

Populacijska struktura i invazivnost crvenperke, *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) u Prošćanskom jezeru

Renić, Nikola

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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:217:765811>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-12**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Nikola Renić

**Populacijska struktura i invazivnost
crvenperke, *Scardinius erythrophthalmus*
(Linnaeus, 1758) u Prošćanskom jezeru**

Diplomski rad

Zagreb, 2021.

Ovaj rad je izrađen u Laboratoriju za zoologiju kralješnjaka na Zoologijskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod voditeljstvom doc. dr. sc. Ivane Buj. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja mag. educ. biol. et chem.

Za Cincu.

Mami, tati i Matiji za pruženu ljubav i požrtvovnost.

Andrei za istinsko prijateljstvo i podršku.

Mentorici Ivani za preneseno znanje i povjerenje.

Hvala.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Populacijska struktura i invazivnost crvenperke, *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) u Prošćanskom jezeru

Nikola Renić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Sustav Plitvičkih jezera predstavlja izrazito važno ihtiološko područje s obzirom na činjenicu da se njegova ihtiocenoza podosta razlikuje od ihtiocenoza okolnih slatkovodnih sustava. Vrste koje se nalaze u samom sustavu nisu brojne, ali njihova raznolikost predstavlja bogatstvo hrvatske bioraznolikosti. Slatkovodni sustavi često su podležni različitim ljudskim utjecajima, a najveći negativni utjecaj imaju širenje i unošenje stranih vrsta. Upravo na Plitvička jezera unesena je i crvenperka. Cilj je utvrditi na koji način populacija crvenperke utječe na autohtone vrste, procijeniti invazivnost te proučiti populacijsku strukturu crvenperke u Prošćanskom jezeru. Za istraživanje sam koristio crvenperke ulovljene mrežama s pet lokaliteta na Prošćanskom jezeru, izmjerene su im standardna i ukupna duljina te masa. Na temelju dobivenih podataka proveo samstatističke analize. Poulacija crvenperke,koja ima eksponencijalnu stopu razmnožavanja, uspješno vrši kompeticijski i predatorski pritisak na native vrste, najviše na populacije dunavske pastrve koje su osjetljive na bilo kakve promjene unutar ekosustava u kojem obitavaju. Također, crvenperke iz Prošćanskog jezera jasno pokazuju preferenciju prema određenom tipu mikrostanista ovisno o veličinsko-starosnoj kategoriji kojoj pripadaju.

(40 stranica, 18 slika, 15 tablica, 21 literaturni navod, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: ugroženost, Plitvička jezera, ihtiocenoza, antropogeni utjecaj, konzervacija

Voditelj: doc. dr. sc. Ivana Buj

Ocjenitelji:

doc. dr. sc. Ivana Buj

prof. dr. sc. Ines Radanović

prof. dr. sc. Željka Soldin

izv. prof. dr. sc. Draginja Mrvoš-Sermek (zamjena)

Rad prihvaćen: 25. studenog 2021.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Master Thesis

Population structure and invasiveness of *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758). in Prošćansko Lake

Nikola Renić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

The Plitvice Lakes system is an extremely important ichthyological area due to the fact that its ichthyocenosis is quite different from the ichthyocenoses of the surrounding freshwater systems. The species found in the system itself are not numerous, but their diversity represents the richness of Croatian biodiversity. Freshwater systems are often subject to various human influences, with the introduction of alien species having the greatest negative impact. Rudd was also introduced to Plitvice Lakes. The aim is to determine how the rudd population affects native species, to assess invasiveness and to study the population structure of the rudd in Prošćansko Lake. Rudd caught with nets from five localities on Prošćansko Lake were used for the research, with their standard and total length and mass measured. A statistical analysis was made from the obtained data. Such population that has an exponential reproduction rate successfully exerts competitive and predatory pressure on native species, most notably Black Sea salmon populations that are sensitive to any changes within the ecosystem which they inhabit. Also, rudd from Prošćansko Lake clearly shows a preference for a certain type of microhabitat depending on the size and age category to which they belong.

(40 pages, 18 figures, 15 tables, 21 references, original in: Croatian)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Keywords: endangerment, Plitvice Lakes, ichthyocenosis, anthropogenic impact, conservation

Supervisor: doc. dr. sc. Ivana Buj

Reviewers:

Assistant Professor Ivana Buj, PhD

Full Professor Ines Radanović, PhD

Full Professor Željka Soldin, PhD

Associate Professor Draginja Mrvoš-Sermek, PhD (substitute)

Thesis accepted: November 25th, 2021

SADRŽAJ

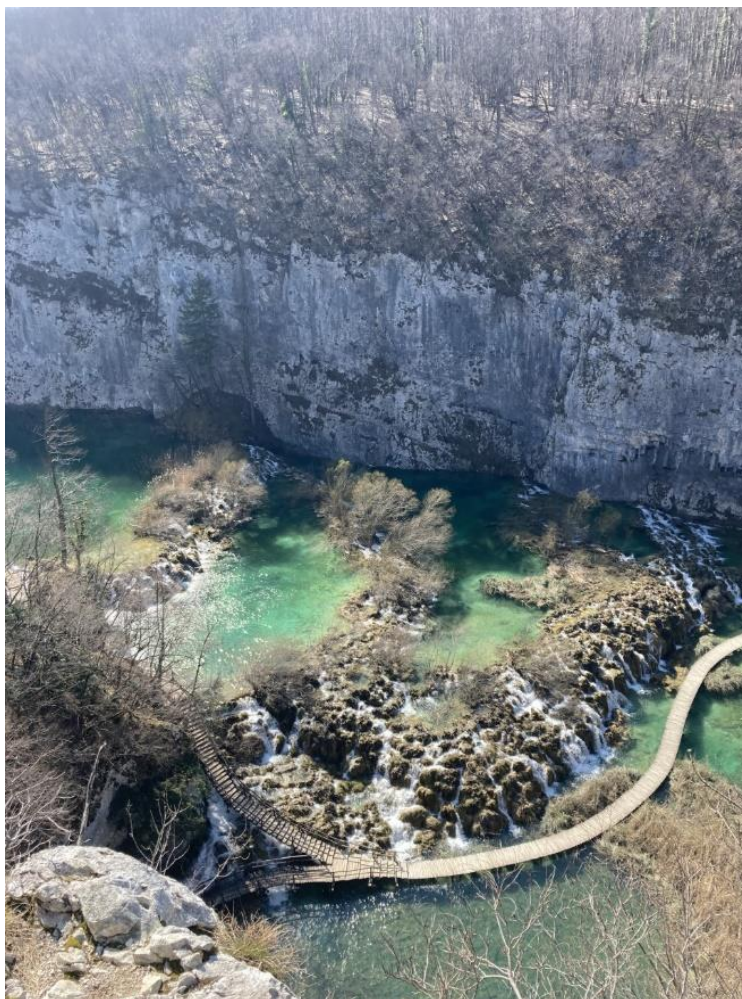
1. UVOD.....	1
1.1. Geografske, hidrografske i ihtiološke značajke Plitvičkih jezera i Prošćanskog jezera.....	1
1.2. Antropogeni utjecaji na sustav Plitvičkih jezera i pripadajućih vodotoka.....	3
1.3. Invazivne vrste i njihov utjecaj.....	4
1.4. Biološke značajke i invazivnost crvenperke, <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)	5
1.5. Biološke značajke dunavske pastrve, <i>Salmo labrax</i> Pallas, 1814.....	7
1.6. Ihtiološki značaj i ugroženost dunavske pastrve na području Plitvičkih jezera.....	8
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	12
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....	13
3.1. Kratak opis pojedinih lokaliteta.....	14
4. MATERIJAL I METODE.....	18
4.1. Popis korištenih kemikalija, opreme i računalnih programa.....	18
4.1.1. Terenska oprema za sakupljanje uzoraka i kemikalije.....	18
4.1.2. Laboratorijska oprema i kemikalije.....	18
4.1.3. Računalni programi.....	18
4.2. Izvođenje terenskog dijela istraživanja.....	18
4.2. Izvođenje laboratorijskog dijela istraživanja.....	21
4.3. Utvrđivanje starosno-veličinskih kategorija i statistička analiza izmjerenih podataka.....	21
5. REZULTATI.....	23
5.1. Podaci deskriptivne statistike.....	23
5.2. Starosno-veličinska struktura crvenperki i korištenje mikrostanista.....	26
5.2. Rezultati usporedbe veličinskih parametara po lokalitetima.....	29
6. RASPRAVA.....	31
7. ZAKLJUČAK.....	36
8. LITERATURA.....	37
8.1. Literaturni izvori.....	37
8.2. Internetski izvori.....	39
10. ŽIVOTOPIS.....	41

1. UVOD

1.1. Geografske, hidrografske i ihtiološke značajke Plitvičkih jezera i Prošćanskog jezera

Nacionalni je park Plitvička jezera površinom najveće i najstarije zaštićeno područje u Republici Hrvatskoj. Sustav Plitvičkih jezera, koji se ujedno dijeli i na Gornja i Donja jezera, proglašen je nacionalnim parkom 8. travnja 1948. godine. On se prostire na području Karlovačke i Ličko-senjske županije, između planina Male Kapele na zapadu i Ličke Plješivice na istoku. Kao nacionalni park, Plitvička jezera su zaštićena na nacionalnoj razini jer predstavljaju područje iznimnih i višestrukih prirodnih vrijednosti koje obuhvaća jedan i više sačuvanih ili neznatno izmijenjenih sustava. Godine 1979. UNESCO je Plitvička jezera uvrstio na Popis svjetske prirodne baštine te ih time na međunarodnoj razini zaštitio po tri kriterija iznimne univerzalne vrijednosti: „VII- sadrži nenadmašne prirodne fenomene ili područja iznimne prirodne ljepote i estetskog značaja, VIII- istaknuti primjer koji predstavlja važne etape povijesti našeg planeta, uključujući zapise o životu, značajne geološke procese u razvoju morfologije tla ili značajna geomorfološka ili fiziografska obilježja, IX- istaknuti primjeri koji predstavljaju značajne ekološke ili biološke procese u evoluciji i razvoju kopnenih, slatkovodnih, obalnih i morskih ekosistema i zajednica biljaka i životinja“ (<https://mingor.gov.hr/djelokrug/uprava-za-zastitu-prirode-1180/zasticena-podrucja/medjunarodno-proglasena-zasticena-podrucja/nacionalni-park-plitvicka-jezera/5342>).

Plitvička jezera također spadaju i u Natura 2000 mrežu područja važnih za očuvanje vrsta i staništa te su tako zaštićena i na europskoj razini. Sam sustav sastoji se od 16 jezera u koje se ulijeva rijeka Korana sa svojim pritocima Rječicom, Crnom rijekom, Bijelom rijekom i drugima (Pribičević i sur. 2009). Osim samih jezera, koja su najatraktivnija posjetiteljima, pod Nacionalni park spadaju i brojne šume, potoci i rječice u kojima možemo naći široki spektar staništa, a to je upravo omogućilo razvoj ribljih zajednica različite strukture.



Slika 1. Donja jezera (izvor: vlastita arhiva)

Prošćansko je jezero drugo jezero po veličini u sustavu Plitvičkih jezera, nakon jezera Kozjak. To je također i prvo jezero u nizu, nalazi se na 636,6 metara nadmorske visine, s površinom od 682 000 metara kvadratnih i najvećom dubinom koja iznosi 37,4 metara. Većina njegove vodene mase dolazi iz rijeke Matice, a manjim dijelom iz potoka Sušanj koje se ulijevaju na južnoj obali jezera. Za razliku od ostalih 15 jezera koja su u prirodnom stanju oligotrofna, Prošćansko jezero je jedino mezotrofno što se može zaključiti po podvodnim livadama kojima je dno gusto obraslo. Istraživanjem optičkih svojstava triju najvećih jezera (Prošćansko, Galovac i Kozjak) utvrđeno je da najveći turbiditet ima upravo Prošćansko jezero što nam govori o povišenoj razini produktivnosti jezera (Klaić i sur. 2020).



Slika 2. Prošćansko jezero (izvor: vlastita arhiva)

Sustav Plitvičkih jezera i njihovih vodotoka pripada crnomorskom slijevu te predstavlja izrazito važno i jedinstveno ihtiološko područje s obzirom na činjenicu da se njegova ihtiocenoza razlikuje od ihtiocenoza okolnih slatkovodnih sustava. Vrste koje se nalaze u samom sustavu nisu brojne, ali njihova je raznolikost posebna i predstavlja pravo bogatstvo hrvatske i europske bioraznolikosti. Među ostalim, evolucijski razvoj ihtiofaune Plitvičkih jezera uvjetovan je blizinom jadranskog i crnomorskog slijeva te razvojem sedrenih barijera koje su omogućile lokalnu izolaciju jezera od ostalih dijelova porječja Korane. Trenutno u vodama NP Plitvička jezera obitava deset vrsta riba od kojih se samo tri smatraju nativnima. To su: dunavska pastrva (*Salmo labrax* Pallas, 1814), talijanski zlatni vijun (*Sabanejewia larvata* (De Filippi, 1859)) i dvoprugasti vijun (*Cobitis bilineata* Canestrini, 1859) (Buj i sur. 2021a, 2021b). Preostalih je sedam vrsta uneseno u jezera ljudskim aktivnostima ili im status autohtonosti jer još nije u potpunosti istražen.

1.2. Antropogeni utjecaji na sustav Plitvičkih jezera i pripadajućih vodotoka

Slatkovodni sustavi općenito su među najugroženijim ekosustavima. Bez obzira na trostruku zaštitu Plitvičkih jezera, kroz prošlost su negativne antropogene aktivnosti ostavile ozbiljan trag na riblje zajednice. Najveći negativni utjecaj na nativnu ihtiocenuzu imaju širenje i unošenje stranih

vrsta, a osim toga, tom negativnom utjecaju pridonose uništavanje i fragmentacija staništa, klimatske promjene i onečišćenje (Dudgeon i sur. 2006, Moorhouse i Macdonald 2015).

Fragmentacija i degradacija staništa unutar NP Plitvička jezera odvijala se pregrađivanjem vodotoka koji su od presudne važnosti za mrijest određenih vrsta. Iako je danas pregrađivanje vodotoka unutar Plitvičkih jezera i zakonom zabranjeno, utjecaj istog na autohtone populacije je itekako vidljiv kroz brojna izolirana i nepristupačna područja idealna za mrijest te kroz izostanak protoka gena između populacija. Pregrade na vodotocima također utječu na fizikalno-kemijske značajke vodotoka te smanjuju povoljnost staništa za salmonidne vrste. Osim brojnih pregrada, neki su dijelovi vodotoka modificirani tako da kroz cijevi ulaze ispod zemlje ili su isprekidani izgradnjom građevinskih objekata (Buj i sur. 2018).

Degradacija staništa pokrenuta je i aktivnostima koje su vezane uz velik broj turista te neriješeno pitanje kanalizacijskog sustava. Do nedavno su brojni ilegalni izljevi kanalizacijskog sadržaja iz naseljenih mjesta u okolici, prenapučenost turistima i povećan broj stranih vrsta povećavali trofiju u samom jezerskom sustavu. Iako su kanalizacijski sustavi danas bolje riješeni, strane vrste i dalje predstavljaju veliki problem. Velika biomasa klena (*Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758.)) i crvenperke (*Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758)), koji su strane, a ujedno i najzastupljenije riblje vrste u jezerima, smanjuju koncentraciju kisika te povećavaju količinu organske tvari što također ne odgovara salmonidnim vrstama. Takve oštećene riblje zajednice i promijenjeni stanišni uvjeti olakšavaju i pospješuju naseljavanje i utjecaj invazivnih vrsta na native. U Crvenoj knjizi slatkovodne ihtiofaune Hrvatske naglašeno je da su strane vrste glavni uzrok ugroženosti nativnih vrsta slatkovodne ihtiofaune (Mrakovčić i sur. 2006).

1.3. Invazivne vrste i njihov utjecaj

Strane vrste imaju drugačije ekološke preferencije, dolaze iz različitih biogeografskih područja te popunjavaju razne ekološke niše što znači da nisu sve jednako problematične niti da imaju jednako prisutan i snažan utjecaj na native vrste. U jednu ruku, populacija novo unesene vrste može ostati mala i time nemati izravan negativan utjecaj na populaciju nativnih vrsta. U drugu ruku, postoje vrste čije populacije dosegnu toliku brojnost da je njihov utjecaj na native vrste izuzetno velik. Te populacije postaju invazivne jer se brzo i lako šire na nova staništa. One vrste kompeticijski i

predatorski pritisak na native vrste i time smanjuju njihovu populacijsku gustoću. Invazivne vrste mogu vršiti pritisak indirektno putem kompeticije za hranu ili stanište i promjenama ekosustava te direktno predacijom ili hibridizacijom. Sam je razlog dobre prilagodbe i rasprostranjivanja stranih vrsta taj što su te vrste najčešće brzo prilagodljive novim stanišnim uvjetima, iskorištavaju svaku moguću priliku za popunjavanje nove ekološke niše i imaju visoki reproduktivni potencijal, a svemu tome im dodatno pogoduju onečišćenje staništa i voda te promjene u strukturi ribljih zajednica. Posljedice uvođenja stranih vrsta mogu biti smanjenje ili čak potpuno nestajanje populacija nativnih vrsta pri čemu neke od tih populacija mogu biti endemske ili ugrožene. Pošto su krške vode i vode crnomorskog slijeva bogate endemskom ihtiofaunom, unos stranih vrsta u njih predstavlja izniman problem (Ćaleta i sur. 2015).

1.4. Biološke značajke i invazivnost crvenperke, *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758)

Crvenperka je ciprinidna vrsta ribe (porodica Cyprinidae, red Cypriniformes, razred Actinopterygii) koja je rasprostranjena diljem Europe i Azije (Yazici i sur. 2015). Ima visoko i bočno spljošteno tijelo čiji se profil naglo penje iza zatiljka, usta usmjerena prema gore, a bočna pruga je smještena bliže trbušnoj strani. Determinacijske osobine po kojima ih je lako razlikovati od srodnih riba su žuto obojene oči, uvijek crveno obojena repna peraja koja je jako usječena sa zaobljenim krajevima te leđna peraja, također crveno obojena, koja počinje iza trbušnih, a završava iza baze podrepne peraje. Leđa su joj tamnozeleno, bokovi srebrnkasti, a obojenje je manje intenzivno kod mlađih. Često se koristi u ljudskoj prehrani, ali i kao hrana u uzgajalištima riba. Najčešće obitava u litoralnoj zoni bogatoj vegetacijom, na rubovima jezera u manjim dubinama, ali i u sporo tekućim rijekama te je izrazito prilagodljiva nepovoljnim životnim uvjetima. Prehrana joj se sastoji uglavnom od vodenog bilja, beskralješnjaka, planktonskih organizama, ličinki kukaca i ribljih jaja (Kottelat i Freyhof, 2007).



Slika 3. Crvenperka, *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) (izvor: vlastita arhiva)

Prethodno naveden negativni ljudski utjecaj na Plitvičkim jezerima najviše se odražavao zbog atraktivnosti staništa i zbog proširivanja turističke ponude u vidu ribolova, što je ostvareno poribljavanjem stranim vrstama riba. Te unesene strane vrste, osim što ugrožavaju opstanak nativnih vrsta, pridonose degradaciji i promjenama ekosustava. Dvije vrste su unesene iz drugih država, a ostale iz nizvodnih dijelova Korane ili drugih vodotoka dunavskog slijeva Hrvatske. Populacija crvenperke u Plitvičkim jezerima danas je druga po gustoći u tom ekosustavu iako se njeno prisustvo prvi puta spominje u literaturi relativno nedavno (Leiner i Pevalek-Kozlina 2009). Još uvijek nije u potpunosti poznat razlog unosa crvenperke, ali se pretpostavlja da je služila kao živi mamac za ribolov na pastrve. Plitvička jezera crvenperkama predstavljaju idealno stanište zbog optimalne temperature za mrijest, bogatstva podvodne flore kojom se hrane i izuzetka prirodnih neprijatelja. Takva populacija koja ima eksponencijalnu stopu razmnožavanja uspješno vrši pritisak na okoliš jer uzrokuje smanjenje koncentracije kisika, povećanje koncentracije ugljikovog dioksida i amonijevih spojeva, pojačanje mikrobne razgradnje te povećanje količine otpadnih produkata metabolizma (najproblematičniji su fosfor i dušik koji direktno potiču primarnu produkciju te se smatraju najjačim pokretačima i indikatorima eutrofikacije). Promijenjeni stanišni uvjeti negativno utječu na populacije nativnih vrsta među kojima je i najugroženija dunavska pastrva.

1.5. Biološke značajke dunavske pastrve, *Salmo labrax* Pallas, 1814

Pastrve (Salmonidae) su jedne od najproučavanijih porodica riba u svijetu, međutim njihova taksonomija je još uvijek u potpunosti nejasna zbog velike morfološke varijabilnosti i plastičnosti što njihovim morfološkim karakteristikama daje nisku dijagnostičku vrijednost. Čak se i jedinke za koje je potvrđeno da pripadaju istoj vrsti mogu morfološki potpuno razlikovati, pogotovo ako obitavaju u različitim staništima. Prirodno su rasprostranjene samo na sjevernoj polutci, a zbog ljudskog utjecaja možemo ih naći u vodama čitavog svijeta gdje se koriste u svrhe ribarstva i akvakulture.



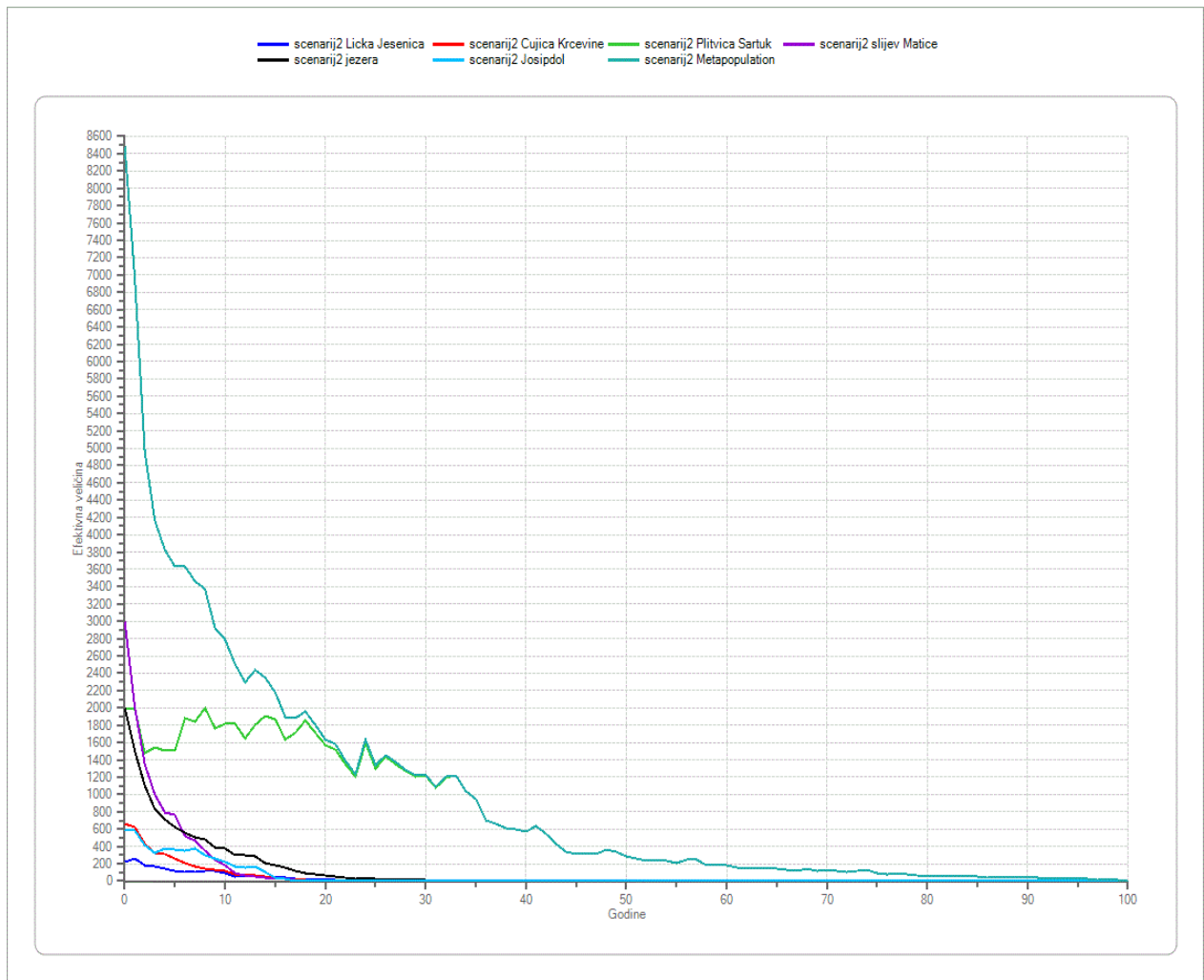
Slika 4. Dunavska pastrva, *Salmo labrax* Pallas, 1814 (izvor: vlastita arhiva)

Dunavske ili crnomorske pastrve (*Salmo labrax* Pallas, 1814) pripadaju rodu pastrva (*Salmo*) te možemo razlikovati anadromni, jezerski i rezidentni tip. Anadromni i jezerski tip žive migratornim načinom života što znači da jednom godišnje migriraju iz mora (anadromni) i jezera (jezerski) u rijeke i potoke radi mrijesta. Pastrve jezerskog tipa mogu narasti do 80 cm, a obojenost tijela im je vrlo različita. Obojenost varira od sive do žuto-zelene s brojnim mrljama crne ili crvene boje, a one mogu dodatno biti obrubljene crnom ili bijelom bojom. Anadromni i jezerski tip obitavaju na dubinama do 50 m, dok rezidentni možemo naći samo u potocima i brzacima s hladnom, bistrom vodom i šljunčanim dnom. Šljunčani sediment je bitan jer pastrve u njemu kopaju mrijesne jame,

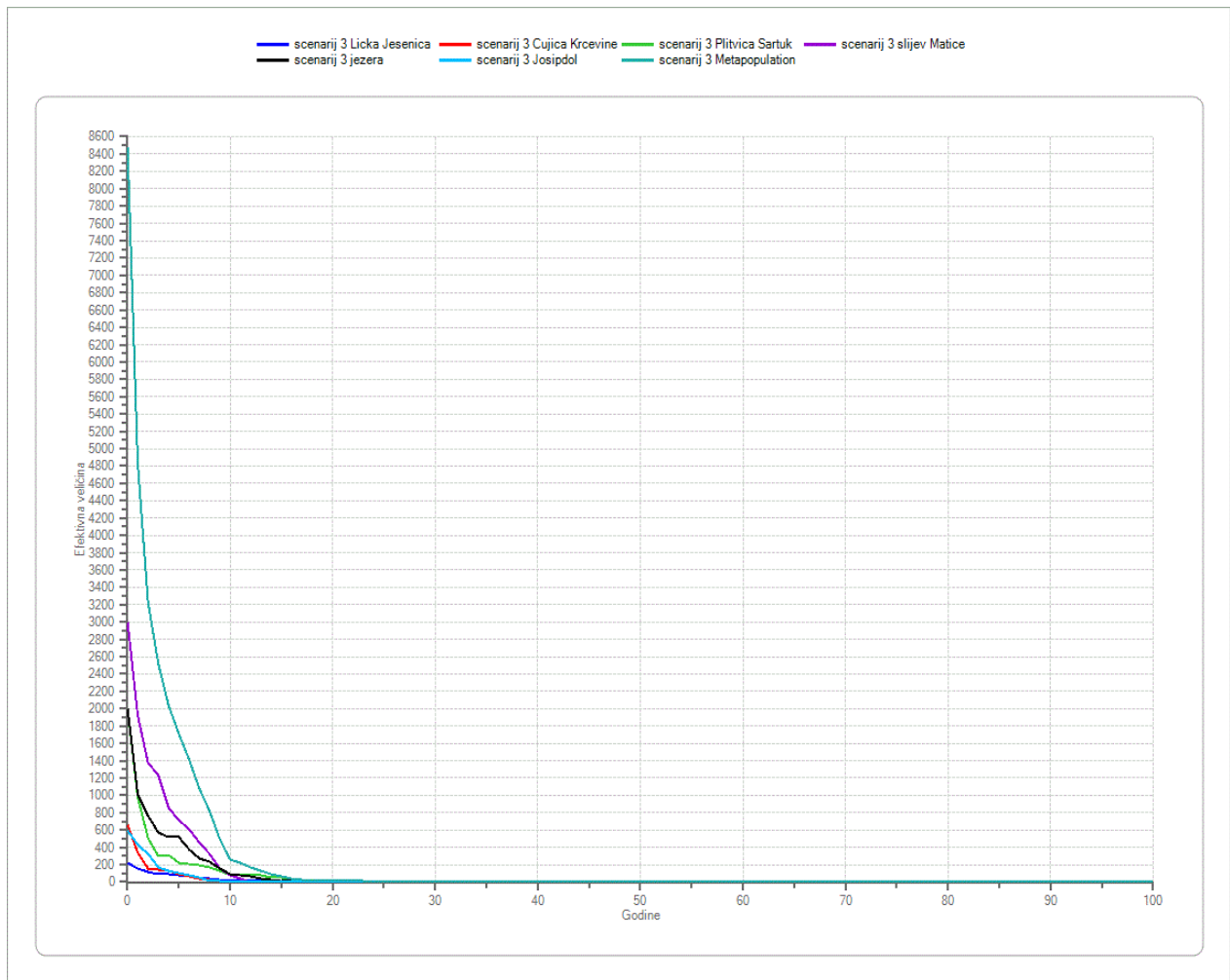
tzv. trla u koja polažu velika jajašca veličine od 5 mm koja su narančasto ili žuto obojena (Kottelat i Freyhof, 2007). Međutim, zbog veličine svojih jajašaca pastrve imaju nizak reproduktivni potencijal, odnosno ženke imaju manji broj ikre po jedinici tjelesne površine u odnosu na većinu ribljih vrsta. Mrijeste se u periodu između listopada i siječnja, a jaja se izlegu nakon 6 do 8 tjedana od oplodnje. Mlade migratorne pastrve provode prve 2 do 4 godine života u rijekama i potocima, a zatim migriraju u mora ili jezera kako bi u potpunosti sazrele. Hranu love aktivnim putem, a prehrana im se uglavnom sastoji od širokog izbora vodenih i kopnenih beskralješnjaka. Anadromni i jezerski tip u odrasloj dobi hrani se pretežito manjim ribama i većim rakovima, a ponekad i manjim sisavcima (<https://www.iucnredlist.org/species/135658/4172650#geographic-range>). Iako se može reći da su u vodenom sustavu na samom vrhu hranidbenog lanca, njima se često hrane kopneni organizmi poput medvjeda i vidri pa na taj način prenose energiju iz vodenog sustava na kopneni. Također, pošto su vršni predatori, svojim načinom prehrane utječu na cijeli ekosustav na način da održavaju količinu jedinki unutar populacija.

1.6. Ihtiološki značaj i ugroženost dunavske pastrve na području Plitvičkih jezera

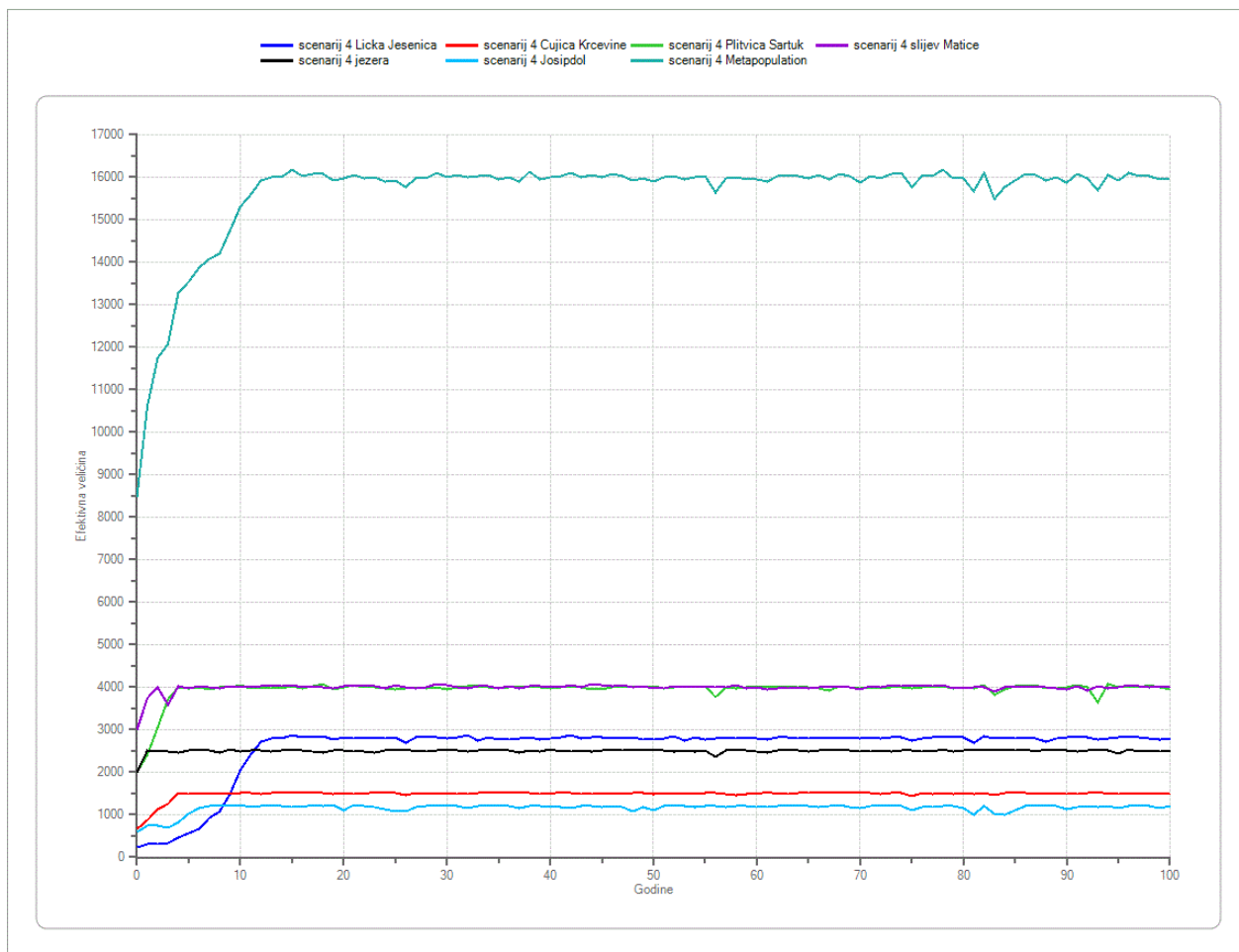
Dunavska je pastrva ključna vrsta sustava Plitvičkih jezera, izvrsno je prilagođena uvjetima života u potocima, ali i jezerima gdje se mogu naći primjerci impresivnih veličina. Iako ih danas možemo naći na različitim staništima, one ipak imaju usku ekološku valenciju s obzirom na količinu kisika otopljenog u vodi i temperaturu. Zato ćemo ih najčešće pronaći u vodenim tijelima niskih temperatura i s visokom razinom otopljenog kisika. Zbog toga što su stenovalentne vrste, pastrve su vrlo osjetljive na bilo kakve promjene u okolišu, a ponajviše na onečišćenja. Također, populacije pastrva nikada nisu guste poput ciprinidnih vrsta zbog čega drže stupanj trofije vrlo niskim i time održavaju ekološko stanje staništa povoljnim. Ukoliko dođe do zamjene pastrvske zajednice ciprinidnom, vrlo brzo se može uočiti njihov učinak na okoliš i promjene u uvjetima staništa. U nedavnom istraživanju vijabilnosti populacija dunavske pastrve na Plitvičkim jezerima (Buj i sur. 2018) pripremljeno je više mogućih scenarija o budućnosti i procjeni opasnosti od izumiranja ove vrste. Scenariji su analizirani u računalnom programu VORTEX te su provedeni tijekom sljedećih 100 godina i uz 1000 ponavljanja. U scenarijima 2, 3 i 4 predviđeni su utjecaji onečišćenja, klimatskih promjena, ali najvažnije invazivnih vrsta te uklanjanja istih (slika 5., 6. i 7.)



Slika 5. Rezultati analize vijabilnosti populacija na temelju scenarija 2 (utjecaj invazivnih vrsta na svim staništima). Prikazane su fluktuacije efektivne veličine populacija u sljedećih 100 godina (izvor: Buj i sur. 2018).



Slika 6. Rezultati analize vijabilnosti populacija na temelju scenarija 3 (utjecaj invazivnih vrsta na svim staništima, uz pogoršanje kvalitete staništa zbog onečišćenja i klimatskih promjena). Prikazane su fluktuacije efektivne veličine populacija u sljedećih 100 godina (izvor: Buj i sur. 2018).



Slika 7. Rezultati analize vijabilnosti populacija na temelju scenarija 4 (predviđena restauracija staništa i uklanjanje invazivnih vrsta). Prikazane su fluktuacije efektivne veličine populacija u sljedećih 100 godina (izvor: Buj i sur. 2018).

Iz dobivenih rezultata ustanovljeno je da populacije dunavske pastrve s Plitvičkih jezera, s niskom genskom raznolikosti, imaju manju mogućnost suočavanja s promjenama u okolišu koje se događaju prirodnim putem, a još više s promjenama uzrokovanim antropogenim aktivnostima. Procijenjena vijabilnost autohtonih populacija dunavske pastrve iz Plitvičkih jezera nam govori kako toj vrsti prijeti izumiranje te da je iz tog razloga potrebno provesti hitne konzervacijske mjere kako bi se očuvala ta zanimljiva i neizmjereno važna autohtona populacija.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

U ovom diplomskom radu cilj je proučiti populacijsku strukturu crvenperke u Proščanskom jezeru, njeno korištenje različitih mikrostaništa te procijeniti na koje načine utječe na autohtone vrste. Navedeni cilj bit će ostvaren kroz sljedeće specifične ciljeve:

1. Procijeniti brojnost crvenperke u Proščanskom jezeru
2. Odrediti veličinske kategorije i starosnu strukturu crvenperke u Proščanskom jezeru te razmotriti korištenje pojedinih mikrostaništa
3. Razmotriti utjecaje crvenperke na autohtone vrste i stanišne uvjete te na taj način procijeniti njenu invazivnost.

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Područje istraživanja sastoji se od 5 lokaliteta na Prošćanskom jezeru koje je sastavni dio sustava Plitvičkih jezera. Lokaliteti su odabrani na temelju različitih bioloških, ekoloških i krajobraznih karakteristika. Na slici 8. lokaliteti su označeni rednim brojevima, a u tablici 1. navedeni su pripadajući redni brojevi, dana imena i koordinate svakog lokaliteta.



Slika 8. Satelitski prikaz Prošćanskog jezera s lokalitetima uzorkovanja (1. Liman draga, 2. Ulaz lijevo, 3. Desna draga, 4. Uvala lijevo, 5. Staza) (izvor: Apple karte)

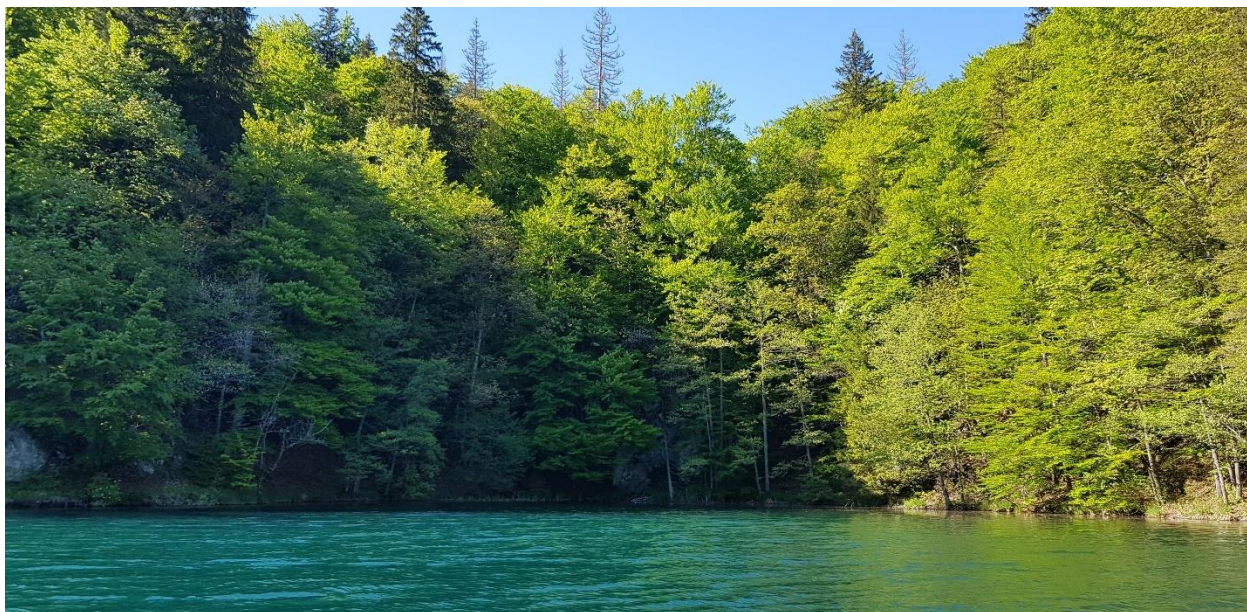
Tablica 1. Redni brojevi i imena lokaliteta s pripadajućim koordinatama

Redni broj lokaliteta	Ime lokaliteta	Koordinate
1.	Liman draga	44.8545873360524, 15.594014268773355
2.	Ulaz lijevo	44.868533854118354, 15.596406637061708
3.	Desna draga	44.859387809657065, 15.602615945519812
4.	Uvala lijevo	44.86724075971921, 15.595054203513964
5.	Staza	44.86960990353598, 15.59826942289162

3.1. Kratak opis pojedinih lokaliteta

Liman draga

Jedan od užih dijelova jezera, obalni dio obrastao podvodnom vegetacijom. Dno nakon 2-3 m od obale naglo ponire te više nije vidljivo s površine, a uz obalu se nalaze potopljena debla obalnog drveća koje se srušilo u jezero (slika 9.).



Slika 9. Lokalitet Liman draga (izvor: arhiva JUNPPJ)

Ulaz lijevo

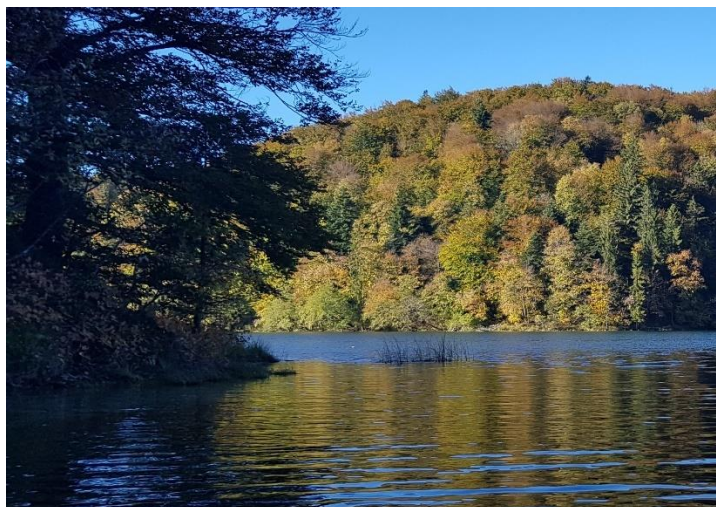
Dio jezera uz obalu obrastao vodenim trajnicama i slabije podvodnim biljem uz vidljive sedrene naslage, dubine 5-6 m (slika 10.).



Slika 10. Lokalitet Ulaz lijevo (izvor: arhiva JUNPPJ)

Desna draga

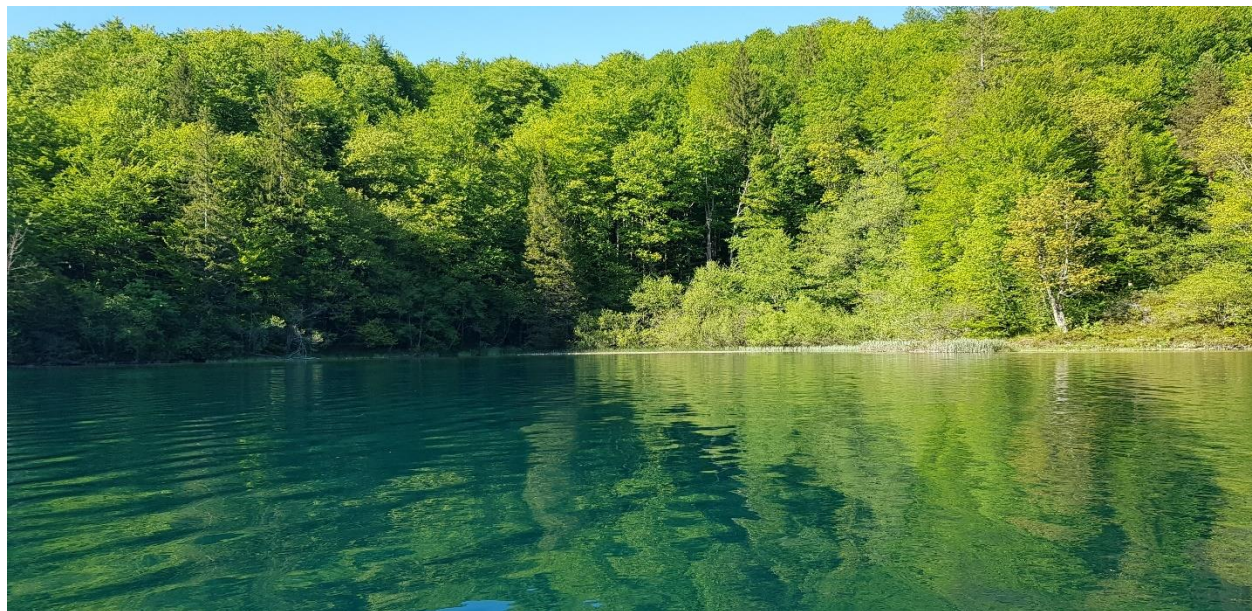
Uvala koja je siromašno obrasla podvodnom vegetacijom i to uz sam rub obale. Dno nakon 2-3 m od obale naglo ponire, a uz obalu je potopljena velika količina debala obalnog drveća koje se srušilo u jezero (slika 11.).



Slika 11. Lokalitet Desna draga (izvor: arhiva JUNPPJ)

Uvala lijevo

Uvala čije je dno bogato obraslo podvodnom vegetacijom, blago obraslo vodenim trajnicama, dubine 2-3 m s blago padajućim dnom (slika 12.).



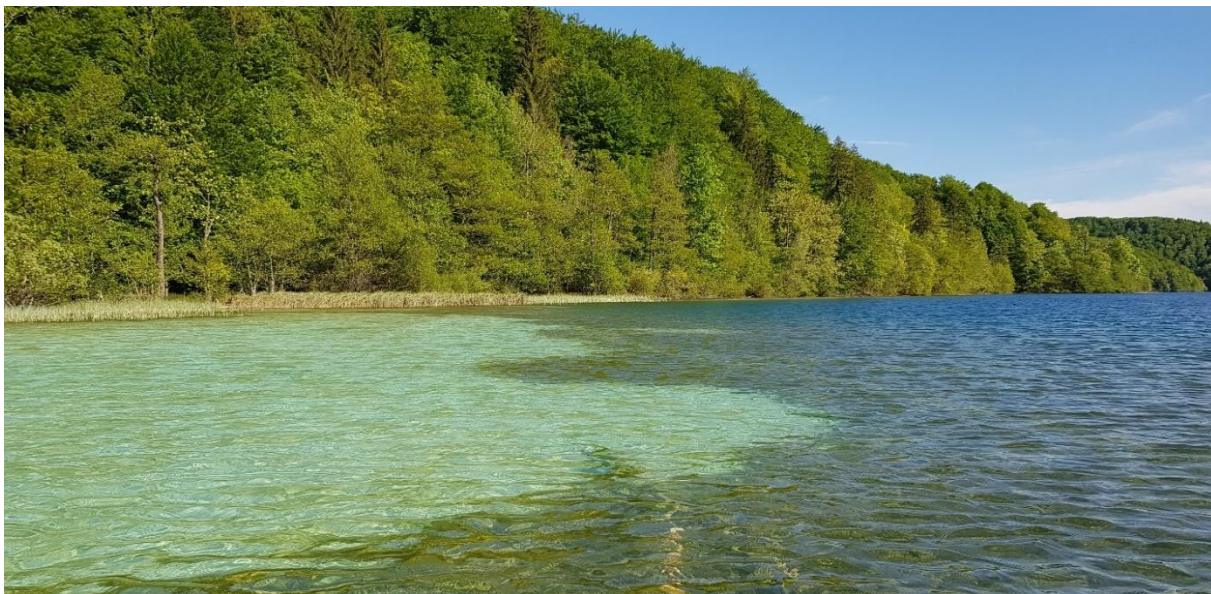
Slika 12. Lokalitet Uvala lijevo (izvor: arhiva JUNPPJ)

Staza

Lokalitet se nalazi uz samu stazu kojom turisti dolaze do Prošćanskog jezera i dio sjeveroistočne obale. Na dijelu je obrastao vodenim trajnicama i podvodnim biljem, ponegdje je vidljivo sedreno dno na dubinama do 2 m (slika 13.a) i 13.b)).



Slika 13.a) Lokalitet Staza (izvor: arhiva JUNPPJ)



Slika 13.b) Lokalitet Staza (izvor: arhiva JUNPPJ)

4. MATERIJAL I METODE

4.1. Popis korištenih kemikalija, opreme i računalnih programa

4.1.1. Terenska oprema za sakupljanje uzoraka i kemikalije

- motorni čamac
- lebdeće mreže po europskom standardu
- plutače
- užad
- plastične posude
- 4 postotna vodena otopina formaldehida

4.1.2. Laboratorijska oprema i kemikalije

- digitalna pomična mjerka
- digitalna vaga
- plastična kanta
- metalna kadica
- bilježnica i olovka
- 70 postotna vodena otopina etanola

4.1.3. Računalni programi

- Microsoft Excel (verzija 2110)
- TIBCO Statistica (verzija 14.0.0.15.)

4.2. Izvođenje terenskog dijela istraživanja

Terenski dio istraživanja odradio sam na Prošćanskom jezeru, 20. svibnja 2021., u sklopu Nacionalnog parka Plitvička jezera gdje sam uz pomoć osoblja Nacionalnog parka i stručnjaka sa Zoologijskog zavoda Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta na pet lokaliteta bacio mreže za lov ribe. Odabrali smo izlov pomoću mreža kao efikasniju i prikladniju metodu u odnosu na lov s električnim agregatom. Za razliku od bacanja mreža koje traje svega nekoliko minuta po lokalitetu i koje je pasivna metoda lova, elektroribolovom bismo potrošili veću količinu

aktivnog vremena, ne bismo imali konstantno pokrivenu lovnu površinu te se lov na većim dubinama ne bi mogao provesti.

S motornog čamca bacili smo lebdeće mreže po europskom standardu EN 14757:2005 koje se inače koriste za monitoring ribljih populacija. Svaka mreža dugačka je 30 m i visoka 1,5 m te sadrži 12 panela duljine 2,5 m. Svaki panel sastoji se od različite veličine oka i promjera niti (tablica 2.) kako bi se mogle uloviti različite strane vrste, kao i jedinke različitih veličinskih kategorija. Oba kraja mreže pričvrstili smo za plutače te smo ih postupno spuštali s motornog čamca u jezero (slika 14.). Postavili smo ih u večernjim satima te nisu smjele biti u vodi dulje od 12 sati. Mreže smo izvadili iz jezera sljedeće jutro te smo iz njih izvadili sve ulovljene strane vrste. Većina jedinki pripadala je crvenperkama. Njih sam izdvojio te ih konzervirao u 4 postotnoj vodenoj otopini formaldehida do daljnjih analiza. Postavljanje mreža proveli sam na lokalitetima različitih ekoloških značajki, kako bih mogao utvrditi stanišne preferencije stranih vrsta. U tablici 3. navedena su dana imena i šifre lokaliteta te broj mreža koje su bačene.

Tablica 2. raspoređenost veličina oka i promjera niti lebdeće mreže po europskom standardu EN 14757:2005

redni broj panela	veličina oka / mm	promjer niti / mm
1.	43,0	0,20
2.	19,5	0,15
3.	6,25	0,10
4.	10,0	0,12
5.	55,0	0,25
6.	8,0	0,10
7.	12,5	0,12
8.	24,0	0,17
9.	15,5	0,15
10.	5,0	0,10
11.	35,0	0,20
12.	29,0	0,17



Slika 14. Spuštanje lebdećih mreža u Prošćansko jezero (izvor: arhiva JUNPPJ)

Tablica 3. Imena i šifre lokaliteta s pripadajućim brojem bačenih mreža

Redni broj lokaliteta	Ime lokaliteta	Šifra lokaliteta	Broj bačenih mreža
1.	Liman draga	LD	3
2.	Ulaz lijevo	ULL	3
3.	Desna draga	DD	1
4.	Uvala lijevo	UVL	2
5.	Staza	ST	4

4.2. Izvođenje laboratorijskog dijela istraživanja

U laboratorijskom dijelu istraživanja sve konzervirane crvenperke sam najprije isprao vodom i konzervirao u 70 postotnoj vodenoj otopini etanola. Svakoj sam ulovljenoj jedinci izmjerio standardnu i ukupnu duljinu tijela te masu, a zatim sam sve podatke upisao u Excel tablicu za daljnju statističku analizu. Mjerenja duljina izveo sam digitalnom pomičnom mjerkom s preciznošću od $\pm 0,01$ cm, i to tako da sam ukupnu duljinu mjerio od vrha njuške do vrha dužeg reznja repne peraje, a standardnu duljinu od vrha njuške do stražnjeg kraja posljednjeg kralješka. Masu jedinki mjerio sam digitalnom vagom s preciznošću od $\pm 0,01$ g. Pri mjerenju sam odbacio sve jedinke koje nisu bile u potpunosti fizički očuvane radi točnosti rezultata, ali sam ih uračunao u brojnost cijelog uzorka

4.3. Utvrđivanje starosno-veličinskih kategorija i statistička analiza izmjerenih podataka

U statističkoj obradi podataka, kako bih utvrdio broj jedinki po starosno-veličinskim kategorijama, jedinke sam podijelio u skupine po razmacima ukupne duljine tijela od 29 mm (tablica 4.). Kategorije su određene proizvoljnim razmacima jer u literaturi ne postoji određen odnos između starosti i duljine crvenperki. Za kompletan uzorak i svaki veličinski razred napravio sam deskriptivnu statistiku u računalnom programu MS Excel, a na temelju veličina sam odredio i veličinske razrede, odnosno veličinsku strukturu populacije.

Tablica 4. raspon vrijednosti ukupnih duljina riba po pripadajućim veličinskim kategorijama

veličinske kategorije	raspon UK. DULJ./ mm
I	50 - 79
II	80 - 109
III	110 - 139
IV	140 - 169
V	170 - 199
VI	200 - 229

Deskriptivna statistika kompletnog uzorka uključuje srednju, minimalnu i maksimalnu vrijednost te standardnu devijaciju za sva tri mjerena parametra (masu, ukupnu i standardnu duljinu). Standardna devijacija pokazuje raspršenost podataka u skupu, tj. interpretira se kao apsolutna vrijednost prosječnog odstupanja od prosjeka. Podaci izračunati deskriptivnom statistikom nam daju bolji uvid u strukturu uzoraka, u ovom slučaju u strukturu populacije crvenperki. U statističkoj obradi svih starosnih razreda izbrojao sam ukupan broj jedinki u svakom razredu po lokalitetu te sam izračunao minimalne i maksimalne vrijednosti mase i ukupne duljine po lokalitetu. Sve rezultate prikazao sam tablično, osim odnosa brojnosti jedinki na pojedinim lokalitetima koji sam prikazao i grafički.

Usporedbu starosnih struktura i veličinskih kategorija na pojedinim lokalitetima proveo sam analizom varijance (ANOVA metodom) u računalnom programu *TIBCO Statistica* (verzija 14.0.0.15.). Analiza varijance se koristi kada želimo testirati postoji li značajna razlika između aritmetičkih sredina više grupa podataka te donosi zaključak pripadaju li te grupe podataka istoj skupini. Na taj se način analizira utjecaj jedne ili više nezavisnih varijabli na jednu zavisnu varijablu. Koristio sam konkretno analizu varijance s jednim promjenjivim faktorom čiji je cilj ispitati varijabilnost podataka između grupa s varijabilnosti podataka unutar grupa. Odnos ovih varijabilnosti se naziva *F*-omjer koji pripada Fisherovoj distribuciji. Time se izračunava *p*-vrijednost koja se koristi za kvantificiranje statističke značajnosti rezultata testa. U ovom slučaju imamo nultu hipotezu koja govori da se aritmetičke sredine između grupa značajno ne razlikuju. Kako bismo testirali hipotezu odredili smo razinu značajnosti koja iznosi 0,05. Ako je izračunata *p*-vrijednost manja od razine značajnosti onda se nulta hipoteza može odbaciti. Ako se nulta hipoteza odbaci, ANOVA metodom ne možemo saznati koje se specifične grupe podataka međusobno razlikuju. Da bih saznao određenu grupu ili grupe koje se razlikuju od ostalih morao sam provesti *post-hoc* test.

Na temelju primijećene brojnosti populacije crvenperke te primijećenih i potencijalnih utjecaja na populaciju dunavske pastrve, opisno sam procijenio njenu invazivnost.

5. REZULTATI

Kompletan uzorak uspješno je konzerviran, međutim prilikom vađenja crvenperki iz mreža rijetko je došlo do dekapitacije pojedinih jedinki koje nisu uzete u laboratorijsku i statističku analizu. U laboratoriju je analizirano 893 jedinki, ukupne mase 18,8936 kg. Odbačene su sve jedinke koje nisu bile u potpunosti fizički očuvane te kao takve nisu ulazile u daljnju statističku obradu radi preciznosti rezultata, ali su uračunate u brojnost cijelog uzorka. Izbrojan je broj jedinki ulovljen na svakom lokalitetu (tablica 5.). Najveći broj crvenperki ulovljen je na lokalitetu Staza, a najmanji na lokalitetu Liman draga.

Tablica 5. Broj ulovljenih jedinki na lokalitetima

	LD	ULL	DD	UVL	ST	UKUPNO
n	5	81	97	302	408	893

5.1. Podaci deskriptivne statistike

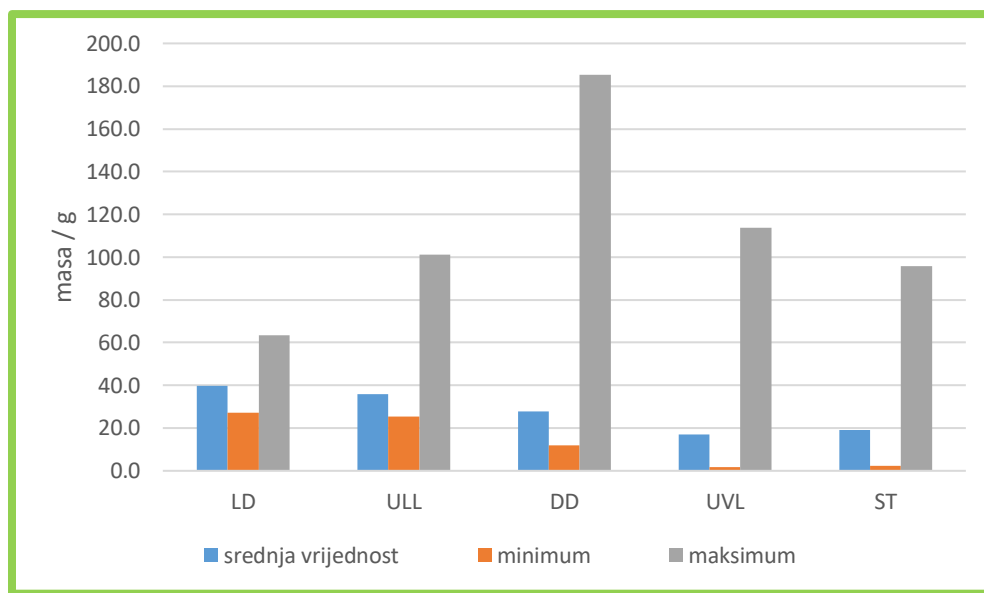
Na svakom lokalitetu, za mjerene parametre (masu, ukupnu i standardnu duljinu), napravljena je deskriptivna statistika, točnije izračunate su srednja, minimalna i maksimalna vrijednost te standardna devijacija (slike 15., 16. i 17.).

Podaci deskriptivne statistike za masu crvenperki nam govore da se srednje vrijednosti masa crvenperki na svim lokalitetima kreću u rasponu od 17,1 do 39,9 g, s time da vrijednosti izmjerene mase crvenperki ulovljenih u Desnoj dragi pokazuju najveći raspon. Najveća maksimalna vrijednost mase također je izmjerena na lokalitetu Desna draga (185,2 g), a najmanja u Liman dragi (63,3 g). Uz to, u Liman dragi je izmjerena i najveća minimalna vrijednost mase crvenperke (27,2 g) dok je najmanja vrijednost (1,7 g) izmjerena u Uvali lijevo.

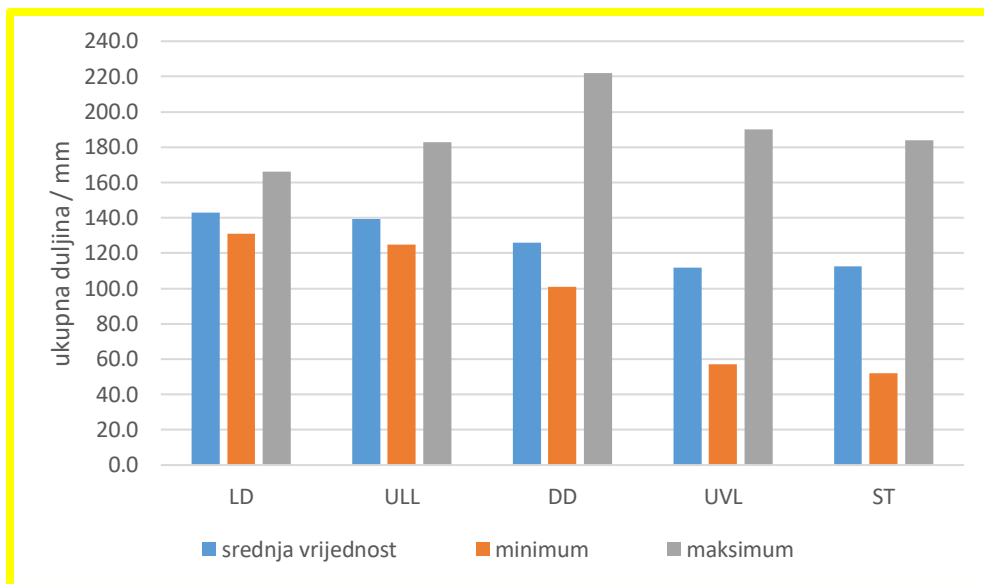
Što se tiče srednjih vrijednosti za izmjerenu ukupnu duljinu, kreću se u rasponu od 111,8 do 143,0 cm, a najveći raspon izmjerenih vrijednosti nalazimo na lokalitetu Uvala lijevo. Najveća maksimalna vrijednost ukupne duljine izmjerena je na lokalitetu Desna draga (222,0 mm), a najmanja vrijednost za isti parametar na lokalitetu Liman draga (166,0 mm). Na lokalitetu Liman

draga izmjerena je najveća minimalna vrijednost ukupne duljine (131,0 mm), a najmanja na lokalitetu Staza (52,0 mm).

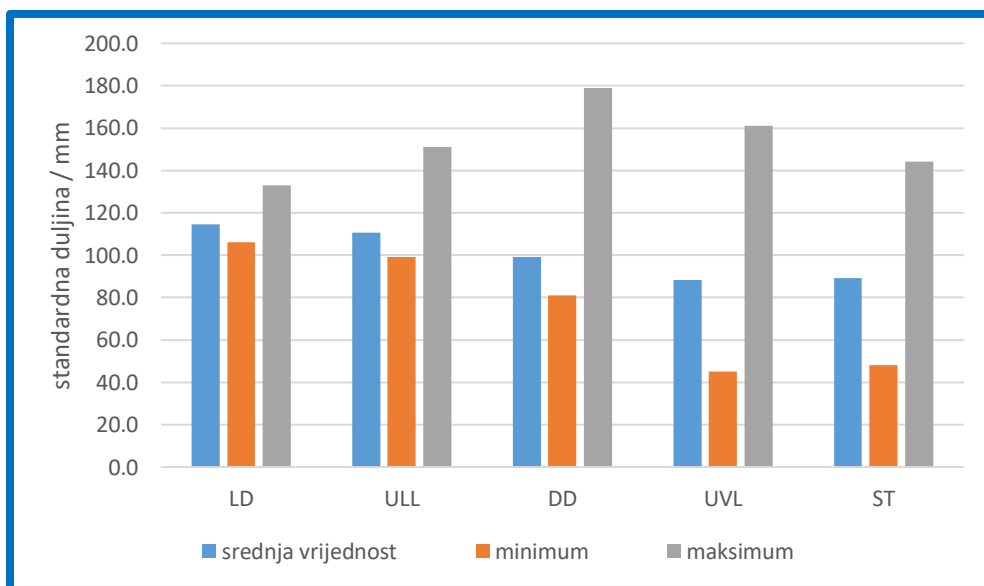
Srednje vrijednosti izmjerene standardne duljine se kreću od 88,4 do 114,6 cm, a lokalitet na kojem je najveći raspon izmjerenih vrijednosti standardne duljine je također Uvala lijevo. Na lokalitetu Desna draga izmjerena je najveća maksimalna vrijednost standardne duljine (179,0 mm), a najmanja u Liman dragi (133,0 mm). Što se tiče najveće minimalne vrijednosti standardne duljine, ona je izmjerena na lokalitetu Liman draga (106,0 mm), a najmanja minimalna vrijednost standardne duljine u Uvali lijevo (45,0 mm). Na slici 18. prikazane su srednja, minimalna i maksimalna vrijednost za masu, ukupnu te standardnu duljinu cijelog uzorka. Promatrajući grafički prikaz podataka deskriptivne statistike za cijeli uzorak vidi se kako sva tri parametra prate isti trend.



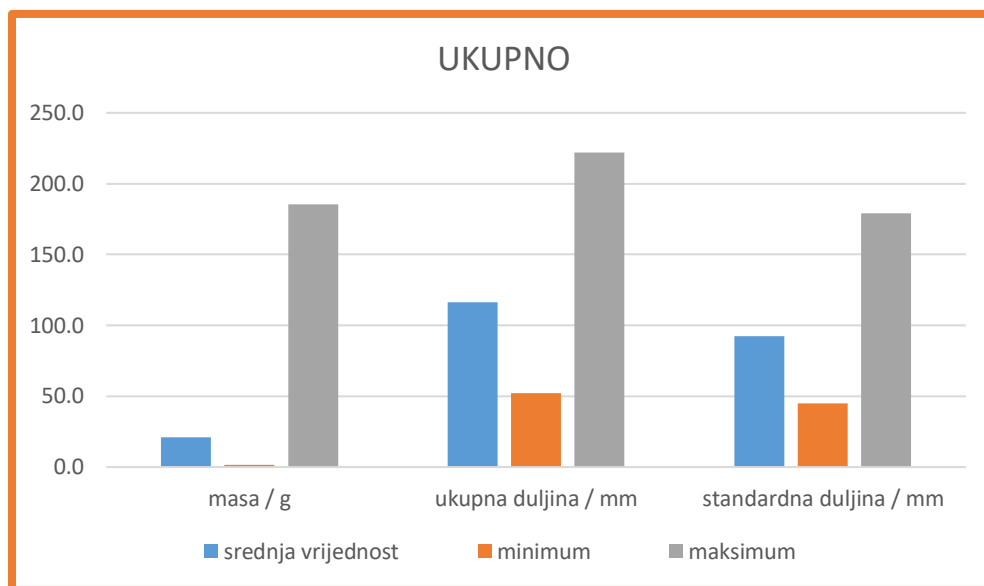
Slika 15. Grafički prikaz srednjih, minimalnih i maksimalnih vrijednosti mase crvenperki u gramima na svakom lokalitetu



Slika 16. Grafički prikaz srednjih, minimalnih i maksimalnih vrijednosti ukupnih duljina crvenperki u milimetrima na svakom lokalitetu



Slika 17. Grafički prikaz srednjih, minimalnih i maksimalnih vrijednosti standardnih duljina crvenperki u milimetrima na svakom lokalitetu



Slika 18. Grafički prikaz srednjih, minimalnih i maksimalnih vrijednosti masa, ukupnih i standardnih duljina crvenperki na svakom lokalitetu za cijeli uzorak

5.2. Starosno-veličinska struktura crvenperki i korištenje mikrostanista

Nakon što su jedinke unutar svakog lokaliteta razvrstane po veličinskim kategorijama (tablica 6.), jedine dvije kategorije koje su zastupljene na svih pet lokaliteta su kategorije III (110-139 mm) i IV (140-169 mm). Najmanji broj jedinki pripada kategoriji VI (200-229 mm), a najveći veličinskoj kategoriji III. Uspoređujući raspodjelu broja jedinki po kategorijama jasno je vidljivo da većina uzorka pripada kategorijama I (50-79 mm), II (80-109 mm) i III. Najveći broj jedinki veličinskih kategorija I i III je pronađen na lokalitetu Staza.

Najmanja izmjerena masa crvenperke iznosi 1,7 g, a najveća 185,0 g (tablice 7. i 8.). Crvenperka s najmanjom izmjerenom ukupnom duljinom bila je dugačka 52,0 mm, a najdulja 222,0 mm (tablice 9. i 10.). U tablici 11. zapisane su srednje vrijednosti ukupnih duljina crvenperki podijeljene po veličinskim kategorijama i po lokalitetima.

Tablica 6. Brojnost jedinki u svakoj veličinskoj kategoriji po lokalitetu

lokalitet	I	II	III	IV	V	VI
LD	0	0	2	3	0	0
ULL	0	0	47	32	2	0
DD	0	10	70	12	1	2
UVL	8	109	168	9	1	0
ST	39	78	252	21	2	0
UKUPNO	47	197	539	77	6	2

Tablica 7. Vrijednosti minimalne mase u gramima unutar svake veličinske kategorije po lokalitetu

lokalitet	I	II	III	IV	V	VI
LD	-	-	27,2	38,2	-	-
ULL	-	-	25,3	32,3	68,3	-
DD	-	11,8	14,4	34,0	76,8	145,6
UVL	1,7	4,6	12,9	29,9	113,8	-
ST	2,2	4,4	13,5	31,1	73,4	-
UKUPNO	1,7	4,4	12,9	29,9	68,3	145,6

Tablica 8. Vrijednosti maksimalne mase u gramima unutar svake veličinske kategorije po lokalitetu

lokalitet	I	II	III	IV	V	VI
LD	-	-	31,1	63,3	-	-
ULL	-	-	42,2	59,4	101,3	-
DD	-	16,2	34,0	61,0	76,8	185,2
UVL	3,4	17,3	37,7	47,3	113,8	-
ST	5,0	18,0	36,0	66,8	95,9	-
UKUPNO	5,0	18,0	42,2	66,8	113,8	185,2

Tablica 9. Vrijednosti minimalne ukupne duljine u milimetrima unutar svake veličinske kategorije po lokalitetu

lokaliitet	I	II	III	IV	V	VI
LD	-	-	131,0	141,0	-	-
ULL	-	-	125,0	140,0	173,0	-
DD	-	101,0	110,0	140,0	179,0	206,0
UVL	57,0	82,0	110,0	140,0	190,0	-
ST	52,0	80,0	110,0	140,0	177,0	-
UKUPNO	52,0	80,0	110,0	140,0	173,0	206,0

Tablica 10. Vrijednosti maksimalne ukupne duljine u milimetrima unutar svake veličinske kategorije po lokalitetu

lokaliitet	I	II	III	IV	V	VI
LD	-	-	133,0	166,0	-	-
ULL	-	-	139,0	166,0	183,0	-
DD	-	109,0	138,0	168,0	179,0	222,0
UVL	71,0	109,0	139,0	151,0	190,0	-
ST	78,0	109,0	138,0	166,0	184,0	-
UKUPNO	78,0	109,0	139,0	168,0	190,0	222,0

Tablica 11. Srednje vrijednosti ukupne duljine u milimetrima unutar svake veličinske kategorije po lokalitetu

lokaliitet	I	II	III	IV	V	VI
LD	-	-	132,0	150,3	-	-
ULL	-	-	131,8	147,7	178,0	-
DD	-	105,4	121,5	149,4	179,0	214,0
UVL	64,3	100,1	119,5	144,8	190,0	-
ST	67,1	101,6	119,4	150,8	180,5	-
UKUPNO	66,6	100,9	120,8	148,6	181,0	214,0

5.2. Rezultati usporedbe veličinskih parametara po lokalitetima

Provedeni ANOVA test (tablica 12.) s podacima izmjerenih masa, ukupnih i standardnih duljina pokazao nam je da postoji značajna razlika unutar svakog od mjerenih parametara te je samim time nulta hipoteza odbačena jer su p-vrijednosti manje od razine značajnosti koja iznosi 0,05. Zbog nemogućnosti ANOVA testa da pokaže grupe podataka koje se međusobno razlikuju unutar svakog mjerenog parametra, proveden je *post-hoc* test (tablice 13., 14. i 15.). U *post-hoc* testu proučeni su podaci izmjereni na svakom lokalitetu za svaki pojedinačni parametar. Svi podaci koji se međusobno razlikuju označeni su crveno. Ovim testom je izračunato da se podaci za sva tri mjerena parametra ne razlikuju jedino između lokaliteta Liman draga - Ulaz lijevo te Staza - Uvala lijevo.

Tablica 12. ANOVA test za izmjerene varijable s izračunatom p-vrijednosti

ZAVISNA VARIJABLA	SS model	df model	MS model	preostali SS	preostali df	preostali MS	F	p
masa / g	30018,59	4	7504,65	140132,2	863	162,3780	46,21715	0,00
ukupna duljina / mm	65832,49	4	16458,12	283044,0	863	327,9768	50,18075	0,00
standardna duljina / mm	41693,64	4	10423,41	184033,8	863	213,2490	48,87906	0,00

Tablica 13. *Post-hoc* test za vrijednosti masa crvenperki

MASA / g	{LD} 39,860	{ULL} 35,880	{DD} 27,668	{UVL} 17,105	{ST} 18,976
LD		0,498111	0,037330	0,000081	0,000287
ULL	0,498111		0,000023	0,000000	0,000000
DD	0,037330	0,000023		0,000000	0,000000
UVL	0,000081	0,000000	0,000000		0,057020
ST	0,000287	0,000000	0,000000	0,057020	

Tablica 14. *Post-hoc* test za vrijednosti ukupnih duljina crvenperki

UK. DULJINA / mm	{LD} 143,00	{ULL} 139,19	{DD} 126,75	{UVL} 111,81	{ST} 112,69
LD		0,647700	0,039962	0,000144	0,000211
ULL	0,647700		0,000001	0,000000	0,000000
DD	0,039962	0,000001		0,000000	0,000000
UVL	0,000144	0,000000	0,000000		0,540446
ST	0,000211	0,000000	0,000000	0,540446	

Tablica 15. *Post-hoc* test za vrijednosti standardnih duljina crvenperki

ST. DULJINA / mm	{LD} 114,60	{ULL} 110,54	{DD} 99,021	{UVL} 88,420	{ST} 89,145
LD		0,546759	0,020298	0,000076	0,000127
ULL	0,546759		0,000000	0,000000	0,000000
DD	0,020298	0,000000		0,000000	0,000000
UVL	0,000076	0,000000	0,000000		0,431078
ST	0,000127	0,000000	0,000000	0,431078	

6. RASPRAVA

Od ukupno 893 ulovljene jedinke, najviše crvenperki ulovljeno je na lokalitetu Staza gdje su bačene četiri povezane mreže, a najmanje na lokalitetu Liman draga gdje su bačene tri povezane mreže. Još jedan lokalitet na kojem brojnost crvenperki iskače od ostatka je Uvala lijevo u kojoj je omjer ulovljenih crvenperki i bačenih mreža najveći. Stavimo li u omjer broj ulovljenih jedinki s brojem bačenih mreža na svakom lokalitetu, ne možemo uočiti nikakvu pravilnost ni jednoliku rasprostranjenost crvenperki na svim lokalitetima tj. mikrostaništima. To nam daje uvid u potencijalnu preferenciju crvenperke za određenim tipom staništa. Obzirom da smo za potrebe izlova odabrali lokalitete na temelju različitih bioloških, ekoloških i krajobraznih karakteristika, pomoću brojčane rasprostranjenosti crvenperki vrlo lako možemo zaključiti o njevoj preferenciji prema određenoj vrsti mikrostaništa.

Lokalitet Staza koji je bogato obrastao ljutkom, trskom i rogozom predstavlja idealno sklonište crvenperkama od potencijalnih predatora što znači da crvenperke na tom mikrostaništu mogu nesmetano obavljati sve svoje životne funkcije (<https://np-plitvicka-jezera.hr/raznolikost-biljaka-uz-jezera-i-na-sedrenim-barijerama/>). Ovo relativno plitko mikrostanište bogato je i podvodnim livadama parožina kojima se crvenperke mogu hraniti pa je visoka brojnost ulovljenih crvenperki na ovom lokalitetu u potpunosti opravdana. Možemo reći da crvenperke imaju visoku preferenciju prema ovakvom tipu mikrostaništa. Blizu lokaliteta Staza smješten je i lokalitet Uvala lijevo sa vrlo sličnim krajobraznim karakteristikama i ali i većom dubinom. Obzirom na dovoljnu količinu podvodne vegetacije, skrovišta u vidu vodenih trajnica te velike brojnosti ulovljenih crvenperki, možemo reći da je crvenperkama obitavanje na dubinama od 2-3 metra i dalje prihvatljivo. Tu istu pretpostavku možemo potvrditi sa stanjem na lokalitetu Ulaz lijevo koji je gusto obrastao vodenim trajnicama, ali sa slabijim obrastom podvodne vegetacije. Na ovom mikrostaništu brojnost ulovljenih crvenperki relativno je niska. Desna draga predstavlja tip mikrostaništa kojem dno ponire nakon 2-3 metra od obale te u čijoj litoralnoj zoni raste podvodna vegetacija, a ponegdje možemo pronaći i potopljeno deblo. S obzirom na relativno veliku brojnost ulovljenih crvenperki na ovom mikrostaništu te da potopljena debbla i njihove grane često služe kao skrovište za predatore, možemo pretpostaviti da crvenperke i dalje preferiraju staništa na kojima imaju dostupnu hranu u odnosu na opasnost od predatora. S druge strane, na lokalitetu Liman draga nalazimo potpuno suprotni tip mikrostaništa- slabo obrastao podvodnom vegetacijom koja je potrebna crvenperkama

za ishranu, velike dubine te s mnoštvom granja i potopljenog drveća koje služi kao idealno skrovište štukama i drugim predatorima. Sve ove karakteristike idu u korist slaboj nastanjenosti ovog mikrostaništa crvenperkama.

U jednom istraživanju iz 1995. godine proučena je uloga predatorske prijetnje na način korištenja staništa i obrasce ponašanja kod crvenperke. Istraživanje je provedeno nizom laboratorijskih eksperimenata gdje se proučavalo vrijeme provedeno u otvorenim i strukturiranim staništima te razine aktivnosti u prisustvu i odsustvu predatora tj. štuke. Strukturiranost staništa varirala je gustoćom umjetno napravljenih stabljika koje su imitirale vodene trajnice. U odsustvu štuke pokazalo se da crvenperke provode znatno manje vremena u strukturiranom staništu nego što provode u prisustvu predatora. Također, gustoća stabljika je znatno utjecala na rasprostranjenost i vertikalnu visinu plivanja crvenperki (Bean i Winfield 1995). Rezultati ovog istraživanja podupiru opažanja i zaključke o ponašanju i preferenciji mikrostaništa kod crvenperke u Proščanskom jezeru.

Osim same brojnosti ulovljenih jedinki, analizom izmjerenih parametara i podjele na veličinsko-starosne kategorije možemo donijeti zaključke o preferenciji za određenim tipom mikrostaništa. Raspodjela masa crvenperki na pojedinom staništu nam vjerojatno govori o povoljnosti staništa za same jedinke te o prisustvu tj. odsustvu predatora. Uspoređujući srednje vrijednosti izmjerenih masa crvenperki na svakom od lokaliteta uočavamo da se one povećavaju što je stanište nepovoljnije za život crvenperke. Konkretno, na lokalitetu Liman draga koje crvenperkama ne pruža adekvatnu vrstu skrovišta niti je bogato podvodnom vegetacijom srednja vrijednost mase iznosi 39,9 g. S druge strane, srednja vrijednost mase crvenperki na lokalitetu Staza iznosi 19,0 g, a ta vrsta mikrostaništa je skrovitija i bogatija hranom od ostalih. Može se zaključiti da crvenperke veće mase nisu toliko ranjive ni osjetljive koliko su jedinki manje mase. Isto vrijedi i za vrijednosti ukupne i standardne duljine koje su u korelaciji s masom.

Proučavanjem raspodjele veličinsko-starosnih kategorija po lokalitetima uočavamo sličnost s raspodjelom masa, ukupne i standardne duljine po lokalitetima. Dvije veličinsko-starosne kategorije s najvećim brojem pripadajućih jedinki su II i III, a kategorije koje su zastupljene na svim mikrostaništima su III i IV. Kategorija II koja je druga najbrojnija je zastupljena na samo tri od pet lokaliteta. To nam daje jasnu sliku o samoj populacijskoj strukturi ove populacije i govori o tome da jedinke manjih ukupnih duljina preferiraju mikrostaništa poput Uvale lijevo i Staze koja

im pružaju idealne uvjete za život. Ta informacija igra veliku ulogu prilikom odabira lokaliteta i metoda za izlov. Recimo, svake godine nakon mrijesta, na lokalitetima Uvala lijevo i Staza gdje se nalaze jedinke nižih veličinsko-starosnih kategorije izlov se može intenzivno provoditi elektroagregatom koji je puno učinkovitiji za lov na mlađe jedinke te s kojim je lako zaći na mjesta gdje se mlade crvenperke skrivaju. Na lokalitetima gdje su veće dubine i gdje nalazimo jedinke viših veličinsko-starosnih kategorija izlov se onda može provoditi lebdećim mrežama. Iako smo podjelu na veličinsko-starosne kategorije proveli proizvoljnim kriterijem, ona je u uskoj korelaciji s istraživanjima populacijskih struktura crvenperki u Ömerli rezervatu u Turskoj (Gürsoy Gaygusuz, 2018) te u jezeru Ladik, također u Turskoj (Yazıcı i sur. 2015).

Gledamo li ekološke i krajobrazne karakteristike mikrostaništa na kojima je provedeno istraživanje, možemo slobodno reći da su one različite za svaki lokalitet. Međutim, ono što je puno važnije utvrditi je statistička razlika između mikrostaništa koju smo izračunali analizom pomoću ANOVA i *post-hoc* testova. U *post-hoc* testu unakrsno su uspoređeni svi lokaliteti za sva tri parametra te je iz testa vidljivo da između svih staništa postoji i statistički značajna razlika osim između staništa Liman draga-Ulaz lijevo te Staza-Uvala lijevo.

Liman draga i Ulaz lijevo nisu bogati podvodnim livadama parožina te oba mikrostaništa imaju veliku dubinu u odnosu na ostale lokalitete. Obzirom da smo utvrdili da crvenperke imaju preferenciju prema određenim vrstama staništa i da su ova mikrostaništa ugrubo krajobrazno slična, logično je zaključiti da na ovim lokalitetima neće postojati statistički značajna razlika. Isto tako i za lokalitete Staza i Uvala lijevo, promatrajući krajobrazne karakteristike možemo razlikovati jedino gustoću obraštaja vodenih trajnica koja je u Uvali lijevo manja od one na lokalitetu Staza. Obzirom da je gustoća podvodnog obraštaja dosta slična također je logično zaključiti kako između ova dva mikrostaništa ne postoji statistički značajna razlika. Uspoređujući međusobno karakteristike ostalih mikrostaništa te imajući na umu njihove sastavnice (izvor hrane, skrovitost, dubina) zbilja je vidljiva razlika u ekološkim i krajobraznim karakteristikama. Ovo je uvelike korisno prilikom budućih odabira lokaliteta za izlov jer samo uočavajući obrasce preferencije staništa crvenperki možemo predvidjeti nešto što nije vidljivo na prvi tren i tako efektivno pružiti konzervacijsku zaštitu.

Invazivne vrste su sve strane vrste koje zbog svojih značajki i prilagodba imaju veću konkurentnost na novom staništu nego što to imaju native vrste zbog čega su izrazito uspješne u kolonizaciji

novih staništa. Crvenperke su oportunistički svejedi i imaju sposobnost prilagođavanja načina ishrane za razliku od većine nativnih vrsta. Osim prilagođavanja prehrane, lako su prilagodljive i na različite tipove staništa što je samo pridonijelo njihovoj širokoj rasprostranjenosti. Svojim rapidnim rasprostranjivanjem i razmnožavanjem smanjuju koncentraciju otopljenog kisika u vodi, povećavaju količinu otpadnih produkata metabolizma te pojačavaju mikrobnu razgradnju. Imaju visoki reproduktivni potencijal te idealne uvjete za polaganje jajašaca u Prošćanskom jezeru na brojnim livadama parožina dok je voda u proljeće i ljeto optimalne temperature za mrijest. Takva eksponencijalno rastuća populacija vrši kompeticijski i predatorski na nativne vrste, najviše na populacije dunavske pastrve koje su osjetljive na bilo kakve promjene unutar ekosustava u kojem obitavaju, a razna istraživanja su pokazala kako njihova pojava dovodi u opasnost ionako već ranjive slatkovodne zajednice (<http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=614&fr=1&sts=sss>). U slučajevima kada bi postala dominantna vrsta u slatkovodnim ekosustavima u Europi, ljudi su često koristili masivni izlov kao metodu obnove eutrofnih jezera (Benndorf, 1995; Perrow i sur. 1997).

Crvenperke se na mnogim područjima često smatraju štetočinama, najviše zbog ishrane nativnom vegetacijom. Najznačajniji tip vegetacije u Prošćanskom jezeru su zajednice alga parožina (razred *Charetea*), a sastoje se od vrsta iz rodova *Chara* i *Nitella*. U sustavu Plitvičkih jezera zabilježeno je osam vrsta koje nerijetko čine zajednice i grade tvorevine poput saga. Zadnje i najopsežnije istraživanje zajednica parožina provedeno je od 1983. do 1990. godine, a od 2021. godine planira se detaljno kartiranje vegetacije svih jezera koja čine sustav. Ove alge imaju važnu ulogu u procesu osedranja jer se kristali kalcijevog karbonata konstantno talože na njihovu stieljku (<https://np-plitvicka-jezera.hr/mikro-i-makro-biljni-svijet-sedrenih-barijera-alge/>). U razgovoru sa zaposlenicima Stručne službe JUNPPJ i prof. dr. sc. Antunom Alegrom sa Zagrebačkog PMF-a otkriveno mi je da je preliminarnim istraživanjem na Prošćanskom jezeru otkriven potencijalan nestanak jedne od nježnijih vrsta parožina koju je zamijenila jedna grublja te da je kao jedan od mogućih uzroka tomu upravo invazivna populacija crvenperki koje se hrane parožinama. Jesu li one pravi uzrok najbolje će se provjeriti detaljnim kartiranjem vegetacije Plitvičkih jezera, ali razloga za sumnju na crvenperke ima napretek. Tako crvenperke nisu prijetnja samo za opstanak dunavske pastrve nego i cijelog jezerskog sustava.

Utjecaj crvenperke na nativne vrste ali i sustav Plitvičkih jezera je veći nego što možemo sa sigurnošću reći. Ono što možemo reći jest da je razina invazivnosti crvenperke u Prošćanskom

jezeru visoka i alarmantna. Zato je 2021. godine prvi puta proveden projekt uklanjanja invazivnih ribljih vrsta u Nacionalnom parku Plitvička jezera, u sklopu kojeg je i izrađen ovaj diplomski rad. Hitno provođenje konzervacijskih mjera je nužno zbog zaštite ne samo nativnih vrsta nego i cijelog ekosustava. Kako bi se te mjere mogle što efikasnije provesti potrebno je i bolje razumijevanje konkretne populacije crvenperki u Prošćanskom jezeru. Rezultati ovog istraživanja sigurno će pripomoći u modificiranju i optimiziranju budućih strategija oko odabira lokaliteta i metoda za izlov, ali i u podizanju svijesti o količini napora koju je potrebno uložiti kako bi se očuvala priroda.

7. ZAKLJUČAK

Na temelju provedene populacijske analize crvenperke (*Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758)) na Prošćanskom jezeru mogu zaključiti sljedeće:

- crvenperke preferiraju relativno plitka mikrostaništa koja su bogato obrasla zajednicama parožina koje im služe kao dodatan izvor hrane te zajednicama vodenih trajnica koje crvenperke koriste kao sklonište od predatora
- crvenperke nižih starosno-veličinskih kategorija preferiraju mikrostaništa koja pružaju sklonište i dovoljno izvora hrane, dok jedinke viših starosno-veličinskih kategorija obitavaju i u nestrukturiranim mikrostaništima ukoliko predator nije prisutan
- prilikom izlova crvenperki, u ljetnim mjesecima nakon mrijesta elektroagregatom je potrebno loviti u plićim i skrovitijim staništima, dok se izlov mrežama na dubljim lokalitetima može provoditi kroz cijelu godinu osim zimi
- crvenperke u Prošćanskom jezeru imaju visok stupanj invazivnosti jer svojim oportunističkim načinom života popunjavaju sve ekološke niše te tako ugrožavaju native vrste, dok svojim načinom prehrane potencijalno ugrožavaju i cijeli ekosustav Nacionalnog parka Plitvička jezera.

8. LITERATURA

8.1. Literaturni izvori

Bean CW, Winfield IJ (1995), Habitat use and activity patterns of roach (*Rutilus rutilus* (L.)), rudd (*Scardinius erythrophthalmus* (L.)), perch (*Perca fluviatilis* L.) and pike (*Esox lucius* L.) in the laboratory: the role of predation threat and structural complexity, *Ecology of freshwater fish*, volume 4, issue 1, March 1995, 37-46

Benndorf J (1995), Possibilities and limits for controlling eutrophication by biomanipulation. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 80, 519-534.

Buj I, Čaleta M, Marčić Z, Duplić A, Zanella D, Mustafić P, Ivić L, Horvatić S, Karlović R, Raguž L (2021a), Plitvice Lakes National park harbours ancient, yet endangered diversity of trout (genus *Salmo*). *Journal of Applied Ichthyology* 37: 20-37. doi: 10.1111/jai.14120

Buj I, Marčić Z, Čaleta M, Duplić A, Raguž L (2018), Očuvanje prirodne baštine NP Plitvička jezera – program istraživanja, obnove i zaštite autohtone potočne pastrve, završno izvješće. Zagreb, HID.

Buj I, Mustafić P, Čaleta M, Marčić Z, Ivić L, Žalac S, Zanella D, Karlović R, Horvatić S, Raguž L (2021b), Peculiar occurrence of *Cobitis bilineata* Canestrini, 1865 and *Sabanejewia larvata* (De Filippi, 1859) (Cobitidae, Actinopteri) in Danube River basin in Croatia. *Fundamental and Applied Limnology* 194: 201-213. doi: 10.1127/fal/2020/1272

Čaleta M, Buj I, Mrakovčić M, Mustafić P, Zanella D, Marčić Z, Duplić A, Mihinjač T, Katavić I (2015), Endemic fishes of Croatia. Croatian Environment Agency, Zagreb

Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kawabata ZI, Knowler DJ, Leveque C, Naiman RJ, Prieur-Richard AH, Soto D, Stiassny MLJ, Sullivan CA (2006), Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol Rev* 81:163–182 doi:10.1017/S1464793105006950

Gürsoy Gaygusuz Ç (2018), Age and Growth of Rudd, *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758), in Ömerli Reservoir (İstanbul, Turkey). *Aquatic Sciences and Engineering*, 33(1), 25-31.

Klaić ZB, Babić K, Mareković T (2020), Internal seiches in a karstic mesotrophic lake (Prošće, Plitvice lakes, Croatia), *Geofizika*, VOL. 37, NO. 2, 2020, 157-179

Kottelat M, Freyhof J (2007), *Handbook of European Freshwater Fishes*. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, 423pp

Leiner S, Pevalek-Kozlina B (2009), Ihtiopopulacije jezera Kozjak te vodotoka Crne rijeke i Plitvice (N.P. Plitvička jezera). 10th Croatian Biological Congress With International Participation, Osijek. Book od Abstract, 290–291

Moorhouse TP, Macdonald DW (2015), Are invasives worse in freshwater than terrestrial ecosystems? *Wiley Interdiscip Rev Water* 2:1-8 doi.org/10.1002/wat2.1059

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

Pribičević B, Medak D, Đapo A (2011): Geodetsko-hidrografska istraživanja na području NP Plitvička jezera. in: Znanstveno-stručni skup Nacionalnog parka Plitvička jezera (eds. Šutić, B, Dujmović, A.), Plitvička jezera: Javna ustanova „Nacionalni park Plitvička jezera”, 68-81

Yazıcı R, Yılmaz S, Yazıcıoğlu O, Polat N (2015): Population structure and growth of rudd *Scardinius erythrophthalmus* (L., 1758) from a eutrophic lake in northern Anatolia. Croatian Journal of Fisheries, accepted article, online first, 161-176.

8.2. Internetski izvori

<https://www.iucnredlist.org/species/135658/4172650#geographic-range>

(pristupljeno 2.11.2021.)

<https://mingor.gov.hr/djelokrug/uprava-za-zastitu-prirode-1180/zasticena-podrucja/medjunarodno-proglasena-zasticena-podrucja/nacionalni-park-plitvicka-jezera/5342>

(pristupljeno 27.10.2021.)

<http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=614&fr=1&sts=sss>

(pristupljeno 2.11.2021.)

<https://np-plitvicka-jezera.hr/mikro-i-makro-biljni-svijet-sedrenih-barijera-alge/>

(pristupljeno 4.11.2021.)

<https://np-plitvicka-jezera.hr/raznolikost-biljaka-uz-jezera-i-na-sedrenim-barijerama/>

(pristupljeno 4.11.2021.)

10. ŽIVOTOPIS

Nikola Renić (Zagreb 06. prosinca 1995), maturirao pri Prirodoslovnoj školi Vladimira Preloga u Zagrebu 2014. godine. Iste godine upisuje nastavnički studij biologije i kemije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom studija aktivan na Zavodu za molekularnu biologiju - za trajanja druge, treće i četvrte godine studija sudjeluje u izvođenju praktikumske nastave kolegija Biologija stanice kao demonstrator. Za studiranja sudjeluje u Danima otvorenih vrata Fakulteta i na Biološkom i na Kemijskom odsjeku. Posebno zanimanje gaji prema edukaciji te ekologiji i konzervacijskoj biologiji. Diplomski rad u području konzervacijske biologije upisuje pri Laboratoriju za zoologiju kralješnjaka Zoologijskog zavoda Biološkog odsjeka pod vodstvom doc. dr. sc. Ivane Buj. Uz prirodoslovlje, bavi se profesionalno standardnim i latinsko-američkim plesovima te kao pripadnik Hrvatske državne reprezentacije predstavlja Republiku Hrvatsku na svjetskom prvenstvu 2016. godine u Danskoj.