsta te smanjenja biomase i broja jedinki omnivornih vrsta koje uzrokuju povećanje mutnoće vode (šaran i babuška).

## 8. LITERATURA

- Aarts B., Nienhuis P.H. (2003): Fish zonations and guilds as the basis for assessment of ecological integrity of large rivers. *Hydrobiologia*. 500: 157-178.
- Agostinho A.A., Pelicice F.M., Gomes L.C. (2008): Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Braz. J. Biol.* 68:1119–1132.
- Allan J. D. (1995): *Stream Ecology: Structure and Function of Running Water*. Chapman & Hall, New York.
- Argenal R., Gomez R. (2006): The effects of turbidity on dissolved oxygen levels in various water samples
- Bain M.B., Finn J.T, Booke H.E. (1988): Streamflow regulation and fish community structure. *Ecology* . 69: 382–392.
- Balon E.K.(1975): Reproductive guilds of fishes: a proposal and definition. *J. Fish. Res. Board Can.* 32: 821–864.
- Balon E.K.(1981): Additions and amendments to the classification of reproductive styles in fishes. *Environ. Biol. Fishes* 6: 377–389.
- Balon E.K. (1990): Epigenesis of an epigenetisist : the development of some alternative concepts on the early ontogeny and evolution of fishes. *Guelph Ichthyol. Rev.* 1: 11 –48.
- Brönmark C., Hansson L. A. (2017): *The biology of lakes and ponds*. Oxford university press.
- Brosse S., Lek S. (2000): Modelling roach (*Rutilus rutilus*) microhabitat using linear and nonlinear techniques. *Freshw. Biol.* 44(3): 441-452.
- 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. Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb



Buj I., Zanella D., Čaleta M., Mustafić P., Marčić Z., Ivić L. (2021): Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i znatno promijenjena tijela površinskih voda-IV. Dio: Tekućice Dinaridske ekoregije. Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb

Carpenter S.R., Kitchell J.F., Hodgson J.R. (1985): Cascading trophic interactions and lake productivity: Fish predation and herbivory can regulate lake ecosystem. *Bioscience*. 35 : 634–639.

Čaleta, 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, 116 str.

Čaleta M., Marčić Z., Buj I., Zanella D., Mustafić P., Duplić A., Horvatić S. (2019): A review of extant Croatian freshwater fish and LAMPREYS Annotated list and distribution. *Ribar. Croat. J. Fish.* 77: 3.

Deelder, C. (1970): Synopsis of biological data of the eel *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758). *FAO Fish. Synop.* 80: 68.

Dibble E. D., Killgore K. J., Harrel S. L. (1997): Assessment of fish-plant interactions.

Didenko A.V., Gurbyk A.B. (2016): Spring diet and trophic relationships between piscivorous fishes in Kaniv Reservoir (Ukraine). *Folia Zool.* 65: 15–26.

Edds D. R., Matthews W. J., Gelwick F. P. (2002): Resource use by large catfishes in a reservoir: is there evidence for interactive segregation and innate differences?. *J. of Fish Biol.* 60(3): 739-750.

Encina L., Rodríguez A., Granado Lorenzo C. (2006): The Iberian ichthyofauna: ecological contributions. *Limnetica*. 25 (1-2): 349-375.

Frankiewicz P., Dabrowski K., Martyniak A., Zalewski M. (1999): Cannibalism as a regulatory force of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.), population dynamics in the lowland Sulejow reservoir (Central Poland). *Shallow Lakes' 98: Trophic Interactions in Shallow Freshwater and Brackish Waterbodies*. 47-55.

Granado Lorenzo C. (1992): Fish species ecology in Spanish freshwater ecosystems. *Limnética*. 8: 255-261.

Granado Lorenzo C. (1996): *Ecologia de Peces*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Serie Ciencia. 45: 265.

Gulati R., van Donk E. (2002): Lakes in the Netherlands, their origin, eutropication and restoration: State-of-the-art review. *Hydrobiologia*. 478: 73–106.

Habdija I., Primc B. (2019): *Limnologija: Ekologija slatkih voda*. Alfa d.d., Zagreb

Hairston N.G., Smith F.E., Slobodkin L.B. (1960:) Community structure, population control, and competition. *Am. Nat.* 94: 421–425.

Hajduk Černeha B. (2007): Akumulacija Butoniga- Pritisci u slivu i zaštita voda. U: Rubinić J. (ur.), *Zbornik radova znanstveno-stručnog skupa Upravljanje jezerima i akumulacijama u Hrvatskoj-procesi, zaštita i valorizacija s međunarodnim sudjelovanjem*, Hrvatsko društvo za zaštitu voda, Zagreb, str. 97.

Hajduk Černeha B. (2021): Akumulacija Butoniga u Istri- Prva iskustva u korištenju za vodoopskrbu. U: Cerkvenik S. (ur.), *Zbornik referatov simpozija Vodni dnevi 2021 z mednarodno udeležbo*, Slovensko društvo za zaščito voda, Ljubljana, str. 55.

Hansson L.A., Annadotter H., Bergman E. (1998): Biomanipulation as an application of food chain theory: Constraints, synthesis and recommendations for temperate lakes. *Ecosystems*. 1: 558–574.

Hansson L.A., Brönmark C. (2010): Biomanipulation of aquatic ecosystems. U: Gene E. Likens (ur.) *Ecology: A global perspective*. Academic Press, London, str. 396-402.

Hansson L. A., Bergman E. (2013): Nutrient reduction and biomanipulation as tools to improve water quality: the Lake Ringsjön story (Vol. 140). Springer Science & Business Media, Berlin

Hansson L.A., Brönmark C. (2017): *The biology of ponds and lakes*. Oxford university press, Oxford

Hilt S., Gross E. M., Hupfmer M., Melzer A.(2006): Restoration of submerged vegetation in shallow eutrophic lakes – A guideline and state of the art in Germany. *Limnologica*. 36: 43-51.

Holtan, P., Jordan D., Evermann B. (1998): *Pumpkinseed*. Wisconsin Department of Natural Resources Bureau of Fisheries Management, Wisconsin.

Horppila J.H., Peltonen T., Malinen E.L., Kairesalo T. (1998): Topdown or bottom-up effects by fish – Issues of concern in biomanipulation of lakes. *Restor. Ecol.* 6: 1–10.

Hosper S.H., Meijer M.L. (1993): Biomanipulation, will it work for your lake? A simple test for the assessment of chances for clear water, following drastic fish-stock reduction in shallow eutrophic lakes. *Ecol. Eng.* 2: 63–72.

Jungwirth M., Haidvogel G., Moog O., Muhar S., Schmutz S. (2003): *Angewandte Fischökologie an Fließgewässern*. Facultas Universitätsverlag, Wien

Kimmel BL, Groeger AW (1984) Factors controlling primary production in lakes and reservoirs: a perspective. *Lake Reserv. Manag.* 1: 277–281.

Koran M., Adamík P. (2007): Foraging guild structure within a primaevial mixed forest bird assemblage: A comparison of two concepts. *Community Ecol.* 8: 133–149.

Kottelat, M. and J. Freyhof. 2007. *Handbook of European freshwater fishes*. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany.

Kryzhanovsky S.G. (1948): *Ecological groups of fishes and principles of their development*. Inst. Rybn. Khoz. Oceanogr. Russian Federal Research Institute of Fishery and Oceanography, VNIRO. 27: 1–114 (in Russian)

Kyritsi S., Kokkinakis A. K. (2020): Age, growth, reproduction and fecundity of roach *Rutilus rutilus* from Volvi Lake, Northern Greece. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 20(10): 717-726.

Leiner S., Povž M., Mrakovčić M. (1995): *Freshwater fish in Istrian peninsula*.

Li J., Dong S., Peng M., Yang Z., Liu S., Li X. (2013): Effects of damming on the biological integrity of fish assemblages in the middle Lancang-Mekong River basin. *Ecol. Indic.* 34: 94–102.

MacMahon J.A., Schimpf D.J., Andersen D.C., Smith K.G., Bayn, R.L. (1981): An organism centered approach to some community and ecosystem concepts. *J. Theor. Biol.* 29: 287–307.

Mazur M.M., Beauchamp D.A. (2003): A comparison of visual prey detection among species of piscivorous salmonids: effects of light and low turbidities. *Environ. Biol. Fish.* 67(4): 397–405.

Mihinjač T., Sučić I., Špelić I., Vucić M., Ješovnik A. (2019): Strane vrste slatkovodnih riba u Hrvatskoj. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike i udruga Hyla, Zagreb

Mikl L., Adámek Z., Roche K., Všetičková L., Šlapanský L., Jurajda P. (2017): Invasive Ponto-Caspian gobies in the diet of piscivorous fish in a European lowland river. *Fundam. Appl. Limnol.* 190: 157–171.

Miles T., Ford M., Gathercole P. (1999): Praktični ribolov: Enciklopedija. Leo Commerce d.o.o., Rijeka

Mrakovčić M., Mustafić P., Mišetić S., Plenković Moraj A., Kerovec M., Mihaljević Z., Ternjej I., Horvatić J., Zanella D., Čaleta M., Marčić Z., Buj I., Gligora Udovič M., Kralj Borojević K., Žutinić P. (2014): Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2013. godine, Prirodoslovno- matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb

Mrakovčić M., Mustafić P., Mišetić S., Plenković Moraj A., Kerovec M., Mihaljević Z., Ternjej I., Zanella D., Čaleta M., Marčić Z., Buj I., Gligora Udovič M., Kralj Borojević K., Žutinić P. (2011): Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2010. godine, Prirodoslovno- matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb

Mrakovčić M., Mustafić P., Mišetić S., Plenković Moraj A., Kerovec M., Mihaljević Z., Ternjej I., Zanella D., Čaleta M., Marčić Z., Buj I., Gligora Udovič M., Kralj Borojević K., Žutinić P. (2012): Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2011. godine, Prirodoslovno- matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb

Mrakovčić M., Mustafić P., Mišetić S., Plenković Moraj A., Kerovec M., Mihaljević Z., Ternjej I., Zanella D., Čaleta M., Marčić Z., Buj I., Gligora Udovič M., Kralj Borojević K., Žutinić P. (2013): Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2012. godine, Prirodoslovno- matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb

Mrakovčić M., Mustafić P., Mišetić S., Plenković-Moraj A., Kerovec M., Mihaljević Z., Ternjej I., Zanella D., Čaleta M., Marčić Z., Buj I., Brigić A., Kralj-Borojević K. (2009): Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2008. godine, Prirodoslovno- matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb

Mrakovčić M., Mustafić P., Mišetić S., Plenković-Moraj A., Kerovec M., Mihaljević Z., Ternjej I., Zanella D., Čaleta M., Marčić Z., Buj I., Kralj-Borojević K., Žutinić P. (2010): Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2009. godine, Prirodoslovno- matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb

Mrakovčić, M., Brigić, A., Buj, I., Čaleta, M., Mustafić, P. i Zanella, D. (2006): Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Ministarstvo kulture i Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb

Mustafić P., Mrakovčić M., Plenković-Moraj A., Mihaljević Z., Ternjej I., Kerovec M., Zanella D., Marčić Z., Čaleta M., Žutinić P., Gligora Udovič M., Kulaš A., Žutinić P. (2018): Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2017. godine, Prirodoslovno- matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb

Mustafić P., Mrakovčić M., Plenković Moraj A., Mihaljević Z., Ternjej I., Kerovec M., Zanella D., Čaleta M., Marčić Z., Žutinić P., Kralj Borojević K., Gligora Udovič M. (2015): Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2014. godine, Prirodoslovno- matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb

Mustafić P., Mrakovčić M., Plenković Moraj A., Mihaljević Z., Ternjej I., Kerovec M., Zanella D., Čaleta M., Marčić Z., Žutinić P., Gligora Udovič M. (2016): Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2015. godine, Prirodoslovno- matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb

Mustafić P., Mrakovčić M., Plenković Moraj A., Mihaljević Z., Ternjej I., Kerovec M., Zanella D., Čaleta M., Marčić Z., Žutinić P., Gligora Udovič M. (2017): Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2016. godine, Prirodoslovno- matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb

Nilsson C., Reidy C.A., Dynesius M., Revenga C. (2005): Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science* 308: 405–408.

Parks T.P., Quist M.C., Pierce C.L. (2014): Historical changes in fish assemblage structure in Midwestern Nonwadeable rivers. *Am Mid Nat.* 171:27–53.

Peltonen H., Rita H., Ruuhijrvi J. (1996): Diet and prey selection of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)) in Lake Vesijrvi analysed with a logit model. *Ann. Zool. Fenn.* 33: 481-487.

Perrow M.R., Meijer M.L., Dawidowicz P., Coops H. (1997): Biomanipulation in shallow lakes: State of the art. *Hydrobiologia*. 342/343: 355–365.

Polis G.A. (1988): Exploitation, competition and the evolution of interference, cannibalism, and intraguild predation in age/size-structured populations. U: Ebenham B. i Person L. (ur.), *Size-structured populations – ecology and evolution*, Springer Verlag, Berlin, str. 185–202.

Reynolds C.S. (1994): The ecological basis for the successful biomanipulation of aquatic communities. *Archiv für Hydrobiologie*. 130: 1–33.

Ribeiro F., Leunda P. M. (2012): Non-native fish impacts on Mediterranean freshwater ecosystems: current knowledge and research needs. *Fish. Manag. Ecol.* 19(2): 142-156.

Riđanović J. (1993): Hidrogeografija, drugo izmijenjeno i dopunjeno izdanje. Školska knjiga, Zagreb.

Root R.B. (1967): The niche exploitation pattern of the Blue-gray Gnatcatcher. *Ecol. Monogr.* vol. 37: 317–350.

Salkind, N. J. (2006): *Encyclopedia of measurement and statistics*. SAGE Publications, Inc., Thousand Oaks

Scheffer M., van Nes E. (2007): Shallow lakes theory revisited: Various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. *Hydrobiologia*. 584: 455–466.

Schiemer F., Waidbacher H.(1992): Strategies for conservation of a Danubian fish fauna. U: Boon P. J., Calow P., Petts G.E. (ur) *River Conservation and Management*, Wiley, Chichester, str. 363–382.

Shapiro J., Wright D.I. (1984): Lake restoration by biomanipulation: Round lake, Minnesota, the first two years. *Freshw. Biol.* 14: 371–383.

Søndergaard M., Jeppesen E., Lauridsen T., Skov C., Van Nes E., Roijackers R., Lammens E., Portielje R. (2007): Lake restoration: Successes, failures and long-term effects. *J. Appl. Ecol.* 44: 1095–1105.

Stein R.A., Bremigam M.T., Dettmers J.M. (1996): Understanding reservoir systems with experimental tests of ecological theory: A prescription for management. U: Miranda L.E. i De

Vries D.E. (ur.), American Fisheries Society Symposium 16, American Fisheries Society, Washington, DC, str. 12-22.

Ternjej I., Brigić A., Gottstein S., Ivković M., Kerovec M., Mihaljević Z., Previšić A. (2019): Terenske i laboratorijske vježbe i statističke metode u ekologiji. Školska knjiga, Zagreb

Treer T., Safner R., Aničić I., Lovrinov M. (1995): Ribarstvo. Nakladni zavod Globus, Zagreb

Turgeon K., Turpin C., Gregory-Eaves I. (2019): Dams have varying impacts on fish communities across latitudes: a quantitative synthesis. *Ecol. Lett.* 22(9): 1501-1516.

Utne Palm A.C. (2002): Visual feeding of fish in a turbid environment: Physical and behavioural aspects. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* 35(1-2): 111-128.

Vašek M., Prchalová M., Peterka J., Ketelaars H.A.M., Wagenvoort A.J., Čech M., Draštík V., Říha M., Jůza T., Kratochvíl M., Mrkvička T., Blabolil P., Bukal D. S., Kubečka J. (2013): The utility of predatory fish in biomanipulation of deep reservoir. *Ecol. Eng.* 52: 104-111.

Watz J., Nilsson P. A., Degerman E., Tamario C., Calles O. (2019): Climbing the Ladder: An Evaluation of Three Different Anguillid Eel Climbing Substrata and Placement of Upstream Passage Solutions at Migration Barriers. *Anim. Conserv.* 22(5): 452-462.

Wilcox D. A., Meeker J.E. (1992): Implications for faunal habitat related to altered macrophyte structure in regulated lakes in northern Minnesota. *Wetlands.* 12: 192-203.

Zhong Y., Power G. (1996): Environmental impacts of hydroelectric projects on fish resources in China. *Regul. Rivers. Res. Manag.* 12:81-98.

Internetski izvori:

Akumulacija Butoniga. Pristupljeno 4. 12. 2023.

[https://hr.wikipedia.org/wiki/Butoniga\\_%28jezero%29#/media/Datoteka:Butoniga-pregled-transparent.png](https://hr.wikipedia.org/wiki/Butoniga_%28jezero%29#/media/Datoteka:Butoniga-pregled-transparent.png)

Akumulacijsko jezero. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno 31. 7. 2023.

<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=1253>

The food web. Water on the Web. Pristupljeno 19. 10. 2023.

[https://waterontheweb.org/under/lakeecology/11\\_foodweb.html](https://waterontheweb.org/under/lakeecology/11_foodweb.html)



## ŽIVOTOPIS

Rođena sam 7. 1. 1997. godine u Sisku gdje sam završila Osnovnu školu Viktorovac i Tehničku školu Sisak, smjer ekološki tehničar. 2018. godine upisujem Prijediplomski sveučilišni studij Znanosti o okolišu na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Prijediplomski sveučilišni studij Znanosti o okolišu završila sam 2021. godine i stekla zvanje *univ. bacc. oecol.* 2021. godine, na istom fakultetu, upisujem Sveučilišni diplomski studij Znanosti o okolišu. 2022. godine sudjelovala sam na projektu "Uklanjanje invazivnih ribljih vrsta u Nacionalnom parku Plitvička jezera" koji je provodio Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu.