

Morfološka usporedba populacija roda *Rutilus* (Cyprinidae, Actinopterygii) u Hrvatskoj

Kavčić, Krešimir

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:217:269378>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-03**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno - matematički fakultet
Biološki odsjek

Krešimir Kavčić

Morfološka usporedba populacija roda *Rutilus*
(Cyprinidae, Actinopterygii) u Hrvatskoj

Diplomski rad

Zagreb, 2017.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno - matematički fakultet
Biološki odsjek

Krešimir Kavčić

Morfološka usporedba populacija roda *Rutilus*
(Cyprinidae, Actinopterygii) u Hrvatskoj

Diplomski rad

Zagreb, 2017.

Ovaj rad izrađen je u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Ivane Buj i neposrednim vodstvom dr. sc. Zorana Marčića, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra ekologije i zaštite prirode.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

MORFOLOŠKA USPOREDBA POPULACIJA RODA *RUTILUS* (CYPRINIDAE, ACTINOPTERYGII) U HRVATSKOJ

Krešimir Kavčić

Rooseveltove trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Raznolikost hrvatske ihtiofaune, s obzirom na bogatstvo vrsta i endema, svrstava Hrvatsku među ihtiološki najraznolikije zemlje Europe. Bogatstvo vrsta je posljedica geološke prošlosti, izoliranosti rijeka jadranskog slijeva i zemljopisnoga položaja koji obuhvaća dva riječna sustava: jadranski i crnomorski.

Ukupno je obrađeno 7 populacija roda *Rutilus*; tri populacije *R. aula*, dvije populacije *R. basak*, jedna populacija *R. rutilus* te jedna populacija *R. virgo*. Cilj diplomskog rada je prvi puta u Hrvatskoj utvrditi osnovne morfološke značajke navedenih vrsta roda *Rutilus*, opisati njihovu interspecijsku, interpopulacijsku te intrapopulacijsku morfološku raznolikost te utvrditi dijagnostičku vrijednost pojedinih morfoloških značajki. Na 96 jedinki određene su morfometrijske i merističke značajke. Nakon standardizacije, populacije su uspoređene po svojim morfometrijskim značajkama pomoću Analize varijance (ANOVA) i Analize glavnih komponenata (PCA). PCA standardiziranih morfometrijskih mjera jasno je grupirala populacije, dok je PCA morfometrijskih omjera rezultirala preklapanjem svih populacija. Zanimljivo je da su geografski udaljenije populacije vrste *R. aula* pokazale više sličnosti nego one geografski blizu. Populacija *R. virgo* pokazala je najveću morfološku i merističku varijabilnost. Rezultati morfometrijskih i merističkih analiza ukazali su na inter- i intrapopulacijsku varijabilnost. Konačno, rezultati ovog istraživanja predstavljaju značajan doprinos poznavanju morfologije vrsta roda *Rutilus* u Hrvatskoj te bi se mogli koristiti u budućim istraživanjima ovog roda.

(45 stranica, 14 slika, 2 tablice, 8 priloga, 36 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)
Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: *Rutilus*, morfologija, meristika, jadranski slijev, crnomorski slijev, Hrvatska

Voditelj: doc. dr. sc. Ivana Buj.

Neposredni voditelj: dr. sc. Zoran Marčić

Ocjenitelji: 1. doc. dr. sc. Ivana Buj.
2. doc. dr. sc. Sofia Ana Blažević
3. doc. dr. sc. Marija Gligora Udovič

Rad prihvaćen: 05. 10. 2017.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

MORPHOLOGICAL COMPARISON OF POPULATION OF GENUS *RUTILUS* (CYPRINIDAE, ACTINOPTERYGII) IN CROATIA

Krešimir Kavčić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The diversity of Croatian ichthyofauna, considering the richness of species and endemic species, places Croatia among one of the ichthyologically most populous countries of Europe. Species richness is a result of the geological past, isolation of Adriatic rivers basin and geographical position, which includes two river drainage basins: The Adriatic and the Black Sea basin.

Seven populations of genus *Rutilus* were processed: three *R. aula* populations, two *R. basak* populations, one *R. rutilus* population and one *R. virgo* population. The objectives of this research were to determine for the first time in Croatia the basic morphological characteristics of the mentioned *Rutilus* species and to describe the diversity between the same and different populations among species. Morphometric and meristic features were determined on 96 samples. After standardization, morphometric features were compared using analysis of variance (ANOVA) and principal component analysis (PCA). PCA of standardized morphometric characters clearly showed population grouping while PCA of non – standardized morphometric characters resulted in population overlapping. Interestingly, geographically distant populations of the *R. aula* species showed more similarities than those geographically close. *R. virgo* population showed the widest morphometric and meristic variability. The results of the morphometric analysis have shown interpopulational and intrapopulational variability. Finally, the results of this research represent a significant contribution to the knowledge of the morphology of the genus *Rutilus* in Croatia and may be useful for future research.

(45 pages, 14 figures, 2 tables, 8 attachments, 36 references, original in: Croatian)
Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: *Rutilus*, morphology, Adriatic Sea basin, Black Sea basin, Croatia

Supervisor: doc. dr. sc. Ivana Buj.
Assistant supervisor: dr. sc. Zoran Marčić

Reviewers: 1. doc. dr. sc. Ivana Buj.
2. doc. dr. sc. Sofia Ana Blažević
3. doc. dr. sc. Marija Gligora Udovič

Thesis accepted: 05. 10. 2017.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Općenito o rodu <i>Rutilus</i>	1
1.2. <i>Rutilus rutilus</i>	3
1.3. <i>Rutilus virgo</i>	4
1.4. <i>Rutilus aula</i>	5
1.5. <i>Rutilus basak</i>	6
1.6. Morfometrija i meristika riba	8
1.7. Ciljevi istraživanja	8
2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	9
2.1. Crnomorski i jadranski slijev	9
2.2. Lokacije istraživanih populacija	10
2.2.1. Mura	10
2.2.2. Dobra	10
2.2.3. Raša	11
2.2.4. Boljunčica	11
2.2.5. Vrljika	12
2.2.6. Miljašić Jaruga	12
3. MATERIJALI I METODE	13
3.1. Sakupljanje uzoraka	13
3.2. Konzerviranje i obrada uzoraka	14
3.3. Morfometrija i meristika	15
3.4. Statistička analiza	17
4. REZULTATI	19
4.1. Morfometrija	19
4.2. Meristika	20
4.3. Ždrijelni zubi	22
4.4. Rezultati statističkih analiza	22
4.4.1. ANOVA – standardizirane mjere alometrijskom transformacijom	22
4.4.2. ANOVA – morfometrijski omjeri	23
4.4.3. PCA – morfometrijski omjeri	23
4.4.4. PCA – alometrijska transformacija	24
5. RASPRAVA	26

5.1. Morfometrija.....	26
5.2. Meristika.....	31
6. ZAKLJUČAK.....	33
7. LITERATURA	34
8. ŽIVOTOPIS.....	37
9. PRILOZI	39

1. UVOD

Raznolikost hrvatske ihtiofaune, s obzirom na bogatstvo vrsta i endema, svrstava Hrvatsku među ihtiološki najraznolikije zemlje Europe. Bogatstvo vrsta je posljedica geološke prošlosti, izoliranosti rijeka jadranskog slijeva i zemljopisnoga položaja koji obuhvaća dva riječna sustava: jadranski i crnomorski.

Jadranski slijev, sa pripadajućom površinom od 23800 km², ubraja se među najmanja ihtiofaunska područja ovog dijela Europe. Rijeke toga slijeva znatno se međusobno razlikuju po dužini toka i mjestu poniranja (jezero, more ili kraške rupe), a ako ih usporedimo s rijekama crnomorskog slijeva, uočavamo da su izrazito kratke i izolirane. Procesom specijacije u njima su se razvile endemske riblje vrste i podvrste (Mrakovčić i sur. 1995).

Zahvaljujući zemljopisnom položaju i osebujnim krškim staništima naša je ihtiofauna izrazito raznolika ubrajajući 17 stenoendema od ukupno 150 slatkovodnih vrsta riba.

1.1. Općenito o rodu *Rutilus*

Rutilus je rod slatkovodnih riba iz porodice šarana (Cyprinidae), reda šaranki (Cypriniformes), a rasprostranjen je u Europi, zapadnoj i sjevernoj Aziji (Bianco i sur. 2004).

Šaranke (Cypriniformes) su najraznolikija skupina slatkovodnih riba s otprilike 3500 vrsta. Karakterizira ih tijelo pokriveno ljuskama, glava bez ljusaka, odsutnost masne peraje (Nelson, 2006), nedostatak zubi u čeljustima, pruživa gornja čeljust, ždrijelni zubi koji se naslanjaju na stražnji dio basiokcipitalne kosti umjesto na dijelove ždrijelnog luka te još neke osteološke karakteristike. Naseljavaju sve kontinente osim Južne Amerike i Australije (Billard, 1999; Nelson, 2006). Nadalje, posjeduju povezano unutrašnje uho i plivaći mjehur, odnosno tzv. Weberov aparat, obilježje ostalih pripadnika nadreda Ostariophysii. Postojanje Weberova aparata ovom redu omogućuje izrazitu slušnu osjetljivost i samim time snalaženje u mutnim vodama gdje osjetilo vida nema ulogu.

Cyprinidae su najveća i najbolje istražena porodica riba. U ovoj porodici nalazi se 20% svih slatkovodnih riba svijeta (Berri, 1997). Vrste unutar ove velike porodice riba pronađene su širom svijeta (Europa, Azija, Afrika, Sjeverna Amerika), a naknadno su neke vrste unesene i na područja Madagaskara, Novog Zelanda, Australije i Južne Amerike. Način života, raznolikost staništa te posljedično oblik tijela čine ovu porodicu vrlo raznolikom (Kottelat i Freyhof, 2007).

Osnovne karakteristike porodice su prisutnost ždrijelnih zubi uz veliku raznolikost prehrane, usta bez zubiju i tolerancija na loše životne uvjete kao npr. niske koncentracije otopljenog kisika, visoke temperature, onečišćenje staništa (Billard, 1999).

Rod *Rutilus* uključuje 10 vrsta srednje veličine, koje nastanjuju jezera i nizinske rijeke. Centar raznolikosti ovog roda nalazi se upravo na Balkanskom poluotoku i njegova taksonomija je još nepotpuno razjašnjena. Ekološka raznolikost kreće se od dobro poznatih euritopnih vrsta kao *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) do specijaliziranih neistraženih vrsta kao što je *Rutilus virgo* (Heckel, 1852). S velikom gustoćom naseljenosti u jezerskim i riječnim sustavima ove vrste kao dio složenih hranidbenih lanaca imaju važnu ulogu u strukturi ekosustava. Karakteristika je roda *Rutilus* jedan red ždrijelnih zubi. Također, zubi su u većini slučajeva raspoređeni asimetrično (6-5) (Bolotovskiy i Levin, 2010). Identifikacija vrsta prilično je komplicirana, pogotovo u sustavima gdje sintopijski obitavaju tri vrste ovoga roda (Kottelat i Freyhof, 2007). U Hrvatskoj nailazimo na 4 vrste roda *Rutilus*. U crnomorskom slijevu: *Rutilus virgo*, *Rutilus rutilus* te u jadranskom slijevu: *Rutilus aula* (Bonaparte, 1841) i *Rutilus basak* (Heckel, 1843).

Taksonomija roda *Rutilus*:

Carstvo: Animalia (životinje)

Koljeno: Chordata (svitkovci)

Razred: Actinopterygii (zrakoperke)

Red: Cypriniformes (šaranke)

Porodica: Cyprinidae (šarani)

Rod: *Rutilus* (Rafinesque, 1820)

1.2. *Rutilus rutilus*

Bodorka je rasprostranjena od Pirineja pa sve do Urala, nastanjuje tekućice i jezera (Kottelat i Freyhof, 2007). Može se naći u boćatim, kao i pastrvskim vodama. U Hrvatskoj je uobičajena vrsta te je široko rasprostranjena u vodama crnomorskog slijeva. Na Crvenom je popisu IUCN-a u kategoriji najmanje zabrinjavajuće vrste (LC) (Mrakovčić i sur. 2006).

Opis i biologija vrste

Bodorka je vrlo prilagodljiva pa opstaje u svim rječicama, potocima, bistrim tekućicama, mrtvajama ali i u velikim rijekama i jezerima (Slika 1). U većini slučajeva, ne prelazi dužinu od 30 cm i težinu od 600 g. Živi u gustim jatima, u kojima se kreće brzo s jedinkama raznih uzrasta. Ljubitelj je mirnih i sporo tekućih voda s puno podvodne i priobalne vegetacije. Hrani se biljnom i životinjskom hranom. Glavna hrana bodorke su vodeno bilje i ličinke raznih kukaca. Mrijesti se od travnja do lipnja kada temperatura vode prelazi 12 °C. U vrijeme mrijesta po glavi i prednjem dijelu tijela pojavljuju se mrijesne kvržice (Kottelat i Freyhof, 2007).

Osnovne merističke značajke: poderepna peraja: 9 - 11 segmentiranih šipčica, leđna peraja: 9 – 11 segmentiranih šipčica, ljuske (bočna pruga): 38 – 48, gubica: trokutasta/šiljasta, usta: završna (Kottelat i Freyhof, 2007).



Slika 1. Bodorka, *Rutilus rutilus* (foto: P. Mustafić)

1.3. *Rutilus virgo*

Plotica je autohtona vrsta Hrvatske, endem dunavskog porječja (Slika 2). Po IUCN statusu u Hrvatskoj pripada u gotovo ugrožene vrste (NT). Međunarodno je zaštićena Bernskom konvencijom i Europskom direktivom o zaštiti staništa. Pretpostavlja se da je plotica, vrsta osjetljiva na onečišćenje, regulaciju vodotoka te promjenu brzine strujanja vode što bi moglo predstavljati faktore njene ugroženosti. Živi u gornjem i srednjem toku Dunava od Bavarske do Mađarske te pritocima Tise u Rumunjskoj. U Hrvatskoj je uobičajena vrsta i nastanjuje rijeke Dunavskog slijeva (Mrakovčić i sur. 2006).

Opis i biologija vrste

Ploticu karakteriziraju poludonja usta te spljoštenije i niže tijelo od bodorke. Usne su razmjerno debele. Leđna strana je tamnozeleno, a trbušna obojena svjetlo plavozeleno. Podrepne i trbušne peraje su narančasto crvene, a prsne žuto bijele. Plotica je svežder koji se hrani faunom dna i hranom biljnoga podrijetla. Spolno sazrijeva u trećoj godini kada je duga oko 40 cm i teška oko 1 kg. Za vrijeme razmnožavanja po glavi i leđima mužjaka razvijaju se mriješne kvržice. U travnju i svibnju jединke u manjim jatima odlaze u mirnije vode obrasle vegetacijom gdje ženke odlažu 35 000 – 60 000 jajašaca koja lijepe na vodeno raslinje (Mrakovčić i sur. 2006).

Osnovne merističke značajke: podrepna peraja: 11-12½ segmentiranih šipčica, leđna peraja: 9½ segmentiranih šipčica, ljuste (bočna pruga): 44 - 46, gubica: trokutasta/šiljasta, usta: poludonja (Kottelat i Freyhof, 2007).



Slika 2. Plotica, *Rutilus virgo* (foto: J. Gregori)

1.4. *Rutilus aula*

Masnica je autohtona vrsta te po IUCN statusu u Hrvatskoj gotovo ugrožena (NT). Na Crvenom je popisu IUCN-a u kategoriji najmanje zabrinjavajuće vrste (LC). Točkasto je rasprostranjena i nemamo točne podatke o područjima koja nastanjuje. Jako je osjetljiva na fragmentacije, uništavanje staništa i onečišćenje vode. Unos invazivnih vrsta također je jedan od problema njene ugroženosti. Nastanjuje sjevernu, srednju i južnu Italiju, južni dio Švicarske i jadranski slijev Slovenije i Hrvatske (Mrakovčić i sur. 2006).

Opis i biologija vrste

Masnica je manja riba koja rijetko naraste preko 20 cm, plavkasto sive do srebrnaste boje, s uočljivom tamno plavom ili tamno smeđom prugom koja se proteže iznad bočne pruge od očiju do repnog drška (Slika 3). Peraje su sivkasto obojene. Kao i kod ostalih vrsta roda *Rutilus*, masnica se hrani detritusom, algama, planktonskim organizmima i manjim vodenim beskralježnjacima. Spolu zrelost dostiže u drugoj ili trećoj godini života. Mrijesti se u proljeće pri temperaturi vode 12,5-17 °C u plićacima obraslim vodenim biljem. U vrijeme mrijesta po glavi i prednjem dijelu tijela pojavljuju se mrijesne kvržice. Ženke odlažu ljepljiva jaja na podvodnu vegetaciju i šljunkovito dno. Masnica nastanjuje mirnije vode poput jezera i bara, ali često dolazi i u rijekama i drugim sporo-tekućim vodama obraslim vegetacijom. Najčešće se zadržava u jatima, a katkada je veoma brojna, osobito u jezerima. Zimi se obično skuplja u jata. Potrebna su opsežnija istraživanja kako bi se mogli donijeti zaključci i smjernice za buduće upravljanje. Pretpostavlja se da je ugroženost prirodnih staništa i unos invazivnih vrsta najveća prijetnja (Mrakovčić i sur. 2006).

Osnovne merističke značajke: poderepna peraja: 9½ segmentiranih šipčica, leđna peraja: 9½ segmentiranih šipčica, ljuske (bočna pruga): 36 - 42 (obično 38 – 39), gubica: trokutasta/šiljasta, usta: poludonja (Kottelat i Freyhof, 2007).



Slika 3. Masnica, *Rutilus aula* (foto: P. Mustafić)

1.5. *Rutilus basak*

Basak je endem jadranskog slijeva (Slika 4). Po IUCN statusu ubraja se u gotovo ugrožene vrste (NT). Kao endemična vrsta ograničene rasprostranjenosti, basak je vrlo osjetljiv na fragmentacije i smanjenje staništa, nekontrolirano crpljenje slatke vode i njezino onečišćenje. U Hrvatskoj nastanjuje jezera kraj Imotskog (Crveno i Modro jezero), Baćinska jezera te rijeke Maticu i Neretvu. Njegovo stanište ograničeno je na Hrvatsku i Bosnu i Hercegovinu (Mrakovčić i sur. 2006).

Opis i biologija vrste

Basak nije velika riba, dužinom doseže najviše do 22 cm te težine do 180 g (Slika 4). Hrani se biljnim organizmima, detritusom, planktonom i faunom dna. Spolnu zrelost dostiže u drugoj ili trećoj godini života. Mrijesti se u proljeće, pri temperaturi vode 12,5 -17 °C u plićacima obraslim vodenim biljem. U vrijeme mrijesta po glavi i prednjem dijelu tijela

pojavljaju se mrijesne kvržice. Ženka odlaže ljepljiva jaja na vegetaciju ili šljunkovito dno. Jaja se na površini inkrustiraju česticama mulja. Živi u mirnim i sporo tekućim vodama obraslima vegetacijom. Mjestimično je vrlo brojan, osobito u jezerima. Tijekom zime se skuplja u jata. Pretpostavlja se da je osjetljiv na onečišćenje i ugroženost prirodnih staništa (Mrakovčić i sur. 2006).

Osnovne merističke značajke: poderepna peraja: 8-9½ (obično 9½) segmentiranih šipčica, leđna peraja: 9½ segmentiranih šipčica, ljuske (bočna pruga): 35-41 + (2-3), gubica: trokutasta/šiljasta, usta: poludonja (Kottelat i Freyhof, 2007).



Slika 4. Basak, *Rutilus Basak* (foto: P. Mustafić)

1.6. Morfometrija i meristika riba

U prvim istraživanjima riba, merističke značajke odnosile su se na tjelesne segmente kao što je broj kralježaka i perajnih šipčica. Danas u merističkim istraživanjima koristimo skoro sve brojive strukture, uključujući broj ljusaka, škržne lukove, ždrijelne zube itd. Ove značajke su vrlo korisne jer su jasno definirane i prepoznatljive te samim time široko primjenjive. U većini slučajeva neovisne su o veličini tijela. Nadalje, statistički su lako obradive, pa se usporedba između populacija ili vrsta može napraviti uz minimalan računalni napor (Helfman i sur. 2009).

Morfometrijske značajke se odnose na mjerive strukture kao što su npr. dužina peraja, dužina glave, promjer oka ili odnosi između tih mjera. Neke morfometrijske značajke je teže točno definirati. Kako se radi o kontinuiranim varijablama, mjerenja su različite preciznosti te samim time s većom mogućnošću pogreške. Potrebno je naglasiti problem alometrijskog rasta, gdje dolazi do promjene dužine dijelova tijela s promjenom stope rasta pa su ove analize daleko kompliciranije od analiza merističkih značajka (Helfman i sur. 2009). U takvim slučajevima kako bi analizu oblika oslobodili efekta veličine tijela koristimo odnose ili transformacije varijabli. U ihtiološkim istraživanjima takvi podaci mogu nam dati uvid u taksonomske osobine te su često povezani s evolucijskim prilagodbama i kondicijskim stanjem riba.

1.7. Ciljevi istraživanja

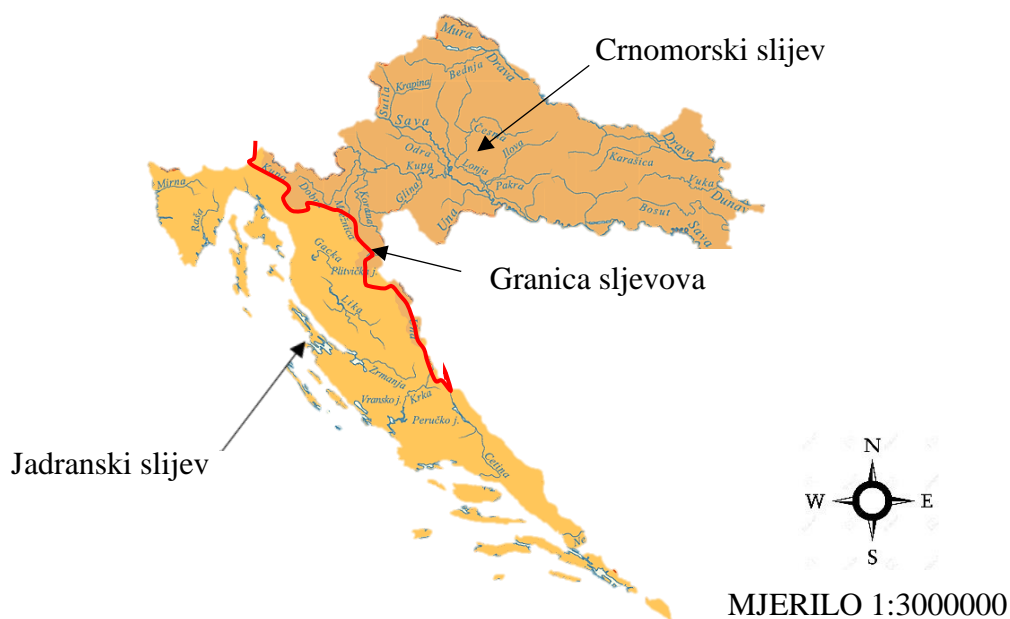
Cilj diplomskog rada je prvi puta u Hrvatskoj utvrditi osnovne morfološke značajke navedenih vrsta roda *Rutilus*, opisati njihovu interspecijsku, interpopulacijsku te intrapopulacijsku morfološku raznolikost, te utvrditi dijagnostičku vrijednost pojedinih morfoloških značajki. Nadalje, na temelju dobivenih rezultata pokušati će se objasniti utjecaj ekoloških faktora pojedinih lokaliteta na morfološke značajke navedenih populacija te utvrditi važnosti istih na evolucijski razvoj roda *Rutilus* u Hrvatskoj.

2. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

2.1. Crnomorski i jadranski slijev

Crnomorski slijev Hrvatske (Slika 5), koji zauzima površinu od 35 132 km² (62% površine kopnenih voda), nastanjuje 81 vrsta riba (62 vrste naseljavaju samo taj slijev, a 19 vrsta oba slijeva). Autohtono je 68 vrsta, a ostalih 13 su alohtone vrste, unesene u prošlom stoljeću.

U jadranskom slijevu ukupne površine 21 405 km² (38% površine kopnenih voda), živi 88 vrsta riba (69 vrsta naseljava samo taj slijev, a 19 oba slijeva). U vodotoke jadranskog slijeva uneseno je 14 alohtonih vrsta i niz vrsta koje primarno naseljavaju dunavski slijev (Mrakovčić i sur. 2006; Čaleta i sur. 2015).



Slika 5. Granica sljevova u Hrvatskoj, izvor: www.hrvatska.eu

Mediteranski dio Hrvatske jedno je od najvažnijih središta raznolikosti ihtiofaune u Europi. Vodotoke toga područja naseljava veliki broj endemskih vrsta i podvrsta, a na osnovi postojećega znanja valja očekivati i otkrivanje novih. U ovo istraživanje uključene su populacije iz oba slijeva. Obradeno je 7 populacija roda *Rutilus*; tri populacije *R. aula* (Jaruga, Raša, Boljunčica), dvije populacije *R. basak* (Vrlička) te po jedna populacija vrste *R. rutilus* (Mura) i *R. virgo* (Dobra).

2.2. Lokacije istraživanih populacija

2.2.1. Mura

Mura je rijeka nivalnog režima s najvišim vodostajem u ljetnim mjesecima. Tipična je nizinska rijeka koja plavi okolna područja tokom ljeta. Poplavna područja čine jedinstveni prirodni prostor bitno različit od ostalih dijelova krajolika gdje se izmjenjuje mozaik različitih staništa: od većih i manjih stajaćica (lokva, jama, jezerca, bara, mlaka), meandara, rukavaca i tekućica, do livada, grmlja, oranica i šumaraka. Najveći je pritok rijeke Drave i to lijevi. Prije ušća u Dravu, u nju se ulijeva međimurska rijeka Trnava.

Tako bogata raznolikost staništa omogućava naseljavanje brojnih biljnih i životinjskih vrsta na relativno malom prostoru. Posebno su zanimljive vodene vrste, zbog prorijeđenosti i istrijebljenosti u ostalim dijelovima Europe. Mura je bogata raznolikošću riba koje osim biološke raznolikosti predstavljaju i gospodarsku važnost. Analizom dostupnih rezultata monitoringa o ulovu riba u rijeci Muri evidentirano je 38 vrsta riba.

Po zastupljenosti prisutna je većina porodica slatkovodnih riba: šaranke (Cyprinidae), štuke (Esocidae), pastrve (Salmonidae), somovi (Siluridae), grgečke (Percidae), glavoči (Gobiidae), vijuni (Cobitidae), mekušice (Gadide) i sunčanice (Centrarchidae). U močvarnim dijelovima s muljevitim dnom i bujnom vegetacijom te visokim stupnjem eutrofikacije, koji nastaju plavljenjem rijeke Mure, još uvijek obitava glacijalni relik, strogo zaštićena riba *Umbra krameri* (Walbaum, 1792) jedina autohtona vrsta u Europi od ukupno pet vrsta iz porodice crnki (Umbridae). Plavljenja Mure u ljetnim mjesecima su veoma česta, što omogućuje raznolikost ekosustava (M. Purić-Hranjec, 2014).

2.2.2. Dobra

Rijeka Dobra je specifična i jedinstvena rijeka ponornica u Hrvatskoj. Izvire u selu Gornja Dobra kraj stare ceste Zagreb - Rijeka. Duljine je 107,9 km i porječja površine 900 km². Dobra se sastoji od tri različita dijela toka. Od izvora do Đulinog ponora u Ogulinu ima naziv Gornja Dobra ili Ogulinska Dobra, te duljinu od 51,2 kilometra. Nakon poniranja prolazi podzemljem kroz špiljski sustav Đula - Medvednica (najveći špiljski sustav u Hrvatskoj, dugačak preko 16 kilometara), te ponovno izvire kraj sela Gojak, po kojem se nekad naziva i Gojačka Dobra, te se koristi za hidroelektranu (HE) Gojak. Poslije HE Gojak naziva se uglavnom Donja Dobra te nakon 52,1 kilometra toka utiče u Kupu uzvodno od Karlovca.

Rijeka Dobra bogata je ihtiofaunom. U Gornjoj i Donjoj Dobri nailazimo na bogatstvo ribljih vrsta: potočna pastrva (*Salmo trutta*, Linnaeus, 1758.), kalifornijska pastrva (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792), lipljen (*Thymallus thymallus*, Linnaeus 1758), klen (*Squalius cephalus*, Linnaeus 1758), mrena (*Barbus barbus*, Linnaeus 1758), uklija (*Alburnus alburnus*, Linnaeus 1758) šaran (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758), i linjak (*Tinca tinca*, Linnaeus, 1758) u Gornjoj Dobri, a Donja Dobra je jedna od rijetkih hrvatskih rijeka u kojoj se može naći i mladica (*Hucho hucho*, Linnaeus 1758), ali i štika (*Esox lucius*, Linnaeus 1758), klen, plotica (*Rutilus virgo*, Heckel 1852) i mrena. Rijeka Dobra pritoka je rijeke Kupe (Anonimus, 2009).

2.2.3. Raša

Rijeka Raša drugi je po dužini vodotok na istarskom poluotoku. Njezin izvorišni dio smješten je između slijeva ponornica Pazinčice i Boljunčice, dok prema zapadu graniči s krškom vapnenačkom pločom zapadne i jugozapadne Istre. Njezin najsjeverniji izvorski krak je Posterski potok, koji izvire na oko 300 m ispod Paza primajući nizvodno čitav niz povremenih pritoka s fliškog područja. Raški zaljev u nastavku vodotoka morem je potopljeni dio doline Raše. Dug je 12 km, širok i do 1 km, dobro zaštićen pa se koristi kao luka, a plimni val utječe i na pojavu bočate vode u donjem dijelu toka Raše. Danas je cijeli tok Raše kroz usječenu dolinu melioriran, pa se koristi za poljodjelstvo, kao i odvojak doline prema istoimenom gradiću. Istarske vodotoke i rijeku Rašu te njezine pritoke naseljava 36 vrsta riba (Leiner i sur. 1995; Mrakovčić i sur. 2002b).

2.2.4. Boljunčica

Rijeka Boljunčica nalazi se u unutrašnjosti Istre, odnosno u njenom sjeveroistočnom dijelu. Boljunčica je mala rijeka povremena vodotoka duljine oko 20 km čiji se izvori nalaze na visinama od 360-930 m. n. v., dok se najniža točka nalazi na području Čepićkog polja na 24 m. n. v. Ranije je utjecala u Čepičko jezero i otjecala u rijeku Rašu, a sada iz Čepićkog polja prekopanim tunelom utječe u Plomski zaljev (Božićević, 2005).

2.2.5. Vrljika

Vrljika je krška rijeka, ponornica koja izvire u Prološcu i Glavini Donjoj, iz više izvora od kojih su najveći Opačac i Utopišće. Ukupna dužina njenog toka je 70 km i na tom putu čak pet puta mijenja ime. Jedina je rijeka s izvorištima pitke vode između Cetine i Neretve. Zbog izolacije od drugih vodotoka u njoj se razvilo više endemičnih vrsta riba. Cijeli ekosustav rijeke iznimno je važan za bioraznolikost kraja i šire, ali i vrlo osjetljiv na vanjske utjecaje. Nije ju moguće uklopiti u standardnu klasifikaciju jer je po svojim hidrološkim i geološkim značajkama od izvora do ponora jednaka, pa se ne može govoriti o gornjem, srednjem i donjem toku. Rijeka Vrljika cijelim tokom vijuga poljem poput drugih ravničarskih rijeka (Anonimus, 2011).

2.2.6. Miljašić Jaruga

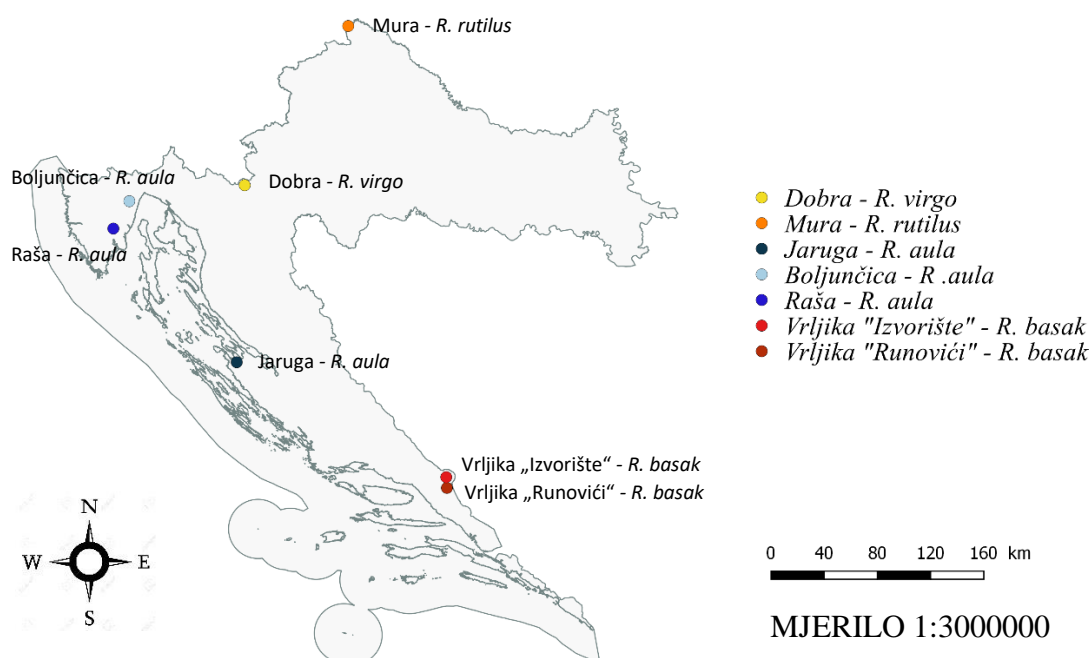
Miljašić Jaruga je rijeka u blizini grada Nina koja se ulijeva u Jadransko more. Duga je 25 kilometara. Porječje Miljašić Jaruge proteže se u smjeru jugoistok-sjeverozapad, od mjesta Zemunik Gornji do grada Nina, a ukupna površina je oko 190 km² (Anonimus, 2011). Flora i fauna ove rijeke nedovoljno je znanstveno istražena te u skladu s navedenim, literaturni podaci izostaju.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Sakupljanje uzoraka

Uzorci korišteni u istraživanju sakupljeni su metodom elektroribolova. Kao aktivna metoda skupljanja uzoraka, elektroribolov se danas široko primjenjuje u ihtiološkim istraživanjima slatkovodnih staništa. Metoda elektroribolova temelji se na provođenju električne struje između dvije metalne elektrode različitog polariteta koje su uronjene u vodu (Miranda i Dolan, 2004). Ova metoda uspješna je u plićim i priobalnim staništima te se kao takva pokazala vrlo efikasnom u ovom slučaju.

Ukupno je obrađeno 7 populacija roda *Rutilus*, tri populacije *R. aula* s ukupno 26 jedinki. Dvije populacije *R. basak* s ukupno 30 jedinki, jedna populacija *R. rutilus* s 20 jedinki te jedna populacija *R. virgo* s 20 jedinki. Na svih 96 jedinki određene su morfometrijske i merističke značajke (Slika 6).



Slika 6. Lokacije uzorkovanja

3.2. Konzerviranje i obrada uzoraka

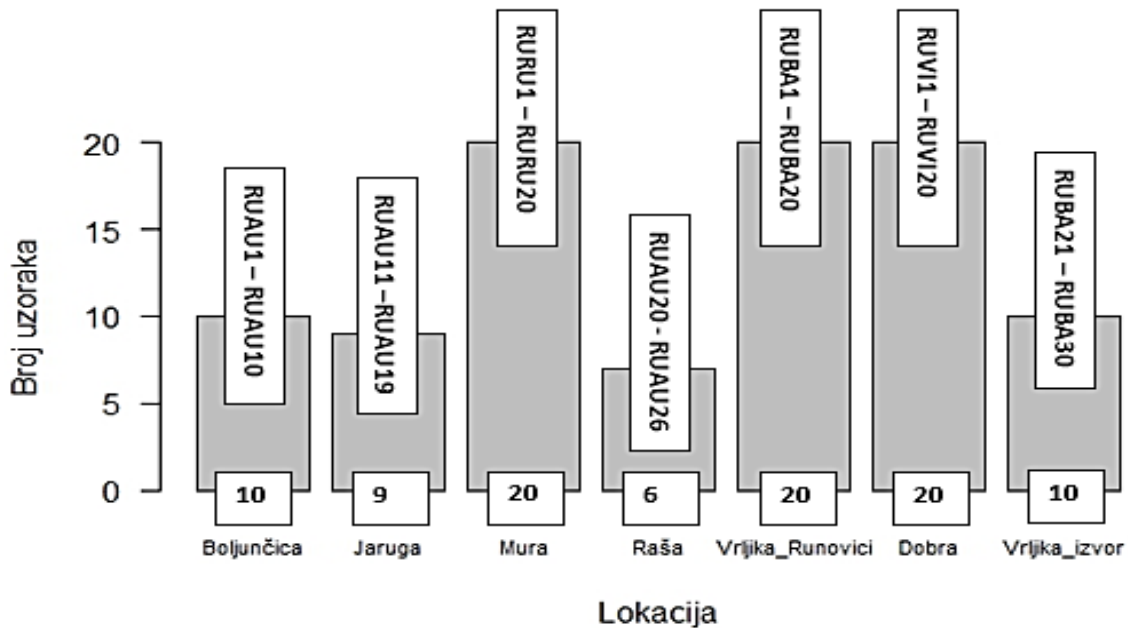
Nakon provedenog elektroribolova, uzorci su prebačeni u 10 %-tnu otopinu formaldehida te nakon dva tjedna u etilni alkohol (70 %), poslije čega su uslijedile daljnje analize. Svaka jedinka je označena plastičnom oznakom radi identifikacije.

Identifikacijski kodovi na oznakama sastojali su se od četiri slova (Slika 7). Prva dva slova označavala su rod, druga dva slova označavala su vrstu, a zadnja znamenka označavala je redni broj jedinke u ukupnom uzorku s pojedinog lokaliteta.



RURU1 – RURU20	>	<i>R. rutilus</i> - Mura
RUVI1 – RUVI20	>	<i>R. virgo</i> – Dobra
RUBA1 – RUBA20	>	<i>R. basak</i> – Vrljika, most Runovići
RUBA21 – RUBA30	>	<i>R. basak</i> – Vrljika, izvorište
RUAU1 – RUAU10	>	<i>R. aula</i> – Boljunčica
RUAU11 – RUAU19	>	<i>R. aula</i> – Jaruga
RUAU20 – RUAU26	>	<i>R. aula</i> – Raša

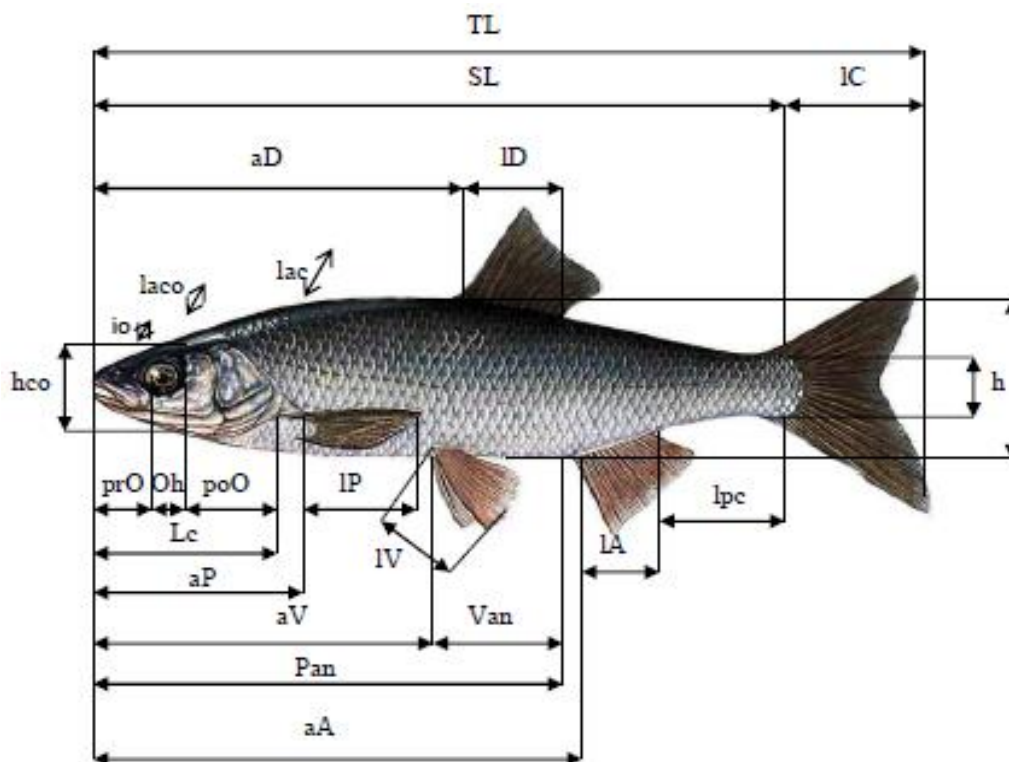
Slika 7. Označavanje jedinki (foto: K. Kavčić)



Graf 1. Vizualni prikaz brojnosti jedinki i korištenih oznaka u istraživanju

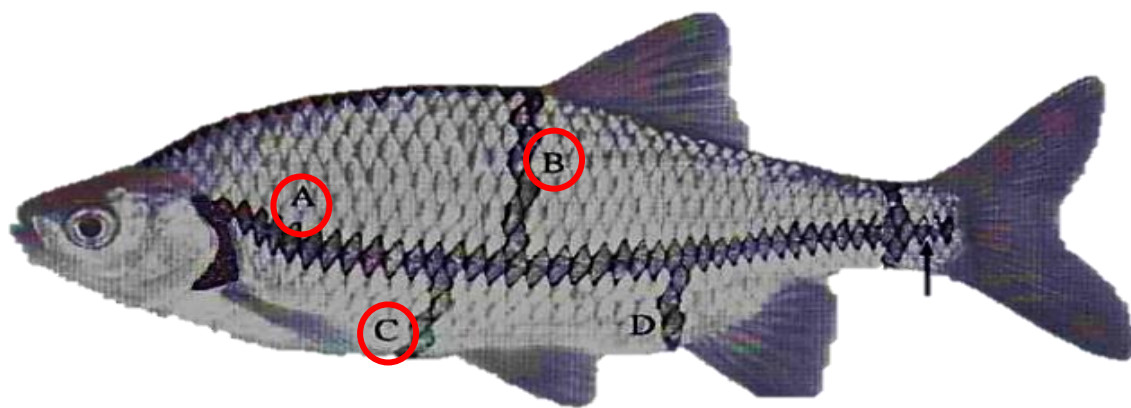
3.3. Morfometrija i meristika

Pomoću digitalne pomične mjerke izmjerene su morfometrijske značajke s preciznošću 0,1 mm. Standardne i ukupne duljine riba većih od 150 mm mjerene su ihtiometrom s preciznošću od 0,3 mm. Koristila se standardna tradicionalna morfometrijska metoda (Kottelat i Freyhof, 2007) te su svakoj ribi uzete 24 mjere (Slika 8) U prilogu (1) nalazi se tablica s opisanim mjerama. Iste mjere poslužile su za dobivanje 30 morfometrijskih odnosa koji su također opisani u prilogu (2).



Slika 8. Vizualni prikaz 24 mjerene značajke, izvor: L. Musić, diplomski rad 2016.

Meristička analiza odrađena je na svih 96 jedinki. Brojane su tvrde i meke šipčice svih peraja, broj ljsaka bočne pruge te broj ljsaka iznad i ispod bočne pruge. Šipčice su brojane po metodi prema Kottelat i Freyhof (2007). U leđnoj i podrepnoj peraji zadnje dvije razgranate šipčice na istoj perajnoj potpori brojane su kao "1½". Merističke osobine imaju vrlo veliki utjecaj u sistematici riba te je nekadašnja sistematika bila uvelike zasnovana na njima (Vuković i Ivanović, 1971). Iste osobine razvijaju se u embrionalnom i ličinačkom stadiju, prebrojive su i generacijski se ponavljaju (Turan, 2004).



Slika 9. Crvenom bojom na slici su označene pozicije brojanja ljusaka; A= bočna pruga, B=iznad bočne pruge, C=ispod bočne pruge, izvor: Kottelat i Freyhof 2007.

Također, iz svake populacije odabrana je jedna jedinka iz koje su izvađeni ždrijelni zubi za kasniju analizu. Većini ribljih vrsta nedostaje aparat u ustima za usitnjavanje hrane, pa hranu progutaju u cijelosti ili u velikim komadima što uzrokuje veliki stres prilikom razgradnje tj. apsorpcije u želucu. Poznato je da se kod reda Cypriniformes ždrijelni zubi nalaze u maksimalno tri reda te sa nikada više od 8 zubi u jednom od redova (Nelson, 2006). Smješteni su na petom škržnom luku, a nalaze se na ventralnoj stjenki ždrijelne šupljine. Njihova uloga je usitnjavanje hrane prije dolaska u želudac te oblik uvelike ovisi o tipu ishrane (Slika 10). Razlika između oblika ždrijelnih zubi ne varira samo između različitih vrsta koje se razlikuju po tipu ishrane, već je dokazano da postoje razlike unutar jedinki iste vrste s drugačijim tipom ishrane (Kottelat i Freyhof, 2007). Kako istraživane vrste zauzimaju slične ekološke niše, tj. imaju sličnu ishranu, za pretpostaviti je da se ždrijelni zubi neće značajno razlikovati te da će odgovarati osnovnom obliku ždrijelnih zubiju roda *Rutilus*.



Slika 10. Višestruka funkcija ždrijelnih zubi omnivorne vrste *R. rutilus* – prednji zubi za žvakanje i usitnjavanje, stražnji za rezanje, struganje i trganje, izvor: A. A. Bolotovskiy i B. A. Levin 2010.

3.4. Statistička analiza

Za statističku analizu korištena su dva programa. Jednostavniji dio, tj. deskriptivna statistika napravljena je u programu Microsoft Office Excel 2010, dok je za analizu varijance (ANOVA) i analizu glavnih komponentata (PCA) korišten statistički program Rstudio, verzija 1.0.136., paketi „agricolae“ (LSD) te „ggfortify“, i „ggplot2“ za PCA i personalizaciju plota.

Kako bi smanjili utjecaj veličine tijela, koja je prvenstveno uvjetovana dostupnošću hrane na nekom staništu, na morfometrijske značajke, umjesto prvotnih, osnovnih morfometrijskih mjera korištena je standardizacija. Kao metode smo koristili morfometrijske omjere i alometrijsku transformaciju. Morfometrijski omjeri su dobri pokazatelji varijabilnosti unutar i između vrsta te se danas u ihtiološkim istraživanjima široko koriste (Baur i Leuenberger, 2011). Poznato je da ekologija vodenih staništa te samim time dostupnost, kvaliteta i količina hrane uz genetske predispozicije ima važan utjecaj na morfometrijske osobine jedinka (Wimberger 1992). Varijacije u obliku tijela povezane su s varijacijama u veličini, tzv. alometrijski rast. Prema tome, kako rezultati ne bi bili krivo protumačeni te kako bi analizu oblika oslobodili navedenog efekta veličine, izmjerene mjere potrebno je pretvoriti u varijable oblika koje su neovisne o veličini tijela, budući da je najveća varijabilnost grupe multivarijabilnih parametara (Leonart i sur. 2000), stoga je korištena formula alometrijske pretvorbe (Elliot i sur. 1995; Turan, 2004),

$$M_{pr} = M(SL_s/SL_0)^b$$

gdje je M_{pr} standardizirana mjera neovisna o veličini, M originalna, izmjerena mjera, SL_s srednja vrijednost standardnih duljina jedinki s pojedinog lokaliteta, SL_0 standardna duljina jedinke i b nagib krivulje linearne regresije od $\log M$ na $\log SL_0$ svih jedinki neke populacije.

Svim standardiziranim varijablama dodano je veliko slovo T, kao oznaka transformacije, npr. TL ->TLT.

Nakon mjerenja podaci su prebačeni u Microsoft Office Excel te su izračunate srednje, maksimalne i minimalne vrijednosti 24 osnovna uzeta parametra kod svake ribe te su iste vrijednosti dobivene za 30 morfometrijskih odnosa.

Najčešća upotreba statističkih metoda u istraživanjima na životinjama je provjera hipoteza o razlici prosjeka dvije ili više grupa. Jedan od ciljeva istraživanja bio je zaključiti da li postoji razlika u obliku tijela ribljih populacija tj. postoji li razlika aritmetičkih srednjih vrijednosti uzorka iz 7 populacija. Zanimalo nas je da li je protumačena varijabilnost (varijabilnost između prosjeka populacija) značajna u odnosu na ne protumačenu varijabilnost (unutar populacija) (Petz i sur. 2012). Odgovor na to pitanje dobili smo analizom varijance (ANOVA). Statistički značajna razlika između populacija utvrdila se *post-hoc* analizom tj. Fisherovim LSD testom. LSD testom utvrdili smo najmanju razliku koja će biti značajna i usporedili razlike svih parova srednjih vrijednosti populacija sa tom vrijednošću.

Analizom glavnih komponenata (PCA) izvršena je usporedba jedinki iz svih populacija na temelju standardiziranih morfoloških značajki s ciljem utvrđivanja sličnosti između različitih populacija. Metoda glavnih komponenata (PCA) tehnika je formiranja novih sintetskih varijabli koje su linearne složenice tj. kombinacije izvornih varijabli (Sharma, 1996). Osnovni ciljevi PCA su redukcija podataka te njihova interpretacija. Ona otkriva povezanost među varijablama i stoga dozvoljava interpretacije do kojih se ne može doći drugim metodama.

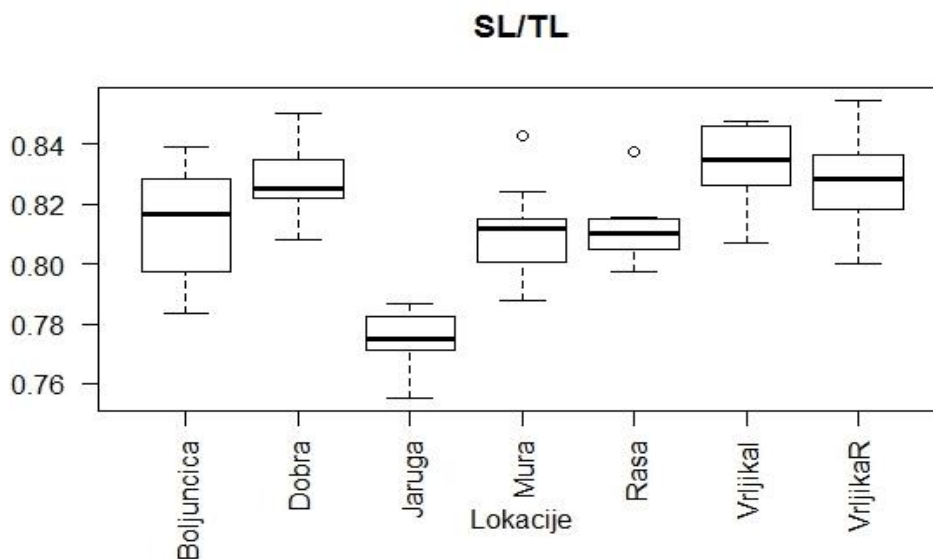
Originalni, vektorski prostor s mnogo varijabli se može projicirati u novi set osi, poznatih kao faktorske osi. U takvom novom faktorskom prostoru svaka točka predstavlja pojedinu jedinku prikazanu na temelju njenih morfometrijskih značajki prema čemu se može zaključiti koje su jedinke međusobno sličnije odnosno različitiije (Quinn i Keough, 2002). Jedinke čije su točke bliže jedna drugoj pokazuju veću sličnost prema morfometrijskim značajkama i obrnuto.

4. REZULTATI

4.1. Morfometrija

Deskriptivnom statistikom utvrđene su maksimalne (maks), minimalne (min) i srednje vrijednosti (mean) mjera i omjera za sve populacije (Slika 11). Ovdje su navedene osnovne razlike u duljini tijela između populacija iste vrste, druge lokacije. Dužine su izražene u milimetrima (mm). Populacija vrste *R. basak* sa lokacije Vrljika – Runović (TL mean=144,30; SL mean=119,40) imala je veću duljinu tijela u usporedbi s *R. basak* – izvorište (TL mean=134,20; SL mean=112,00). Jedinke vrste *R. aula* sa lokacije Boljunčica (TL mean=134,00; SL mean=111,00) imale su veću duljinu tijela u usporedbi s populacijama iz Raše (TL mean=74,74 ; SL mean=60,94) i Jaruge (TL mean=74,72; SL mean=57,78). Prosječna duljina vrste *R. rutilus* s lokacije Mura iznosila je (TL mean=126,72 ; SL mean=102,69). Znatno veće jedinice imala je vrsta *R. virgo* s lokacije Dobra (TL mean=326,65; SL mean=270,50). Tablica sa svim vrijednostima mjera nalazi se u prilogu (4).

Gledajući SL/TL omjer možemo reći da vrijednosti variraju od minimalno (SL/TL= 0,78) za vrstu *R. aula* s lokacije Boljunčica, do maksimalno (SL/TL= 0,85) za vrstu *R. basak* s obje lokacije Vrljika. Po znatno različitim srednjim vrijednostima omjera izdvojila se vrsta *R. aula* s tri različite lokacije: Raša (mean=0,81), Boljunčica (mean=0,84), Jaruga (mean=0,77). Tablica sa svim vrijednostima omjera nalazi se u prilogu (3).



Slika 11. Dijagram srednje vrijednosti SL/TL omjera različitih populacija

4.2. Meristika

U tablici 1. se nalaze podaci o broju tvrdih i mekih (segmentiranih) šipčica parnih i neparnih peraja za svih 7 populacija. Prema sugestiji Kottelat i Freyhof (2007) broj tvrdih šipčica označen je rimskim brojem, dok se broj segmentiranih šipčica nalazi u zagradi. Zadnje dvije segmentirane šipčice na istoj perajnoj potpori označene su kao „1½“. Slovima su označene (A) podrepna, (D) leđna, (C) repna, (P) prsna, (V) trbušna peraja. Prva vrijednost za svaku od peraja označava većinsku zastupljenost u populaciji, dok ostale označavaju manji broj ponavljanja koji je naveden u zagradi. Kod prsne, trbušne i repne peraje broj je ukupan broj šipčica te se podrazumijeva da svaka strana peraje ima prvu tvrdu šipčicu.

Tablica 1. Broj tvrdih i mekih šipčica u perajama istraživanih populacija roda *Rutilus*

vrste	lokacija	broj šipčica				
		A	D	C	P	V
<i>R. aula</i>	Raša	III(9½)	II(9½)	19	13-15	9
<i>R. aula</i>	Boljunčica	III(9½) III(8½)(3)	II(9½) II(8½)	19 18(1)	13-15	9
<i>R. aula</i>	Jaruga	III(9½)	II(9½)	19 20(2)	12-15	9
<i>R. basak</i>	Vrljika - izvorište	III(9½)	II(9½)	19	15-16	9
<i>R. basak</i>	Vrljika - Runovići	III(8½) III(9½)(6)	II(9½) II(8½)(1)	18	17-18	9 10(1)
<i>R. virgo</i>	Dobra	III(11½) III(10½)(4) III(12½)(2)	II(10½) II(11½)(1) II(9½)(1)	20	18	9 10(1)
<i>R. rutilus</i>	Mura	III(10½) III(10½)(1)	II(10½) II(9½)	19 18(6)	15	9 8(5)

* slovima su označene: (A) podrepna, (D) leđna, (C) repna, (P) prsna, (V) trbušna peraja

U tablici 2. rezultati izdvajaju *R. virgo* kao vrstu s najvećim brojem ljustaka u bočnoj pruzi (46 - 49), dok su populacije vrste *R. aula* imale najmanji broj (36 – 39). Populacija vrste *R. aula* iz rijeke Raše imala je veći broj ljustaka (40 – 41) nego populacije iste vrste s lokacija Boljunčica i Jaruga (36 – 39). Populacije vrste *R. basak* pokazale su sličnost u broju ljustaka bočne pruge s rasponom (39 – 43). Raspon broja ljustaka iznad bočne pruge (7 – 8,5) pokazao se ujednačen za sve vrste. Tri populacije vrste *R. aula* imale su manji broj ljustaka (3 – 3,5) ispod bočne pruge u usporedbi s ostalim vrstama (4 – 4,5).

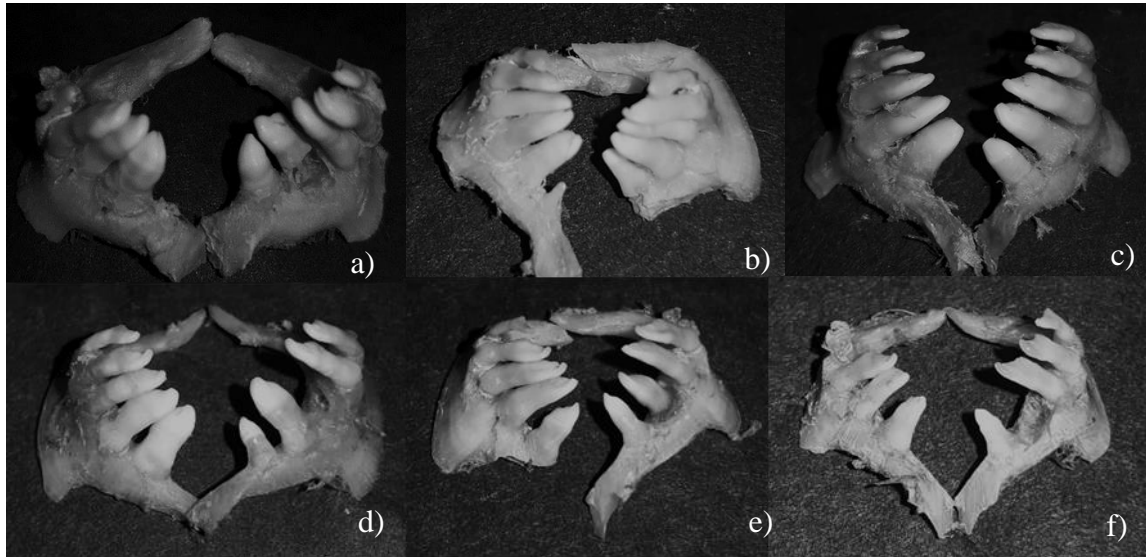
Tablica 2. Broj ljustaka istraživanih populacija roda *Rutilus*

		broj ljustaka	iznad	ispod
vrste	lokacija	bočna pruga/med	↑	↓
<i>R. aula</i>	Raša	40-41 (40)	7-8 (7.25)	3½ (3.25)
<i>R. aula</i>	Boljunčica	36-39 (39)	7-8 (7)	3-3½ (3.5)
<i>R. aula</i>	Jaruga	36-40 (39)	7½-8 (7.5)	3½ (3.5)
<i>R. basak</i>	Vrljika - izvorište	39-42 (40)	7-8 (8)	4-4½ (4.25)
<i>R. basak</i>	Vrljika - Runovići	39-43 (41)	8-8½ (8)	4-4½ (4.5)
<i>R. virgo</i>	Dobra	46-49 (47)	7 (7)	4½ (4.5)
<i>R. rutilus</i>	Mura	39-43 (41)	7-8 (7.5)	4-4½ (4.5)

*broj ljustaka brojan po dužini bočne pruge (bočna pruga), iznad bočne pruge (↑), ispod bočne pruge (↓). U zagradi () se nalazi medijan vrijednost

4.3. Ždrijelni zubi

Analizom ždrijelnih zubi dobiven je uvid u osnovni oblik i broj zubi preobraženih škržnih lukova. Kod svih populacija zubi su se nalazili u jednom redu i morfološki su bili vrlo slični. Vrste *R. virgo* i *R. rutilus* imale su formulu 6-5, dok su ostale vrste imale 5 zubi na lijevom i 5 na desnom luku (Slika 12).



Slika 12. Ždrijelni zubi istraživanih populacija: a) *R. virgo*, b) *R. rutilus*, c) *R. basak* (izvorište), d) *R. basak* (Runović), e) *R. aula* (Raša), f) *R. aula* (Boljunčica), (foto: K. Kavčić)

4.4. Rezultati statističkih analiza

4.4.1. ANOVA – standardizirane mjere alometrijskom transformacijom

Analiza varijance standardiziranih morfometrijskih mjera alometrijskom transformacijom pokazala je da postoji značajna razlika u svim mjerenim značajkama prilikom usporedbi populacija. Primjenjujući Fisher LSD test napravljena je *post hoc* usporedba koja je pokazala sličnosti, odnosno razlike u pojedinim transformiranim mjerama (Prilog 7).

- Populacije vrste *R. aula* s lokacija Jaruga i Raša pokazale su sličnosti u 20 mjera. Uspoređujući populaciju iste vrste s lokacije Boljunčica s populacijama Jaruga i Raša dobivena je statistički značajna razlika između prosjeka uzorka ($p < 0,05$) u svim alometrijskim mjerama.

- Populacije vrste *R. basak* s lokacija Vrljika – izvorište i Vrljika – Runovići pokazale su sličnosti u 11 mjera.
- Sličnosti su nađene ($p > 0,05$) između vrste *R. rutilus* i *R. basak*, Vrljika - izvorište (4 mjere), te *R. rutilus* i *R. basak*, Vrljika - Runovići (4 mjere).
- *R. rutilus* i *R. aula* s lokacije Boljunčica pokazale su sličnosti u 4 mjere.
- Između ostalih populacija postoji statistički značajna razlika između srednje vrijednosti svih mjera ($p < 0,05$).

4.4.2. ANOVA – morfometrijski omjeri

Analiza varijance morfometrijskih omjera pokazala je da postoji značajna razlika između prosjeka uzoraka jedinki svih populacija u 27 omjera. Razlika nije pronađena u tri omjera pD/SL ($p=0,115$), IV/SL ($p=0,114$), io/LC ($p=0,104$).

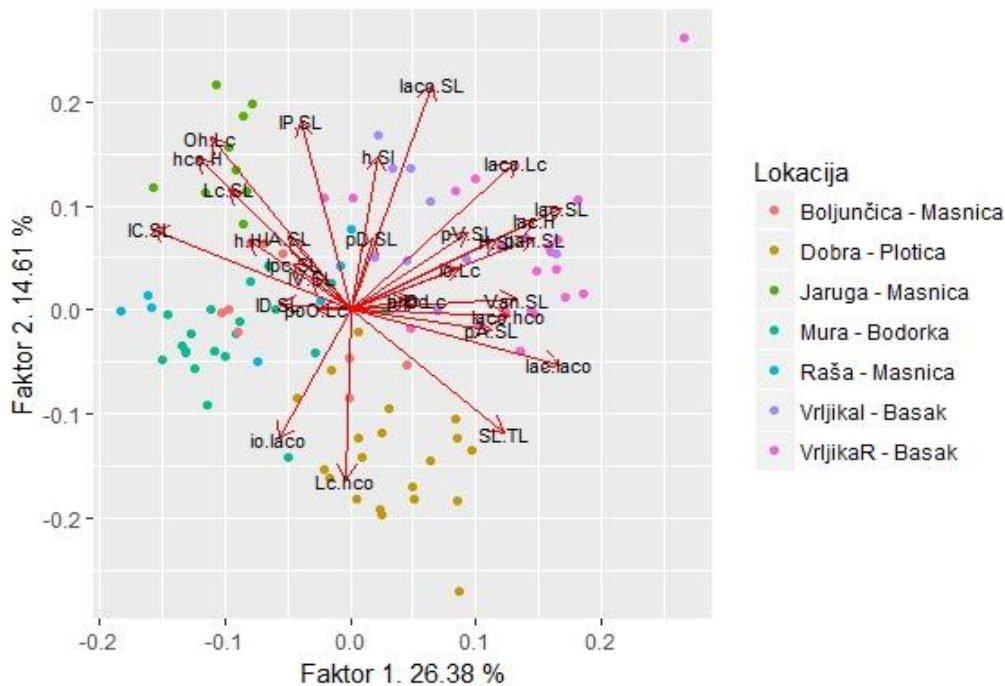
Primjenjujući Fisher LSD test napravljena je *post hoc* usporedba koja je pokazala puno više sličnosti između populacija nego što je pokazao isti test koristeći standardizirane mjere alometrijskom transformacijom (Prilog 8.). Prema dobivenim rezultatima sličnost postoji između svih populacija u najmanje 8 omjera (*R. basak*, Runovići vs. *R. aula*, Boljunčica), odnosno najviše 24 omjera (*R. aula*, Boljunčica vs. *R. aula*, Raša).

- Gledajući populacije iste vrste *R. aula*, možemo reći da su najbližije populacije s lokacija Boljunčica i Raša (24 omjera), manje slične Jaruga i Raša (20 omjera) te najmanje slične Boljunčica i Jaruga (17 omjera).
- Populacije vrste *R. basak* s lokacija Vrljika - izvorište i Vrljika – Runovići također su pokazale visoku razinu sličnosti (22 omjera).
- Odnos između različitih vrsta pokazuje sličnosti u najmanje 8 omjera (*R. basak*, Runovići vs. *R. aula*, Boljunčica), a najviše u 20 (*R. Aula*, Boljunčica vs. *R. Rutilus.*).

4.4.3. PCA – morfometrijski omjeri

Analizom glavnih komponenata usporedili smo jedinice sa svih lokacija istraživanja. Osim standardiziranih morfometrijskih mjera za analizu glavnih komponenata koristili smo i morfometrijske omjere. U slučaju morfometrijskih omjera, faktor 1 PCA na osi X objašnjava 26,38% varijabilnosti i najviše mu pridonosi varijabla lac/SL. Faktor 2 PCA na osi Y objašnjava

14,61% varijabilnosti i najviše mu pridonosi varijabla laco/SL. Ovom analizom primjećuje se da značajnije izdvajanje između populacija ne postoji, iako se grupiranje može primijetiti. Prikaz udjela pojedine varijable i svojstvene vrijednosti faktora nalaze se u prilogu (6). PCA analiza potvrđuje visoku sličnost između populacija koju je pokazao i Fisher LSD test (Slika 13).



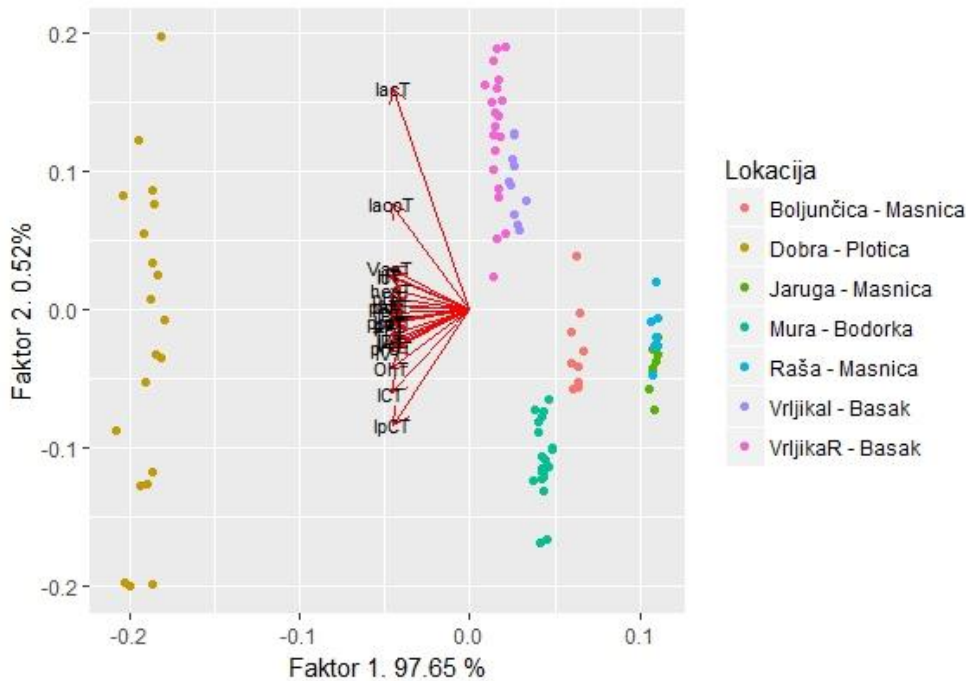
Slika 13. Projekcija morfometrijskih omjera jedinki analiziranih populacija na ravninu određenu faktorima 1 i 2 PCA – analize. Populacije su označene različitim bojama koje su opisne u legendi. Vektori (strelice) označavaju vezanje varijabli na prvi i drugi faktor analize glavnih komponenta.

4.4.4. PCA – alometrijska transformacija

Za ovu analizu glavnih komponenta korištene su mjere dobivene alometrijskom transformacijom. Projekcija prikazuje standardizirane morfometrijske mjere, a određena je najznačajnijim faktorima 1 i 2. Na osi X nalazi se faktor 1 PCA te objašnjava visokih 97,65% varijabilnosti, dok se na osi Y nalazi faktor 2 PCA te objašnjava 0,52% varijabilnosti. Faktor 1 PCA podjednako je određen svim standardiziranim mjerama, dok faktor 2 PCA najviše opisuje lacT. Prikaz udjela pojedine varijable i svojstvene vrijednosti faktora nalaze se u prilogu (5).

Po paralelnosti vektora možemo zaključiti da su varijable snažno povezane s Faktorom 1, a po kutovima da većina varijabli ima pozitivnu korelaciju. Na dobivenom grafičkom prikazu

jasno se vide grupacije populacija. Možemo primijetiti da je populacija *R. virgo* značajnije udaljenija od ostalih populacija kao i preklapanje vrste *R. aula* s lokacija Raša i Jaruga tj. potvrdu rezultata LSD testa. Kod populacija vrsta *R. basak* s dvije različite lokacije rijeke Vrljike nije došlo do međusobnog preklapanja iako su grupirane jedna blizu druge (Slika 14).



Slika 14. Projekcija standardiziranih mjera jedinki analiziranih populacija na ravninu određenu faktorima 1 i 2 PCA – analize. Populacije su označene različitim bojama koje su opisne u legendi. Vektori (strelice) označavaju vezanje varijabli na prvi i drugi faktor analize glavnih komponenata.

5. RASPRAVA

Iako taksonomija i filogenija ciprinida u posljednje vrijeme privlače mnogo pozornosti i interesa, točnije rodovi *Leuciscus*, *Chondrostoma*, *Barbus* (Elvira, 1997; Doadrio i Carmona 1998; Durand i sur. 1999; Tsigenopoulos i sur. 1999; Durand i sur. 2003), *Scardinius* (Bianco i sur. 2001; Ketmaier i sur. 2003) te *Squalius* (Doadrio i sur. 2006, Özulug i sur. 2011, Duman i sur. 2012) malo je informacija dostupno, posebno o genetici rodova kao što su *Alburnus*, *Rutilus*, i *Scardinius*. Morfologija, rasprostranjenost, genetika i taksonomija roda *Rutilus* slabo su istraženi. S obzirom na široku rasprostranjenost najviše pažnje posvećeno je istraživanju bodorke koja obitava na širokom području Europe i sjeverne Azije. Jadranski i crnomorski slijev, kao i četiri vrste roda *Rutilus* koje obitavaju na području Hrvatske predstavljaju važan predmet istraživanja. *R. virgo*, endem crnomorskog slijeva i *R. basak*, endem jadranskog slijeva, spadaju u kategoriju gotovo ugroženih vrsta (NT). Buduća istraživanja svakako su potrebna, jer osim nedostatka podataka o biologiji, taksonomiji i morfologiji ovih vrsta, ekološki podaci o staništu također su rijetki. Zdravlje ekosustava zasnovano je na funkcioniranju brojnih ekoloških faktora, a bez detaljnog poznavanja strukture i utjecaja vanjskih faktora na ekosustav nije moguće procijeniti stanje istog. U ovo istraživanje su uključene sve zastupljene vrste roda *Rutilus* (4) u Hrvatskoj sa ukupno obrađenih 96 jedinki pa možemo reći da smo dobili konkretnu morfološku sliku uspoređujući interspecijsku, interpopulacijsku te intrapopulacijsku morfološku raznolikost.

5.1. Morfometrija

Usporedbom uzetih mjera odvojenih populacija istih vrsta, očekivan je bio sličan raspon duljina te moguća odstupanja u odnosima, uzimajući u obzir odvojenost staništa i mogućnost specijacije. Varijabilnost u najvažnijim omjerima SL/TL i Lc/SL između vrsta biti će navedena kasnije.

Populacija *R. basak* s lokacije Runović bila je u prosjeku veća nego populacija iste vrste s lokacije Izvorište. Gledajući morfometrijske omjere, značajnija razlika između ovih populacija ne postoji te je varijabilnost srednje vrijednosti svih omjera vrlo mala. Možemo zaključiti da genetska uvjetovanost vrste bliskih populacija rezultira sličnim oblikom tijela, no prisutnost morfoloških razlika je moguće uvjetovana različitim stanišnim uvjetima. Zanimljiv je podatak da su jedinke s lokacije Izvorište imale manju srednju vrijednost standardnih duljina.

Jedinke s te lokacije prikupljene su sa samog izvora rijeke Vrljike, dok su jedinke druge populacije prikupljene nekoliko kilometara nizvodno. Gornji tok rijeke stanište je bogato pastrvama, posebice mekousnom pastrvom (*Salmothymus obtusirostris*, Heckel, 1851), dok je donji više ciprinidni, s manjom zastupljenošću mekousne pastrve (Marčić, usmeno priopćenje). Postoji mogućnost da je kompeticija između pastrve i vrste *R. basak*, rezultirala manjim jedinkama istraživane populacije na izvorištu. Također, malo drugačiji kemizam vode (temperatura, otopljeni kisik, amonijak itd.) i sastav zajednica organizama mogao bi biti uzrok razlici duljina uspoređujući ove lokacije. Nadalje, uzorkovanje ovih populacija odvijalo se u razmaku od 2 godine i u različitim mjesecima pa postoji mogućnost da su različita starosna struktura i stanišni uvjeti tokom vremena uzorkovanja rezultirali razlikama u duljini tijela. Prema Kottelat i Freyhof (2007), maksimalna standardna duljina ove vrste može dostići 145mm, dok drugo istraživanje na jedinkama iz Hutova blata navodi znatno veće maksimalne duljine iako se srednja vrijednost totalnih duljina poklapa s našim jedinkama. Možemo reći da su jedinke iz Hutova blata i Vrljike morfološki slične. Genetska osnova za morfološka svojstva vrste zasigurno je razlog sličnosti ovih populacija, a kao druge razloge možemo navesti neposredni kontakt u prošlosti te geografsku blizinu populacija.

Uspoređujući tri populacije iste vrste *R. aula*, dvije sa Istarskog poluotoka te jednu iz okolice Zadra, zaključeno je kako se populacije s istarskog poluotoka iz rijeke Boljunščice i iz rijeke Raše značajno razlikuju po veličini. Populacija iz rijeke Raše (SL mean = 60,94) bila je neznatno veća od populacije iz rijeke Jaruge. Najmanja jedinka nalazila se u rijeci Raši a najveća u Boljunščici. Gledajući morfometrijske omjere možemo reći da nema značajnijih odstupanja iako mala varijabilnost postoji. Treba navesti relativno mali broj uzrokovanih jedinki ovih populacija (Raša: 7, Jaruga: 9, Boljunčica: 10) kao i uzorkovanje kroz različite mjesece svake od populacija. Ovi čimbenici mogli bi utjecati na ulov ostvaren metodom elektroribolova kroz različitu zastupljenost dobnih kategorija tokom godine. Već spomenuta genetska uvjetovanost morfoloških značajki iste vrste rezultirala je sličnostima između populacija, a različitost stanišnih uvjeta pridonesla odstupanjima duljina i omjera. Prema Kottelat i Freyhof (2007), Istarski poluotok nije naveden kao obitavalište masnice, a jedinke ove vrste mogu dostići standardnu duljinu od 180,00 mm. Jedinka s maksimalnom standardnom duljinom nalazila se u rijeci Boljunčici. Zanimljivo je da se populacije iz rijeke Raše i Boljunčice veličinom razlikuju. Prema ovim rezultatima možemo pretpostaviti da jedinke iz rijeke Boljunščice imaju povoljnije ekološke uvjete, a posljedično tome, veću duljinu. Dokaz

tome može i biti slično istraživanje na vrsti *Sq. squalus* gdje su jedinke iz rijeke Boljunčice bile veće od jedinki iz rijeke Raše (L. Musić, diplomski rad 2016).

Jedinke vrste *R. virgo* bile su znatno veće od ostalih vrsta, što potvrđuje ranije pretpostavke kako je *R. virgo* najvećim vrstama roda *Rutilus* uopće. O plotici postoji vrlo malo literaturnih podataka, a izvorno ju je Heckel (1852) opisao kao *Leuciscus virgo*. Danas se latinski naziv plotice, *R. virgo* često zamjenjuje s nazivom *Rutilus pigus*, iako se ta vrsta nalazi u sjevernom dijelu Italije. Često se može naići na sinonime *Rutilus pigus virgo* ili *Rutilus pigo virgo* (Heckel, 1852). Većina dostupnih podataka uključuje njenu rasprostranjenost te kratke opise vrste. Podaci o rasprostranjenosti su rijetki i ograničeni na velike riječne sljevove pa prema tome njena točnija distribucija nije poznata. U istraživanju na rijeci Krki, plotice su varirale između 270 mm do 470 mm (M. Povž i sur. 1998; M. Povž, 1999). Prema Kottelat i Freyhof (2007) *R. virgo* može doseći 400 mm standardne duljine. Istraživane jedinke veličinom su bile dosta uniformne te odgovaraju rasponu veličina navedenih u literaturi.

R. rutilus kao široko rasprostranjena i česta vrsta većine europskih rijeka i jezera detaljno je istražena pa možemo naći široki raspon informacija uključujući genetiku, ishranu, ponašanje, rasprostranjenost i mnoge druge. Prema Kottelat i Freyhof (2007) ova vrsta može doseći veličinu od 500 mm. Jedinke iz rijeke Mure bile su mnogo manje (SL max = 140, 80 ; SL mean = 102, 69). Istraživanje na Grčkim jezerima obuhvatilo je 373 jedinke koje su varirale u standardnoj duljini od minimalno 118,00 mm do maksimalno 271,00 mm i prosjekom 170,00 mm. (Tsoumami M. 2013). Nadalje, istraživanje u Francuskoj dokazalo je da jedinke u jezerima postižu znatno veće duljine nego jedinke iz rijeka, posebice kada se radi o eutrofnim sustavima (Jamet, J. L i Desmolles, F. 1994). Također, napravljena je usporedba 21 populacije vrste *R. rutilus* te je dobiven podatak o prosječnim duljinama od prve do sedme godine. U prosjeku je ukupna duljina jedinki u trećoj godini života bila $120,00 \pm 23,00$ mm što bi odgovaralo srednjoj vrijednosti naših 20 izmjerenih jedinki (TL mean = 126,72). Prema tome možemo pretpostaviti da se većina naših jedinki nalazila u ovoj dobnoj kategoriji. Morfometrijskim omjerima jedinke se nisu isticala uspoređujući ih s drugim vrstama istraživanja.

Promatrajući omjere možemo zaključiti da većih odstupanja između vrsta nema iako varijabilnost postoji. Morfometrijski omjeri prema ovim rezultatima slab su pokazatelj interspecijske, a posebno interpopulacijske morfološke raznolikosti.

Analiza varijance morfometrijskih omjera potvrdila je gore navedenu tvrdnju. Rezultati su pokazali da se populacije statistički razlikuju u 27 omjera odnosno da dijele tri zajednička

omjera pD/SL, IV/SL, io/Lc ($p > 0,05$). Fisherovim LSD testom sličnost između populacija pokazala se u najmanje 8 (*R. basak*, Runovići vs. *R. aula*, Boljunčica), a najviše 24 omjera (*R. aula*, Boljunčica vs. *R. aula*, Raša). Populacije *R. aule* s lokacija Raša i Jaruga pokazale su sličnost u 20 omjera, dok su dvije populacije vrste *R. basak* iz rijeke Vrljike pokazale sličnost u 22 omjera. Iz navedenog možemo vidjeti da je Boljunčica omjerima puno sličnija populaciji iz rijeke Raše (24 omjera) što uklanja nelogičnosti prilikom jednostavne interpretacije rezultata dobivenih na temelju morfometrijskih duljina. Nadalje, rezultati potvrđuju veću sličnost između populacija Jaruge i Raše (20 omjera) nego populacija Boljunčice i Jaruge (17 omjera). Zanimljivo je da vrsta *R. aula* s lokacije Boljunčica dijelila sličnosti u čak 20 omjera s vrstom *R. rutilus* iz rijeke Mure.

Prema tome, gledajući morfometrijske omjere treba biti oprezan pri donošenju zaključaka o sličnosti tj. statistički značajnih razlika prilikom opisa njihove interspecijske i interpopulacijske morfološke raznolikosti. Dijagnostički gledano, omjeri nisu dobar pokazatelj varijabilnosti između vrsta jer ne uklanjaju u potpunosti utjecaj veličine jedinke što se očituje visokom korelacijom Pearsonovih koeficijenata. Ove rezultate potvrdila je i analiza glavnih komponenata (PCA) morfometrijskih omjera. Po položaju jedinki i poziciji vektora možemo reći da nema značajne korelacije između varijabli. Projekcijom je jasno vidljivo da dolazi do preklapanja populacija, iako se lagano grupiranje može primijetiti.

Analizom varijance mjera standardiziranih alometrijskom transformacijom dobiveni su znatno drugačiji rezultati. Možemo zaključiti da je alometrijska transformacija uspješno otklonila utjecaj veličine jedinke te da se posebna pažnja treba posvetiti interpretaciji rezultata dobivenih raznim metodama. Alometrijska transformacija mjera zasigurno je djelotvornija i realnija metoda prilikom morfoloških usporedbi istraživanih populacija. Statistički značajna razlika dobivena je između srednjih vrijednosti svih transformiranih mjera. Fisherov LSD test potvrdio je sličnosti između populacija vrste *R. aula* s lokacija Jaruga i Raša u 21 mjeri ($p > 0,05$). Populacija iste vrste iz rijeke Boljunčice nije pokazivala sličnosti s ostale dvije populacije u niti jednoj mjeri ($p < 0,05$). Ovaj rezultat u suprotnosti je s rezultatima analize varijance morfometrijskih omjera prema kojoj je Fisherovim LSD testom zaključeno da populacija iz Boljunčice dijeli sličnost s Rašom u čak 24 od ukupno 30 omjera. Jaruga i Raša prilikom iste analize pokazale su sličnost u 20 omjera baš kao i kod analize s alometrijskim mjerama. Zanimljivo je da je alometrijska transformacija potpuno eliminirala Boljunčicu i Rašu kao međusobno slične populacije po ovom testu iako su geografski bliske, a nekada je postojao i neposredni kontakt ovih vodotoka (Šafarek i Šolić, 2011). Deskriptivnom statistikom na

početku moglo se zaključiti da se vrsta *R. aula* iz Boljunčice duljinom značajno razlikuje od ostalih populacija iste vrste, no analizom omjera svih varijabli ta razlika je uklonjena. Vrijednosti dobivene alometrijskom transformacijom početnih mjera pozitivno su korelirane s njihovom veličinom što je opet značajno izdvojilo populaciju iz Boljunčice u usporedbi s populacijama iz Raše i Jaruge koje su imale manje jedinke. Populacije vrste *R. basak* dvije lokacije rijeke Vrljike pokazale su sličnost u 11 transformiranih mjera, točno duplo manje nego LSD testom morfometrijskih omjera. Očekivano je da će ove dvije populacije biti sličnije u više mjera jer nastanjuju istu rijeku, a razlika između uzorkovanja je samo nekoliko kilometara. Poznato je da su izvorišta rijeka sredine specifičnih uvjeta što bi mogao biti jedan od uzroka pronađenih razlika. Kao drugi uzrok mogli bi navesti vremenski raspon od dvije godine između uzorkovanja navedenih populacija te sukladno tome moguće drugačije ekološke uvjete staništa. Iste populacije iz rijeke Vrljike dijele sličnosti s vrstom *R. rutilus* iz rijeke Mure u 4 mjere. Također, *R. rutilus* u 4 mjere dijeli sličnosti s *R. aulom* iz rijeke Boljunčice te možemo zaključiti da su oblikom tijela vrlo različite. Između svih ostalih odnosa populacija postoji statistički značajna razlika u prosjeku grupa ($p < 0,05$). Projekcija analize glavnih komponenata standardiziranih mjera jasno je odvojila populacije. Možemo primijetiti da su se rezultati dobiveni analizom varijance standardiziranih mjera jasno odrazili na projekciji PCA. Po malom kutu između vektora možemo zaključiti visoku korelaciju između varijabli te snažnu povezanost s faktorom 1. U ovom slučaju treba reći da je samo prvi faktor uspio objasniti onoliko varijacije koliko i originalne varijable ($SD = 4,74$) za razliku od faktora 2 ($SD = 0,34$). Raša i Jaruga koje su dijelile sličnosti u čak 20 mjera jedine su populacije koje se jasno preklapaju. Populacija iste vrste iz Boljunčice distancirana je od ove dvije populacije. Također, dvije populacije *R. basak* iz rijeke Vrljike grupirane su vrlo blizu no ipak ne dolazi do preklapanja. *R. virgo* se izrazito odvojila od svih ostalih populacija te pokazuje najveću varijabilnost. Ovakva raznolikost unutar populacije iznimno je zanimljiva. Rijeka Dobra osigurava kvalitetno i raznoliko stanište velikom broju ribljih vrsta, a danas je opisano više od 62 prirodna hibrida između vrsta europskih ciprinida. Morfološke osobine hibrida čestu su homogene i nalaze se između morfoloških osobina roditeljskih vrsta (Kottelat i Freyhof, 2007). Poznato je da se vrsta *R. rutilus* stvara hibride s vrstama *Leuciscus cephalus*, *Abramis brama*, *Alburnus alburnus*, *Leuciscus idus* (J Blachuta, 1984; W Kopiejewska i sur. 2003; A Witkowski, J Blachuta, 1980). Točan broj nije poznat. Plotica i bodorka nastanjuju rijeku Dobru ali po dobivenim rezultatima ne možemo zaključiti da je došlo do hibridizacije ove dvije vrste no postoji mogućnost hibridizacije s nekom drugom vrstom ciprinida. Raznolikost staništa ove

rijeke također bi mogla pridonijeti razvoju drugačijih morfoloških osobina te tako objasniti nastalu varijabilnost.

5.2. Meristika

Meristički uspoređujući vrste istraživanja s literaturnim podacima nisu zabilježena znatnija odstupanja. Istraživanja su pokazala da okolišni čimbenici imaju veliki utjecaj na broj ljustica, broj perajnih šipčica, kralježaka, škržnih lukova itd. Kao primjer, dokazano je da temperatura tokom razvoja ribe utječe na broj ljustica bočne pruge (Hubbs, 1922; Mottley, 1934; Tatarko, 1968). Obično, ribe koje se razvijaju u hladnim vodama imaju veći broj ljustica, perajnih šipčica i kralježaka (Helfman i sur. 2009). Količina otopljenog kisika, slanost, intenzitet svjetla, fotoperiod, i ugljikov dioksid također utječu na razvoj merističkih svojstava. Nadalje, novija istraživanja otkrila su povezanost između broja ljustica i razine (TH) tiroidnih hormona te njihovu značajnu ulogu u oblikovanju merističkih svojstava (Smirnov i sur. 2006). Iako su varijacije u merističkim svojstvima kod uzorkovanih populacija postojale, teško je donositi zaključke bez detaljnijih okolišnih i genetskih analiza. Veći uzorak populacija zasigurno bi smanjio grešku i prikazao reprezentativniju sliku kako merističkih, tako i morfoloških značajki.

Prema Kottelat i Freyhof (2007) vrsta *R. aula* ima 9½ mekih razgranatih šipčica u podrepanoj i leđnoj peraji te 36 – 42 ljuske bočne pruge što je u skladu s dobivenim rezultatima. Populacija iz rijeke Raše ipak je imala nešto veći broj ljustica ali s manjim rasponom (40-41), uspoređujući je s druge dvije populacije (36-40). Dok su druge vrste ispod bočne pruge imale najmanje 4 ljuske kod svih populacija vrste *R. aula* zabilježene su 3,5 ljuske. Možemo spomenuti da su u Boljunčici izmjerene tri jedinke s 8½ mekih šipčica u podrepanoj i jedna s istim brojem u leđnoj. Zanimljivo je da je *R. basak* s lokacije Runovići imao više jedinki s 8½ mekih šipčica u podrepanoj peraji, dok je druga populacija s izvorišta imala samo 9½. Broj ljustica kod obje populacije bio je sličan (39 – 43). Kod populacije vrste *R. virgo* iz rijeke Dobre možemo izdvojiti raspon u kojem su se pojavljivale jedinke s različitim brojem šipčica u podrepanoj peraji. Prema Kottelat i Freyhof (2007) broj mekih šipčica kreće se u rasponu od 11 do 12½. te broj ljustica bočne pruge od 44 - 46. Iako su varijacije postojale, broj šipčica podudara se s literaturnim navodima merističkih značajki ove vrste. Također, zabilježen je

nešto veći raspon ljusta bočne pruge nego što navodi literatura (46 – 49). Varijabilnost koja je dokazana morfometrijski pojavljuje se i meristički kod ove vrste što bi možda moglo dodatno pridonijeti mogućnosti hibridizacije s drugim vrstama. Populacija vrste *R. rutilus* iz rijeke Mure nije se izdvajala po merističkim osobinama od literaturnih podataka. Većina jedinki (16) u repnoj peraji imala je 19 mekih šipčica dok je kod 6 jedinki zabilježena jedna manje. Također, u trbušnoj peraji 5 jedinki imalo je 8 mekih šipčica dok su ostale imale 9.

Po ovim rezultatima možemo zaključiti da postoji mala inter i intrapopulacijska varijabilnost kao i izražena interspecijska varijabilnost. Varijabilnost unutar populacije *R. virgo* mogao bi biti predmet budućih istraživanja ove vrste u rijeci Dobri. Osim za vrstu *R. rutilus* literatura koja navodi broj šipčica u repnoj, trbušnoj i prsnoj peraji te broj ljusta ispod i iznad bočne pruge nije pronađena. Treba spomenuti da su uzorci duže vrijeme čuvani u alkoholu pa točnost rezultata ne možemo uzeti kao apsolutnu. Prisutnost deformacija i oštećenja uslijed skladištenja sigurno je pridonijela nešto većoj varijabilnosti rezultata no ipak možemo zaključiti da naši podaci ne odstupaju od aktualnih literaturnih podataka. Poznato je da su merističke značajke uvjetovane genetski (Colman, 1976), no u današnje vrijeme sve je više istraživanja koja dokazuju snažan utjecaj okolišnih čimbenika na merističke varijacije. Prema tome, pri donošenju konkretnijih zaključaka pažnju bi trebalo posvetiti specifičnim uvjetima okoliša u kojemu ove populacije obitavaju te provesti genetska istraživanja.

6. ZAKLJUČAK

- Standardne duljine populacija vrsta *R. rutilus* iznosile su 103,00 – 173,00 mm, *R. aula* 43,70 – 134,00 mm, *R. basak* 112,00 – 181,00 mm i *R. virgo* 248,00 -370,00 mm. Navedene vrijednosti poklapaju se literaturnim podacima.
- Analiza varijance standardiziranih morfometrijskih mjera pokazala je da postoji značajna razlika između prosjeka uzoraka jedinki svih populacija u 27 omjera. Analiza varijance standardiziranih morfometrijskih mjera alometrijskom transformacijom pokazala je da postoji značajna razlika između prosjeka uzoraka jedinki svih populacija.
- Analiza glavnih komponentata (PCA) značajno se razlikovala između dva tipa standardizacije. Projekcija PCA standardiziranih morfometrijskih mjera pokazala je jasno grupiranje populacija dok je kod PCA morfometrijskih omjera grupiranje bilo izrazito slabo.
- Analizama su utvrđene varijabilnosti između i unutar populacija
- Populacija vrste *R. virgo* se odvojila od ostalih populacija te pokazuje najveću morfometrijsku i merističku varijabilnost.
- Populacije vrste *R. aula* s lokacija Raša i Jaruga pokazale su više zajedničkih morfometrijskih i merističkih značajki nego geografski bliže populacije (Raša i Boljunčica).
- Dvije populacije vrste *R. basak* iz rijeke Vrljike, iako bliske, dijelile su nešto različitiije morfometrijske i merističke značajke.
- Izdavanje populacije vrste *R. aula* iz Boljunčice i varijabilnost unutar populacije vrste *R. virgo* iz rijeke Dobre su zanimljivost koja treba biti popraćena daljnjim istraživanjima.
- Na temelju dobivenih rezultata možemo zaključiti da ekološki faktori imaju važnu ulogu u oblikovanju morfometrijskih i merističkih značajki te bi se daljnja istraživanja trebala usmjeriti na konkretni utjecaj specifičnih stanišnih uvjeta i genetskih parametara na morfološke značajke populacija.

7. LITERATURA

1. Berra, T. M. (2001): Freshwater Fish Distribution. Academic Press, USA.
2. Božićević, S. (2005): Boljunčica ili Boljunčica. U: Bertoša M. i Matijašić R. (ur.) Istarska enciklopedija. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb.
3. Colman, J. A. (1976): Geographical variation in fin ray numbers in the New Zealand sand flounder *Rhombosolea plebeia* (richardson). *Journal of Marine and Freshwater Research* 10(3): 485-497.
4. Čaleta, M., Buj, I., Mrakovčić, M., Mustafić, P., Zanella, D., Marčić, Z., Duplić, A., Mihinjač, T., Katavić, I. (2015): Hrvatske endemske ribe. Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb
5. Doadrio, I., & Carmona, J. A. (2006). Phylogenetic overview of the genus *Squalius* (Actinopterygii, Cyprinidae) in the Iberian Peninsula, with a description of two new species. *Cybium*, 30(3), 199–214.
6. Elliott, N. G., Haskard, K., Koslow, J. A. (1995): Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia. *Journal of Fish Biology* 46: 202-220.
7. Helfman, G. S., Collette, B. B., Facey, D. E., & Bowen, B. W. (2009). *The diversity of fishes: biology, evolution, and ecology. Atlantic* (Vol. Second).
8. Jamet, J. L., & Desmolles, F. (1994). Growth, Reproduction and Condition of Roach (*Rutilus rutilus* (L.)), Perch (*Perca fluviatilis*, L.) and Ruffe (*Gymnocephalus cernuus* (L.)) in Eutrophic Lake Aydat (France). *Internationale Revue Der Gesamten Hydrobiologie Und Hydrographie*, 79(2), 305–322.
9. Kirchhofer, A., & Hefti, D. (1996). *Conservation of endangered freshwater fish In Europe. Conservation Of Endangered Freshwater Fish In Europe*. Mann, R. H. K., Mann, R. H. K., Bass, J. a B., & Bass, J. a B. (1997). The critical water velocities of larval roach (*Rutilus rutilus*) and dace (*Leuciscus leuciscus*) and implications for river management. *Regul. Riv*, 13(January 1996), 295–301.
10. Jamet, J. L., & Desmolles, F. (1994). Growth, Reproduction and Condition of Roach (*Rutilus rutilus* (L.)), Perch (*Perca fluviatilis*, L.) and Ruffe (*Gymnocephalus cernuus* (L.)) in Eutrophic Lake Aydat (France). *Internationale Revue Der Gesamten Hydrobiologie Und Hydrographie*, 79(2), 305–322.
11. Kottelat, M. (1998). European freshwater fishes, *Environmental Biology of Fishes*, January 1998, Volume 51, Issue 1, pp 116–116.
12. Kopiejewska, W., Terlecki, J., & Chybowski (2004). Attainment of sexual maturity by hybrids of rudd, *Scardinius erythrophthalmus* (L.) and carp bream, *Abramis brama* (L.) under experimental conditions. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 34(1), 43–50.
13. Kottelat, M., Freyhof, J. (2007): Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany.

14. Leiner, S., Povž, M., Mrakovčić, M. (1995): Freshwater fish in Istrian Peninsula. *Annals for Istrian and Mediterranean Studies* 7/95: 215-222.
15. Leonart, J., Salat, J., Torres, G. J. (2000): Removing Allometric Effects of Body Size in Morphometric analysis. *Journal of Theoretical Biology* 205: 85-93.
16. Loot, G., Brosse, S., Lek, S., & Guégan, J. F. (2001). Behaviour of roach (*Rutilus rutilus* L.) altered by *Ligula intestinalis* (Cestoda: Pseudophyllidea): A field demonstration. *Freshwater Biology*, 46(9), 1219–1227.
17. L. Musić (2016): Morfološka usporedba riba roda *Squalius* (Cyprinidae, Actinopterygii) u jadranskom slijevu, diplomski rad, Zagreb, Prirodoslovno – matematički fakultet
18. Miranda, L. E., Dolan, C. R. (2004): Electrofishing Power Requirements in Relation to Duty Cycle. *North American Journal of Fisheries Management* 24: 55-62.
19. Mrakovcic, M., Misetic, S., & Povz, M. (1995). Status of freshwater fish in Croatian Adriatic river systems. *Biological Conservation*, 72(2), 179–185.
20. Mrakovčić, M., Brigić, A., Buj, I., Čaleta, M., Mustafić, P., & Zanella, D. (2006). *Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske*.
21. Matic-Skoko, S., Tutman, P., Dulčić, J., Prusina, I., Dodo, Ž., Pavličević, J., & Glamuzina, B. (2011). Growth pattern of the endemic Neretvan roach, *Rutilus basak* (Heckel, 1843) in the Hutovo Blato wetlands. *Journal of Applied Ichthyology*, 27(3), 813–819.
22. Ozulug, M., & Freyhof, J. (2011). Revision of the genus *Squalius* in Western and Central Anatolia, with description of four new species (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 22(2), 107–148.
23. Povž, M., Šumer, S., & Leiner, S. (1998). Sport fishing catch as an indicator of population size of the Danube roach *Rutilus pigus virgo* in Slovenia (Cyprinidae). *Italian Journal of Zoology*, 65(sup1), 545–548.
24. Povž, M. (1999). Biološko-ekološke značajke populacije plotice *Rutilus pigus virgo* (Heckel, 1852), doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb
25. Levin, B. A. (2010). Drastic shift in the number of lateral line scales in the common roach *Rutilus rutilus* as a result of heterochronies: Experimental data. *Journal of Applied Ichthyology*, 26 (2), 303–306.
26. Petz, B., Kolesarić, V., Ivanec, D. (2012): *Petzova statistika - Osnovne statističke metode za nematematičare*. Naklada Slap, Jastrebarsko.
27. Nelson, J. S. (2006): *Fishes of the world*. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
28. Nurminen, L., Pekcan-Hekim, Z., & Horppila, J. (2010). Feeding efficiency of planktivorous perch *Perca fluviatilis* and roach *Rutilus rutilus* in varying turbidity: An individual-based approach. *Journal of Fish Biology*, 76(7), 1848–1855.
29. Sharma, S. (1996): *Applied Multivariate Techniques*. John Wiley & Sons, Inc., USA.
30. Šafarek, G., Šolić, T. (2011): *Rijeke Hrvatske*. Veda, Križevci.

31. Smirnov, S. V.; Dzerzhinskii, K. F.; Levin, B. A., 2006: On the relationship between scale number in the lateral line in the African barbel *Barbus intermedius* and the rate of ontogeny (by experimental data). *J. Ichthyol.* 46, 129–132.
32. Turan, C. (2004): Stock identification of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) using morphometric and meristic characters. *ICES Journal of Marine Science* 61: 774-781.
33. Tsoumani, M., Apostolidis, A. P., & Leonardos, I. D. (2013). Length-weight relationships of *Rutilus* species from fifteen Greek lakes. *Journal of Applied Ichthyology*, 29(1), 297–298.
34. Vuković, T., Ivanović, B. (1971): Slatkovodne ribe Jugoslavije. Zemaljski muzej BiH, Sarajevo.
35. Quinn, G. P., Keough, M. J. (2002): *Experimental Design and Data Analysis for Biologist*. Cambridge University Press, New York.
36. Wimberger, P. H. (1992): Plasticity of fish body shape. The effects of diet, development, family and age in two species of *Geophagus* (Pisces, Cichlidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 45: 197-218.

Internetski izvori:

1. <http://murscak.info/hr/mura/> - 3. svibnja 2016.
2. <http://www.srd-ogulin.hr/vode/rijeka-dobra>
3. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Dobra> - 5. svibnja 2016.
4. <http://istra.lzmk.hr/clanak.aspx?id=2313> - 3. svibnja 2016.
5. <http://imotski-svitnjak.com/index.php/imotske-modre-vode/item/90-rijeka-vrljika/90-rijeka-vrljika> - 7. svibnja 2016.
6. http://web.hamradio.hr/9aff/9AFF-066_Vrljika/Vrljika.htm - 3. svibnja 2016.

8. ŽIVOTOPIS

OSOBNJE INFORMACIJE

Ime i prezime: Kavčić Krešimir

Datum rođenja: 05.02.1993

Adresa: Divoselska 9, 10000 Zagreb (Hrvatska)

Broj mobitel: 00385915532061

Email adresa: kresimir.kavcic@gmail.com

RADNO ISKUSTVO

01/04/2017 – 01/07/2017 – Sveučilište u Sassariju, zavod za prirodne znanosti – Erasmus +

01/10/2014 – 01/04/2017 – Trener veslanja prirodoslovno – matematičkog fakulteta

03/03/2012 – danas – koordinator HAVK Mladost, Zagreb (Hrvatska), honorarni posao, koordinator škole veslanja

09/2015–09/2016 - Demonstrator na Agronomskom fakultetu; Bs studij: Agrarna zoologija, Ribolov, Biodiverzitet Jadrana i kopnenih voda, Uzgoj Avertebrata.; Ms studij: Ihtiologija, Limnologija i oceanologija, Hranidba u akvakulturi, Ribarstvo

OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

09/2015–danas -Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički, Zagreb (Hrvatska),

Ms studij: Ekologija i zaštita prirode, kopnene vode

09/2014–09/2016 - Mag. ing. agr. (Magistar ribarstva i lovstva)

Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet; Zagreb (Hrvatska)

09/2011–09/2014 - Univ. bacc. ing. agr. (Inženjer agroekologije)

Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet; Zagreb (Hrvatska)

2008–2011 - X. gimnazija "Ivan Supek", Zagreb (Hrvatska)

2001–2008 - Osnovna škola "Kustošija", Zagreb (Hrvatska)

ZNANJA I VJEŠTINE

Materinski jezik: hrvatski

Strani jezici: engleski jezik- aktivno u govoru i pismu, B2

Računalne vještine: Microsoft Office, Microsoft Excel, Qgis, Rstudio, Sketch up

Vozačka dozvola: A1, B kategorija

Ostale vještine: Veslanje – član Hrvatske veslačke reprezentacije 2010 - 2015, trčanje, planinarenje, biciklizam, streličarstvo, lov, fitnes, fotografiranje

NAGRADE I PRIZNANJA

- Stipendija Nacionalne Zaklade za potporu učeničkom i studentskom standardu 2015. godine.
- Priznanje Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske 2014. godine za osvojeno 3. mjesto na Europskom sveučilišnom prvenstvu u Rotterdamu, disciplina osmerac.
- Priznanja Veslačkog saveza Zagreba za sudjelovanje na Svjetskim i Europskim veslačkim prvenstvima te priznanja na odličjima na Državnim prvenstvima u razdoblju 2007.-2014. godine.
- Priznanje Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske 2013. godine za osvojeno 1. mjesto na Europskom sveučilišnom prvenstvu u Poznanu, disciplina osmerac.

9. PRILOZI

Prilog 1: Tablica - Mjerene morfometrijske značajke

Mjere	Lat. naziv	Objašnjenje
TL	<i>Longitudo totalis</i>	ukupna duljina tijela
SL	<i>Longitudo corporis</i>	standardna duljina tijela (od vrha gubice do početka repne peraje)
Lc	<i>Longitudo capitis</i>	duljina glave
Pan	<i>Longitudo praeanalisis</i>	preanalna duljina (udaljenost od vrha gubice do početka analnog otvora)
pA	<i>Distantia praeanalisis</i>	preanalna udaljenost (od vrha gubice do početka baze podrepne peraje)
Van	<i>Longitudo ventroanalisis</i>	ventroanalna duljina (udaljenost između početka trbušnih peraja i analnog otvora)
pV	<i>Distantia praeventralisis</i>	preventralna udaljenost (od vrha gubice do početka trbušnih peraja)
pP	<i>Distantia praepectoralisis</i>	prepektoralna udaljenost (od vrha gubice do početka prsnih peraja)
pD	<i>Distantia praedorsalisis</i>	predorzalna udaljenost (od vrha gubice do početka baze leđne peraje)
lpc	<i>Longitudo pedunculi</i>	duljina repnog drška (od posteriornog ruba baze podrepne peraje do početka repne peraje)
ID	<i>Longitudo basis D</i>	duljina baze leđne peraje
IA	<i>Longitudo basis A</i>	duljina baze podrepne peraje
IC	<i>Longitudo C</i>	duljina repne peraje
IP	<i>Longitudo P</i>	duljina prsne peraje
IV	<i>Longitudo V</i>	duljina trbušne peraje
Hco	<i>Altitudo capitis</i>	najveća visina glave (mjerena u razini očiju)
H	<i>Altitudo corporis max.</i>	najveća visina tijela
h	<i>Altitudo corporis min.</i>	najmanja visina tijela, visina repnog drška
laco	<i>Latitudo capitis</i>	najveća širina glave
lac	<i>Latitudo corporis max.</i>	najveća širina tijela
Io	<i>Spatium interorbitale</i>	širina međuočnog prostora
Oh	<i>Diameter oculi</i>	promjer oka
prO	<i>Spatium praeorbitale</i>	predočni prostor (od vrha gubice do anteriornog ruba oka)
poO	<i>Spatium postorbitale</i>	zaočni prostor (od posteriornog ruba oka do kraja operkuluma)

Prilog 2: Tablica - Morfometrijski odnosi

SL/TL	omjer standardne duljine i ukupne duljine tijela
Lc/SL	omjer duljine glave i standardne duljine tijela
Pan/SL	omjer preanalne duljine i standardne duljine tijela
pA/SL	omjer preanalne udaljenosti i standardne duljine tijela
pV/SL	omjer preventralne udaljenosti i standardne duljine tijela
pD/SL	omjer predorzalne udaljenosti i i standardne duljine tijela
lpc/SL	omjer duljine repnog drška i standardne duljine tijela
Van/SL	omjer ventroanalne duljine i standardne duljine tijela
ID/SL	omjer duljine baze leđne peraje i standardne duljine tijela
IA/SL	omjer duljine baze podrepne peraje i standardne duljine tijela
IC/SL	omjer duljine repne peraje i standardne duljine tijela
IP/SL	omjer duljine prsne peraje i standardne duljine tijela
IV/SL	omjer duljine trbušne peraje i standardne duljine tijela
hco/H	omjer visine glave i najveće visine tijela
h/H	omjer najmanje visine tijela i najveće visine tijela
lac/laco	omjer najveće širine tijela i najveće širine glave
io/laco	omjer širine međuočnog prostora i najveće širine glave
io/Lc	omjer širine međuočnog prostora i duljine glave
Oh/Lc	omjer promjera oka i duljine glave
prO/Lc	omjer duljine predočnog prostora i duljine glave
poO/Lc	omjer zaočnog prostora i duljine glave
laco/SL	omjer najveće širine glave i standardne duljine tijela
laco/Lc	omjer najveće širine glave i duljine glave
laco/hco	omjer najveće širine glave i najveće visine glave
Lc/hco	omjer duljine glave i najveće visine glave
lac/H	omjer najveće širine tijela i najveće visine tijela
lac/SL	omjer najveće širine tijela i standardne duljine
H/SL	omjer najveće visine tijela i standardne duljine
h/SL	omjer najmanje visine tijela i standardne duljine
h/lpc	omjer najmanje visine tijela i duljine repnog drška

Prilog 3: Tablica vrijednosti morfometrijskih omjera.

	RURU			RUBAV			RUBAI			RUAUB			RUAUJ			RUAUR			RUVI		
	min	max	mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max	mean	min	max	mean
SL/TL	0.788	0.843	0.810	0.800	0.855	0.827	0.807	0.847	0.834	0.783	0.839	0.814	0.755	0.787	0.774	0.798	0.838	0.812	0.808	0.850	0.828
Lc/SL	0.391	0.504	0.469	0.309	0.495	0.449	0.462	0.516	0.482	0.448	0.503	0.473	0.476	0.516	0.491	0.460	0.529	0.489	0.410	0.529	0.434
pan/SL	0.638	0.701	0.675	0.682	0.740	0.708	0.676	0.715	0.690	0.664	0.683	0.671	0.665	0.694	0.678	0.656	0.689	0.671	0.655	0.719	0.681
pA/SL	0.684	0.730	0.706	0.690	0.769	0.734	0.675	0.739	0.718	0.698	0.720	0.710	0.705	0.727	0.714	0.693	0.725	0.703	0.683	0.788	0.736
pV/SL	0.464	0.504	0.484	0.415	0.557	0.511	0.498	0.525	0.510	0.469	0.501	0.485	0.490	0.524	0.506	0.483	0.518	0.500	0.462	0.542	0.495
pD/SL	0.484	0.621	0.515	0.511	0.548	0.527	0.508	0.539	0.523	0.521	0.552	0.531	0.508	0.547	0.530	0.523	0.549	0.530	0.409	0.552	0.515
lpc/SL	0.130	0.179	0.159	0.135	0.157	0.143	0.124	0.158	0.139	0.119	0.154	0.140	0.123	0.167	0.144	0.116	0.146	0.132	0.069	0.181	0.134
Van/SL	0.187	0.248	0.220	0.215	0.256	0.239	0.213	0.237	0.225	0.201	0.233	0.216	0.191	0.208	0.201	0.173	0.235	0.200	0.194	0.239	0.217
ID/SL	0.154	0.179	0.166	0.142	0.168	0.152	0.133	0.156	0.146	0.136	0.164	0.152	0.144	0.175	0.159	0.126	0.173	0.150	0.135	0.185	0.152
IA/SL	0.115	0.158	0.131	0.103	0.159	0.118	0.113	0.138	0.122	0.106	0.129	0.118	0.120	0.133	0.125	0.098	0.135	0.115	0.096	0.143	0.112
IC/SL	0.250	0.314	0.285	0.210	0.280	0.246	0.227	0.279	0.250	0.265	0.304	0.285	0.285	0.340	0.309	0.253	0.317	0.281	0.219	0.282	0.253
IP/SL	0.168	0.205	0.185	0.174	0.209	0.185	0.170	0.218	0.193	0.169	0.206	0.188	0.176	0.202	0.188	0.159	0.193	0.177	0.151	0.196	0.163
IV/SL	0.166	0.206	0.185	0.158	0.195	0.173	0.150	0.187	0.167	0.165	1.174	0.280	0.170	0.195	0.184	0.186	0.211	0.195	0.140	0.171	0.161
hco/H	0.372	0.483	0.439	0.360	0.500	0.406	0.388	0.534	0.453	0.421	0.514	0.461	0.473	0.532	0.505	0.427	0.551	0.489	0.280	0.516	0.390
h/H	0.302	0.360	0.333	0.300	0.382	0.326	0.322	0.375	0.343	0.266	0.383	0.324	0.338	0.453	0.362	0.350	0.416	0.376	0.307	0.371	0.342
lac/laco	0.944	1.374	1.169	1.119	1.544	1.399	1.155	1.345	1.267	1.069	1.383	1.186	1.014	1.100	1.051	0.917	1.246	1.089	1.066	1.506	1.287
io/laco	0.697	0.833	0.749	0.603	0.988	0.671	0.595	0.671	0.641	0.693	0.762	0.724	0.667	0.788	0.704	0.667	0.780	0.720	0.661	0.876	0.736
io/Lc	0.354	0.444	0.381	0.365	0.601	0.416	0.364	0.414	0.390	0.348	0.429	0.387	0.373	0.453	0.401	0.333	0.435	0.384	0.357	0.441	0.397
Oh/Lc	0.220	0.296	0.261	0.209	0.320	0.232	0.205	0.261	0.239	0.242	0.290	0.269	0.294	0.343	0.320	0.250	0.313	0.281	0.168	0.222	0.193
prO/Lc	0.193	0.310	0.255	0.235	0.369	0.263	0.237	0.281	0.264	0.200	0.266	0.237	0.223	0.313	0.274	0.216	0.275	0.238	0.241	0.330	0.279
poO/Lc	0.057	0.135	0.120	0.112	0.134	0.121	0.080	0.130	0.118	0.120	0.142	0.130	0.100	0.120	0.113	0.117	0.138	0.128	0.112	0.125	0.118
laco/SL	0.114	0.134	0.123	0.135	0.156	0.146	0.143	0.163	0.153	0.129	0.139	0.134	0.144	0.155	0.148	0.133	0.149	0.138	0.107	0.130	0.120
laco/Lc	0.465	0.551	0.509	0.551	0.916	0.621	0.565	0.694	0.609	0.502	0.565	0.534	0.548	0.611	0.570	0.477	0.598	0.533	0.479	0.600	0.540
laco/hco	0.801	1.000	0.910	1.027	1.167	1.100	1.044	1.213	1.119	0.886	1.007	0.951	0.947	1.014	0.976	0.964	1.070	1.026	0.826	1.476	1.068
Lc/hco	1.555	2.098	1.791	1.264	1.931	1.786	1.741	1.907	1.840	1.717	1.833	1.780	1.569	1.831	1.714	1.766	2.061	1.932	1.472	2.668	1.981
lac/H	0.409	0.526	0.463	0.579	0.650	0.622	0.602	0.695	0.640	0.486	0.553	0.518	0.493	0.545	0.518	0.484	0.570	0.541	0.454	0.657	0.530
lac/SL	0.123	0.168	0.143	0.174	0.219	0.204	0.179	0.208	0.194	0.141	0.186	0.159	0.146	0.162	0.156	0.124	0.170	0.150	0.133	0.188	0.155
H/Sl	0.287	0.338	0.308	0.292	0.361	0.327	0.285	0.336	0.304	0.289	0.337	0.307	0.285	0.310	0.301	0.237	0.306	0.277	0.274	0.329	0.292
h/Sl	0.094	0.114	0.103	0.098	0.117	0.106	0.095	0.112	0.104	0.086	0.111	0.099	0.100	0.139	0.109	0.093	0.117	0.104	0.093	0.105	0.100
h/lpc	0.561	0.802	0.651	0.638	0.815	0.745	0.637	0.816	0.749	0.612	0.832	0.709	0.640	1.015	0.762	0.638	0.949	0.792	0.557	1.399	0.771

Prilog 4: Tablica vrijednosti morfometrijskih mjera.

	RURU1-RUR20			RUBA1-RUBA20			RUBA21-RUBA30			RUAU1-RUAU10			RUAU11-RUAU19			RUAU20-RUAU26			RUVI1-RUVI20		
	max	min	mean	max	min	mean	max	min	mean	max	min	mean	max	min	mean	max	min	mean	max	min	mean
TL	17.300	10.300	12.672	18.100	11.900	14.433	17.700	11.200	13.420	13.400	8.510	13.400	9.800	5.800	7.472	11.860	4.370	7.474	37.000	24.800	32.665
SL	14.080	8.230	10.269	15.300	9.700	11.940	15.000	9.200	11.200	11.100	7.000	11.100	7.400	4.500	5.778	9.800	3.540	6.094	31.400	20.400	27.050
Lc	3.440	1.970	2.471	3.610	2.250	2.816	3.530	2.350	2.811	2.640	1.850	2.640	1.980	1.130	1.504	2.360	0.960	1.544	6.720	4.590	6.023
pan	9.750	5.540	6.950	11.060	6.740	8.466	10.340	6.270	7.739	7.370	4.710	7.370	5.040	3.080	3.914	6.590	2.380	4.101	28.700	13.700	18.920
pA	10.150	5.700	7.266	10.550	7.030	8.759	10.720	6.590	8.042	7.750	4.950	7.750	5.270	3.250	4.121	6.930	2.460	4.304	22.800	14.900	19.923
Van	3.490	1.780	2.274	3.920	2.090	2.862	3.550	2.060	2.522	2.590	1.530	2.590	1.520	0.880	1.166	2.250	0.650	1.256	6.950	4.140	5.866
pV	6.920	3.960	4.974	7.990	4.030	6.112	7.520	4.680	5.706	5.210	3.400	5.210	3.720	2.350	2.917	4.730	1.800	3.026	15.900	10.100	13.392
pP	3.330	1.970	2.493	3.680	2.410	2.889	3.460	2.240	2.803	2.670	1.870	2.670	2.070	1.220	1.514	2.420	0.920	1.580	6.990	4.320	6.046
pD	7.300	3.990	5.279	8.140	5.010	6.303	7.620	4.790	5.856	5.830	3.740	5.830	2.800	4.040	5.830	5.130	1.860	3.221	16.300	10.700	13.934
lpC	2.370	1.110	1.633	2.130	1.350	1.711	2.370	1.140	1.573	1.510	1.080	1.510	1.100	0.670	0.829	1.380	0.440	0.807	5.220	2.030	3.629
ID	2.370	1.320	1.704	2.170	1.500	1.805	2.210	1.330	1.642	1.690	1.080	1.690	1.210	0.650	0.920	1.700	0.490	0.943	5.430	3.050	4.117
IA	1.890	0.950	1.344	1.800	1.030	1.405	1.720	1.060	1.358	1.270	0.820	1.270	0.970	0.540	0.723	1.320	0.400	0.724	4.200	2.230	3.026
IC	3.940	2.390	2.911	3.360	2.400	2.923	3.410	2.390	2.771	2.940	1.980	2.940	2.110	1.410	1.776	2.810	1.000	1.699	7.600	5.310	6.820
IP	2.560	1.480	1.899	2.680	1.880	2.209	2.580	1.830	2.140	2.120	1.250	2.120	1.390	0.880	1.084	1.810	0.640	1.080	5.500	3.280	4.419
IV	2.490	1.490	1.891	2.540	1.740	2.065	2.440	1.500	1.859	12.090	1.260	12.090	1.340	0.820	1.062	2.020	0.660	1.191	4.870	3.400	4.355
hco	2.000	1.000	1.390	2.000	1.370	1.581	2.020	1.270	1.530	1.460	1.010	1.460	1.160	0.710	0.879	1.280	0.480	0.813	3.640	2.080	3.072
H	4.720	2.360	3.183	5.080	2.880	3.916	4.770	2.760	3.414	3.470	2.050	3.470	2.270	1.380	1.741	3.000	0.890	1.739	9.470	5.610	7.903
h	1.540	0.800	1.057	1.600	1.070	1.269	1.590	0.930	1.167	1.140	0.700	1.140	0.790	0.480	0.628	1.120	0.340	0.654	3.180	1.910	2.696
laco	1.710	0.990	1.256	2.240	1.500	1.739	2.450	1.420	1.721	1.470	0.930	1.470	1.150	0.690	0.858	1.370	0.480	0.844	4.030	2.410	3.253
lac	2.350	1.010	1.482	3.210	1.690	2.436	3.120	1.710	2.187	1.830	1.050	1.830	1.200	0.700	0.902	1.670	0.440	0.957	5.880	2.900	4.204
io	1.380	0.760	0.945	1.670	0.970	1.164	1.460	0.920	1.099	1.120	0.670	1.120	0.770	0.470	0.602	1.010	0.320	0.610	2.900	1.720	2.393
Oh	0.800	0.560	0.638	0.770	0.590	0.648	0.770	0.590	0.667	0.660	0.520	0.660	0.680	0.380	0.481	0.590	0.300	0.420	1.310	0.990	1.154
prO	0.790	0.440	0.627	0.980	0.600	0.738	0.980	0.630	0.741	0.650	0.370	0.650	0.620	0.310	0.416	0.550	0.220	0.370	2.190	1.150	1.684
poO	1.870	0.800	1.221	1.860	1.120	1.445	1.810	1.130	1.312	1.410	0.930	1.410	0.800	0.520	0.651	1.270	0.430	0.791	3.740	2.290	3.210

Prilog 5. Prikaz udjela pojedine varijable jedinki za prvih 10 faktora (komponentata) na temelju korelacijske matrice (standardizacija alometrijskom transformacijom) te svojstvenih vrijednosti (eigenvalues) za pojedinu komponentu PCA-analize alometrijskih mjera.

Loadings	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7	Comp.8	Comp.9	Comp.10
TLT	-0.211									
LcT	-0.21					0.119				
panT	-0.207		0.179	0.629	-0.284	0.129	0.49	-0.21		0.147
paT	-0.21					0.199			0.109	
VanT	-0.209	0.136		0.204		0.269	-0.302	0.319		0.101
pVT	-0.21					0.229	-0.107	0.126	0.245	
pPT	-0.209			-0.258	0.143	0.284	-0.157		0.177	
pDT	-0.21		-0.111		-0.16			0.128		-0.166
lpCT	-0.202	-0.346	0.8				-0.273			
IDT	-0.209	-0.11	-0.311		-0.129	-0.196	-0.132			-0.19
IAT	-0.207	-0.118	-0.287	0.4	0.375		-0.394	-0.342		
ICT	-0.209	-0.278	-0.111			-0.265		0.235	-0.235	0.186
IPT	-0.21			-0.176		-0.233		-0.239	-0.259	-0.21
IVT	-0.21	-0.135				-0.202		-0.109	-0.5	
hcoT	-0.207		0.125		0.781		0.43	0.16		
HT	-0.21	0.115		0.125	-0.114		-0.179			
hT	-0.21							-0.105	-0.192	
lacoT	-0.208	0.341		-0.247				-0.164	-0.103	0.279
lacT	-0.204	0.721	0.105				-0.203			0.132
ioT	-0.209	0.111				-0.266	0.129		0.289	-0.683
OhT	-0.208	-0.195				-0.44		-0.132	0.572	0.463
prOT	-0.208	-0.134	-0.208	-0.407		0.472	0.274	-0.374		
poOT	-0.209				-0.195			0.546	-0.181	

Važnost komponenti		Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7	Comp.8	Comp.9	Comp.10	Comp.11	Comp.12
Standard deviation		4.7391848	0.347989666	0.328338156	0.246122839	0.216097048	0.179343014	0.164196269	0.160011396	0.140552733	0.131329	0.126527	0.11634
Proportion of variance		0.9765162	0.005265079	0.004687215	0.002633759	0.002030345	0.001398431	0.001172192	0.001113202	0.000858916	0.00075	0.000696	0.000588
Cumulative proportion		0.9765162	0.981781284	0.986468499	0.989102257	0.991132602	0.992531034	0.993703226	0.994816428	0.995675344	0.996425	0.997121	0.99771
EIGENVALUES		22.4598270	0.121096808	0.107805945	0.060576452	0.046697934	0.032163917	0.026960415	0.025603647	0.019755071	0.017247	0.016009	0.013535
		Comp.13	Comp.14	Comp.15	Comp.16	Comp.17	Comp.18	Comp.19	Comp.20	Comp.21	Comp.22	Comp.23	
Standard deviation		0.097881544	0.090903328	0.081421791	0.07924686	0.076080813	0.067053172	0.06519065	0.056527734	0.050314354	3.30E+04	2.39E+04	
Proportion of variance		0.000416556	0.000359279	0.00028824	0.000273046	0.000251665	0.000195484	0.000184775	0.00013893	0.000110067	4.73E+01	2.49E+01	
Cumulative proportion		0.998126304	0.998485583	0.998773822	0.999046869	0.999298533	0.999494017	0.999678792	0.999817722	0.999927789	1.00E+06	1.00E+06	
EIGENVALUES		0.009580797	0.008263415	0.006629508	0.006280065	0.00578829	0.004496128	0.004249821	0.003195385	0.002531534	1.09E+09	5.73E+08	

Prilog 6. Prikaz udjela pojedine varijable jedinki za prvih 10 faktora (komponentata) na temelju korelacijske matrice (morfometrijski omjeri) te svojstvenih vrijednosti (eigenvalues) za pojedinu komponentu PCA-analize morfometrijskih omjera.

Loadings	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7	Comp.8	Comp.9	Comp.10
SL.TL	0.217	-0.225		-0.198	-0.143			0.218		0.265
Lc.SL	-0.196	0.135	0.103	-0.276	-0.249	0.178		0.15	-0.135	-0.377
pan.SL	0.268	0.118	-0.138			0.286	0.11		-0.188	-0.123
pA.SL	0.205			0.202	0.1	0.411	0.232		-0.245	
pV.SL	0.172	0.132			0.125	0.192	0.38	-0.196	-0.111	-0.251
pD.SL		0.135	0.106	0.151		-0.262	0.457	-0.345	0.289	0.234
lpc.SL			-0.34	-0.263	0.164	0.145	-0.307	-0.29		0.178
Van.SL	0.243		-0.238		-0.153	0.139			-0.106	
ID.SL	-0.102		-0.272	0.302	-0.342				0.202	
IA.SL		0.139	-0.265	0.12	-0.25	0.133		0.146	0.357	0.108
IC.SL	-0.285	0.152						-0.124		-0.148
IP.SL		0.336		-0.117	-0.184			-0.178		
IV.SL					-0.312	-0.269		-0.168	-0.386	0.11
hco.H	-0.218	0.274	0.124		0.13		0.186	0.27		0.136
h.H	-0.147	0.131	0.301	0.24		0.152	-0.264		-0.234	0.223
lac.laco	0.302	-0.102	-0.105		-0.139					0.127
io.laco	-0.105	-0.224	-0.244	0.159		-0.34			-0.289	-0.218
io.Lc	0.164		-0.174	0.179	0.272	-0.439	-0.162	0.101	-0.251	-0.169
Oh.Lc	-0.195	0.309			0.147	-0.152			0.103	-0.229
prO.Lc	0.101			0.359	0.276	0.177	-0.119	-0.189		0.188
poO.Lc				-0.196	-0.225	-0.103	0.204	-0.374	-0.375	0.27
laco.SL	0.121	0.395	0.171	-0.123						-0.153
laco.Lc	0.246	0.257			0.193	-0.108	-0.199			
laco.hco	0.228		0.277				-0.319	-0.285	0.153	-0.25
Lc.hco		-0.303	0.258		-0.175		-0.132	-0.373	0.129	-0.314
lac.H	0.268	0.152	0.213	-0.147		-0.105		0.131		
lac.SL	0.308	0.173		-0.114	-0.112	-0.108				
H.SI	0.213	0.121	-0.34		-0.201					-0.155
h.SI		0.279		0.304	-0.231	0.101	-0.277		-0.2	0.109
h.lpc			0.27	0.423	-0.291		0.181	0.234		-0.126

Važnost komponenti		Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7	Comp.8	Comp.9	Comp.10	Comp.11	Comp.12	Comp.13	Comp.14	Comp.15
Standard deviation		2.812997	2.0940227	1.72007522	1.51660669	1.33423707	1.18329658	1.1488773	1.09986163	1.05682538	0.965291	0.936779	0.863621	0.763187	0.708724	0.677327
Proportion of Variance		0.263765	0.1461644	0.09862196	0.07666986	0.05933962	0.04667303	0.0439973	0.04032319	0.03722933	0.03106	0.029252	0.024861	0.019415	0.016743	0.015292
Cumulative proportion		0.263765	0.4099294	0.50855137	0.58522123	0.64456085	0.69123388	0.7352312	0.77555436	0.81278369	0.843843	0.873095	0.897957	0.917372	0.934115	0.949407
EIGENVALUES		7.91295E+12	4.38493E+14	2.95866E+16	2.3001E+16	1.78019E+16	1.40019E+16	1.32E+14	1.2097E+16	1.1169E+16	0.931787	0.877556	0.745842	0.582455	0.502289	0.458772
		Comp.16	Comp.17	Comp.18	Comp.19	Comp.20	Comp.21	Comp.22	Comp.23	Comp.24	Comp.25	Comp.26	Comp.27	Comp.28	Comp.29	Comp.30
Standard deviation		0.58773114	0.534550022	0.517168213	0.460570918	0.386891765	0.359786244	0.2790796	0.16418012	0.09204501	0.086789	5.18E+04	4.39E+04	3.21E+04	0.02833	2.47E+04
Proportion of Variance		0.01151426	0.009524791	0.008915432	0.007070852	0.004989508	0.004314871	0.0025962	0.0008985	0.00028241	0.000251	8.93E+01	6.43E+01	3.43E+01	2.68E-05	2.04E+01
Cumulative proportion		0.96092129	0.97044608	0.979361512	0.986432365	0.991421873	0.995736744	0.9983329	0.99923143	0.99951384	0.999765	1.00E+06	1.00E+06	0.99998	1.00E+06	1.00E+06
EIGENVALUES		0.345427893	0.285743726	0.267462961	0.212125571	0.149685238	0.129446141	0.0778854	0.02695511	0.00847228	0.007532	2.68E+09	1.93E+09	1.03E+09	0.000803	6.11E+08

Prilog 7. Fischer LSD test alometrijskih vrijednosti , p – vrijednosti ($\alpha = 0.05$)

Žutom bojom označeni su odnosi između odvojenih populacija iste vrste. Polja osjenčana crvenom bojom ne predstavljaju statistički značajnu razliku između prosjeka uzoraka ($\alpha > 0.05$). U poljima koja su označena s (***) $p < 0.00001$.

Legenda:

RURU	<i>R. rutilus</i> - Mura
RUVI	<i>R. virgo</i> - Dobra
RUBAR	<i>R. basak</i> – Vrljika, most Runovići
RUBAI	<i>R. basak</i> – Vrljika, izvorište
RUAUB	<i>R. aula</i> - Boljunčica
RUAUJ	<i>R. aula</i> – Jaruga
RUAUR	<i>R. aula</i> – Raša

	TLT	LcT	panT	paT	VanT	pVT	pPT	pDT	lpCT	IDT	IAT	ICT	IPT	IVT	hcoT	HT	hT	lacoT	lacT	ioT	OhT	prOT	poOT	
RUAUB - RUAUJ	****	****	****	****	****	****	****	****	0.0033	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	0.0025	****	
RUAUB - RUAUR	****	****	****	****	****	****	****	****	0.0037	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	0.0002	****	
RUAUJ - RUAUR	0.8782	0.3944	0.1294	0.324	0.4722	0.4075	0.4409	0.4271	0.8692	0.9492	0.8454	0.4691	0.9531	0.7294	0.4469	0.7454	0.6946	0.735	0.7547	0.9285	0.001	0.348	0.0173	
RUBAI - RUBAR	****	0.9739	****	****	****	0.0005	0.3198	0.0049	0.2226	0.004	0.4286	0.0674	0.2785	0.0002	0.4415	****	0.0001	0.5615	0.0006	0.0712	0.0813	0.8725	0.0035	
RUAUB - RUVI	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	
RURU - RUBAI	****	****	****	****	0.001	****	0.0001	0.0003	0.5692	0.2618	0.7748	0.0876	****	0.5356	0.0249	0.003	****	****	****	****	****	0.0159	0.0009	0.0316
RURU - RUBAR	****	****	****	****	****	****	****	****	0.4233	0.0281	0.1884	0.8795	****	****	0.0003	****	****	****	****	****	0.3972	0.0001	****	
RUAUB - RURU	****	****	****	****	0.0001	****	0.0001	0.0016	0.0021	****	****	****	0.0004	****	0.0583	****	****	0.162	0.6046	0.0605	0.027	0.0061	0.2018	
RUAUB - RUBAI	****	****	****	****	****	****	****	****	0.027	0.0001	****	0.0205	****	****	0.0005	****	****	****	****	****	****	****	0.0035	
RUAUB - RUBAR	****	****	****	****	****	****	****	****	0.0002	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	0.0003	****	****	
RUVI - RUAUJ	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	
RUVI - RURU	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	
RUVI - RUAUR	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	
RUVI - RUBAI	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	
RUVI - RUBAR	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	
RUAUJ - RURU	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	
RUAUJ - RUBAI	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	
RUAUJ - RUBAR	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	
RURU - RUAUR	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	
RUAUR - RUBAI	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	
RUAUR - RUBAR	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	

