

Rasprostranjenost, morfometrijske značajke i genska raznolikost pastrvskog grgeča (*Micropterus salmoides* (Lacepede, 1802)) u Hrvatskoj

Karlović, Roman

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:217:136545>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-14**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Roman Karlović

**Rasprostranjenost, morfometrijske značajke i genska raznolikost
pastrvskog grgeča (*Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802)) u Hrvatskoj**

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

Ovaj rad je izrađen u Laboratoriju za zoologiju kralješnjaka na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Marko Čaleta. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra eksperimentalne biologije.

ZAHVALA

Veliko hvala mojem mentoru izv. prof. dr. sc. Marku Čaleti na nevjerojatno velikom strpljenju, dobroti i nesebičnoj pomoći. Hvala doc. dr. sc. Ivani Buj doc. dr. sc. Zoranu Marčiću, Svenu Horvatiću, i Siniši Vajdiću za pomoć pri prikupljanju uzoraka i literature. Posebno veliko hvala dragim djevojkama Luciji Raguž, Luciji Ivić i Leoni Lovrenčić na društvu i nesebičnoj pomoći.

Zahvaljujem se posebno svojoj obitelji na podršci, ljubavi, razumijevanju kroz ovih skoro 10 godina studiranja!

Hvala mojim prijateljima Cekinu i Friku na prijateljskoj podršci u teškim trenucima. Također veliko hvala svim ribolovcima koji su mi ustupili informacije i uzorke, posebno hvala Hanži i članovima Hrvatske bass lige.

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

**Rasprostranjenost, morfometrijske značajke i genska raznolikost pastrvskog grgeča
(*Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802)) u Republici Hrvatskoj**

Roman Karlović

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Pastrvski grgeč (*Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802)) dobro je poznata vrsta ribe, ponajviše zbog brojnih istraživanja u Sjevernoj Americi od kuda vrsta i potječe. Pastrvski grgeč, danas rasprostranjen diljem svijeta, na glasu je kao jedna od najpopularnijih i najvrjednijih vrsta riba u sportskom ribolovu i ribolovnom turizmu, u Republici Hrvatskoj se smatra stranom invazivnom vrstom visokog rizika. Cilj ovog istraživanja je proučavanje značajki populacija pastrvskog grgeča u RH. Istraživanje rasprostranjenosti provedeno je pregledom literature, terenskim istraživanjima i pregledom podataka dobivenih od sportskih ribolovaca, te je istraživanjem rasprostranjenosti utvrđen poseban uzorak povećanja broja lokaliteta od početka 20. stoljeća do danas. Morfološke razlike jedinki iz slivova rijeka Drave i Save, te jadranskog sliva (ukupno 15 lokacija) prikazane su dvodimenzionalnom mrežom i analizirane statističkim metodama, te su utvrđene manje morfometrijske razlike između istraživanih grupa. Filogenetska rekonstrukcija se temeljila na sekvencama gena za kontrolnu regiju (CR) te je provedena pomoću metoda najveće parsimonije (MP), najveće vjerojatnosti (ML) i susjednog povezivanja (MJ). Analiza populacijske genetike pastrvskog grgeča u Hrvatskoj sugerira na malu raznolikost i malen broj inicijalno unesenih jedinki, te potvrđuju tezu o ilegalnim translokacijama. Također otkriven je poseban haplotip čije postojanje u jezeru Jarun i zanimljiv filogenetski položaj nisu posve razjašnjeni.

(stranica 64, slika 17, tablica 11, literaturnih navoda 155, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: pastrvski grgeč, rasprostranjenost, morfometrija, genetika, Hrvatska

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Marko Čaleta

Ocjenitelj:

Rad prihvaćen:

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Division of Biology

Graduation Thesis

Outspread, morphometric characteristics and genetic diversity of largemouth bass (*Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802)) in Croatia

Roman Karlović

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The largemouth bass (*Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802)) is one of the best known species of fish in the world, mainly because of numerous studies in North America from where it originates. Today largemouth bass is widely spread throughout the world as one of the most popular and valuable fish species in sport fishing and fishing tourism, while in the Republic of Croatia is considered to be a high risk foreign invasive species. The aim of this study is to examine the characteristics of largemouth bass populations in Croatia. Outspread research is conducted through literature reviews, field surveys, and data obtained from sport fishermen. This part of research shows a specific pattern of increasing localities number from the early 20th century to the present. The morphological differences of the individuals from the Drava and Sava river basins and the Adriatic basin (15 sites in total) were shown by a 2D network and analyzed by statistical methods. Minor morphometric differences were found between the studied groups. Phylogenetic reconstruction was based on the control region (CR) gene sequences and was conducted using following methods: maximum parsimony (MP), maximum likelihood (ML), and media joining (MJ). A genetic study of largemouth bass population characteristics in Croatia suggests a small diversity and a small number of individuals initially introduced, and also confirms thesis of illegal translocations. Also, special haplotype is discovered whose existence in Lake Jarun and an interesting phylogenetic position have not been fully clarified.

(pages 64, figures 17, tables 11, references 155, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: Largemouth bass, morphometry, genetics, distribution, Croatia

Supervisor: Assoc. prof. Marko Čaleta

Reviewers:

Thesis accepted:

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1 Taksonomske i morfološke značajke pastrvskog grgeča..... | 1 |
| 1.1.1 Nomenklatura | 1 |
| 1.1.2 Taksonomija i genetika pastrvskog grgeča | 1 |
| 1.1.3 Morfologija odraslih i juvenilnih jedinki pastrvskog grgeča | 3 |
| 1.2 Rasprostranjenost pastrvskog grgeča u svijetu i Hrvatskoj | 5 |
| 1.2.1 Izvorno područje rasprostranjenosti | 5 |
| 1.2.2 Područja na koja je unesen | 6 |
| 1.3 Biologija pastrvskog grgeča | 7 |
| 1.3.1 Reprodukcijski i rast | 7 |
| 1.3.2 Prehrana..... | 9 |
| 1.3.3 Fiziološka otpornost | 10 |
| 1.4 Ekologija pastrvskog grgeča..... | 11 |
| 1.4.1 Migracije i odabir staništa | 11 |
| 1.4.2 Hranjenje i interspecijski odnosi | 12 |
| 1.4.3 Spolno ponašanje..... | 14 |
| 1.5 Važnost za čovjeka i utjecaj unosa pastrvskog grgeča | 15 |
| 1.6 Cilj istraživanja..... | 17 |
| 2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA | 18 |
| 2.1 Opis lokacija | 18 |
| 3. MATERIJALI I METODE | 20 |
| 3.1 Uzorkovanje..... | 20 |
| 3.2 Istraživanje rasprostranjenosti | 21 |
| 3.3 Morfometrijska istraživanja..... | 22 |
| 3.4 Istraživanje genske raznolikosti..... | 24 |
| 3.4.1 Laboratorijski postupci (izolacija DNA, umnažanje gena polimeraznom lančanom reakcijom (PCR), sekvenciranje)..... | 24 |
| 3.4.2 Filogenetska rekonstrukcija..... | 26 |
| 4. REZULTATI..... | 28 |
| 4.1 Istraživanje rasprostranjenosti | 28 |
| 4.2 Analiza morfometrijskog istraživanja | 31 |
| 4.3 Analiza genskih značajki | 36 |

| | | |
|-------|----------------------------------|----|
| 4.3.1 | Filogenetska rekonstrukcija..... | 36 |
| 5. | RASPRAVA | 40 |
| 6. | ZAKLJUČAK | 46 |
| 7. | LITERATURA | 47 |
| 8. | PRILOZI | 63 |
| 9. | ŽIVOTOPIS..... | 65 |

1. UVOD

1.1 Taksonomske i morfološke značajke pastrvskog grgeča

1.1.1 Nomenklatura

Validni latinski naziv za pastrvskog grgeča je *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802). Bernard Germain de Lacepède (1802. godine) nazvao ga je *Labrus salmoides* kada ga je opisao prema crtežu i opisima koje je dobio od M. Boso. Kao *locus typicus* za vrstu navodi se "Les rivières de le Caroline", rijeke u blizini Charlestona (Južna Karolina, SAD) (Lacepède 1802). Vjerojatno najstariji sačuvani primjerak pastrvskog grgeča je u Prirodoslovnom muzeju u Parizu. Ovaj primjerak iz države Floride je opisao Charles Alexandre LeSeur 1822. godine pod imenom *Cichla floridana* (LeSeur 1822). Prvi opis ove vrste prihvaćen od strane znanstvene zajednice pod trenutnim imenom *Micropterus salmoides* daju Hubbs i Bailey (1940) u svojoj reviziji roda *Micropterus*. Ime su preuzeli od strane ihtiologa Charles Harvey Bollmana, koji 1886. godine navodi vrstu *Micropterus salmoides* iz rijeke Eskambie u Alabami, SAD (Bollman 1886).

Podrijetlo imena roda *Micropterus* potječe od grčke riječi *micropterus*, što znači mala peraja, a dolazi iz krive interpretacije oštećenog primjerka jedinke *Micropterus dolomieu* koju je Lacepède opisao smatrajući kako je raspolovljeni dio leđne peraje zapravo mala zasebna peraja. *Salmoides* (pastrvi nalik) potječe od latinskog imena roda *Salmo* - pastrve, iako nije u nikakvim srodstvenim odnosima s pastrvama niti nalikuje na ribe iz tog roda (Lacepède 1802). Moguće objašnjenje je lokalni naziv za pastrvskog grgeča "trout" odnosno "pastrva" u južnim državama SAD-a (Pflieger 1975).

1.1.2 Taksonomija i genetika pastrvskog grgeča

Micropterus salmoides (Lacepède, 1802) je slatkovodna riba iz porodice Centrarchidae. Klasifikacija vrste prikazana je u Tablici 1. Porodica Centrarchidae smještena je unutar podreda Percoidea koji je najveći i najraznolikiji podred unutar reda Perciformes (Johnson i sur. 2001). Rod *Micropterus* spada u porodicu Centrarchidae s ukupno 12 vrsta slatkovodnih riba endemičnih za Sjevernu Ameriku (Hubbs i Bailey 1940; Blanton i sur. 2013). Ekološka važnost roda *Micropterus* je velika jer su sve vrste vršni predatori u

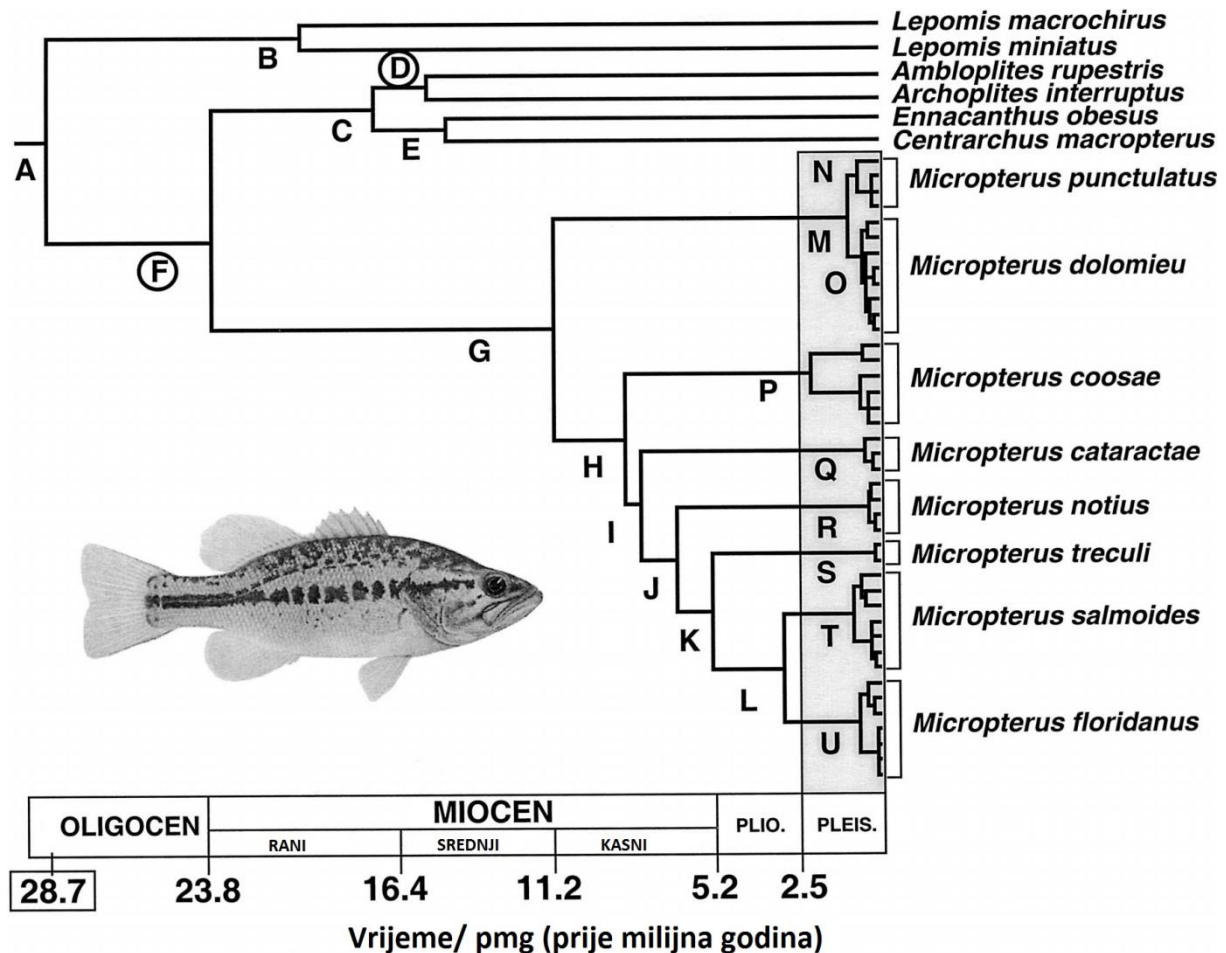
staništima gdje ih nalazimo prirodno (Etnier i Starnes 1993). U reviziji ihtiofaune Floride, prema morfološkim i ekološkim karakteristikama, Hubbs i Bailey (1940) dijele vrstu na dvije podvrste, *Micropterus salmoides salmoides* i *M. s. floridanus*. Napominju kako im se područja rasprostranjenosti preklapaju te dolazi do križanja, ali za *locus tipicus* podvrste *M. s. salmoides* navode Velika jezera i sliv rijeke Mississippi, dok za *M. s. floridanus* navode Floridski poluotok s rijekama kao što su Satilla i Savannah (Bailey i Hubbs 1949).

Tablica 1. Taksonomski položaj pastrvskog grgeča, *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) (Nelson 2006).

| | |
|-----------------|--|
| Carstvo | Animalia |
| Koljeno | Chordata |
| Potkoljeno | Vertebrata |
| Međukoljeno | Gnathostomata |
| Nadrazred | Actinopterygii |
| Razred | Teleostei |
| Nadred | Acanthopterygii |
| Red | Perciformes |
| Porodica | Centrarchidae |
| Potporodica | Centrarchinae |
| Rod | Micropterus |
| Vrsta | <i>Micropterus salmoides</i> Lacepède (1802) |
| Engleski naziv | largemouth bass |
| Francuski naziv | achigan à grande bouche |

Danas dio znanstvenika smatra da to nisu podvrste, nego imaju status zasebnih vrsta *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) i *Micropterus floridanus* (Lesueur, 1822), odvojene posebnim evolucijskim putevima prije cca 3 milijuna godina (Near i sur. 2003). Prvo se molekularnim i morfometrijskim analizama ukazalo na mogućnost postojanja odvojenih vrsta (Kassler i sur. 2002). Zatim je filogenetski analizirana mitohondrijska deoksiribonukleinska kiselina (DNA) odnosno geni koji kodiraju citokrom *b* i proteinske podjedinice NADH dehidrogenaze (ND2), te je molekularni sat kalibriran fosilnim nalazima (kalibriran prema Berggren i sur. 1995) kako bi se procijenilo vrijeme odvijanja specijacije te brzine diversifikacije (Near i sur. 2003). Ustvrdeno je da su se *Micropterus salmoides* i *Micropterus floridanus* imali zajedničkog pretka u pleistocenu prije otprilike 2 do 3 milijuna godina (Slika 1.). Na rod *Micropterus* je u Meksičkom zaljevu utjecao posebni model specijacije, odnosno alopatrijska specijacija obale zaljeva (gulf coast allopatric speciation model) koju karakteriziraju velike oscilacije razine mora u pleistocenu (Near i sur. 2003). U nekoliko

jezera u Kaliforniji primijećeno je križanje ove dvije vrste zbog poklapanja sezone mrijesta. Nakon 10 godina križanja jedinke su poprimile merističke karakteristike floridske podvrste (Bottroff 1967; Moyle 2002)



Slika 1. Vremenski kalibrirani filogram (kronogram) topologije pastrvskog grgeča metodom najveće vjerojatnosti (ML). Čvorovi kalibrirani fosilima su zaokruženi (čvor F = 15,5 pmg (prije milijuna godina) i čvor D = 23,0 pmg). Razdoblje koje odgovara trajanju pleistocena je zasjenjeno. Kronogram je kalibriran u odnosu na geološku vremensku skalu (Berggren i sur. 1995). Točne procjene dobi za obilježene čvorove date su u Tablici 3. u radu iz kojeg je preuzeta slika (Near i sur. 2003). Plio.= pliocen, Pleis.= pleistocen.

1.1.3 Morfologija odraslih i juvenilnih jedinki pastrvskog grgeča

Pastrvski grgeč je obično zelene boje s tamnim mrljama po sredini tijela koje tvore tamnu vodoravnu liniju na stražnjoj polovici tijela ribe. Donja strana je svijetlozelena do gotovo bijela, dok je gornja strana zelena s prijelazom prema crnoj (Chilton 1997). Boja i

uzorak variraju ovisno o boji i kemizmu vode, posebno zamućenosti (ili prozirnosti). Boje su izraženije u prozirnoj vodi, te je bočna crta izrazito crna i oštih rubova. Nekolicina ljustaka na donjoj polovici tijela ima tamnu podlogu, te one ne tvore horizontalne redove mrlja nego zasebne crne točkice. Ribe iz mutnih voda su puno svjetlije obojene i ponekad nemaju izraženu crnu prugu duž tijela. Mladi ispod 15 cm totalne duljine često imaju kontinuiranu crnu prugu duž tijela s oštrim rubovima i bez crnih točkica. Također takvi mlađi primjerci imaju dvobojni rep gdje je prednjih 2/3 repa svijetlo-narančasta dok je stražnja 1/3 repa tamno-siva. Juvenilne jedinke do te duljine često posjeduju i malo veću crnu pjegu u korijenu repa (Douglas 1974; Williams i Boschung 1983). Mužjaci za vrijeme sezone parenja poprime tamniju boju, ali i to može varirati i ovisi o boji vode i supstratu (Scott i Crossman 1973).

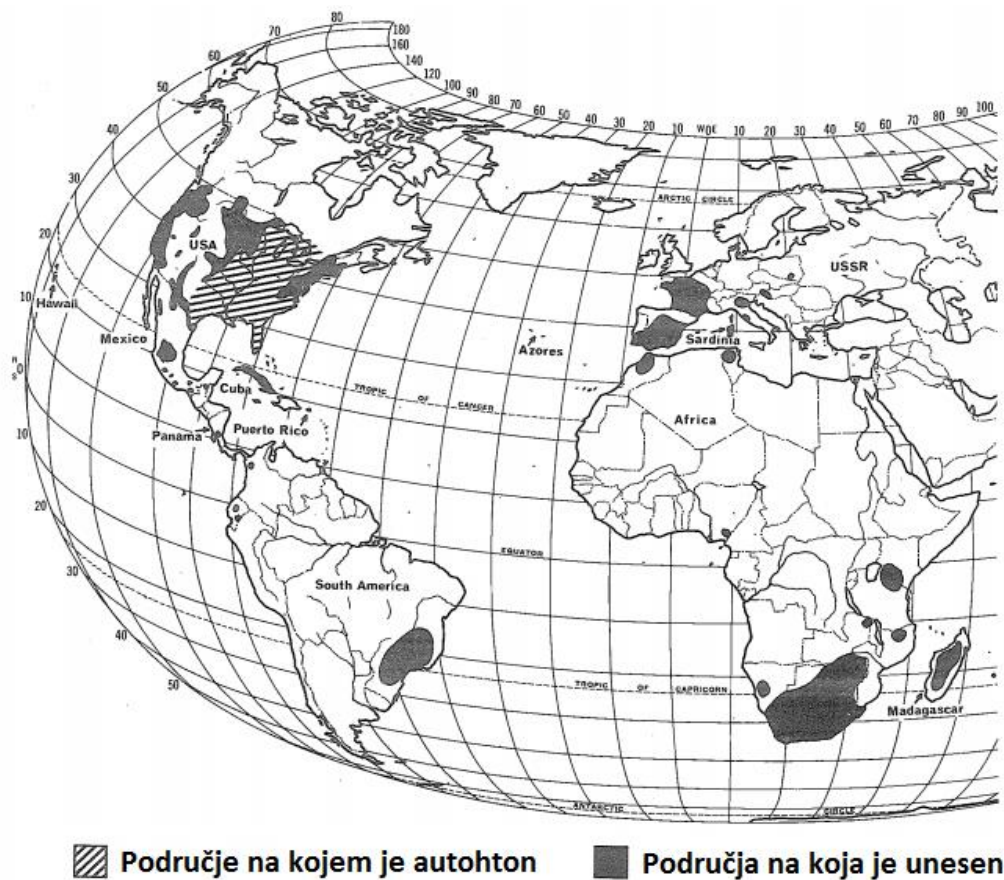
Pastrvski grgeč je robusna riba velike glave kojoj najveća visina tijela stane više od 3 puta u standardnu duljinu tijela (Hubbs i sur. 1991). Bočna pruga je prisutna te se u njoj nalazi između 55 i 77 ljustaka. Ljuske su ktenoidnog tipa i nedostaju na korijenu podrepne i stražnje polovice leđne peraje. Leđna peraja sastoji se od dva slabo spojena dijela te duljina prednjeg dijela stane 2,4 do 3,9 puta u duljinu stražnjeg dijela leđne peraje. U prednjoj polovici leđne peraje nalazi se od 6 do 13 bodlji, a u stražnjoj polovici 13 do 14 mekanih šipčica. Podrepnu peraju čine 3 bodljaste šipčice (rijetko 2 ili 4) i 10 do 12 mekanih šipčica. Trbušne peraje se nalaze ispod prsnih peraja (Hubbs i sur. 1991).

Tijelo pastrvskog grgeča za razliku od drugih vrsta iz porodice Centrarchidae nije tako jako bočno spljošteno te je poprečni presjek tijela elipsoidna oblika. Oblik tijela je fuziforman, ali lagano bočno spljošten te je rep urezanog tipa. Takve značajke u riba ukazuju da su brzi plivači i imaju sposobnost velikog ubrzanja (Scott i Crossman 1973). Osnovna i najuočljivija osobina koju posjeduju pastrvski grgeč velika su usta koja se pružaju koso ispod oka i čiji kraj uvijek prelazi stražnju polovicu oka. Jedinke manje od 15 cm standardne duljine nemaju takve značajke usta, te im usta završavaju ispod stražnje polovice oka. Jezik je uglavnom gladak bez zubića (Ross 2001). Usta su završna i lagano zakrivljena (Goldstein i Simon 1999). Čeljusti pastrvskog grgeča su dobro razvijene, te posjeduju sitne četkaste zubiće na gornjoj i donjoj vilici (Scott i Crossman 1973).

1.2 Rasprostranjenost pastrvskog grgeča u svijetu i Hrvatskoj

1.2.1 Izvorno područje rasprostranjenosti

Micropterus salmoides (Lacepède, 1802) potječe iz rijeka s područja središnjeg dijela Sjeverne Amerike koje pripadaju atlantskom slivu, odnosno rijeka s istočne strane Rocky Mountain-a (Slika 2.) (Robbins i McCrimmon 1974; Hubbs i sur. 1991).



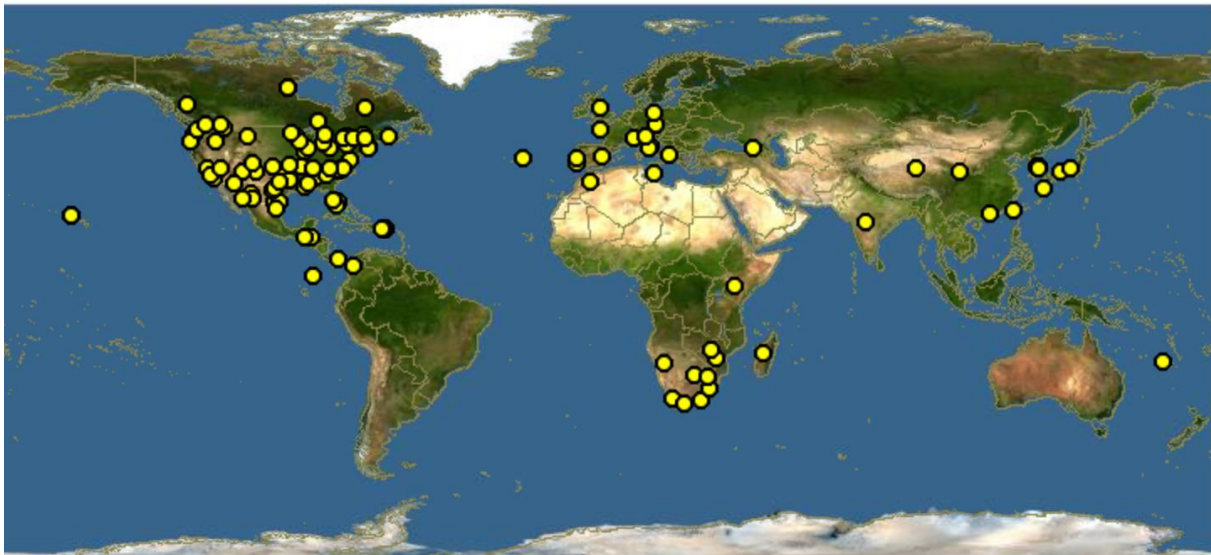
Slika 2. Rasprostranjenost pastrvskog grgeča u svijetu (bez Azije). Zاتمnjeno su područja na koja je unesen, a isprugano je područje na kojem je autohton (Robbins i McCrimmon 1974).

Porodica Centrarchidae kojoj pripada pastrvski grgeč endemična je za sjevernoamerički kontinent (Etnier i Starnes 1993). Pastrvski grgeč je autohtona vrsta ribe slatkih voda Velikih jezera, sliva rijeke Mississippi i riječnog sustava dijela Meksičkog zaljeva. Također ga nalazimo u državama Georgiji, Južnoj i Sjevernoj Carolini te Virginiji (Bailey i Hubbs 1949), te južno od Ontarija do Iowe, u Teksasu i sjeveroistočnom Meksiku, te

istočno do Floride i Virginije (McPhail 2007). Jako je teško razlikovati autohtone populacije pastrvskog grgeča od onih koje su nastale zbog intenzivnog prenošenja riba diljem sjeverno američkog kontinenta (Bailey i Hubbs 1949).

1.2.2 Područja na koja je unesen

Pastrvski grgeč je jedna od najpopularnijih riba vrlo atraktivna sportskim ribolovcima te je unesena i prenesena u zemlje diljem svijeta (Hubbs i sur. 1991). U SAD-u je prisutan u svim državama osim Aljasci (Scott i Crossman 1973). Širenje pastrvskog grgeča u SAD-u ima jasan uzorak. Uz službeno odobrene translokacije, mnogobrojna ilegalna unošenja odigrala su veliku ulogu u današnjoj raširenosti pastrvskog grgeča (Brown i sur. 2009). Pastrvski grgeč je unesen u 56 zemalja, od čega ga je 28 zemalja unijelo za potrebe sportskog ribolova, 15 zemalja radi potreba akvakulture, a 5 zemalja radi poboljšanja stanja prirodnih ribljih populacija (Welcomme 1992). Generalno gledano ljudi smatraju pastrvskog grgeča, za razliku od njegovih srodnika iz porodice Centrarchidae, korisnim na mjestima gdje je unesen. Uočeno je masovno širenje pastrvskog grgeča po cijelom svijetu u periodu između 1930. godine i 1950. godine. Naglo širenje u tom periodu povezano je s njegovom popularnošću u sportskom ribolovu gdje je izrazito cijenjen zbog vrlo dinamičnog i atraktivnog ribolova čija je glavna karakteristika da se ulovljene ribe puštaju natrag žive (Welcomme 1992). Trend širenja se nastavio, ali znatno slabijim intenzitetom u periodu od 1950. do 1980. godine. Ovaj puta glavni razlog je bio poboljšanje stanja divljih populacija ostalih riba (Welcomme 1992). Prema novijim podacima (www.fishbase.de) pastrvskog grgeča nalazimo na 5 kontinenata u 64 zemlje (Slika 3.) (abecedno): Albanija, Alžir, Argentina, Austrija, Bjelorusija, Belgija, Bolivija, Bocvana, Kanada, Kina, Kolumbija, Kuba, Cipar, Češka, Dominikanska Republika, El Salvador, Fidži, Francuska, Grčka, Guam, Gvatemala, Havaji, Honduras, Hong Kong, Mađarska, Iran, Italija, Japan, Kenija, Koreja (sjever), Koreja (jug), Latvija, Lesoto, Litva, Madagaskar, Malavi, Malezija, Mauricijus, Meksiko, Maroko, Mozambik, Namibija, Nova Kaledonija, Panama, Filipini, Poljska, Portugal, Portoriko, Rumunjska, Rusija, Srbija, Slovačka, Slovenija, Južna Afrika, Španjolska, Svazi, Švicarska, Tanzanija, Tunis, Ukrajina, SAD, Djevičanski otoci. (SAD), Zambija, Zimbabve.



Slika 3. Noviji podatci o rasprostranjenosti pastrvskog grgeča u svijetu. Žutim točkama su označene države u kojima je zabilježen pastrvski grgeč (www.fishbase.de)

Podatci o rasprostranjenosti pastrvskog grgeča u Republici Hrvatskoj su jako oskudni. Tek nekolicina navoda o uzgoju nam govore da je pastrvski grgeč na područje Republike Hrvatske unesen u nekoliko pokušaja. Prvi puta je zabilježen početkom 20. stoljeća kada je naseljen u ribnjake Božjakovina (blizu Zagreba) (Anonymous 1907). Strani autori napominju kako je 1914. godine neuspješno unesen u Jugoslaviju iako ne navode u koje vode (Robbins i McCrimmon 1974). Nakon toga je 30-ih godina unesen u ribnjačarstva Pakračka poljana (u blizini Garešnice) i Belje (blizu Osijeka), međutim ne postoje podatci o uspjehu uzgoja (Fijan 1950). Pastrvski grgeč je po treći puta unesen u Hrvatsku krajem 60-ih u ribnjake Draganići, Poljana i Končanica, ali populacije mu nikada nisu bile brojne (Bojčić 1987).

1.3 Biologija pastrvskog grgeča

1.3.1 Reprodukcija i rast

Generalno gledajući pastrvski grgeč je heteroseksualan, te se funkcionalni hermafroditizam ili zamjena spolova kod njega ne pojavljuju (Heidinger 1976). Ipak zabilježene su abnormalne pojave tkiva testisa i ovarija u nekim jedinkama pastrvskog grgeča (James 1946). Osim tamnije boje mužjaka u doba parenja (Scott i Crossman 1973) postoje i drugi znakovi spolnog dimorfizma. Pastrvskom grgeču većem od 35 cm spol može biti određen do točnosti od 92% na temelju vanjskog izgleda jedinki. Ako se promatra oblik koji

zatvaraju ljuske koje su direktno spojene na urogenitalni otvor, uočiti će se pravilni kružni oblik kod mužjaka te elipsoidno-kruškoliki oblik kod ženki (Parker 1971). U Kanadi, u sjevernijim područjima rasprostranjenosti, mužjaci dostižu spolnu zrelost u 3. ili 4. godini, a ženke u 4. ili 5. godini života (Scott i Crossman 1973; McPhail 2007). U toplijim južnijim krajevima ženke sazrijevaju puno ranije (čak u prvoj godini) jer im je omogućen rast na optimalnim temperaturama tijekom cijele godine (Stuber i sur. 1982). U proljeće kada temperatura vode prijeđe 15°C mužjaci se spremaju za mrijest; u priobalnom pojasu stajaćih voda rade plitku udubinu u supstratu i privlače ženke. Zbog položaja "gnijezda" u priobalnom pojasu i specifičnog ponašanja mužjaka jedinke se nalaze u rizičnom položaju te mnogi čimbenici utječu na uspjeh mrijesta (Kramer i Smith 1962). Reproductivni uspjeh je određen s nekoliko čimbenika. Kao i kod brojnih drugih vrsta riba uspjeh mrijesta je određen kvalitetom mrijestilišta te pogodnim i stabilnim meteorološkim uvjetima za vrijeme mrijesta. Čimbenici koji najviše utječu na uspješnost mrijesta pastrvskog grgeča su oscilacije razine vodostaja (Hill i Cichra 2005), aktivnosti vjetra i valova, kvaliteta vode, zaklon, temperature (posebno nagli pad temperature), predacija i ljudske aktivnosti. Ako navedeni uvjeti nisu zadovoljeni mužjaci mogu napustiti gnijezdo te u tom slučaju mrijest propada (Allan i Romero 1975). Ako su svi uvjeti zadovoljavajući nekoliko različitih ženki polaže jaja u gnijezdo jednog mužjaka, odnosno ženke polažu jaja kod nekoliko različitih mužjaka te ih mužjak oplođuje i ostaje čuvati (Lamkin 1901). Ženka pastrvskog grgeča polaže 4000-14 000 žuto-narančastih jaja po kilogramu svoje mase (Scott i Crossman 1973). Jaja su tonućeg i adhezivnog tipa, te su relativno velika (od 1,4 mm do 1,8 mm promjera).

Brzine rasta i tjelesna veličina u različitim dobnim kategorijama dosta variraju duž prostora rasprostranjenosti pastrvskog grgeča. Stopa rasta je obično viša u južnim nego u sjevernim područjima rasprostranjenosti no ipak više ovisi o dostupnosti odgovarajuće veličine plijena (Garvey i Marschall 2003). Pastrvski grgeč raste puno brže jezerima u koja je tek unesen nego u starim gdje već postoji njegova populacija. Također ako postoji već utvrđena populacija rast će biti puno brži u velikim vodenim površinama naspram malih (Jenkins i Hall 1953). Generalno gledajući, u optimalnim uvjetima, pastrvskom grgeču potrebno je oko 1,8 kilograma hrane kako bi dobio 0,5 kilograma mase (Scott i Crossman 1973). Najveći zabilježeni primjerak je imao 10,1 kg (IGFA 1991), a najstariji 23 godine (Quinn 2001). Ženke pastrvskog grgeča u prosjeku dožive 9 godina, a mužjaci 6 godina starosti. Ima tendenciju živjeti duže u sjevernim nego u južnim predjelima svoje

rasprostranjenosti. Primijećeno je da u državi Wisconsin (sjever) žive najviše 14 godina, a u državi Louisiani (jug) najviše 10 godina (Bennett i Gibbons 1975).

Nakon oplodnje jaja na temperaturi od 20°C potrebno je 192 sata do formiranja usta, nakon 240 sati ličinka je slobodno-plivajuća, te je žumanjčana vrećica apsorbirana nakon 312 sati (Laurence 1969). Na kraju prve godine juvenilna jedinka pastrvskog grgeča može biti velika od 5 do 35 cm. Ova velika varijacija u duljini povezana je više s gustoćom i količinom plijena nego s probavnim funkcijama ili temperaturom vode. Primijećeno je ukoliko se pastrvski grgeč hrani isključivo ribljim mesom brzina rasta mu se udvostručuje u svim dobnim kategorijama (Snow 1961). Brzi rast mlađi pastrvskog grgeča je presudan za preživljavanje prve zime. Rast mlađi pastrvskog grgeča pozitivno je povezan s temperaturama vode i zraka u lipnju i kolovozu, te je to razdoblje iznimno važno za preživljavanje (Scott i Crossman 1973). Duljina razdoblja rasta određuje duljinu mlađi pastrvskog grgeča na kraju jeseni. Nakon jeseni duljina mlađi određuje zimski mortalitet, gdje je uočeno da veće jedinke bolje preživljavaju zimske uvjete (Jackson i Mandrak 2002).

1.3.2 Prehrana

Odrasli pastrvski grgeči primarno su piscivorni te konzumiraju veliki spektar malih riba različitih oblika tijela. U Sjevernoj Americi, u staništima koja nastanjuje, obitava 20-ak vrsta riba kojima se hrani, među njima su npr. sunčanica, američki smeđi i crni somić, kalifornijska pastrva itd (Lasenby i Kerr 2000). Kanibalizam je istaknutiji nego kod srodnika, te jedinke iste vrste čine i do 10% prehrane pastrvskog grgeča većeg od 20 cm (Scott i Crossman 1973). Također rado jede žabe, vodenjake i rakove (Scott i Crossman 1973; Hickley i sur. 1994; Lasenby i Kerr 2000). U želucima pastrvskih grgeča nađeni su i mali sisavci (rovke, voluharice, štakori), male kornjače, pačići, zmije, puževi i školjke (Hill i Cichra 2005). Gotovo svi vodeni makroorganizmi koji se mogu naći u slatkovodnim staništima nađeni su i u želucu pastrvskog grgeča te se osim piscivorom smatra i oportunistom (Heidinger 1976). Prehranu mladih riba čine vodeni i kopneni beskralježnjaci i sitni kralježnjaci. Juvenilne ribe duljine od 5,9 do 6,3 mm koje tek izađu iz gnijezda hrane se ličinkama račića i kolnjacima (Kramer i Smith 1960). Istraživanje na jezeru Washington pokazalo je da prehranu riba veličine 20-40 mm najvećim dijelom čine rašljoticalci, veslonošci, ličinke dvokrilaca i rakušci. Ribe između 60 i 80 mm već su imale u želucima oko 5%, a ribe između 80 i 100 mm duljine 29% udjela hrane ribljeg podrijetla (Stein 1970). Ovaj

prijelaz s insektivorne na piscivornu prehranu je od ključne važnosti za rast i preživljavanje juvenilnih pastrvskih grgeča (Post 2003).

1.3.3 Fiziološka otpornost

1.3.3.1 Temperatura, kisik, pH, salinitet, zamućenje

Temperaturne sklonosti variraju u ovisnosti o aktivnostima i životnom stadiju. Temperatura za optimalan rast odraslog pastrvskog grgeča je 24-30° C. Na temperaturama ispod 15°C i iznad 36°C rast odraslih jedinki se zaustavlja (Stuber i sur. 1982). U prirodi (prirodnim uvjetima) je primijećeno da mu pogoduju temperature između 26 i 28°C (Dendy 1946), dok se u laboratoriju pokazalo kako mu odgovaraju temperature od 30 do 32°C (Ferguson 1958). Pri temperaturi iznad 37°C i ispod 5°C, te pri koncentracijama kisika ispod 1 mg/L pastrvski grgeč se prestaje hraniti (Snow 1961).

Za mrijest i inkubaciju jaja optimalna temperatura je između 20 i 21°C (Clugston 1964). Preživljavanje embrija i jaja je nemoguće iznad 30°C (Kelley 1968) ili ispod 10°C (Kramer i Smith 1960). Optimalne temperature za rast mladi su između 27 i 30°C, a rast im se također prekida na temperaturama ispod 15°C te iznad 32°C (Stuber i sur. 1982). Pri temperaturi višoj od 27°C pastrvski grgeč smanjuje aktivnosti tijekom dana, te istovremeno povećava aktivnost tijekom noći. Na temperaturi nižoj od 10°C sve aktivnosti se usporavaju i smanjuju (Warden 1973).

Pastrvski grgeč preferira vode s koncentracijom kisika iznad 3 mg/L, ali može preživjeti i u vodama s koncentracijom kisika duplo manjom ukoliko su temperature pogodne. Ako su koncentracije kisika niske i u vodi ima mnogo vodene vegetacije mogu se očekivati zimski pomori (Scott i Crossman 1973). Koncentracije kisika ispod 1 mg/L u vodi su letalne za sve dobne kategorije pastrvskog grgeča (Stuber i sur. 1982).

Optimalni pH vode za normalni rast i razvoj pastrvskog grgeča je između 6,5 i 8,5 (Stroud 1967). Izlijeganje iz jaja izostaje kada je pH 5 ili manji i pri pH višem od 9,6 (Stuber i sur. 1982). Mortalitet u 50% jedinki pastrvskog grgeča nastupa pri pH ispod 4,2 i iznad 10,4. Letalni pH za odrasle i mlade je 11 (Swingle 1961; 1962).

Pastrvski grgeč uglavnom nastanjuje vodena staništa u rasponu od slatkovodnih do oligohalinih (0,5-5,0 ppt), no zabilježeni su nalazi u vodama pod jakim utjecajem mora i u estuarijima rijeka sa salinitetom do 24 ppt (Devries i sur. 2006). Rast pastrvskog grgeča se usporava pri salinitetu većem od 4 ppt, te ne može preživjeti duže izlaganje salinitetu većem od 12 ppt (Meador i Kelso 1990). Razvitak embrija je smanjen pri salinitetu iznad 1,5 ppt, a u potpunosti izostaje pri 10,5 ppt. Također se brzina rasta mlađi usporava pri salinitetu od 1,7 ppt te se rast potpuno zaustavlja pri salinitetu od 6 ppt (Tebo i McCoy 1964).

Visoko zamućenje limitira primarnu i sekundarnu produkciju cijelog sustava, čime se smanjuje i brzina rasta pastrvskog grgeča (Buck 1956). Pastrvski grgeč ne tolerira visoko zamućenje, odnosno veliku količinu suspendiranih čestica u vodi, te mu najviše odgovaraju količine do 25 ppt. Optimalna količina otopljenih čestica za normalan rast i razvoj pastrvskog grgeča je od 5 do 25 ppt (Stuber i sur. 1982). Također ako je koncentracija viša od 101 000 mg/L direktan je letalni utjecaj na pastrvskog grgeča zagušivanjem škržnih resica (Heidinger 1976).

1.4 Ekologija pastrvskog grgeča

1.4.1 Migracije i odabir staništa

Istraživanje o lokalnim kretanjima pastrvskog grgeča rađeno je na jezerima velikih površina (>20 ha) na temelju ponovno ulovljenih ranije označenih jedinki. U istraživanju je otkriven prosjek od 6,4 km prijedene udaljenosti do ponovnog ulova (Eschmeyer 1942; Dequine i Hall 1950). Procijenjeno je da 90% populacije pastrvskog grgeča u jezerima velikih površina prijeđe oko 25 km u godinu dana (Eschmeyer 1942). Također su rađena istraživanja o lokalnim kretanjima pastrvskog grgeča na jezerima manjim od 20 ha. Na manjim jezerima radijus kretanja pastrvskog grgeča je otprilike 100 m (Warden i Lorio 1975). S obzirom na znatne razlike u prijeđenim udaljenostima u istraživanjima, smatra se da postoje dva tipa ponašanja, odnosno poseban oblik promjenjivog raspona teritorija (Warden 1973). Jedna grupa riba se zadržava na malim područjima iz kojih ne izlaze, a druga grupa "luta" jezerom u potrazi za hranom (Fetterolf 1952). Istraživanje u otvorenim vodama rijeke Mississippi također je pokazalo da postoje sjedilačke i mobilne jedinke, te je pastrvski grgeč okarakteriziran kao semi-mobilna vrsta ribe (Funk 1957). Na proljeće kada se pastrvski grgeči

spremaju za sezonu mrijesta može se naći čitavu populaciju odraslih riba u plitkoj priobalnoj zoni jezera. U to doba godine primijećen je i najveći broj pastrvskih grgeča koji tijekom sumraka bježe iz jezera preko preljeva i ustava (Clark 1942; Louder 1958; Elser 1961; Lewis i sur. 1968). U velikim jezerima česte su horizontalne migracije između dana i noći. Tijekom dana miruju oko podvodnih struktura (npr. stijena, potopljenog drveća) te se u sumrak zapute prema obali gdje se hrane tijekom noći (Scott i Crossman 1973). Zimi pastrvski grgeč provodi 95% vremena plivajući minimalnom brzinom. Iako su zimi prostorno najstabilnije raspoređeni, jedan dio riba poduzima lokalne migracije i pod ledom (Hanson i sur. 2007).

Pastrvski grgeč nastanjuje sve tipove slatkovodnih vodenih staništa. Možemo ga pronaći u močvarama, umjetnim jezercima, jezerima, akumulacijama, potocima, estuarijima i velikim rijekama. Pastrvski grgeč preferira čista jezerska (stajaća) staništa, te se najboljim staništem smatraju jezera s plitkom priobalnom zonom, većim količinama podvodne vodene vegetacije i dovoljno dubokih dijelova za prezimljavanje (Stuber i sur. 1982). Idealnije jezersko stanište bi uz ove osobine trebalo biti lagano zamućeno i imati lagani protok vode (Lasenby i Kerr 2000). Zasjejena područja su također bitna jer sve dobne kategorije pastrvskog grgeča tijekom vrućih dana traže zaklon od sunca u sjeni (Baker i sur. 1993). Prirodna riječna staništa pastrvskog grgeča su čisti donji dijelovi rijeka karakterističnih sporih i širokih tokova s dubljim bazenima, poplavnim ravnicama, rukavcima i mrtvajama. U takvim riječnim staništima više preferira vegetacijom obrasle stajaće i sporotekuće vode rukavaca i mrtvaja od samog toka rijeke (Scott i Crossman 1973; Stuber i sur. 1982; Moyle 2002). Pastrvski grgeč je litofilna vrsta prema odabiru podloge za polaganje jaja. U sezoni parenja mužjaci grade gnijezda na tvrdj podlozi (npr. šljunčanoj ili kamenoj) blizu zaklona kao što su potopljena stabla, vodena vegetacija ili grmlje uz vodu (Ross 2001). Gnijezda grade najčešće u priobalnoj zoni na dubinama od 0,3 m do 1,3 m (Clugston 1966; Heidenger 1976). Pastrvskog grgeča možemo pronaći na svim dubinama, a jedini limitirajući faktor za vertikalnu rasprostranjenost u eutrofnim jezerima je niska koncentracija kisika u dubokim vodama. Najveća zabilježena dubina na kojoj je ulovljen pastrvski grgeč je 25 m (Cady 1945; Hedinger 1976).

1.4.2 Hranjenje i interspecijski odnosi

Pastrvski grgeč je predator iz zasjede. Najčešće kao zaklon u zasjedi koristi vodenu vegetaciju u kojoj se skriva. Ako se ukloni vegetacija iz jezera mijenja lovnu strategiju s lova iz zasjede u aktivni lov traženjem (Sammons i sur. 2003). Pastrvski grgeč se tijekom lova primarno oslanja na vid, ali može osjetiti vibracije i mirise (Scott i Crossman 1973). S obzirom na to da se prilikom hranjenja najviše oslanja na vid, prozirnost vode i količina svjetla jako utječu na uspješnost hranjenja. Uspješnost lova u čistoj vodi pod osvjetljenjem mjeseca i sunca u sumrak je oko 95%. Pod svjetlom zvijezda uspješnost lova se smanjuje na 65%, a u potpunom mraku iznosi 0% (McMahon i Holanov 1995). Kao i mnoge predatorske vrste riba, pastrvski grgeč ima velika, dobro razvijena usta i veliki elastični želudac. Plijen ne trga nego ga guta cijelog, te najviše preferira plijen koji nije duži od širine njegovih usta (Lawrence 1958). Ako se pastrvski grgeč hrani sitnim plijenom optimizira unos i potrošnju kalorija. Kada su mu ponuđeni punoglavci i sunčanice (*Lepomis* sp.) u neograničenim količinama, pastrvski grgeč će pojesti veću količinu punoglavaca, odnosno oko 7,9% svoje mase) te manju količinu sunčanica (otprilike 4,3% svoje mase). Kalorijska vrijednost obje vrste hrane u takvom omjeru količina je gotovo ista (otprilike 0,024 kcal/g), ali je količina energije potrebna za lov i manipulaciju plijenom obrnuta (Kirk 1967). Pastrvski grgeč pokazuje dva tipa hranidbenog ponašanja. Prvi tip je "gladū motiviran" kada prolazi kroz duge serije pripremnih pokreta tresući cijelo tijelo i šireći škržne poklopce. Kada male ribe vide ovakvo ponašanje odgovaraju ponašanjem sukladno pokušaju bijega (Vanderhorst 1967). Drugi tip hranidbenog ponašanja je "odgovor refleksnim napadom", kada mora brzo odgovoriti na mogući plijen karakteristično se usmjeri i pozicionira prije brzog napada (Lewis 1961).

Odrasli pastrvski grgeč je predator koji zbog svoje veličine, bodlji na leđima i plivačkih sposobnosti nije svakodnevni obrok drugih predatora. Mladi su naprotiv dio svakodnevne prehrane mnogih ptica, riba i drugih većih kralježnjaka. Neke od vrsta koje se u S. Americi hrane pastrvskim grgečom su čaplja, bukoč, vodomar, grgeč, štika i smuđ (Scott i Crossman 1973). Jaja i mladi u gnijezdu su izloženi napadima slatkovodnih rakova i drugih vrsta riba iz porodice Centrarchidae, no dok je agresivni mužjak u blizini gnijezda neće mu se približiti. Neke organizme koji se sporo kreću mužjak na gnijezdu ne primjećuje te se oni uspješno hrane njegovim jajima. To su uglavnom ličinke vretenaca, vodeni kornjaši i puževi (Shealy 1971), posebno puž *Viviparus georgianus* (Eckblad i Shealy 1972). Određenim vrstama riba kao što su *Notemigonus crysoleucas* (Mitchill, 1814) i *Erimyzon sucetta* (Lacepede, 1803) dopušteno je od strane mužjaka polaganje jaja u njegovo gnijezdo. Korist

imaju obje vrste jer mužjak pastrvskog grgeča čuva tuđa jaja zajedno sa svojim, a u slučaju napada predatora na gnijezdo manja je mogućnost da budu pojedena jaja pastrvskog grgeča (Kramer i Smith 1960).

1.4.3 Spolno ponašanje

Sezona mrijesta pastrvskog grgeča traje od kasnog proljeća do kraja ljeta, s najjačim intenzitetom sredinom 6. mjeseca, ali se katkad produži i na 7. mjesec (Scott i Crossman 1973). Kao i većina riba iz porodice Centrarchidae i pastrvski grgeč gradi gnijezda i čuva gnijezdo s jajima (Goldstein i Simon 1999). Odabir mjesta za gnijezdo i gradnja gnijezda počinje kada temperatura vode naraste na minimalno 15,6°C. Gnijezda grade u plitkom priobalnom području na dubinama od 0,3 m do 1,3 m (Clugston 1966; Hedinger 1976). Na dijelovima jezera gdje se nalaze plićaci pogodni za mrijest nerijetko se uočavaju nekoliko gnijezda međusobne udaljenosti više od 2 m (zbog agresivnosti mužjaka) (Scott i Crossman 1973; Moyle 2002; McPhail 2007). Mužjak gradi gnijezdo tako da pozicionira glavu iznad centra zamišljenog gnijezda te snažnim undulacijama i lateralnim gurajućim pokretima cijelog tijela stvara struju vode koja očisti dno ispod njega od nečistoća (npr. mulj, detritus...). Ovaj proces ponavlja nekoliko puta. Katkad mužjaci pozicioniraju glavu u sredinu gnijezda te polako kruže unutar gnijezda aktivno mašući drugom leđnom perajom, podrepnom, prsnom i repnom perajom. To sve za posljedicu ima da je promjer gnijezda otprilike duplo duži od ribe koja ga je gradila (Carr 1942). Nakon što su izgradili gnijezdo mužjaci se udaljavaju od gnijezda tražeći zrele ženke. Mužjak se udvara ženki tako da naglo mijenja uzorak boja što ženku zainteresira te ga prati do gnijezda. Mrijest se najčešće odvija u zoru ili sumrak (Carr 1942; Kelley 1962). Tijekom samog čina mrijesta mužjak i ženka se postave bok uz bok tako da su im trbušne strane gotovo spojene te ispuštaju mliječ i ikru istovremeno. Nakon mrijesta mužjak ostaje u gnijezdu danonoćno cirkulirati vodu oko jaja laganim zamasima peraja i agresivno čuvati jaja od predatora. Mužjak se ne hrani u ovom periodu, ali će sve potencijalne prijete gnijezdu (npr. slatkovodni rakovi ili umjetni mamac za ribolov) uzeti u usta i odnijet dalje od gnijezda (Carr 1942; Hedinger 1976). Nakon što ličinke probave žumanjčanu vrećicu ostaju u plovi 2 do 3 tjedna. Mužjak ostaje u blizini plove i agresivno ju štiti od pokušaja napada drugih predatora. Nakon što se plova mladih riba rasprši, mužjak se vraća na hranjenje te je u to doba najistaknutija pojava kanibalizma (Scott i Crossman 1973). Ženke nakon čina mrijesta odlaze u lov ili do sljedećeg mužjaka. Nekoliko različitih ženki polaže jaja u gnijezdo

jednog mužjaka, odnosno ženke polažu jaja kod nekoliko različitih mužjaka, ovakav oblik spolnog ponašanja nazivamo promiskuitet (Lamkin 1901).

1.5 Važnost za čovjeka i utjecaj unosa pastrvskog grgeča

Uzgoj pastrvskog grgeča u zatočeništvu počeo je na samom početku 19. stoljeća. Tada su ih lovili prije sezone parenja i držali u malim jezerima za mriješćenje. Tehnologije su bile primitivne te se riba hranila prerađenim srcima, jetrom goveda ili zlatnim ribicama (*Carassius auratus* (Linnaeus, 1758.) (Isaac i Isaac 1882). U SAD-u pastrvski grgeč se uzgaja u privatnim, državnim i federalnim ustanovama ponajviše za potrebe programa poribljavanja u svrhu rekreacijskog ribolova, no jedan dio se i prodaje u Aziju kao prehrambeni proizvod. Godine 2005. 192 uzgajališta pastrvskog grgeča su, prema procjenama, generirala oko 10,6 milijuna dolara zarade (Tidwell i sur. 2001; USDA 2006). Pastrvski grgeč je izrazito popularna vrsta u SAD-u u dijelu sportskog ribolova čija je značajka da se ulovljene ribe ne ubijaju nego puštaju natrag žive (Welcomme 1992; Lasenby i Kerr 2000). Svojstava kao što su brz rast, širok raspon temperaturne tolerancije, adaptivna plastičnost na nova staništa i dobra organoleptička svojstva, dovela su do toga da je pastrvski grgeč u Kini postao jedna od primarnih vrsta riba za uzgoj u akvakulturi. Procjenjuje se da se godišnje u Kini proizvede 100 000 tona pastrvskog grgeča, primarno u svrhu prehrambene proizvodnje (Lou 2000; Wu i sur. 2006). U akvakulturi je česta uporaba hibrida. *Micropterus salmoides* i *Micropterus floridanus* križanjem tvore hibride koji imaju karakteristične fenotipe. Brzina rasta, kardiovaskularne funkcije, vrijeme mrijesta, prehrambene navike i dr. su osobine koje su se pokušavale križanjima unaprijediti i prilagoditi akvakulturi (Lutz-Carrillo i sur. 2006; Junjie i sur. 2008; Sheng-Jie i sur. 2012). Populacije u akvakulturi posebno su osjetljive na gubitak genske raznolikosti. U svim fazama proizvodnje ribe u akvakulturi puno su veće šanse za nasumični genski drift, inbriding i selekciju nego kod riba u divljim populacijama (Ryman i sur. 1995).

U Sjevernoj Americi pastrvski grgeč je najpopularnija vrsta ribe u sportskom ribolovu (Lasenby i Kerr 2000). Istraživanje koje je provela Američka služba za ribe i divlje životinje (US Fish and Wildlife Service) pokazalo je kako se od 34,1 milijuna ribolovaca u SAD-u njih 11,3 smatra ribolovcima samo za grgeče (bass fisherman only), odnosno to su ribolovci koji love isključivo nekolicinu vrsta iz roda *Micropterus*. Procijenjena vrijednost sportskog ribolova 2001. godine u SAD-u iznosila je 35,6 milijardi dolara. Veliki dio tog novca uložen

je u obnove staništa, zakonske regulative, unaprjeđenja ribogojilišta, ali i u sportsko ribolovne turnire i druženja (USDI 2001; Brown i sur. 2009). U SAD-u je donesen zakon o pastrvskom grgeču ("The Black Bass Act") 1926. godine. Zakon je među ostalim zabranio prodaju i prenošenje riba među državama SAD-a. Od tada sve države donijele su zakon o zabrani prodaje pastrvskog grgeča ulovljenog u prirodi, kako bi mu osigurali status vrste korištene isključivo za sportski ribolov (Heidinger 1976). Zbog cijenjenosti pastrvskog grgeča kao sportsko-ribolovne vrste čak su doneseni zakoni prema kojima se pastrvski grgeč mora pustiti ukoliko je uhvaćen alatima za komercijalni ribolov (Smith i Edwards 2002). Upravo je popularnost među sportskim ribolovcima SAD-a najveći razlog naglog širenja ove vrste diljem svijeta (Welcomme 1992; Brown i sur. 2009). Posebna vrsta ugroze specifična je za ovu i druge vrste riba koje su popularne u sportskom ribolovu. Iako se ribe puštaju nakon ulova i fotografiranja istraživanje na 25 ribolovnih turnira pokazalo je prosječni inicijalni mortalitet od 21% i prosječni naknadni mortalitet od 8% (Holbrook 1975).

Pastrvski grgeč uzrokuje ozbiljne promjene u ekosustavima diljem svijeta te je, zbog tih razloga prema Međunarodnoj uniji za očuvanje prirode i prirodnih resursa (IUCN), svrstan na listu "100 najzloćudnijih stranih invazivnih vrsta svijeta" (Lowe i sur. 2000). Istraživanja pokazuju da se predatorski pritisak pastrvskog grgeča najviše odražava na raznolikost vrsta autohtone biološke zajednice. Također se ukazuje kako više od 50 zemalja diljem svijeta trpi ozbiljne posljedice zbog unosa egzotičnih vrsta (Maezono i sur. 2005). S obzirom na rani prijelaz s prehrane beskralješnjacima (insektivor) na prehranu ribama (piscivor) (Stein 1970; Post 2003), mogućnost utjecaja pastrvskog grgeča na zajednicu zooplanktona, zoobentosa i ostalih makroavertebrata ograničena je samo na jednogodišnje ribe (Scott i Crossman 1973). Međutim, kako su odrasli izraziti piscivori koji konzumiraju velike količine malih riba koje svojom brojnošću imaju utjecaj na fito- i zoo-plankton, nije čudno da su uočene promjene u ekosustavima u koje je unesen pastrvski grgeč (Brown i sur. 2009). Pokazalo se da jezera s pastrvskim grgečom imaju jako nisku biomasu fitoplanktona te podržavaju rast podvodne vegetacije, dok su u jezerima bez pastrvskog grgeča cvjetanja algi bila česta pojava te je biomasa zooplanktona bila niska (Spencer i King 1984). U SAD-u divlje populacije pastrvskog grgeča uživaju najveću razinu zaštite te ih je zabranjeno uzimati iz staništa u bilo kakve komercijalne svrhe (Heidinger 1976). S druge strane u svijetu se smatra invazivnom vrstom (Welcomme 1992). Uneseni pastrvski grgeč će putem predacije utjecati ponajviše na zajednicu riba, posebice na ribe malih veličina tijela (MacRae i Jackson 2001; Jackson 2002). Za primjer, pastrvski grgeč je unesen u Južnoafričku Republiku radi potreba sportskih

ribolovaca. Tri zavičajne vrste riba su nestale na mjestima gdje je unesen (Hickley i sur. 1994; Impson 1998). Introdukcija pastrvskog grgeča u Meksiko dovela je do ozbiljnog razvitka vrlo unosnog ribolovnog turizma na štetu dvije cijenjene zavičajne vrste (Ciruna i sur. 2004). Unos pastrvskog grgeča u Japan je uzrokovao smanjenje broja autohtonih vrsta s ozbiljnim posljedicama za cijele ekosustave (Terashima 1980; Azuma 1992; Jackson 2002). No postoje i brojni primjermi neuspjelih introdukcija zbog velikih predatora i konkurencije. U Južnoafričkoj Republici pastrvski grgeč je nestajao iz voda u kojima obitava *Clarias gariepinus* Burchell, 1822 i *Enteromius anoplus* (Weber, 1897). Također je nestao iz voda na Costa Rici u kojima obitava riba *Parachromis dovii* (Günther, 1864) (Robbins i McCrimmon 1974). Unos egzotičnih vrsta treba ozbiljno shvaćati jer ozbiljne posljedice mogu osjetiti i ljudi; introdukcije pastrvskog grgeča na Kubu prouzročila je nestanak domaće vrste koja se hrani ličinkama komaraca, što je u konačnici za posljedicu imalo povećanje broja ljudi oboljelih od malarije (Lasenby i Kerr 2000).

1.6 Cilj istraživanja

Ovaj diplomski rad doprinosi novim podacima o raširenosti strane invazivne vrste *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802) u Republici Hrvatskoj, što smatram bitnim podatkom u okviru globalnog trenda praćenja širenja invazivnih vrsta. Nadalje, genska i morfološka istraživanja će pridonijeti boljem poznavanju odnosa između populacija i taksonomskog statusa ove vrste ne samo u Republici Hrvatskoj nego i u susjednim zemljama iz kojih je pastrvski grgeč unesen. Genska istraživanja će osim na taksonomski status ukazati i na gensku raznolikost populacije pastrvskog grgeča u Republici Hrvatskoj što nam može ukazati na mogući nedostatak ili predispozicije za invazivni karakter populacije. Boljim poznavanjem stranih i invazivnih vrsta možemo donekle predvidjeti njihovo širenje i utjecaj na okoliš. Osnovni ciljevi ovog diplomskog rada su:

1. Nadopuniti podatke o trenutnoj raširenosti pastrvskog grgeča u RH
2. Opisivanje morfoloških i genskih značajki populacije pastrvskog grgeča u RH

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Prikupljanje uzoraka za potrebe ovog diplomskog rada provedena su u jadranskom i crnomorskom slivu, odnosno u Baćinskim jezerima te u slivu rijeka Save i Drave. Uzorci za morfometrijska i genska istraživanja prikupljeni su na ukupno 16 lokacija (Tablica 2.). Radi bolje usporedbe i dobivanja šire slike o značajkama pastrvskog grgeča uključena su i dva primjerka iz Republike Mađarske.

2.1 Opis lokacija

Uzorkovane lokacije (Tablica 2.) na terenu uvijek sam osobno opisivao prema obrascu standardiziranom za potrebe terenskih istraživanja. Lokacije su opisane prema procjeni udjela bioloških parametara koji najbolje dočaravaju tip vodenog staništa. Uključeni su sljedeći parametri: vodena vegetacija (nadpovršinska, površinska, podvodna, alge) pokrivenost vodenom vegetacijom (%), riparijska vegetacija (grmlje, drveće, trava, golo), obala (zemljana, pješčana, šljunčana, kamena, betonska), dno (mulj, glina, pijesak, šljunak, kamenje), замуćenje (malo, srednje, veliko). (Tablica 3. i 4.)

Tablica 2. Uzorkovane lokacije

| Lokacija | Mjesto | Sliv | Koordinate (x, y) | Broj uzoraka | Oznaka uzorka |
|--------------------|-----------------|--------------|----------------------|--------------|---------------|
| jezero Jarun | Zagreb | Sava | 45.781555, 15.921707 | 13 | JR |
| šljunčare Ježdovec | Ježdovec | Sava | 45.780500, 15.863551 | 10 | JŽ |
| jezera Bajeri | Đakovo | Sava | 45.318449, 18.402248 | 7 | BJ |
| jezera Savršćak | Samoborski Otok | Sava | 45.838748, 15.749444 | 3 | SV |
| jezero Duga | Lučko | Sava | 45.766270, 15.899182 | 2 | DG |
| jezero Zvirišće | Petrinja | Kupa/Sava | 45.454088, 16.326644 | 1 | ZI |
| jezero Dubrava | Donji Desinec | Kupa/Sava | 45.663945, 15.708961 | 2 | DB |
| jezero Novi Centar | Karlovac | Kupa/Sava | 45.487011, 15.540814 | 1 | NV |
| jezero Ivanec | Ivanec | Bednja/Drava | 46.230573, 16.107809 | 2 | IA |
| jezero Sekuline | Molve | Drava | 46.117908, 17.071406 | 3 | SK |
| jezero Autoput | Botovo | Drava | 46.220717, 16.932878 | 3 | AT |
| Malo jezero | Gabajeva Greda | Drava | 46.156527, 17.019435 | 1 | ML |
| jezero Rasinja | Rasinja | Drava | 46.177645, 16.702805 | 1 | RS |
| jezero Belovar | Belovar (Hu) | Drava | 46.113671, 17.206419 | 1 | BL |
| Délegyházi-tavak | Budimpešta (Hu) | Dunav | 47.256560, 19.096912 | 1 | DL |
| Baćinska jezera | Ploče | Jadranski | 43.069948, 17.423486 | 11 | BČ |

Tablica 3. Opis uzorkovanih lokacija

| Lokacija | Vodena vegetacija | Pokrivenost v.v. | Riparijska vegetacija |
|--------------------|---|------------------|------------------------------------|
| jezero Jarun | površinska 20%; podvodna 80% | 60% | grmlje 20%; trava 80% |
| šljunčare Ježdovec | nadpovršinska 10%; podvodna 90% | 80% | grmlje 90%; drveće 10% |
| jezera Bajeri | nadpovršinska 10%; podvodna 90% | 50% | grmlje 50%; drveće 10%; trava 40% |
| jezera Savrščak | nadpovršinska 10%; podvodna 90% | 80% | grmlje 80%; drveće 10%; golo 10% |
| jezero Duga | nadpovršinska 10%; podvodna 90% | 70% | grmlje 90%; golo 10% |
| jezero Zvirište | nadpovršinska 10%; podvodna 90% | 80% | grmlje 90%; drveće 10% |
| jezero Dubrava | nadpovršinska 10%; podvodna 20%; alge 70% | 10% | grmlje 80%; drveće 10%; trava 10% |
| jezero Novi Centar | nadpovršinska 10%; alge 90% | 10% | grmlje 70%; drveće 10%; trava 20% |
| jezero Ivanec | nadpovršinska 20%; površinska 50%; podvodna 30% | 80% | grmlje 40%; drveće 10%; trava 50% |
| jezero Sekuline | nadpovršinska 20%; podvodna 80% | 30% | grmlje 20%; drveće 10%; trava 70% |
| jezero Autoput | podvodna 50%; alge 50% | 20% | grmlje 40%; drveće 30%; trava 30%; |
| Malo jezero | površinska 40%; podvodna 60% | 60% | grmlje 60%; drveće 20%, trava 20% |
| jezero Rasinja | nadpovršinska 10%, alge 90% | 10% | grmlje 50%; drveće 10%; trava 40% |
| jezero Belovar | nadpovršinska 10%; podvodna 90% | 70% | grmlje 50%; drveće 40%; trava 10% |
| Délegyházi-tavak | nadpovršinska 10%; podvodna 10%; alge 80% | 10% | grmlje 10%; drveće 10%; trava 80% |
| Baćinska jezera | nadpovršinska 50%; površinska 40%; podvodna 10% | 30% | grmlje 70%; drveće 10%; trava 20% |

Tablica 4. Opis uzorkovanih lokacija

| Lokacija | Obala | Dno | Zamućenje |
|--------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------|
| jezero Jarun | zemljana 20%; šljunčana 80% | mulj 20%; zemlja 20%; šljunak 60% | malo |
| šljunčare Ježdovec | zemljana 10%; šljunčana 90% | mulj 10%; šljunak 90% | malo |
| jezera Bajeri | zemljana 50%; šljunačana 50% | mulj 20%, zemlja 20%, šljunak 60% | malo |
| jezera Savrščak | zemljana 20%, šljunčana 80% | mulj 10%, zemlja 10%, šljunak 80% | malo |
| jezero Duga | zemljana 10%; kamena 90% | mulj 10%; šljunak 90% | malo |
| jezero Zvirište | zemljana 100% | mulj 60%; zemlja 40% | srednje |
| jezero Dubrava | zemljana 100% | mulj 70%, zemlja 30% | veliko |
| jezero Novi Centar | zemljana 100% | mulj 70%, zemlja 30% | veliko |
| jezero Ivanec | zemljana 100% | mulj 80%; zemlja 20% | srednje |
| jezero Sekuline | zemljana 100% | mulj 80%; zemlja 20% | srednje |
| jezero Autoput | zemljana 20%, šljunačana 80% | mulj 10%; zemlja 10%; šljunak 80% | malo |
| Malo jezero | zemljana 50%; šljunčana 50% | mulj 20%, zemlja 20%, šljunak 60% | malo |
| jezero Rasinja | zemljana 100% | mulj 50%; zemlja 50% | srednje |
| jezero Belovar | zemljana 100% | mulj 70%; zemlja 10%; šljunak 20% | malo |
| Délegyházi-tavak | zemljana 100% | mulj 20%, zemlja 80% | srednje |
| Baćinska jezera | zemljana 90%; kamena 10% | mulj 80%; zemlja 10%; šljunak 10% | malo |

3. MATERIJALI I METODE

3.1 Uzorkovanje

Terensko istraživanje i sakupljanje uzoraka provodila su se u suradnji sa sportsko-ribolovnim udrugama (ŠRU) i društvima (ŠRD). Na mnogim vodama ribolovna društva proglašavaju posebne režime (tzv. "Ulovi i pusti") kako bi zaštitili riblji fond od prelova i omogućili sportskim ribolovcima atraktivan ribolov. Zbog vrijednosti koje pastrvski grgeč predstavlja kao ribolovna vrsta za ŠRD-ove iznimno je teško sakupiti veći broj uzoraka s iste lokacije. Zbog poštivanja vrijednosti koju ŠRD-ovi pridaju ovoj vrsti, male brojnosti jedinki u postojećim populacijama te nemogućnosti kupnje pastrvskog grgeča u ribnjačarstvima, nije bilo moguće prikupiti veći broj uzoraka. Uz pomoć ŠRU "Petrinja" proveden je i elektroribolov iz čamca na jezeru Zvirište u svrhu uzorkovanja jedinki pastrvskog grgeča. Ova metoda pokazala se nedjelotvornom za uzorkovanje ove vrste, te je u jezeru poznatom po gustoj populaciji pastrvskog grgeča ulovljena samo jedna jedinka (Tablica 2., Oznaka ZI). Smatrajući elektroribolov nedovoljno efikasnim i selektivnim za lov pastrvskog grgeča, te potencijalno štetnim, odabrali smo drugu metodu uzorkovanja. Metoda udičarenja je odabrana kao najučinkovitija za prikupljanje jedinki pastrvskog grgeča zbog selektivnosti i specifičnosti za lov vrste kao i zbog jednostavnosti. Visoka selektivnost ove metode omogućava efikasno i brzo prikupljanje jedinki pastrvskog grgeča bez uznemiravanja i ozljeđivanja jedinki drugih vrsta. Unutar metode udičarenja nalazimo mnoge specifične metode kojima se cilja na točno određene vrste. Varaličarenje je jedna od metoda ribolova kojom se ciljaju predatorne vrste poput pastrvskog grgeča. Varaličarenjem se aktivno pretražuje vodena površina pomoću umjetnog mamca, odnosno realistične imitacije životinja koje možemo pronaći u vodi i oko nje (Slika 4). Bitno je napomenuti kako se struna kojom je mamac za pastrvskog grgeča vezan razlikuje od drugih (npr. čelične kakvom se love štuke). Zbog svog sastava ta struna ima približno isti koeficijent loma svjetlosti kao voda te ju to čini jako teško vidljivom u vodi. Struna tog tipa je jedan od ključnih elemenata uspješnog lova vrlo oprezne vrste kao što je pastrvski grgeč.



Slika 4. Realistične imitacije plijena koje se koriste u ribolovu pastrvskog grgeča

Sve ulovljene jedinke konzervirane su zamrzavanjem. Prije fotografiranja za potrebe morfometrijskih istraživanja jedinke su odmrznute te postavljene na desni bok, vrhom donje čeljusti uz okvir sa pričvršćenom mjerom duljine 40 cm. Nakon fotografiranja jedinkama je škaricama odrezan komadić desne trbušne peraje. Uzorci tkiva pohranjeni su u označene epruvetice sa apsolutnim etanolom. Po povratku s terena uzorci su premješteni u zamrzivač i čuvani na temperaturi od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, kako ne bi došlo do razgradnje DNA.

3.2 Istraživanje rasprostranjenosti

Podatci o rasprostranjenosti pastrvskog grgeča sakupljeni su prvenstveno na temelju prikupljenih literaturnih podataka. Osim toga korištena je i baza podataka Hrvatskog ihtiološkog društva, kao i podatci dobiveni od sportskih ribolovaca te ribnjačarstava. Dio podataka o prisutnosti pastrvskog grgeča u vodama sakupljen je i osobnim izlascima na teren. Na temelju vremenskog perioda i koordinata koje su dodijeljeni svakom nalazu pomoću programa Quantum GIS izradio sam karte rasprostranjenosti u korelaciji s vremenskim periodom. Pritom smo radi boljeg uočavanja intenziteta i obrasca unošenja vrste podatke grupirali u 3 perioda: prije 1950. od 1950. do 2000. i nakon 2000. godine.

3.3 Morfometrijska istraživanja

U istraživanju morfometrije vrste *M. salmoides* korišteno je ukupno 55 jedinki. Prema slivu rijeke u kojoj su uzorkovane jedinke su podijeljene u 3 grupe između kojih smo promatrali razlike (Tablica 8.). Morfologija tijela jedinki *M. salmoides* koje su ulovljene tijekom uzorkovanja ispitana je korištenjem morfometrijskog pristupa temeljenog na vrijednostima prikupljenima tehnikom dvodimenzionalnih točaka. Nakon konzerviranja jedinki u ledu provjerene su morfološke značajke vrste *M. salmoides*. Potom je fotoaparatom Fuji FinePix S fotografirana lijeva bočna strana svake jedinke. Na fotografiji svake jedinke zabilježeno je 14 dvodimenzionalnih orijentacijskih točaka (Slika 5.) pomoću tpsDig softvera (Rohlf 2010). Konfiguracije 2D orijentacijskih točaka usklađene su općom prokrustovom analizom (GPA - Generalized Procrustes Analysis) kako bi se uklonile varijacije zbog izometričnog efekta veličine, pozicioniranja i orijentacije jedinki (Rohlf i Slice 1990; Dryden i Mardia 1998; Rohlf 1999). Prokrustove koordinate, predstavljaju varijabilnost oblika, dok veličina centroida (CS - centroid size) označava varijabilnost veličina. Prije početka statističke analize, zavisna varijabla CS transformirana je logaritmiranjem po bazi 10 kako bi se mogla obraditi statistički parametrijskim metodama, te smo testirali njenu distribuciju (Shapiro-Wilks test, $P < 0,05$). Ako je izračun statističke vrijednosti W (Shapiro-Wilks indeks) značajan ($W < 0,9$), treba odbaciti hipotezu da je raspodjela vrijednosti normalna. Shapiro-Wilk test je preferirani test normalnosti zbog dobrih svojstava snage u usporedbi sa širokim spektrom alternativnih ispitivanja (Shapiro i sur. 1968). Za testiranje značajnih razlika u veličini koristila se analiza varijance (ANOVA), s veličinom centroida kao ovisnom varijablom i populacijama kao neovisnom varijablom. Povezanost razlika u obliku tijela među istraživanim populacijama istražene su pomoću kanonske analize varijabli (CVA - canonical variate analysis) (Albrecht 1980; Campbell i Atchley 1981) dok su promjene oblika vizualizirane grafičkim prikazima CVA grafova. CVA nam omogućuje bolji uvid u razlike između grupa (Klingenberg 2013). Eigen-vrijednosti (Tablica 9.) koristimo kako bi skalirali eigen-vektore, odnosno vektore koji ne mijenjaju smjer nakon što smo ih linearnom jednadžbom prilagodili za XY graf. Eigen-vrijednosti i eigen-vektori svojstvene vrijednosti koriste se za smanjenje buke u podacima, te nam poboljšavaju učinkovitosti u računalno zahtjevnim zadacima. Također uklanjaju značajke koje imaju jaku povezanost između sebe što pomaže u smanjenju prekomjernog namještanja. Multivarijantni testovi se izvode bez nultih eigen-vrijednosti kako bi se osiguralo da su stupnjevi slobode ispravno izračunati za podatke

o obliku. Kako bismo kvantificirali razlike u obliku između analiziranih populacija koristile su se prokrustove udaljenosti (DPr - Procrustes distances), koje su izračunate kao kvadratni korijen zbroja kvadrata udaljenosti između dvodimenzionalnih točaka nakon prokrustove superimpozicije (Procrustes superimposition) (Bookstein 1991). Statistička značajnost DPr-a za parne usporedbe procijenjena je pomoću permutacijskog testa s 10 000 ponavljanja u odnosu na nultu hipotezu da nema razlika između populacija (Good 1994; Edgington 1995). Matrica DPr-a dobivena usporedbama proučavanih populacija korištena je za konstrukciju dijagrama metodom prosječne vezanosti (UPGMA -unweighted pair-group method using arithmetic averages). ANOVA te UPGMA analize provedene su u softveru Statistica (www.statsoft.com), dok je CVA analiza provedene uz pomoću softvera MorphoJ (Klingenberg 2013).



Slika 5. 2D orijentacijske točke korištene za izračun veličine centroida tijela parstevskog grgeča: 1. prednji vrh njuške na gornjoj čeljusti, 2. najdalja stražnja točka očne duplje, 3. najviše stražnja točka lubanje, 4. početak baze leđne peraje, 5. kraj baze leđne peraje, 6. najviša točka kraja repnog drška, 7 najniža točka kraja repnog drška, 8. kraj baze podrepne peraje, 9. početak baze podrepne peraje, 10. početak trbušne peraje, 11. najniža točka početka

prsne peraje, 12. najdalja stražnja točka škržnog poklopca, 13. najniža stražnja točka škržnog poklopca, 14. stražnji rub gornje usne.

3.4 Istraživanje genske raznolikosti

3.4.1 Laboratorijski postupci (izolacija DNA, umnažanje gena polimeraznom lančanom reakcijom (PCR), sekvenciranje)

Analize su provedene na 21 sekvenci pastrvskog grgeča (Tablica 6.) s područja istraživanja. Ukupna genomska DNA izolirana je iz uzoraka tkiva pomoću *DNeasy Blood i Tissue* kompleta za izolaciju (QIAGEN), prema protokolu proizvođača. Uzorcima tkiva u epruveticama dodano je 180 μ L pufera ATL, 20 μ L protein kinaze, sadržaj epruvetice promiješan je *vortex* miješalicom te su ostavljene 24 h u kupelji na 56°C. Sljedeći dan uzorci su izvađeni iz kupelji, promiješani *vortex* miješalicom dodano im je 200 μ L pufera AL te 200 μ L etanola (96 %). Sadržaj epruvetice prebačen je u epruvetice s kolonom (*pipet spin column*) te centrifugiran na 8000 rpm 1 minutu. Kolone su potom prebačene u nove epruvetice, dodano je 500 μ L pufera AW1, ponovljeno je centrifugiranje pri istim uvjetima. Kolone su ponovno prebačene u nove epruvetice, dodano je 500 μ L pufera AW2 te je sadržaj centrifugiran na 14 000 rpm 3 minute. Posljednji put su kolone prebačene u nove epruvetice, dodano je 150 μ L pufera AE za čije elucijsko djelovanje je potrebno pričekati minutu, potom je sadržaj centrifugiran na 8000 rpm 1 minutu. Uzorcima su pridružena imena te su pohranjeni u zamrzivač.

Za polimerazne lančane reakcije (PCR) korišten je komplet kemikalija *HotStarTaq Plus Master Mix Kit* (QIAGEN) te početnice, sintetizirane u servisima *Eurofins Genomics* i *MacroGen Europe*. Analizirani genski marker jest gen za kontrolnu regiju (CR), kako bi se dobili čitavi geni ili što već odsječci gena koji mogu vjerno odraziti raznolikost među populacijama i taksonomskim jedinicama, protokol za PCR reakciju optimiziran je i korištene su početnice za koje se utvrdilo da daju najbolje produkte. Protokoli PCR reakcija te početnice za PCR navedeni su u Tablici 5.

Tablica 5. Laboratorijski protokol i početnice za analizirani genski marker CR

| gen | CR |
|------------------|-----------------------------|
| PCR uvjeti | 95°C, 10 min |
| | 90°C, 1 min |
| | 42°C, 1 min |
| | 72°C, 2 min |
| | 72°C, 7 min |
| početnice za PCR | LN20 (ACCACTAGCACCCAAAGCTA) |
| | HN20 (GTGTTATGCTTTAGTTAAGC) |

Uspješnost PCR reakcija provjerena je metodom elektroforeze na agaroznom gelu. Gel je pripremljen od 1 g agaroze i 100 mL pufera TAE (1 %). Pufer TAE po svom sastavu je tris (2-amino-2-hidroksimetilpropan-1,3-diol), octena kiselina i EDTA (etilendiamintetraoctena kiselina). Uzorci su nanoseni na gel te je provedena elektroforeza na 120 V, 30 minuta. Gel je potom prebačen u otopinu etidijevog bromida te fotografiran pod ultraljubičastim osvjetljenjem. Pročišćavanje i sekvenciranje PCR produkata provedeno je u servisu *MacroGen Europe*. Za sravnjivanje sekvenci korišten je računalni program BioEdit 7.2.5 (Hall 1999), a kromatogrami svih sekvenci vizualno su provjereni prilikom sravnjivanja.

Tablica 6. Jedinke iz istraživanja korištene u filogenetskoj rekonstrukciji

| Lokacija, Mjesto | Sliv | Oznaka uzorka | Broj uzoraka | Oznaka haplotipa |
|-----------------------------------|-------|---------------|--------------|------------------|
| Malo jezero, Gabajeva Greda | Drava | ML | 1 | Hap3 |
| Ivanec, Ivanec | Drava | IA | 1 | Hap3 |
| Jezero Autoput, Botovo | Drava | AT | 1 | Hap3 |
| Jezero Bajer, Đakovo | Sava | BJ | 1 | Hap2 |
| Jezero Dubrava, Donji Desinec | Sava | DB | 1 | Hap3 |
| Šljunčare Ježdovec, Ježdovec | Sava | JŽ | 6 | Hap3 |
| Jezero Duga, Lučko | Sava | DG | 1 | Hap3 |
| Jezerca Savršćak, Samoborski Otok | Sava | SV | 1 | Hap3 |
| Jezero Jarun, Zagreb | Sava | JR | 5 | Hap3 |
| Šljunčare Ježdovec, Ježdovec | Sava | JŽ | 1 | Hap4 |
| Jezerca Savršćak, Samoborski Otok | Sava | SV | 1 | Hap4 |
| Jezero Jarun, Zagreb | Sava | JR | 1 | Hap5 |

3.4.2 Filogenetska rekonstrukcija

Za utvrđivanje srodstvenih odnosa između pastrvskih grgeča te njihovog položaja unutar filogenetskog stabla roda *Micropterus* provedena je filogenetska rekonstrukcija korištenjem sljedećih metoda: metoda najveće parsimonije (MP), metoda najveće vjerojatnosti (ML) i metoda susjednog povezivanja (MJ). Prve dvije metode rezultiraju filogenetskim stablima, dok MJ metoda daje filogenetsku mrežu, što je osobito pogodno za blisko srodne jedinke, među čijim populacijama je moguć horizontalan transfer gena. Također izračunate su procjene evolucijske divergencije između sekvenci (PD). MP, ML i PD analize provedene su pomoću programa MEGA X (Kumar i sur. 2018; Tamura i sur. 2004), te standardne postavke (*Markov Chain Monte Carlo* algoritam proveden četiri puta tijekom tri milijuna generacija, stabla su skupljana svakih 100 generacija, prvih 20% je odbačeno dok je podržanost stabla, izražena preko Bayesovih posteriornih vjerojatnosti (BPP) izračunata iz tzv. konsenzusnog stabla (*50% majority rule consensus tree*). Sve MP i ML analize provedene su pod heurističkim modelom uz 100 ponavljanja, uz nasumičan redosljed unošenja taksa, preklapanje grana dijeljenjem i ponovnim povezivanjem (TBR, od engleskog izraza *tree bisection-reconnection*). Tom se metodom traži stablo najkraće topologije preraspodjeljivanjem grana na način da se prvotni kladogram podijeli na više manjih potkladograma, koji se zatim preslaguju u nova stabla. Sva mjesta kodona, kao i sve nukleotidne supstitucije, imala su jednaku težinu. Podržanost grananja utvrđena je analizom samopodržanja (BS, od engleskog *Bootstrap analysis*), uz 1.000 BS ponavljanja i 10 replika dodatnih sekvenci. Izračuni procjene evolucijske divergencije između sekvenci (PD) provedene su primjenom modela maksimalne kompozitne vjerojatnosti. Ova analiza uključila je 9 nukleotidnih sekvenci. Sve nejasne pozicije uklonjene su za svaki par sljedova (opcija brisanja u paru).

U istraživanju sam prikupio 55 jedinki sa 16 različitih lokacija i na svim jedinkama sam proveo izolaciju ukupne DNA i PCR, međutim, za samo 21 jedinku sam dobio kvalitetne sekvence te su one uključene u daljnje analize. Osim haplotipova dobivenih ovim istraživanjem, u filogenetsku su rekonstrukciju uključene i sekvence iz Banke gena (Tablica 7.). Za ukorijenjenje stabala koristio sam sekvencu vrste *Micropterus dolomieu Lacepede*, 1802. MJ analiza provedena je pomoću računalnog programa Network 4.5.1.6. (Fluxus Technology Ltd.) i temeljila se na haplotipovima iz ovog istraživanja te je uključivala

sekvence iz geografski udaljenijih populacija, s obzirom na to da je njen osnovni cilj bio potvrda filogenetskog položaja.

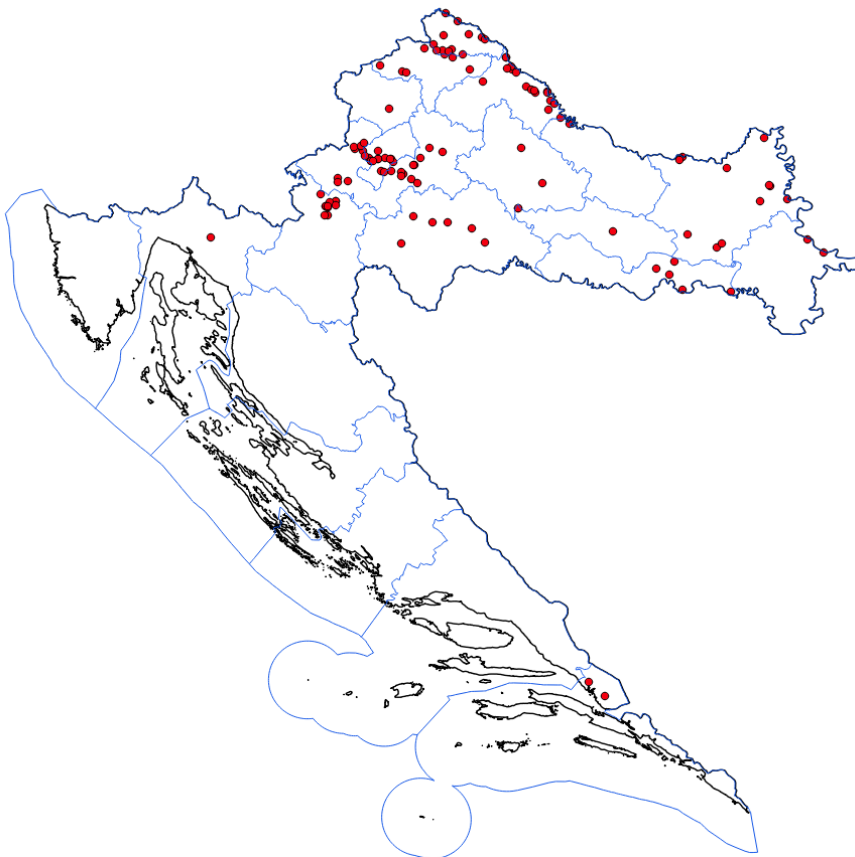
Tablica 7. Sekvence pastrvskog grgeča iz Banke gena (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) koje su uključene u filogenetsku rekonstrukciju

| Oznaka sekvence | Pristupni kod | Referenca |
|-------------------------------|---------------|--------------------------|
| <i>M.salmoides</i> , Texas | JN979723.1 | Ray i sur. 2012. |
| <i>M.salmoides</i> , Texas | JN979724.1 | Ray i sur. 2012. |
| <i>M.salmoides</i> , Illinois | JN979702.1 | Ray i sur. 2012. |
| <i>Micropterus floridanus</i> | JN979602.1 | Ray i sur. 2012. |
| <i>Micropterus dolomieu</i> | KC819866.1 | Haponski i Stepien 2013. |

4. REZULTATI

4.1 Istraživanje rasprostranjenosti

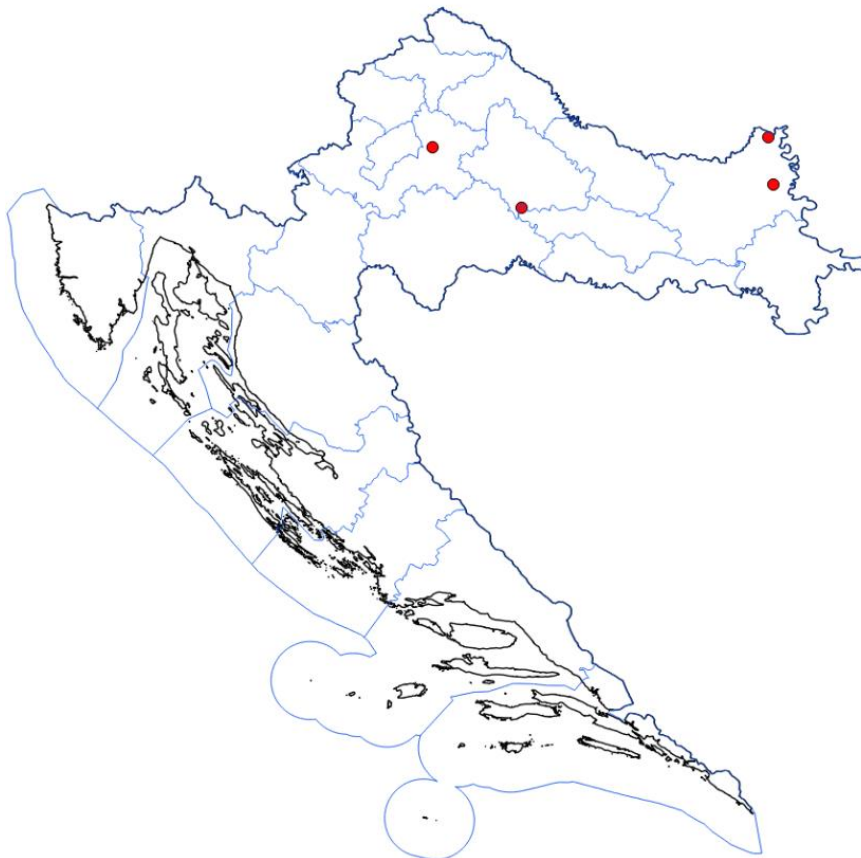
Na temelju prikupljenih podataka primijećena je široka rasprostranjenost pastrvskog grgeča na području kontinentalne Hrvatske odnosno slivovima rijeke Drave i Save. Iako je većina lokacija okarakterizirana kao zatvorene vode (akumulacije, šljunčare), primijećeni su pojedinačni ulovi pastrvskog grgeča u tekućicama i prirodnim stajaćicama (mrtvaje i rukavci) slivova rijeke Save i Drave. Sakupljeni podatci o nalazima i rasprostranjenosti pastrvskog grgeča u Hrvatskoj objedinjeni su u Tablici X. u prilogu, te prikazani na karti (Slika 6.)



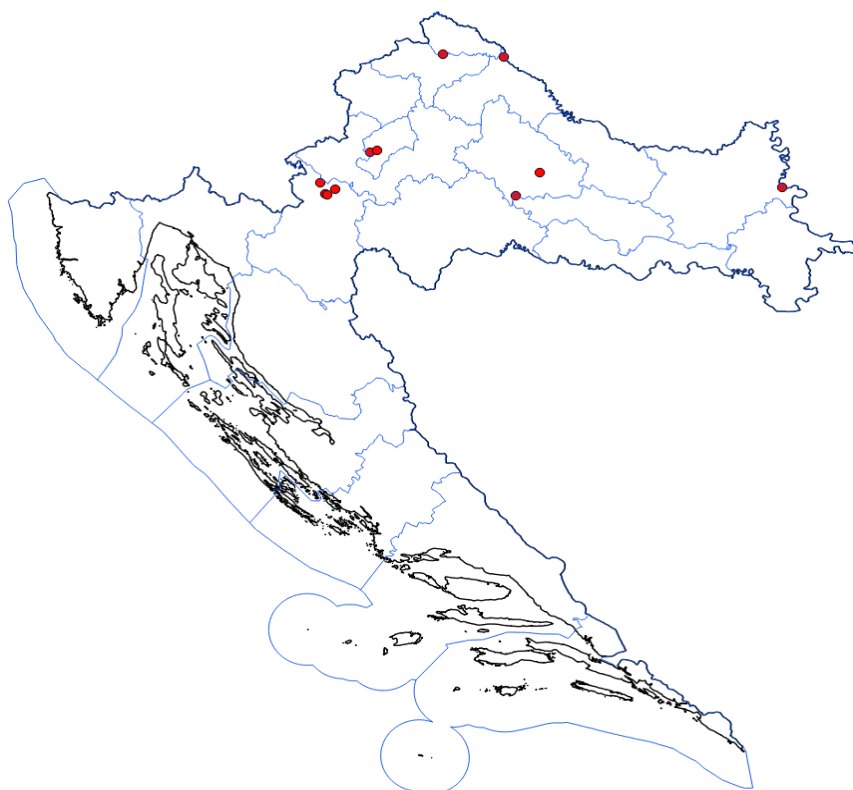
Slika 6. Nadopunjena karta trenutne rasprostranjenosti pastrvskog grgeča u Republici Hrvatskoj. Crvene točke označuju lokacije na kojima je zabilježe pastrvski grgeč. Koordinate točaka sa pridruženim vremenskim periodom nalaze se u Tablici X. u prilogu.

Na kartama rasprostranjenosti pastrvskog grgeča u RH u korelaciji s vremenom (Slika 7., 8., 9.) primjećujemo malen broj zabilježenih nalaza prije 1950. godine. U periodu od 1950.

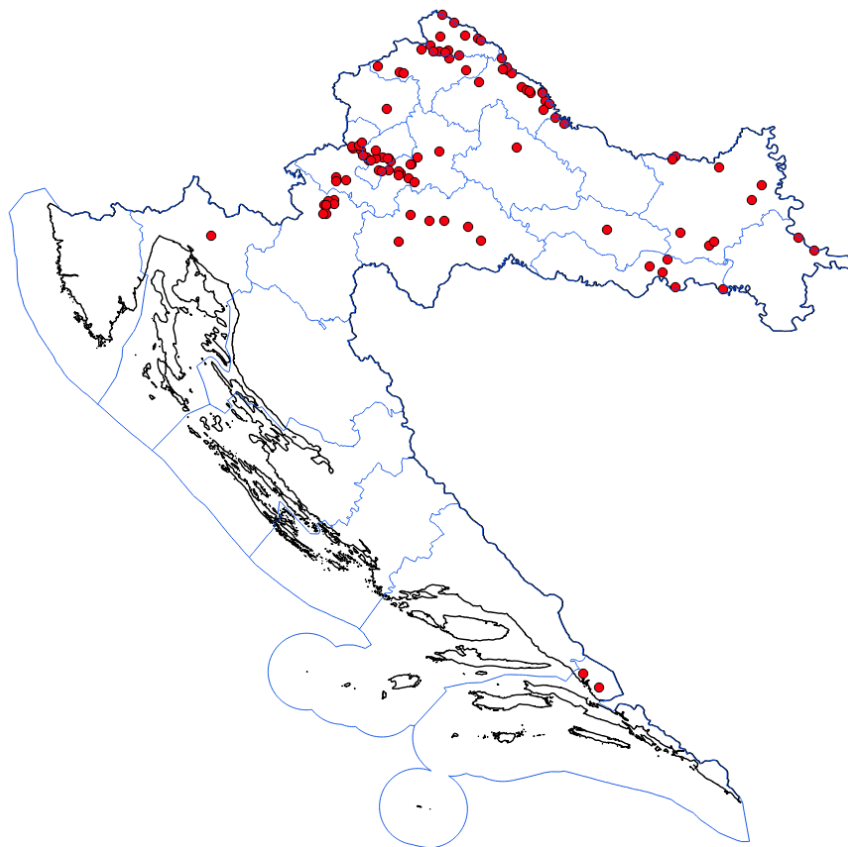
do 2000. broj nalaza je nešto veći iako ne značajno. Nakon 2000. godine primjećujemo naglo povećanje brojna nalaza i područja rasprostranjenosti pastrvskog grgeča pri čemu se prvi puta primjećuje i širenje u vode jadranskog sliva.



Slika 7. Rasprostranjenost pastrvskog grgeča u RH u periodu do 1950. godine



Slika 8. Rasprostranjenost pastrvskog grgeča u RH u periodu od 1950. do 2000. godine



Slika 9. Rasprostranjenost pastrvskog grgeča u RH nakon 2000. godine

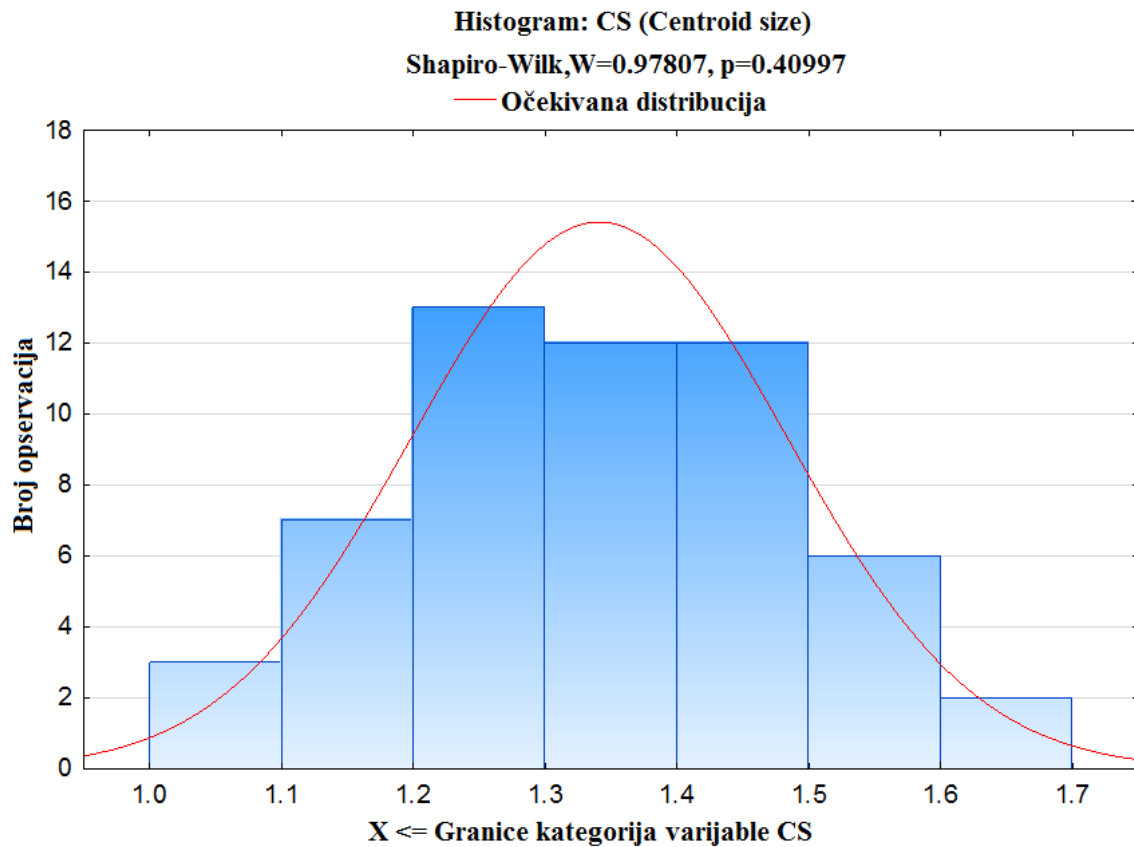
4.2 Analiza morfometrijskog istraživanja

Provjerom osnovnih morfoloških karakteristika jedinki sakupljenih u ovom istraživanju utvrđeno je kako sve jedinke odgovaraju morfološkim karakteristikama pastrvskog grgeča; 55 -77 ljusaka na bočnoj prugi, 6 do 13 bodlji u prednjoj polovici leđne peraje, 13 do 14 mekih šipčica u stražnjoj polovici leđne peraje, $3(\pm 1)$ bodljaste šipčice i 10 do 12 mekih šipčica u podrepanoj peraji (Hubbs i sur. 1991). U istraživanju morfometrije vrste *M. salmoides* korišteno je ukupno 55 jedinki, iako je prikupljeno 62 jedinke (neke su konzervirane na drugačiji način te su isključene iz morfometrijskog istraživanja). Prema slivu rijeke unutar kojeg su lokacije na kojima su uzorkovane jedinke, podijeljene su u 3 grupe jedinki između kojih smo promatrali razlike (Tablica 8.).

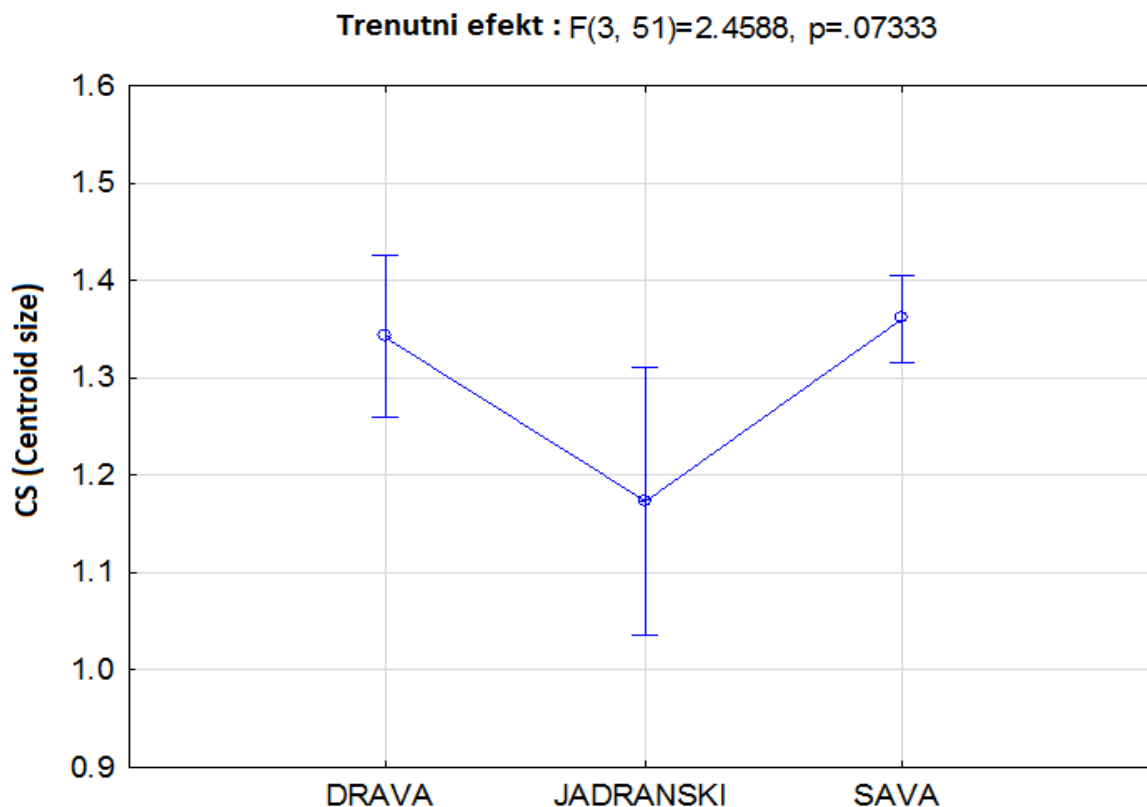
Tablica 8. Broj jedinki u morfometrijskoj analizi grupirane po slivovima rijeka

| Grupa | Sliv | Broj jedinki |
|-------|-----------|--------------|
| 1. | Drava | 12 |
| 2. | Sava | 39 |
| 3. | Jadranski | 4 |

Vrijednosti zavine varijable veličine centroida (CS - Centroid Size) bile su normalno distribuirane (Shapiro-Wilks test = 0,97, $p=0,40$) (Slika 10.), nakon čega su statistički značajne razlike između populacija analizirane ANOVA-om. Navedena metoda, testirajući razlike u veličini tijela pastrvskog grgeča raspoređenog u pojedine populacije (nezavisna grupna varijabla) otkriva kako ne postoji statistička značajnost između pojedinih populacija (ANOVA $F_{3,51} = 2,45$, $df = 3$, $P = 0,07$) (Slika 11.).



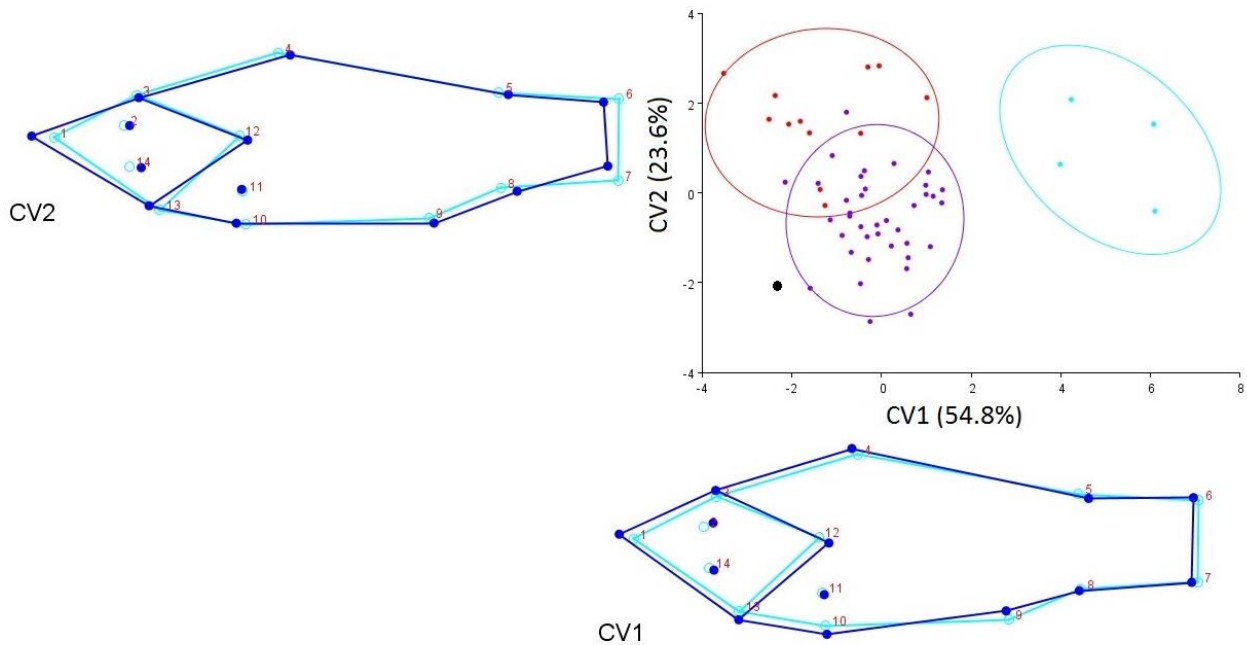
Slika 10. Rezultati Shapiro-Wilks testa normalne distribucije zavisne varijable CS (centroid size) sa naznačenom očekivanom (crvena linija) i dobivenom (plavi stupci) distribucijom. Visina stupaca su proporcionalne distribuciji frekvencija odabrane varijable CS.



Slika 11. ANOVA različitost između populacija na temelju zavisne varijable veličine centroida (CS - Centroid size) i nezavisne lokacije (prema slivovima rijeka unutar kojih se nalaze lokacije). Vertikalne linije koje označavaju intervale pouzdanosti (0,95). Za provođenje ispitivanja značajnosti formiraju se omjeri odgovarajućih srednjih kvadrata za računanje statistike vrijednosti F i p-vrijednosti.

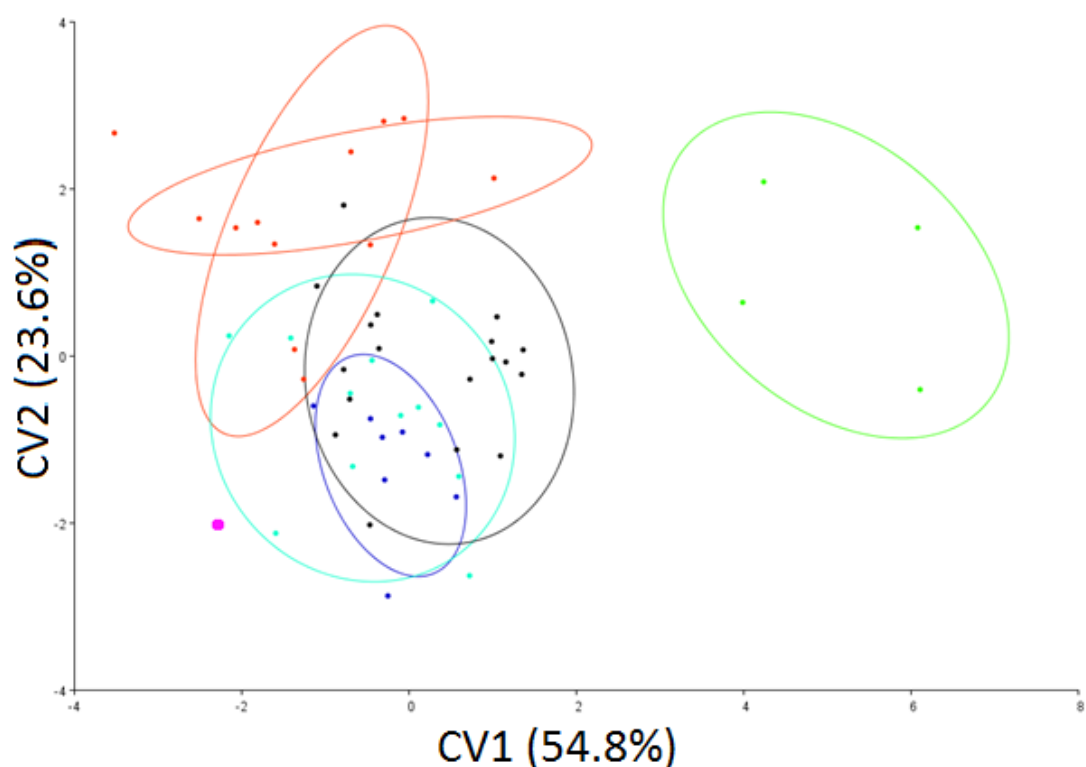
Nadalje, proučavanje CVA oblika tijela (Tablica 9.) (Slika 12.) pokazuje da prva os CV1 (54,8% varijance) odvaja populaciju Jadranskog sliva od populacija slivova rijeke Drave i Save. Radi lakšeg snalaženja na grafu su nacrtane elipse pouzdanosti klasificirane prema slivu kojem jedinke pripadaju (u postavkama zadana pouzdanosti: 0,9). Razlike na CV1 osi uzrokovane su najviše mjere glave. U ovom slučaju ukazuju na veću glavu i kraća usta što se više pomičemo u desno po osi. S obzirom na malen broj uzoraka iz Jadranskog sliva (samo 4), te prosječno manje veličina ribe smatramo tu razliku očekivanom. Razlike u obliku duž CV2 (23,6% varijance) (Tablica 9.) (Slika 12.) osi uočljive se na jedinkama iz sliva Drave, u usporedbi s onima iz sustava rijeke Save. Kod jedinki niže na osi, odnosno kod jedinke iz sliva Save nešto je veća udaljenosti između 2D točaka rednog broja 6. i 7, 5. i 6. te 8. i 7., što nam ukazuje na nešto deblji

i duži repni držak. Također je uočljiva veća udaljenost između 2D točke 1. i 12. kod jedinki pozicioniranih više na osi, što ukazuje na dužu glavu.



Slika 12. Kanonička analiza (CVA- Canonical variate analysis) oblika tijela vrste *M. salmoides*. 2D modeli oblika tijela prikazuju oblik promjene (uvećani za bolju vizualizaciju) uz odgovarajuće CV osi. Svijetlo plavi 2D model predstavlja konsenzus oblik. Tamno plav 2D model pokazuje model oblika prema kojem teže razlike između populacija. Elipse pouzdanosti (pouzdanosti: 0,9) su izračunate i klasificirane prema slivu : Drava ●, Sava ●, Jadranski sliv ●, JR5 (Hap5, Tablica 6.) ●

Posebno smo izdvojili i označili jedinku s oznakom JR5 koja izlazi iz elipse pouzdanosti za sliv Save kojem pripada, radi povezanosti s genskim dijelom istraživanja u kojem se izdvaja od drugih jedinki pod oznakom Hap5 (Tablica 6.). Radi moguće povezanosti genskog i morfološkog dijela istraživanja napravljena je i dodatna analiza CVA grafa (Slika 13.). Morfološka odstupanja među ispitivanim populacijama pastrvskog grgeča također uočavamo iz DPr-a, dobivenog paralelnim usporedbama srednjeg oblika centroida svake grupe sa srednjim oblikom centroida svih jedinki (Tablica 10.).



Slika 13. Dodatna analiza CVA grafa povezanosti morfometrijskog i genskog dijela istraživanja. Elipse pouzdanosti (vjerojatnost: 0,8) su izračunate i klasificirane za: sliv Save ●, sliv Drave ●, lokaciju Jarun, Zagreb (Hap3) ●, lokaciju Bajer, Đakovo (Hap2) ●, jedinku JR5 (Hap5, Tablica 6.) ●, Jadranski sliv ●.

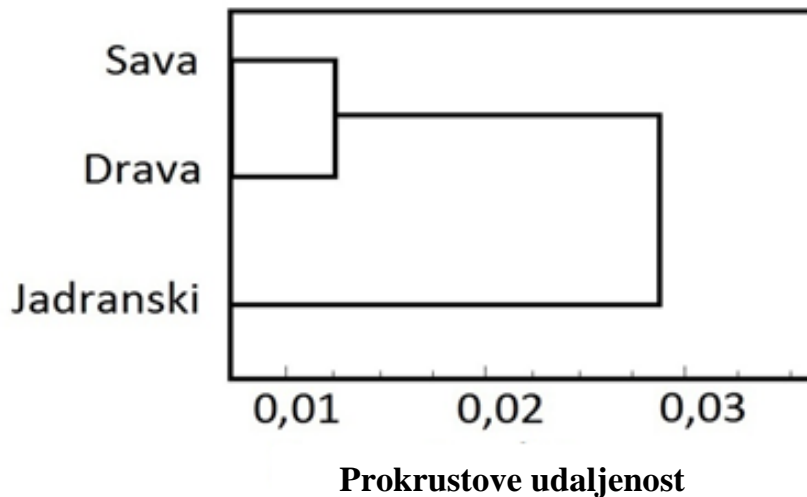
Tablica 9. Varijacije među skupinama, skalirane inverznom varijacijom unutar grupe

| | Eigen-vrijednosti | % Varianca | Kumulativno % |
|----|-------------------|------------|---------------|
| 1. | 2,43993 | 54,876 | 54,876 |
| 2. | 1,05297 | 23,682 | 78,559 |
| 3. | 0,95333 | 21,441 | 100 |

Tablica 10. Prokrustove udaljenosti (DPr) (ispod dijagonale) i P-vrijednosti (iznad dijagonale) dobivene promatranjem "pair-wise" usporedbama srednjih oblika ispitivanih populacija. P-vrijednosti su iz permutacijskog testa s 10 000 ponavljanja.

| | Drava | Jadranski | Sava |
|-----------|--------|-----------|--------|
| Drava | - | 0,0926 | 0,6526 |
| Jadranski | 0,0276 | - | 0,1235 |
| Sava | 0,012 | 0,0282 | - |

Iz UPGMA dijagrama (Slika 14.) konstruiranog iz matrice DPr (Tablica 10.) također su uočene razlike u obliku tijela između proučavanih grupa. Manje razlike u obliku centroida (odnosno u obliku tijela) uočene su između jedinki iz sliva rijeke Drave i Save, te veće razlike sa jedinkama Jadranskog sliva.



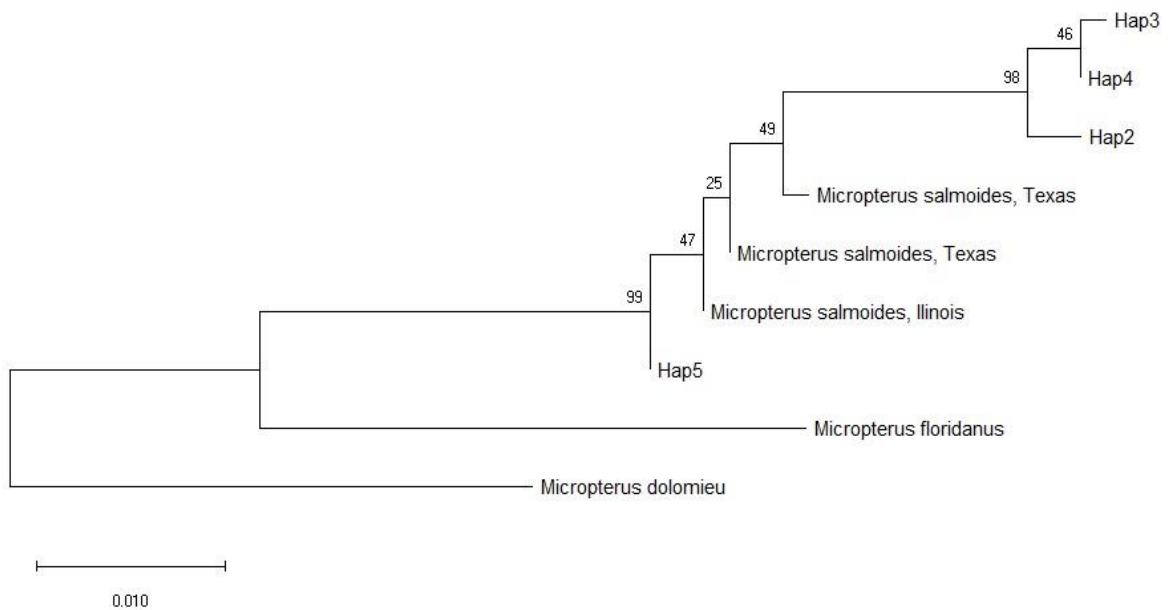
Slika 14. UPGMA dijagram konstruiran iz matrice DPr (Tablica 10.)

4.3 Analiza genskih značajki

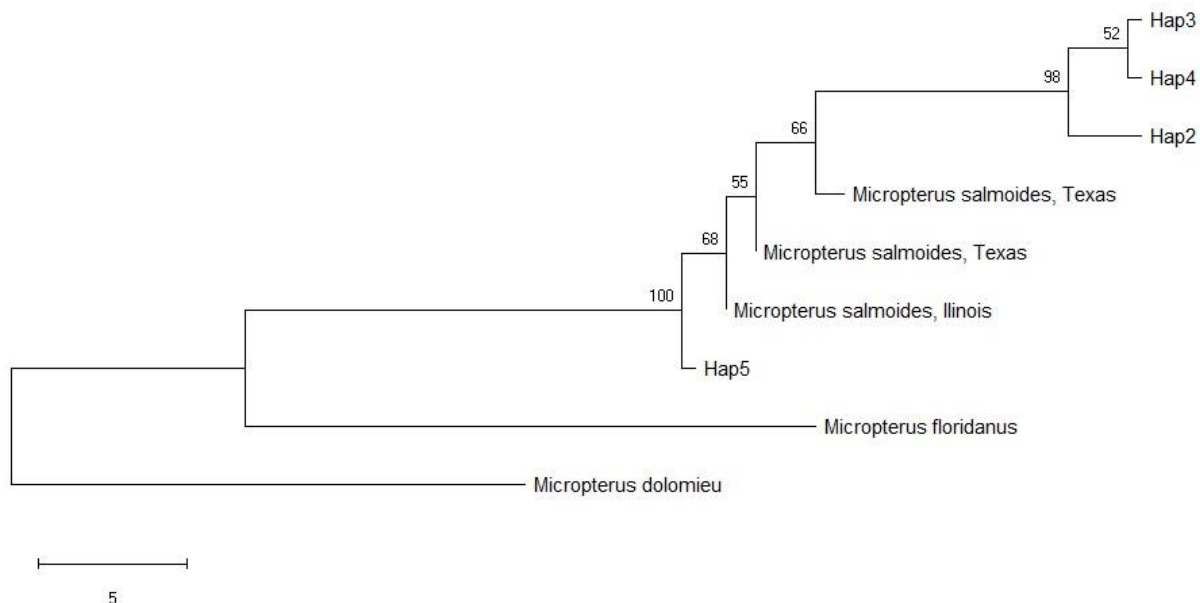
4.3.1 Filogenetska rekonstrukcija

Filogenetska rekonstrukcija temeljena je na sekvencama gena za kontrolnu regiju (CR) dugim 790 parova baza, od kojih je 122 konstantnih i 668 varijabilnih. Parsimonijski značajnih mjesta je 149, dok je ostalih 519 varijabilnih mjesta neinformativno (nisu nositelji filogenetskog signala). Analize su provedene na 21 sekvenci pastrvskog grgeča (Tablica 6.) sa područja istraživanja, a radi lakše usporedbe i izrade filogenetskih stabala i mreža, uključene su i sekvence gena CR s drugih lokaliteta iz Banke gena (Tablica 7.). Ukupno su utvrđena 4 različita haplotipa pastrvskog grgeča s područja Republike Hrvatske (Tablica 6.). Uočavamo kako 3 od 4 haplotipa (Hap2, Hap4, Hap5) nalazimo samo u slivu Save, dok jedan haplotip (Hap3) nalazimo u slivu Drave i Save. Dobivena ML (Slika 15.) i MP (Slika 16.) stabla pokazuje jednaku topologiju i strukturiranost. Svi haplotipovi pastrvskog grgeča (*Micropterus salmoides*) iz Hrvatske pokazali su se drugačijima od onih preuzetih iz Banke gena, a utvrđen

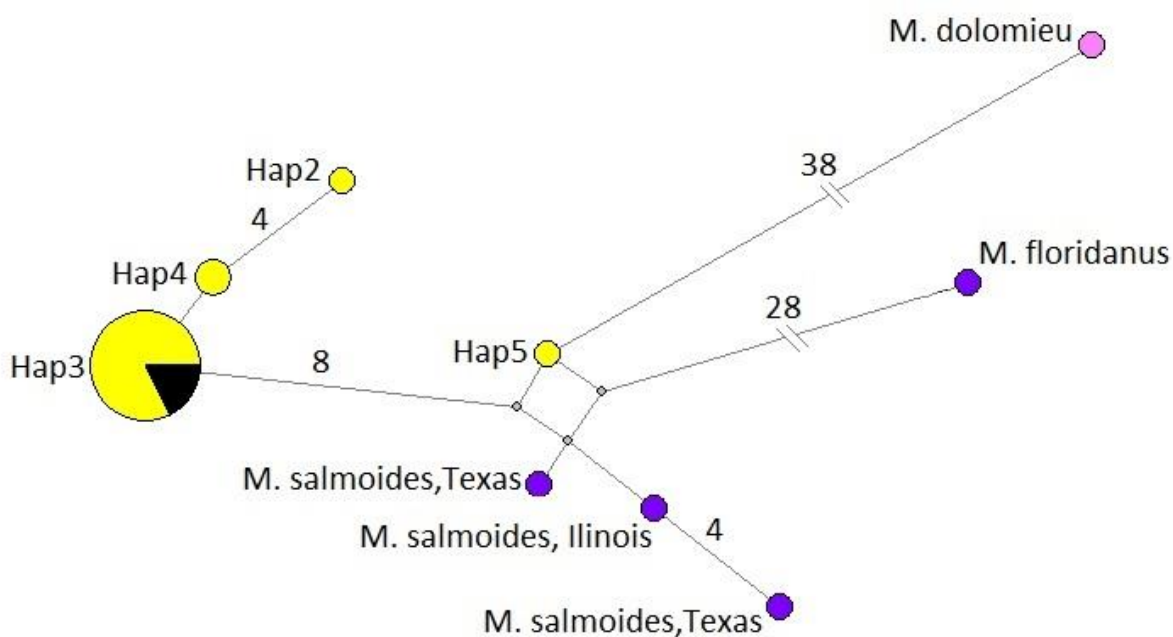
je njihov sestrinski položaj u odnosu na blisku vrstu floridskog pastrvskog grgeča (*Micropterus floridanus*). Filogenetska mreža (Slika 17.) dobivena metodom susjednog povezivanja (MJ) pokazala je jasno odvajanje različitih haplotipova, razlike u broju mutacija,. Iz oba prikazana stabla (Slika 15. i Slika 16.) i mreže (Slika 17.) jasno je vidljiva izdvojenost haplotipa sa oznakom Hap5 kojeg nađenog u jednoj jedinci iz jezera Jarun u Zagrebu koja se izdvojila i u morfometrijskom dijelu istraživanja (Slika 12.). Povezanost i razlike između haplotipova dodatno su potvrđene PD analizom (Tablica 11.).



Slika 15. Filogenetsko stablo dobiveno metodom najveće vjerojatnosti (ML) na temelju CR. Brojevi pored grananja označavaju podržanost u postocima. Jedinke korištene u ovom istraživanju označene su sa Hap i brojem (Tablica 6.). Ostale sekvence preuzete su iz Banke Gena (Tablica 7.)



Slika 16. Filogenetsko stablo dobiveno metodom najveće parsimonije (MP) na temelju mitohondrijskog gena CR. Brojevi pored grananja označavaju podržanost u postocima. . Jedinke korištene u ovom istraživanju označene su sa Hap i brojem (Tablica 6.). Ostale sekvence preuzete su iz Banke Gena (Tablica 7.)



Slika 17. Filogenetska mreža dobivena metodom susjednog povezivanja (MJ). Brojevi predstavljaju broj mutacija ako je >2. Promjer točaka proporcionalan je broju sekvenci svakog haplotipa. Jedinke korištene u ovom istraživanju označene su sa Hap i brojem (Tablica 6.). Ostale sekvence preuzete su iz Banke Gena (Tablica 7.). Haplotipovi iz sliv rijeke Save

označeni su žutom, iz sliva rijeke Drave crnom, ljubičastom označeni su haplotipovi podrijetlom iz SAD-a, ružičastom označena je vanjska grupa, te točke sive boje predstavljaju neprimijećene haplotipove.

Tablica 11. Procjene evolucijske divergencije između sekvenci (PD). Ispod dijagonale prikazan je broj baznih supstitucija (po mjestu) između sekvenci. Standardna procjena pogreške prikazana je iznad dijagonale. Jedinke korištene u ovom istraživanju označene su sa Hap i brojem (Tablica 6.). Ostale sekvence preuzete su iz Banke Gena (Tablica 7.).

| | Texas | Hap2 | Hap3 | Hap4 | Hap5 | Texas | Illinois | M. floridanus | M. dolomieu |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|---------------|-------------|
| Texas | | 0,0064 | 0,0057 | 0,0062 | 0,0020 | 0,0023 | 0,0011 | 0,0177 | 0,0253 |
| Hap2 | 0,0174 | | 0,0029 | 0,0024 | 0,0074 | 0,0066 | 0,0072 | 0,0212 | 0,0301 |
| Hap3 | 0,0159 | 0,0071 | | 0,0012 | 0,0055 | 0,0059 | 0,0059 | 0,0206 | 0,0286 |
| Hap4 | 0,0173 | 0,0057 | 0,0014 | | 0,0060 | 0,0063 | 0,0064 | 0,0212 | 0,0293 |
| Hap5 | 0,0043 | 0,0218 | 0,0144 | 0,0159 | | 0,0033 | 0,0016 | 0,0174 | 0,0240 |
| Texas | 0,0043 | 0,0174 | 0,0159 | 0,0173 | 0,0086 | | 0,0026 | 0,0179 | 0,0254 |
| Illinois | 0,0014 | 0,0203 | 0,0159 | 0,0174 | 0,0028 | 0,0057 | | 0,0174 | 0,0249 |
| M. floridanus | 0,0541 | 0,0647 | 0,0628 | 0,0645 | 0,0524 | 0,0542 | 0,0525 | | 0,0272 |
| M. dolomieu | 0,0728 | 0,0872 | 0,0811 | 0,0831 | 0,0670 | 0,0730 | 0,0709 | 0,0773 | |

5. RASPRAVA

Pastrvski grgeč je na područje Republike Hrvatske unesen u nekoliko pokušaja. Prvi puta je zabilježen početkom 20. stoljeća (prije 1. svjetskog rata) kada je naseljen u ribnjake Božjakovina (blizu Zagreba). Međutim pokušaj uzgoja nije uspio i pritom je zabilježeno sljedeće: "pokus s američkim crnim grgečom nije uspio" (Anonymous 1907). Prvi unos možemo povezati s unosom pastrvskog grgeča u austro-ugarske ribnjake, odnosno pretežito mađarske ribnjake (Vutskits 1910; Toth i Biro 1982) iz kojih su vjerojatno preneseni i u hrvatske. Nakon toga je 30-ih godina unesen u ribnjačarstvo Pakračka poljana (u blizini Garešnice) gdje je uzgajan do sredine 30-ih godina kada je uzgoj napušten. U isto vrijeme je unesen i u ribnjačarstvo Belje (blizu Osijeka), međutim ne postoje podatci o uspjehu uzgoja (Fijan 1950). U razdoblju od 30-ih do 80-ih prepoznato je naglo širenje pastrvskog grgeča diljem svijeta (Welcomme 1992), te se ponovna pojava pastrvskog grgeča 30-ih godina u Hrvatskoj može povezati s počecima nagle ekspanzije u svijetu. Pastrvski grgeč je po treći puta unesen u Hrvatsku krajem 60-ih u ribnjake Draganići, Poljana i Končanica, ali populacije mu nikada nisu bile brojne (Bojčić 1987). Zanimljivo, treći pokušaj unosa ove vrste u Hrvatsku se dogodio 60-ih godina koje su prepoznate kao vrhunac razdoblja popularnosti "bass-fishing"-a (odnosno ribolova na pastrvskog grgeča) u SAD-u (Long i sur. 2013). U razdoblju do 2000. godine primijećena su i prva legalna poribljavanja kojima je proširen u nekolicinu jezera pod upravom športsko ribolovnih društava i udruga (ŠRD i ŠRU), dok su pojedinačni nalazi u rijekama Dravi i Dunavu najvjerojatnije posljedica bijega iz akvakulturnih postrojenja u Mađarskoj u kojima se uspješno uzgaja od 1904. godine (Vutskits 1910; Toth i Biro 1982; Mrakovčić i sur. 2006). Velika potražnja i interes sportskih ribolovaca za ovom vrstom je dovela do nagle ekspanzije broja lokaliteta na kojima možemo pronaći pastrvskog grgeča nakon 2000. godine. No zanimljivo je kako nakon 2000. godine uzgoj pastrvskog grgeča u Hrvatskoj naglo opada (kontaktiranjem uzgajivača koji na popisu uzgojnih vrsta imaju pastrvskog grgeča saznao sam da danas niti ne postoji), te se širenje odvija primarno neselektivnim ilegalnim introdukcijama jedinki iz postojećih populacija koje nalazimo u jezerima pod upravom ŠRD-a.

Ovakav način širenja doveo je do nespecifičnog uzorka širenja ove strane vrste ribe. Može se primijetiti kako se kroz vrijeme lokacije točkasto grupiraju oko urbanih sredina blizu kojih su u prošlosti postojale vode s populacijama pastrvskog grgeča pod kontrolom ŠRD-ova ili ribnjačarstava. Osim što u gradovima možemo pronaći veću koncentraciju ribolovaca i sam

ribolov pastrvskog grgeča odlikuje se "čistoćom" (zbog korištenja čistih umjetnih mamaca, a ne prirodnih mamaca poput mrtve ribe, ličinki, gujavica...) i "ulovi i pusti" pristupom što odgovara ribolovcima u urbanim sredinama. Mnogi ribolovci ističu kvalitetu pastrvskog grgeča kao jedinog predatora koji se hrani i drži pod kontrolom nesnosne populacije druge daleko raširenije strane invazivne vrste crnog somića (*Ameiurus melas* (Rafinesque, 1820)), te ga također ilegalno šire i zbog tog razloga. Taj razlog je znanstveno opravdan jer u Sjevernoj Americi, u staništima koja nastanjuje pastrvski grgeč, obitava crni somić i prirodno čini dio njegove prehrane (Lasenby i Kerr 2000) U rijekama Republike Hrvatske nije zabilježena niti jedna stabilna populacija pastrvskog grgeča. Jedinke koje su zabilježene u otvorenim vodotocima vjerojatno su tu pasivno, za vrijeme poplava, dospjele iz stabilnijih populacija u zatvorenim vodama ili ribnjačarstava. Prema iskazima ribolovaca, ali i osobnog iskustva niti populacije u zatvorenim vodama više nisu brojne, te je često zabilježeno nestajanje cijelih populacija pastrvskog grgeča (npr. jezero Borovik, jezero Trakošćan). Kao glavni uzrok nestajanja smatra se predatorski pritisak štuke (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) i soma (*Silurus glanis* Linnaeus, 1758), ali i prekomjerni izlov bez mogućnosti ponovnog poribljavanja. S obzirom na jako veliku popularnost ove vrste među ribolovcima Hrvatske i svijeta mišljenja sam da zbog manjka kvalitetno organiziranog upravljanja ovom vrstom turistička zemlja poput Hrvatske potencijalno gubi prihode (dokazan je snažan utjecaj pastrvskog grgeča na ekonomiju lokalnih zajednica (Chen i sur. 2003)), a također se time i otvara prostor ilegalnim introdukcijama koje izvođene neplanski mogu napraviti nepopravljive štete na ekosustavima. Dapače šteta je već učinjena prijenosom pastrvskog grgeča u Baćinska jezera i sliv Neretve. Ribolovci iz novoosnovanog ŠRD "Petrinja" napominju kako je stabilna populacija pastrvskog grgeča u jezeru Zvirišće nakon raspada prijašnjeg ŠRD-a bila pod velikim pritiskom mnogih ribolovaca kojima je upravo period bezvlašća nad jezerom omogućio neprimjetno odnošenje ove vrijedne ribolovno vrste, potencijalno čak i u jadranski sliv. Smatram kako su legalne introdukcije pastrvskog grgeča nakon 2000. godine povezane ponajviše s mađarskim populacijama, no takva poribljavanja su vrlo rijetka zbog većih troškova uvoza i transporta žive ribe iz drugih država.

Prema tome, kao što je već rečeno, glavni oblik širenja jedinki pastrvskog grgeča u Hrvatskoj je ilegalno prenašanje od strane pojedinih ribiča. Zanimljivo je da i u drugim državama (npr. SAD (Brown i sur. 2009), Japan (Yokogawa 1998)) na raširenost pastrvskog grgeča najviše utječu ilegalne introdukcije ribolovaca. Takva poribljavanja nazivaju se "gerilska poribljavanja" (guerilla stocking) a ribolovci koji ga vrše "biolozi sa kantom"

(bucket biologists) ili "noćni upravitelji" (midnight managers) (Johnson i sur. 2009). Ilegalno poribljavanje je jedan od globalnih problema odgovornih za širenje stranih vrsta (Elvira 2001). Za Hrvatsku je takvo ponašanje posebno alarmantno s obzirom na nove nalaze pastrvskog grgeča u Neretvi (Dulčić i sur. 2017), Baćinskim jezerima i akumulaciji Lokve, koji su također rezultat ilegalnog prenošenja. Problem pojave nove strane invazivne vrste ribe u jadranskome slivu je što je područje Sredozemlja jedno od područja koje se smatra vrućom točkom biološke raznolikosti (Myers i sur. 2000; Darwall i sur. 2014), pri čemu su slatkovodne ribe jedna od najznačajnija i najbrojnija skupina s više od 250 zabilježenih endemskih vrsta (Smith i Darwall 2006). Rijeka Neretva je po broju endemskih vrsta riba jedna od najbogatijih rijeka u mediteranskom bazenu (Smith i Darwall 2006, Čaleta i sur. 2015) i smatra se jednom od "Freshwater key biodiversity areas" (Darwall i sur. 2014). Istraživanje iz Španjolske pokazuje kako regulirani kanali i male rijeke pod antropogenim utjecajem, kakve nalazimo i u delti Neretve, igraju ključnu ulogu u uspješnom opstanku kao "nursery areas" za pastrvskog grgeča (Almeida i Grossman 2014). Prema procjeni (Piria i sur. 2016) potencijala invazivnosti u Hrvatskoj i Sloveniji pomoću programa Fish Invasiveness Screening Kit (FISK) version 2 pastrvski grgeč je procijenjen kao vrsta visokog rizika (FISK score 26,3). Ranije istraživanje potencijala invazivnosti ribljih vrsta Balkanskog poluotoka pomoću istog programa FISK mu dodjeljuje također status invazivne vrste, ali s puno nižom ocjenom (FISK score 18) (Simonović i sur. 2013). No s obzirom na to da u Hrvatskoj nisu rađena istraživanja prehrane i utjecaja pastrvskog grgeča na autohtonu ihtiofaunu teško je predvidjeti kakav će utjecaj i uspjeh imati populacija pastrvskog grgeča u Neretvi i Baćinskim jezerima. Na primjeru iz mediteranskog jezera u Španjolskog, uočen je puno veći utjecaj na veće vodene beskralježnjake kao što su rakovi, nego na vodene kralježnjake (Garcia-Berthou 2002). S obzirom na specifičnu endemsku faunu Baćinskih jezera i Neretve, koju je teško uspoređivati s drugim lokalitetima, mišljenja sam da su potrebna detaljnija istraživanja utjecaja pastrvskog grgeča na ihtiofaunu, ali i cjelokupnu faunu ovog područja. Pozitivnim smatramo ranija iskustva s prebjezima pastrvskog grgeča koja pokazuju njegovu neuspješnost u prirodnom širenju i osvajanju novih područja. Naime 1972. godine ribnjake "Pakračka poljana" pogodila je katastrofalna poplava te je u rijeku Ilovu prebjeglo 250 matica i 100 000 juvenilnih jedinki pastrvskog grgeča (Pogrmilović 1972), no danas u slivu rijeke Save (kojem pripada i rijeka Ilova) ne nalazimo stabilne populacije pastrvskog grgeča.

Iako je morfološka varijabilnost pod utjecajem genskih faktora (Vignon i Morat 2010) morfološko odvajanje jedinki iz Jadranskog sliva (Baćinskih jezera) uočljivo je usprkos

malom broju uzoraka iz drugih razlog. Naime kao i u morfološkom istraživanju u Japanu (Yokogawa 1998) populaciju koja se najjače morfološki odvojila predstavljale su mlade jedinke. S obzirom na to da je populacija u Baćinskim jezerima (u istraživanju Jadranski sliv) stvorena od malog broja odraslih jedinki i još uvijek je u nastajanju, za ovo istraživanje bile su dostupne samo nedorasle jedinke. Očekivanja u odstupanju morfometrijskih mjera riba iz Baćinskih jezera su ispunjena zbog različitih morfometrijskih mjera u različitim dobnim kategorijama kod riba (Turan 1999). U slučaju pastrvskog grgeča to je nešto veća glava u odnosu na duljinu tijela, te završetak usta ispod oka kod mladih riba (Scott i Crossman 1973; Hubbs i sur. 1991), što je također uočljivo iz rezultata CVA analize oblika tijela u ovom radu (Slika 12.). Zbog malog broja uzoraka neravnomjerno raspoređenih po slivovima i neusklađenih dobnih kategorija smatramo da bi podatci imali veću snagu pouzdanosti na većem broju uzoraka s pravilnijim omjerom dobnih kategorija i broja uzoraka s pojedinih lokacija, no zbog lošeg stanja populacija pastrvskog grgeča i njegove velike vrijednosti za ribolovce nismo uspjeli prikupiti veći uzorak.

Neselektivna prenošenja problem su također i za samog pastrvskog grgeča. U svim fazama proizvodnje ribe u akvakulturi šanse za nasumični genski drift, inbriding i selekciju puno su veće nego kod riba u divljim populacijama (Ryman i sur. 1995). Morfološko (ručno, pomičnom mjerkom) i gensko istraživanje iz Japana ukazuje kako ribolovci neselektivnim prenašanjem novostvorenu populaciju pastrvskog grgeča u novoj vodi dovode pod jaki genski pritisak što rezultira procesima križanja u srodstvu i efekta uskog grla (inbreeding i bottle neck effect). Male morfološke razlike između populacija vjerojatno su uzrokovane niskom genskom raznolikosti unutar populacije (iako se svaka populacija može razlikovati genski!) i fenomenom populacija kojima izostaju homozigotni ili heterozigotni genotipovi (Yokogawa 1998). Populacije pastrvskog grgeča u Hrvatskoj prošle su nekoliko ranijih "bottle neck"-ova prije no što su uopće počeli novi "bottle neck"-ovi ilegalnim poribljavanjima unutar države. Prvo "uskor grlo" se odvijalo kada je određeni broj jedinki ulovljen u prirodi (možda u bliskom srodstvu) za potrebe akvakulture u SAD-u. Potom je određeni broj kultiviranih jedinki prenesene u ribnjačarstva u Njemačkoj iz kojih je dio jedinki prenesen u ribnjačarstva u Mađarskoj. Nakon još jedne selekcije dopijevaju iz mađarskih ribnjačarstva napokon u ribnjačarstva u RH. S obzirom na to da je većina ilegalnih introdukcija izvršena nesistematski od strane ribolovaca vjerojatnost je da je većina prenesenih riba nedorasle i/ili iste dobi, a potencijalno i u bliskom srodstvu. Zbog ovakvih svojstava nastajanja populacija pastrvskog grgeča u RH nesumnjivo možemo govoriti i o utjecaju efekta osnivača (Founder effect), čije

su značajke gubitak genske raznolikosti kada je nova populacija nastala od malog broja jedinki iz veće populacije. Ovakav jaki genski pritisak na populacije pastrvskog grgeča u RH dovele su do toga da unutar ispitane grupe od 21 jedinke s 9 lokacija možemo pronaći 4 haplotipa (Tablica 6.). No zanimljivo je da 17 jedinki (80% uzoraka) pripada jednom haplotipu (Hap3) te ga nalazimo na 8 od 9 lokacija što sugerira na malu gensku raznolikost unutar populacije pastrvskog grgeča u RH. Od 8 lokacija na kojima nalazimo Hap3, 3 lokacije se nalaze u slivu Drave i 5 u slivu rijeke Save. Zanimljivo je kako jedinke s lokacija iz sliva Drave i Save pripadaju istom haplotipu (Hap3), a odvajaju se morfometrijskim mjerama na CVA grafu (Slika 12.). Ipak detaljnijim pregledom položaja jedinki na CVA grafu uočili smo u zoni preklapanja elipsi pouzdanosti slivova Drave i Save, dvije jedinke iz sliva Save (JŽ7 i JR1) koje pripadaju istom haplotipu (Hap3) kojeg nalazimo na sve 3 lokacije u slivu Drave. Smatramo kako je neravnomjeran broj uzoraka s određenih lokacija u genskom dijelu istraživanja utjecao na interpretaciju povezanosti morfometrijskog i genskog dijela istraživanja, naime 13 uzoraka (61%) u genskom dijelu istraživanja dolazi sa samo dvije lokacije; jezero Jarun i šljunčare Ježdovec (Tablica 6.). No ipak neke ključne jedinke ukazuju na mogućnost povezanosti različitih genotipova s različitim morfometrijskim karakteristikama. Detaljnijom analizom CVA grafa (Slika 13.) uočili smo da se grupa od 7 jedinki iz jezera Bajer kod Đakova nalazi unutar elipse pouzdanosti za sliv Save bez kontakta sa slivom Drave, a također jedini uzorak s te lokacije (BJ3) uspio u genskom dijelu istraživanja pokazuje drugačiji haplotip (Hap2). Zanimljiv je i položaj jedinke JR5 na CVA grafu (Slika 12.) gdje uočavamo njezino odstupanje iz elipse pouzdanosti za sliv Save kojem pripada, a također smo detaljnijom analizom uočili odstupanje i od elipse pouzdanosti izračunate posebno za lokaciju Jarun (Slika 13.). Jedinka oznake JR5 također posjeduje poseban haplotip (Hap5). Populacije pastrvskog grgeča u slivu rijeke Drave su podrijetlom, prema iskazima ribolovaca, prebjezi iz mađarskih uzgajališta i jezera. Ribolovci napominju kako su za vrijeme visokih vodostaja rijeke Drave jezera iz ovog istraživanja (jezero Belavar (Mađarska), jezero Autoput (Hrvatska) i jezero Sekuline (Hrvatska)) spojena s rijekom, u koju vjerojatno iz najbližeg uzgajališta pastrvskog grgeča u mađarskoj Nagyatad, putem potoka Rinya pristižu prebjezi i nastanjuju se u poplavljenim jezerima. Ostalih 5 lokacija iz sliva Save se nalazi relativno blizu Zagreba ili u samom Zagrebu. Također treba napomenuti kako se od tih 5 lokacija jedino jezero Jarun nalazi pod upravom ŠRD-a koje vrši poribljavanje pastrvskim grgečom podrijetlom najvjerojatnije iz mađarskih uzgajališta (www.sportskiobjekti.hr; www.zagreb.info), te je ono i vjerojatni izvor iz kojeg su ribolovci izuzimali jedinke za ilegalne translokacije u okolna jezera, ali i vjerojatno objašnjenje

pronalaska istog haplotipa u slivu Drave i Save. Haplotipove Hap2, Hap3 i Hap4 smatramo blisko srodnima i gotovo ih se može svrstati u jednu grupu koja je imala zajedničkog pretka s grupom haplotipa iz južnog dijela SAD-a. Posebno se na filogenetskoj mreži i stablima (Slika 15., 16., 17.) izdvaja četvrti haplotip (Hap5) iako ga nalazimo na istoj lokaciji u slivu Save kao i prvi haplotip (Hap3) odnosno jezero Jarun u Zagrebu. Iz PD analize (Tablica 11.) uočavamo da se Hap5 razlikuje od Hap3 (1,4%) i Hap4 (1,5%) manje nego od Hap2 (2,8%). Uočavamo i manje razlike između Hap5 i haplotipa *M. salmoides* iz države Illinois (0,2%) nego između Hap5 i haplotipa *M. salmoides* iz Texasa (0,4%), ali i veće razlike između haplotipa Texasa i Illinoisa i ostala 3 haplotipa (Hap2, Hap3, Hap4) (srednja vrijednost razlika 1,6%). Također je vidljivo iz PD analize (Tablica 11.) i filogenetske mreže (Slika 17.) veća sličnost i povezanost Hap5 (od svih ostalih haplotipova iz RH) sa sestrinskim vrstama *M. floridanus* (5%) i *M. dolomieu* (6%). Smatramo kako je četvrti haplotip (Hap5) moguća posljedica ranijih poribljavanja jezera 70-ih godina (iako Puškadija (1996a) napominje kako su pastrvski grgeči nestali iz jezera Jarun) ili kasnijih poribljavanja iz drugih uzgajališta. No također nije isključivo da je posljedica ilegalnog "gerilskog poribljavanja" iz nepoznatih izvora ili hibridizacije u akvakulturi.

6. ZAKLJUČAK

Prema podacima dobivenih istraživanjem rasprostranjenost, te morfometrijskog i genskog istraživanja karakteristika populacija pastrvskog grgeča u Republici Hrvatskoj, može se zaključiti:

- U prošlosti je pastrvski grgeč u Republiku Hrvatsku unesen u 3 pokušaja. Prvi pokušaji uzgoja 10-ih, 30-ih i 60-ih godina prošlog stoljeća smatraju se neuspješnima iako prate svjetske trendove uzgoja ove vrste.
- Uočeno je naglo širenje ove vrste u periodu od 2000. godine do danas . Alarmantni su novi nalazi pastrvskog grgeča u jadranskom slivu (odnosno Baćinskim jezerima, akumulaciji Lokve i rijeci Neretvi) posebice zbog mogućeg utjecaja na endemsku ihtiofaunu.
- Na raširenost pastrvskog grgeča u Republici Hrvatskoj najviše utječu ilegalne translokacije koje vrše pojedinci. Kao glavni razlozi ilegalnih translokacija ove vrste nameću se velika vrijednost kao "sportsko-ribolovne vrste" i pokušaji "biomanipulacije" populacijama druge strane invazivne vrste, američkog somića (*Ameirus melas*).
- Smatramo da je broj uzoraka i raspoređenost dobnih kategorija u ovom istraživanju nepogodan za detaljnije analize, iako primijećene manje morfometrijske razlike između grupa potencijalno mogu biti posljedica različitih genotipa.
- Genska analiza otkriva 4 haplotipa. Unutar jednog haplotipa nalazimo 80% uzoraka s 8 od 9 lokacija što sugerira na malu gensku raznolikost uzrokovanu malim brojem inicijalno unesenih jedinki.

Rezultati ovog rada mogu se iskoristiti kao smjernice za buduća istraživanja ove ali i istraživanja drugih stranih invazivnih vrsta riba. Boljim poznavanjem invazivnih vrsta možemo predvidjeti posljedice utjecaja širenja vrste te pravovremeno reagirati kako bi spriječili daljnje širenje.

7. LITERATURA

- Albrecht, G.H. 1980. Multivariate analysis and the study of form, with special reference to canonical variate analysis. *Am. Zool.* 20, 679-693.
- Allan, R.C., Romero, J. 1975. Underwater observations of largemouth bass spawning and survival in Lake Mead. U: Stroud, R.H., Clepper, H. (ur.) *Black bass biology and management*. Washington, D.C., Sport Fishing Institute, str. 104-112.
- Almeida, D., Grossman, G. 2014. Regulated small rivers as 'nursery' areas for invasive largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in Iberian waters. *Aquat. Xonserv. Mar. Freshw. Ecosys.* 24, 805-817.
- Anonymous 1907. Ribnjaci na zemaljskom dobru u Božjakovini. *Lovačko-ribarski viestnik* 16, 47.
- Azuma, M. 1992. Ecological release in feeding behavior: the case of Bluegills in Japan. *Hydrobiologia* 244, 269-276.
- Bailey, R.M., Hubbs, C. L. 1949. The black basses (*Micropterus*) of Florida, with description of a new species. University of Michigan, Museum of Zoology, Occasional Papers 51, 1-40.
- Baker, J.P., Wareen-Hicks, W.J., Gallagher, J., Christensen, S.W. 1993. Fish population losses from Adirondack Lakes: the role of surface water acidity and acidification. *Water Res. Res.* 29, 861-874.
- Bennett, D.H., Gibbons, J.W. 1975. Reproduction cycles of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in a cooling reservoir. *Trans. Am. Fish. Soc.* 104(1), 77-82.
- Berggren, W.A., D.V., Kent, I., Swisher, C.C., Aubry, M.P. 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. U: Berggren, W.A., Kent, D.V., Aubry, M.P.,

- Hardenbol, J. (ur.) Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation. Tulsa, Oklahoma, Society for Economic Paleontology and Mineralogy, str. 129-212.
- Blanton, R., Baker, H., Carol, W., Carol, J. 2013. Diversity within the Redeye Bass, *Micropterus coosae* (Perciformes: Centrarchidae) species group, with descriptions of four new species. *Zootaxa* 3635, 379-401.
- Bojčić, C. 1987. Strategija razvoja šaranskog ribnjačarstva na osnovi većeg udjela sporednih riba u ukupnoj proizvodnji. *Ribarstvo Jugoslavije* 6, 130-140.
- Bollman, C. 1886. Notes on a Collection of Fishes from the Escambia River, with Description of a New Species of *Zygonectes* (*Zygonectes escambiae*). *Proc. U. S. Nat. Mus.* 9, 462-465.
- Bookstein, F.L. 1991. *Morphometric Tools for Landmarks Data. Geometry and Biology.* Cambridge, Cambridge University Press.
- Bottroff, L.J. 1967. Intergradation of Florida bass in San Diego County. M.S. Thesis, San Diego State College, San Diego, 131 str.
- Brown, T.G., Runciman, B., Pollard, S., Grant, A.D.A. 2009. Biological synopsis of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2884, 27.
- Buck, D.H. 1956. Effects of turbidity on fish and fishing. *Trans. North Am. Wildl. Conf.* 21, 249-261.
- Cady, E.R. 1945. Depth distribution of fish in Norris Reservoir. *J. Tenn. Acad. Sci.* 20(1), 103-114.
- Campbell, N.A., Atchley, W.R. 1981. The geometry of canonical variate analysis. *Syst. Biol.* 30, 268-280.
- Carr, M.H. 1942. The breeding habits, embryology, and larval development of largemouth black bass in Florida. *Proc. New Engl. ZoClub.* 20, 48-77.

- Chen, R.J., Hunt, K.M., Ditton R.B. 2003. Estimating the Economic Impacts of a Trophy Largemouth Bass Fishery: Issues and Applications. *N. Am. J. Fish. Manag.* 23(3), 835-844.
- Chilton, E.W. 1997. *Freshwater Fishes of Texas*. Texas Parks and Wildlife Press, Austin.
- Ciruna, K.A., Meyerson, L.A., Gutierrez, A. 2004. The ecological and socioeconomic impacts of invasive alien species in inland water ecosystems. *Global Invasive Species Programme*, Washington, D.C.
- Clark, C.F. 1942. A study of the loss of fish from an artificial lake over a wasteweer, Lake Loramie, Ohio. *Proc. North Am. Wildl. Conf.* 7, 250-256.
- Clugston, J.P. 1964. Growth of the Florida largemouth bass *Micropterus salmoides floridanus* (Lesueur), and northern largemouth bass, *M. salmonides* (Lacepede), in subtropical Florida. *Trans. Am. Fish. Soc.* 93, 146-154.
- Clugston, J.P. 1966. Centrarchid spawning in the Florida Everglades. *Q. J. Fla Acad. Sci.* 29(2), 137-144.
- Ćaleta, M., Buj, I., Mrakovčić, M., Mustafić, P., Zanella, D., Marčić, Z., Duplić, A., Mihinjač, T., Katavić, I. 2015. *Hrvatske endemske ribe*. Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb.
- Darwall, W., Carrizo, S., Numa, C., Barrios, V., Freyhof, J., Smith, K. 2014. *Freshwater Key Biodiversity Areas in the Mediterranean Basin Hotspot: Informing species conservation and development planning in freshwater ecosystems*. Cambridge, UK i Malaga, Španjolska, IUCN 86 str.
- Dendy, J.S. 1946. Further studies on depth distribution of fish, Norris Reservoir, Tennessee. *J. Tenn. Acad. Sci.* 21(1), 94-104.

- Dequine, J.F., Hall, G.E. Jr. 1950. Results of some tagging studies of the Florida largemouth bass *Micropterus salmoides floridanus* (LeSueur). Trans. Am. Fish. Soc. 79(1949), 155-166.
- Devries, D., Wright, R., Peer, A.C. 2006. First-year growth and recruitment of coastal largemouth bass (*Micropterus salmoides*): Spatial patterns unresolved by critical periods along a salinity gradient. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 63, 1911-1924.
- Douglas, N.H. 1974. Freshwater Fishes of Louisiana. Chlaitor's Publications Division, LA, Baton Rouge.
- Dryden, I.L., Mardia, K.V. 1998. Statistical Shape Analysis. John Wiley and Sons, New York.
- Dulčić, J., Dragičević, B., Ugarković, P., Tutman, P. 2017. The largemouth black bass (*Micropterus salmoides*): first record in the Neretva River delta, Adriatic drainage system of Croatia. Cybium 41(1), 77-78.
- Eckblad, J.W., Shealy, M.G. Jr. 1972. Predation on largemouth bass embryos by the pond snail *Viviparus georgianus*. Trans. Am. Fish. Soc. 101(4), 734-738.
- Edgington, E.S. 1995. Randomization Tests. NY: Marcel Dekker, New York.
- Elser, H.J. 1961. Escape of fish over spillways: Maryland, 1958-1960. Proc. Annu. Conf. Southeast Assoc. Game Fish Comm. 14, 174-185.
- Elvira, B. 2001. Identification of non-native freshwater fishes established in Europe and assessment of their potential threats to the biological diversity. Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats. Council of Europe, Standing Committee 21st meeting, Strasbourg, 35 str.
- Eschmeyer, R.W. 1942. The catch, abundance, and migration of game fishes in Morris Reservoir, Tennessee, 1940. J. Tenn. Acad. Sci. 17(1), 90-115.

- Etnier, D.A., Starnes, W.C. 1993. The fishes of Tennessee. University of Tennessee Press, TN, Knoxville.
- Ferguson, E.G. 1958. The preferred temperature of fish and their midsummer distribution in temperate lakes and streams. J. Fish. Res. Board Can. 14(4), 607-624.
- Fetterolf, C.M. Jr. 1952. A population study of the fishes of Wintergreen Lake, Kalamazoo County, Michigan; With notes on movement and effect of netting on condition. M.S. Thesis, Michigan State College, Lansing, 127 str.
- Fijan, N. 1950. Sporedna riba grabilica za bolje iskorištavanje ribnjaka - pastrvski okun. Croat. J. Fish. 5(8), 163-164.
- Funk, J.K. 1957. Movement of stream fishes in Missouri. Trans. Am. Fish. Soc. 85, 39-57.
- Garcia-Berthou, E. 2002. Ontogenetic Diet Shifts and Interrupted Piscivory in Introduced Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*). Int. Rev. Hydrobiol. 87, 353-363.
- Garvey, J.E., Marschall, E.A. 2003. Understanding latitudinal trends in fish body size through models of optimal seasonal energy allocation. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 60, 938-948.
- Goldstein, R.M., Simon, T.P. 1999. Toward a united definition of guild structure for feeding ecology of North American freshwater fishes. U: Simon, T.P. (ur.). Assessing the sustainability and biological integrity of water resources using fish communities. Boca Raton, Florida, CRC Press, str. 123-202.
- Good, P. 1994. Permutation Tests: A Practical Guide to Resampling Methods for Testing Hypotheses. NY: Springer-Verlag, New York.
- Hall, T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucleic Acids Symp. Ser. 41, 95-98.

- Hanson, K.C., Cooke, S.J., Suski, C.D., Niezgoda, G., Phelan, F.J.S., Tinline, R., Philipp, D.P. 2007. Assessment of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) behaviour and activity at multiple spatial and temporal scales utilizing a whole-lake telemetry array. *Hydrobiologia* 582, 243–256.
- Haponski, A.E., Stepien, C.A. 2013. Phylogenetic and biogeographic relationships of the Sander pikeperches (Percidae: Perciformes): patterns across North America and Eurasia. *Biol. J. Linn. Soc. Lond.* 110, 156-179.
- Hasenay, M. 1933. Nasad amerikanskog grgeča na Belju. *Ribarski list* 3-4, 52.
- Heidinger, R.C. 1976. Synopsis of biological data on the largemouth bass, *Micropterus salmoides* (Lacepede 1802.). *FAO Fisheries Synopsis* 115, 1-85.
- Hickley, P., North, R., Muchiri, S.M., Harper, D.M. 1994. The diet of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in Lake Naivasha, Kenya. *J. Fish Biol.* 44, 607-619.
- Hill, J.E., Cichra, C.E. 2005. Biological synopsis of five selected Florida centrarchid fishes with an emphasis on the effects of water level fluctuations. St. Johns River Water Management District. Special Publication SJ2005-SP3. Palatka, Florida.
- Holbrook, J.A. 1975. Bass fishing tournaments. U: Clepper, H. (ur.) *Black bass biology and management*. Washington, D.C., Sport Fishing Institute, str. 408-415.
- Hubbs, C.L., Bailey F.M. 1940. A revision of the black basses (*Micropterus* and *Huro*), with descriptions of four new forms. *Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Mich.* 48, 7-5.
- Hubbs, C.L., Edwards, R.J., Garrett, G.P. 1991. An annotated checklist of freshwater fishes of Texas, with key to identification of species. *Tex. J. Sci.* 43(4), 1-56.
- IGFA 1991. World record game fishes. International Game Fish Association, Florida, USA.

- Impson, N.D. 1998. Impact and management of an invasive predatory game fish, *Micropterus dolomieu* (Centrarchidae), the smallmouth blackbass, in Western Cape Province, South Africa. *Afr. J. Aquat. Sci.* 30(2), 13-18.
- Isaac, A. Jr., Isaac M. 1882. Successful propagation of black bass. *Bull. U.S. Fish Comm.* 2, 113-115.
- ISSG (Invasive Species Specialists Group). 1999. 100 of the world's worst invasive alien species. Global Invasive Species Database, New Zealand.
- Jackson, D.A. 2002. Ecological effects of *Micropterus* introductions: the dark side of black bass. U: Philipp, D.P., Ridgway, M.S. (ur.) *Black bass: ecology, conservation, and management.* *Am. Fish. Soc.* 31, 221-232.
- Jackson, D.A., Mandrak, N.E. 2002. Changing fish biodiversity: Predicting the loss of cyprinid biodiversity due to global climate change. *Am. Fish. Soc. Symp.* 32, 89-98.
- James, M.F. 1946. Hermaphroditism in the largemouth bass. *J. Morphol.* 79(1), 93-95.
- Jelić, M., Jelić, D., Žutinić, P., Čaleta, M. 2012. Značajke faune riba donjeg toka rijeke Drave i okolnih poplavnih staništa kod Donjeg Miholjca (istočna Hrvatska). *Croat. J. Fish.* 70, 153-167.
- Jenkins, F.M., Hall, G.E. 1953. Growth of largemouth bass in Oklahoma. *Rep. Okla. Fish. Res. Lab.* 30, 44.
- Johnson, B.M. Arlinghaus, R., Martinez, P.J. 2009. Are we doing all we can to stem the tide of illegal fish stocking? *Fisheries* 34(8), 389-394.
- Johnson, R.L., Magee J.B., Hodge T.A. 2001. Phylogenetics of freshwater black basses (Centrarchidae: *Micropterus*) inferred from restriction endonuclease analysis of mitochondrial DNA. *Biochem. Genet.* 39(11), 395-406.

- Junjie, B., Dijar Lutz-Carrillo, J., Yingchun, Q., Suxian, L. 2008. Taxonomic status and genetic diversity of cultured largemouth bass *Micropterus salmoides* in China. *Aquaculture* 278, 27-30.
- Kassler, T.W., Koppelman, J.B., Near, T.J., Dillman, C.B., Levengood, J.M., Swofford, D.L., VanOrman, J.L., Claussen, J.E., Philipp, D.P. 2002. Molecular and morphological analyses of the black basses (*Micropterus*): Implications for taxonomy and conservation. *Am. Fish. Soc. Symp.* 31, 291-322.
- Kelley, J.W. 1962. Sexual maturity and fecundity of the largemouth bass, *Micropterus salmoides* (Lacepede), in Maine. *Trans. Am. Fish. Soc.* 9(1), 23-28.
- Kelley, J.W. 1968. Effects of incubation temperatures on survival of largemouth bass eggs. *Prog. FishCult.* 30, 159-163.
- Kirk, W.L. 1967. The nutritional value of bullfrog tadpoles, *Rana catesbeiana*, as forage for the largemouth bass, *Micropterus salmoides*. M.A. Thesis, Southern Illinois University, Carbondale, 29 str.
- Klingenberg, C.P. 2013. Visualizations in geometric morphometrics: how to read and how to make graphs showing shape changes. *Hystrix* 24, 15-24.
- Kraljević, K. 2002. Fauna i ekologija riba Kopačkog rita. Doktorski rad, Sveučilište Josipa Juraja Strossmayera, Osijek, Hrvatska, 43 str.
- Kramer, R.H, Smith, L.L. Jr. 1962. Formation of year classes in largemouth bass. *Trans. Am. Fish. Soc.* 91(1), 29-41.
- Kramer, R.H, Smith, L.L. Jr. 1960. First-year growth of the largemouth bass, *Micropterus salmoides* (Lacepede), and some related ecological factors. *Trans. Am. Fish. Soc.* 89, 222-233.

- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., Tamura, K. 2018. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Mol. Biol. Evol.* 35, 1547-1549.
- Lacepède, B.G.E. 1802. Histoire naturelle des poissons. Imprimeurlibre 4, 728.
- Lamkin, J.B. 1901. The spawning habits of the largemouth bass in the south. *Trans. Am. Fish. Soc.* 29, 129-155.
- Lasenby, T.A., Kerr, S.J. 2000. Bass transfers and stocking: An annotated bibliography and literature review. Fish and Wildlife Branch, Ontario Ministry of Natural resources, Peterborough, Ontario, 207 str.
- Laurence, G.C. 1969. The energy expenditure of largemouth bass larvae, *Micropterus salmoides*, during yolk absorption. *Trans. Am. Fish. Soc.* 98(3), 398-405.
- Lawrence, J.M. 1958. Estimated sizes of various forage fishes largemouth bass can swallow. *Proc. Annu. Conf. Southeast. Assoc. Game Fish Comm.* 11, 220-225.
- Lewis, W.M. Jr. 1961. Food choice of largemouth bass as a function of availability and vulnerability of food items. *Trans. Am. Fish. Soc.* 90(3), 277-280.
- Lewis, W.M. Jr., Heidinger, R., Konikoff, M. 1968. Loss of fishes over the drop box spillway of a lake. *Trans. Am. Fish.* 97(4), 492-496.
- Long, J., Allen, M., Porak, W., Suski, D.C. 2013. Historical Perspective of Black Bass Management in the United States. *Am. Fish. Soc. Symp.* 82, 99-122.
- Lou, Y.D. 2000. Present situation and countermeasure of the study on fish introduction in China. *J. Fish. China* 24, 185-192.
- Louder, D.E. 1958. Escape of fish over spillways. *Prog. Fish-Cult.* 20(1), 38-41

- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., De Poorter, M. 2000. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12 str.
- Lutz-Carrillo, D.J., Nice, C.C., Bonner, T.H., Forstner, M.R.J., Fries, L.T. 2006. Admixture analysis of Florida largemouth bass and northern largemouth bass using microsatellite loci. *Trans. Am. Fish. Soc.* 135, 779-791.
- MacRae, P.S.D., Jackson, D.A. 2001. The influence of smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*) predation and habitat complexity on the structure of littoral zone fish assemblages. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58, 342-351.
- Maezono, Y., Kobatashi, R., Kusahara, M. 2005. Direct and indirect effects of exotic bass and bluegill on exotic and native organism in farm ponds. *J. Appl. Ecol.* 15, 638-650.
- Majer, J. 1998. Adatok a Dráva és a Dráva menti területek hal-, kétéltű- és hüllőfaunájához (Pisces, Amphibia, Reptilia). *Dunántúli Dolgozatok Természettudományi soroza* 9, 431-440.
- McMahon, T.E., Holanov, S.H. 1995. Foraging success of largemouth bass at different light intensities: implications for time and depth of feeding. *J. Fish Biol.* 46, 759-767.
- McPhail, J.D. 2007. *The Freshwater Fishes of British Columbia*. University of Alberta Press, Edmonton, Alberta.
- Meador, M.R., Kelso, W.E. 1990. Physiological responses of largemouth bass, *Micropterus salmoides*, exposed to salinity. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47, 2358-2363.
- Moyle, P.B. 2002. *Inland Fishes of California*. University of California Press, Los Angeles, California.

- Mrakovčić, M. 1992. Sukcesija ihtiofaune u hidroakumulaciji Varaždin. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska, 168 str.
- 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.
- Mrakovčić, M., Mustafić, P., Čaleta, M., Zanella, D., Radić, I. 2002. Značajke ribljih zajednica parka prirode Lonjsko polje. Bilten parka prirode Lonjsko polje 4(1-2), 8-56.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853-858.
- Near, T.J., Kessler, T.W., Koppelman, J.B., Dillman, C.B., Philipp, D.P. 2003. Speciation in North American black basses, *Micropterus* (Actinopterygii: Centrarchidae). *Evolution* 57(7), 1610-1621.
- Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the World*. 4th edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New York.
- Parker, W.D. 1971. Preliminary studies on sexing adult largemouth bass by means of an external characteristic. *Prog. Fish-Cult.* 33, 55-6.
- Pflieger, W.L. 1975. *The Fishes of Missouri*. Missouri Department of Conservation, Jefferson City.
- Piria, M., Povž, M., Vilizzi, L., Zanella, D., Simonović, P., Copp, G. H., 2016. Risk screening of nonnative freshwater fishes in Croatia and Slovenia using the Fish Invasiveness Screening Kit. *Fisheries Manag. Ecol.* 23, 21-31.
- Pogrmilović, P. 1972. Štete prouzrokovane katastrofalnim poplavama na ribnjacima. *Ribarstvo Jugoslavije* 5, 113-116.

- Post, D.M. 2003. Individual variation in the timing of ontogenetic niche shifts in largemouth bass. *Ecol.* 84, 1298-1310.
- Puškadija, A. 1996a. Pastrvski grgeč. *Športski ribolov* 4, 13-15.
- Puškadija, A. 1996b. Pastrvski grgeč. *Športski ribolov* 5, 11-12.
- Quinn, S. 2001. How long do fish live? In-Fisherman 26(5), 15.
- Ray, J.W., Husemann, M., King, R.S., Danley, P.D. 2012. Genetic Analysis Reveals Dispersal of Florida Bass Haplotypes from Reservoirs to Rivers in Central Texas. *Trans. Am. Fish. Soc.* 141, 1269-1273.
- Robbins, N.H., McCrimmon, H.R. 1974. The blackbass in America and overseas. Biomangement and Research Enterprises, Ontario, Canada.
- Rohlf, F.J. 1999. Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces. *J. Classif.* 16, 197-223.
- Rohlf, F.J. 2010. TpsDig, Version 2.16. Ecology and Evolution, SUNY at Stony Brook. Available at <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>.
- Rohlf, F.J., Slice, D. 1990. Extensions of the procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Syst. Zool.* 39, 40-59.
- Ross, S.T. 2001. The Inland Fishes of Mississippi. University of Mississippi Press, Jackson.
- Ryman, N., Utter, F., Laikre, L. 1995. Protection of intraspecific biodiversity of exploited fishes. *Rev. Fish. Biol. Fish.* 51, 417-446.
- Sallai, Z., Kontos, T. 2008. Data to the fish fauna of Croatian Drava sector. U: Purger, J. (ur.) Biodiversity studies along the Drava River. University of Pecs, Pecs, str. 249-273.

- Sammons, S.M., Maceina, M.J., Partridge, D.G. 2003. Changes in behavior, movement, and home ranges of largemouth bass following large-scale hydrilla removal in lake Seminole, Georgia. *J. Aquat. Plant Mgmt.* 41, 31-38.
- Scott, W.B., Crossman, E.J. 1973. *Freshwater Fishes of Canada*. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, Canada.
- Shapiro, S.S., Wilk, M.B., Chen, H.J. 1968. A comparative study of various tests for normality. *J. Am. Stat. Assoc.* 63(324), 1343-1372.
- Shealy, M.H. Jr. 1971. Nesting bass observed with underwater television. *N.Y. Food Life Sci.* 4(4), 18-20.
- Sheng-Jie, L., Jun-Jie, B., Lei, C., Dong-Mei, M., Fang-Fang D. 2012. The complete mitochondrial genomes of largemouth bass of the northern subspecies (*Micropterus salmoides salmoides*) and Florida subspecies (*Micropterus salmoides floridanus*) and their applications in the identification of largemouth bass species. *Mitochondrial DNA* 23, 92-99.
- Simonović, P., Tošić, A., Vassilev, M., Apostolou, A., Mrdak, D., Ristovska, M., Kostov, V., Nikolić, V., Škraba, D., Vilizzi, L., Copp, G. 2013. Risk assessment of non-native fishes in the Balkans Region using FISK, the invasiveness screening tool for non-native freshwater fishes. *Mediterr. Mar. Sci.* 14(2), 369-376.
- Smith, K.G., Darwall, W.R.T. 2006. The Status and Distribution of Freshwater Fish Endemic to the Mediterranean Basin. IUCN, str. 6.
- Smith, P.A., Edwards, P.A. 2002. Two Decades of Commercial Fishery Management on Lake Ontario, 1981-2001. Annual Report of the Lake Ontario Management Unit 2003.
- Snow, J.R. 1961. Forage fish preference and growth rate of largemouth black bass fingerlings under experimental conditions. *Proc. Annu. Conf. Southeast Assoc. Game Fish Comm.* 15, 303-313.

- Spencer, C.N., King, D.L. 1984. Role of fish in regulation of plant and animal communities in eutrophic ponds. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41, 1851-1855.
- Stein, J.N. 1970. A study of the largemouth bass population in Lake Washington. M.S. Thesis, University of Washington, Seattle, 69 str.
- Stroud, R.H. 1967. Water quality criteria to protect aquatic life: a summary. *Am. Fish. Soc. Spec. Publ.* 4, 33-37.
- Stuber, R.J., Geghart, G., Maughan, O.E. 1982. Habitat suitability index models: Largemouth bass. U.S. Fish and Wildlife Service, 32 str.
- Swingle, I.S. 1961. Management techniques for public fishing waters: Control of unbalanced fish populations. Alabama Division of Game and Fisheries, 5 str.
- Swingle, I.S. 1962. Management techniques for public fishing waters: Control of unbalanced fish populations. Alabama Division of Game and Fisheries, 4 str.
- Takamura, K. 2005. Distribution of mtDNA haplotypes of black bass in Japanese freshwaters. *Japan. J. Ichthyol.* 52, 107-114.
- Tamura, K., Nei, M., Kumar, S. 2004. Prospects for inferring very large phylogenies by using the neighbor-joining method. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 101, 11030-11035.
- Tebo, L.B. Jr., McCoy, E.G. 1964. Effect of sea-water concentration on the reproduction and survival of largemouth bass and bluegills. *Prog. Fish- Cult.* 26, 99-106.
- Terashima, A. 1980. Bluegill: a vacant ecological niche in Lake Biwa. U: Kawai, T., Kawanabe, H., Mizuno, N. (ur.) *Freshwater organisms in Japan: their ecology of invasion and disturbance.* Tokyo, Japan, Tokyo University Press, str. 63-70.

- Tidwell, J.H., Coyle, S.D., 2001. Centrarchids: Largemouth Bass, *Micropterus salmoides*. U: Webster, C.D., Lim C. (ur.) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. Wallingford, CABI publishing, str. 374-380
- Toth, J., Biro, P. 1982. Exotic fish species acclimatized in Hungarian natural waters. EIFAC Technical Paper 42 (1-2), 550-554.
- Turan, C. 1999. A Note on the Examination of Morphometric Differentiation Among Fish Populations: The Truss System. Turk J. Zool. 23, 259-263.
- USDA 2006. Census of Aquaculture 2005. Volume 3, Special Studies Part 2. US Department of Agriculture.
- USDI 2001. National Survey of Fishing, Hunting, and Wildlife-Associated Recreation. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service and U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau.
- Vanderhorst, J.R. 1967. The response of selected forage organisms to predation by the largemouth bass (*Micropterus salmoides*). M.A. Thesis, Southern Illinois University, Carbondale, Illinois 27 str.
- Vutskits, G. 1910. Az amerikai pisztrángsügér előfordulása a Balatonban. [Occurrence of the largemouth bass in Lake Balaton] Természettudományi Közlöny 98-99 pótfüzet..
- Warden, R.L. Jr. 1973. Movements of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in impounded waters as determined by underwater telemetry. M.S. Thesis, Mississippi State University, 46 str.
- Warden, R.L. Jr., Lorio, W.J. 1975. Movements of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in impounded waters as determined by underwater telemetry. Trans. Am. Fish. Soc. 104(4), 696-702.

Welcomme, R.L. 1992. A history of international introductions of inland aquatic species. ICES, J. Mar. Sci. 194, 3-14.

Williams, J.D., Boschung H.T. 1983. The Audubon society field guide to North American fishes, whales, and dolphins. Knopf, A.A., New York.

Wu, R.Q., Xiao, X.Z., Feng, Q.X. 2006. Analysis of preponderant freshwater fishery and its competitiveness in Guangdong. Guangdong Feed 15(2), 11-14.

Yokogawa, K. 1998. Morphological and genetic structures of largemouth bass *Micropterus salmoides* in Japanese fresh waters. Suisanzoshoku 46, 321-332.

Izvori sa Interneta:

www.fishbase.de

www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank

www.sportskiobjekti.hr/default.aspx?id=305

www.zagreb.info/aktualno/zg/kupite-dnevne-godisnje-ribolovne-dozvole-rsc-jarun-upecajte-jednu-29-vrsta-riba/179519

8. PRILOZI

Tablica X. Geopozicionirani lokaliteti u RH na kojima je zabilježen pastrvski grgeč

| LOKALITET | X | Y | MJESTO | SLIV | PERIOD | IZVOR PODATAKA |
|--|--------|---------|-------------------|-------|-------------|----------------------|
| ribnjaci Poljana Pakračka | 535572 | 5043046 | Marino Selo | Sava | prije 1950. | Fijan 1950 |
| ribnjaci Belje | 678659 | 5056117 | Bilje | Dunav | prije 1950. | Fijan 1950 |
| Dunavac | 676144 | 5083173 | Topolje | Dunav | prije 1950. | Hasenay 1933 |
| ribnjaci Božjakovina | 484756 | 5077507 | Božjakovina | Sava | prije 1950. | Anonymous 1907 |
| koprivnička Šoderica | 532097 | 5122159 | Botovo | Drava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| rijeka Drava | 629647 | 5072031 | Donji Miholjac | Drava | nakon 2000. | Jelić 2012 |
| jezero Podpanj | 627514 | 5070399 | Donji Miholjac | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Autoput II | 534313 | 5120475 | Drnje | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| Jezero Dezinfekcija | 531618 | 5124101 | Đelekovec | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Betonara | 529472 | 5122895 | Đelekovec | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| Stara Drava | 554248 | 5104390 | Ferdinadovac | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| Stara Drava | 556540 | 5102532 | Ferdinadovac | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| potok Trnava | 514881 | 5140675 | Goričan | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| ušće potoka Trnave u Muru | 516556 | 5139397 | Goričan | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| šljunčara Hrašćan | 487410 | 5136362 | Gornji Hrašćan | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Gabajeva greda | 540124 | 5112538 | Hlebine | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| rijeka Drava | 504114 | 5130955 | Hrženica | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezera Labudnjak i Livada | 469249 | 5121335 | Ivanec | Drava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| retencija Ivanec | 471721 | 5120491 | Ivanec | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| šljunčara Prelogi | 497767 | 5133678 | Ivanovac | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Batinska | 553041 | 5099173 | Kalinovac | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| rukavac Drave | 564641 | 5091139 | Križnica | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Poleve | 492361 | 5133061 | Kuršanec | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| šljunčara Gornji | 488960 | 5132893 | Kuršanec | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| rijeka Drava | 528866 | 5129022 | Legrad | Drava | nakon 2000. | Sallai i Kontos 2008 |
| sportski ribnjak Ludbreg | 507901 | 5122367 | Ludbreg | Drava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| šljunčara Miklavac | 500791 | 5149612 | Miklavac | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| Čingi lingi | 542796 | 5110522 | Molve | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Sekuline | 545279 | 5108866 | Molve Grede | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| Mali Balaton | 494425 | 5154596 | Mursko Središće | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| rijeka Drava, rukavac Čambina | 552094 | 5109311 | Novo Virje | Drava | nakon 2000. | Sallai i Kontos 2008 |
| rukavac Čambina | 552324 | 5108850 | Novo Virje | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Pjeskara | 559932 | 5094748 | Podravske Sesvete | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Ciglana | 479552 | 5071602 | Puhovec | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| Jezero Rasinja | 515696 | 5115366 | Rasinja | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| Jezero Repaš | 544738 | 5110001 | Repaš | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| dovodni kanal akumulacijskog jezera HE Varaždine | 482121 | 5134308 | Sračinec | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| biološki minimum HE Varaždin | 498289 | 5129352 | Šemovec | Drava | nakon 2000. | ribolovci |

| | | | | | | |
|----------------------|--------|---------|---------------|----------------|-------------|-----------------------|
| | | | | | | |
| retencija Šenkovec | 493155 | 5141927 | Šenkovec | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Toto more | 495605 | 5132648 | Totovec | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Trakošćan | 456496 | 5124811 | Trakošćan | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| Stara graba | 507233 | 5142407 | Turčišće | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| akumulacija Borovik | 632262 | 5028113 | | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| Bajer Jug II | 673679 | 5047027 | Osijek | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Stara Drava | 654632 | 5065724 | Bolman | Drava | nakon 2000. | ribolovci |
| Kopački rit | 679626 | 5055642 | Lug | Dunav | nakon 2000. | Kraljević 2002 |
| Dunav | 709767 | 5017358 | Opatovac | Dunav | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| Dunav | 700910 | 5024953 | Vukovar | Dunav | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Lokve | 360239 | 5026093 | Homer | Jadranski sliv | nakon 2000. | ribolovci |
| Mala Neretva | 585153 | 4763718 | Opuzen | Jadranski sliv | nakon 2000. | Tutman i sur. 2017 |
| Bačinska jezera | 575848 | 4771746 | Ploče | Jadranski sliv | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| šljunčara Topolje | 657033 | 4994853 | Kruševica | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| akumulacija Petnja | 614201 | 5008124 | Bartolovci | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| Bedekovčina | 461652 | 5100081 | Bedekovčina | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| rukavac Crkveni Bok | 516636 | 5023001 | Crkveni Bok | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| rijeka Odra | 474810 | 5059447 | Čička Poljana | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| mrtvaja u naselju | 509096 | 5031262 | Čigoč | Sava | nakon 2000. | Mrakovčić i sur. 2002 |
| jezera Trebež | 442384 | 5076522 | Domaslovec | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| šljunčara Lomnica | 463270 | 5064392 | Donja Lomnica | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Dubrava | 438367 | 5058516 | Donji Desinec | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| ribnjaci Draganići | 431699 | 5047055 | Draganić | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| Plavo jezero | 428262 | 5046047 | Draganić | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| Đakovači bajeri | 648719 | 5020285 | Đakovo | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| jezera Bajeri | 468749 | 5022479 | Glina | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| Vojno jezero | 432371 | 5060110 | Jastrebarsko | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| 3. C&R jezero | 432412 | 5057762 | Jastrebarsko | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| šljunčare u Ježdovcu | 450551 | 5071340 | Ježdovec | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| jezero Ježevo | 470084 | 5062524 | Ježevo | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Šumbar | 431568 | 5044297 | Karlovac | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| Trepetovi bajeri | 425742 | 5044205 | Karlovac | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezera Orlovac | 426881 | 5043317 | Karlovac | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| Ilovački bajeri | 426979 | 5044004 | Karlovac | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| rijeka Korana | 426581 | 5038775 | Karlovac | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Novi Centar | 425043 | 5039016 | Karlovac | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Bebrinici | 629435 | 4996332 | Klakar | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| Lijeskove vode | 624723 | 5012545 | Korduševci | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Vrbice | 451388 | 5070073 | Lučko | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| šljunčara Čiče | 468859 | 5063377 | Novo Čiče | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |

| | | | | | | |
|----------------------------------|--------|---------|----------------------|-------|---------------|------------------|
| potok Lomnica | 457062 | 5064388 | Odranski Obrež | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| jezero Luže | 459016 | 5063307 | Odranski Obrež | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| jezero Orešje | 446901 | 5075606 | Orešje | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| jezero Zvirišće | 486550 | 5034772 | Petrinja | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| jezera Vrbovec | 492276 | 5074777 | Poljanski lug | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| šljunčare Savršćak | 441930 | 5077962 | Samobroski Otok | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| jezero Severin | 537511 | 5077645 | Severin | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| Hesova graba | 495343 | 5034949 | Sisak | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| Ciglarske bare | 622114 | 5004578 | Slavonski Brod | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| rijeka Sava | 476446 | 5067638 | Sop Bukevski | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| rijeka Kupa | 475664 | 5038354 | Stari brod | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| rijeka Odra | 478216 | 5057407 | Veleševac | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| šljunčara Vukovina | 468975 | 5061306 | Vukovina | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| rijeka Sava | 475877 | 5067651 | Zabaltje Posavsko | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Bundeck | 459882 | 5071854 | Zagreb | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| jezero Jarun | 455382 | 5070902 | Zagreb | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| jezero Ciglana | 455847 | 5075485 | Zagreb | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| jezera Savica | 463196 | 5070800 | Zagreb | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| rijeka Sava | 464193 | 5069308 | Zagreb | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| rijeka Sava | 462345 | 5070934 | Zagreb | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| šljunčare Rakitije | 448032 | 5072806 | Zagreb | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| jezero Duga | 452907 | 5070059 | Zagreb | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| jezero Zajarki | 445869 | 5078496 | Zaprešić | Sava | nakon 2000. | vlastiti podatak |
| Krapinski rukavac | 447546 | 5080336 | Zaprešić | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| jezero Jošava | 652093 | 5022548 | Đakovo | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| ribnjaci Trenkovo | 589416 | 5029693 | Trenkovo | Sava | nakon 2000. | ribolovci |
| šljunčara Ozalj | 422768 | 5050762 | Zorkovac na Kupu | Sava | 1950.-2000. | Puškadija 1996a |
| Trepetovi bajeri | 425742 | 5044205 | Karlovac | Sava | 1950.- 2000. | Puškadija 1996a |
| jezera Orlovac | 426881 | 5043317 | Karlovac | Sava | 1950.- 2000. | Puškadija 1996b |
| jezero Vrbiće | 451388 | 5070073 | Lučko | Sava | 1950.- 2000. | ribolovci |
| jezero Jarun | 455382 | 5070902 | Zagreb | Sava | 1950.- 2000. | Puškadija 1996a |
| rijeka Drava | 528866 | 5129022 | Legrad | Drava | 1950. - 2000. | Majer 1998 |
| akumulacija HE Varaždin | 493360 | 5130628 | Trnovec | Drava | 1950. - 2000. | Mrakovčić 1992 |
| ušće rijeke Drave u rijeku Dunav | 689054 | 5047931 | Aljmaš | Dunav | 1950. - 2000. | Tóth i Biro 1982 |
| ribnjaci Končanica | 549491 | 5057429 | Daruvarski Brestovac | Sava | 1950. - 2000. | Bojčić 1987 |
| ribnjaci Draganići | 431699 | 5047055 | Draganić | Sava | 1950. - 2000. | Bojčić 1987 |
| ribnjaci Poljana Pakračka | 535572 | 5043046 | Marino Selo | Sava | 1950. - 2000. | Bojčić 1987 |

9. ŽIVOTOPIS

Osobni podaci

Ime i prezime: Roman Karlović

e-mail adresa: romsha_244@hotmail.com

Obrazovanje:

2011.-2014. PREDDIPLOMSKI STUDIJ – Preddiplomski studij biologije, Prirodoslovno-matematički fakultet, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb. Naziv teze: "Ihtiofauna rijeke Drave na području pod utjecajem hidroelektrana"

2006.-2010. SREDNJA ŠKOLA – Prirodoslovna gimnazija Vladimira Preloga, Ul. grada Vukovara 269B, 10000, Zagreb

1998-2006 OSNOVNA ŠKOLA – OŠ Medvedgrad, OŠ Stupnik, OŠ Lučko

Radno iskustvo

2017. – rad preko Student Servisa na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Horvatovac 102a, 10000 Zagreb

Profesionalna aktivnost i stručno vodstvo

2018. – Sudjelovao na projektu Očuvanje prirodne baštine Nacionalnog parka Plitvička jezera. Program istraživanja, obnove i zaštite autohtone potočne pastrve.

2018. – Sudjelovao na projektu Provođenje programa praćenja stanja u slatkovodnom ribarstvu u 2018. godini (grupa E– ribolovno područje Jadran)

2018. – Sudjelovao na projektu Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2017. godine

2018. – Sudjelovao na projektu Biološka ispitivanja nadzemnih voda na HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava u 2018. godini

2017. – Sudjelovao na projektu Biološka ispitivanja nadzemnih voda na HE Varaždin, HE Čakovec i HE Dubrava u 2017. godini

2017. – Sudjelovao na projektu Istraživanja i optimizacija ihtiocenoze u svrhu smanjenja trofije akumulacije Butoniga tijekom 2017. godine

2017. – Sudjelovao na projektu Usluga izrade stručne podloge – svijetlica i kapelska svijetlica u sklopu projekta „Izrada prijedloga Planova upravljanja strogo zaštićenim vrstama (s akcijskim planovima)“.

2014 – voditelj Sekcije za ribe unutar Udruge BIUS

2014. – sudjelovao u istraživačko-edukacijskog projekta "Grabovača 2014"

2012. – sudjelovao na istraživačkom projektu "Dinara 2012"

Stručna djelatnost

Priznanja

2014./2015. – posebna grupna Rektorova nagrada na području prirodnih znanosti (istraživačko-edukacijskog projekta "Grabovača 2014. ")

Članstva u znanstvenim udrugama

Vještine

- rad na računalu (Windows, Office)

- JEZICI – engleski (aktivno), ruski (pasivno), njemački (pasivno)