

UNIVERZITET U BEOGRADU

BIOLOŠKI FAKULTET

Nenad K. Sekulić

**Ekološke karakteristike i morfološko-
genetička diferencijacija populacija
crnke (*Umbra krameri* Walbaum, 1792)
sa područja Bačke, Mačve i Semberije**

Doktorska disertacija

Beograd, 2013

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF BIOLOGY

Nenad K. Sekulić

**Ecological characteristics and
morphological-genetic differentiation in
populations of European mudminnow
(*Umbra krameri* Walbaum, 1792) from
Bačka, Mačva and Semberija**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2013

MENTORI:

Dr Jasmina Krpo-Ćetković, docent,
Univerzitet u Beogradu – Biološki fakultet

Dr Saša Marić, docent,
Univerzitet u Beogradu – Biološki fakultet

ČLANOVI KOMISIJE ZA PREGLED, OCENU I ODBRANU:

Dr Jasmina Krpo-Ćetković, docent,
Univerzitet u Beogradu – Biološki fakultet

Dr Saša Marić, docent,
Univerzitet u Beogradu – Biološki fakultet

Dr Vida Jojić, naučni saradnik,
Univerzitet u Beogradu – Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković"

Dr Aleksandar Hegediš, docent,
Univerzitet u Beogradu – Biološki fakultet, i
viši naučni saradnik Instituta za multidisciplinarna istraživanja

Dr Mirjana Lenhardt, naučni savetnik,
Univerzitet u Beogradu – Institut za multidisciplinarna istraživanja,
Institut za biološka istraživanja "Siniša Stanković"

Datum odbrane: _____

PREDGOVOR

Ova doktorska disertacija realizovana je na Katedri za ekologiju i geografiju životinja Biološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na Biotehničkom fakultetu Univerziteta u Ljubljani, u Institutu za biološka istraživanja "Siniša Stanković" Univerziteta u Beogradu i u Zavodu za zaštitu prirode Srbije u Beogradu.

Posebnu zahvalnost u izradi disertacije dugujem:

- ❖ mentorima - docentu dr Jasmini Krpo-Ćetković i docentu dr Saši Mariću na odabiru teme i usmeravanju moga rada, na istrajnosti i podršci tokom svih ovih godina, svesrdnoj pomoći tokom obrade i analize materijala i pisanju teze;
- ❖ naučnom saradniku dr Vidi Jojić na svemu što sam naučio o metodama geometrijske morfometrije i analizama morfološke varijabilnosti kao i na svim primedbama i komentarima tokom pisanja teze;
- ❖ docentu i višem naučnom saradniku dr Aleksandru Hegedišu na korisnim savetima i
- ❖ naučnom savetniku dr Mirjani Lenhardt na vrednim sugestijama pri čitanju teze;
- ❖ Laslu Galambošu iz Pokrajinskog zavoda za zaštitu prirode iz Novog Sada na nesebičnoj i velikoj pomoći u organizaciji i realizaciji terenskih istraživanja i prikupljanju uzoraka;
- ❖ Dejanu Radoševiću iz Republičkog zavoda za zaštitu kulturno-istorijskog i prirodnog nasleđa Republike Srpske na ustupljenoj literaturi i pri istraživanjima na Gromiželju, kao i Žarku Vikiću iz Bjeljine pri izlovu crnke, bez čije košare ne bismo došli do uzorka;
- ❖ Katarini Bjelanović, istraživaču saradniku Biološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na prikupljanju, determinaciji i analizi beskičmenjaka sa istraživanih lokalitetima i želudačno-crevnog sadržaja uzoraka;
- ❖ dr Biljani Panjković, direktorki Pokrajinskog zavoda za zaštitu prirode na tehničkoj podršci i materijalnoj pomoći u realizaciji terenskih istraživanja oko Bačkog Monoštora i u Specijanom rezervatu prirode „Zasavica“;
- ❖ Vladislavu Miloševu, direktoru Vodoprivrednog preduzeća „Zapadna Bačka“ iz Sombora, na podacima o detaljnoj kanalskoj mreži i drugim hidrotehničkim objektima na području Bačkog Monoštora;

- ❖ mr Borisu Ergu, direktoru IUCN Programske kancelarije za jugoistočnu Evropu u Beogradu, na informaciji o nalazu crnke na lokalitetu Lugomir;
- ❖ Daliboru Radovanoviću iz Salaša Noćajskog na ustupljenim jedinkama crnke iz Bakrenog Batara;
- ❖ Slobodanu Simiću, upravniku Specijalnog rezervata prirode „Zasavica“, Mihajlu Stankoviću i svim ostalim saradnicima Pokreta Gorana iz Sremske Mitrovice, kao upravljača zaštićenog područja;
- ❖ Zavodu za zaštitu prirode Srbije na tehničkoj i materijalnoj podršci tokom doktorskih studija i dragim kolegamicama i kolegama na razumevanju;
- ❖ roditeljima, prijateljima i mojim devojkama.

Ekološke karakteristike i morfološko-genetička diferencijacija populacija crnke (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) sa područja Bačke, Mačve i Semberije

REZIME

Crnka (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) je jedina autohtona i reliktna vrsta iz roda *Umbra* prisutna u Evropi, endemična za basene Dunava i Dnjestra. U okviru današnjeg diskontinuiranog areala, usled isušivanja i zagađivanja staništa, populacije crnke značajno su smanjene poslednjih decenija XX veka. Iz navedenih razloga crnka se nalazi na IUCN Crvenoj listi ugroženih vrsta i ima status ranjive vrste (VU). Na nacionalnom nivou ima status kritično ugrožene vrste (CR) i nalazi se u neposrednoj opasnosti od iščezavanja.

U ovoj disertaciji su uz distribuciju vrste u Srbiji i Bosni i Hercegovini, sa novozabeleženom populacijom u Srbiji (lokalitet Lugomir), prikazani i rezultati analize ekoloških karakteristika i morfološko-genetičke diferencijacije istraživanih populacija, a dat je i status ugroženosti vrste na nacionalnom nivou sa ugrožavajućim faktorima i merama zaštite i očuvanja.

Za potrebe rada uzorkovano je ukupno 76 jedinki iz tri populacije, dve iz Srbije (23 jedinke sa lokaliteta Lugomir i 21 jedinka sa lokaliteta Bakreni Batar) i jedna iz Bosne i Hercegovine (32 jedinke sa lokaliteta Gromiželj). Za svaki istraživani lokalitet određeni su osnovni geografski parametri (geografska dužina, širina i nadmorska visina) i fizičko-hemijske karakteristike staništa (širina vodenog basena, dubina vode i mulja, temperatura vode i vazduha, pH vrednost, elektroprovodljivost, koncentracija kiseonika, saturacija kiseonikom, koncentracije amonijaka, nitrita i fosfata). Sve jedinke u uzorku su prvo fotografisane za potrebe analiza geometrijske morfometrije, a nakon toga su im merene totalna (TL) i standardna (SL) dužina tela i težina tela za potrebe analize strukture populacija. Takođe, jedinkama su uzete gonade za utvrđivanje pola, uzorci digestivnog trakta za analizu ishrane, uzorci krljušti za određivanje starosti i uzorci tkiva za analizu genetičke varijabilnosti. Na svim istraživanim lokalitetima utvrđen je kvalitativni sastav biljaka i riba, a izvršeno je i uzorkovanje beskičmenjaka iz mulja i submerzne vegetacije u cilju utvrđivanja njihovog kvalitativnog i kvantitativnog sastava i analize ishrane crnke. Sva tri istraživana lokaliteta prema analiziranim fizičko-

hemijskim parametrima i sastavom zajednice biljaka i riba predstavljaju tipična staništa crnke.

Analizom procentualne zastupljenosti glavnih grupa beskičmenjaka ustanovljeno je da su na svim istraživanim lokalitetima prisutni predstavnici Mollusca, Isopoda, Odonata, Coleoptera, Heteroptera i Chironomidae. Među najzastupljenijim beskičmenjacima nalaze se predstavnici grupe Isopoda, koji su prisutni na sva tri lokaliteta, zatim grupa Heteroptera i Megaloptera u Bakrenom Bataru, odnosno Heteroptera i Odonata u kanalima na Lugomiru, kao i Odonata i Chironomidae na lokalitetu Gromiželj.

Struktura populacija analizirana je na osnovu izmerene totalne dužine i težine tela i utvrđenog pola i starosti uzorkovanih jedinki. Totalne dužine tela uzoraka sa lokaliteta Lugomir i Bakreni Batar imaju približnu vrednost koja se kreće od 53,3 do 82,4 mm, odnosno 60,1 do 83,2 mm, sa izmerenim težinama od 1,5 do 5,9 g, odnosno od 1,5 do 6,6 g. U uzorku sa lokaliteta Gromiželj totalna dužina tela iznosi od 24,3 do 102,9 mm a težina od 0,1 do 16,4 g. U svim uzorcima dominiraju jedinke mlađih uzrasnih kategorija (1^+ i 2^+), s tim da su na Gromiželju detektovane i juvenilne jedinke (0^+), kao i jedinke starijih uzrasnih kategorija (3^+ i 4^+). U odnosu na polnu strukturu, u uzorcima iz Lugomira i Bakrenog Batara dominiraju mužjaci, a iz Gromiželja ženke.

Analizom tempa dužinskog i težinskog rasteća ustanovljena je statistički značajna razlika u totalnoj dužini tela samo kod uzrasne klase 1^+ između jedinki sa lokaliteta Gromiželj i Bakreni Batar. Za uzorak sa Gromiželja utvrđeni su i parametri rasta prema modelu von Bertalanffy-ja ($L_\infty = 117,76$, $K = 0,449$, $t_0 = 0,447$). Dobijene vrednosti faktora alometrije b variraju od 2,619 do 3,684, što ukazuje na to da ribe iz sva tri uzorka imaju alometrijski rast. Opadajuće vrednosti Fultonovog faktora kondicije u odnosu na dužinu tela registrovane su samo kod ženki i na nivou uzorka sa lokaliteta Lugomir, dok u ostalim slučajevima Fultonov faktor kondicije raste sa porastom dužine. Alometrijski faktor kondicije neznatno opada sa porastom dužine na nivou uzoraka sa sva tri lokaliteta i odvojeno po polovima, izuzev kod mužjaka sa lokaliteta Lugomir, kod kojih vrednost alometrijskog faktora kondicije raste sa porastom dužine.

Na osnovu želudačno-crevnog sadržaja uzoraka analizirana je ishrana crnke (indeks vakuiteta, spektar ishrane, prosečan broj komada plena po stomaku predatora i širina niše). U odnosu na vrste plena, predstavnici familije Chironomidae

najzastupljeniji su kod jedinki sa lokaliteta Lugomir, dok je kod jedinki iz Gromiželja i Bakrenog Batar najčešći plen *Asellus aquaticus* (Isopoda).

Primenom metoda geometrijske morfometrije prvi put je kod crnke analizirana varijabilnost spoljašnje morfologije, odnosno veličine i oblika tela. Korišćenjem molekularno-genetičkih metoda u kojima su kao genetički markeri upotrebljene ponavljajuće sekvence jedarne DNK – mikrosateliti i mitohondrijalna DNK (citohrom b), utvrđena je i genetička raznovrsnost analiziranih populacija. Poređenjem rezultata geometrijsko-morfometrijskih i molekularno genetičkih analiza uočava se visok stepen njihove podudarnosti. Dunavska populacija sa lokaliteta Lugomir se diferencirala u odnosu na savske populacije sa lokaliteta Bakreni Batar i Gromiželj, koje pokazuju znatno veći stepen međusobne sličnosti i srodnosti. Na ovako jasnu diferencijaciju upućuje vizuelno razdvajanje analiziranih populacija po prvoj kanonijskoj osi, statističke značajnosti izračunatih Prokrustovih distanci, UPGMA fenogram, analize citohroma b mtDNK i mikrosatelitskih lokusa ("neighbour-joining" neukorenjeno stablo individua i "STRUCTURE" analiza). Uočeni fenetički i genetički odnosi analiziranih populacija crnke najverovatnije su posledica istorijskih, geografskih i ekoloških faktora.

Sadašnje prisustvo vrste na tri istraživana lokaliteta u Srbiji i Bosni i Hercegovini, koji se nalaze izvan postojećih granica areala navedenih u savremenoj literaturi, dopunjava sliku o njenom rasprostranjenju u Evropi i sugeriše mogućnost postojanja dodatnih populacija. Rezultati istraživanja ovog rada predstavljaju doprinos poznavanju ekologije crnke, kao i morfološke i genetičke varijabilnosti njenih populacija. U skladu sa nacionalnom legislativom, uz donošenje odgovarajućih planskih dokumenata, saznanja do kojih se došlo predstavljaju osnovu za primenu aktivnih mera zaštite ove, na globalnom nivou, ugrožene vrste.

Ključne reči: *Umbra krameri*, Srbija, Bosna i Hercegovina, distribucija, ekološke karakteristike, geometrijska morfometrija, genetička varijabilnost, ugroženost, zaštita.

Naučna oblast: Ekologija

Uža naučna oblast: Ekologija riba

UDK: [573.7+574.2]:597.552.1(497.11)(497.6)(043.3)

Ecological characteristics and morphological-genetic differentiation in populations of European mudminnow (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) from Bačka, Mačva and Semberija

ABSTRACT

European mudminnow (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) is the only autochthonous and relic species of the genus *Umbra* present in Europe, and it is endemic for the Danube and Dniester river basins. In scope of its present discontinuous range, due to habitat desiccation and pollution, the populations of European mudminnow significantly decreased during the last decades of the 20th century. For this reason it is listed on the IUCN Red List of Threatened Species as Vulnerable (VU). At the national level, it is listed as Critically Endangered (CR), with a serious threat to be soon extinct.

The range of the species in Serbia and in Bosnia and Herzegovina is presented in this dissertation, including a newly recorded population in Serbia (locality Lugomir), along with the results of ecological and morphological-genetic differentiation of the analysed populations, and the threat status at the national level with threat factors and conservation measures.

A total of 76 individuals from three populations, two from Serbia (23 individuals from Lugomir and 21 individuals from Bakreni Batar) and one from Bosnia and Herzegovina (32 individuals from Gromiželj), were sampled. Basic geographical parameters (longitude, latitude, altitude) were determined for each locality, along with physical and chemical habitat parameters (width of the water basin, water and silt depth, water and air temperature, pH, electroconductivity, oxygen concentration, oxygen saturation, ammonia, nitrites, phosphates). All sampled individuals were photographed for the purpose of geometric morphometrics analyses, and their total (TL) and standard (SL) body length and body weight were measured for population structure analyses. Furthermore, gonads were taken for sex determination, digestive tract for diet analysis, scales for age determination, and tissue samples for genetic variability analysis. Species composition of aquatic plants and fishes was determined at all localities, and invertebrates from mud and submersed vegetation were sampled with the aim to determine their diversity and to analyse the diet of European mudminnow. For their

physical-chemical parameters and aquatic plant and fish species composition all three studied localities represent typical habitats of European mudminnow.

The analysis of invertebrate assemblages showed that representatives of Mollusca, Isopoda, Odonata, Coleoptera, Heteroptera, and Chironomidae were present at all localities. Among the most abundant invertebrates are Isopoda, which were present at all three localities, followed by Heteroptera and Megaloptera in Bakreni Batar, Heteroptera and Odonata in channels of Lugomir, and Odonata and Chironomidae in Gromiželj.

Population structure was analysed according to measured total body lengths and weights, and determined sex and age of specimens. Total body lengths in Lugomir and Bakreni Batar are similar and range from 53.3 to 82.4 mm, and from 60.1 to 83.2 mm, respectively, as well as weights, ranging from 1.5 to 5.9 g, and from 1.5 to 6.6 g, respectively. In the sample from Gromiželj, the total body length ranges from 24.3 to 102.9 mm, and weight from 0.1 to 16.4 g. Younger age classes (1⁺ and 2⁺) dominate in all samples, and in Gromiželj even juvenile individuals were detected (0⁺), as well as individuals from older age classes (3⁺ and 4⁺). The sex ratio indicates that males dominate in the samples from Lugomir and Bakreni Batar, and females from Gromiželj.

Length and weight growth analysis showed that there is a statistically significant difference only in total body lengths of individuals aged 1⁺ from Gromiželj and Bakreni Batar. The parameters of the von Bertalanffy's growth model for the sample from Gromiželj were $L_{\infty} = 117.76$, $K = 0.449$, and $t_0 = 0.447$. The estimated values of the allometric coefficient b vary from 2.619 to 3.684, indicating that individuals from all three samples have an allometric growth. Fulton's condition factor decreases with increasing body length only in females and in the overall sample from the locality Lugomir, while in other cases it increases with increasing body length. The allometric condition factor slightly decreases with increasing body length in all three overall samples and between sexes, except in males from the locality Lugomir, in which it increases with increasing body length.

The diet of European mudminnow was analysed according to its gastrointestinal contents (vacuity index, food spectrum, average number of prey items per predator stomach, and niche breadth). The representatives of the family Chironomidae were the most frequent prey of specimens from the locality Lugomir, while *Asellus aquaticus* (Isopoda) was the most frequent prey of specimens from Gromiželj and Bakreni Batar.

The morphological variability, namely body size and shape, was analysed for the first time in European mudminnow by using the methods of geometric morphometrics. By applying the molecular-genetic methods, in which repetitive sequences of nuclear DNA were used – microsatellites and mitochondrial DNA (cytochrome b), the genetic diversity of the analysed populations was determined. The comparison of the results of geometric morphometrics and molecular genetic analyses indicates a high level of their congruence. The Danube River population from the locality Lugomir is differentiated from the Sava River populations from the localities Bakreni Batar and Gromiželj, which show a significantly higher level of mutual similarity and relatedness. Such clear differentiation is indicated by visual separation of the analysed populations across the first canonical axe, as well as by statistical significance of the estimated Procrustes distances, the UPGMA phenogram, mtDNA cytochrome b analysis, and microsatellite loci analysis ("neighbour-joining" unrooted tree of individuals and "STRUCTURE" analysis). Observed phenetic and genetic relationships of the analysed populations of European mudminnow are most probably the consequence of historical, geographical, and ecological factors.

The current presence of European mudminnow at three studied localities in Serbia and in Bosnia and Herzegovina, which are positioned outside the range limits cited in literature, supplement the knowledge on its distribution in Europe and suggest a possibility for existence of other populations, which all represents a good basis for species conservation and return to its extinct habitats. The results of this research represent a contribution to the knowledge of ecology of this species and of its morphological and genetic population variability. In keeping with the national legislation, following the adoption of adequate documents and measures, the obtained data offer a good basis for conservation and management of this globally threatened species.

Key words: *Umbra krameri*, Serbia, Bosnia and Herzegovina, distribution, ecological characteristics, geometric morphometrics, genetic variability, vulnerability, conservation.

Scientific field: Ecology

Specific scientific field: Fish Ecology

UDK: [573.7+574.2]:597.552.1(497.11)(497.6)(043.3)

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Uvodne napomene	1
1.2. Objekat istraživanja	2
1.2.1. Karakteristike familije Umbridae	2
1.2.2. Karakteristike vrste <i>Umbra krameri</i>	3
1.2.2.1. Biologija	3
1.2.2.2. Rasprostranjenje	7
1.2.2.3. Ugroženost i status zaštite	8
1.3. Morfološka i molekularno-genetička istraživanja riba	11
1.3.1. Geometrijska morfometrija.....	12
1.3.2. Genetički markeri	15
1.3.2.1. Mitohondrijalna DNK	16
1.3.2.2. Mikrosatelitska DNK.....	18
1.3.3. Pregled dosadašnjih molekularno-genetičkih istraživanja sprovedenih na crnki.....	20
1.4. Istraživana područja.....	21
1.4.1. Lugomir	22
1.4.2. Bakreni Batar	24
1.4.3. Gromiželj	26
2. Ciljevi rada	28
3. Materijal i metode	29
3.1. Materijal i tehnike uzorkovanja.....	29
3.2. Analiza podataka	32
3.2.1. Struktura populacija i dužinsko i težinsko rastenje	32
3.2.2. Ishrana	34
3.2.3. Geometrijska morfometrija.....	36
3.2.3.1. Način prikupljanja i uređivanja podataka.....	36
3.2.3.2. Statistička obrada podataka	38
3.2.4. Analiza genetičke varijabilnosti crнке	40

3.2.4.1. Izolacija DNK.....	40
3.2.4.2. Amplifikacija mitohondrijalne DNK, sekvenciranje i analiza podataka	40
3.2.4.3. Amplifikacija mikrosatelitskih lokusa i analiza podataka.....	41
4. Rezultati	43
4.1. Rasprostranjenje vrste u Srbiji i Bosni i Hercegovini i ekološke karakteristike staništa	43
4.2. Struktura populacija.....	51
4.2.1. Dužinske klase.....	51
4.2.2. Težinske klase	55
4.2.3. Uzasne klase.....	59
4.2.4. Polna struktura.....	64
4.3. Dužinsko-težinski rast	66
4.3.1. Analiza dužinskog rasteanja.....	66
4.3.2. Analiza težinskog rasteanja	71
4.3.3. Odnos dužine i težine	75
4.4. Ishrana	88
4.5. Morfološka varijabilnost	95
4.6. Genetička varijabilnost – analiza citohroma b mitohondrijalne DNK	100
4.7. Genetička varijabilnost – analiza mikrosatelitske DNK.....	100
4.8. Diferencijacija populacija, grupisanje i introgresija.....	101
5. Diskusija	103
5.1. Rasprostranjenje vrste, ekološke karakteristike staništa, ugrožavajući faktori	103
5.2. Struktura populacija.....	108
5.3. Dužinsko i težinsko rasteanje	111
5.4. Ishrana	115
5.5. Morfološko-genetička diferencijacija.....	118
5.5.1. Morfološka diferencijacija.....	118
5.5.2. Genetička diferencijacija	120
5.6. Ekološke karakteristike i morfološko-genetička diferencijacija	122
5.7. Mere zaštite i očuvanja vrste	126
6. Zaključci	130

7. Literatura	134
Prilozi	157
Biografija autora	
Izjava o autorstvu	
Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije	
Izjava o korišćenju.....	

1. UVOD

1.1. Uvodne napomene

Stabilnost pojedinačnih ekosistema, kao i biosfere u celini, zasniva se u velikoj meri na diverzitetu vrsta. Zbog toga se nestajanje vrsta, kao i smanjivanje biološke raznovrsnosti, smatraju najozbiljnijim globalnim posledicama ugrožavanja životne sredine (Cunningham *et al.*, 2003).

Prema podacima Međunarodne unije za zaštitu prirode (engl. *International Union for Conservation of Nature*), na osnovu procene statusa ugroženosti za 4% (65 518) od ukupnog broja opisanih vrsta koje danas žive na Zemlji (1 728 830), ugroženo je 20 219, odnosno 1,17%. U odnosu na broj vrsta riba na svetskom nivou, od 32 400 opisanih vrsta procena statusa je izvršena za 33% (10 590), pri čemu je utvrđeno da je trenutno ugroženo 2 058 vrsta, odnosno 6,35% (IUCN, 2012b).

Stanje slatkovodnih riba zabrinjavajuće je u čitavom svetu pošto je trećina svih poznatih vrsta izumrla ili su ozbiljno ugrožene. Mnoge od ovih vrsta predstavljene su malim, fragmentisanim populacijama, čija je budućnost neizvesna (Crivelli *et al.*, 2000). Gubitak biodiverziteta, kao i činjenica da je trenutno jedna od četiri vrste u Evropi ugrožena od izumiranja, predstavljaju ogroman izazov za Evropsku Uniju (Freyhof & Brooks, 2011).

Rezultati prve regionalne procene stanja biodiverziteta u Evropi i rada na Crvenoj listi slatkovodnih riba Evrope pokazuju da je više od trećine vrsta ugroženo (37%), dok se 4% smatra skoro ugroženim, tako da predstavljaju jednu od najugroženijih grupa u odnosu na druge analizirane organizme (akvatične biljke – 7%, dnevni leptiri – 9%, ptice – 13%, sisari i vilini konjici – po 15%, gmizavci – 19%, terestrični mekušci – 20%, vodozemci – 23%, slatkovodni mekušci – 44%). Na globalnom nivou, do sada je iščezlo najmanje 13 evropskih slatkovodnih vrsta riba, a moguće je da je još pet vrsta izumrlo, dok se nekoliko vrsta nalazi u neposrednoj

opasnosti od izumiranja. Za 17% evropskih vrsta slatkovodnih riba i kolousta populacije su u opadanju, samo 1% vrsta je u porastu, a 6% se smatra stabilnim. Za preostalih 76% vrsta nema dovoljno podataka da bi se definisao trend njihovih populacija (Freyhof & Brooks, 2011).

1.2. Objekat istraživanja

1.2.1. Karakteristike familije Umbridae

Familija Umbridae zajedno sa familijom Esocidae pripada redu Esociformes, maloj grupi slatkovodnih riba (12 vrsta) koje naseljavaju severnu zemljinu hemisferu (Nelson, 2006). U okviru familije Umbridae opisani su rodovi *Dallia*, *Novumbra* i *Umbra* sa ukupno sedam slatkovodnih vrsta (López *et al.*, 2000). Rod *Dallia* obuhvata tri vrste. Na teritoriji Rusije opisane su *D. admirabilis* (Chereshnev, 1980), *D. delicatissima* (Smitt, 1881) i *D. pectoralis* (Bean, 1880), koja naseljava i Aljasku. Jedina vrsta monotipskog roda *Novumbra*, *N. hubbsi* (Schultz, 1929) rasprostranjena je na teritoriji severne Amerike. Rod *Umbra* obuhvata tri vrste, dve opisane na teritoriji severne Amerike – *U. limi* (Kirtland, 1840) i *U. pygmaea* (DeKay, 1842) i jednu na teritoriji Evrope – *U. krameri* Walbaum, 1792. Početkom XX veka *U. pygmaea* introdukovana je u zemlje zapadne i centralne Evrope (Nemačka, Belgija, Holandija, Francuska, Poljska i Danska) (Verreycken *et al.*, 2010).

Na osnovu paleontoloških nalaza, najstariji predstavnik familije Umbridae u Evropi jeste primitivni rod *Boltyshia* (Sytchevskaya & Daniltschenko, 1975) iz Ukrajine, koji potiče najkasnije iz Paleocena. Tokom srednjeg Eocena razvio se i primitivni rod *Palaeoesox* (Voigt, 1934) pronađen u Nemačkoj. Najstariji poznati predstavnik recentnog roda *Umbra* jeste vrsta *U. prochazkai* (Obrhelová, 1978) iz kasnog Oligocena (između 26,8 i 24,5 miliona godina) sa severa Republike Češke. Od tada pa do srednjeg Miocena, tokom najmanje 10 do 20 miliona godina, rodovi *Palaeoesox* i *Umbra* su postojali istovremeno (Gaudant, 2012).

Za predstavnike familije Umbridae karakteristično je da su to male ribe sa kratkim rilom, nazubljenih vilica, bez masnog peraja, trbušnih peraja oko sredine tela, lednog iza

osnove trbušnih peraja, peraja bez bodlji i zaobljenog repnog peraja (Kottelat & Freyhof, 2007). Predstavljaju primarno slatkovodne ribe, tipično holarktičkog rasprostranjenja (Holčík *et al.*, 1989; Nelson, 2006), imaju isprekidan areal (Vuković & Ivanović, 1971) i nastanjuju sporotekuće i stajaće vode (Simonović, 2001). Jedna su od najotpornijih grupa riba koja podnosi niske koncentracije kiseonika (< 0,5 ml/l), opstaje u ekstremnim letnjim uslovima u mulju i prezimljuje pod ledom (Graham, 1997; Helfman *et al.*, 2009).

1.2.2. Karakteristike vrste *Umbra krameri*

1.2.2.1. Biologija

Oko taksonomskog statusa vrste *Umbra krameri* – crnka, nema nesuglasica (Shiino, 1976; Nelson, 1994; Eschmeyer, 1998; Banks *et al.*, 2003; <http://www.itis.gov>):

Regnum	Animalia
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Superclassis	Osteichthyes
Classis	Actinopterygii
Subclassis	Neopterygii
Infraclassis	Teleostei
Superordo	Protacanthopterygii
Ordo	Esociformes
Familia	Umbridae
Genus	<i>Umbra</i>
Species	<i>Umbra limi</i> (Kirtland, 1841)
	<i>Umbra pygmaea</i> (DeKay, 1842)
	<i>Umbra krameri</i> Walbaum, 1792

Prema Wanzenböck-u (1995), a dopunjeno prema Lobchenko *et al.* (2003) i iz elektronskih baza EEA (European Environment Agency, <http://www.eea.europa.eu/>),

PESI (Pan-European Species Directories Infrastructure, <http://www.eunomen.eu/portal/>) i FishBase (<http://www.fishbase.org/>), dati su nazivi vrste u pojedinim državama (Austrija – Europäischer Hundsfisch, Hundsfisch, Ungarischer Hundsfisch; Bosna i Hercegovina – crnka, mrguda; Bugarska – umbra; Engleska – European mudminnow, European mud-minnow; Hrvatska – crnka; Mađarska – lápi póc; Moldavija – evdoshka evropejskaja; Rumunija – tigănus, tiganus-batran, stiuca; Slovačka – blatniak, blatniak tmavý; Slovenija – velika senčica; Ukrajina – boboshka, evdoshka, lezheboka, umbra zvichajna). Crnka, mrguda, rapa, kurjak ili krkuša nazivi su za *U. krameri* u Srbiji, koji se različito upotrebljavaju u Mačvi, Podrinju, Pomoravlju i na području nekadašnjeg Negotinskog blata (Mihajlović & Vuković, 1977).

Telo crnke je umereno izduženo, cilindričnog oblika i neznatno bočno spljošteno, prekriveno krupnim cikloidnim krljuštima. Glava je velika i zaobljena, rilo kratko, usta mala, oči relativno krupne. Svojim položajem usta daje namrgođen izgled "licu", te joj otuda i naziv mrguda (slika 1).



Slika 1. *Umbra krameri* - crnka (foto: N. Sekulić).

Merističke karakteristike: D II-III 12-16; A I-II 5-7; V I 5; P I 9-14; Llat 31-36, date su prema Wanzenböck-u (1995). Vilice su kratke, sa slabo razvijenim zubima postavljenim u nekoliko nizova, koji se takođe nalaze na nepčanim kostima i na vomeru.

Nema prave bočne linije, ali se duž gornje polovine tela, od kraja škržnog poklopca do sredine repnog stabla, pruža svetložuta linija (Vuković & Ivanović, 1971; Ristić, 1977; Simonović, 2001). Skoro sva peraja su okruglasta i malo ispupčena. Leđno peraje je dugo i pravougaonog oblika, smešteno na drugoj polovini tela, iza početka trbušnih peraja. Boja crнке, koja joj pomaže da se kamuflira, u predelu leđa je crvenkasto do tamno smeđa, dok je u predelu trbuha svetlija. Na glavi i bokovima se nalaze nepravilno razbacane tamnomrke pege i tačke, koje su na leđnom i repnom peraju poređane u jednom redu. Vrsta je prepoznatljiva po polukružnoj liniji na zaobljenom, dificerknom repnom peraju.

Prosečna veličina crнке je 5-9 cm, najviše do 17 cm (Povž, 1995), težine 5-8 g, ali su evidentirani i primerci od 27 g, maksimalne starosti 5-6 godina (Wanzenböck, 1995). Prema Greenhalgh-u (1999), ženke su uvek veće od mužjaka istog uzrasta, mada polni dimorfizam nije izražen (Wanzenböck, 1995). Odnos dužina – težina je prilično varijabilan, tako da se za jedinke dužine 6 cm, izmerene težine kreću od 2,5 do 5 g (Geyer, 1940, Mišić, 1966).

Broj hromozoma crнке je $2n=44$ i svi su akrocentrični (Ráb, 1981).

Crnka je slatkovodna, limnofilna, bentopelagična vrsta paleopotamalnih voda (Guti, 1995; Povž, 1995). Naseljava močvarna i zabarena staništa (Geyer, 1940), relativno plitke, muljevite vodene površine obrasle gustom makrofitskom vegetacijom (Lelek, 1987). Može se naći u napuštenim meandrima nekadašnjih tokova i malim kanalima za navodnjavanje (Povž, 1995), bočnim rukavcima (Wanzenböck & Spindler, 1995) ili plitkim jezerima (Kottelat & Freyhof, 2007). Kao stagnofilna vrsta, zajedno sa čikovom (*Misgurnus fossilis*), isključivo se javlja i opstaje u jako fragmentisanim vlažnim područjima, odnosno takvim tipovima staništa koja direktno zavise od podzemnih voda i geomorfoloških procesa (Schiemer, 2000).

Pliva naizmenično se služeći grudnim i trbušnim perajima (Garms & Borm, 1981). Za disanje koristi riblji mehur uzimajući atmosferski vazduh sa površine vode, tako da naseljava staništa sa veoma niskom koncentracijom kiseonika gde su uslovi za život drugih vrsta dosta nepovoljni (Kottelat & Freyhof, 2007) i gde je često njihov jedini stanovnik (Greenhalgh, 1999). Pri opasnosti od isušivanja zakopava se u podlogu. Živi pri temperaturama vode između 5 i 24°C, u grupama od 5-6 jedinki (Vuković & Ivanović, 1971), u opsegu pH vrednosti vode 6,0-6,5, ali i u baznijoj sredini (pH 7,3-9,2) (Botta, 1981).

Lelek (1987) navodi da se crnka javlja u zajednicama makrofita koje čine *Elodea canadensis*, *Ceratophyllum submersum*, *Nymphaea alba*, *Phragmites australis*, *Salvinia natans*, *Trapa natans* i *Stratiotes aloides*. Živi u vodama često sa drugim vrstama riba kao što su gavčica (*Rhodeus amarus*), zlatni karaš (*Carassius carassius*) ili čikov (*M. fossilis*) (Ladiges & Vogt, 1965, Povž, 1990a). Jaja i larve crнке mogu biti hrana ovim ribama kao i velikim larvama Odonata i insektima iz roda *Dytiscus*, predatorskim vrstama riba i pticama močvaricama (Bohlen, 1991; Greenhalgh, 1999).

Mresti se u plitkoj vodi u periodu mart – april (povremeno još u februaru, ili tek u maju), pri temperaturi vode 12-16°C (Greenhalgh, 1999; Kottelat & Freyhof, 2007). U periodu mrešćenja, analno peraje mužjaka poprima sivozelenu boju. Vrsta je fitofilna, ženka polaže ikru među biljke, u plitkoj depresiji u dnu ili u gnezdo od biljnog materijala koje brižno čuva (Vuković & Ivanović, 1971). Jaja su lepljiva, žute do narandžaste boje, prečnik potpuno nabubrelih jaja iznosi prosečno 1,9 mm, a slobodni embrioni nemaju cementne žlezde (Holčík *et al.*, 1989; Kováč, 1995). Mužjaci i ženke crnki se razmnožavaju pri starosti 1+ (Geyer, 1940; Libosvársky & Kux, 1958). Plodnost se kreće od 100 do 214 komada ikre (Balon, 1967; Geyer, 1940). Prema drugim autorima, broj jaja po ženki varira u znatno širem dijapazonu, između 241 i 2 528, prosečno 1 626 (Makara & Stráňai, 1980), odnosno od 626 do 2689, što zavisi od starosti ribe (Wilhelm, 1998), pa čak do 2 710 (Berg, 1948). Kováč (1995) navodi da jedna ženka može proizvoditi više od 1000 jaja.

Crnka je eurifagna, oportunistička vrsta, koja koristi raspoložive resurse hrane (Wilhelm, 2007). Hrani se zooplanktonom, larvama beskičmenjaka (Ephemeroptera, Coleoptera, Gammaridae i Cladocera) (Pavletić, 1954; Povž, 1990b), barskim puževima i školjkama (Greenhalgh, 1999), ribljom mlađi (Ladiges & Vogt, 1965) i biljkama (*Lemna* sp.) (Guti *et al.*, 1991).

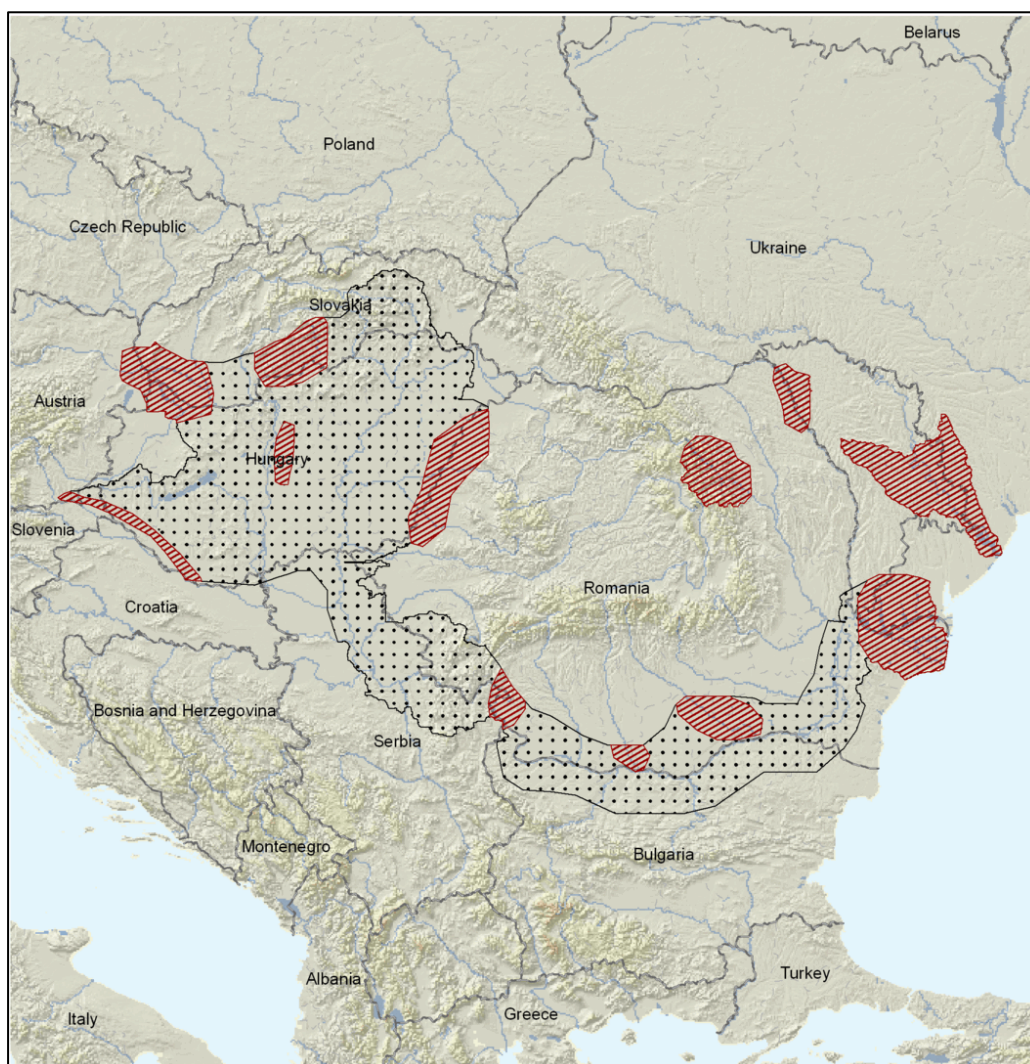
Parazitofauna crnke je bogata i raznovrsna. Predstavljena je sa oko 45 vrsta iz različitih taksonomskih grupa u regionu Dnjestra (Moshu & Trombitsky, 2007), dok su kod primeraka crnke u Srbiji evidentirane dve vrste (Đikanović *et al.*, 2012).

Sa aspekta ribarstva vrsta nije ekonomski značajna. Ranije se koristila kao hrana svinjama i patkama (Botta, 1981) i kao đubrivo (Arnold, 1990). Ristić (1977) navodi da se koristila kao mamac za soma i morunu, kao i u ljudskoj ishrani (Žarko Vikić, usmeno saopštenje). Lovi se gustom dubinskom mrežom (Ristić, 1977), vrškama (Sekulić *et al.*,

1998) i korpama od pletenog pruća – košarama (Sekulić *et al.*, 2013). Smatra se korisnom za suzbijanje komaraca (Lelek, 1987), a gaji se i kao akvarijumska riba (Ladiges & Vogt, 1965; Botta, 1981).

1.2.2.2. Rasprostranjenje

Umbra krameri (Walbaum, 1792) je jedina autohtona i reliktna vrsta iz roda *Umbra* u Evropi, endemična za basen Dunava i Dnjestra (Wilhelm, 2003, 2007; Mrakovčić *et al.*, 2006; Freyhof & Brooks, 2011). U okviru današnjeg diskontinuiranog areala, populacije crнке detektovane su u Austriji, Bugarskoj, Hrvatskoj, Mađarskoj, Moldaviji, Rumuniji, Srbiji, Slovačkoj, Sloveniji i Ukrajini (Freyhof, 2011) (slika 2).



Slika 2. Distribucija crнке u Evropi (Kottelat & Freyhof, 2007).

Prve podatke o rasprostranjenju crnke na teritoriji Srbije dao je Pančić (1860) za plavno područje Dunava kod Negotina, poznato kao Negotinsko blato. Sledeći nalaz je zabeležio Medić (1896) na području Surčina (odvodni sistem Save). Ristić (1977) navodi nalaze za Moravu, Pek i donji tok Tise, dok Mihajlović i Vuković (1977) registruju crnku na području Glušačke bare, Mačve i Podrinja, ušća Morave i rita preko puta Smedereva u Banatu. Cakić & Hristić (1987) su ovu vrstu zabeležili u kanalu Sibnica koji se nalazi u okviru Pančevačkog rita, a pominje je i Janković (1995) za Negotinsko Blato koje je uništeno izgradnjom hidroenergetskog sistema "Đerdap". Nakon evidentiranja crnke na području Zasavice (Sekulić *et al.*, 1998), Maletin *et al.* (2001) potvrđuju njeno prisustvo na više zasavičkih lokaliteta. Međutim, Simić *et al.* (2007b) navode da je nakon petogodišnjih istraživanja svih staništa na kojima je vrsta nalažena od 1860. godine do sada, donji tok Bakrenog Batara (koji se delimično nalazi u Specijalnom rezervatu prirode "Zasavica") jedino njeno preostalo stanište na području Srbije.

U Bosni i Hercegovini prvi nalaz *U. krameri* je evidentiran 2008. godine u močvari Gromiželj i to je za sada jedini lokalitet na kome je vrsta prisutna (IUCN, 2009; Petronić *et al.*, 2010b).

1.2.2.3. Ugroženost i status zaštite

Umbra krameri je vrsta čije su populacije značajno smanjene poslednjih decenija XX veka usled isušivanja i zagađivanja staništa, zbog čega se smatra veoma ugroženom (Lelek, 1987; Maitland, 2000; Wilhelm, 2003). Freyhof (2011) navodi da je brojnost populacija ove vrste opala za više od 30% u proteklih desetak godina, da postoji dalji trend opadanja i da je sa mnogih lokaliteta već iščezla.

Uz ograničeno rasprostranjenje vrste (Mrakovčić *et al.*, 2006) i promene abiotičkih ekoloških faktora, kao što su klimatske promene (sušna godina, stvaranje aridnih područja) i promene hidrološkog režima (smanjenje nivoa podzemnih voda, odsustvo poplava) (Májsky & Hajdú, 2004), značajnu ulogu u ugrožavanju crnke ima i ljudski faktor (Botta, 1981; Leiner, 1995; Povž, 1995; Májsky & Hajdú, 2004; Wanzenböck, 2004; Mrakovčić *et al.*, 2006; Hajdú & Saxa, 2008; Freyhof, 2011) čiji se uticaj na njen opstanak ogleda kroz:

- regulaciju vodotoka, prvenstveno kroz izgradnju nasipa, čime se preseca veza sa priobaljem, rukavcima i drugim vlažnim staništima i prekidaju prirodni ciklusi plavljenja;
- izgradnju kanala za navodnjavanje i odvodnjavanje u plavnim i močvarnim područjima, kao i pregrađivanje vodotoka (brane, crpne pumpe), čime se onemogućava kretanje jedinki između staništa;
- redovno održavanje kanalske mreže izmuljivanjem, koje za posledicu ima uništavanje preostalih populacija, ili pak sporadično održavanje manjih, bočnih kanala, što dovodi do njihovog potpunog obrastanja i pretvaranja u suvozemne površine;
- neadekvatno regulisanje vodotoka koje se ogleda kroz neusklađenost vodnog režima i potreba vrste u odgovarajućem vremenskom periodu (mrest i period nakon mresta);
- isušivanje i nestajanje močvarnih staništa u cilju povećanja poljoprivrednih površina što uz sukcesiju ima za posledicu fragmentaciju i izolaciju staništa;
- pretvaranje plavnih područja u šumske zasade monokultura;
- zagađivanje i opterećenje staništa komunalnim i industrijskim otpadnim vodama, procednim vodama sa deponija, pesticidima i veštačkim đubrivima sa obradivog zemljišta, koji dovode do eutrofizacije i pogoršanja kvaliteta staništa;
- pretvaranje bara, močvara, rukavaca, mrtvaja i drugih sličnih staništa pogodnih za život crnke u deponije otpada;
- unošenje alohtonih, invazivnih vrsta riba i njihov uticaj kroz kompeticiju (za hranu i prostor) i predatorstvo.

Iz navedenih razloga, crnka se nalazi na IUCN Crvenoj listi ugroženih vrsta (engl. *Red List of Threatened Species*) i ima status ranjive vrste - Vulnerable A2c (Freyhof, 2011; Freyhof & Brooks, 2011).

Dosadašnja istraživanja populacija na regionalnom i nacionalnom nivou u okviru areala vrste ukazuju na njenu znatno veću ugroženost; u Hrvatskoj se nalazi u kategoriji EN (engl. *Endangered*) (Mrakovčić *et al.*, 2006), a u Slovačkoj i Bugarskoj u kategoriji CR (engl. *Critically Endangered*) (Hensel & Mužik, 2001; Stefanov & Trichkova, 2011). U Srbiji crnka takođe ima status CR, uz ozbiljnu pretnju da pređe u kategoriju

EW (engl. *Extinct in the Wild*) prema IUCN kriterijumima i kategorijama (Simić *et al.*, 2007a).

Vrsta se nalazi na listi strogo zaštićenih divljih vrsta faune (Dodatak II) Konvencije o očuvanju evropske divlje flore i faune i prirodnih staništa, poznatije kao Bernska konvencija, koja je u Srbiji ratifikovana zakonom ("Službeni glasnik RS – Međunarodni ugovori", br. 102/07). Predstavlja i jednu od "vrsta kandidata" na revidiranom Aneksu I Rezolucije 6 iz 1998. godine Bernske konvencije (Council of Europe, 2011), za koje je potrebno sprovesti posebne mere zaštite staništa. Vrste sa Rezolucije 6 predstavljaju osnovu za izdvajanje područja u evropsku Emerald ekološku mrežu (Sekulić & Šinžar Sekulić, 2010). Nalazi se i u Prilogu II Direktive o očuvanju prirodnih staništa i divljih biljnih i životinjskih vrsta (Council Directive - 92/43/EEC) i predstavlja jednu od Natura 2000 vrsta čije je očuvanje, uz proglašenje posebno zaštićenih područja, od zajedničkog interesa država članica Evropske Unije.

U Srbiji se crnka nalazi na Preliminarnom spisku vrsta za Crvenu listu kičmenjaka Srbije (Vasić *et al.*, 1990-1991). Strogo je zaštićena divlja vrsta i nalazi se u Prilogu I Pravilnika o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva ("Službeni glasnik RS", br. 5/10 i 47/11). Zaštita i očuvanje vrste sprovodi se preduzimanjem mera i aktivnosti na upravljanju populacijama definisanih ovim Pravilnikom i Zakonom o zaštiti prirode ("Službeni glasnik RS", br. 36/09, 88/10 i 91/10). Sa aspekta upravljanja ribolovnim resursima, Naredbom o merama za očuvanje i zaštitu ribljeg fonda ("Službeni glasnik RS", br. 104/09 i 49/10) za crnku je ustanovljen trajni lovostaj, a mere očuvanja i zaštite definisane su u skladu sa Zakonom o zaštiti i održivom korišćenju ribljeg fonda ("Službeni glasnik RS", br. 36/09). Za štetu nanetu svakom pojedinačnom primerku ove vrste, utvrđena je visina naknade štete od 8 000,00 dinara ("Službeni glasnik RS", br. 84/09 i 86/11).

Pre donošenja Pravilnika o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva *U. krameri* je bila zaštićena kao prirodna retkost ("Službeni glasnik RS", br. 50/93). Nalaz vrste 1995. godine u vodotoku Zasavica, kao jedne od njenih temeljnih vrednosti, predstavljao je osnovu za stavljanje područja Zasavice pod zaštitu kao Specijalnog rezervata prirode (SRP) ("Službeni glasnik RS", br. 19/97). U skladu sa Pravilnikom o kategorizaciji zaštićenih prirodnih dobara ("Službeni glasnik RS", br. 30/90), područje je stavljeno u I kategoriju zaštite kao

prirodno dobro od izuzetnog značaja. Na području Rezervata, koji obuhvata i vodene površine kanala Jovača i Prekopac, deo kanalisanog i prirodnog toka potoka Bakreni Batar, kao i prirodni i kanalisani deo (Bogaz) toka Zasavice (Branković *et al.*, 1996), ustanovljen je režim zaštite II stepena. Za područje pod zaštitom (670,9989 ha u II stepenu zaštite i 1 150 ha u zaštitnoj zoni), mere zaštite definisane su Uredbom o zaštiti SRP "Zasavica", Zakonom o zaštiti prirode i Uredbom o režimima zaštite ("Službeni glasnik RS", br. 31/12). U toku je revizija stanja prirodnih vrednosti, određivanja granica, režima i mera zaštite ovog područja (Matavulj, 2011). Područje SRP "Zasavica" predstavlja jedino stanište crnke koje je do sada stavljeno pod zaštitu na teritoriji Srbije.

U Republici Srpskoj crnka se nalazi na Crvenoj listi zaštićenih vrsta flore i faune ("Službeni glasnik Republike Srpske", br. 124/12). Nakon njenog nalaza 2008. godine u močvari Gromiželj (IUCN, 2009; Petronić *et al.*, 2010b), doneto je Rješenje o stavljanju pod prethodnu zaštitu Posebnog rezervata prirode "Gromiželj" ("Službeni glasnik Republike Srpske", br. 81/11). Na površini od 831,33 ha ustanovljen je trostepeni režim zaštite, pri čemu se močvara Gromiželj i delimično kanalisani tok Prugnjača nalaze u I režimu (67 ha).

1.3. Morfološka i molekularno-genetička istraživanja riba

Za razlikovanje ribljih populacija primenjuju se morfometrijske i molekularno genetičke metode. Za istraživanja na morfološkom nivou, pored klasičnih metoda tradicionalne morfometrije, sve češće se upotrebljavaju i savremene metode geometrijske morfometrije kojima se analizira varijabilnost veličine i oblika morfoloških celina. Pod morfološkim celinama podrazumevaju se organizmi i njihovi strukturni elementi u svim fazama ontogenetskog razvića (Koehl, 1996). U molekularnoj genetici, za potrebe ispitivanja varijabilnosti, najčešće se koriste kao genetički markeri ponavljajuće sekvence jedarne DNK – mikrosateliti i mitohondrijalna DNK.

1.3.1. Geometrijska morfometrija

Morfometrija predstavlja oblast morfologije koju definišu istraživanja morfoloških celina pomoću statističkih metoda i to prevashodno multivarijantnim procedurama na osnovu podataka dobijenih merenjima (Rohlf, 1990). U biologiji morfometrija je fundamentalno polje istraživanja koje obuhvata opisivanje, analizu i interpretaciju oblika i variranja oblika. Oblik se definiše kao geometrijsko svojstvo konfiguracije specifičnih tačaka koje nije uslovljeno njihovim položajem, orijentacijom i veličinom. U metodološkom pogledu morfometrija uključuje odabir mera za analizu, izbor statističkih nultih hipoteza za testiranje datog biološkog problema i statističku analizu podataka (pregledno dato u Ivanović & Kalezić, 2009).

U morfometriji postoje dva pristupa:

1. Tradicionalna morfometrija predstavlja spoj kvantitativne morfologije (sa ulaznim podacima) i statističkih metoda (za obradu tih podataka). Za ulazne podatke kvantitativna morfologija koristi uglavnom izmerene vrednosti dimenzija spoljašnjih morfoloških celina i unutrašnjih, anatomskih dimenzija. Podaci se dobijaju merenjem morfometrijskih varijabli (dužina, širina, visina itd.) i merenjem rastojanja između jasno definisanih tačaka određene morfološke celine. Podaci dobijeni merenjem analiziraju se pomoću različitih statističkih uni- i multivarijantnih procedura.

2. Metode geometrijske morfometrije omogućavaju analize veličine i oblika morfološke celine kombinacijom uni- i multivarijantnih statističkih metoda i metoda direktnog grafičkog predstavljanja varijabilnosti oblika. Oblik morfološke celine u matematičkom smislu predstavlja sveukupnost geometrijskih informacija koje su nepromenljive u odnosu na skaliranje, translaciju i rotaciju (Klingenberg & Monteiro, 2005). Pri tome, matematički oblik morfološke celine isključuje efekte njene veličine, položaja i orijentacije u prostoru (Kendall, 1977). Ovakav pristup Bookstein (1996) označava kao "morfometrijsku sintezu". U geometrijskoj morfometriji umesto primene multivarijantnih statističkih metoda koje obrađuju podatke mera morfoloških celina (dužina, širina, visina itd.), matematički oblik morfoloških celina ispituje se preko njihove geometrije čija je polazna osnova raspored ili konfiguracija specifičnih tačaka (engl. *landmarks*) u dve ili tri ravni prostora (Rohlf, 2000; Adams *et al.*, 2004). Geometrijska morfometrija ima veliku "statističku osetljivost" kojom se mogu otkriti

male promene u obliku morfoloških celina, a koje se ne mogu utvrditi tradicionalnim morfometrijskim metodama (Klingenberg, 2002).

Najšire prihvaćena i najčešće korišćena procedura uklanjanja efekata veličine, položaja i orijentacije u geometrijskoj morfometriji, koja za cilj ima izdvajanje varijabli oblika morfološke celine, jeste generalizovana Prokrustova analiza (engl. *General Procrustes Analysis* – GPA) (Rohlf & Slice, 1990; Dryden & Mardia, 1998; Rohlf, 1999), odnosno Prokrustova superimpozicija (poravnavanje). Osnovni postupci Prokrustove superimpozicije, kojima se eliminišu razlike uslovljene izometrijskim efektom veličine, položajem i orijentacijom, zadržavajući samo informacije koje su direktno vezane za razlike u obliku, jesu skaliranje, translacija i rotacija konfiguracija specifičnih tačaka. Skaliranjem konfiguracija specifičnih tačaka na jediničnu veličinu centroida vrši se eliminacija efekta veličine. Translacijom centroida vrši se centriranje svih konfiguracija specifičnih tačaka u odnosu na ose koordinatnog sistema čime se eliminiše efekat položaja. Eliminacija efekta orijentacije vrši se rotiranjem svih konfiguracija u odnosu na referentnu, tako da se konfiguracije dovode u položaj u kom se u najvećoj mogućoj meri preklapaju.

Koordinate specifičnih tačaka kod kojih su eliminisane sve razlike u veličini, položaju i orijentaciji konfiguracija (nakon skaliranja, translacije i rotacije), a koje se izračunavaju Prokrustovom superimpozicijom, predstavljaju Prokrustove koordinate. Ove koordinate nose informacije o obliku određene konfiguracije (analizirane morfološke celine) i predstavljaju varijable oblika, odnosno polazne podatke za dalje analize varijabilnosti oblika (Dryden & Mardia, 1998). U geometrijskoj morfometriji kao osnovna mera razlika u obliku konfiguracija, tj. razlika u Prokrustovim koordinatama između odgovarajućih specifičnih tačaka, koristi se Prokrustova distanca (P_d) i definiše se kao linearna mera distance između konfiguracija koje se porede (Bookstein, 1991).

Veličina centroida (engl. *centroid size* – CS) se koristi kao geometrijska mera veličine nekog objekta opisanog konfiguracijom specifičnih tačaka i predstavlja meru disperzije specifičnih tačaka od središta (centroida) date konfiguracije (Bookstein, 1991). Veličina centroida (CS) se izračunava kao kvadratni koren sume kvadrata rastojanja svake tačke od težišta date konfiguracije (Dryden & Mardia, 1998) i njena vrednost zavisi od broja i rasporeda specifičnih tačaka. U odsustvu alometrije, koja se

odnosi na promene oblika povezane sa promenama u veličini morfoloških celina, veličina centroida predstavlja meru veličine nezavisnu od oblika (pregledno dato u Ivanović & Kalezić, 2009).

Grafički model koji omogućava vizuelizaciju promena oblika je idealno tanka beskonačna metalna ploča (engl. *Thin Plate Spline* – TPS). Koristeći fizičku metaforu transformacije ove ploče moguće je ukupnu varijabilnost oblika dalje razdvojiti na dve komponente, neuniformnu i uniformnu (Bookstein, 1991). Potpuni set varijabli oblika čine obe komponente: parcijalne deformacije oblika (engl. *Partial Warps*) i uniformne promene oblika duž osa X i Y (UniX i UniY). Dok parcijalne deformacije oblika opisuju lokalizovane promene oblika (Bookstein, 1991), uniformne promene oblika opisuju opšta širenja, odnosno skupljanja duž X i Y ose (Bookstein, 1996; Rohlf & Bookstein, 2003). Ploča se izdužuje/skraćuje i širi/skuplja, kako bi se preklopile odgovarajuće specifične tačke konfiguracija koje se porede. Energija neophodna za deformaciju tj. uvijanje metalne ploče (engl. *bending energy*) predstavlja osnovu za izračunavanje varijabli oblika koje, izvedene na ovaj način, nose potpuno iste informacije o varijabilnosti u obliku kao i Prokrustove koordinate. Visoke vrednosti energije deformacije dovode do lokalnih zakrivljenja i deformacija koje ukazuju na lokalizovane promene oblika između blisko postavljenih tačaka. Niske vrednosti energije deformacije se odnose na opšte deformacije i kod uniformnih promena oblika energija deformacije je jednaka nuli.

Geometrijska morfometrija već oko dve decenije nalazi primenu u biološkim disciplinama pri rešavanju različitih bioloških problema. Njen razvoj usko je povezan sa razvojem novih tehnologija (prvenstveno softvera), zbog čega geometrijska morfometrija pokazuje tendenciju konstantnog usavršavanja (Jojić, 2010).

Metode geometrijske morfometrije mogu da se primene u akvakulturi, ribarstvu i ihtiologiji (Loy *et al.*, 1996; Sará *et al.*, 1999; Cadrin, 2000) i često se, zajedno sa molekularno-genetičkim metodama, koriste u studijama varijabilnosti riba (Winans *et al.*, 2003; Elmer *et al.*, 2010; Hayden *et al.*, 2010; García-Rodríguez *et al.*, 2011). Tako, od "Revolucije u morfometriji" (Rohlf & Marcus, 1993), pa do očekivanja da postane nova "tradicionalna" morfometrija (Adams *et al.*, 2004), geometrijska morfometrija nalazi primenu u najrazličitijim taksonomskim, ekološkim i evolucionim studijama varijabilnosti veličine i oblika tela (Corti & Crosetti, 1996; Loy *et al.*, 1996, 1998,

1999a, 2000a,b; Walker, 1997; Cavalcanti *et al.*, 1999; Sará *et al.*, 1999; Douglas *et al.*, 2001; Rüber & Adams, 2001; Trapani, 2003; Klingenberg *et al.*, 2003; Winans *et al.*, 2003; Kassam *et al.*, 2004; Gray *et al.*, 2005; Nolte & Sheets, 2005; Johansson *et al.*, 2006; Lopes *et al.*, 2006; Collyer *et al.*, 2007; Costa & Cataudella, 2007; Rincón *et al.*, 2007; Maderbacher *et al.*, 2008; Elmer *et al.*, 2010; Hayden *et al.*, 2010; Dornburg *et al.*, 2011), pojedinih telesnih regiona (Loy *et al.*, 1999b; Cavalcanti, 2004; Johansson *et al.*, 2006; Krabbenhoft *et al.*, 2009; Aguilar-Medrano *et al.*, 2011; Dornburg *et al.*, 2011; García-Rodríguez *et al.*, 2011; Parsons *et al.*, 2011; Frédérich *et al.*, 2012), kao i glavenog skeleta riba (Frédérich *et al.*, 2008a,b; Cooper *et al.*, 2010; Frédérich & Sheets, 2010; Frédérich & Vandewalle, 2011).

Varijabilnost veličine i oblika tela crnke, kao i njenih pojedinačnih morfoloških celina, do sada nije proučavana metodama geometrijske morfometrije. S druge strane, varijabilnost morfometrijskih i merističkih karaktera populacija crnke, analizirana metodama tradicionalne morfometrije, bila je predmet studija nekoliko autora (Kux & Libosvárský, 1957; Bănărescu, 1964; Baruš & Libosvárský, 1983).

1.3.2. Genetički markeri

Poslednjih tridesetak godina intenzivno se razvijala molekularna genetika koja je uz pomoć specifičnih tehnika omogućila generisanje genetičkih podataka i njihovu upotrebu pri analizama identiteta vrsta i njihovih populacija. Analizom strukture makromolekula, kojom se bavi molekularna sistematika, može se rekonstruisati evolucija gena, organizama i objasniti genetička raznovrsnost (Moritz & Hillis, 1996). Genetička struktura i varijabilnost populacija riba ispituje se najčešće korišćenjem različitih genetičkih markera na mitohondrijalnoj ili jedarnoj DNK. Cilj molekularnih metoda je detekcija varijabilnosti, odnosno polimorfizma, na određenom DNK fragmentu, koji se javlja kao posledica mutacija (češće supstitucija, a ređe insercija ili delecija) ili grešaka prilikom replikacije.

Osnov za razvoj molekularno genetičkih metoda predstavlja upotreba lančane reakcije polimeraze (engl. *Polymerase Chain Reaction* – PCR) koja je omogućila amplifikaciju određenih regiona DNK i sintezu velikog broja kopija željenog fragmenta

koji će biti korišćen u daljim analizama. Uzimanje uzoraka za izolaciju DNK najčešće je neinvazivno i u tu svrhu se mogu koristiti pera, bukalne ćelije, izmet, urin, krljušti, peraja, ljuske jajeta, rogovi, muzejski primerci (Morin & Woodruff, 1996).

1.3.2.1. Mitohondrijalna DNK

Mitohondrije su organele citoplazme eukariota (Pantić, 1997). Eritrociti sisara su jedinstvene ćelije među kičmenjacima, jer pored jedra ne sadrže ni mitohondrije (Zhang *et al.*, 2011). Primarna uloga mitohondrija jeste da obezbede fosforilativnu oksidaciju i sintezu ATPa. Poseduju sopstveni genetički materijal, imaju sposobnost biosinteze proteina (poseduju kompletan mehanizam za regulaciju replikacije DNK, transkripcije i translacije), omogućavaju transport molekula kroz membranu, učestvuju u metabolizmu ugljenih hidrata, lipida i amino-kiselina, sadrže enzime i koenzime za sintezu ATPa, izvor su energije neophodne za specifične aktivnosti ćelije itd. (Pantić, 1997).

U matriksu mitohondrija nalazi se neukleoid koji sadrži mitohondrijalnu DNK (mtDNK), RNK i ribosome (Pantić, 1997). Mitohondrijalna DNK je mali vanjedarni deo genoma koji se nalazi u više kopija u mitohondrijama (Beebee & Rowe, 2004). Svaka mitohondrija ćelije sadrži oko deset kopija mitohondrijalnog genoma, a ukupan broj po ćeliji varira od 100 do 10 000 (ekstremni primeri su jajna ćelija koja sadrži od 100 hiljada do milion kopija i spermatozoidi koji sadrže svega 100 do 1 000 kopija mitohondrijalnog genoma) (Savić-Pavićević & Matić, 2011).

Mitohondrijalni genomi višćelijskih životinja manji su od genoma mitohondrija nižih eukariota i biljaka, ekonomični su u pogledu korišćenja sekvence mtDNK i ne sadrže introne. Veličina mitohondrijalnog genoma je mnogo manja od veličine jedarnih genoma, tako da je i njihov genski sadržaj siromašniji, ali nije zanemarljiv, jer sadrži gene važne za funkcionisanje ćelije. Za razliku od genoma mitohondrija jednoćelijskih eukariota koji su predstavljeni linearnim molekulima DNK (Savić-Pavićević & Matić, 2011), mtDNK višćelijskih životinja predstavljena je kružnim dvolančanim molekulima čija veličina varira među vrstama (od 14 do 42 kbp, iako su najčešće u opsegu veličine 15 – 17,5 kbp) (Beebee & Rowe, 2004). U mitohondrijama većine vrsta ćelija mtDNK je prosečne dužine 4,74 – 5,45 μm , molekulske mase oko 10^6 Da i maksimalnog kapaciteta kodiranja oko 5 000 amino kiselina (Pantić, 1997).

Broj gena u genomu mitohondrija različitih organizama iznosi od 12 do 92 (Savić-Pavićević & Matić, 2011). Kod kičmenjaka, mtDNK sadrži 37 gena, nekodirajuće sekvence i kontrolni region ili D-petlju koja sadrži informacije bitne za pokretanje replikacije i transkripcije (Beebe & Rowe, 2004). Mitohondrijalni genomi sadrže gene za bar jednu komponentu respiratornog lanca i gene za mitohondrijalne rRNK i tRNK, neophodne za ekspresiju genoma mitohondrija. Genomi mitohondrija, koji su bogatiji genima, sadrže i gene za proteine mitohondrijskih ribozoma, proteine uključene u transkripciju i translaciju mitohondrijskog genoma, kao i proteine uključene u transport drugih proteina iz citoplazme u mitohondrije (Savić-Pavićević & Matić, 2011). Postoje mišljenja da mtDNK ima ulogu u kodiranju strukturnih komponenata a da su strukturni geni za mitohondrijalne enzime smešteni u genomu jedra (Pantić, 1997).

Mitohondrijalna DNK eukariota slična je po obliku (prstenasta) prokariotskoj DNK. Takođe, evolucione analize podržavaju hipotezu da mitohondrije dele zajedničkog pretka sa prokariotama (Alphaproteobacteria) (Gray *et al.*, 1999; Van Straalen & Roelofs, 2006). U odnosu na poreklo mtDNK koje se objašnjava endosimbiotskom teorijom, mitohondrije su direktni potomci bakterijskog simbionta. Mitohondrije su nekada bile slobodnoživeće bakterije koje su stupile u simbiozu u ranom stadijumu evolucije sa pretečama eukariotskih ćelija koje su imale jedro ali ne i mitohondrije (Gray *et al.*, 1999; Savić-Pavićević & Matić, 2011). Teorija je zasnovana na većoj sličnosti ekspresije genoma mitohondrija sa ekspresijom genoma kod bakterija u odnosu na eukariote i većoj sličnosti između redosleda nukleotida u genima ovih genoma (Savić-Pavićević & Matić, 2011).

Dugi niz godina se smatralo da se mtDNK strogo materinski nasleđuje, jer se mitohondrije spermatozoida obično unište nakon oplodnje. Međutim, primenom osetljive (PCR) tehnike dokazano je da se očinski prenos mtDNK često javlja na vrlo niskom nivou (Gyllensten *et al.*, 1991), a postoji i nekoliko slučajeva potpunog biparentalnog nasleđivanja (npr. inćun *Engraulis encrasicolus*) (Magoulas & Zouros, 1993).

Uz materinsko – haploidno nasleđivanje, mtDNK kao genetički marker karakteriše i visok stepen mutacija. Procenjuje se da je ukupna brzina mutacija, odnosno brzina supstitucija nukleotida mtDNK, 5-10 puta veća od brzine supstitucija u jedarnoj

DNK i da se mutacije najbrže generišu u okviru kontrolnog regiona (Beebee & Rowe, 2004). Utvrđeno je da stepen zamena za pojedinačno nukleotidno mesto za godinu dana iznosi $5,7 \times 10^{-8}$, odnosno da mtDNK na milion godina akumulira 2-4% mutacija (Brown *et al.*, 1982; Lewin, 2000).

Popularnost analiza mitohondrijalnog genoma delimično proizilazi iz toga da se jasno homologe sekvence mogu relativno jednostavno umnožiti i porediti. Uz visoku stopu mutacija koja omogućava praćenje nedavnog razdvajanja evolutivno bliskih linija, materinsko (haploidno) nasleđivanje mitohondrija i odsustvo rekombinacija, čini mtDNK značajnim markerom za praćenje materinske genealogije, geografske varijabilnosti, a obezbeđuje i određeni uvid u strukturu populacija (Harrison, 1989). Mitohondrijalna DNK značajno se koristi u molekularnoj ekologiji kao marker u populacionim istraživanjima (Beebee & Rowe, 2004), a upotrebljava se i pri proceni brojnih parametara kao što su stope migracija, efekat "uskog grla" populacija i srodnički odnosi (Selkoe & Toonen, 2006). Takođe, predstavlja efikasan genetički marker za praćenje uzgajanih populacija i linija riba, čime se omogućava razlikovanje populacija, identifikovanje porekla riba i ispitivanje delotvornosti uvođenja pojedinih linija u akvakulturu (Odak *et al.*, 2002).

S druge strane, maternalno nasleđivanje mtDNK onemogućava njeno korišćenje kao markera za razlikovanje hibrida u populacijama gde je eventualno došlo do introdukcije. U tim slučajevima preporučuje se korišćenje informativnijih markera preko kojih se može pratiti i maternalno i paternalno nasleđivanje. Pri analizama vrlo srodnih jedinki ne preporučuje se upotreba mtDNK kao genetičkog markera zbog njene premale varijabilnosti za tu vrstu studija (Marić, 2005).

1.3.2.2. Mikrosatelitska DNK

Za detekciju varijabilnosti i genetičkog diverziteta jedarne DNK često se koriste mikrosatelitski markeri. Iako je njihova upotreba u genetičkim istraživanjima novijeg datuma, u poslednje dve decenije njihova primena postala je rutinska. Mikrosateliti su prisutni u genomskoj DNK svih eukariotskih organizama, uključujući kodirajuće i nekodirajuće regione (Goldstein & Schlötterer, 1999; Ellegren, 2004). Ovaj tip satelitske DNK javlja se u obliku jednostavnih ponavljajućih sekvenci (engl. *simple sequence repeats* – SSRs), kratkih tandemskih ponovaka (engl. *short tandem repeats* –

STRs) ili u obliku varijabilnog broja tandemskih ponovaka (engl. *variable number tandem repeats* – VNTR) (Pržulj & Perović, 2005). Mikrosateliti se sastoje iz nukleotidnih nizova dužine od 1 do 6 baznih parova (bp) koji se uzastopno ponavljaju tako da dužina niza može biti od nekoliko desetina do nekoliko stotina bp (Tautz & Renz, 1984; Tautz, 1989; Savić-Pavićević & Matić, 2011). Broj ponovljenih jedinica u tandemski ponovljenim sekvencama DNK često se razlikuje između jedinki u populaciji i kreće se u određenom opsegu variranja, karakterističnom za dati lokus i vrstu (polimorfizam dužine sekvence DNK) (Savić-Pavićević & Matić, 2011). Osnovna ponavljajuća sekvenca kod kičmenjaka sastoji se od dva, tri ili četiri nukleotida (Tautz, 1989), sa CA baznim parom kao najčešće ponavljajućim motivom u odnosu na ostale kombinacije nukleotida (Glenn, 1995). Mikrosateliti su visoko varijabilni i podložni mutacijama, koje kod di- i tetranukleotidnih ponovaka iznose 0,001 mutacija po generaciji (Goldstein & Pollock, 1997). Replikaciono proklizavanje kod mikrosatelita dovodi do stvaranja novog lanca DNK koji ima različit broj ponavljajućih motiva u odnosu na roditeljski lanac (Jarne & Lagoda, 1996).

Funkcija mikrosatelita nije dovoljno poznata i oni se uglavnom smatraju nefunkcionalnim delovima genoma, odnosno neutralnim genetičkim markerima. Međutim, u novijim studijama naglašava se i njihova funkcionalna uloga kodirajućih ili regulatornih elemenata (Ellegren, 2004; Savić-Pavićević & Matić, 2011).

Zbog svoje varijabilnosti i informativnosti mikrosateliti su našli primenu u različitim oblastima istraživanja, kao što su forenzičke analize, dijagnostika, populaciona istraživanja, evolucionarna genetika i konzervaciona biologija (Di Rienzo *et al.*, 1998; Goldstein & Schlötterer, 1999; Sainudiin *et al.*, 2004). Moxon & Wills (1999) navode da mikrosateliti predstavljaju najbolje markere u populacionoj genetici koji se koriste za precizno utvrđivanje srodničkih odnosa.

Mikrosateliti se mogu izolovati bilo direktnom izolacijom markera specifičnih za vrstu ili primenom markera izolovanih kod srodnih vrsta (Schlötterer *et al.*, 1991). Takođe, prednost pri korišćenju mikrosatelita jeste to što se oni mogu umnožiti pomoću PCR tehnike, upotrebom materijala koji je prikupljen neinvazivnim metodama (fekalni materijal, pljuvačka, dlaka itd.), što omogućava praćenje populacija bez direktnog kontakta sa jedinkama (Goldstein & Schlötterer, 1999). Koriste se i pri istraživanju retkih, ugroženih i izumrlih vrsta, jer se mogu izolovati iz veoma starog biološkog

materijala (Queller *et al.*, 1993), kao što je npr. arheološki ili fosilni materijal (Bruford *et al.*, 1998). Jedna od značajnih osobina koja olakšava tehničku manipulaciju mikrosatelitima jeste i mogućnost istovremenog umnožavanja više različitih lokusa u jednoj multipleks reakciji (Jug, 2002).

Međutim, kod pojedinih organizama (više vrsta biljaka, nekoliko vrsta kičmenjaka i beskičmenjaka), postoje ograničenja po pitanju primene mikrosatelitskih markera. Ova ograničenja se manifestuju kao teškoće pri izolaciji i karakterizaciji mikrosatelitskih formi iz genomske DNK, ili pak kao problemi sa njihovom amplifikacijom (Goldstein & Schlötterer, 1999; Coltman & Slate, 2003).

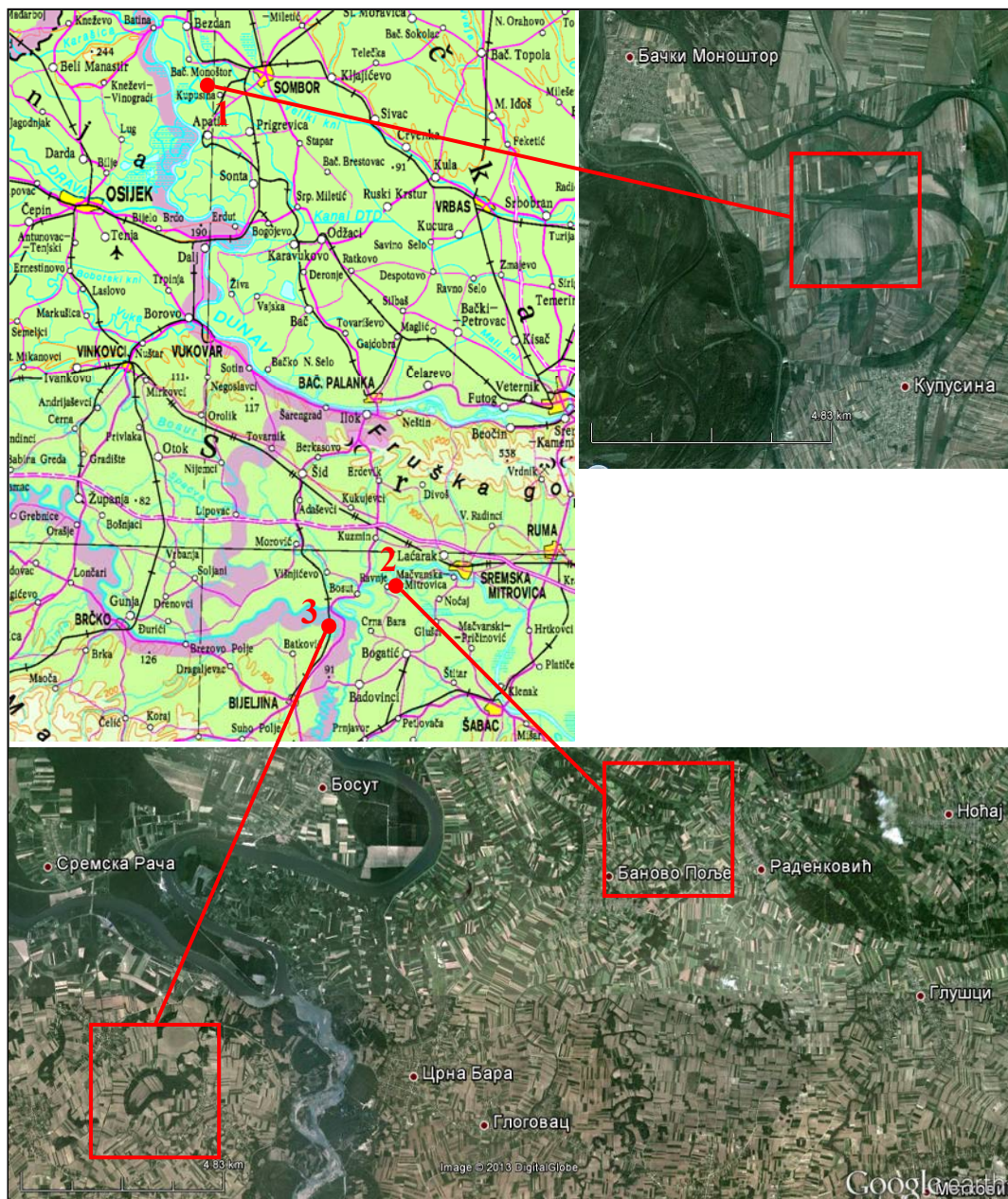
1.3.3. Pregled dosadašnjih molekularno genetičkih istraživanja sprovedenih na crnki

Uz oskudne genetičke podatke o crnki, koji se odnose na citogenetičke studije i utvrđivanje kariotipa (Ráb, 1981; Ráb & Mair, 1987), vrsta je uključivana u istraživanja višeg taksonomskog nivoa (López *et al.*, 2000, 2004). Tako su kod predstavnika roda *Umbra* analizirane sekvence mitohondrijalnih i jedarnih gena pri rekonstrukciji filogenetskih odnosa redova Salmoniformes i Esociformes. Molekularni podaci su pokazali snažne sestrinske veze između navedenih redova (Ishiguro *et al.*, 2003; López *et al.*, 2004, Li *et al.* 2010; Near *et al.*, 2012). Takođe, pri rekonstrukciji filogenetskih odnosa u okviru reda Esociformes, upotrebom molekularnih podataka (citohrom b, 12S, 16S RNK i RAG1), detektovana je parafilija familije Umbridae {[*Esox*, *Novumbra*], *Dallia*], *Umbra*}, pri čemu rod *Umbra* predstavlja bazalni rod ne samo familije Umbridae, već i reda Esociformes. Rodovi *Esox* i *Novumbra* su srodniji u odnosu na rod *Dallia*, iako predstavljaju rodove iz različitih familija (Esocidae i Umbridae) (López *et al.*, 2000; 2004).

Prve analize populacione strukture crнке urađene su nakon izolacije devet tetranukleotidnih mikrosatelitnih markera (Winkler & Weiss, 2008), od kojih se osam pokazalo kao polimorfno. Na ovim lokusima ukupno je testirano 36 jedinki iz dve populacije (Slovačka i Mađarska). Broj alela po lokusu kretao se od 6 do 12, sa očekivanom heterozigotnošću u rasponu od 0,36 do 0,83.

1.4. Istraživana područja

Hydrografska mreža istraživanih područja Bačke, Mačve i Semberije sa lokalitetima Lugomir, Bakreni Batar i Gromiželj (slika 3) pripada crnomorskom slivu i nalazi se uz rečne tokove Dunava, Save i Drine. Na ovom prostoru svi vodotoci su ravničarski i u najvećoj meri regulisani. Njihove nekada široke doline, prostrane plavne i zamočvarene površine, stara korita i meandri danas su ispresecani mrežom kanala, čija je primarna funkcija odvodnjavanje viška vode sa okolnih poljoprivrednih površina.



Slika 3. Istraživani lokaliteti: 1 – Lugomir; 2 – Bakreni Batar; 3 – Gromiželj.

1.4.1. Lugomir

Lokalitet Lugomir se nalazi u severozapadnom delu Bačke, između naselja Bački Monoštor i Kupusina, zapadno od lokalnog puta Sombor – Bački Monoštor – Bezdan, na nadmorskoj visini između 83,0 i 85,5 m. Najveći deo administrativno pripada gradu Somboru, dok se obodni delovi na zapadu i jugu nalaze na teritoriji opštine Apatin.

Lugomir predstavlja deo sistema za odvodnjavanje "Kupusina" koji se sa zapadne strane prostire između nasipa druge odbrambene linije Bački Monoštor – Apatin, koja predstavlja deponiju kanala osnovne kanalske mreže (OKM) Prigrevica – Bezdan (kanal Dunav – Tisa – Dunav) i kanala OKM Vrbas – Bezdan (Veliki Bački kanal) sa severne i severoistočne strane, dok jugoistočnu granicu čine sistemi za odvodnjavanje Bukovac i Štajer (Vladislav Milošev, usmeno saopštenje).

Sistem za odvodnjavanje "Kupusina" deo je detaljne kanalske mreže hidrosistema DTD. Sistem zauzima 5 203 ha zemljišta sa koga se voda prikuplja i evakuše gravitaciono ili pumpanjem, pomoću crpne stanice 9–6 "Kupusina", preko nasipa druge odbrambene linije u kanal osnovne kanalske mreže Prigrevica – Bezdan, kao konačni recipijent. Ukupna dužina kanalske mreže sistema je 62 719 m (tabela 1), a kanalanost je 12,05 m/ha. Kako su meliorativni kanali različitih gabarita, uopšteno gledano, širina dna predmetnih kanala kreće se od 1 do 6 m, nagibi kosina variraju 1:1,0 – 2,0, dok je uobičajeni pad dna kanala oko 0,1 – 0,5 ‰. Na osnovu podataka o nivoima podzemne vode na dva bunara koji se nalaze na istraživanom području, nivo podzemne vode uglavnom se nalazi na dubini većoj od 3 m (Vladislav Milošev, usmeno saopštenje).

Najveći deo sistema za odvodnjavanje "Kupusina" nalazi se u ritu kao najnižoj morfološkoj jedinici, a samo manji deo leži na aluvijalnoj terasi, na kojoj se nalaze obodni delovi lokaliteta Lugomir sa severoistočne, istočne i južne strane. Ovakav reljef posledica je evolucije toka Dunava, odnosno pomeranja rečnog korita na ovim prostorima od istoka ka zapadu i jugu (Milošev *et al.*, 1998). Od napuštenih tokova Dunava nastale su depresije, koje su nakon dužeg vremenskog perioda zatrpane radom eolske i površinske erozije, a manja udubljenja vremenom su se popunila vodom i zabarila (Andrejev, 1998).

Tabela 1. Klasifikacija kanala na sistemu za odvodnjavanje "Kupusina" (Vladislav Milošev, usmeno saopštenje).

Red kanala	Broj kanala	Ukupna dužina (m)
I	1	9186
II	9	21697
III	18	21681
IV	7	4740
V	4	3580
VI	3	1835
Σ	44	62719

U geološkom i hidrogeološkom smislu, čitavo područje je deo Panonskog basena, preko koga su se tokom neogena i kvartara nataložile različite eolske i fluvijalne naslage (Dedić & Božić, 1998). U litološkom pogledu kod ovih naslaga preovlađuje pesak uz pojavu krupnozrnih varijeteta i šljunka i znatno ređim prisustvom alevrita i gline. U mlađem kvartaru preko ovih naslaga nataloženi su rečno-barski peskoviti i peskovito-šljunkoviti sedimenti, a preko njih, na samoj površini terena, nataložen je alevritski pesak, alevriti, alevritske i barske gline (Trifunović *et al.*, 1983-1984; Trifunović & Strajin, 1986-1994; Dedić & Božić, 1998). Na ovom području, koje je udaljeno nešto više od 3 km od Dunava, režim podzemnih voda je pod uticajem klimatskih faktora. Za vreme negativnog bilansa klimatskih činilaca (jul – oktobar), kada je priobalje pod direktnim prihranjivanjem Dunava, nivo podzemnih voda na istraživanom području je minimalan. S druge strane, u zimskom periodu (novembar – februar), kada je bilans klimatskih činilaca pozitivan, Dunav drenira priobalje ali ne i zonu u kojoj se nalazi Lugomir, tako da se u ovom delu uspostavljaju maksimalni nivoi podzemnih voda. Klima je kontinentalna, sa čestim smenjivanjem kišovityh i sušnih godina i serija godina (12-13 godina) koje izazivaju katastrofalne posledice na celom području (Dedić & Božić, 1998).

Vodoprivredna delatnost na području Zapadne Bačke podrazumevala je odvodnjavanje suvišnih voda sa područja i odbranu od poplava u cilju naseljavanja do tada neprohodnih močvarnih i za život nepovoljnih terena (VDP Zapadna Bačka, <http://www.vdpzapadnabacka.co.rs/>). Prvi organizovani hidrotehnički radovi na širem

području Bačke započeti su krajem XVII veka, da bi se izgradnja nasipa, iskop većih kanala za odvodnjavanje radi isušivanja inundacija u priobalju do nasipa i izgradnja crpnih stanica naročito intenzivirali krajem XIX i početkom XX veka. Izgradnja kanala od Bačkog Monoštora do Bačkog Gradišta urađena je u periodu od 1793. do 1802. godine, a od Bezdana do Bačkog Monoštora u periodu od 1842. do 1856. godine (Milošev, 1998; Šogorov, 2011, Pavić *et al.*, 2012).

1.4.2. Bakreni Batar

Lokalitet Bakreni Batar se nalazi na području severne Mačve, istočno od reke Drine i južno od reke Save, na teritoriji opštine Bogatić. Smešten je u aluvijalnoj ravni istočno i južno od vodotoka Zasavica, na nadmorskoj visini od 80,0-81,5 m na ušću, do 83,5 m u izvorišnom delu, sa nagibom prema Savi od juga ka severu. Pod nazivom Batar, kao povremeni vodotok, izvire na lokalitetu Panjik između naselja Glogovac i Salaš Crnobarski, a potom teče između naselja Sovljak i Crna Bara. Nakon spajanja sa povremenim tokom Žurava teče kao Bakreni Batar ka naselju Banovo Polje. U Zasavicu se uliva s njene desne strane nakon 16 km toka, na oko 1 km od naselja Radenković i oko 20 km od ušća Zasavice u Savu. Tokom čitave godine teče u dužini od oko 5 km i to nizvodno od mosta u Banovom Polju do ušća u Zasavicu, jer se u njega ulivaju vode iz obližnjeg bušenog bunara i otpadne komunalne vode.

Deo Bakrenog Batara nizvodno od Banovog Polja, u dužini od oko 1,2 km, nalazi se u granicama Specijalnog rezervata prirode "Zasavica", u režimu II stepena zaštite (1,0 ha prirodnog toka i 5,7 ha kanalisnog dela). U zaštitnoj zoni se nalazi deo priobalja Bakrenog Batara zapadno od ušća u Zasavicu, u pojasu od oko 400 m dužine i 200 m širine (Branković *et al.*, 1996).

U geomorfološkom pogledu Mačvanska ravnica predstavlja aluvijon nastao nanošenjem rečnog materijala Drine i Save tokom višemilionskog perioda nakon povlačenja Panonskog mora. Kvartarni aluvijalni sedimenti najvećim delom su sastavljeni od terasnih peskova i šljunkova, sa prostranstvom od oko 800 km², obuhvatajući gotovo celu teritoriju Mačve (Milojević, 1962; Anonimus, 2011). Na osnovu morfogenetskih, sedimentoloških i paleontoloških karakteristika, istraživano

područje je predstavljeno barskim sedimentima, sedimentima mrtvaja, aluvijalno-plavnim i koritnim sedimentima, kao i sedimentima prve rečne terase kao terase Drine, koja ove sedimente geografski deli na semberijski i mačvanski deo (Vrhovčić *et al.*, 1986).

Osnovna hidrogeološka karakteristika područja je dominacija zbijenog tipa izdani u okviru peskovito-šljunkovitog kompleksa kvartarne starosti. Ove naslage imaju dobra filtraciona svojstva i predstavljaju dobru vodopropusnu sredinu. Područje Mačve predstavlja istočni deo velike plavinske lepeze reke Drine sa filtracionim karakteristikama koje opadaju u pravcu severa. Infiltracijom padavina i površinskih voda Save, Drine, Zasavice i drugih manjih tokova, otežanim prilivom vode izdani pod pritiskom iz dubljih horizonata i drugih hidrogeoloških struktura, vrši se prihranjivanje izdanskih voda zbijenog tipa. U uslovima hidrološkog maksimuma izdanski tok ima generalni pravac ka reci Savi. Isticanje podzemnih voda odvija se podzemnim oticanjem, putem izdani duž vodotoka, površinskim tokovima i veštačkim putem. Širi prostor oko Zasavice karakterišu aluvijalno ilovasto zemljište, mineralno barsko zemljište pokriveno aluvijalnim nanosom i mineralno barsko zemljište (Branković *et al.*, 1996).

Klima područja Zasavice pripada umerenokontinentalnom tipu. Prema prosečnim vrednostima klimatskih elemenata za višegodišnji period na meteorološkoj stanici u Sremskoj Mitrovici, najhladniji je januar (sa prosečnom temperaturom od $-0,5^{\circ}\text{C}$), a najtopliji jul (sa prosečnom temperaturom od $20,9^{\circ}\text{C}$). Srednja godišnja količina padavina je oko 630 mm, sa najvećom količinom taloga u junu, julu i maju, a najmanjom u martu, februaru i oktobru (Lazić *et al.*, 2008).

U poplavi s kraja XIX veka velike vode Save i Drine izlile su se i preplavile skoro celu Mačvu. Prema kasnijim procenama, tada je, usled jakih i dugotrajnih padavina, u slivu Drine formiran talas velikih voda povratnog perioda, odnosno prosečnog intervala ponavljanja, od oko 10 000 godina. Izgradnja nasipa za zaštitu Mačve započeta je 1901. godine. Izgrađeni su pojedinačni nasipi na području Bogatića, Crne Bare, Salaša Crnobarskog i Ravnja, na potezu Zasavica – Mačvanska Mitrovica – Šabac i u reonu Šabac – Dumača. Rekonstrukcija odbrambene linije uz Savu i Drinu, započeta osamdesetih godina, nije završena (Radoš, 1974; Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", 1978, 1982, 1987, 1995).

Gusta kanalska mreža u reonu Batara, Bitve i zapadnog dela Zasavice najviše je prokopavana u periodu od 1950. do 1970. godine. Crpna stanica na kanalu kod Mačvanske Mitrovice izgrađena je 1953. godine (Branković *et al.*, 1996).

1.4.3. Gromiželj

Lokalitet Gromiželj nalazi se na krajnjem severoistoku Republike Srpske u Bosni i Hercegovini, između naselja Velino selo, Balatun i Donji Brodac, na području opštine Bijeljina. Zahvata deo nizije Semberije između reka Save na severu i Drine na istoku, na nadmorskoj visini od 82,2 m u severnom do 83,1 m u južnom delu.

Močvara Gromiželj predstavlja recentnu depresiju sa nekoliko mikrodepresija. U njima se, za vreme visokog nivoa podzemnih voda, formiraju "bare" – izdanska oka, koja se izlivaju i kao manji tokovi evakušu prema kanalisanom vodotoku Prugnjača. Močvara Gromiželj ima oblik elipsastog prstena dužine 1650 m (u pravcu jugozapad-severoistok) i širine 750 m (u pravcu severozapad-jugoistok) (Petronić *et al.*, 2010a). U središnjem delu i spolja, okružena je obradivim poljoprivrednim površinama i manjim šumskim kompleksima. U njenom jugozapadnom delu nalazi se bara Laketića vir koja predstavlja jedino recentno stanište crнке u Bosni i Hercegovini (Petronić *et al.*, 2010b).

Laketića vir predstavlja najveću depresiju u močvari Gromiželj i jedinu "baru" u kojoj je voda prisutna tokom cele godine, a čiji nivo u najvećoj meri zavisi od nivoa podzemne vode. Pruža se od jugoistoka ka severozapadu, a prema srednjim godišnjim vrednostima nivoa izdani, dužine je između 50 i 55 m i maksimalne širine do 25 m. Prosečna dubina je 1,6 m, sa najvećom izmerenom dubinom od 3,5 m (Anonimus, 2008).

Zbog blagog pada terena od juga i jugozapada ka severu i severoistoku, viškovi vode iz močvare Gromiželj dreniraju se i evakušu u vodotok Prugnjača gravitaciono ili prepumpavanjem preko crpne stanice "Begov put" u Savu. Kao ostatak starog meandra, Prugnjača je tokom 80-ih godina XX veka većim delom kanalisana i uključena u odvođenje unutrašnjih voda u istočni deo hidromelioracionog sistema Semberije (Anonimus, 2008).

Sastavni deo sistema za zaštitu od poplava čine i odbrambeni nasipi. Duž Save izgrađen je nasip dužine 26 km, dok je uz Drinu nasip dug 8,6 km, koji se zatim nastavlja uz put Bijeljina – Rača. Od 1977. godine građen je obodni kanal Selište dužine 13 km (Institut za vode – Bijeljina, 2007).

Semberija predstavlja aluvijalnu ravan nastalu akumulativno-erozionim radom reka Drine i Save (Milivojević, 1995). Nakon tonjenja aluvijalne ravni i taloženja velikih naslaga šljunka i peska u pleistocenu, nastupili su i erozivno-akumulativni ciklusi u evoluciji reka Save i Drine i formirane su rečne terase koje su na području Gromiželja uglavnom prekrivene aluvijalnim, plavnim, barskim i sedimentima mrtvaja (Vrhovčić *et al.*, 1986; Petronić *et al.*, 2010b).

Na području cele Semberije zastupljena su sva tri tipa izdani: izdani sa slobodnim nivoom, subarteški i arteški tip. Arteški tip izdani se stalno javlja na području Gromiželja, uglavnom za vreme maksimalnih godišnjih nivoa (april, maj), a minimalni u oktobru i novembru (Milivojević, 1995). Prihranjivanje izdani vrši se prvenstveno infiltracijom površinskih i atmosferskih voda. Glavni prihranjivač izdani Semberije je reka Drina. Pražnjenje izdani se vrši u zoni rečnih korita reka Save i Drine, a glavni recipijent je Sava.

Klima šireg područja je umerenokontinentalna i ubraja se u posavsku varijantu umereno-toplog i vlažnog klimata (Dukić, 1998). Osnovne odlike su suvlje zime od leta sa maksimumom padavina u kasno proleće i rano leto. Područje je sa najmanjom količinom padavina u Republici Srpskoj i BiH, ali sa dobrom raspodelom po sezonama. Prosečna godišnja temperatura vazduha je 12,1°C; jul je natoplji, a januar najhladniji mesec (Petronić *et al.*, 2010b).

2. CILJEVI RADA

U okviru ove doktorske disertacije postavljeni su sledeći ciljevi:

- Prikazati rasprostranjenje crнке na teritoriji Republike Srbije i Republike Bosne i Hercegovine;
- Analizirati ekološke karakteristike staništa (fizičko-hemijske karakteristike, diverzitet biljaka, riba i akvatičnih beskičmenjaka) na istraživanim lokalitetima;
- Utvrditi strukturu analiziranih populacija crнке u odnosu na dužinu i težinu, uzrast i pol jedinki;
- Opisati kvalitativni sastav hrane;
- Analizirati dužinsko-težinske odnose, koeficijente kondicije i trofičke niše;
- Analizirati varijabilnost veličine i oblika spoljašnje morfologije istraživanih populacija metodama geometrijske morfometrije;
- Utvrditi genetičku raznovrsnost analiziranih populacija crнке upotrebom molekularno-genetičkih metoda;
- Utvrditi prisutne ugrožavajuće faktore i njihov uticaj na populacije crнке i predložiti mere zaštite, očuvanja i unapređenja stanja recentnih populacija.

3. MATERIJAL I METODE

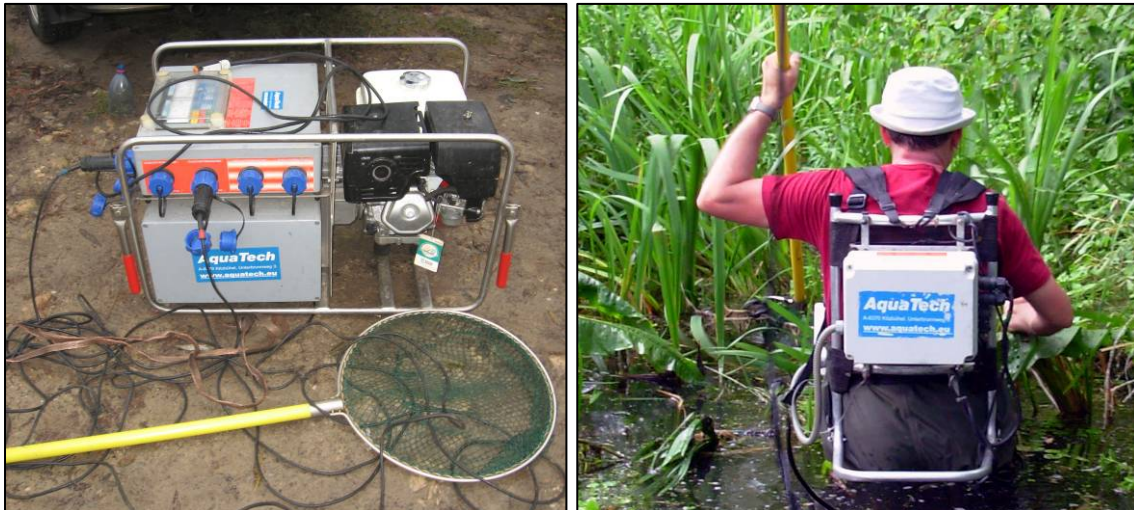
3.1. Materijal i tehnike uzorkovanja

Sakupljanje uzoraka crnke za potrebe izrade ove disertacije obavljeno je tokom juna i jula 2011. godine sa lokaliteta Lugomir kod Bačkog Monoštora i lokaliteta Bakreni Batar na području Specijalnog rezervata prirode "Zasavica" u Republici Srbiji, kao i sa lokaliteta Gromiželj u Bosni i Hercegovini. Ukupno je analizirano 76 primeraka, od čega su 23 jedinke sa lokaliteta Lugomir, 21 jedinka sa lokaliteta Bakreni Batar i 32 jedinke sa lokaliteta Gromiželj.

Za svaki istraživani lokalitet određeni su osnovni geografski parametri (geografska dužina, širina i nadmorska visina), kao i širina vodenog basena, dubina vode i mulja. Osnovne fizičko-hemijske karakteristike staništa utvrđene su pomoću instrumenata WTW Multi 340i (temperatura vode i vazduha, pH, elektroprovodljivost, koncentracija kiseonika, saturacija) i Lovibond MultiDirect (koncentracije amonijaka, nitrita i fosfata).

Izlovljavanje riba obavljeno je uređajima za elektroribolov tipa Aquatech EL 63 GI Honda GX 270 (slika 4a) i Aquatech IG 200/2 (slika 4b), kao i pletenom korpom od pruća (košara za kukuruz, batara) (slika 5) koja se pokazala vrlo efikasnom u izlovu riba iz guste makrofitske vegetacije i mulja.

Izlov jedinki obavljen je u skladu sa dozvolama Ministarstva životne sredine, rudarstva i prostornog planiranja Republike Srbije (dozvola za sakupljanje jedinki strogo zaštićene vrste *U. krameri* u naučno-istraživačke svrhe br. 353-01-280/2011-03 od 13.4.2011. godine, dozvole za ribolov u naučnoistraživačke svrhe i elektroribolov br. 324-04-65/2011-03 od 13.06.2011. godine i br. 324-04-67/2011-03 od 22.06.2011. godine), kao i na osnovu Odobrenja za prirodnjačka istraživanja Republičkog Zavoda za zaštitu kulturno-istorijskog i prirodnog nasljeđa Ministarstva prosvjete i kulture Republike Srpske (odobrenje br. 07/1.30/625-426/11 od 27.06.2011. godine).



a)

b)

Slika 4. Uređaji za elektroribolov (a – Aquatech EL 63 GI Honda GX 270; b – Aquatech IG 200-2).



Slika 5. Pletena korpa za uzorkovanje riba.

Pre brze fiksacije i konzervacije u etanolu, izlovljene ribe su izložene anestetiku 2-phenoxyethanol (Fluka Chemicals) u koncentraciji od 1 ml/l. Svi uzorci deponovani su u zbirci Zavoda za zaštitu prirode Srbije u Beogradu.

Kod svih jedinki u uzorku merene su totalna (TL) i standardna (SL) dužina tela u milimetrima (nonijus, Mahr Vernier Caliper 16 U, sa kružnom skalom tačnosti 0,1 mm) i težina tela u gramima (digitalna vaga tačnosti 0,1 g). Sa svakog primerka, iznad bočne linije, uzeta je krljušt za utvrđivanje starosti. Krljušt je čišćena od mukusa i

stavljana između dva predmetna stakla radi lakšeg fotografisanja (digitalni fotoaparat Canon Power Shot S40) pod stereomikroskopom (Leica MZ75, pri uveličanju od 20x, a za juvenilne jedinke pri uveličanju od 40x). Zbog deformacija koje se javljaju na krljuštima, za svaki primerak je fotografisano po pet krljušti.

Pol je određivan makroskopskom opservacijom gonada i pod mikroskopom nakon disekcije trbušne duplje. Želudačno-crevni sadržaj konzerviran je u flakonima sa 96% etanolom, a potom i analiziran pod stereomikroskopom (Bresser, uveličanja 10 do 400x).

Uporedo sa sakupljanjem uzoraka, na svim istraživanim lokalitetima utvrđen je kvalitativni sastav biljaka i riba, a izvršeno je i uzorkovanje beskičmenjaka iz mulja i submerzne vegetacije u cilju utvrđivanja njihovog kvalitativnog i kvantitativnog sastava i analize ishrane crнке. Sakupljanje beskičmenjaka obavljeno je mrežom (engl. *pond net*) u vremenskom intervalu od tri minuta po tzv. RIVPACS protokolu za prikupljanje makroinvertebrata (engl. *River Invertebrate Prediction and Classification System*) (Wright *et al.*, 2000), a uzorci su odloženi u plastične boce i fiksirani 96% etanolom.

Determinacija biljaka je izvršena prema Jávorka & Csapody (1975), a riba prema Simonoviću (2001). Analiza vodenih beskičmenjaka obavljena je korišćenjem stereomikroskopa (Bresser, uveličanja 10 do 400 puta), pomoću sledećih ključeva za determinaciju: Macan (1979), Rozkošny (1980), Kerovec (1986), Clifford (1991), Nilsson (1996, 1997), Bouchard (2004) i Veronik *et al.* (2009). Prikupljeni beskičmenjaci determinisani su do nivoa vrste ili roda, izuzev u slučaju taksonomske grupe Chironomidae (Diptera), kod koje je determinacija izvršena do nivoa familije.

3.2. Analiza podataka

3.2.1. Struktura populacija i dužinsko i težinsko rastenje

Struktura populacija crnke po lokalitetima analizirana je u odnosu na izmerene totalne dužine (TL) i težine tela svih uzorkovanih jedinki. Struktura populacija u odnosu na dužinske i težinske klase predstavljena je grafički u vidu procentualne distribucije dužinskih i težinskih klasa za svaki lokalitet u odnosu na mereni karakter i prema polu. Uzrasna struktura populacija prikazana je grafički kao procentualna distribucija uzrasnih klasa po lokalitetima i prema polu, dok je dužinska distribucija uzrasnih klasa prikazana tabelarno. Polna struktura populacija za svaki lokalitet predstavljena je odnosom polova, a procentualna distribucija polova po uzrasnim klasama prikazana je grafički.

Tempo dužinskog rasteња analiziran je na osnovu izmerenih totalnih dužina tela (TL) jedinki različite starosti. Potom je izvedena kriva rasta prema modelu von Bertalanffy-ja, koji predstavlja napoznatiji model rasta primenjen u ribarstvu (1934, 1938, *prema*: Ricker, 1971, 1975). Po ovom modelu, dužina tela u bilo kom vremenu t , izračunava se kao:

$$l_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad (1)$$

gde je L_∞ maksimalna (asimptotska) veličina kojoj teži dužina ribe, K mera stope pri kojoj se dužina tela približava vrednosti L_∞ – tzv. Brodijev koeficijent rasta (Brody, 1927, 1945, *prema*: Ricker, 1975), a t_0 parametar koji pokazuje hipotetičko vreme u kojem bi dužina tela bila jednaka nuli.

Na osnovu navedenih parametara stopa dužinskog porasta može da se izrazi kao:

$$dl / dt = K (L_\infty - l_t) \quad (2)$$

ili za podatke u intervalima jedinice vremena:

$$l_{t+1} - l_t = (1 - e^{-K}) (L_\infty - l_t) \quad (3).$$

Za konstruisanje krive von Bertalanffy-ja korišćen je Bevertonov model (Beverton, 1954, *prema*: Ricker, 1975) po kojem je potrebno odrediti tri parametra: L_∞ , K i t_0 . Prva dva parametra određuju se iz regresije l_{t+1} na l_t , čija grafička prezentacija predstavlja tzv. Walfordovu liniju (Walford, 1946, *prema*: Ricker, 1975). Nagib ove krive jednak je Fordovom koeficijentu rasta $k = e^{-K}$ (Ford, 1933, *prema*: Ricker, 1975), pa je odavde $K = -\ln k$, a odsečak na y -osi je $L_\infty(1 - k)$, odakle se može izračunati L_∞ . Prema Walfordu (1946, *prema*: Ricker, 1975) izraz za povratno izračunavanje dužina je:

$$l_{t+1} = L_\infty (1 - e^{-K}) + e^{-K} l_t \quad (4).$$

Ove vrednosti prikazane su tabelarno zajedno sa ostalim teorijski izračunatim povratnim dužinama. Da bi se dobio parametar t_0 potrebno je uraditi regresiju $\ln(L_\infty - l_t)$ na t . Nagib ove krive jednak je K , a odsečak na y -osi je $\ln L_\infty + K t_0$, odakle se izračunava vrednost t_0 . Vrednost t_0 je obično negativna i ne daje nikakve korisne informacije; često se smatra parametrom smetnje i uglavnom se ignoriše pri razmatranju odnosa stope rasta i stope prirodnog mortaliteta (Pauly, 1980, *prema*: Hirschhorn & Small, 1987).

Povratno izračunavanje dužina po modelu von Bertalanffy-ja i Walforda urađeno je pomoću programskog paketa Simply Growth (PISCES Conservation, 2002).

Analiza težinskog tempa rastenja urađena je na osnovu izmerenih empirijskih vrednosti težina tela sa digestivnim traktom kod jedinki različitog uzrasta. Rezultati su prikazani tabelarno i grafički.

Regresiona analiza odnosa totalne dužine i težine tela urađena je po lokalitetima. Alometrijski odnos totalne dužine tela i težine određen je eksponencijalnom funkcijom:

$$W = a L^b \quad (5)$$

ili u logaritamskoj formi:

$$\log W = \log a + b \log L \quad (6)$$

gde je W težina tela, L totalna dužina tela, a konstanta (odsečak na y -osi) i b faktor alometrije.

Na osnovu jednačina (4) i (5) izračunate su i grafički prikazane teorijske težine za različite dužinske klase. Za izračunavanje i grafički prikaz odnosa dužine i težine tela takođe je korišćen programski paket Simply Growth (PISCES Conservation, 2002).

Na osnovu dobijenih teorijskih vrednosti težina za različite dužine tela izračunati su faktori kondicije (Ricker, 1975). Fultonov (kubni, teorijski) faktor kondicije (Fulton, 1911, *prema*: Ricker, 1975) računat je po formuli:

$$K = (W L^{-3}) * 100 \quad (7)$$

i predstavlja parametar a iz funkcije $W = a L^b$ kada je $b = 3$. Što je veća težina ribe određene dužine veća je i vrednost ovog faktora. Fultonov faktor kondicije pogodan je za poređenje jedinki iste vrste i pokazuje razlike u odnosu na pol, sezonu ili mesto uzorkovanja. Može se koristiti i za poređenje riba koje imaju približno istu dužinu tela bez obzira na vrednost b .

Alometrijski (empirijski) faktor kondicije računat je po formuli:

$$C = (W L^{-b}) * 100 \quad (8).$$

Alometrijski faktor kondicije se, zbog svoje stabilnosti u odnosu na dužinu tela, često koristi u intraspecijskim poređenjima (Alegría Hernández, 1983a, 1983b).

Odnosi Fultonovog i alometrijskog faktora kondicije i totalne dužine tela prikazani su grafički po lokalitetima, polovima, dužinskim i uzrasnim klasama.

3.2.2. Ishrana

Analiza želudačno-crevnog sadržaja urađena je pod binokularnom lupom kod svih izlovljenih jedinki sa lokaliteta Lugomir i Gromiželj (izuzev kod juvenilnih primeraka) i kod 11 jedinki sa lokaliteta Bakreni Batar. Determinacija kategorija plena obavljena je do najnižeg mogućeg taksonomskog nivoa, a beležen je i broj pojedenih primeraka, odnosno komada plena.

U odnosu na indekse koji definišu kvantitativni značaj određene kategorije plena u ishrani (Hyslop, 1980; Labropoulou *et al.*, 1997; Cabral, 2000), u ovoj analizi korišćeni su sledeći indeksi:

1) indeks vakuiteta (I_v) (engl. *vacuity index*) – predstavlja količnik broja praznih stomaka i ukupnog broja pregledanih stomaka, pomnožen sa 100;

2) procentualna učestalost (F) (engl. *frequency of occurrence*) – predstavlja količnik broja stomaka sa i -tom kategorijom plena i ukupnog broja punih stomaka, pomnožen sa 100;

3) procentualni udeo (C_n) (engl. *numerical abundance*) – predstavlja količnik brojnosti i -te kategorije plena u svim stomacima u uzorku i ukupne brojnosti svih kategorija plena u svim stomacima u uzorku, pomnožen sa 100.

Najznačajnije kategorije plena određene su korišćenjem indeksa značajnosti (PV) (engl. *prominence value*) (Hickley *et al.*, 1994; Lorenzoni *et al.*, 2002):

$$PV = C_n \sqrt{F} \quad (9).$$

Indeks značajnosti izražen je kao:

$$\%PV = (PV / \sum PV) \times 100 \quad (10).$$

Širina niše za korišćenje resursa hrane izračunata je prema Šenonovom (Shannon) indeksu diverziteta (Krebs, 2001):

$$H = - \sum_{i=1}^n (p_i) (\ln p_i) \quad (11)$$

gde p_i predstavlja relativnu zastupljenost i -te kategorije plena od ukupno n prisutnih kategorija plena. Vrednost Šenonovog indeksa raste sa povećanjem broja kategorija.

Trofički diverzitet H izračunat je korišćenjem indeksa značajnosti (jednačina 9). Indeks je izračunat za uzorke crnke sa sva tri lokaliteta, a u odnosu na uzrasne klase, samo za uzorak sa lokaliteta Gromiželj.

Statističke razlike u sastavu hrane i punoći stomaka u funkciji uzrasta analizirane su kod uzorka sa lokaliteta Gromiželj primenom hi-kvadrat testa i tablica kontingencije. Kod uzorka sa ovog lokaliteta analiza varijanse (ANOVA) upotrebljena je za poređenje prosečnog broja komada plena po uzrasnim klasama kao i za poređenje širina niša po uzrasnim klasama (Sokal & Rohlf, 1995).

3.2.3. Geometrijska morfometrija

Varijabilnost veličine i oblika tela crnke analizirana je primenom metoda geometrijske morfometrije. Ukupno je analizirana 71 adultna jedinka sa lokaliteta Lugomir (n=23), Bakreni Batar (n=21) i Gromiželj (n=27) (tabela 2).

Tabela 2. Broj analiziranih jedinki po lokalitetima, odnos polova i starost.

Lokalitet	jedinke	mužjaci	ženke	1 ⁺	2 ⁺	3 ⁺	4 ⁺
Lugomir	23	13	10	14	9	-	-
Bakreni Batar	21	13	8	10	11	-	-
Gromiželj	27	11	16	13	10	3	1

3.2.3.1. Način prikupljanja i uređivanja podataka

Sve jedinke postavljene su u lateralni položaj na podlogu i fotografisane digitalnim fotoaparatom Sony DSC-W110 fiksiranim na stalku i postavljenim na istoj visini. Jedinke su pozicionirane uvek u isti položaj u odnosu na ravan objektiva i u odnosu na vidno polje fotoaparata. Za određivanje veličine koristio se lenjir/razmernik postavljen uz svaku jedinku.

U programima iz TPS serije, koji služe za prikupljanje dvodimenzionalnih podataka, odnosno X i Y koordinata specifičnih tačaka, izvršena je digitalizacija specifičnih tačaka i priprema fajlova za generalizovanu Prokrustovu analizu (GPA).

Korišćenjem softvera TPSDig (Rohlf, 2010a) na svakoj fotografiji pozicionirano je 14 dvodimenzionalnih specifičnih tačaka na desnoj strani tela riba (slika 6). Tačke 15 i 16 predstavljaju tačke referentne dužine, odnosno referentne tačke koje se postavljaju na lenjir. U programu TPSUtil (Rohlf, 2012) izvršena je manipulacija tps dokumenata (spajanje dokumenata i uređivanje tačaka), dok je u programu TPSRelw (Rohlf, 2010b) proveravana tačnost digitalizacije.



Slika 6. Konfiguracija specifičnih tačaka (engl. *landmarks*): 1 – početak gornje vilice, 2 – zadnja ivica oka, 3 – završetak glave (linija potiljačnog regiona), 4 – početak osnove leđnog peraja, 5 – završetak osnove leđnog peraja, 6 – gornji deo osnove repnog peraja, 7 – donji deo osnove repnog peraja, 8 – završetak osnove podrepnog peraja, 9 – početak osnove podrepnog peraja, 10 – osnova trbušnog peraja, 11 – osnova grudnog peraja, 12 – najistureniji deo (zadnji kraj) škržnog poklopca, 13 – tačka na liniji donjeg dela škržnog poklopca, 14 – završetak gornje vilice, 15 i 16 – tačke referentne dužine.

Opis tačaka dat je u legendi slike 6. Prema klasifikaciji koju je dao Bookstein (1991), izabrane tačke pripadaju tipu I, odnosno predstavljaju tačke koje se

najpreciznije mogu odrediti, a definisane su mestima susticanja različitih delova morfoloških celina.

Upotrebom CoordGen6 softverskog alata iz programskog paketa IMP (engl. *Integrated Morphometrics Package*) (Sheets, 2000) izvršeno je reskaliranje konfiguracija tačaka na referentnu dužinu i dobijena je veličina centroida (CS) svake jedinke. Set digitalizovanih specifičnih tačaka (bez tačaka referentne dužine) koristio se za generalizovanu Prokrustovu analizu (GPA).

3.2.3.2. Statistička obrada podataka

Varijabilnost veličine centroida analizirana je faktorijalnom analizom varijanse (ANOVA). Kao faktori koji su mogli uticati na varijabilnost veličine centroida testirani su uticaj populacije i pola, kao i njihova interakcija.

Varijabilnost oblika analizirana je faktorijalnom multivarijantnom analizom varijanse (MANOVA). Kao mogući faktori varijabilnosti oblika, odnosno zavisno promenljivih varijabli (Prokrustovih koordinata), testirani su uticaj populacije, pola i njihova interakcija.

U cilju dalje analize varijabilnosti oblika izvršena je kanonijska diskriminantna analiza (engl. *Canonical Variate Analysis – CVA*) na nivou celokupnog uzorka i izdvojene su kanonijske ose (engl. *Canonical Variables – CV*) koje najviše doprinose diskriminaciji analiziranih grupa, tj. populacija. Grafički je dat prikaz položaja jedinki u odnosu na prve dve izdvojene kanonijske ose (CV1 i CV2). Regresijom varijabli oblika na prvu i drugu kanonijsku osu dobijene su promene oblika koje doprinose razdvajanju analiziranih populacija. Vizuelizacija promena oblika između analiziranih populacija data je u vidu TPS deformacija predstavljenih tzv. (engl.) *wireframe* dijagramima duž prve i druge kanonijske ose.

Za potrebe utvrđivanja veličine razlika u obliku između analiziranih populacija izračunate su Prokrustove distance. Prokrustova distanca se izračunava kao kvadratni koren sume kvadratnih rastojanja između odgovarajućih specifičnih tačaka konfiguracija nakon Prokrustove superimpozicije (Bookstein, 1991). U ovom radu su Prokrustove distance izračunate između "prosečnih oblika" analiziranih populacija, tzv. konsenzus konfiguracija. Konsenzus konfiguracija predstavlja konfiguraciju čije su koordinate specifičnih tačaka srednje vrednosti Prokrustovih koordinata. Statistička

značajnost izračunatih Prokrustovih distanci procenjena je permutacionim testom sa 10 000 permutacija (Good, 1994; Edgington, 1995) pod pretpostavkom nulte hipoteze o nepostojanju razlika u obliku između analiziranih grupa. Matrica izračunatih Prokrustovih distanci korišćena je za konstrukciju fenograma, primenom UPGMA (engl. *Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages* – UPGMA) klaster analize.

Multivarijantnom analizom kovarijanse (MANCOVA) utvrđeni su alometrijski odnosi između analiziranih populacija (trend zavisnosti oblika od veličine) i testirana je homogenost nagiba regresionih krivih. Analizom je testiran uticaj populacije kao nezavisne varijable, logaritmovane veličine centroida (ln CS), kao kovarijable i njihove interakcije na varijabilnost oblika (Prokrustovih koordinata kao zavisno promenljivih). Statistički značajna interakcija između efekta populacije i kovarijable (ln CS) ukazuje na to da nagibi regresionih krivih nisu homogeni, odnosno da se nagibi alometrijskih pravih analiziranih populacija razlikuju.

Na nivou celokupnog uzorka, multivarijantnom regresijom varijabli oblika (Prokrustovih koordinata) na logaritmovanu veličinu centroida (ln CS), procenjen je uticaj, odnosno statistička značajnost i udeo alometrijskog rasta na varijabilnost oblika tela riba. Statistička značajnost alometrije testirana je permutacionim testom sa 10 000 permutacija (Good, 1994; Edgington, 1995) pod pretpostavkom nulte hipoteze o nepostojanju povezanosti između veličine i oblika (tj. nulta hipoteza podrazumeva postojanje izometrijskog rasta). Promene oblika uslovljene alometrijom vizuelno su predstavljene u vidu TPS deformacija predstavljenih tzv. (engl.) *wireframe* dijagramom.

Za GPA, CVA, izračunavanje Prokrustovih distanci, multivarijantnu regresiju i vizuelni prikaz promena oblika korišćen je program MorphoJ (Klingenberg, 2011), dok su ANOVA, MANOVA, UPGMA klaster analiza i MANCOVA urađene u programskom paketu Statistica 10.

3.2.4. Analiza genetičke varijabilnosti crnke

3.2.4.1. Izolacija DNK

Uzorci tkiva (komadić analnog peraja) sačuvani su u 96% etanolu. Celokupna DNK izolovana je iz tkiva pomoću metode fenol-hloroform-izoamil alkohol (Sambrook *et al.*, 1989).

3.2.4.2. Amplifikacija mitohondrijalne DNK, sekvenciranje i analiza podataka

Citohrom b (Cyt b) mitohondrijalne DNK (mtDNK) u dužini od 1 141 bp, umnožen je lančanom reakcijom polimeraze (engl. *Polymerase Chain Reaction – PCR*), uz pomoć prajmera GluF (5'-AACCCACCGTTGTATTCAACTACAA-3') i ThrR (5'-ACCTCCGATCTTCGGATTACAAGACCG-3') (Machordom & Doadrio, 2001). Svaka PCR reakcija imala je zapreminu od 25 µl i sadržala je po 9,7 µl H₂O, 12,5 µl PPP master miksa (75 mM Tris-HCl, pH 8,8, 20 mM (NH₄)₂SO₄, 0,01% Tween 20, 200 µM dATP, 200 µM dCTP, 200 µM dGTP, 200 µM dTTP, 2,5 U Taq Purple DNK polimeraze, stabilizatori i aditivi) (Top Bio), 0,65 µl (µl 10 mM) svakog prajmera i 1,5 µl DNK uzorka (20-250 ng genomske DNK). Program pod kojim se odvijala PCR amplifikacija sastojao se od inicijalne denaturacije (94°C, 3 min), praćene sa 35 ciklusa denaturacije (94°C, 45 s), hibridizacije prajmera (48°C, 90 s) i elongacije DNK (72°C, 105 s). Nakon 35 ciklusa, sledila je završna elongacija (72°C, 7 min). Sve PCR amplifikacije izvedene su upotrebom PCR uređaja Master Cyclyer (Eppendorf) ili XP cyclyer (Bioer).

Provera uspešnosti amplifikacije obavljena je pomoću 1,5% agaroznog gela u 0,5 x TBE puferu. Priprema uzoraka za sekvenciranje kao i samo sekvenciranje uslužno je obavljeno u kompaniji Macrogen (Seul, Koreja), upotrebom uređaja ABI 3730XL. Za sekvenciranje su korišćeni isti prajmeri kao i pri amplifikaciji Cyt b (GluF i ThrR).

Sekvence Cyt b su poravnate pomoću kompjuterskog programa Clustal X (Thompson *et al.*, 1997).

Analiza parnih genetičkih distanci između analiziranih haplotipova urađena je u programu MEGA 5 (Tamura *et al.*, 2011) upotrebom K2P distance (Kimura, 1980).

3.2.4.3. Amplifikacija mikrosatelitskih lokusa i analiza podataka

Analizirano je osam mikrosatelitskih lokusa (*UkrTet1* – *UkrTet8*) opisanih u radu Winkler & Weiss (2008). Svaka PCR reakcija imala je zapreminu od 10 μ l i sadržala je po 6,3 μ l H₂O, 1 μ l 10 \times PCR pufera, 0,6 μ l 25 mM MgCl₂, 0,5 μ l 0,2 mM dNTP, 0,25 μ l 10 mM svakog prajmera, 0,1 μ l Fermentas *Taq* polimeraze i 1 μ l DNK uzorka (\approx 100 ng genomske DNK). Program pod kojim se odvijala PCR amplifikacija sastojao se od inicijalne denaturacije (95°C, 5 min), praćene sa 35 ciklusa denaturacije (95°C, 45 s), hibridizacije prajmera (55 ili 57°C, 10 s) i elongacije DNK (72°C, 30 s). Nakon 35 ciklusa, sledila je završna elongacija (72°C, 7 min). Sve PCR amplifikacije su izvedene upotrebom PCR uređaja GeneAmp© PCR System 9700 (Applied Biosystems) (tabela 3).

Tabela 3. Lista i sekvence prajmera, ponavljajući motivi, temperatura hibridizacije prajmera i pristupni brojevi u Banci gena.

Lokus	Sekvence prajmera (5'–3')	Ponavljajući motiv	Th (°C)	Broj u Banci gena
<i>UkrTet1</i>	F: FAM-CATCAAATGTTGGCAGACTTGC R: GGGAAACCGCTATCCTGAC	(GATA)29	57	FJ228218
<i>UkrTet2</i>	F: VIC-AACACACAGACAGGACGTTCC R: GGGAGAAAGATGGGTGCC	(GATA)31	55	FJ228219
<i>UkrTet3</i>	F: NED-GGGTGCCAGGCTGTTCTC R: ATCAATCGGACTAACGGTTCG	(TATC)30	57	FJ228220
<i>UkrTet4</i>	F: NED-AGACGGCAGCACATAAGAA R: ATTATTGGTGTCCATCCCTGTC	(GACA)13	55	FJ228221
<i>UkrTet5</i>	F: FAM-TCACCGCACAAAAGAAACAC R: AACACCAGGGAAGTGCAGTCT	(GACA)12	55	FJ228222
<i>UkrTet6</i>	F: FAM-ATCGGTTTTTGCCCATCAGT R: CCGCAGATCGAAAGTTTGAC	(TGTC)7	55	FJ228223
<i>UkrTet7</i>	F: NED-CAATAGTTCCCCAATCCTGG R: GTCTCGACCACCAAGCG	(TGTC)14	55	FJ228224
<i>UkrTet8</i>	F: VIC-CTTGGCTGTGGTGGTTGAA R: GGGGGAGTCCCTGC	(TGTC)11	55	FJ228225

Produkti amplifikacije pomešani su sa formamidom i dužinskim standardom GENESCAN – 500 LIZ (Applied Biosystems), a nakon toga su genotipizirani na uređaju ABI Prism 3130 xl upotrebom programa GeneMapper Software v4.0 (Applied Biosystems).

Očekivana (H_e) i uočena (H_o) heterozigotnost, kao i bogatstvo alela izračunati su pomoću programa GENETIX 4.04 (Belkhir *et al.*, 1996–2004). Za izračunavanje odstupanja od Hardi-Vajnbergove ravnoteže (engl. *Hardy-Weinberg equilibrium* – HWE) i parnih F_{ST} indeksa genetičke diferencijacije (engl. *differentiation among subpopulations relative to the total population* – F_{ST}), na bazi 1 000 permutacija, korišćen je program FSTAT 2.9.3.2 (Goudet, 2002). Genetički odnosi između populacija i individua procenjeni su preko proporcije zajedničkih alela, tj. preko D_{AS} distanci (engl. *allele sharing distances* – D_{AS}) (Bowcock *et al.*, 1994). D_{AS} matrica je korišćena za konstruisanje "neighbour-joining" stabla individua upotrebom programa POPULATIONS (Langella, 2002).

Genetička struktura populacija je utvrđena pomoću programa STRUCTURE. Program STRUCTURE 2.3.2.1 koristi simulaciju Monte Karlo Markovljevih lanaca (engl. *Markov chain Monte Carlo* – MCMC) kako bi se jedinke razdvojile u tzv. K grupe. Osnovni kriterijumi pri grupisanju jedinki jesu minimizacija Hardi-Vajnbergove i gametske neravnoteže (Pritchard *et al.*, 2000). Nezavisne analize u programu STRUCTURE ponovljene su sedam puta za svaku vrednost K, a dužina MCMC je iznosila 100 000. Za procenu najverovatnijeg K korišćena je ΔK metoda (Evanno *et al.*, 2005).

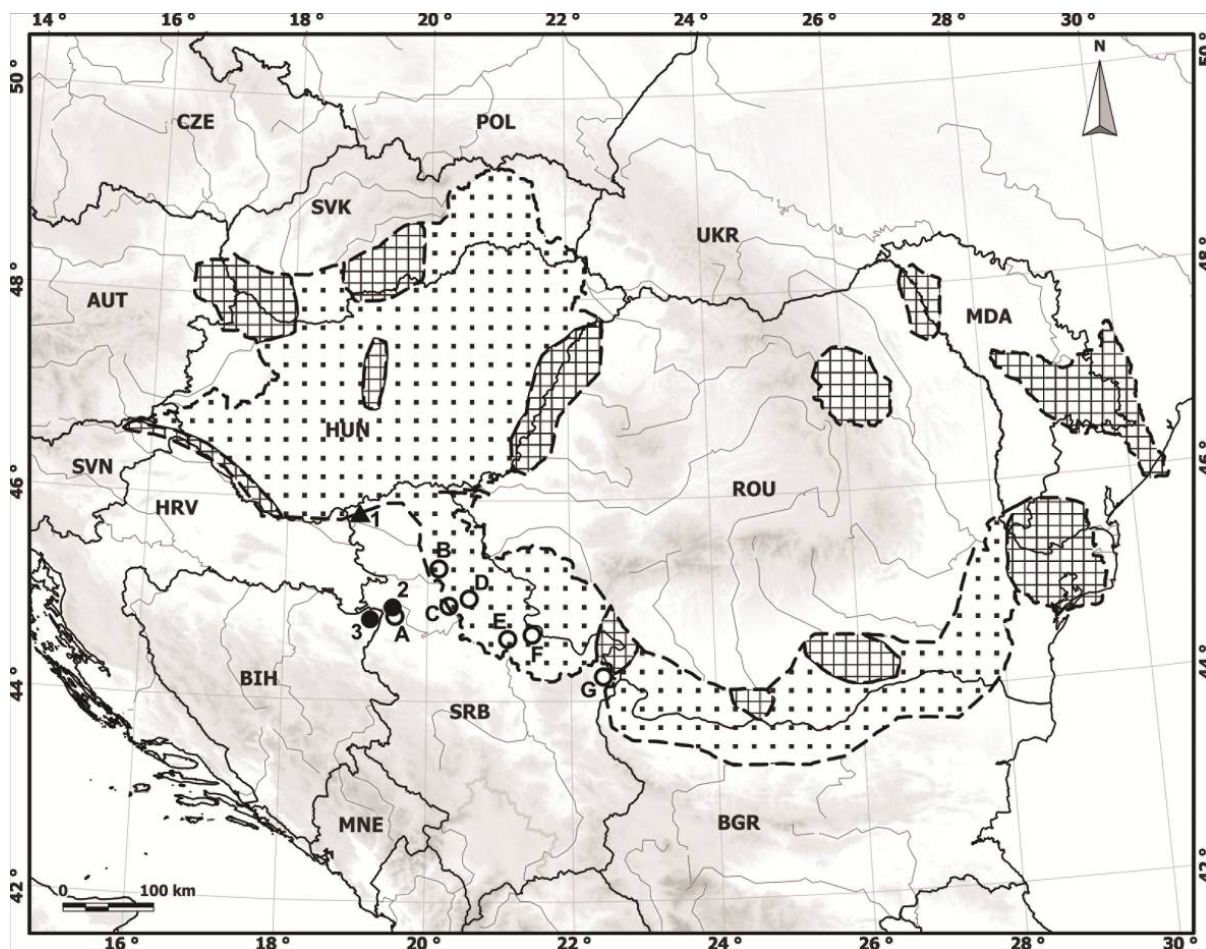
4. REZULTATI

4.1. Rasprostranjenje vrste u Srbiji i Bosni i Hercegovini i ekološke karakteristike staništa

Prisustvo crнке u kanalima na lokalitetu Lugomir između kanala Dunav-Tisa-Dunav i Velikog Bačkog kanala predstavlja nalaz nove populacije za Srbiju. Na slici 7 prikazana je distribucija vrste prema Kottelat & Freyhof (2007), dopunjena literaturnim podacima (Pančić, 1860; Medić, 1896; Mihajlović & Vuković, 1977; Ristić, 1977; Cakić & Hristić, 1987; Janković, 1995; Sekulić *et al.*, 1998; Maletin *et al.*, 2001) i recentnim nalazima (Simić *et al.*, 2007b; IUCN, 2009; Petronić *et al.*, 2010b) vrste u Srbiji i Bosni i Hercegovini, koji predstavljaju doprinos novim saznanjima o njenom rasprostranjenju u Evropi.

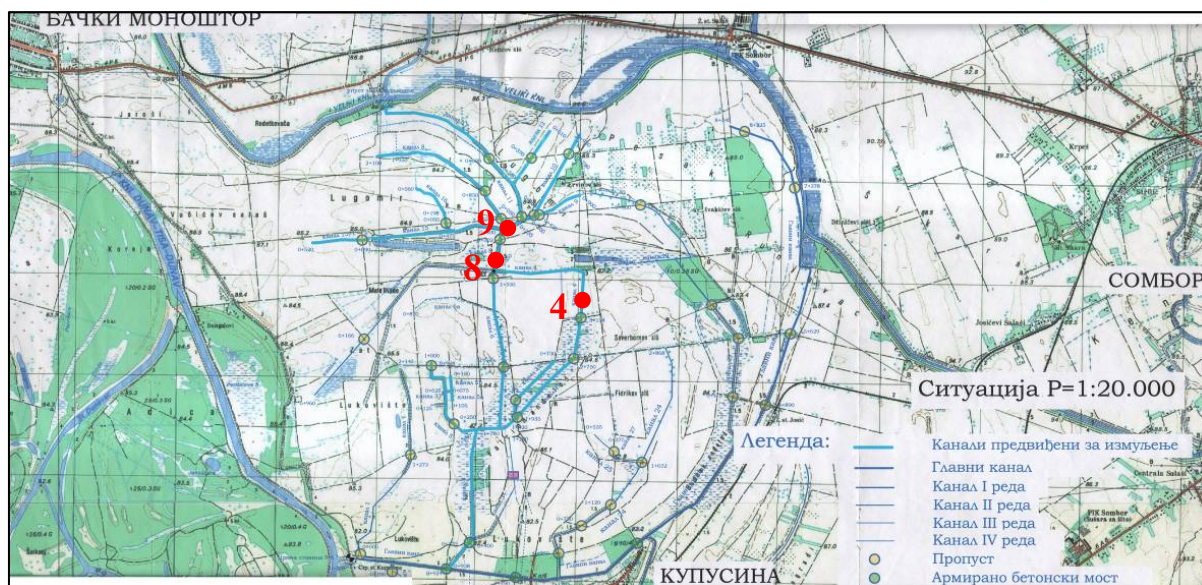
Na lokalitetu Lugomir vrsta je prvi put evidentirana marta 2008. godine slučajnim nalazom u toku periodičnog izmuljivanja i produbljivanja obraslih kanala, čija je primarna namena prikupljanje i evakuisanje viškova vode sa obradivih površina (Pavić *et al.*, 2012). Da vrsta nije nestala i nakon obavljenih meliorativnih radova, pokazuje njen ponovni nalaz iz 2011. godine, na delu sistema za odvodnjavanje "Kupusina", crpna stanica 6-9, u kanalima 4, 8 i 9 (slika 8).

U odnosu na osnovne fizičko-hemijske karakteristike staništa (tabela 4), ustanovljeno je da je voda u kanalima slabo bazna, niske koncentracije kiseonika i bez većih organskih opterećenja. Evidentirana je mala količina mulja jer je u prethodnom periodu vršeno uređenje kanala, a izmerene različite dubine vode posledica su nagiba terena ka propustima za odvođenje vode.



Slika 7. Rasprostranjenje *Umbra krameri* u Evropi prema Kottelat-u i Freyhof-u (2007):

■■■■ iščezla, ■■■ prisutna. Rasprostranjenje u Srbiji i Bosni i Hercegovini: ▲ novi lokalitet: 1) Lugomir; ● lokaliteti recentnih populacija: 2) Bakreni Batar, 3) Gromiželj; ○ literarni podaci: A) Zasavica (Mačva, Podrinje), B) Tisa, C) Surčin, D) Pančevački rit – kanal Sibnica, E) Morava, F) Pek, G) Negotinsko Blato.



Slika 8. Prisustvo crnke u kanalima sistema za odvodnjavanje „Kupusina“.

Tabela 4. Fizičko-hemijske karakteristike istraživanih lokaliteta.

Parametar	Lokalitet		
	Lugomir	Bakreni Batar	Gromiželj
geografske koordinate	44°77'N/18°99'E	44°92'N/19°47'E	44°86'/19°30'E
nadmorska visina (m)	83,0-85,5	80,0-81,5	82,2-83,1
tip ekosistema	kanal	vodotok	bara
širina korita (m)	4-6	1,5-10	≈25-55
dubina vode (cm)	45-105	40-90	50-≈400
dubina mulja (cm)	10-20	30-80	40-60
temperatura vazduha (°C)	33,5	25,7	26,0
temperatura vode (°C)	16,7	22,7	18,9
pH	7,85	7,60	7,66
el. provodljivost (μS/cm)	894	581	634
koncentracija kiseonika (mg/l)	0,36	0,28	12,08
satracija (%)	3,5	3,2	126
koncentracija amonijaka (mg/l NH ₄ -N)	0,22	0,17	0,10
koncentracija nitrita (mg/l NO ₂ -N)	< (0,01)	< (0,01)	0,07
koncentracija orto-fosfata (mg/l o-PO ₄ -P)	0,12	0,24	< (0,04)

Kanali u okviru lokaliteta Lugomir su u većoj meri obrasli emerznim priobalnim hidrofitama: *Phragmites australis*, *Typha latifolia* i *T. angustifolia*. Na pojedinim mestima duž kanala postoje otvorene vodene površine u kojima su prisutne submerzne i flotantne vrste: *Lemna trisulca*, *L. minor*, *Spirodela polyrrhiza*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Berula erecta*, *Sparganium erectum*, *Alyisma plantago-aquatica*, *Ceratophyllum demersum*, *C. submersum*, *Potamogeton crispus* i *P. gramineus*.

Od faune riba u kanalima su evidentirane autohtone vrste – štika *Esox lucius*, zlatni karaš *Carassius carassius*, linjak *Tinca tinca* i čikov *Misgurnus fossilis*, a od alohtonih – srebrni karaš *C. gibelio*, američki somić *Ameiurus nebulosus* i sunčanica *Lepomis gibbosus*.

Uporedni pregled kvalitativnog sastava beskičmenjaka evidentiranih u mulju i submerznoj vegetaciji na istraživanim lokalitetima dat je u tabeli 5, a procentualni odnos glavnih evidentiranih taksonomskih grupa beskičmenjaka u tabeli 6 i na slici 9.

Tabela 5. Uporedni pregled kvalitativnog sastava beskičmenjaka iz mulja i vodene vegetacije na lokalitetima Lugomir, Bakreni Batar i Gromiželj.

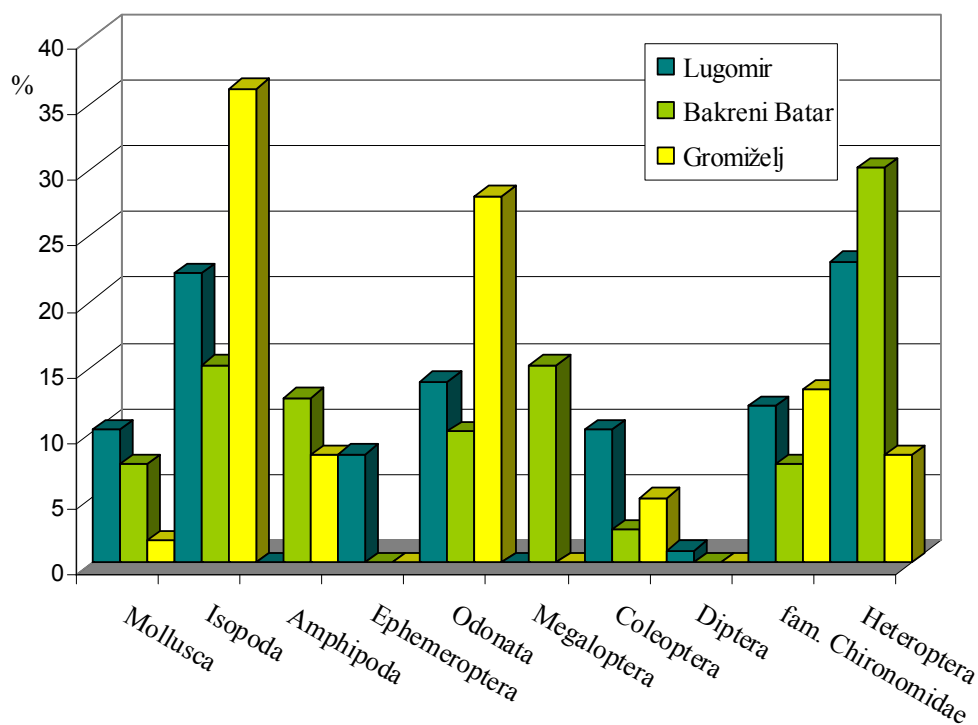
Takson	Lokalitet			
	Lugomir	Bakreni Batar	Gromiželj	
Mollusca				
Gastropoda				
fam. Planorbidae	<i>Planorbarius corneus</i>	+	+	+
fam. Bithyniidae	<i>Bithynia tentaculata</i>		+	
fam. Physidae	<i>Physa fontinalis</i>	+		
fam. Planorbidae	<i>Anisus</i> sp.	+		
Arthropoda				
Crustacea				
Isopoda				
fam. Asellidae	<i>Asellus aquaticus</i>	+	+	+
Amphipoda				
fam. Niphargidae	<i>Niphargus</i> sp.		+	+
Insecta				
Diptera				

fam. Chironomidae		+	+	+
fam. Stratiomyidae	<i>Odontomyia</i> sp.	+		
Odonata				
Anisoptera				
fam. Libellulidae	<i>Sympetrum sanguineum</i>	+		+
fam. Corduliidae	<i>Cordulia aenea</i>			+
fam. Aeshnidae	<i>Aeshna mixta</i>		+	
Zygoptera				
fam. Lestidae	<i>Lestes viridis</i>			+
Megaloptera				
fam. Sialidae	<i>Sialis lutaria</i>		+	
Heteroptera				
fam. Nepidae	<i>Ranatra linearis</i>	+		
	<i>Nepa cinerea</i>		+	
fam. Notonectidae	<i>Notonecta</i> sp.	+	+	+
fam. Naucoridae	<i>Ilyocoris cimicoides</i>	+	+	+
fam. Corixidae	<i>Sigara</i> sp.	+		
fam. Gerridae	<i>Gerris lateralis</i>	+		
fam. Pleidae	<i>Plea minutissima</i>	+		
Ephemeroptera				
fam. Baetidae	<i>Cleon dipterum</i>	+		
Coleoptera				
fam. Haliplidae	<i>Peltodytes caesus</i>	+		
fam. Dytiscidae	<i>Dytiscus marginalis</i> (adult)	+		
	<i>Dytiscus</i> sp. (larva)			+
	<i>Hyphydrus ovatus</i> (larva)	+		
	<i>Graphoderus</i> sp. (adult)	+		
	<i>Hydaticus</i> sp. (adult)		+	
	<i>Acilius sulcatus</i> (adult)			+
fam. Hydrophilidae	<i>Hydrochara</i> sp.			+

U odnosu na diverzitet beskičmenjaka, na lokalitetu Lugomir ukupno je evidentirano 12 vrsta iz šest taksonomskih grupa (Gastropoda, Isopoda, Odonata, Heteroptera, Ephemeroptera i Coleoptera). Pet taksona je determinisano do nivoa roda (Gastropoda, Diptera, Heteroptera i Coleoptera) i jedan do nivoa porodice (Chironomidae, Diptera) (tabela 5). Procentualno, među najzastupljenijim su beskičmenjaci iz grupe Heteroptera (22,93%), Isopoda (22,02%) i Odonata (13,76%) (tabela 6, slika 9).

Tabela 6. Procentualna zastupljenost detektovanih grupa beskičmenjaka na lokalitetima Lugomir, Bakreni Batar i Gromiželj.

Grupa	Lugomir	Bakreni Batar	Gromiželj
Mollusca	10,09	7,50	1,64
Isopoda	22,02	15,00	36,06
Amphipoda		12,50	8,20
Ephemeroptera	8,26		
Odonata	13,76	10,00	27,87
Megaloptera		15,00	
Coleoptera	10,09	2,50	4,92
Diptera	0,92		
fam. Chironomidae	11,93	7,50	13,11
Heteroptera	22,93	30,00	8,20
Ukupno:	100,00	100,00	100,00



Slika 9. Procentualna zastupljenost detektovanih grupa beskičmenjaka na lokalitetima Lugomir, Bakreni Batar i Gromiželj.

Nakon višegodišnjih bezuspješnih istraživanja crnke u Zasavici i pojedinim okolnim kanalima, vrsta je 2011. godine registrovana u vodotoku Bakreni Batar nizvodno od Banovog Polja ka ušću u Zasavicu. Velika količina mulja, temperatura vode od 22,7°C, niska koncentracija kiseonika i blago povećana koncentracija ortofosfata od 0,24 mg/l o-PO₄-P osnovni su parametri staništa iz kog je uzet uzorak za analizu (tabela 4).

Na ovom lokalitetu od emerznih hidrofita najzastupljenije su *T. angustifolia* i *P. australis*, a prisutne su i *Glyceria maxima*, *Rumex hydrolapatum*, *Cyperus fuscus*, *B. erecta*, *S. erectum*, *Urtica kioviensis*, *A. plantago aquatica*, *Lythrum salicaria*. Od submerznih i flotantnih vrsta u vodi su prisutne *L. minor*, *L. trisulca*, *S. polyrrhiza*, *H. morsus-ranae*, *C. demersum*, *Nuphar luteum* i *Salvinia natans*, dok su u priobalju od drvenastih vrsta najčešće zastupljene *Salix cinerea*, *S. alba* i *Populus nigra*.

Od ribljih vrsta evidentirane su samo mlađ zlatnog karaša *C. carassius* i uklija *Alburnus alburnus*.

Na lokalitetu Bakreni Batar utvrđeno je prisustvo sedam vrsta beskičmenjaka iz šest taksonomskih grupa (Gastropoda, Isopoda, Odonata, Megaloptera i Heteroptera), tri taksona su determinisana do nivoa roda (Amphipoda, Heteroptera i Coleoptera) i jedan do nivoa porodice (Chironomidae, Diptera) (tabela 5). U odnosu na procentualnu zastupljenost glavnih grupa beskičmenjaka, najprisutniji su predstavnici iz grupe Heteroptera (30,0%), a potom i iz grupa Isopoda i Megaloptera (po 15,0%) (tabela 6).

Na području Gromiželja uzorkovanje crнке obavljeno je u bari Laketića vir, u priobalju gusto obraslom submerznom vegetacijom, čije je dno na pojedinim mestima prekriveno muljem od 40 do 60 cm. Pri temperaturi vazduha od 26,0°C i temperaturi vode od 18,9°C, izmerena je koncentracija kiseonika od 12,8 mg/l i saturacija od 126%. Ostali parametri i karakteristike staništa prikazani su u tabeli 4.

Od flotantnih hidrofita u Laketića viru prisutne su *H. morsus-ranae*, *L. minor*, *N. luteum* i *P. natans*, a od submerznih *C. demersum*, *L. trisulca*, *Myriophyllum spicatum*, *Ranunculus fluitans*, *Utricularia vulgaris* i *Zanichellia palustris*. Među brojnim emerznim priobalnim hidrofitama izdvajaju se *Iris pseudacorus*, *P. australis*, *Hottonia palustris*, *Scripus lacustris*, *Telypteris palustris*, *T. latifolia* i *T. angustifolia*. Bara se nalazi u gustom šumskom sklopu, okružena brojnim drvenastima vrstama, među kojima su i *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia*, *P. nigra*, *S. fragilis* i *S. alba*.

Od autohtonih ribljih vrsta prisutne su štika *E. lucius*, linjak *T. tinca*, crvenperka *Scardinius erythrophthalmus*, zlatni karaš *C. carassius*, čikov *M. fossilis* i vijun *Cobitis taenia*, dok je sunčanica *L. gibbosus* jedina vrsta alohtonog porekla.

Na ovom lokalitetu ukupno je ustanovljeno sedam vrsta beskičmenjaka iz šest taksonomskih grupa (Gastropoda, Isopoda, Odonata, Heteroptera i Coleoptera), četiri taksona su determinisana do nivoa roda (Amphipoda, Heteroptera i Coleoptera), a jedan takson do nivoa porodice (Chironomidae, Diptera) (tabela 5). Procenualno, najprisutniji su beskičmenjaci iz grupe Isopoda (36,06%) i Odonata (27,86%) (tabela 6).

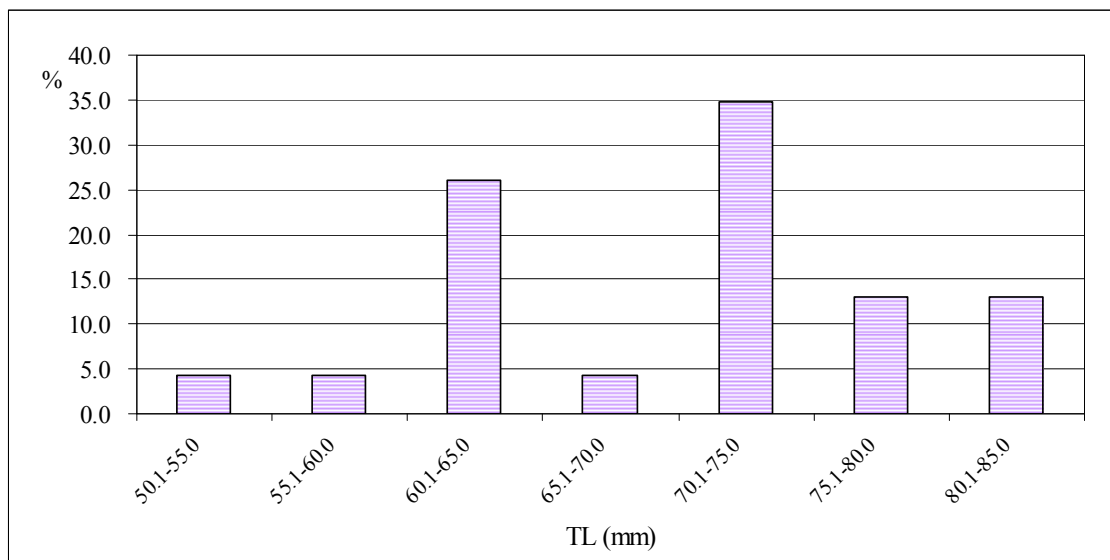
4.2. Struktura populacija

Analiza strukture populacije (dužinska, težinska, uzrasna i polna) crнке sa lokaliteta Lugomir urađena je na uzorku od 23 primerka, sa lokaliteta Bakreni Batar na uzorku od 21 primerka i sa lokaliteta Gromiželj na uzorku od 32 primerka.

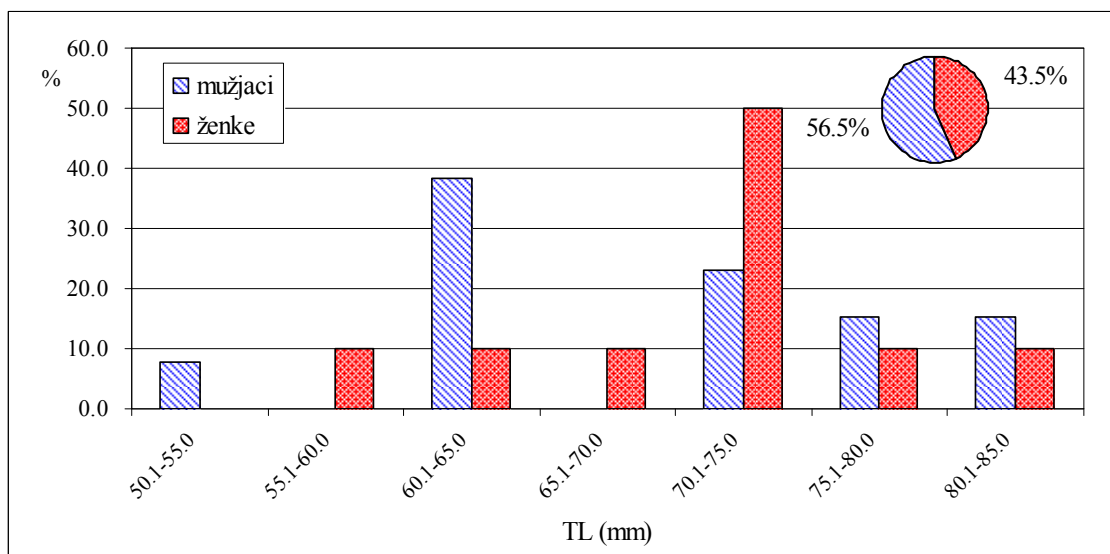
4.2.1. Dužinske klase

Svi podaci totalne dužine tela (TL) analiziranih primeraka raspoređeni su po dužinskim klasama $>25,0$ do 101,1-105,0 mm u intervalima od po 5 mm. Za primerke sa lokaliteta Lugomir podaci su raspoređeni u dužinske klase od 50,1-55,0 do 80,1-85,0 mm, sa lokaliteta Bakreni Batar u dužinske klase od 55,1-60,0 do 80,1-85,0 mm, a sa lokaliteta Gromiželj u dužinskim klasama $>25,0$ do 101,1-105,0 mm. Procentualna distribucija dužinskih klasa na lokalitetu Lugomir prikazana je na slici 10, na lokalitetu Bakreni Batar na slici 11 i na lokalitetu Gromiželj na slici 12. Totalna dužina tela ispitanih primeraka na lokalitetu Lugomir kretala se od 53,3 do 82,4 mm, na lokalitetu Bakreni Batar od 60,1 do 83,2 mm, a na lokalitetu Gromiželj od 24,3 do 102,9 mm.

Najveći broj jedinki na lokalitetu Lugomir nalazi se u klasama od 70,1-75,0 mm (34,8%), 60,1-65,0 mm (26,1%), 75,1-80,0 mm (13,0%) i 80,1-85,0 mm (13,0%). Zastupljenost ostalih dužinskih klasa je po 4,3%. Najveći broj svih mužjaka nalazi se u klasi od 60,1-65,0 mm (38,5%), a potom u klasi od 70,1-75,0 mm (23,1%). Najveći broj svih ženki nalazi se u klasi od 70,1-75,0 mm (50,0%), dok su ostale ženke ravnomerno prisutne u ostalim klasama od 55,1-60,0 mm do 80,1-85,0 mm (po 10,0%).



(a)

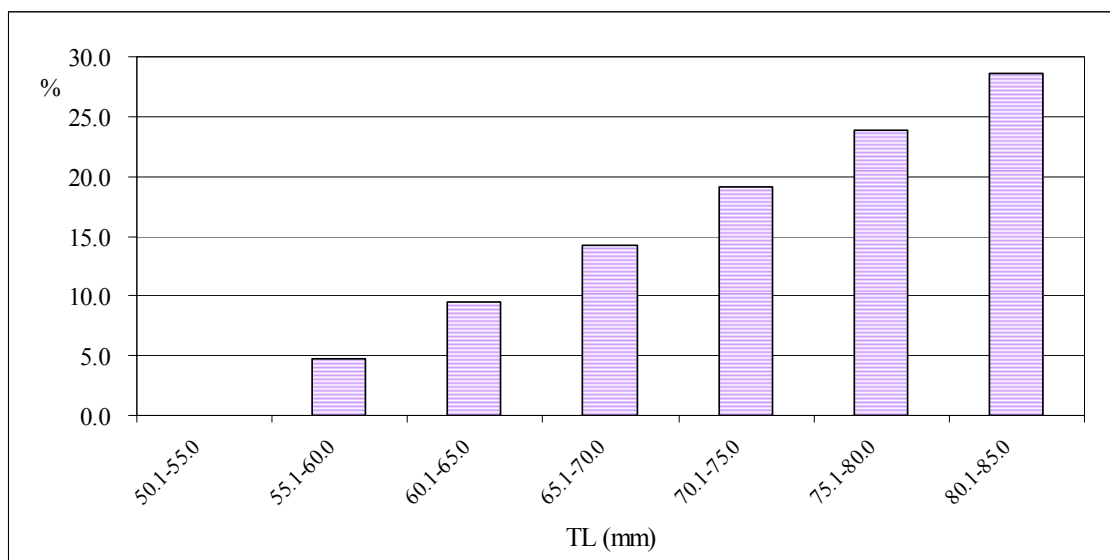


(b)

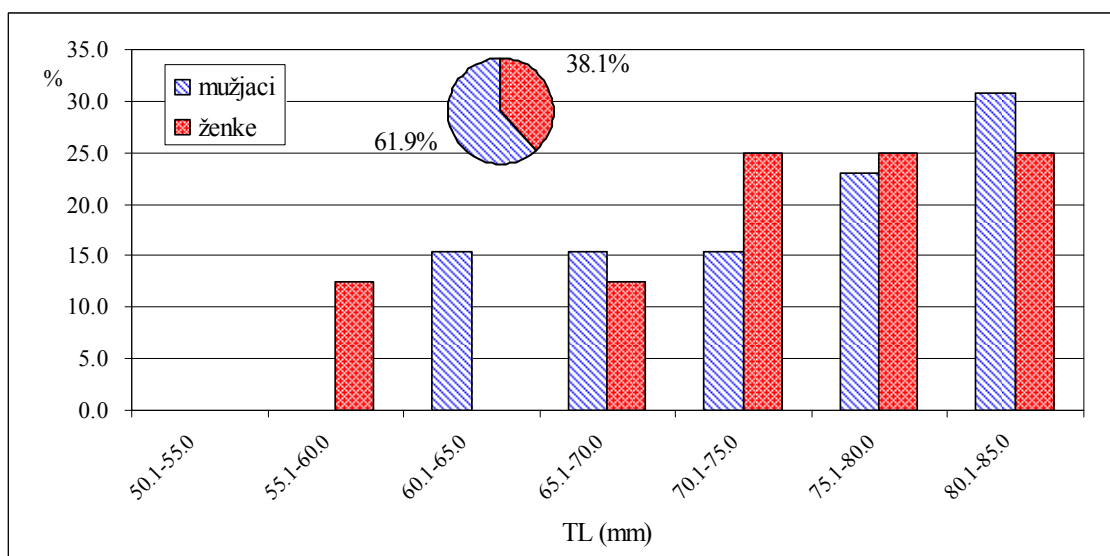
Slika 10. Procentualna distribucija dužinskih klasa na lokalitetu Lugomir: a) ceo uzorak; b) mužjaci i ženke.

U uzorku sa lokaliteta Bakreni Batar preovlađuju jedinke iz dužinskih klasa od 80,1-85,0 mm (28,6 %), 75,1-80,0 mm (23,8%), 70,1-75,0 mm (19,0%) i 65,1-70,0 mm (14,3%). Procentualna zastupljenost ostalih klasa (60,1-65,0 mm i 55,1-60,0 mm) je

4,8% i 9,5%. U odnosu na sve mužjake, najviše ih je u klasi od 80,1-85,0 mm (30,8%) i u klasi od 75,1-80,0 mm (23,1%). Najveći procenat svih ženki nalazi se u klasama od 70,1-75,0 mm, 75,1-80,0 mm i 80,1-85,0 mm (po 25,0%).



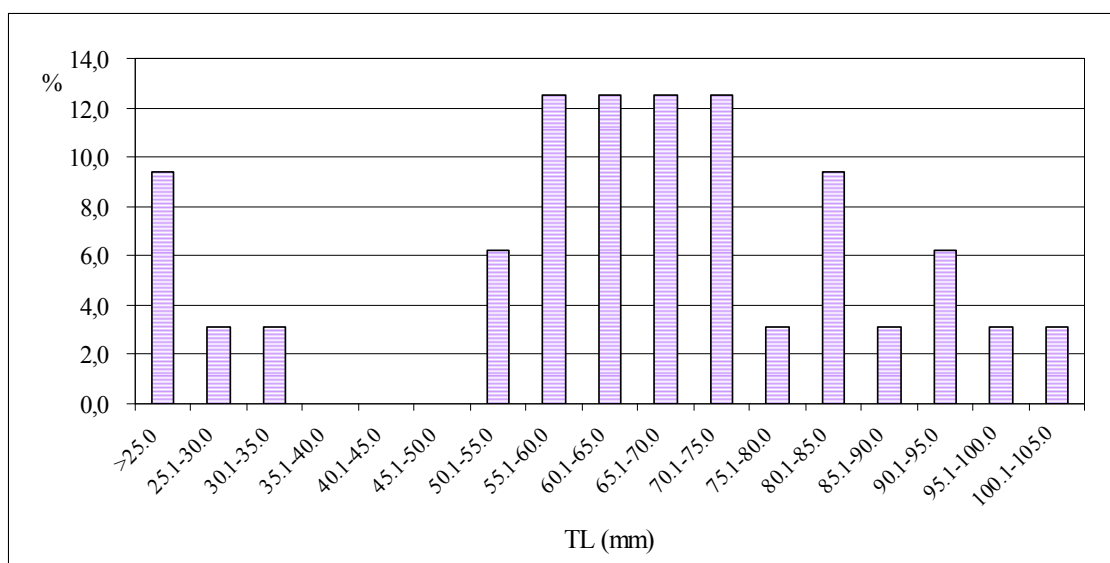
(a)



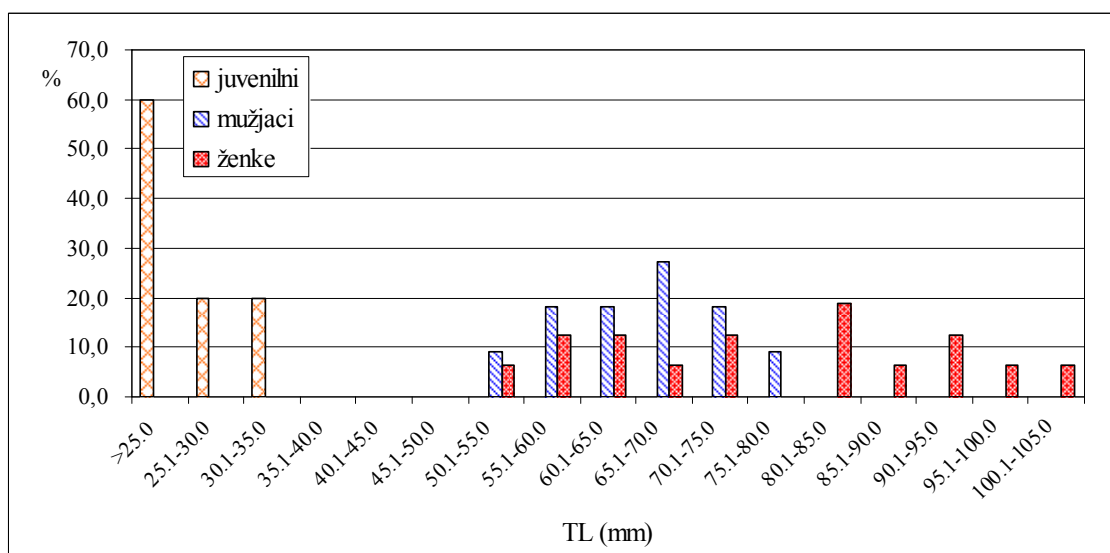
(b)

Slika 11. Procentualna distribucija dužinskih klasa na lokalitetu Bakreni Batar: a) ceo uzorak; b) mužjaci i ženke.

U uzorku sa lokaliteta Gromiželj preovlađuju jedinke iz dužinskih klasa od 55,1-60,0 mm, 60,1-65,0 mm, 65,1-70,0 mm i 70,1-75,0 mm (po 12,5%). Procentualna zastupljenost ostalih evidentiranih klasa kreće se od 3,1% do 9,4%. Najveći broj svih mužjaka nalazi se u klasi od 65,1-70,0 mm (27,3%), a najveći broj svih ženki u klasi od 80,1-85,0 mm (18,8%). Najveći procenat juvenilnih jedinki u ovom uzorku nalazi se u klasi >25,0 mm (60,0%).



(a)



(b)

Slika 12. Procentualna distribucija dužinskih klasa na lokalitetu Gromiželj: a) ceo uzorak; b) mužjaci, ženke i juvenilne jedinke.

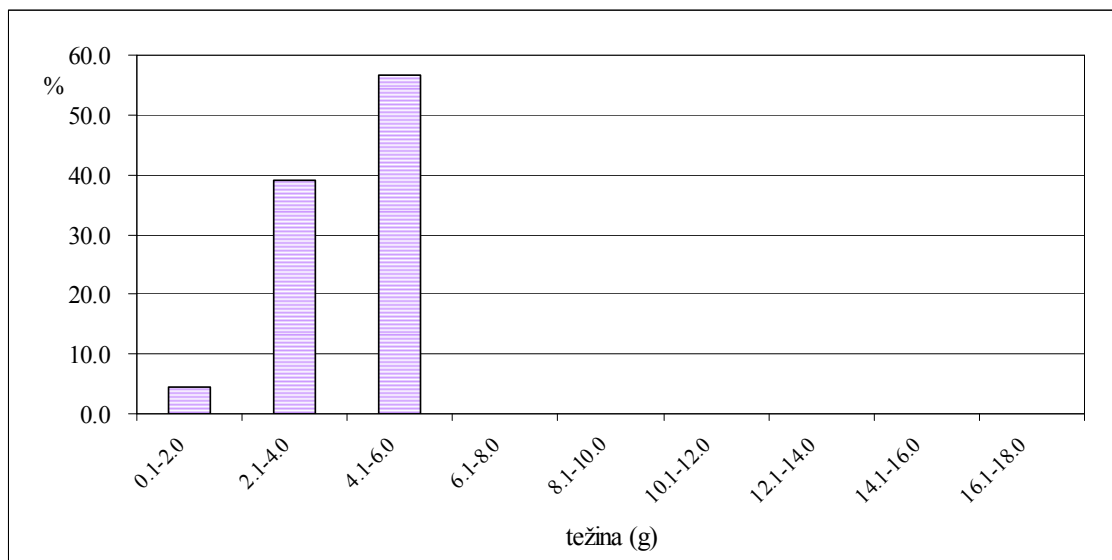
4.2.2. Težinske klase

Procentualna zastupljenost težinskih klasa na lokalitetu Lugomir prikazana je na slici 13, na lokalitetu Bakreni Batar na slici 14 i na lokalitetu Gromiželj na slici 15. Procentualna distribucija težinskih klasa analizirana je na osnovu izmerenih težina tela (zajedno sa digestivnim traktom). Svi podaci raspoređeni su u težinske klase od po 2 g i to od 0,1-2,0 g do 16,1-18,0 g. Težina tela kod analiziranih primeraka u uzorku sa lokaliteta Lugomir kreće se od 1,5 do 5,9 g, u uzorku sa lokaliteta Bakreni Batar od 1,5 do 6,6 g, a u uzorku sa lokaliteta Gromiželj od 0,1 do 16,4 g.

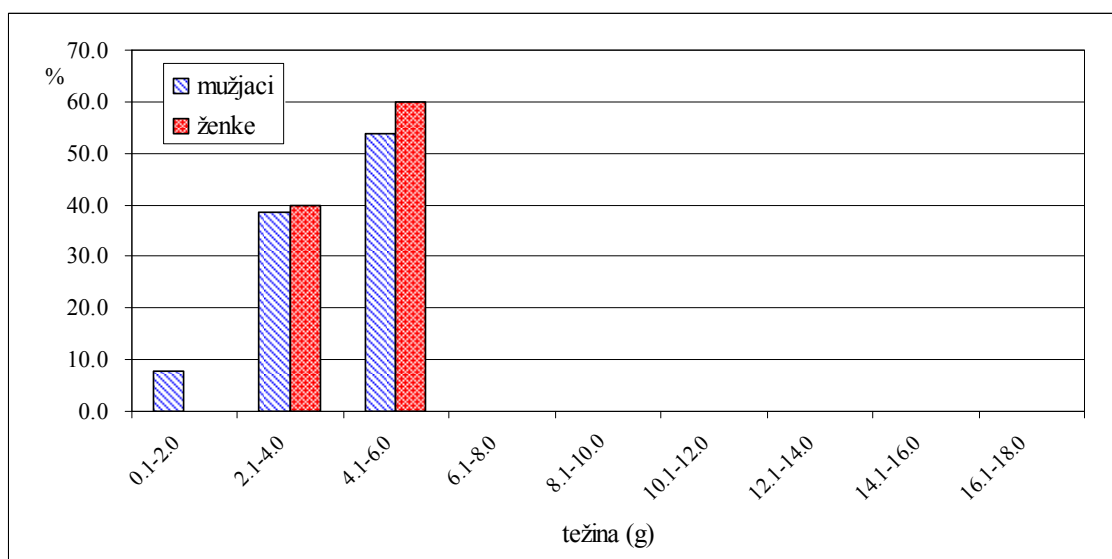
U uzorku sa lokaliteta Lugomir najveći broj jedinki nalazi se u klasi od 4,1-6,0 g (56,5%) i od 2,1-4,0 g (39,1%). Ovim težinskim klasama pripada i najveći broj mužjaka (53,8%, odnosno 38,5%) i sve ženke (60% i 40%).

Kao u uzorku sa lokaliteta Lugomir i u uzorku sa lokaliteta Bakreni Batar najveći broj jedinki se nalazi u klasi od 2,1-4,0 g i 4,1-6,0 g (po 42,9%). Mužjaci sa ovog lokaliteta najbrojniji su u klasama od 2,1-4,0 g (53,8%) i od 4,1-6,0 g (30,8%), a ženke u klasi od 4,1-6,0 g (62,5%).

Na lokalitetu Gromiželj najveći broj analiziranih jedinki je u klasama od 2,1-4,0 g (31,3%) i 0,1-2,0 g (28,1%), a potom i u klasi od 4,1-6,0 g (18,8%). Mužjaci su najzastupljeniji u klasama od 2,1-4,0 g (45,5%) i 4,1-6,0 g (36,4%), a ženke u klasama od 2,1-4,0 g (31,3%) i 6,1-8,0 g (18,8%). Sve juvenilne jedinke, koje su jedino i evidentirane na ovom lokalitetu, nalaze se u klasi od 0,1-2,0 g (100%).

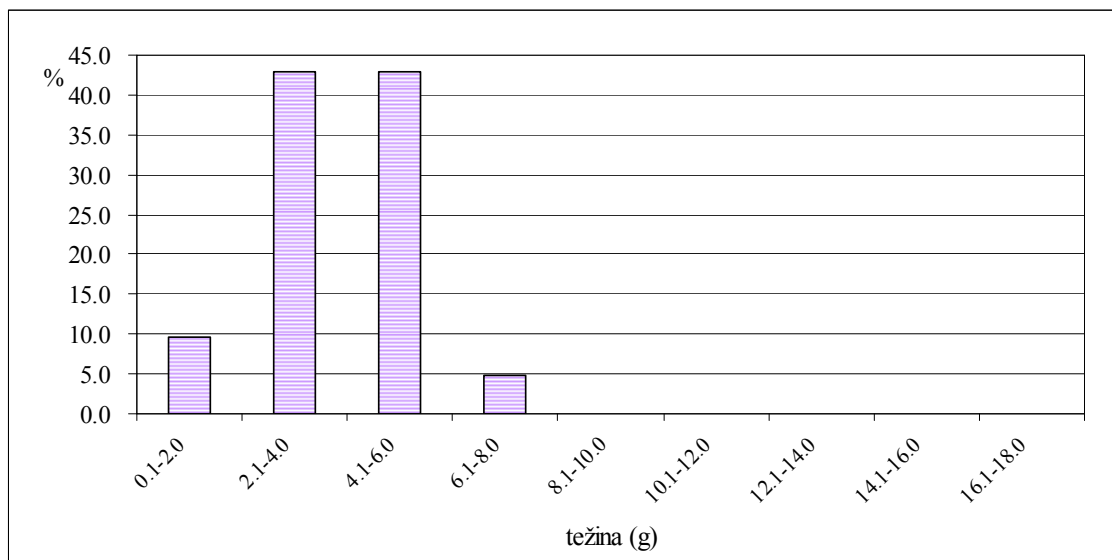


(a)

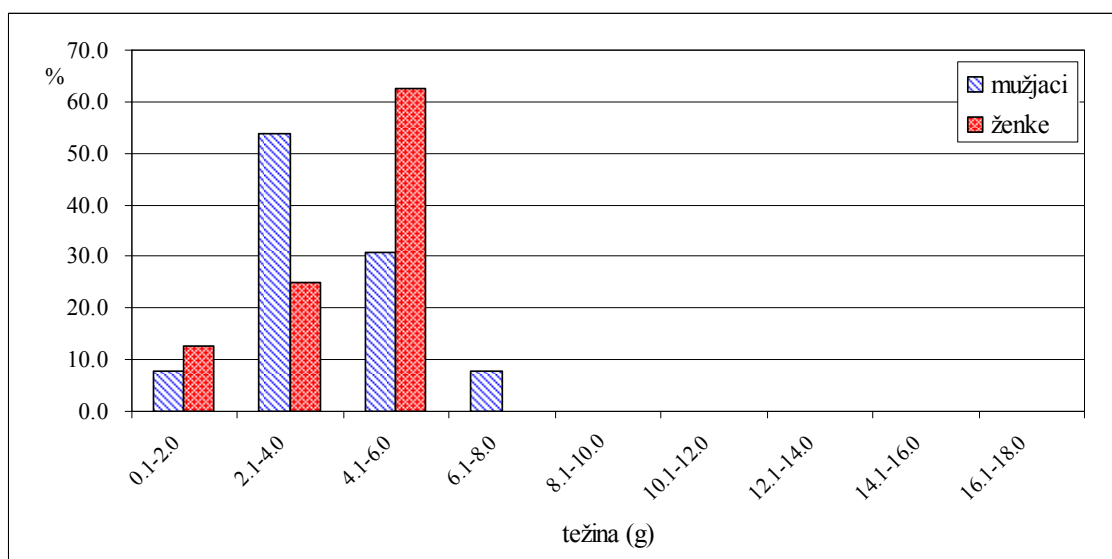


(b)

Slika 13. Procentualna distribucija težinskih klasa na lokalitetu Lugomir: a) ceo uzorak; b) mužjaci i ženke.

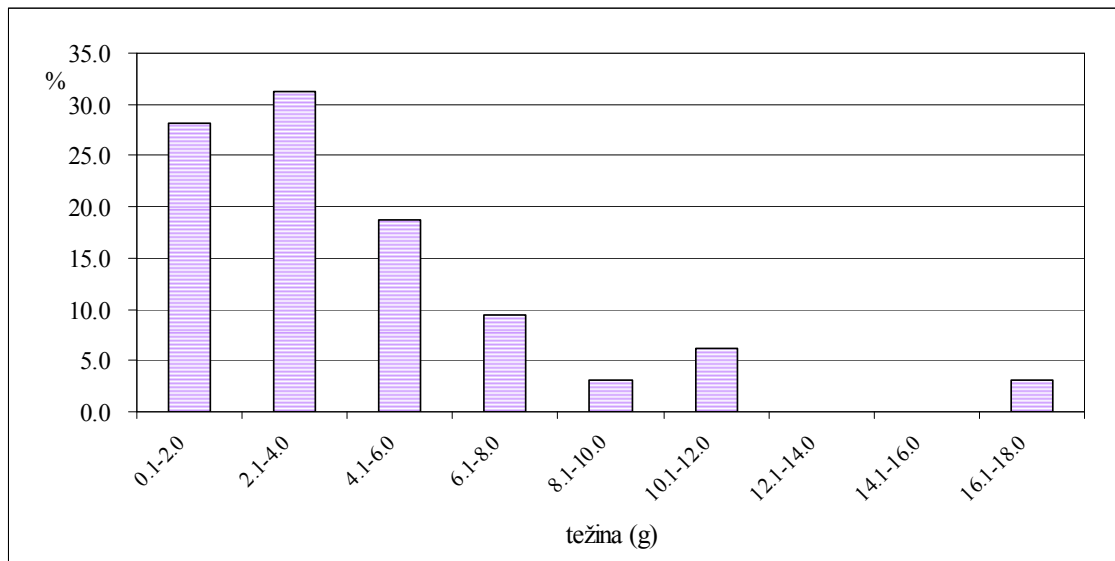


(a)

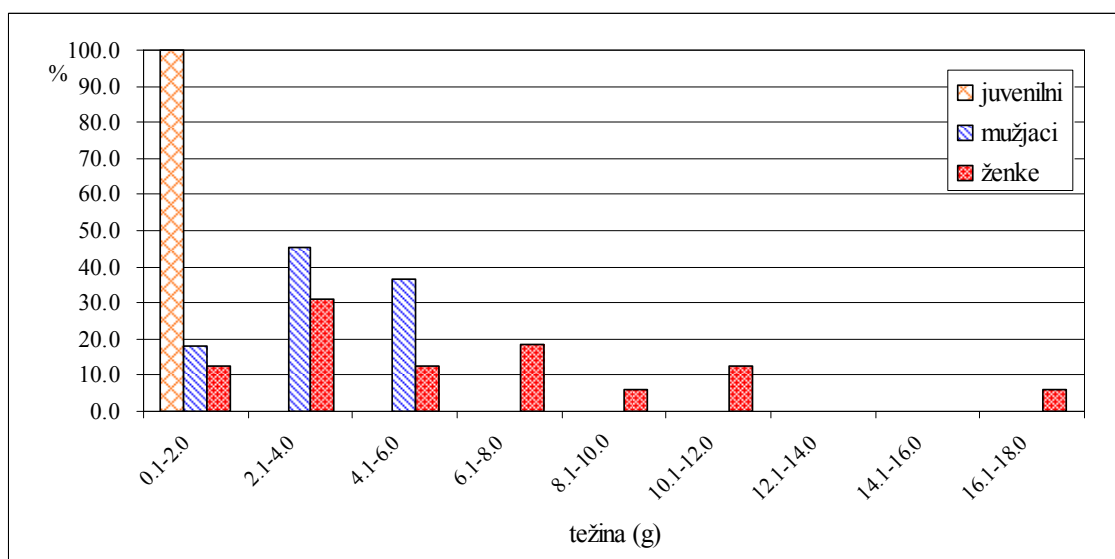


(b)

Slika 14. Procentualna distribucija težinskih klasa na lokalitetu Bakreni Batar: a) ceo uzorak; b) mužjaci i ženke.



(a)



(b)

Slika 15. Procentualna distribucija težinskih klasa na lokalitetu Gromiželj: a) ceo uzorak; b) mužjaci, ženke i juvenilne jedinke.

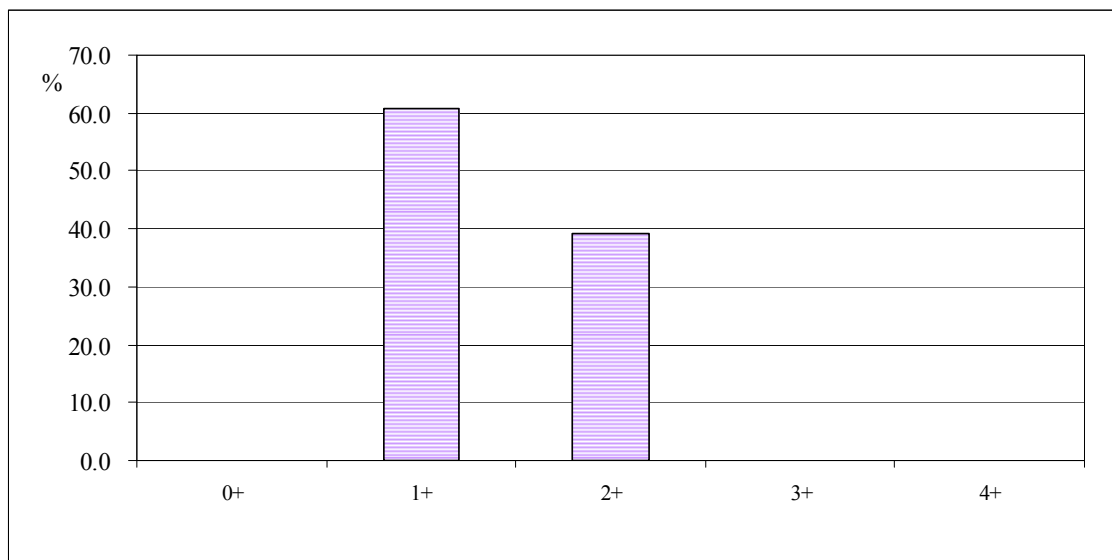
4.2.3. Uzasne klase

Procentualna distribucija uzrasnih klasa crнке na lokalitetu Lugomir prikazana je na slici 16, na lokalitetu Bakreni Batar na slici 17 i na lokalitetu Gromiželj na slici 18. Na osnovu analize naraštajnih zona na krljuštima određena je starost jedinki, koja se kretala od 0^+ do 4^+ , s tim da su na lokalitetima Lugomir i Bakreni Batar evidentirane jedinke starosti 1^+ i 2^+ , a na lokalitetu Gromiželj sve starosne klase od 0^+ do 4^+ .

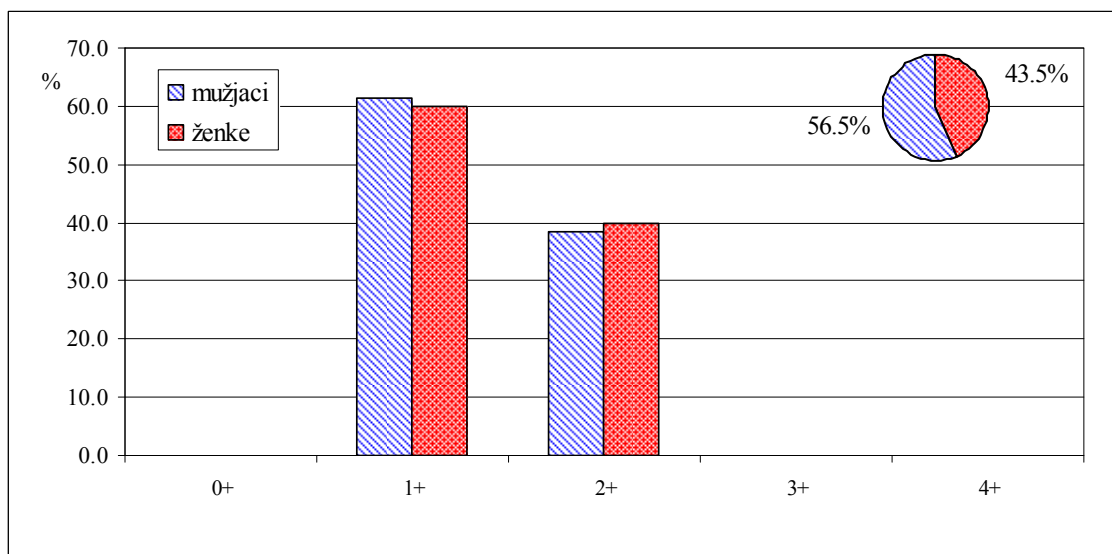
U uzorku sa lokaliteta Lugomir jedinke uzrasta 1^+ (60,9%) dominiraju u odnosu na jedinke uzrasta 2^+ (39,1%). I mužjaci i ženke su zastupljeni u obe uzrasne klase, s tim da su oba pola dominantnija u uzrasnoj klasi 1^+ (mužjaci – 61,5%, ženke – 60,0%).

U uzorku sa lokaliteta Bakreni Batar veći broj jedinki je starosti 2^+ (52,4%) u odnosu na jedinke starosti 1^+ (47,6%). Mužjaci su prisutniji u uzrasnoj klasi 2^+ (53,8%), dok su ženke podjednako zastupljene u obe klase (po 50,0%).

U uzorku sa lokaliteta Gromiželj dominiraju jedinke uzrasta 1^+ (40,6%), a zatim jedinke starosti 2^+ (31,3%). Mužjaci su zastupljeni u uzrasnim klasama 1^+ i 2^+ , sa dominacijom uzrasta 1^+ (63,6%). Ženke su prisutne u uzrasnim klasama od 1^+ do 4^+ , pri čemu se najveći broj ženki nalazi u klasama 1^+ i 2^+ (po 37,5%), a najmanji u klasi 4^+ (6,3%). Juvenilne jedinke starosti 0^+ evidentirane su jedino u uzorku sa ovog lokaliteta.

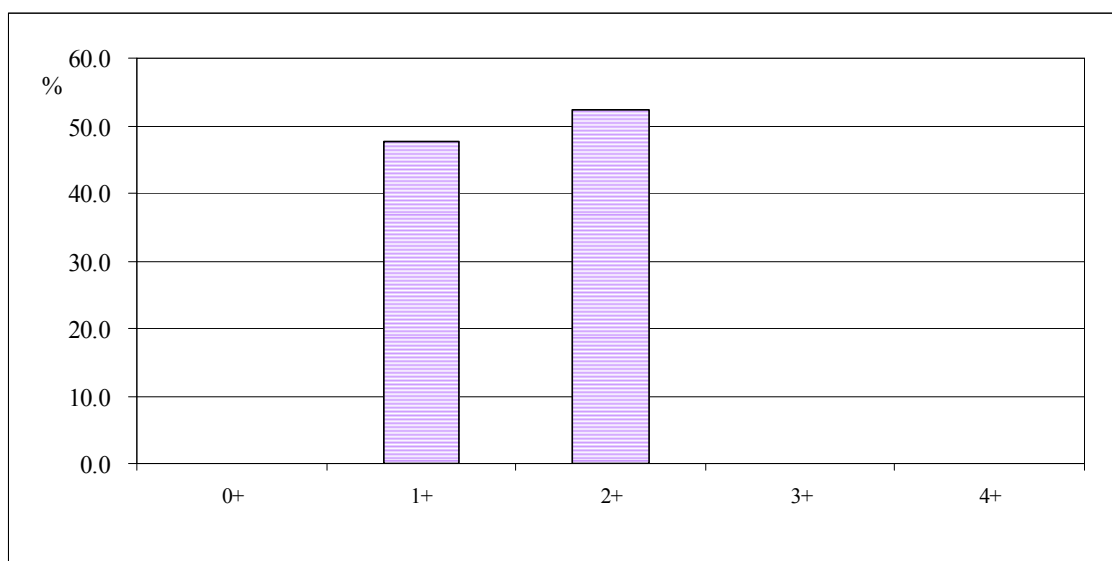


(a)

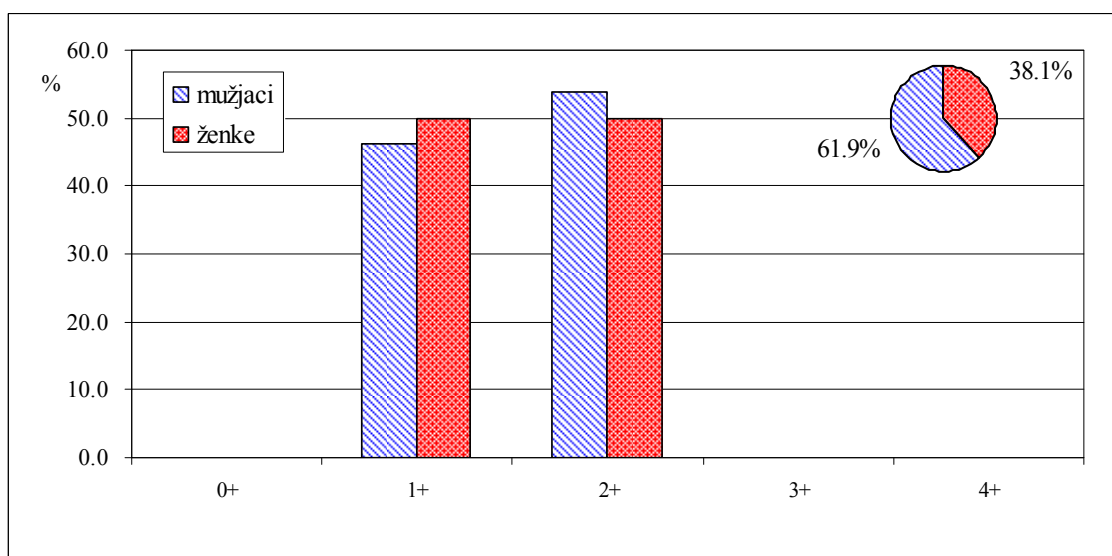


(b)

Slika 16. Procentualna distribucija uzrasnih klasa na lokalitetu Lugomir: a) ceo uzorak; b) mužjaci i ženke.

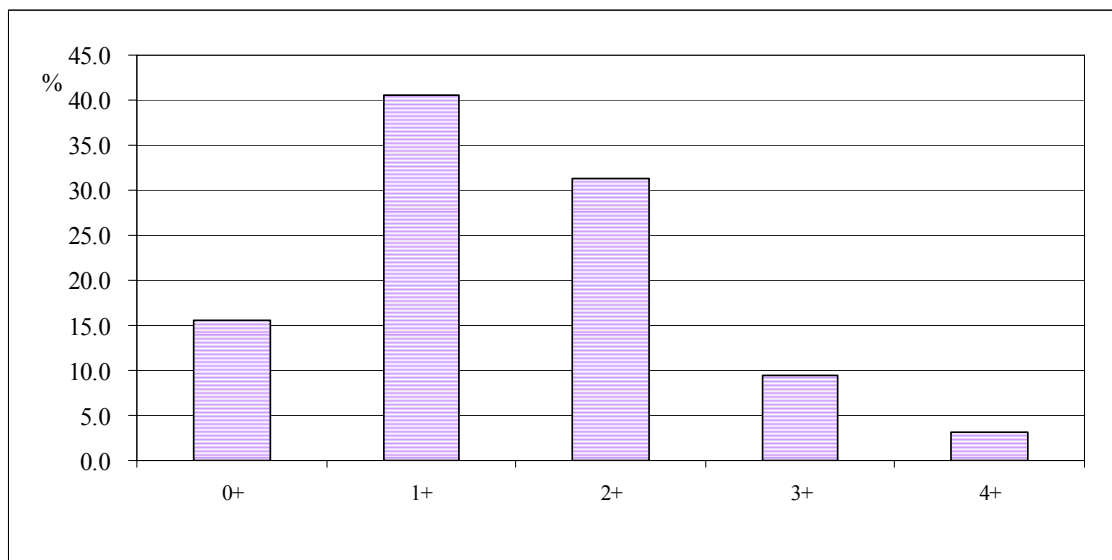


(a)

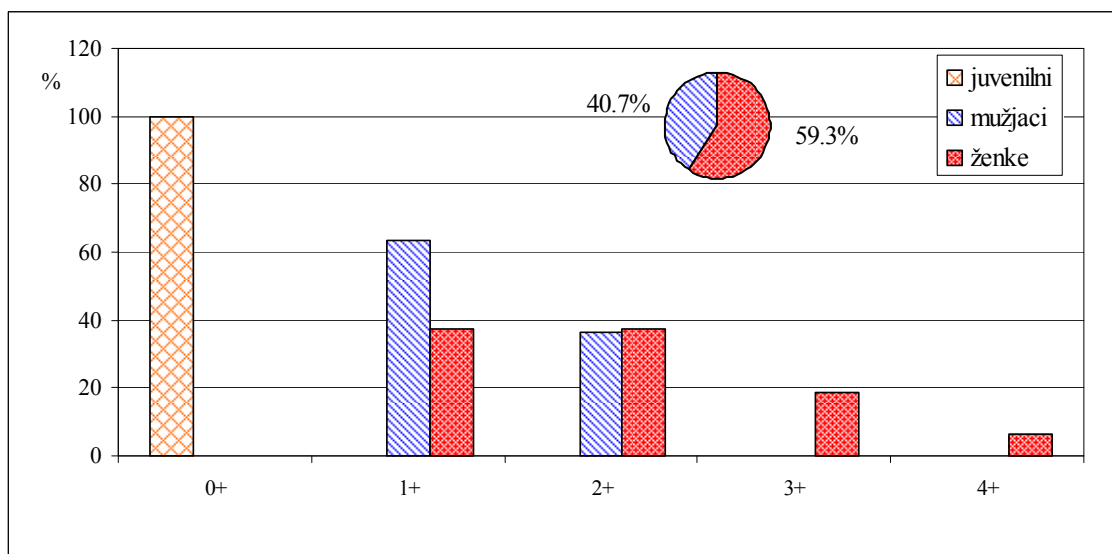


(b)

Slika 17. Procentualna distribucija uzrasnih klasa na lokalitetu Bakreni Batar: a) ceo uzorak; b) mužjaci i ženke.



(a)



(b)

Slika 18. Procentualna distribucija uzrasnih klasa na lokalitetu Gromiželj: a) ceo uzorak; b) mužjaci, ženke i juvenilne jedinke.

Dužinska distribucija uzrasnih klasa za uzorak sa lokaliteta Lugomir prikazana je u tabeli 7, za uzorak sa lokaliteta Bakreni Batar u tabeli 8, a za uzorak sa lokaliteta Gromiželj u tabeli 9.

Tabela 7. Dužinska distribucija uzrasnih klasa na lokalitetu Lugomir.

	1 ⁺	2 ⁺	Tot.
50,1-55,0	1	0	1
55,1-60,0	1	0	1
60,1-65,0	6	0	6
65,1-70,0	1	0	1
70,1-75,0	5	3	8
75,1-80,0	0	3	3
80,1-85,0	0	3	3
Tot.	14	9	23
%	60,9	39,1	100,0

Tabela 8. Dužinska distribucija uzrasnih klasa na lokalitetu Bakreni Batar.

	1 ⁺	2 ⁺	Tot.
50,1-55,0	0	0	0
55,1-60,0	1	0	1
60,1-65,0	2	0	2
65,1-70,0	3	0	3
70,1-75,0	4	0	4
75,1-80,0	0	5	5
80,1-85,0	0	6	6
Tot.	10	11	21
%	47,6	52,4	100,0

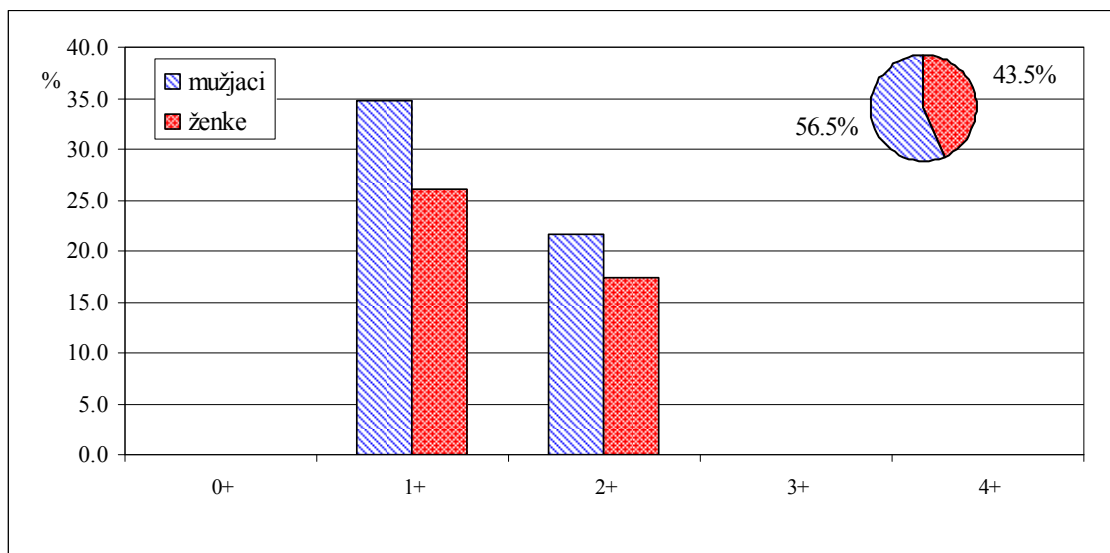
Tabela 9. Dužinska distribucija uzrasnih klasa na lokalitetu Gromiželj.

	0 ⁺	1 ⁺	2 ⁺	3 ⁺	4 ⁺	Tot.
>25,0	3	0	0	0	0	3
25,1-30,0	1	0	0	0	0	1
30,1-35,0	1	0	0	0	0	1
35,1-40,0	0	0	0	0	0	0
40,1-45,0	0	0	0	0	0	0
45,1-50,0	0	0	0	0	0	0
50,1-55,0	0	2	0	0	0	2
55,1-60,0	0	4	0	0	0	4
60,1-65,0	0	4	0	0	0	4
65,1-70,0	0	3	1	0	0	4
70,1-75,0	0	0	4	0	0	4
75,1-80,0	0	0	1	0	0	1
80,1-85,0	0	0	3	0	0	3
85,1-90,0	0	0	1	0	0	1
90,1-95,0	0	0	0	2	0	2
95,1-100,0	0	0	0	1	0	1
100,1-105,0	0	0	0	0	1	1
Tot.	5	13	10	3	1	32
%	15,6	40,6	31,3	9,4	3,1	100,0

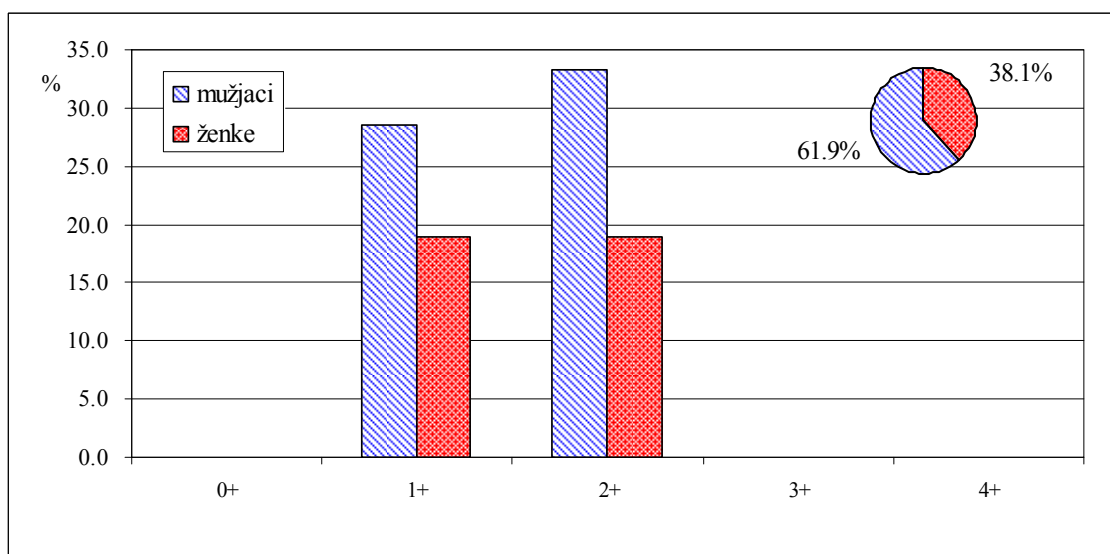
4.2.4. Polna struktura

Polna struktura uzorka sa lokaliteta Lugomir prikazana je na slici 19a, uzorka sa lokaliteta Bakreni Batar na slici 19b i uzorka sa lokaliteta Gromiželj na slici 19c. U uzorcima sa lokaliteta Lugomir i Bakreni Batar mužjaci dominiraju nad ženkama, i to na lokalitetu Lugomir u odnosu 1:0,77, a na lokalitetu Bakreni Batar u odnosu 1:0,62. Analizom distribucije polova po uzrastu, na oba lokaliteta su mužjaci starosti 1⁺ i 2⁺ brojniji od ženki. Na lokalitetu Gromiželj ženske dominiraju nad mužjacima u proporciji 1:0,69, a u odnosu na distribuciju polova po uzrastu, mužjaci dominiraju samo pri starosti 1⁺, dok su u starijim uzrasnim klasama ženske brojnije od mužjaka. U uzorku sa

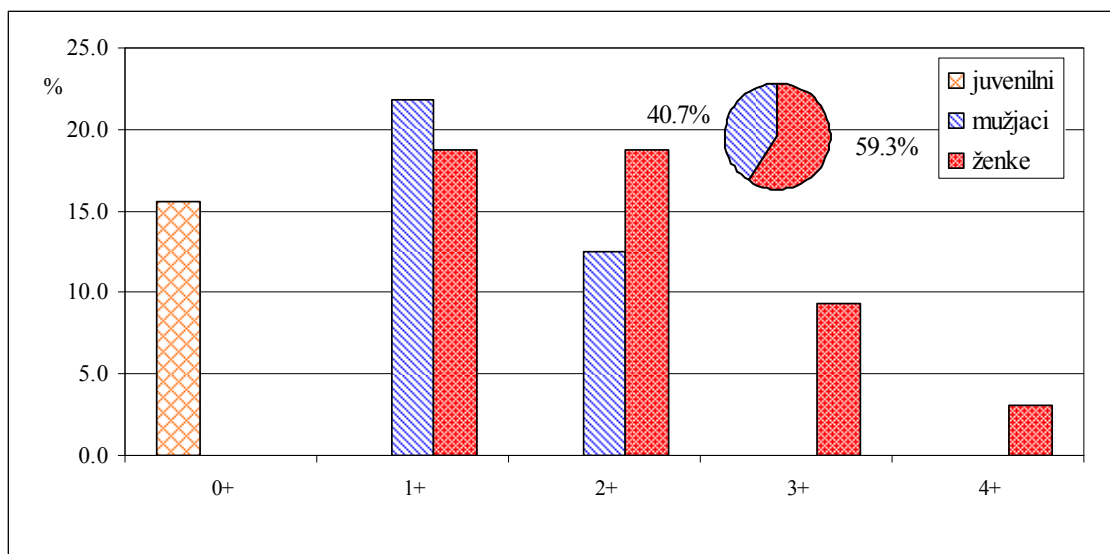
ovog lokaliteta juvenilne jedinke su prisutne samo u uzrasnoj klasi 0⁺, dok adultne jedinke procentualno dominiraju nad juvenilnim jedinkama u odnosu 1:0,18.



(a)



(b)



(c)

Slika 19. Procentualna distribucija polova po uzrastu: a) Lugomir; b) Bakreni Batar; c) Gromiželj.

4.3. Dužinsko – težinski rast

4.3.1. Analiza dužinskog rasteња

Tempo dužinskog rasteња crнке sa lokaliteta Lugomir, Bakreni Batar i Gromiželj analiziran je na osnovu empirijskih vrednosti totalne dužine tela jedinki različitih starosti, a za uzorak sa lokaliteta Gromiželj analiziran je i na osnovu modela rasta von Bertalanffy-ja (1934, 1938, prema: Ricker, 1971, 1975; PISCES Conservation, 2002). Kriva rasta prema ovom modelu, kao i u odnosu na srednje vrednosti totalne dužine tela (u milimetrima), grafički su prikazane samo za uzorak sa Gromiželja, jer su uzorci sa lokaliteta Lugomir i Bakreni Batar predstavljeni jedinkama iz samo dve uzrasne klase (1^+ i 2^+). Dužine tela za analizu dužinskog rasteња određene su na materijalu koji je korišćen za analizu strukture populacija.

Empirijske vrednosti totalne i standardne dužine tela u odnosu na uzrasne klase za ceo uzorak sa lokaliteta Lugomir, kao i po polovima, prikazane su u tabeli 10. U odnosu na srednje vrednosti totalne dužine tela, apsolutni priraštaj u uzorku kod jedinki

starosti 2⁺ iznosi 12,13 mm, a relativni priraštaj 18,72%. Kod mužjaka istog uzrasta apsolutni priraštaj je 13,55 mm, a kod ženki 10,29 mm, dok je relativni priraštaj kod mužjaka 21,16%, a kod ženki 15,62%.

Tabela 10. Empirijske vrednosti dužine tela u različitim uzrastima na lokalitetu Lugomir.

	uzrast	n	TL (mm)	SE	SD	SL (mm)	SE	SD
			min-max (\bar{x})			min-max (\bar{x})		
svi		23	53,34-82,40 (69,56)	1,68	8,05	44,44-67,44 (57,59)	1,35	6,45
	1 ⁺	14	53,34-73,00 (64,81)	1,67	6,26	44,44-61,85 (53,78)	1,38	5,16
	2 ⁺	9	71,78-82,40 (76,94)	1,23	3,70	60,10-67,44 (63,53)	0,82	2,46
mužjaci	1 ⁺	8	53,34-73,00 (64,02)	2,27	6,43	44,44-60,88 (53,26)	1,87	5,28
	2 ⁺	5	71,78-82,40 (77,57)	2,00	4,47	61,85-67,44 (64,52)	1,04	2,32
ženke	1 ⁺	6	55,56-71,34 (65,86)	2,64	6,46	45,72-58,84 (54,31)	2,10	5,15
	2 ⁺	4	73,60-80,21 (76,15)	1,44	2,88	60,10-65,30 (62,53)	1,07	2,14

Rezultati analize varijanse pokazali su da ne postoji statistički značajna razlika između srednjih vrednosti dužine tela kod mužjaka i ženki ($F_{1,19} = 0,007$, $P > 0,05$) u celom uzorku. Takođe je ustanovljeno da unutar pojedinih starosnih grupa ne postoje statistički značajne razlike među polovima ($F_{1,19} = 0,450$, $P > 0,05$).

Za uzorak sa lokaliteta Bakreni Batar empirijske vrednosti totalne i standardne dužine tela u različitim uzrasnim klasama, za ceo uzorak i po polovima, prikazane su u tabeli 11. U odnosu na srednje vrednosti totalne dužine tela, apsolutni priraštaj u uzorku sa ovog lokaliteta kod jedinki starosti 2⁺ iznosi 11,57 mm, a relativni priraštaj 17,05%. Kod mužjaka ovog uzrasta apsolutni priraštaj je 11,82 mm, a kod ženki 11,18 mm, dok je relativni priraštaj kod mužjaka 17,49%, a kod ženki 16,38%.

Rezultati analize varijanse pokazali su da, kao i za uzorak sa lokaliteta Lugomir, ne postoji statistički značajna razlika između srednjih vrednosti dužine tela kod mužjaka i ženki ($F_{1,17} = 0,038$, $P > 0,05$). Među polovima, unutar pojedinih starosnih grupa, ustanovljeno je da ne postoje statistički značajne razlike ($F_{1,17} = 0,028$, $P > 0,05$).

Tabela 11. Empirijske vrednosti dužine tela u različitim uzrastima na lokalitetu Bakreni Batar.

	uzrast	n	TL (mm)	SE	SD	SL (mm)	SE	SD
			min-max (\bar{x})			min-max (\bar{x})		
svi		21	60,07-83,22 (73,91)	1,55	7,09	49,68-70,78 (61,07)	1,32	6,06
	1 ⁺	10	60,07-73,90 (67,85)	1,47	4,66	49,68-60,91 (56,32)	1,39	4,39
	2 ⁺	11	75,14-83,22 (79,42)	1,00	3,33	58,90-70,78 (65,40)	1,09	3,62
mužjaci	1 ⁺	6	62,18-73,90 (67,58)	1,84	4,52	51,04-60,64 (55,46)	1,61	3,94
	2 ⁺	7	75,14-83,22 (79,40)	1,43	3,77	58,90-70,78 (64,89)	1,55	4,10
ženke	1 ⁺	4	60,07-72,11 (68,27)	2,77	5,54	49,68-60,91 (57,62)	2,66	5,31
	2 ⁺	4	76,26-83,08 (79,45)	1,46	2,91	64,18-70,48 (66,29)	1,44	2,89

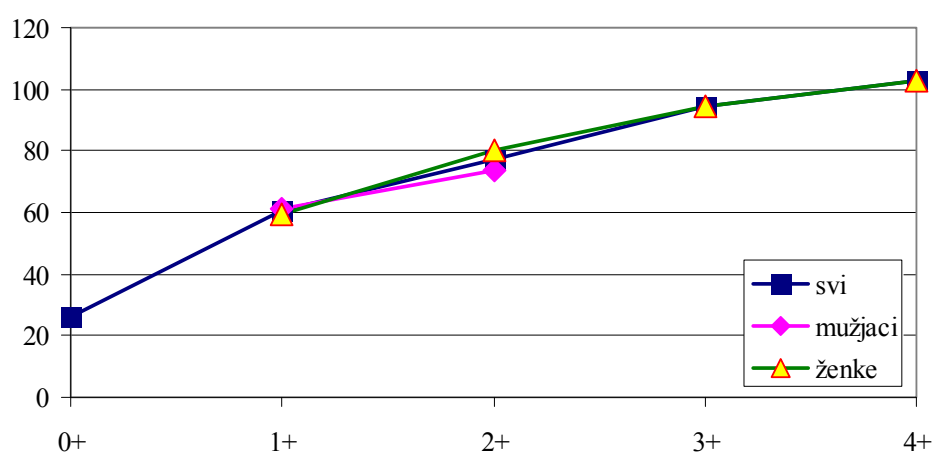
Empirijske vrednosti totalne i standardne dužine tela u različitim uzrasnim klasama za ceo uzorak sa lokaliteta Gromiželj, kao i po polovima, prikazane su u tabeli 12 i na slici 20.

U odnosu na srednje vrednosti totalne dužine tela, apsolutni priraštaj u uzorku sa ovog lokaliteta kod jedinki starosti 1⁺ iznosi 34,48 mm, a relativni 132,77%. Kod jedinki starosti 2⁺ apsolutni priraštaj je 16,97 mm, a relativni 28,07%. Kod jedinki starosti 3⁺ apsolutni priraštaj iznosi 16,93 mm, a relativni 21,87%, kod jedinke starosti 4⁺ apsolutni priraštaj je 8,6 mm, a relativni 9,12%. Kod mužjaka uzrasta 2⁺ apsolutni priraštaj je 11,99 mm, a relativni 19,53%. Kod ženki istog uzrasta apsolutni priraštaj je 20,74 mm, a relativni 34,94%, dok je kod ženki starosti 3⁺ apsolutni priraštaj 14,25 mm, a relativni 17,79%.

Rezultati analize varijanse pokazali su da ne postoji statistički značajna razlika između srednjih vrednosti dužine tela kod mužjaka i ženki ($F_{1,25} = 4,225$, $P > 0,05$). Takođe je ustanovljeno da unutar pojedinih starosnih grupa ne postoje statistički značajne razlike među polovima ($F_{1,21} = 4,223$, $P > 0,05$).

Tabela 12. Empirijske vrednosti dužine tela u različitim uzrastima na lokalitetu Gromiželj.

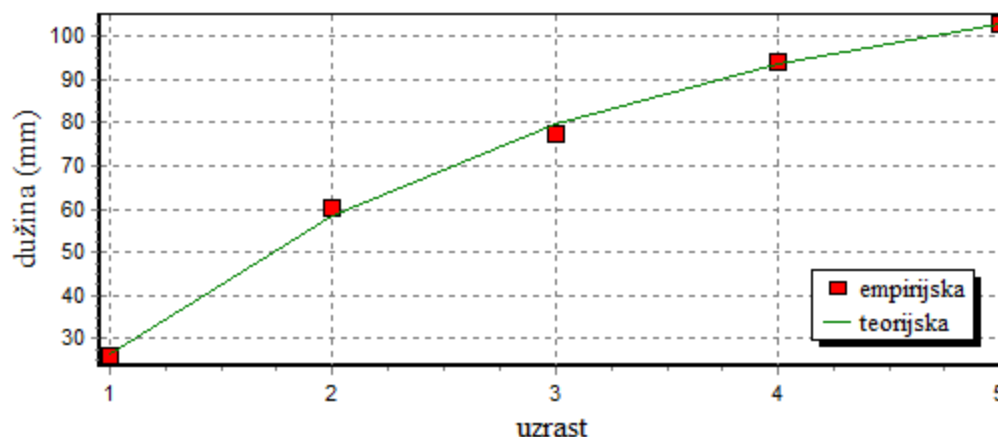
	uzrast	n	TL (mm)		SL (mm)		SE	SD		
			min-max	(\bar{x})	min-max	(\bar{x})				
svi		32	24,26-102,95	(64,87)	3,77	21,34	20,54-87,64	(53,45)	3,15	17,80
	0 ⁺	5	24,26-30,32	(25,97)	1,13	2,53	20,54-24,84	(21,62)	0,81	1,82
	1 ⁺	13	52,30-67,96	(60,45)	1,37	4,95	42,78-55,01	(49,54)	1,13	4,06
	2 ⁺	10	70,00-87,32	(77,42)	1,95	6,16	57,52-72,59	(63,45)	1,60	5,06
	3 ⁺	3	91,71-96,28	(94,35)	1,37	2,37	74,11-81,70	(78,69)	2,33	4,03
	4 ⁺	1	102,95				87,64			
mužjaci	1 ⁺	7	52,30-67,96	(61,40)	2,14	5,65	42,78-55,01	(49,88)	1,82	4,81
	2 ⁺	4	70,00-77,11	(73,39)	1,64	3,28	57,52-63,52	(60,40)	1,27	2,54
ženke	1 ⁺	6	52,68-65,66	(59,36)	1,72	4,20	43,40-53,35	(49,13)	1,38	3,38
	2 ⁺	6	70,88-87,32	(80,10)	2,59	6,34	57,62-72,59	(65,48)	2,23	5,47
	3 ⁺	3	91,71-96,28	(94,35)	1,37	2,37	74,11-81,70	(78,69)	2,33	4,03
	4 ⁺	1	102,95		-	-	87,64			



Slika 20. Srednje vrednosti totalne dužine tela (u milimetrima) u odnosu na uzrast na lokalitetu Gromiželj.

Kriva rasta kod crнке za uzorak sa Gromiželja prema modelu von Bertalanffy-ja prikazana je na slici 21. Dužina tela definisana na osnovu parametara ovog modela rasta u bilo kom vremenu t može se za ovaj uzorak izračunati kao:

$$l_t = 117,76 \times (1 - e^{-0,449(t-0,447)})$$



$$L_{\infty} = 117,76$$

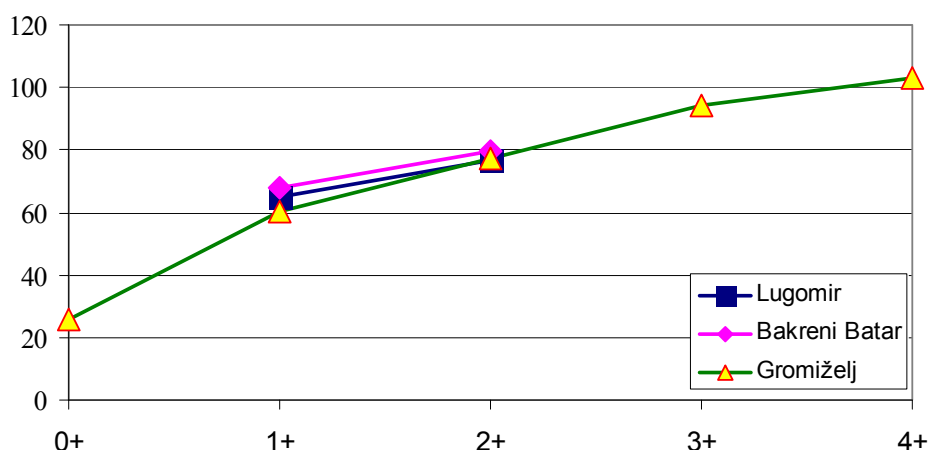
$$K = 0,449$$

$$t_0 = 0,447$$

Slika 21. Kriva rasta crнке na lokalitetu Gromiželj prema fon Bertalanffy-jevom modelu.

Uporedni prikaz empirijskih srednjih vrednosti totalne dužine tela po uzrasnim klasama za sva tri uzorka crнке dat je na slici 22. Analiza varijanse je pokazala da ne postoji statistički značajna razlika između totalnih dužina jedinki među analiziranim populacijama ($F_{2,68} = 0,950$, $P > 0,05$), kao ni u odnosu na pol ($F_{1,69} = 2,705$, $P > 0,05$).

Statistički značajna razlika postoji između totalnih dužina jedinki iz uzrasne klase 1⁺ između jedinki sa lokaliteta Gromiželj i Bakreni Batar ($F_{2,34} = 5,462$, $P < 0,05$). Za uzrasnu klasu 2⁺ ne postoje razlike između populacija ($F_{2,27} = 0,855$, $P > 0,05$). Uzorak crнке sa lokaliteta Bakreni Batar odlikuje se većom srednjom vrednošću totalne dužine tela u prvoj (3,0-7,4 mm više nego u ostala dva uzorka) i drugoj godini života (2,0-2,5 mm više nego u ostalim uzorcima).



Slika 22. Uporedni prikaz empirijskih srednjih vrednosti totalne dužine tela (u milimetrima) u odnosu na uzrast.

4.3.2. Analiza težinskog rastenja

Tempo težinskog rastenja crnke sa lokaliteta Lugomir, Bakreni Batar i Gromiželj određen je na osnovu izmerenih empirijskih vrednosti težina tela jedinki različitog uzrasta. Srednje vrednosti težine tela (u gramima) grafički su prikazane samo za uzorak sa Gromiželja pošto su uzorci sa lokaliteta Lugomir i Bakreni Batar predstavljeni jedinkama iz samo dve uzrasne klase (1⁺ i 2⁺). Težina tela za analizu tempa težinskog rastenja određena je na uzorku na kome je određen i tempo dužinskog rastenja.

Težinsko rasteenje crnke na lokalitetu Lugomir prikazano je u tabeli 13. U odnosu na srednje vrednosti težine tela, apsolutni priraštaj u uzorku kod jedinki starosti 2⁺ iznosi 1,81 g, a relativni 56,74%. Kod mužjaka istog uzrasta apsolutni priraštaj je 1,99 g, a kod ženki 1,58 g, dok je relativni priraštaj kod mužjaka 66,56%, a kod ženki 45,80%.

Tabela 13. Empirijske vrednosti težine tela u različitim uzrastima na lokalitetu Lugomir.

	uzrast	n	\bar{x}	SE	SD	min	max
		23	3,90	0,26	1,25	1,50	5,90
svi	1+	14	3,19	0,26	0,98	1,50	4,60
	2+	9	5,00	0,23	0,69	4,10	5,90
mužjaci	1+	8	2,99	0,38	1,07	1,50	4,60
	2+	5	4,98	0,36	0,81	4,10	5,90
ženke	1+	6	3,45	0,36	0,87	2,40	4,40
	2+	4	5,03	0,32	0,63	4,40	5,90

Rezultati analize varijanse pokazali su da ne postoji statistički značajna razlika između srednjih vrednosti težine tela kod mužjaka i ženki ($F_{1,19} = 0,423$, $P > 0,05$). Ustanovljeno je da ni unutar pojedinih starosnih grupa ne postoje statistički značajne razlike među polovima ($F_{1,19} = 0,287$, $P > 0,05$).

Težinsko rastenje crнке na lokalitetu Bakreni Batar prikazano je u tabeli 14. U odnosu na srednje vrednosti težine tela, apsolutni priraštaj u uzorku kod jedinki starosti 2⁺ iznosi 1,83 g, a relativni 62,89%. Kod mužjaka istog uzrasta apsolutni priraštaj je 1,96 g, a kod ženki 1,63 g, dok je relativni priraštaj kod mužjaka 70,50%, a kod ženki 50,58%.

Rezultati analize varijanse pokazali su da ne postoji statistički značajna razlika između srednjih vrednosti težine tela kod mužjaka i ženki ($F_{1,17} = 0,139$, $P > 0,05$). Takođe je ustanovljeno da unutar pojedinih starosnih grupa ne postoje statistički značajne razlike među polovima ($F_{1,17} = 0,174$, $P > 0,05$).

Tabela 14. Empirijske vrednosti težine tela u različitim uzrastima na lokalitetu Bakreni Batar.

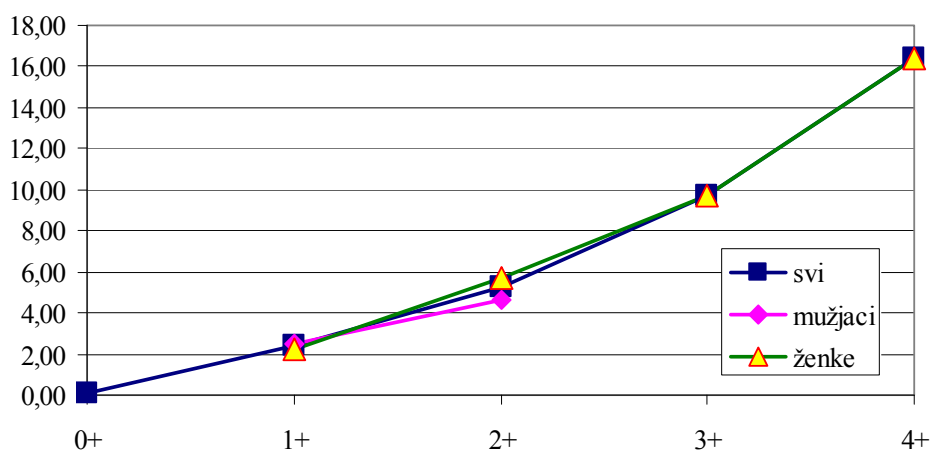
	uzrast	n	\bar{x}	SE	SD	min	max
svi		21	3,87	0,27	1,25	1,50	6,60
	1+	10	2,91	0,29	0,93	1,50	4,20
	2+	11	4,74	0,23	0,77	3,70	6,60
mužjaci	1+	6	2,78	0,34	0,84	1,60	3,70
	2+	7	4,74	0,37	0,98	3,70	6,60
ženke	1+	4	3,10	0,58	1,16	1,50	4,20
	2+	4	4,73	0,14	0,28	4,40	5,00

Težinsko rastenje na lokalitetu Gromiželj prikazano je u tabeli 15, a srednje vrednosti težine tela u odnosu na uzrast na slici 23. U odnosu na srednje vrednosti totalne težine tela, apsolutni priraštaj u uzorku kod jedinki starosti 1⁺ iznosi 2,28 g, a relativni priraštaj 19%. Kod jedinki starosti 2⁺ apsolutni priraštaj je 2,87 g, a relativni 119,58%. Kod jedinki starosti 3⁺ apsolutni priraštaj iznosi 4,46 g, a relativni 84,63% i kod jedinke starosti 4⁺ apsolutni priraštaj iznosi 6,67 g, a relativni 68,55%. Kod mužjaka uzrasta 2⁺ apsolutni priraštaj je 2,12 g, a relativni 84,46%. Kod ženki ovog uzrasta apsolutni priraštaj je 3,43 g, a relativni 151,10%, dok je kod ženki starosti 3⁺ apsolutni priraštaj 4,03 g, a relativni 70,70%.

Analiza varijanse je pokazala da ne postoji statistički značajna razlika između srednjih vrednosti težine tela kod mužjaka i ženki ($F_{1,25} = 4,084$, $P > 0,05$). Unutar pojedinih starosnih grupa nije ustanovljeno da postoje statistički značajne razlike među polovima ($F_{1,21} = 3,252$, $P > 0,05$).

Tabela 15. Empirijske vrednosti težine tela u različitim uzrastima na lokalitetu Gromiželj.

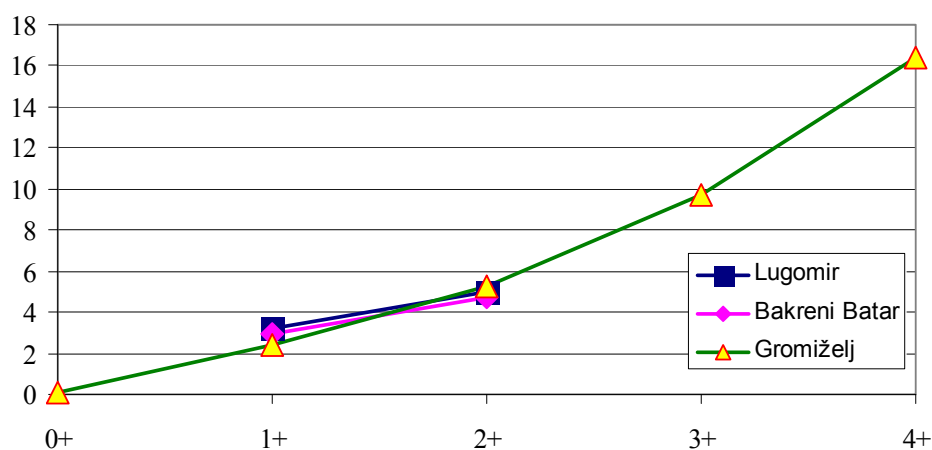
	uzrast	n	\bar{x}	SE	SD	min	max
svi		32	4,07	0,63	3,57	0,10	16,40
	0+	5	0,12	0,02	0,04	0,10	0,20
	1+	13	2,40	0,18	0,65	1,40	3,30
	2+	10	5,27	0,37	1,16	3,90	7,70
	3+	3	9,73	0,47	0,81	8,80	10,30
	4+	1	16,40	-	-	16,40	16,40
mužjaci	1+	7	2,51	0,29	0,76	1,40	3,30
	2+	4	4,63	0,09	0,17	4,40	4,80
ženke	1+	6	2,27	0,22	0,54	1,70	3,10
	2+	6	5,70	0,55	1,36	3,90	7,70
	3+	3	9,73	0,47	0,81	8,80	10,30
	4+	1	16,40	-	-	16,40	16,40



Slika 23. Srednje vrednosti težine tela (u gramima) u odnosu na uzrast na lokalitetu Gromiželj.

Uporedni prikaz težinskog rastjenja po uzrasnim klasama za sva tri uzorka crnke dat je na slici 24. Analiza varijanse je pokazala da ne postoji statistički značajna razlika između težina jedinki među analiziranim populacijama ($F_{2,68} = 1,291$, $P > 0,05$). U odnosu na razlike među pojedinim uzrasnim klasama, takođe nisu nađene statistički značajne razlike među populacijama, ni za uzrasnu klasu 1^+ ($F_{2,34} = 2,838$, $P > 0,05$), niti za 2^+ ($F_{2,27} = 0,922$, $P > 0,05$).

Poredeći srednju vrednost težine tela iz analiziranih populacija za uzrast 1^+ i 2^+ , uzorak crnke sa lokaliteta Gromiželj odlikuje se najmanjom srednjom vrednošću težine tela pri uzrastu 1^+ i najvećom pri uzrastu 2^+ .



Slika 24. Uporedni prikaz empirijskih srednjih vrednosti težine tela (u gramima) u odnosu na uzrast.

4.3.3. Odnos dužine i težine

Na osnovu podataka dobijenih pojedinačnim merenjem jedinki crnke različitog uzrasta iz sva tri uzorka izračunati su dužinsko-težinski odnosi, tj. urađena je regresiona analiza i analiza faktora kondicije. Vrednosti koeficijenata korelacije r , regresije b , koeficijenta a , Fultonovog kondicionog faktora K i empirijskog faktora kondicije C za uzorak sa lokaliteta Lugomir prikazane su u tabeli 16, sa lokaliteta Bakreni Batar u tabeli 18, a sa lokaliteta Gromiželj u tabeli 20. Ove vrednosti, osim za uzorke u celini, tabelarno i odvojeno su prikazane za mužjake i ženke. Rezultati srednjih vrednosti

parametara odnosa totalne dužine i težine tela ($TL \bar{x}$, $W \bar{x}$, $\log TL \bar{x}$, $\log W \bar{x}$, $K \bar{x}$, $C \bar{x}$) po dužinskim klasama za svaki uzorak takođe su prikazani tabelarno (tabele 17, 19 i 21).

Tabela 16. Vrednosti parametara odnosa totalne dužine i težine tela za uzorak sa lokaliteta Lugomir.

	r	a	b	K	C
ceo uzorak (n=23)	0,97	-4,81	2,92	1,1201	1,2961
mužjaci (n=13)	0,98	-5,08	3,06	1,0823	1,2519
ženke (n=10)	0,97	-4,23	2,62	1,1694	1,3535

Tabela 17. Srednje vrednosti parametara odnosa totalne dužine i težine tela za uzorak sa lokaliteta Lugomir.

Dužinske klase (mm)	$TL \bar{x}$ (cm)	$\log TL \bar{x}$	$W \bar{x}$ (g)	$\log W \bar{x}$	$K \bar{x}$	$C \bar{x}$
50,1-55,0	5,334	0,727	1,50	0,176	0,9884	1,1216
55,1-60,0	5,556	0,745	2,40	0,380	1,3993	1,5928
60,1-65,0	6,227	0,794	2,62	0,418	1,0851	1,2458
65,1-70,0	6,654	0,823	3,50	0,544	1,1880	1,3708
70,1-75,0	7,230	0,859	4,35	0,638	1,1510	1,3364
75,1-80,0	7,599	0,881	4,77	0,678	1,0870	1,2669
80,1-85,0	8,147	0,911	5,80	0,763	1,0726	1,2567

Tabela 18. Vrednosti parametara odnosa totalne dužine i težine tela za uzorak sa lokaliteta Bakreni Batar.

	r	a	b	K	C
ceo uzorak (n=21)	0,94	-6,21	3,63	0,9225	0,2641
mužjaci (n=13)	0,94	-6,15	3,59	0,9126	0,2612
ženke (n=8)	0,94	-6,31	3,68	0,9386	0,2687

Tabela 19. Srednje vrednosti parametara odnosa totalne dužine i težine tela za uzorak sa lokaliteta Bakreni Batar.

Dužinske klase (mm)	TL \bar{x} (cm)	logTL \bar{x}	W \bar{x} (g)	logW \bar{x}	K \bar{x}	C \bar{x}
50,1-55,0	-	-	-	-	-	-
55,1-60,0	6,007	0,779	1,50	0,176	0,6920	0,2253
60,1-65,0	6,273	0,797	1,85	0,267	0,7495	0,2374
65,1-70,0	6,821	0,834	2,93	0,467	0,9233	0,2775
70,1-75,0	7,209	0,858	3,02	0,480	0,8061	0,2341
75,1-80,0	7,616	0,882	3,77	0,576	0,8534	0,2394
80,1-85,0	8,213	0,914	5,18	0,714	0,9350	0,2502

Tabela 20. Vrednosti parametara odnosa totalne dužine (LT) i težine tela za uzorak sa lokaliteta Gromiželj.

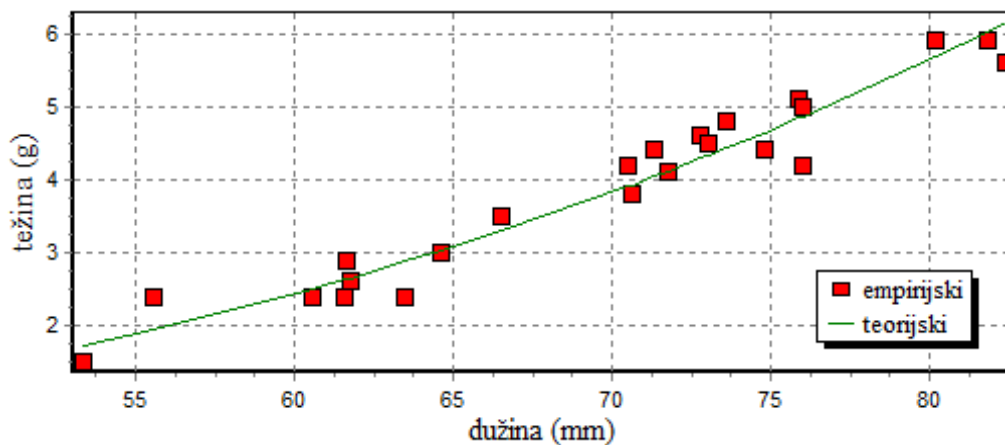
	r	a	b	K	C
ceo uzorak (n=32)	1,00	-5,82	3,46	1,0428	0,4453
mužjaci (n=11)	0,98	-5,76	3,44	1,0186	0,4046
ženke (n=16)	0,99	-5,42	3,25	1,1227	0,4412

Tabela 21. Srednje vrednosti parametara odnosa totalne dužine i težine tela za uzorak sa lokaliteta Gromiželj.

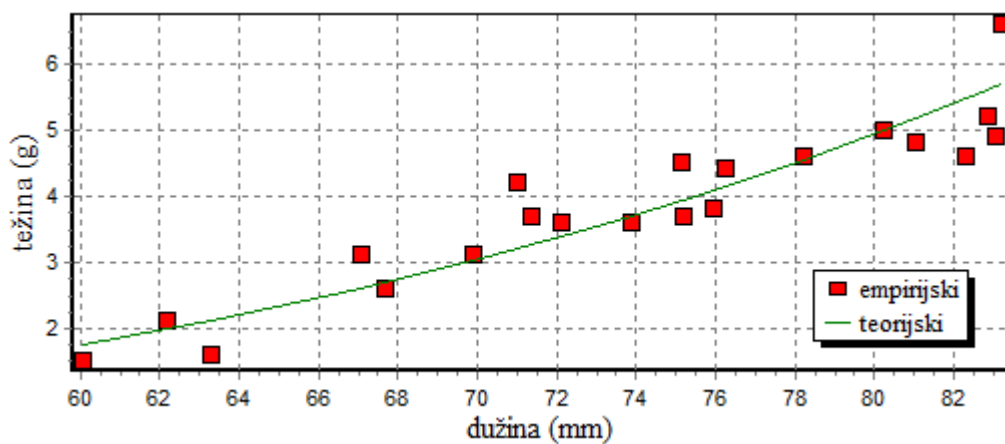
Dužinske klase (mm)	TL \bar{x} (cm)	logTL \bar{x}	W \bar{x} (g)	logW \bar{x}	K \bar{x}	C \bar{x}
>25,0	2,45	0,389	0,10	-1,000	0,6800	0,4487
25,1-30,0	2,605	0,416	0,10	-1,000	0,5657	0,3628
30,1-35,0	3,032	0,482	0,20	-0,699	0,7175	0,4289
35,1-40,0	-	-	-	-	-	-
40,1-45,0	-	-	-	-	-	-
45,1-50,0	-	-	-	-	-	-
50,1-55,0	5,249	0,720	1,55	0,190	1,0718	0,4967
55,1-60,0	5,824	0,765	2,10	0,322	1,0631	0,4694
60,1-65,0	6,2	0,792	2,52	0,401	1,0574	0,4536
65,1-70,0	6,749	0,829	3,50	0,544	1,1385	0,4695
70,1-75,0	7,283	0,862	4,42	0,645	1,1442	0,4555
75,1-80,0	7,711	0,887	4,80	0,681	1,0469	0,4059
80,1-85,0	8,28	0,918	6,70	0,826	1,1803	0,4427
85,1-90,0	8,732	0,941	7,70	0,886	1,1565	0,4232
90,1-95,0	9,338	0,970	9,45	0,975	1,1606	0,4117
95,1-100,0	9,628	0,983	10,30	1,013	1,1541	0,4036
100,1-105,0	10,295	1,013	16,4	1,215	1,5030	0,5096

Empirijski i teorijski odnos totalne dužine i težine tela prikazani su grafički za sva tri uzorka pojedinačno, za uzorak sa lokaliteta Lugomir na slici 25, sa lokaliteta Bakreni Batar na slici 26 i sa lokaliteta Gromiželj na slici 27. Vrednosti koeficijenta regresije, tj. faktora alometrije b odnosa totalne dužine i težine tela za uzorke u celini sa lokaliteta Bakreni Batar i Gromiželj, kao i po polovima, veće su od 3, dok je za uzorak

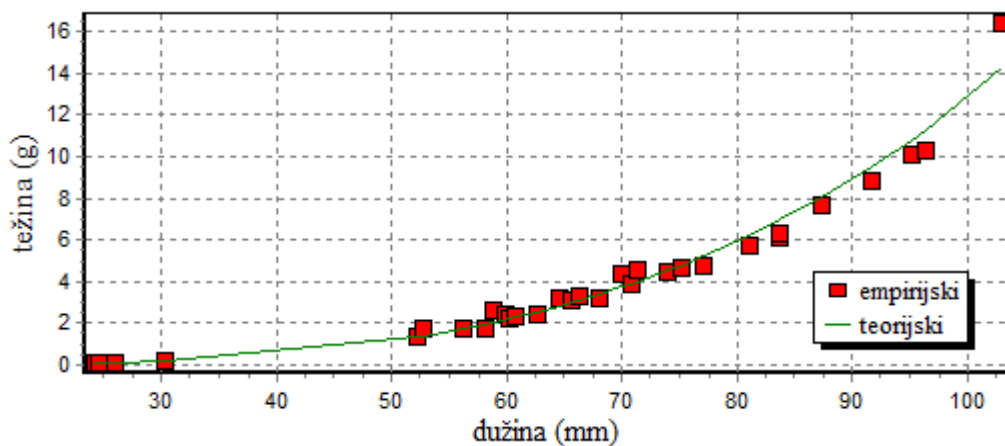
sa lokaliteta Lugomir vrednost koeficijenta regresije $b > 3$ samo kod mužjaka. Za uzorak u celini i za ženke sa ovog lokaliteta, koeficijent b ima manju vrednost od 3.



Slika 25. Odnos dužine i težine tela u uzorku sa lokaliteta Lugomir.



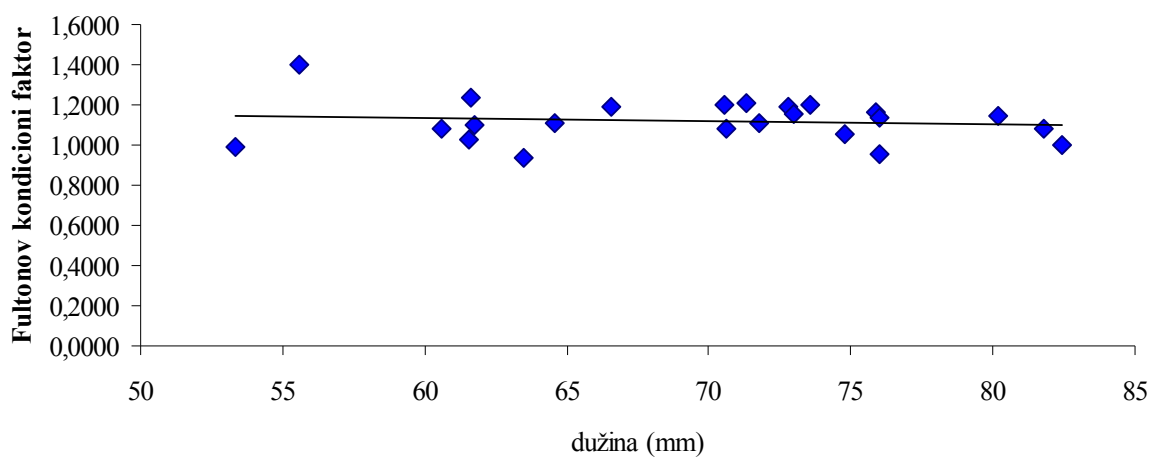
Slika 26. Odnos dužine i težine tela u uzorku sa lokaliteta Bakreni Batar.



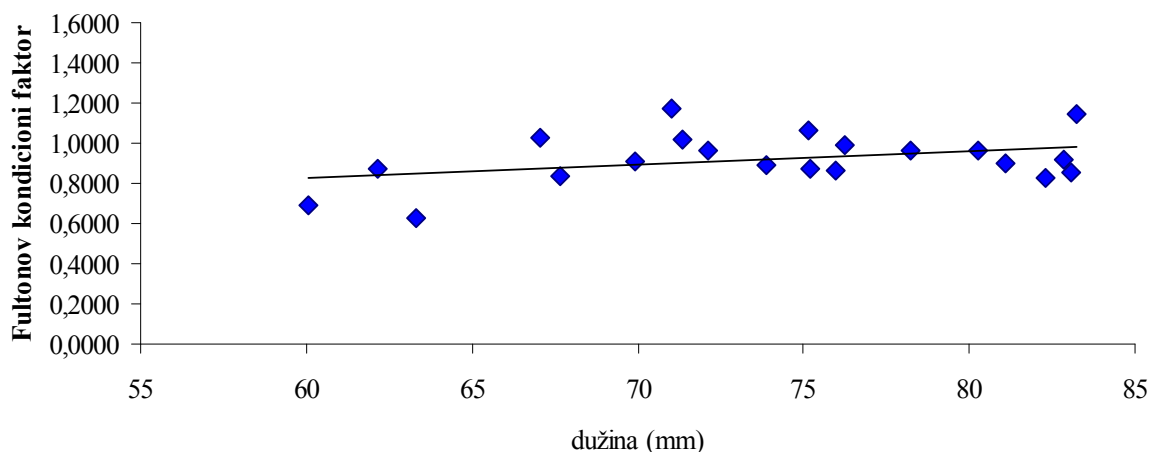
Slika 27. Odnos dužine i težine tela u uzorku sa lokaliteta Gromiželj.

Odnos Fultonovog (kubnog) faktora kondicije i totalne dužine tela prikazan je grafički za ceo uzorak i po polovima sa lokaliteta Lugomir na slikama 28 i 31, sa lokaliteta Bakreni Batar na slikama 29 i 32, a sa lokaliteta Gromiželj na slikama 30 i 33.

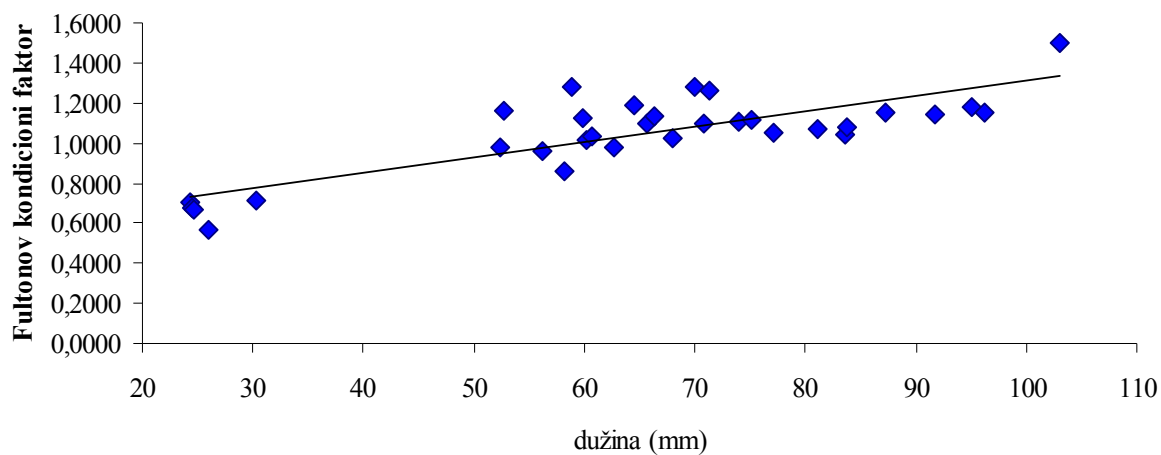
Opadajuće vrednosti Fultonovog faktora kondicije u odnosu na dužinu tela registrovane su samo na nivou uzorka sa lokaliteta Lugomir i kod ženki iz ovog uzorka. Iako jedva primetne, vrednosti ovog faktora su rastuće kod mužjaka iz uzorka sa ovog lokaliteta, dok je rast vidljiviji u uzorku mužjaka i ženki sa lokaliteta Bakreni Batar. Rastuća vrednost Fultonovog faktora kondicije u odnosu na dužinu najizraženija je na lokalitetu Gromiželj, kako na nivou uzorka, tako i odvojeno po polovima.



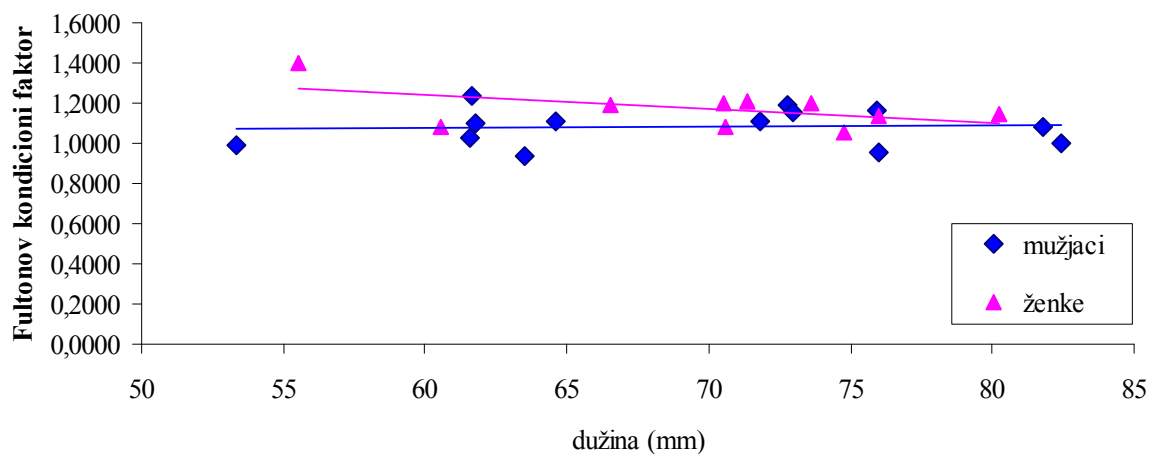
Slika 28. Odnos totalne dužine tela i Fultonovog faktora kondicije na lokalitetu Lugomir.



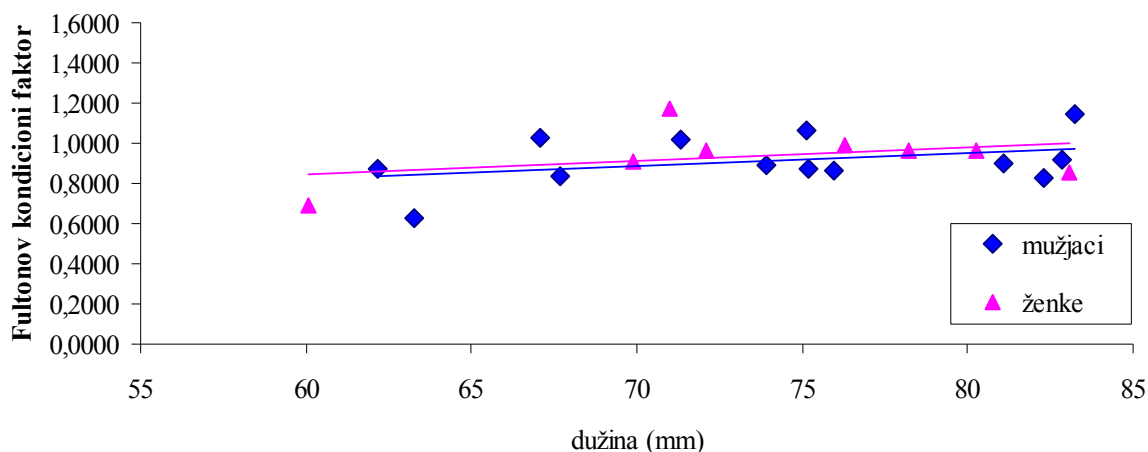
Slika 29. Odnos totalne dužine tela i Fultonovog faktora kondicije na lokalitetu Bakreni Batar.



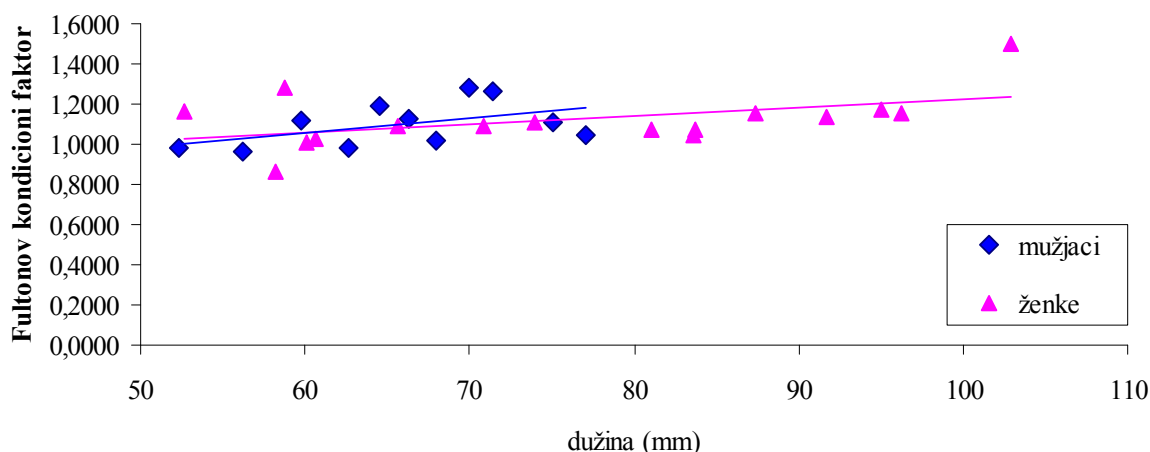
Slika 30. Odnos totalne dužine tela i Fultonovog faktora kondicije na lokalitetu Gromiželj.



Slika 31. Odnos totalne dužine tela i Fultonovog faktora kondicije kod mužjaka i ženki na lokalitetu Lugomir.



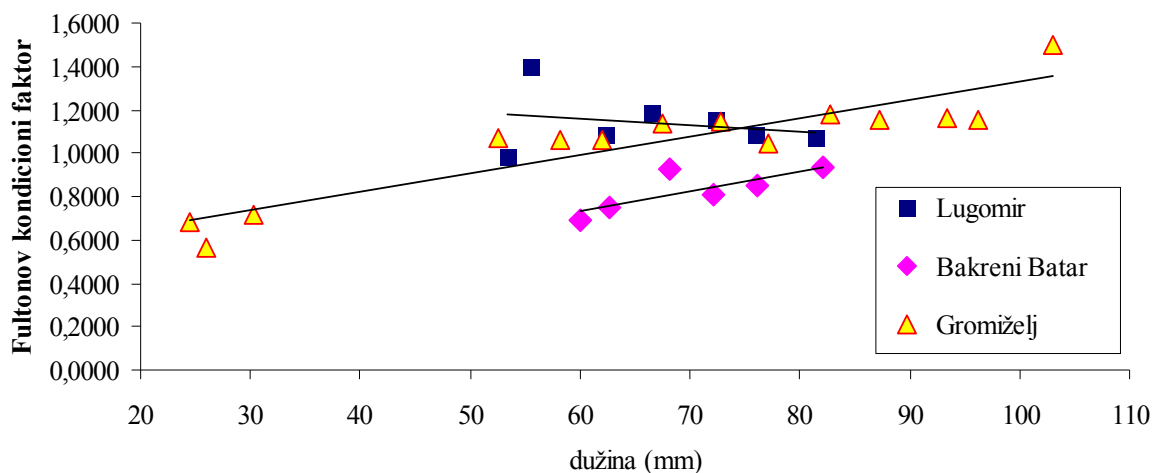
Slika 32. Odnos totalne dužine tela i Fultonovog faktora kondicije kod mužjaka i ženki na lokalitetu Bakreni Batar.



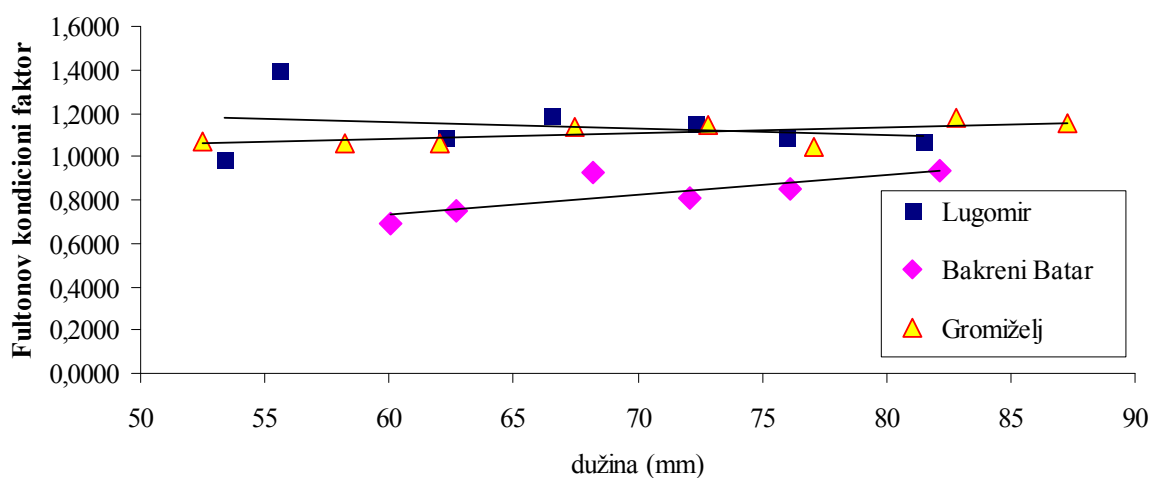
Slika 33. Odnos totalne dužine tela i Fultonovog faktora kondicije kod mužjaka i ženki na lokalitetu Gromiželj.

Uporedni prikaz srednjih vrednosti odnosa totalne dužine tela i Fultonovog faktora kondicije po dužinskim klasama kod crнке sa lokaliteta Lugomir, Bakreni Batar i Gromiželj grafički je predstavljen na slici 34, a u odnosu na uzrasne klase 1⁺ i 2⁺, koje su registrovane u svim uzorcima, na slici 35. Dok se vrednost Fultonovog faktora kondicije po dužinskim klasama povećava sa porastom dužine u uzorku sa lokaliteta Gromiželj i Bakreni Batar, u uzorku sa lokaliteta Lugomir vrednost ovog faktora se smanjuje. U odnosu na uzrasne klase 1⁺ i 2⁺, ovaj rast je najveći u uzorku sa lokaliteta

Bakreni Batar, neznan u uzorku sa lokaliteta Gromiželj, dok je u uzorku sa Lugomira, kao što je već navedeno, u opadanju.



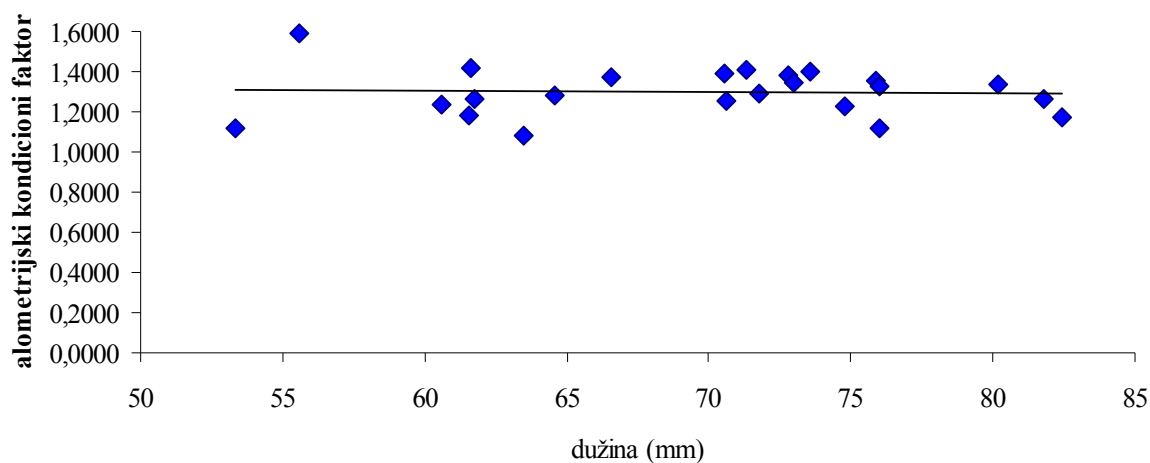
Slika 34. Uporedni prikaz srednjih vrednosti odnosa totalne dužine tela i Fultonovog faktora kondicije po dužinskim klasama.



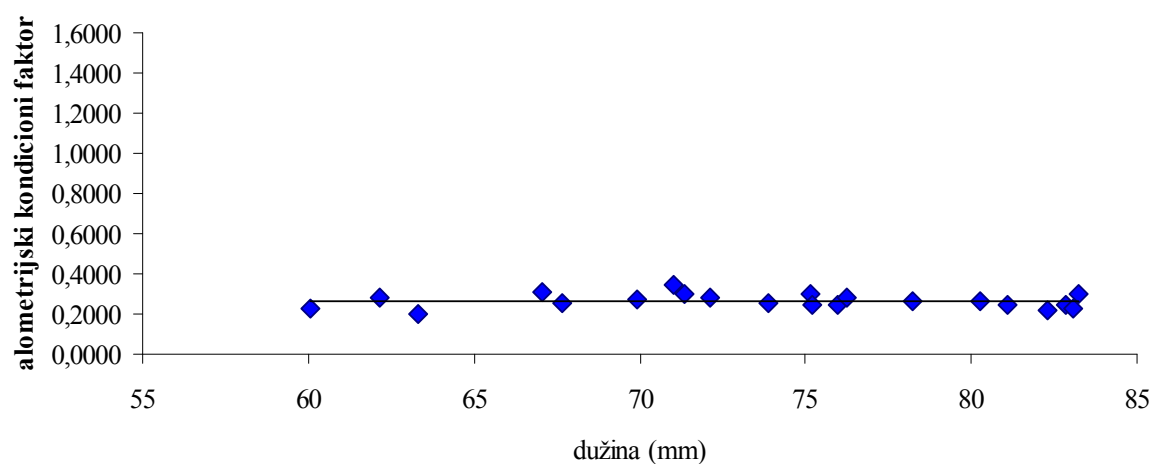
Slika 35. Uporedni prikaz srednjih vrednosti odnosa totalne dužine tela i Fultonovog faktora kondicije po dužinskim klasama za jedinice starosti 1⁺ i 2⁺.

Odnos alometrijskog (empirijskog) faktora kondicije i totalne dužine tela prikazan je grafički za ceo uzorak i po polovima sa lokaliteta Lugomir na slikama 36 i 39, sa lokaliteta Bakreni Batar na slikama 37 i 40, a sa lokaliteta Gromiželj na slikama 38 i 41. Vrednost alometrijskog (empirijskog) faktora kondicije neznatno opada sa

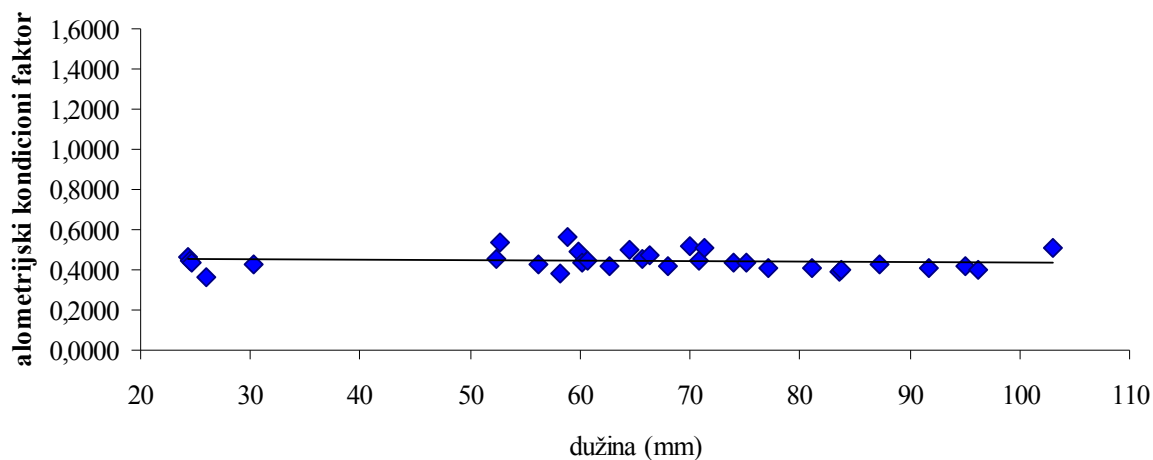
porastom dužine tela na nivou svih uzoraka, sa nešto izraženijim padom vrednosti kod ženki sa lokaliteta Lugomir i Gromiželj, dok su blago rastuće vrednosti evidentirane samo kod mužjaka sa lokaliteta Lugomir.



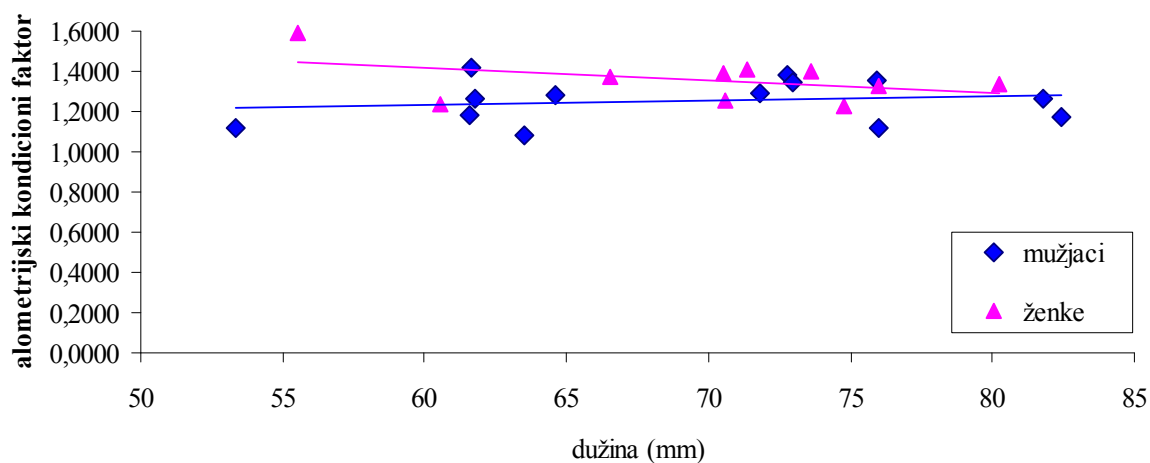
Slika 36. Odnos totalne dužine tela i alometrijskog faktora kondicije na lokalitetu Lugomir.



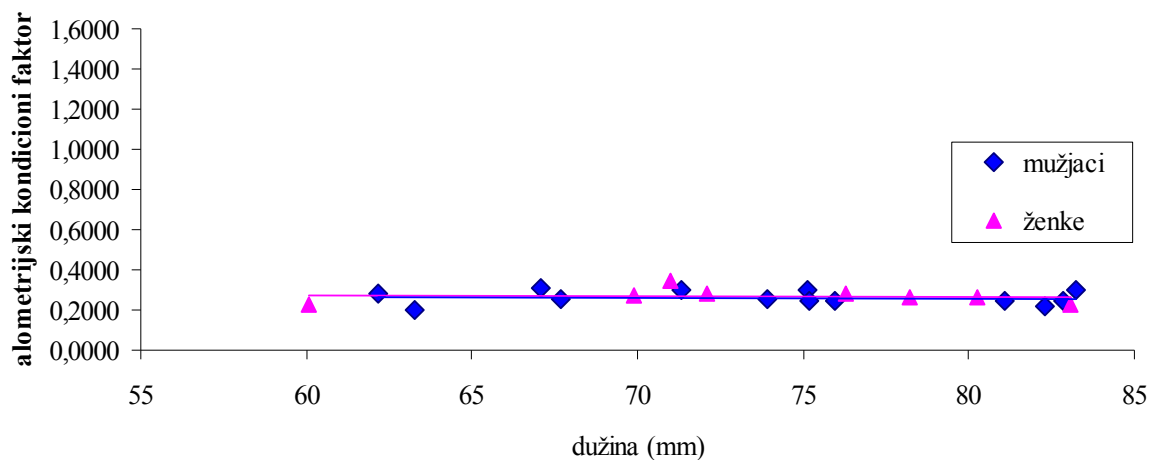
Slika 37. Odnos totalne dužine tela i alometrijskog faktora kondicije na lokalitetu Bakreni Batar.



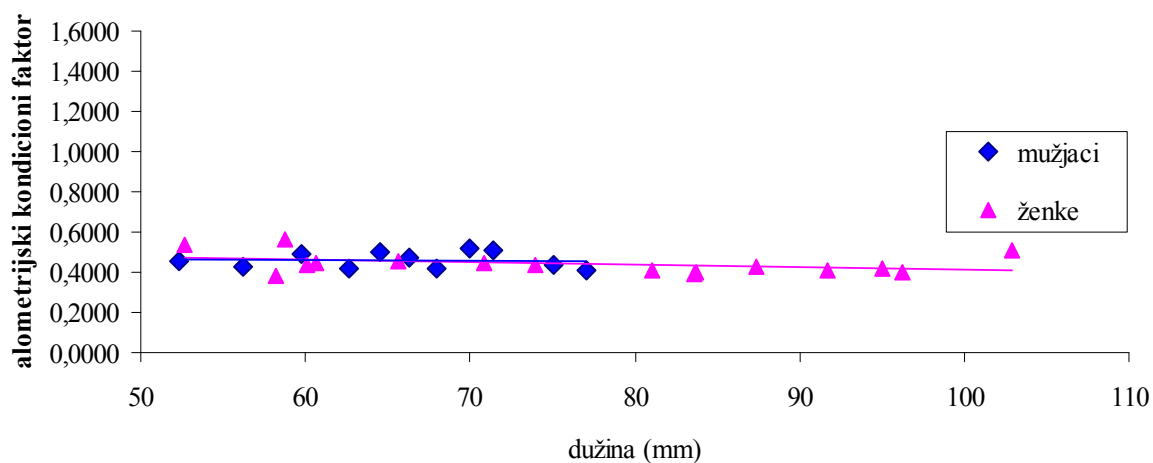
Slika 38. Odnos totalne dužine tela i alometrijskog faktora kondicije na lokalitetu Gromiželj.



Slika 39. Odnos totalne dužine tela i alometrijskog faktora kondicije kod mužjaka i ženki na lokalitetu Lugomir.



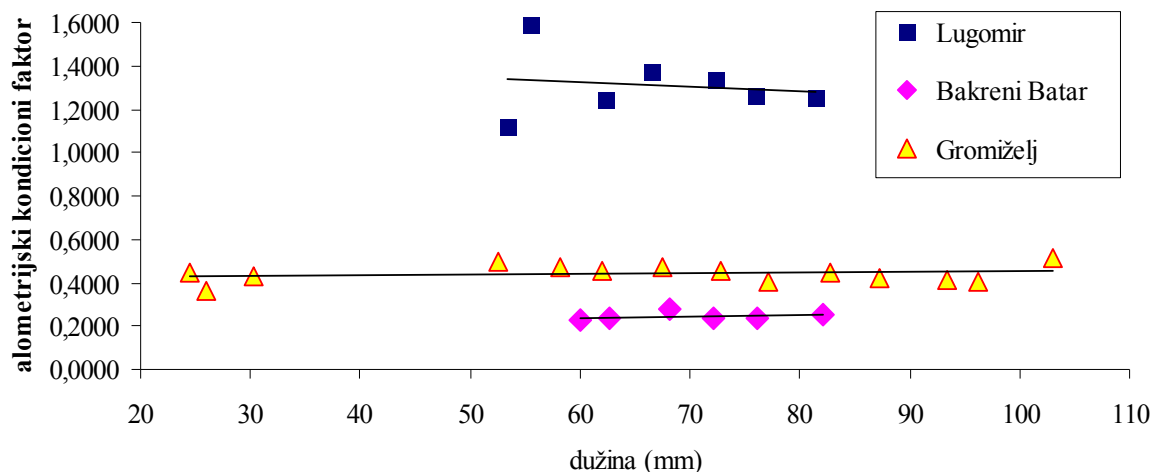
Slika 40. Odnos totalne dužine tela i alometrijskog faktora kondicije kod mužjaka i ženki na lokalitetu Bakreni Batar.



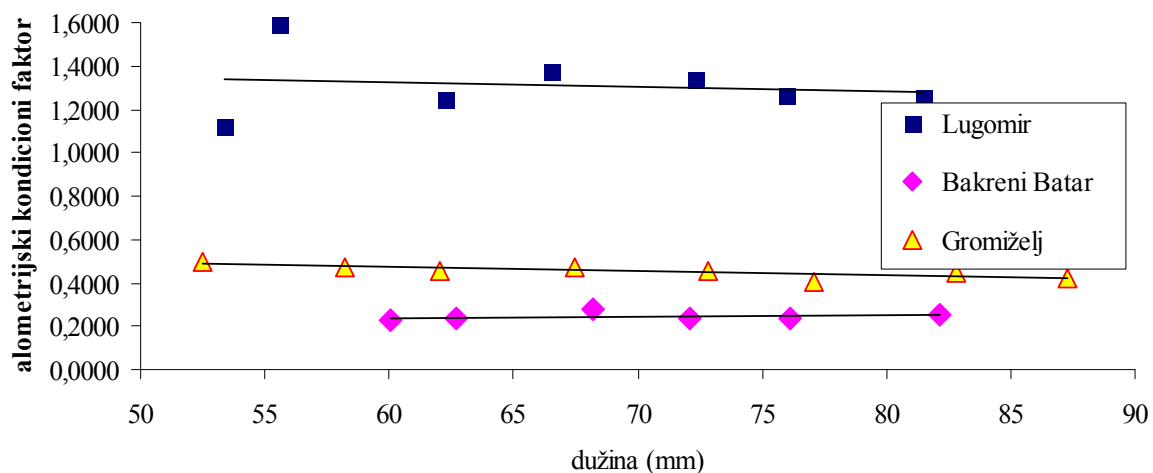
Slika 41. Odnos totalne dužine tela i alometrijskog faktora kondicije kod mužjaka i ženki na lokalitetu Gromiželj.

Uporednim prikazom srednjih vrednosti odnosa totalne dužine tela i alometrijskog faktora kondicije po dužinskim klasama (slika 42) i u odnosu na uzrasne klase 1⁺ i 2⁺ (slika 43) kod analiziranih uzoraka crнке, grafici pokazuju da je najbolje stanje kondicije, uz blago opadajuće vrednosti ovog faktora, u uzorku sa lokaliteta Lugomir. Znatno slabije stanje kondicije, sa blago rastućim vrednostima alometrijskog faktora kondicije u funkciji dužine, po dužinskim klasama, prisutno je u uzorcima sa

lokaliteta Gromiželj i Bakreni Batar. Međutim, u uzorku sa lokaliteta Gromiželj, u odnosu na uzrasne klase 1⁺ i 2⁺, vrednost ovog faktora je u opadanju.



Slika 42. Uporedni prikaz srednjih vrednosti odnosa totalne dužine tela i alometrijskog faktora kondicije po dužinskim klasama.



Slika 43. Uporedni prikaz srednjih vrednosti odnosa totalne dužine tela i alometrijskog faktora kondicije po dužinskim klasama za jedinike starosti 1⁺ i 2⁺.

4.4. Ishrana

Na osnovu želudačno-crevnog sadržaja uzoraka analizirana je ishrana crnke. Analizom su obuhvaćene 23 izlovljene jedinke sa lokaliteta Lugomir, 11 jedinki sa lokaliteta Bakreni Batar i 27 jedinki sa lokaliteta Gromiželj.

Determinacija kategorija plena, odnosno želudačno-crevnog sadržaja izvršena je, koliko je to bilo moguće, do najnižeg taksonomskog nivoa. Komponente ishrane nisu određivane kod jedinki čiji je sadržaj bio svaren, a time i neprepoznatljiv.

Sa lokaliteta Lugomir analizirane su 23 jedinke crnke totalne dužine tela 53,4-82,4 mm i težine 1,5-5,9 g. Pun stomak imalo je ukupno 20 jedinki ($I_v = 13,0$). Procentualni doprinos pojedinih kategorija plena u uzorku prikazan je u tabeli 22.

Spektar ishrane sačinjavalo je šest različitih vrsta plena iz tri grupe (Crustacea, Insecta i biljke). U odnosu na sve grupe plena, ishrana se sastojala isključivo od zglavkara (Arthropoda) kod 95% ispitanih jedinki koje su imale pun stomak. Pojedinačno, ishrana isključivo vrstom *Asellus aquaticus* utvrđena je kod 5% ispitanih jedinki, a isti procenat jedinki imalo je u stomaku isključivo nedeterminisane insekte ili biljke. Kod 65% ispitanih jedinki plen su činili beskičmenjaci iz porodice Chironomidae (%PV = 93,5). Širina niše izražena kao Šenonov indeks u ovom uzorku bila je veoma mala ($H = 0,31 \pm 0,05$).

U uzorku sa lokaliteta Bakreni Batar analizirano je 11 jedinki crnke totalne dužine tela 60,07-83,22 mm i težine 1,5-6,6 g. Pun stomak imalo je ukupno sedam jedinki ($I_v = 36,4$). Procentualni doprinos pojedinih kategorija plena u ovom uzorku prikazan je u tabeli 23.

Spektar ishrane sačinjavalo je pet različitih vrsta plena iz tri grupe (Mollusca, Crustacea i Insecta). U odnosu na sve grupe plena, ishrana isključivo od Arthropoda determinisana je kod 85,7% ispitanih jedinki sa punim stomakom. U odnosu na sve vrste plena, ishrana isključivo od Amphipoda (bez *Niphargus* sp.) evidentirana je kod 14,3% jedinki, a kod 28,6% jedinki ishrana se sastojala samo od *Niphargus* sp. Kod 42,9% ispitanih jedinki ishrana se sastojala celokupno od *A. aquaticus* (%PV = 73,8). U ovom uzorku širina niše izražena kao Šenonov indeks je takođe mala ($H = 0,91 \pm 0,06$).

Tabela 22. Procentualni doprinos pojedinih kategorija plena na lokalitetu Lugomir.

Kategorija plena	F	Cn	PV	%PV
Arthropoda				
Crustacea				
Branchiopoda				
Cladocera				
Bosminidae				
<i>Bosmina</i> sp.	5,00	0,69	1,54	0,19
Malacostraca				
Isopoda				
Asellidae				
<i>Asellus aquaticus</i>	20,00	6,21	27,76	3,37
Insecta				
Odonata	5,00	0,69	1,54	0,19
Diptera				
Chironomidae (larve)	80,00	86,21	771,06	93,48
Nedeterminisani insekti	15,00	5,52	21,37	2,59
Biljke				
Nedeterminisane biljke	5,00	0,69	1,54	0,19

Broj ispitanih stomaka	23
Broj praznih stomaka	3
Srednja dužina tela predatora (mm)	69,56
Prosečan broj komada plena po stomaku	7,25

Tabela 23. Procentualni doprinos pojedinih kategorija plena na lokalitetu Bakreni Batar.

Kategorija plena	F	Cn	PV	%PV
Mollusca				
Bivalvia				
Veneroidea				
Sphaeriidae	14,29	5,56	21,00	3,35
Arthropoda				
Crustacea				
Malacostraca				
Isopoda				
Asellidae				
<i>Asellus aquaticus</i>	57,14	61,11	461,96	73,76
Amphipoda (ostale)	14,29	16,67	62,99	10,06
Niphargidae				
<i>Niphargus</i> sp.	28,57	11,11	59,39	9,48
Insecta				
Diptera				
Chironomidae (larve)	14,29	5,56	21,00	3,35
Broj ispitanih stomaka	11			
Broj praznih stomaka	4			
Srednja dužina tela predatora (mm)	73,57			
Prosečan broj komada plena po stomaku	2,57			

Tabela 24. Procentualni doprinos pojedinih kategorija plena na lokalitetu Gromiželj.

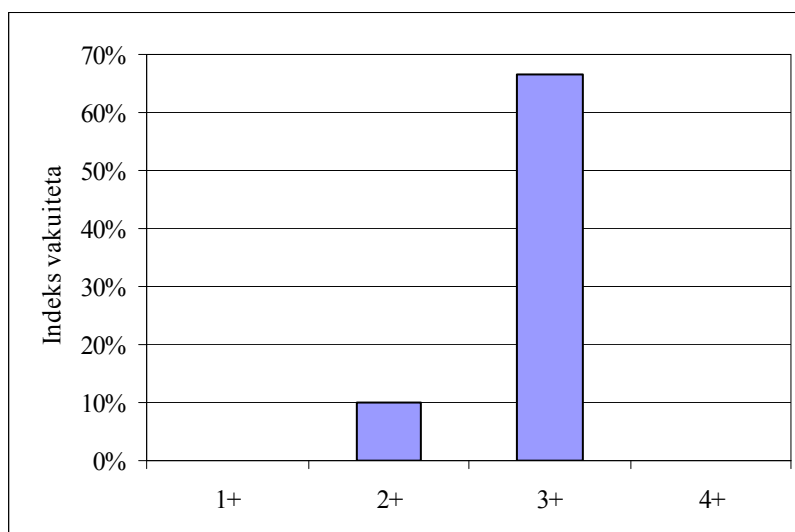
Kategorija plena	F	Cn	PV	%PV
Mollusca				
Bivalvia				
Veneroidea				
Sphaeriidae	8,33	3,03	8,75	1,17
Arthropoda				
Crustacea				
Malacostraca				
Isopoda				
Asellidae				
<i>Asellus aquaticus</i>	83,33	68,18	622,41	83,43
Amphipoda (ostale)				
Niphargidae				
<i>Niphargus</i> sp.	8,33	3,03	8,75	1,17
Insecta				
Coleoptera				
Haliplidae				
<i>Pelodytes caesus</i> (larva i adult)	4,17	3,03	6,19	0,83
Hydrochidae				
<i>Hydrochus</i> sp. (adult)	4,17	1,52	3,09	0,41
Nedeterminisani insekti	20,83	21,21	96,82	12,98
Broj ispitanih stomaka	27			
Broj praznih stomaka	3			
Srednja dužina tela predatora (mm)	72,08			
Prosečan broj komada plena po stomaku	2,75			

U uzorku sa lokaliteta Gromiželj analizirano je 27 jedinki crнке totalne dužine tela 56,3-102,9 mm i težine 1,4-16,4 g. Pun stomak imale su ukupno 24 jedinke ($Iv = 11,1$). Procentualni doprinos pojedinih kategorija plena u ovom uzorku prikazan je u tabeli 24.

Spektar ishrane sačinjavalo je šest različitih vrsta plena iz tri grupe (Mollusca, Crustacea i Insecta). U odnosu na sve grupe plena, ishrana isključivo od Arthropoda determinisana je kod 91,7% ispitanih jedinki sa punim stomakom. Plen se sastojao isključivo od predstavnika Coleoptera (*Peltodytes caesus* i *Hydrochus* sp.) kod svega 4,2% ispitanih jedinki, dok se samo od nedeterminisanih insekata sastojao kod 8,3% jedinki. Kod 62,5% ispitanih jedinki u stomacima je nađen isključivo *A. aquaticus* (%PV = 83,4). Širina niše izražena kao Šenonov indeks u uzorku sa lokaliteta Gromiželj bila je mala ($H = 0,58 \pm 0,09$).

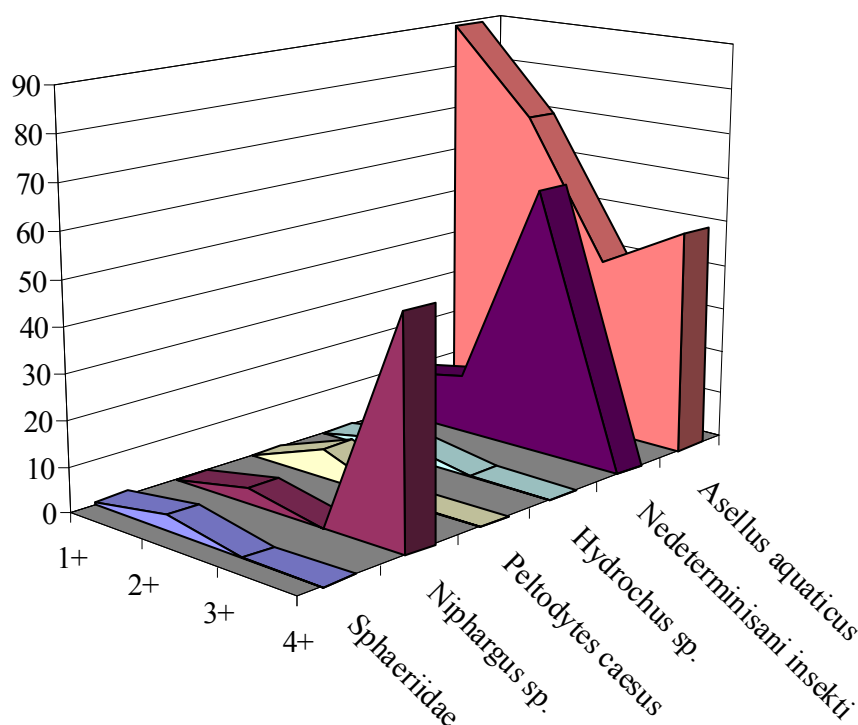
U uzorku sa ovog lokaliteta određivani su i indeks vakuiteta, sastav hrane, prosečan broj komada plena po stomaku predatora i širina niše po uzrasnim klasama od 1⁺ do 4⁺.

Primerici sa praznim stomacima javljaju se u uzrasnim klasama 2⁺ i 3⁺. Vrednost indeksa vakuiteta je takođe varirala ($\chi^2 = 11,1$, $P = 0,01$), sa najvećom vrednošću kod uzrasne klase 3⁺ ($Iv = 66,7$), dok su ispitivani primerici uzrasta 1⁺ i 4⁺ imali pune stomake (slika 44).



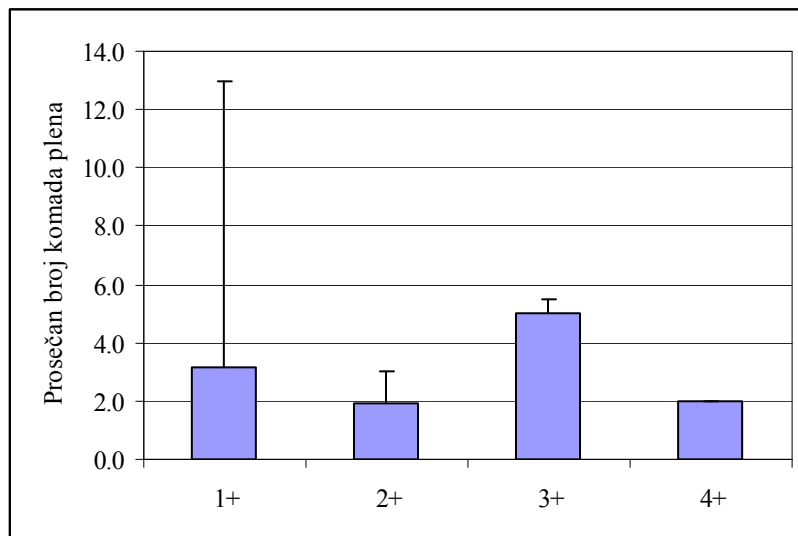
Slika 44. Variranje procenta praznih stomaka na lokalitetu Gromiželj po uzrasnim klasama.

Sastav hrane u odnosu na uzrasne klase prikazan je na slici 45. Najraznovrsnija hrana je evidentirana kod jedinki u uzrasnoj klasi 1⁺ (5 vrsta plena), a potom kod jedinki starosti 2⁺ (4 vrste plena). Po dve vrste plena determinisane su kod klasa 3⁺ i 4⁺. Kod svih klasa u stomacima je nađen *A. aquaticus*, pri čemu je najzastupljeniji kod klase 1⁺ (%PV = 89,3) i 2⁺ (%PV = 70,2), dok je kod klase 3⁺ i 4⁺ registrovan sa nešto nižim vrednostima (%PV = 40, odnosno %PV = 50). Ova vrsta je isključivo plen 76,9% jedinki starosti 1⁺ i 55,6% jedinki starosti 2⁺. Nedeterminisani insekti evidentirani su kod klasa 1⁺ (%PV = 9,9), 2⁺ (%PV = 13,3) i 3⁺ (%PV = 60) i ova grupa je isključivo plen 11,11% jedinki starosti 2⁺. Predstavnicima reda Coleoptera kao plen prisutni su kod jedinki klase 1⁺ (*P. caesus* – %PV = 6,6 i *Hydrochus* sp. – %PV = 3,3). *Niphargus* sp. je najzastupljeniji u klasi 4⁺ (%PV = 50), a registrovan je i u klasi 2⁺ (%PV = 3,3). Školjke iz porodice Sphaeriidae registrovane su kao plen jedinki starosti 1⁺ (%PV = 0,82) i 2⁺ (%PV = 3,3). Testiranje hi-kvadrat testom pokazalo je da u uzorku sa lokaliteta Gromiželj nema statistički značajne razlike u pogledu vrednosti %PV za sve vrste plena po uzrasnim klasama ($\chi^2 = 8,13$, $P > 0,05$).



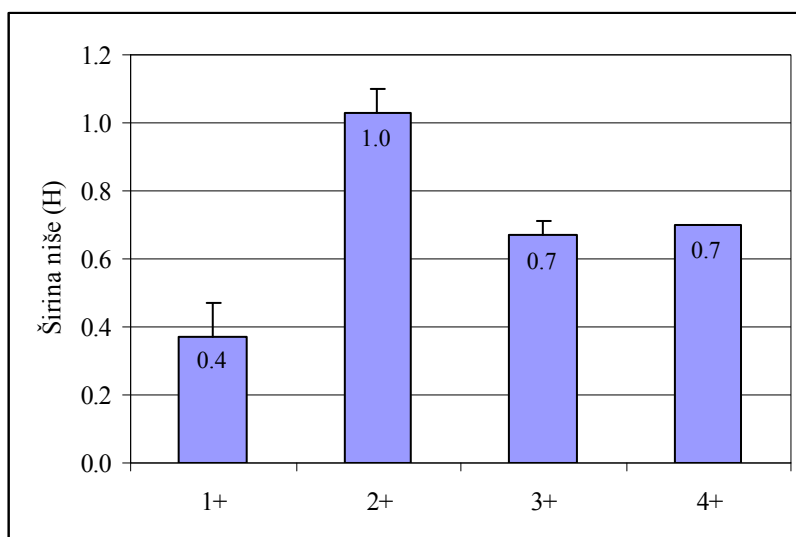
Slika 45. Sastav hrane na lokalitetu Gromiželj u odnosu na uzrasne klase, iskazan kao %PV za sve kategorije plena.

Prosečan broj komada plena po stomaku predatora na ovom lokalitetu prikazan je na slici 46. Najveći broj komada plena po stomaku (prosečan broj $5 \pm 0,5$) registrovan je kod uzrasne klase 3^+ , a najmanji kod uzrasne klase 2^+ (prosečan broj $1,9 \pm 1,14$).



Slika 46. Prosečan broj komada plena po stomaku predatora (± 1 SE).

Vrednost širine niše u uzorku sa lokaliteta Gromiželj najveća je kod jedinki starosti 2^+ , da bi kod starijih jedinki bila nešto niža, a najniža u uzrastu 1^+ (slika 47). Analiza varijanse je pokazala da postoji statistički značajna razlika za ovaj parametar kod različitih uzrasnih klasa ($F_{3,9} = 6,53$, $P < 0,05$).



Slika 47. Širina niše ishrane (Šenonov indeks $H + 1SD$) po uzrasnim klasama na lokalitetu Gromiželj.

4.5. Morfološka varijabilnost

Razlika u veličini između grupa (populacija i polova) testirana je dvofaktorskom univarijantnom analizom varijanse (ANOVA). Veličina centroida (CS) je korišćena kao zavisna varijabla, a populacija i pol kao nezavisne varijable, tj. faktori. Faktor je i njihova interakcija (populacija x pol) kojom je testirana konzistentnost tj. usklađenost polnog dimorfizma u veličini između populacija. ANOVA je pokazala da ne postoje statistički značajne razlike u veličini tela crnke u odnosu na analizirane tri populacije i polove (tabela 25).

Tabela 25. Dvofaktorska ANOVA veličine centroida (CS) (*SS* - suma kvadrata, *df* - stepeni slobode, *MS* - varijansa, *F* - F vrednosti, *P* - statistička značajnost).

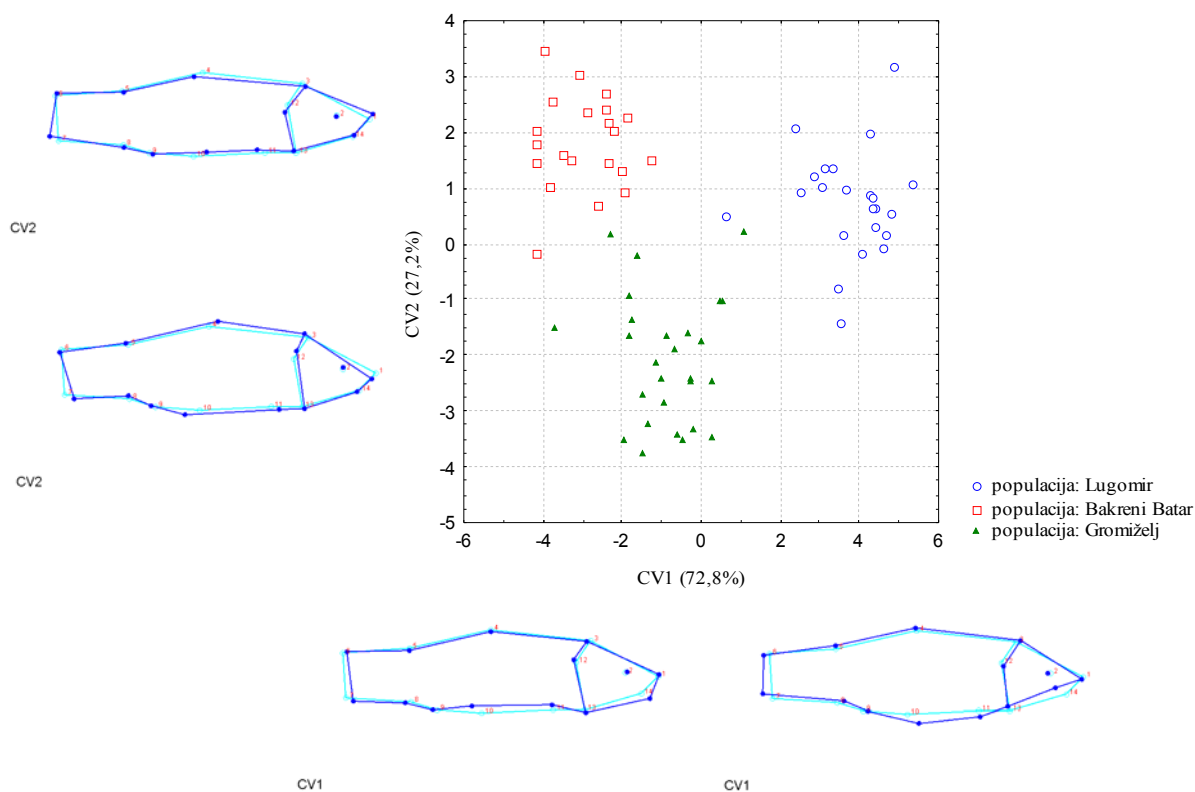
	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
populacija	209,9	2	105,0	0,761	0,471125
pol	418,0	1	418,0	3,032	0,086371
populacija x pol	482,0	2	241,0	1,748	0,182160

Primenom Prokrustove superimpozicije izdvojeno je ukupno 28 varijabli oblika (Prokrustovih koordinata). Razlika u obliku između grupa testirana je dvofaktorskom multivarijantnom analizom varijanse (MANOVA). Prokrustove koordinate su korišćene kao zavisne varijable, a kao faktori (nezavisne varijable) bile su populacija i pol, kao i njihova interakcija (populacija x pol) kojom je testirana konzistentnost polnog dimorfizma u obliku između populacija. MANOVA je pokazala da postoji statistički značajna razlika u obliku tela riba između populacija sa različitim lokaliteta, dok je za polni dimorfizam u obliku ustanovljeno odsustvo statističke značajnosti (tabela 26).

Tabela 26. Dvofaktorska MANOVA varijabli oblika (Prokrustovih koordinata) (*Wilks* λ – vrednost Wilks' Lambda testa, *F* - *F* vrednost, *df1* i *df2* - stepeni slobode, *P* – statistička značajnost).

	<i>Wilks</i> λ	<i>F</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>P</i>
populacija	0,027411	8,82	48	84	0,000000
pol	0,772776	0,51	24	42	0,957471
populacija x pol	0,359105	1,17	48	84	0,261222

Kanonijskom analizom varijanse (CVA) ustanovljeno je da se po prvoj CV osi razdvaja populacija sa lokaliteta Lugomir od populacija sa lokaliteta Bakreni Batar i Gromiželj, dok CV2 osa diskriminiše populaciju sa lokaliteta Gromiželj od ostale dve populacije (tj. sa lokaliteta Lugomir i Bakreni Batar) (slika 48).



Slika 48. Kanonijska analiza varijanse (CVA) varijabilnosti oblika po CV1 i CV2 osi između populacija sa lokaliteta Lugomir, Bakreni Batar i Gromiželj. Radi boljeg uočavanja, promene oblika tela crнке uvećane su tri puta.

U odnosu na CV1 osu (slika 48), uočava se da jedinke populacije Lugomir imaju širi trupni region, ventralni deo glavenog regiona im je uži, trbušno peraje je postavljeno više anteriorno, podrepno peraje je kraće, dok je repna drška uža i duža. Po istoj osi, jedinke populacije Bakreni Batar i Gromiželj imaju uže telo u trupnom regionu, veću i spušteniju glavu, trbušno peraje postavljeno više posteriorno i kraću repnu dršku.

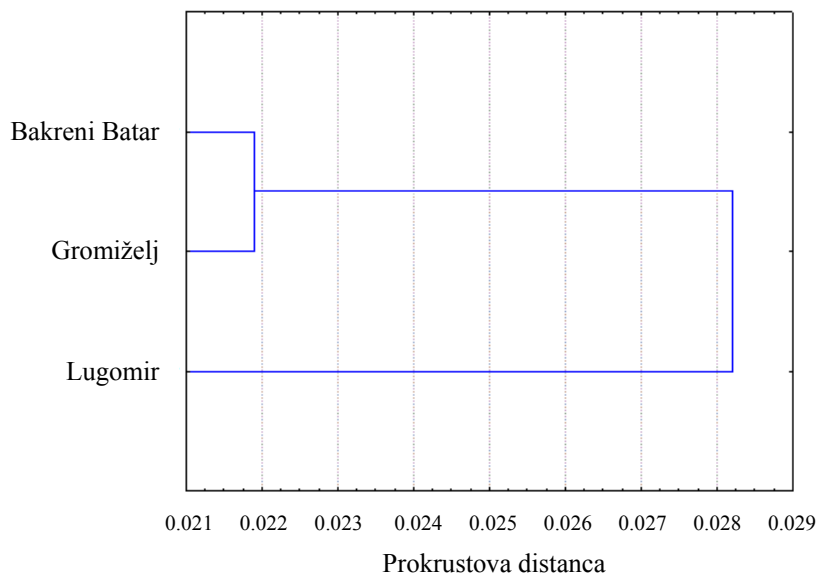
U odnosu na CV2 osu (slika 48), jedinke populacije Lugomir i Bakreni Batar imaju užu trupni region, izdignutu glavu u nivou gornje vilice, kraće dorzalno peraje i istureniji donji deo baze repnog peraja. Trbušno peraje im je postavljeno više anteriorno a grudno posteriorno, tako da je i rastojanje između ovih peraja manje. Nasuprot njima, jedinke populacije Gromiželj odlikuje širi trupni region, spušenija glava u nivou gornje vilice i donja baza repnog peraja pomerena više anteriorno. Leđno peraje im je duže, a veće je i rastojanje između trbušnog i grudnog peraja. Takođe, trbušno peraje je pomereno više posteriorno, a grudno više anteriorno.

U tabeli 27 date su mere veličina razlika u obliku tela riba između analiziranih populacija predstavljene izračunatim Prokrustovim distancama (Pd), kao i statističke značajnosti ovih razlika. Sve izračunate Prokrustove distance su statistički značajne, pri čemu su najmanje vrednosti Prokrustove distance utvrđene između populacija sa lokaliteta Bakreni Batar i Gromiželj, nešto veće između populacija sa lokaliteta Bakreni Batar i Lugomir, a najveće između populacija sa lokaliteta Gromiželj i Lugomir.

Tabela 27. Prokrustove distance (vrednosti ispod dijagonale) i statističke značajnosti (vrednosti iznad dijagonale) veličina razlika u obliku tela crnke između analiziranih populacija. Vrednosti iznad dijagonale predstavljaju verovatnoće dobijene permutacionim testom nakon 10 000 ponavljanja.

	Bakreni Batar	Gromiželj	Lugomir
Bakreni Batar	0,0000	0,0001	<,0001
Gromiželj	0,0219	0,0000	<,0001
Lugomir	0,0270	0,0294	0,0000

Na osnovu matrice Prokrustovih distanci (Pd) između konsenzus konfiguracija analiziranih populacija i primenom UPGMA klaster analize formiran je fenogram (slika 49) na osnovu koga se takođe uočava da populacije crнке sa lokaliteta Bakreni Batar i Gromiželj pokazuju znatno manje razlike u obliku u odnosu na populaciju sa lokaliteta Lugomir.



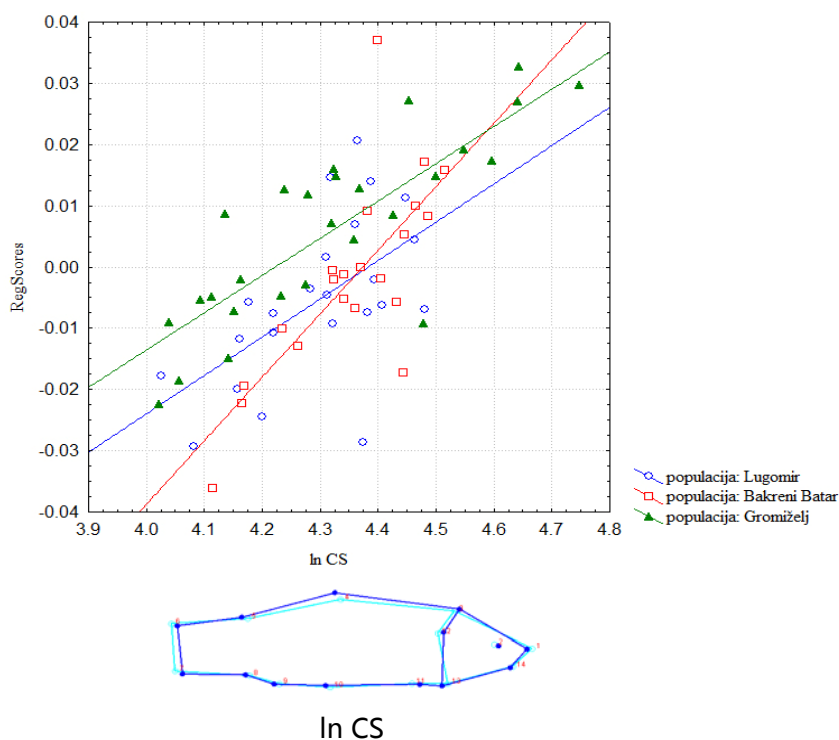
Slika 49. UPGMA klaster fenogram konstruisan na osnovu matrice Prokrustovih distanci između koncenzus konfiguracija analiziranih populacija.

Multivarijantnom analizom kovarijanse (MANCOVA) testirana je homogenost nagiba regresionih krivih oblika u odnosu na veličinu za istraživane populacije. Proveravan je uticaj faktora (populacije), logaritmovane veličine centroida (ln CS) kao kovarijable i njihove interakcije na varijabilnost oblika. Pošto interakcija faktora populacija i ln CS nije statistički značajna ($P = 0,5735$), populacije pokazuju isti trend zavisnosti oblika od veličine (alometrije) (tabela 28).

Tabela 28. Multivarijantna analiza kovarijanse (MANCOVA) (*Wilks* λ – vrednost Wilks' Lambda testa, *F* - F vrednost, *df1* i *df2* – stepeni slobode, *P* – statistička značajnost).

	<i>Wilks</i> λ	<i>F</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>P</i>
populacija	0,392886	1,04	48	84	0,427198
lnCS	0,246394	5,35	24	42	0,000001
populacija x lnCS	0,420810	0,95	48	84	0,573477

Nagibi analiziranih regresionih krivih su homogeni i iz tog razloga je urađena multivarijantna regresija varijabli oblika (Prokrustovih koordinata) na varijablu veličine (ln CS) sa opcijom (engl.) "*pooled-within group (population) regression*". Utvrđeno je da postoji statistički značajan ($P < 0,0001$) efekat veličine na promene oblika i da alometrija opisuje 8,32% ukupne varijabilnosti oblika (slika 50). Alometrijske promene oblika odnose se na širenje dorzalnog dela trupnog regiona uz posteriorno pomeranje dorzalnog peraja. Repna drška se skraćuje, odnosno anteriorno se pomera baza repnog peraja i povećava se rastojanje između trbušnog i grudnog peraja. U glavenom regionu vomer se pomera blago posteriorno, skraćuje se gornji deo operkuluma, dok se donji deo operkuluma pomera više ka grudnom peraju.



Slika 50. Multivarijantna regresija varijabli oblika (Prokrustovih koordinata) na varijablu veličine (ln CS) i grafički prikaz alometrijske komponente varijabilnosti oblika analiziranih populacija.

4.6. Genetička varijabilnost – analiza citohroma b mitohondrijalne DNK

Sekvenciranjem Cyt b gena mtDNK u dužini od 1 001 bp na 28 jedinki sa sva tri lokaliteta, detektovana su dva haplotipa Da1 i Sa1. Haplotip Da1 detektovan je kod svih analiziranih jedinki sa lokaliteta Lugomir, dok je haplotip Sa1 prisutan kod svih analiziranih jedinki sa lokaliteta Bakreni Batar i Gromiželj (tabela 29). Zbog nepostojanja adekvatnih podataka u Banci gena za Cyt b gen kod crнке (po pitanju broja, porekla i dužine sekvenci), poređenje sa deponovanim podacima nije bilo moguće izvršiti.

Opisani haplotipovi razlikuju se na osnovu sedam polimorfniх pozicija, odnosno sedam supstitucija (Prilog 1), što odgovara genetičkoj distanci od 0,7%.

Tabela 29. Prikaz rezultata sekvenciranja Cyt b mtDNK i statističkih parametara za mikrosatelitsku DNK (H_E – očekivana heterozigotnost; H_O – uočena heterozigotnost; Fis – nema signifikantnih odstupanja od HWE-a ($P < 0,001$); Ar – bogatstvo alela).

Populacija	mtDNK - Cyt b haplotipovi		Mikrosatelitska DNK				
	N		N	H_E	H_O	Fis	Ar
Lugomir	8	Da1	19	0,666	0,678	0,009	7,00
Bakreni Batar	10	Sa1	20	0,779	0,800	-0,001	8,50
Gromiželj	10	Sa1	20	0,706	0,713	0,016	8,88
	Σ	28	59				

4.7. Genetička varijabilnost - analiza mikrosatelitske DNK

Za analizirane populacije detektovane su vrednosti bogatstva alela od 7,00 do 8,88, dok su se vrednosti uočene heterozigotnosti kretale od 0,678 do 0,800. Najviša vrednost bogatstva alela (8,88) detektovana je kod populacije sa lokaliteta Gromiželj, dok je kod populacije sa lokaliteta Bakreni Batar detektovana najviša vrednost za uočenu heterozigotnost (0,800). Najniže vrednosti bogatstva alela (7,00), uočene (0,678) i očekivane (0,666) heterozigotnosti detektovane su kod populacije sa lokaliteta

Lugomir. Odstupanje od Hardi-Vajnbergove ravnoteže nije utvrđeno kod analiziranih populacija (tabela 29). Detaljniji mikrosatelitski podaci za pojedinačne lokuse predstavljeni su u Prilogu 2 (tabela 1).

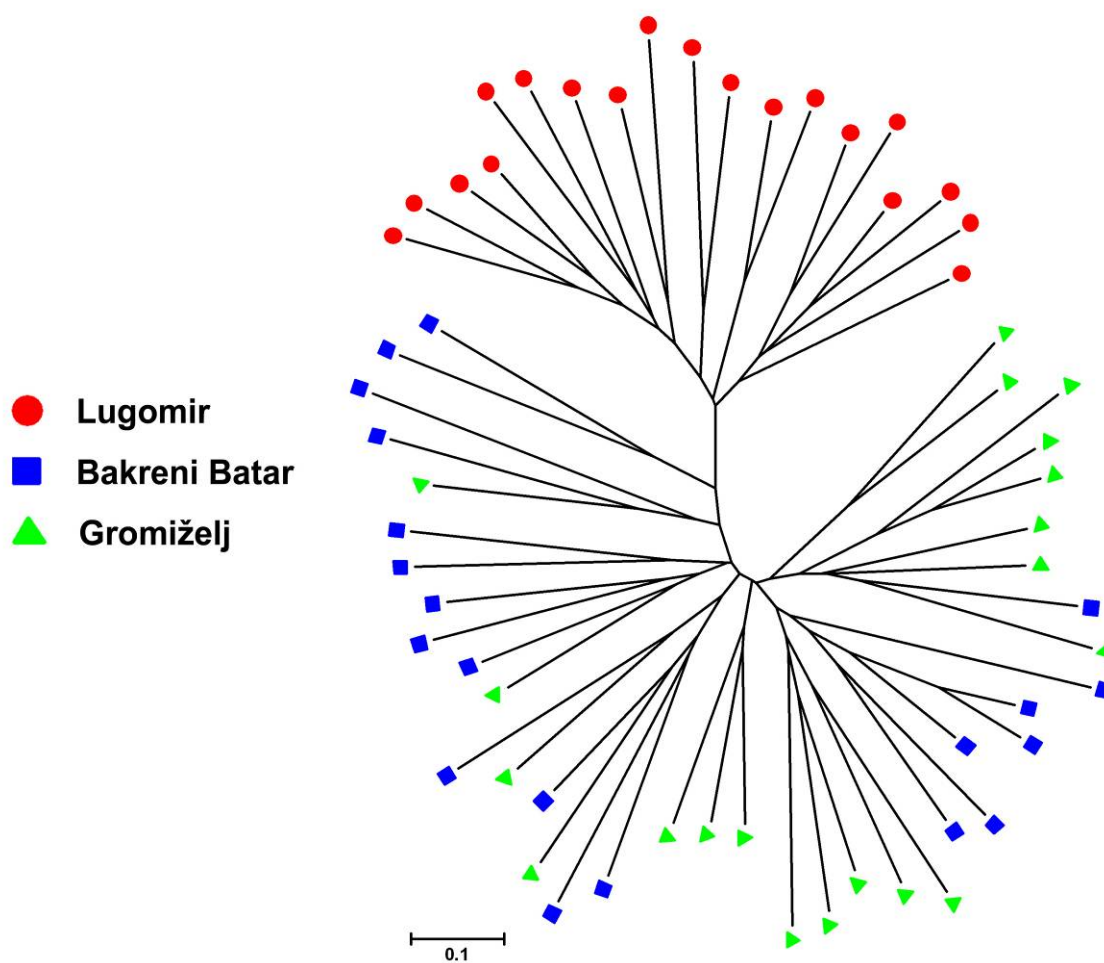
4.8. Diferencijacija populacija, grupisanje i introgresija

Poređenjem parnih indeksa genetičke diferencijacije (F_{ST}) utvrđene su statistički značajne razlike pre svega između populacije Lugomir iz sliva Dunava i populacija u slivu Save (Bakreni Batar i Gromiželj), dok je razlika između savskih populacija za oko 7-9 puta niža i karakteriše se nižom statističkom potporom. Navedeni rezultati diferencijacije populacija, takođe su potvrđeni i preko D_{AS} distanci (tabela 30).

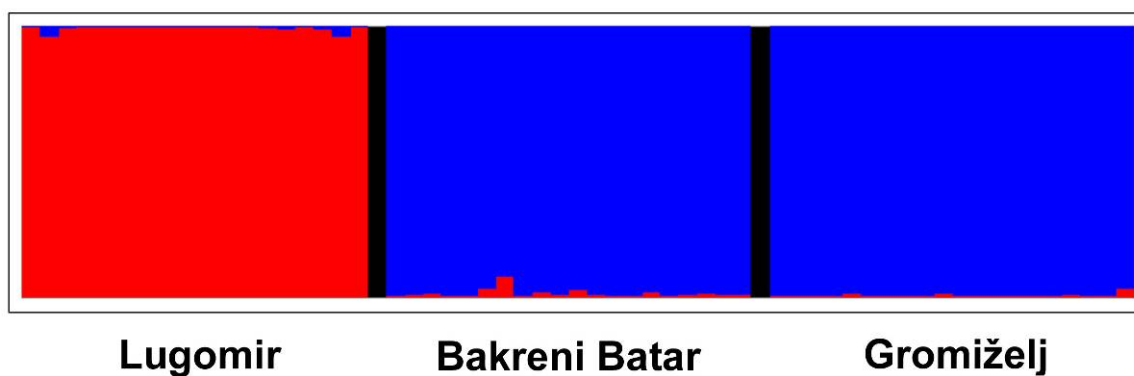
Tabela 30. F_{ST} vrednosti iznad i D_{AS} vrednosti ispod dijagonale izračunate za parove populacija na osnovu mikrosatelitskih podataka (* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$).

	Lugomir	Bakreni Batar	Gromiželj
Lugomir	-	0,175**	0,242**
Bakreni Batar	0,580	-	0,026*
Gromiželj	0,704	0,075	-

Odnosi između jedinki predstavljeni na NJ stablu, baziranom na D_{AS} distancama, pokazuju jasno grupisanje jedinki sa lokaliteta Lugomir u odnosu na jedinke sa lokaliteta Bakreni Batar i Gromiželj, koje formiraju zasebnu zajedničku grupu (slika 51). Navedeni rezultati su apsolutno podržani analizama populacione strukture celog uzorka upotrebom programa STRUCTURE. Naime, analizom u programu STRUCTURE takođe je detektovano postojanje dve različite, genetički homogene grupe, od kojih jednu čini dunavska populacija sa lokaliteta Lugomir, a drugu čine savske populacije Bakreni Batar i Gromiželj. Daljim analizama unutar populacija nisu otkrivene nove grupe, niti su detektovane hibridne populacije (slika 52).



Slika 51. NJ neukorenjeno stablo individua, bazirano na D_{AS} distancama, izračunatih na osnovu mikrosatelitskih podataka.



Slika 52. Procena strukture populacija na osnovu mikrosatelitskih podataka upotrebom programa STRUCTURE. $K=2$ je najverovatnija procena prema ΔK metodi (Evanno *et al.*, 2005).

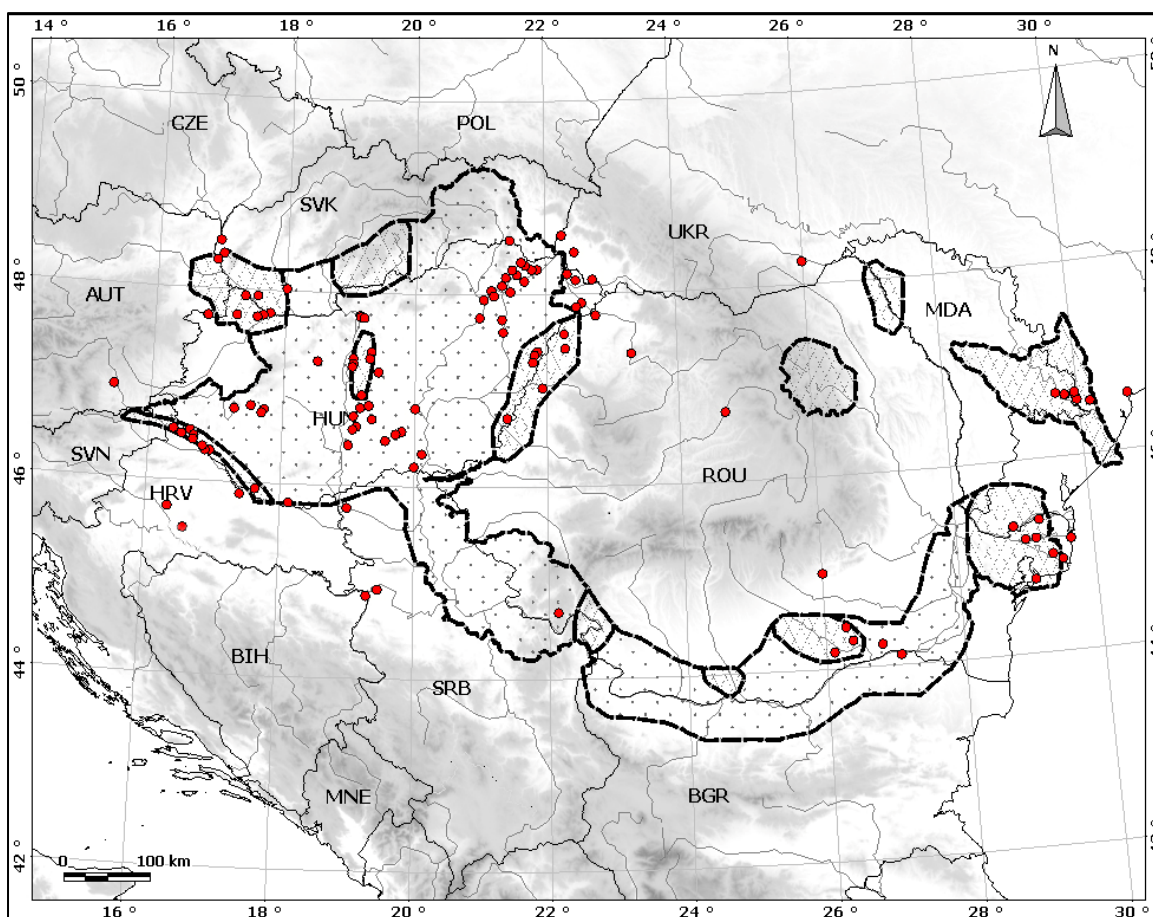
5. DISKUSIJA

5.1. Rasprostranjenje vrste, ekološke karakteristike staništa, ugrožavajući faktori

U odnosu na literaturne podatke izvršeno je kartiranje populacija crnke u crnomorskom slivu (Ráb, 1981; Bănărescu *et al.*, 1995; Movchan, 1995; Povž, 1995; Wanzenböck & Spindler, 1995; Лобченко *et al.*, 2003; Harka & Sallai, 2004; Mrakovčić *et al.*, 2006; Moshu & Trombitsky, 2007; Telcean & Cupşa, 2009; Stefanov & Trichkova, 2011; Sekulić *et al.*, 2013; <http://eunis.eea.europa.eu/species/>; www.nationalpark-neusiedlersee-seewinkel.at/) (slika 53). Prema ovim podacima i na osnovu rasprostranjenja koje su utvrdili Kottelat i Freyhof (2007), vrsta je prisutna u pojedinim delovima unutar granica areala sa kojih je prethodno vođena kao nestala, dok su evidentirani i nalazi crnke izvan literaturnih granica distribucije. Ovo se posebno odnosi na nalaze uz Savu u Hrvatskoj, Bosni i Hercegovini i Srbiji (šuma Žutica kod Ivanića – Mrakovčić *et al.*, 2006; Gromiželj – Petronić *et al.*, 2010b; Bakreni Batar – Sekulić *et al.*, 2013), koji ukazuju da je vrsta prisutna znatno južnije u zapadnom delu areala i da je moguće očekivati njeno prisustvo i na drugim područjima.

Novi nalaz crnke u blizini Bačkog Monoštora na lokalitetu Lugomir pokazatelj je da je vrsta prisutna i u kanalskoj mreži koja je veoma razgranata na području Vojvodine, kao i da je potrebno sprovesti detaljnija istraživanja kako bi se dobila potpunija slika o njenom rasprostranjenju u ovim antropogenim ekosistemima. Od posebnog značaja je činjenica da je vrsta evidentirana i nakon izmuljivanja 2008. godine, koja se periodično obavljaju u cilju održavanja i funkcionisanja osnovne i detaljne kanalske mreže. Čišćenjem kanala se sediment, odnosno mulj sa vegetacijom deponuje uz kanal, tako da korito predstavlja potpuno izmenjenu i za crnku narušenu sredinu. Imajući u vidu da su prethodna izmuljivanja vršena osamdesetih godina XX veka, a da su naredna predviđena za period 2016-2017. godine (Vladislav Milošev,

usmeno saopštenje), ovakvim periodičnim aktivnostima povećava se opasnost od nestanka crnke sa staništa koja, očigledno, predstavljaju retka utočišta u kojima je vrsta do sada uspela da opstane. Iz tog razloga, a u cilju očuvanja postojeće populacije crnke u kanalima, potrebno je izraditi plan upravljanja kojim bi se predvidelo totalno izlovljavanje riba pre, a potom i njihovo vraćanje nakon izmuljivanja. Iako se meliorativnim radovima značajno, čak i u potpunosti, uništavaju staništa crnke koja predstavlja veoma osetljivu vrstu na promene životne sredine izazvane ljudskim poremećajima staništa (Kováč, 1997), uz prirodnu revitalizaciju kanala postoji šansa da vrsta opstane i u tako izmenjenoj sredini, na šta ukazuju rezultati ovih istraživanja.



Slika 53. Rasprostranjenje *Umbra krameri* u Evropi prema Kottelat-u i Freyhof-u (2007) – ▨ iščezla, ▩ prisutna, dopunjeno literaturnim podacima – ●.

Vodotok Bakreni Batar i močvara Gromiželj, odnosno bara Laketića vir, koji predstavljaju stare meandre i rukavce Save i Drine koji su izgubili direktnu vezu sa rekama, kao i kanalska mreža u Lugomiru, predstavljaju tipična staništa ove vrste i u drugim državama u okviru njenog rasprostranjenja (Austrija – Wanzenböck & Spindler, 1995; Bugarska – Stefanov, 2007; Hrvatska – Leiner, 1995; Mađarska – Guti, 1995; Keresztessy, 1995; Harka & Sallai, 2004; Moldavija – Moshu & Trombitsky, 2007; Rumunija – Bănărescu *et al.*, 1995; Telcean & Cupşa, 2009; Slovačka – Kováč, 1995; Slovenija – Povž, 1995; Ukrajina – Movchan, 1995).

Poredeći osnovne ekološke karakteristike ispitivanih lokaliteta, ustanovljeno je da je voda u svim ekosistemima neutralna do slabo bazna i da ni na jednom lokalitetu nije registrovano veće zagađenje u odnosu na merene koncentracije jonizovanog oblika amonijaka (NH_4^+) i nitrita. Neznatno veća koncentracija orto-fosfata izmerena je u Bakrenom Bataru, što je verovatno posledica upliva komunalnih otpadnih voda iz okolnog naselja i ocednih voda sa poljoprivrednih površina na kojima se koriste veštačka đubriva. Velike količine mulja na svim istraživanim lokalitetima i nivo kiseonika, koji dosta varira u zavisnosti od gustine vegetacije, ne predstavljaju limitirajuće faktore za prisustvo crnke. Niska koncentracija kiseonika, koja je registrovana u letnjem periodu na lokalitetima Bakreni Batar i Lugomir, može se pripisati brzom razlaganju biljnih ostataka, kao što Povž (1995) navodi za pojedine rukavce i meandre odvojene od glavnih vodotokova u Sloveniji. Osim koncentracije O_2 i PO_4^{3-} , koje su niže na istraživanim lokalitetima, izmerene vrednosti pH, saturacije, koncentracije NH_4^+ i NO_2^- u opsegu su vrednosti parametara koje navodi Müller *et al.* (2011) za mađarske prirodne vode u kojima se ova vrsta takođe javlja. Elektroprovodljivost na lokalitetu Lugomir ($894 \mu\text{S}/\text{cm}$) iznad je svih vrednosti koje navode Wanzenböck i Spindler (1995) za staništa crnke u Austriji, ali odgovara vrednostima za jezero Kiš-Balaton (Keresztessy, 1995). Pored toga što su vrednosti koncentracije O_2 izmerene za lokalitete Lugomir i Bakreni Batar ispod najnižih vrednosti, nivo kiseonika u Gromiželju najviše odgovara vrednostima izmerenim u samom Dunavu (Wanzenböck & Spindler, 1995). Međutim, ova vrednost, kao i vrednost saturacije najbliža je vrednostima koje je utvrdila Povž (1995) za rukavac Beloviči u Sloveniji.

Na svim lokalitetima vrsta je nalažena u gustom submerznoj vegetaciji koju čini prvenstveno *C. demersum*, a od ostalih vrsta svuda su registrovane *L. trisulca*, *L. minor* i *H. morsus-ranae*, dok su u priobalju prisutne *T. angustifolia* i *P. australis*. Prisustvo ovih vrsta, kao i većine drugih koje su navedene u rezultatima, u skladu je sa literaturnim podacima (Guti, 1995; Povž, 1995; Májský & Hajdú, 2004; Hajdú & Saxa, 2008; Petronić *et al.*, 2010a,b). Međutim, floristički sastav Bakrenog Bataru siromašniji je u odnosu na sastav u Zasavici (Vukov *et al.*, 2000).

Od autohtonih vrsta riba, na svim lokalitetima evidentiran je zlatni karaš *C. carassius*, dok su na Gromiželju i u kanalima na Lugomiru prisutni i linjak *T. tinca* i čikov *M. fossilis*. Zlatnog karaša i čikova, kao vrste koje žive u zajednici sa crnkom, navode i Ladiges & Vogt (1965) i Povž (1990a). Od predatorskih vrsta riba na oba lokaliteta evidentirana je štika *E. lucius*, kao i alohtona vrsta sunčanica *L. gibbosus*, koja uz američkog somića *A. nebulosus*, registrovanog na Gromiželju, predstavlja potencijalnu opasnost, jer se osim beskičmenjacima, hrani ikrom i mlađi riba. Imajući u vidu da se na lokalitetu Lugomir kanali koriste primarno za odvođenje vode i da neki od njih mogu biti u određenom periodu potpuno suvi, prisustvo pojedinih vrsta riba, čak sa pojedinačnim primercima, može biti posledica njihovog slučajnog unošenja od strane ptica ili pak otvaranjem crpnih pumpi i upuštanjem vode gravitacionim putem. Iako na lokalitetu Bakreni Batar nije evidentirano prisustvo većeg broja vrsta riba, prvenstveno iz razloga što je izlovljavanje vršeno uz pomoć pletene korpe, njihovo prisustvo se svakako mogu očekivati, imajući u vidu da su registrovane u Zasavici od strane više autora (Sekulić *et al.*, 1998; Maletin *et al.*, 2001; Bajić & Stanković, 2007).

Analizom procentualne zastupljenosti glavnih grupa beskičmenjaka, ustanovljeno je da su na svim istraživanim lokalitetima prisutni predstavnici Mollusca, Isopoda, Odonata, Coleoptera, Heteroptera i Chironomidae. Među najzastupljenijim su beskičmenjaci iz grupe Isopoda, koji su prisutni na sva tri lokaliteta, zatim grupa Heteroptera i Megaloptera u Bakrenom Bataru, odnosno Heteroptera i Odonata u kanalima na Lugomiru, kao i Odonata i Chironomidae na Gromiželju. Prisustvo ovih grupa podudara se u velikoj meri sa podacima koje iznosi Povž (1995) za stare meandre i rukavce Beloviči i Podkev u Sloveniji. Rezultati istraživanja na lokalitetu Bakreni Batar delimično se podudaraju sa rezultatima koje su dobili Cvijanović & Miljanović (2007), koji su u ovom vodotoku takođe evidentirali beskičmenjake iz grupa Isopoda,

Amphipoda, Gastropoda i Diptera. Iako su i tada istraživanja obavljena u letnjem periodu, predstavnici Oligochaeta, Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera nisu registrovani u 2011. godini.

Uporednim pregledom kvalitativnog sastava beskičmenjaka na svim istraživanim lokalitetima utvrđeno je prisustvo slatkovodnog puža *Planorbarius corneus*, vodene mokrice *A. aquaticus*, vodene stenice iz roda *Notonecta* i vrste *Ilyocoris cimicoides*, kao i predstavnika familije Chironomidae. Račić roda *Niphargus* prisutan je u Bakrenom Bataru i Gromiželju, dok se vrsta vilinog konjica *Sympetrum sangiuneum* javlja u kanalima na Lugomiru i u bari u Gromiželju. Od svih evidentiranih taksona, samo se vrsta *Ilyocoris cimicoides* i rod *Asellus* navode u kvalitativnoj analizi faune dna u Sloveniji (Povž, 1995).

U odnosu na negativne činioce koji dovode do ugrožavanja crnke i njenih staništa na istraživanim lokalitetima, a koji i u ostalom delu Evrope predstavljaju osnovne uzroke nestajanja ove vrste, izdvajaju se već pomenute intenzivne ljudske aktivnosti (Botta, 1981; Leiner, 1995; Povž, 1995; Májský & Hajdú, 2004; Mrakovčić *et al.*, 2006; Hajdú & Saxa, 2008; Freyhof, 2011). Uz izmuljivanje kanalske mreže, zagađivanje vode veštačkim đubrivima i prisustva predatorskih vrsta riba, dodatni pritisak na preostale populacije predstavlja i izlovljavanje jedinki za potrebe naučnih istraživanja i razmnožavanja u akvarijumskim uslovima. Zbog "popularnosti" vrsta je atraktivna i za lokalne akvarističare, a na smanjenje brojnosti utiče i njihov izlov jer se koristi i kao mamac u ribolovu na grabljičice. Uz sve navedeno, specifična i energetski veoma zahtevna reproduktivna strategija crnke (mala plodnost ženki, briga za mlade) (Kováč, 1997), dodatno utiču na nivo ugroženosti vrste.

Potencijalnu opasnost na lokalitetu Bakreni Batar predstavlja i prisutni evropski dabar (*Castor fiber*), koji je na područje Zasavice reintrodukovan tokom 2004. godine (Ćirović *et al.*, 2004) i njegove brane koje su nizvodni tok Bakrenog Batara u znatnoj meri izmenile, ujezerile i pretvorile u skoro stajaće ekosisteme. Pre reintrodukcije dabra Bakreni Batar je bio bistar i hladan potok sa šljunkovitom podlogom koja je više ličila na brdski vodotok, netipičan za ravničarske predele (Bajić & Stanković, 2007). Veoma kratki deo vodotoka sa ovakvim karakteristikama danas postoji samo uzvodno od navedenih brana. Povećanje sedimentacije i promena karakteristika dna iznad brana, usporavanje vodenog toka i pogoršanje kvaliteta vode usled povećanja prosečne

temperature vode i promena kiseoničnog režima, posebno u letnjim mesecima kada se smanji dubina vode, može dovesti do narušavanja i pogoršanja stanja ekosistema (Cvijanović & Miljanović, 2007; Simić *et al.*, 2007b). Imajući u vidu da ove pregrade utiču na promene hidroloških i morfoloških karakteristika Bakrenog Bataka i činjenicu da je crnka tokom ovih istraživanja registrovana između brana, potrebno je detaljnije pratiti njihov uticaj na postojeću populaciju crnke.

5.2. Struktura populacija

Podaci o dužini i težini predstavljaju korisne i standardne informacije koje se dobijaju pri uzorkovanju riba (Kohler *et al.*, 1995; Morato *et al.*, 2001). Ovi podaci su od suštinskog značaja za veliki broj različitih studija kao što su procene stope rasta, utvrđivanje uzrasne strukture i drugi aspekti dinamike populacija. Rezultati istraživanja distribucije veličina, odnosno analize dužinskih frekvencija kod rečnih riba otkrivaju mnoge značajne ekološke odlike samih ekosistema, kao i životnu istoriju analiziranih vrsta. Učestalost pojedinih dužinskih klasa u svakom trenutku može da odražava odnos između dinamičke stope obnavljanja populacije, rasta i mortaliteta (Neumann & Allen, 2001). Distribucija dužinskih klasa riba takođe se koristi za utvrđivanje njihove starosti (Bagenal & Tesch, 1978) koja, zajedno sa brojnošću i težinom, može da ukaže na različite poremećaje u vodenim ekosistemima. Uz to, pruža i informacije o periodima razmnožavanja, kao i o opštem stanju i gustini populacija. Zbog toga je analiza strukture populacije jedna od najčešće korišćenih metoda u istraživanjima riba.

Na osnovu komparativne analize procentualne distribucije dužinskih klasa istraživanih populacija utvrđeno je da se najveći broj jedinki, na nivou celih uzoraka i kod ženki, nalazi na lokalitetu Lugomir i to u dužinskoj klasi 70,1-75,0 mm. I kod mužjaka, najveći broj jedinki se nalazi u uzorku sa lokaliteta Lugomir, u dužinskoj klasi 60,1-65,0 mm. Učešće jedinki po dužinskim klasama za sva tri lokaliteta pokazuje velike sličnosti sa distribucijom učestalosti dužina crnke u regionu Tapolca u Mađarskoj, gde se najveći broj jedinki u prolećnom uzorku nalazi u dužinskim klasama 60-65 mm i 70-75 mm, a u jesenjem uzorku u klasama 65-70 mm i 35-40 mm (Weiperth *et al.*, 2009).

Analizom uzrasne strukture istraživanih populacija utvrđeno je da na sva tri lokaliteta dominiraju jedinke mlađih uzrasnih kategorija (1^+ i 2^+) koje su zastupljene sa 88,16% u celokupnom uzorku. Jedinke starosti 1^+ su brojnije od jedinki starosti 2^+ (37:30), pri čemu su mušjaci brojniji od ženki u obe uzrasne klase. Starije uzrasne klase (3^+ i 4^+) prisutne su samo kod ženki. Dominacija uzrasnih kategorija 1^+ i 2^+ je takođe detektovana i u reci Ér u basenu reke Tise u Rumuniji (Wilhelma, 2003), gde je u uzorku od 252 jedinke konstatovano 178 jedinki (70,63%) iz ove dve uzrasne kategorije. U regionu Tapolca u Mađarskoj registrovan je veći broj jedinki uzrasta 0^+ (36,92%), dok su jedinke starosti 1^+ i 2^+ zajedno zastupljene sa 43,46% (Weiperth *et al.*, 2009).

Procentualna distribucija uzrasnih klasa pokazuje da je najveći broj analiziranih jedinki starosti 1^+ , kao i ženki ovog uzrasta, prisutan na lokalitetu Lugomir, dok su mušjaci uzrasta 1^+ najprisutniji na lokalitetu Gromiželj. Najveći broj jedinki starosti 2^+ na nivou celog uzorka i razdvojeno po polu nalazi se na lokalitetu Bakreni Batar. Dok su na lokalitetima Lugomir i Bakreni Batar konstatovane samo jedinke mlađih kategorija (1^+ i 2^+), na Gromiželju su detektovane i jedinke najmlađe (0^+), kao i jedinke starijih (3^+ i 4^+) uzrasnih kategorija. Razlog za detekciju većeg broja uzrasnih kategorija na Gromiželju mogao bi se objasniti time što jedino ovaj lokalitet pripada barskom tipu staništa koje se odlikuje znatno raznovrsnijim biološkim potencijalom i većom očuvanošću u odnosu na druga dva lokaliteta koja su degradirana i izložena antropogenom pritisku. Iako su u Zasavici osim jedinki starosti 2^+ u manjem broju registrovane i jedinke uzrasta 3^+ (Sekulić *et al.*, 1998; Kostić *et al.*, 2001), na nestabilnost populacije crnke u ovom vodotoku i moguće izraženije prisustvo negativnih uticaja ukazuju i Simić *et al.* (2007b) koji tokom svog istraživanja nisu utvrdili njeno prisustvo. Sa druge strane, iako su u Bakrenom Bataru registrovane samo jedinke starosti 1^+ i 2^+ , uz detaljnija istraživanja, može se očekivati povoljnije stanje populacije crnke, na šta upućuju i nalazi jedinki starosti od 1^+ do 3^+ od strane Simić *et al.* (2007b).

Posmatrajući dužinsku distribuciju uzrasnih klasa, najveći broj jedinki starosti 0^+ na lokalitetu Gromiželj nalazi se u klasi $>25,0$ mm. Međutim, Wilhelm (2003) iznosi podatke da se najbrojnije i najmanje jedinke ovog uzrasta nalaze u dužinskoj klasi 35,5-40,00 mm. Imajući u vidu da su ovo izmerene vrednosti standardne dužine, može se

očekivati da su razlike u odnosu na jedinke sa Gromiželja još veće, jer su za uzorke iz Srbije i Bosne i Hercegovine prikazane vrednosti izmerenih totalnih dužina. Najmanja zabeležena dužina od 24,3 mm kod jedinke uzrasta 0⁺ sa lokaliteta Gromiželj predstavlja najmanju dužinu crnke u odnosu na literaturne podatke (Makara & Strānai, 1980; Baruš & Libosvárský, 1983; Wilhelm, 2003).

Pri uzrastu 1⁺ najviše jedinki se nalazi u dužinskim klasama 60,1-65,0 mm i 70,1-75,0 mm i to na lokalitetu Lugomir, a najveći broj jedinki uzrasta 2⁺ evidentiran je u Bakrenom Bataru i to u klasi 80,1-85,0 mm. Jedinke starosti 3⁺ i 4⁺ jedino su registrovane na lokalitetu Gromiželj, u svim klasama od 90,1-95,0 mm do 100,1-105,0 mm. Ovi podaci značajno odstupaju od dužinske distribucije uzrasnih klasa koje navodi Wilhelm (2003) za jedinke starosti od 1⁺ do 3⁺ (najveći broj jedinki starosti 1⁺ nalazi se u klasama od 40,5-45,0 mm i 45,5-50,0 mm, starosti 2⁺ u klasama od 45,5-50,0 mm i 50,5-55,0 mm, a uzrasta 3⁺ u klasi 55,5-60,0 mm).

Analiza polne strukture pokazuje da mužjaci dominiraju na lokalitetima Lugomir i Bakreni Batar, dok u uzorku sa Gromiželja preovladavaju ženke. U odnosu na zastupljenost polova, podaci za crnku iz Bakrenog Batara podudaraju se sa nalazima Simić *et al.* (2007b), dok su u Zasavici bile prisutnije ženke (Sekulić *et al.*, 1998; Kostić *et al.*, 2001).

Na osnovu procentualne distribucije težinskih klasa utvrđeno je da se najveći broj jedinki nalazi u klasi 4,1-6,0 g. U odnosu na uzrasnu strukturu, težina jedinki uzrasta 0⁺ je od 0,1 do 0,2 g. Težina jedinki starosti 1⁺ iznosi od 1,4 do 4,6 g, kod jedinki uzrasta 2⁺ od 3,7 do 7,7 g. U odnosu na literaturne podatke, jedinke sa Gromiželja uzrasta 0⁺ znatno su lakše od jedinki istog uzrasta iz reke Ér u Rumuniji (Wilhelm, 2003) i iz Edericsi i Lesence potoka (Tapolca nizija u okolini Balatona) u Mađarskoj (Weiperth *et al.*, 2009). Težina jedinki uzrasta od 1⁺ do 3⁺ najviše odgovara vrednostima koje daje Weiperth *et al.* (2009), dok velike razlike u težinama za jedinke uzrasta od 2⁺ do 4⁺ postoje u odnosu na ostale literaturne podatke (Makara & Strānai, 1980; Wilhelm, 2003).

Na osnovu svega navedenog, konstatuje se da su na svim istraživanim lokalitetima detektovane prilično ujednačene srednje vrednosti dužinskih (TL i SL) i težinskih parametara kod najfrekventnijih uzrasnih klasa (1⁺ i 2⁺). U odnosu na vrednosti opsega parametra dužine za uzrasne kategorije 0⁺, 1⁺ i 2⁺, na sva tri lokaliteta

utvrđeno je da nema značajnijeg odstupanja od podataka koje navode Makara & Stráňai (1980) za kanalsku mrežu u okrugu Galanta u Slovačkoj. Osim za ove uzrasne klase, podaci koje daju Baruš i Libosvárský (1983) za Čalovo region (Dunavski basen, Slovačka) i Donji Dnjestar (Ukrajina), slični su sa vrednostima za uzrasnu kategoriju 3⁺ i 4⁺ koje su utvrđene kod jedinki sa lokaliteta Gromiželj.

Međutim, dobijene srednje vrednosti dužinskih (TL i SL) i težinskih parametara po svim uzrasnim kategorijama odstupaju u odnosu na vrednosti koje daje Wilhelm (2003) za populaciju crnke iz reke Ér (basen reke Tise, Rumunija), što se najverovatnije može pripisati različitoj dinamici istraživanja (relativno mali broj jedinki uhvaćen tokom dvadesetdvo godišnjeg uzorkovanja obavljenog između 1973. i 1995. godine), periodima uzorkovanja u toku godine, kao i različitim uslovima staništa i hranidbenim resursima. Takođe, Baruš i Libosvárský (1983) ukazuju na problem definisanja tačne starosti na osnovu krljušti, što takođe može biti jedan od razloga postojanja razlika u utvrđivanju, a potom i poređenju uzrasnih klasa.

5.3. Dužinsko i težinsko rastenje

Analiza dužinskog i težinskog rasteња uzoraka crnke izvršena je na osnovu empirijskih vrednosti totalnih dužina i težina tela jedinki i njihovog uzrasta koji je utvrđen analizom krljušti.

U odnosu na srednje vrednosti totalne dužine tela kod jedinki starosti 2⁺, kao jedinom uzrastu koji se može porediti u sva tri uzorka, najveći apsolutni i relativni priraštaj je kod jedinki sa lokaliteta Gromiželj. U ovom uzorku najveće priraštaje imaju ženke, dok su vrednosti priraštaja za mužjake najveće u uzorku sa lokaliteta Lugomir. Komparacijom podataka dužinskog rasta sa drugih područja za istu uzrasnu klasu, a na osnovu srednjih vrednosti totalnih i standardnih dužina, ustanovljeno je da rast crnke varira između 7,6 mm (sa srednjom vrednosti totalne dužine 63 mm) u reci Ér (Rumunija) (Wilhelm, 2003), do 30,5 mm (srednja vrednost standardne dužine 98,1 mm) u Lesence potoku (region Tapolca, Mađarska) (Weiperth *et al.*, 2009).

Analiza težinskog rasta kod jedinki uzrasne klase 2⁺ u sva tri istraživana uzorka i odvojeno po polu pokazuje da su apsolutni i relativni težinski priraštaji najveći u uzorku

sa lokaliteta Gromiželj. Poredeći literaturne podatke srednjih vrednosti težina po uzrastu, težinski rast takođe pokazuje velika variranja u različitim ekosistemima, od svega 0,7 g težinskog prirasta u uzrastu 2⁺ (srednja vrednost težine 2,27 g) u reci Ér (Rumunija) (Wilhelm, 2003), do čak 16,2 g težinskog prirasta u istom uzrastu (srednja vrednost težine 18,3 g) u okrugu Galanta (Slovačka) (Makara & Stráňai, 1980). Kod jedinki starijeg uzrasta, težinski prirast takođe pokazuje široki opseg variranja.

Ni u jednom uzorku iz Srbije i Bosne i Hercegovine ne postoji statistički značajna razlika između srednjih vrednosti dužina i težina tela kod mužjaka i ženki, niti unutar pojedinih starosnih grupa odvojeno po polovima. Iako unutar uzoraka kod jedinki uzrasta 1⁺ i 2⁺ odvojeno po polovima nisu nađene statistički značajne razlike, mužjaci pokazuju nešto bolji dužinski i težinski rast od ženki u uzorcima sa lokaliteta Lugomir i Bakreni Batar, dok u uzorku sa lokaliteta Gromiželj ženke pokazuju bolji rast od mužjaka. Međusobnim poređenjem uzoraka po uzrasnim klasama, statistički značajna razlika ustanovljena je samo u odnosu na totalnu dužinu kod uzrasne klase 1⁺ između jedinki sa lokaliteta Gromiželj i Bakreni Batar.

Parametri von Bertalanffy-jeve jednačine rasta crnke u melioracionom kanalu u blizini sela Diakovce (okrug Galanta, Slovačka) kod mužjaka imaju sledeće vrednosti: $L_{\infty} = 86$, $k = 0,8675$ i $t_0 = -0,0083$, a kod ženki: $L_{\infty} = 114$, $k = 0,6218$ i $t_0 = 0,01395$ (Makara & Stráňai, 1980). U reci Ér (Rumunija) ove vrednosti crnke su date za standardnu dužinu tela na nivou uzorka: $L_{\infty} = 84,2$, $k = 0,3458$ i $t_0 = -0,1168$ (Wilhelm, 2003). Wilhelm (2003) je, poredeći izmerene podatke sa vrednostima von Bertalanffy-jevog modela, zabeležio da empirijske dužine u prvoj i petoj-šestoj starosnoj grupi prevazilaze vrednosti dobijene na osnovu ovih modela. S obzirom da ribe u prvoj godini brzo rastu, smatra da se uzorci sakupljeni u različitim mesecima tokom godine mogu značajno razlikovati u veličini, a što se tiče uočenih razlika kod starijih jedinki, one mogu biti posledica njihove smanjene reprodukcije. Parametri rasta crnke u Tapolca niziji (okolina Balatona, Mađarska) prema von Bertalanffy-jevom modelu takođe su dati za standardnu dužinu tela: $L_{\infty} = 139,32$, $k = 0,4432$ i $t_0 = 0,44$ (Weiperth *et al.*, 2009), pri čemu su vrednosti koeficijenta rasta (k) i parametra t_0 najpribližniji vrednostima iz uzorka sa lokaliteta Gromiželj ($k = 0,449$ i $t_0 = 0,447$), dok je asimptotska veličina znatno viša, imajući u vidu da se vrednost u uzorku sa Gromiželja odnosi na totalnu dužinu tela ($L_{\infty} = 117,76$). Komparativnim pregledom ovih maksimalnih (asimptotskih)

veličina kojima teže dužine riba uočava se da rast crnke varira, što može da zavisi od fizičko-hemijskih parametara sredine, dostupnosti hrane, gustine populacije, prisutnih predatora itd.

Imajući u vidu da su komparativni podaci o dužinskom i težinskom rastanju riba karakteristični samo za uzorke prikupljene na analiziranim profilima u ispitivanom vremenskom periodu, njihovo poređenje statističkim metodama nije pouzdano, pošto tempo rasta zavisi od niza abiotičkih i biotičkih faktora koji se menjaju u funkciji vremena. Zbog toga ovi podaci imaju informativni karakter i mogu se koristiti samo za relativno poređenje (Krpo-Četković, 2004).

Izračunavanje dužinsko-težinskih odnosa predstavlja važnu analitičku proceduru u biologiji, fiziologiji, ekologiji riba i ribarstvu. Značajno je u određivanju težine i biomase kada je kao pokazatelj kondicije dostupna samo dužina. Takođe, ovaj odnos omogućava poređenje rastenja vrste u različitim regionima (Oscoz *et al.*, 2005). U izučavanju ekologije pojedinih vrsta riba, tempo individualnog rastenja ukazuje na trofički stupanj staništa. Poznavanje odnosa dužine i težine posebno je važno kod procena veličine populacija komercijalno značajnih vrsta riba u cilju njihove racionalne eksploatacije (Alegría Hernández, 1983b).

Literaturni podaci odnosa dužine i težine tela crnke preračunati su i uniformno prikazani u logaritamskoj formi $\log W = \log a + b \log L$. U melioracionom kanalu na jugu Slovačke, dužinsko-težinski odnos izražen je kroz jednačinu: $\log W = - 5,7577 + 3,6193 \log L$ (Makara & Stráňai, 1980), pri čemu je vrednost a konstante (odsečak na y-osi) najpribližnija vrednosti sa lokaliteta Gromiželj, dok je b faktor alometrije isti za uzorak sa lokaliteta Bakreni Batar. U reci Ér u Rumuniji ovaj odnos iznosi: $\log W = - 1,8509 + 3,0603 \log L$ (Wilhelm, 2003), a u pritokama u Tapolca niziji u Mađarskoj je: $\log W = - 2,25181 + 2,8729 \log L$ (Weiperth *et al.*, 2009).

Analiza odnosa dužine i težine crnke na nivou uzoraka sa lokaliteta Lugomir ($\log W = - 4,81 + 2,92 \log L$), Bakreni Batar ($\log W = - 6,21 + 3,62 \log L$) i Gromiželj ($\log W = - 5,82 + 3,46 \log L$) pokazala je da ribe iz sva tri uzorka imaju alometrijski rast, pošto su sve dobijene vrednosti koeficijenta regresije $b \neq 3$. Naime, vrednost faktora alometrije $b = 3$ označava da riba raste izometrijski (pod uslovom da težina ribe ostane konstantna) i da povećanje tela ne dovodi do promena u proporcijama, odnosno do promena u obliku tela. Vrednosti faktora alometrije $b > 3$ evidentirane su kod

uzoraka sa lokaliteta Bakreni Batar i Gromiželj, tako da se može zaključiti da ove populacije imaju pozitivan alometrijski rast, odnosno da postoji veći težinski rast od dužinskog. Iste vrednosti su dobijene i odvojeno po polovima u uzorcima sa ova dva lokaliteta, kao i kod mužjaka iz uzorka sa lokaliteta Lugomir. U uzorku u celini i za ženke sa lokaliteta Lugomir vrednost faktora alometrije je $b < 3$, što je pokazatelj negativnog alometrijskog rasta, odnosno da u funkciji vremena postoji intenzivniji dužinski od težinskog porasta. Međutim, ukoliko se vrednost faktora alometrije posmatra kao aproksimativna ($b \approx 3$), vrednosti ovog faktora za ceo uzorak ($b = 2,9245$) i mužjake ($b = 3,0609$) sa lokaliteta Lugomir ukazuju na izometrijski, podjednak rast riba u dužini i težini tokom vremena.

Dobijene vrednosti faktora alometrije b , koje su utvrđene u odnosu na totalne dužine tela, variraju od 2,619 do 3,684 i u najvećoj meri se podudaraju sa literaturnim podacima. Prema Kux & Libosvárský (1957) i Mišík (1966) iz Slovačke, vrednosti faktora alometrije b su varirale između 2,935 i 3,206, u reci Ér u Rumuniji ova vrednost je iznosila 3,0603 (Wilhelm, 2003), a u Tapolca niziji (u okolini Balatona, Mađarska), gde su za određivanje odnosa dužine i težine korišćene standardne dužine tela, $b = 2,8729$ (Weiperth *et al.*, 2009). Najniža vrednost ovog faktora ($b = 2,1771$), u odnosu na vrednosti standardne dužine, zabeležena je od strane Bíró & Paulovits (1995) pri analizi dužinsko-težinskih odnosa crnke u akumulaciji Kiš – Balaton. Mišík (1966) smatra da se vrednost b odnosi na uslove ishranjenosti populacije riba, a da vrednost iznad 3 ukazuje da su u vodenom ekosistemu trofički uslovi zadovoljavajući za crnku (Wilhelm, 2003). Koeficijenti regresije odnosa dužine i težine razlikuju se zavisno od oblasti, pola i životnog stadijuma i zbog toga mogu poslužiti i kao karakter za diferencijaciju grupa ili subpopulacija u okviru jedne populacije (Alegría Hernández, 1983b).

Na osnovu dužinsko-težinskih odnosa u uzorcima su izračunati Fultonov (kubni) i alometrijski (empirijski) faktori kondicije. Pri analizi Fultonovog faktora kondicije na nivou uzoraka, po polovima, dužinskim klasama i poredenim uzrasnim klasama, utvrđeno je da stanje kondicije jedinki opada sa porastom dužine samo u uzorku i kod ženki sa lokaliteta Lugomir, dok u ostalim slučajevima, Fultonov faktor kondicije raste sa porastom dužine. Kako se Fultonov faktor kondicije bazira na idealnom odnosu dužine i težine, može da posluži kao mera odstupanja svake individue od hipotetički

idealnog primerka. Teorijski, ukoliko je koeficijent regresije b odnosa dužine i težine manji od 3, onda kubni faktor kondicije opada sa porastom dužine (Alegria Hernández, 1983b). S tim u vezi, na nivou uzorka sa lokaliteta Lugomir, veće, odnosno starije jedinke pokazuju slabije stanje kondicije. Kod druga dva analizirana uzorka, veći primerci imaju bolje stanje kondicije. Međutim, poređenjem odnosa dužine tela i Fultonovog faktora kondicije sva tri uzorka crnke po dužinskim klasama za jedinke starosti 1^+ i 2^+ , primećuje se da jedinke sa lokaliteta Lugomir, i pored toga što im faktor kondicije opada u funkciji dužine, kod mlađih jedinki pokazuju najbolje stanje kondicije u odnosu na sva tri analizirana uzorka, a jedinke sa lokaliteta Bakreni Batar najslabije.

U odnosu na istraživane uzorke, vrednosti alometrijskog faktora kondicije uzorka sa lokaliteta Lugomir (za jedinke uzrasta 1^+ , srednja vrednost $C = 2,69E-05$; za jedinke uzrasta 2^+ , $C = 2,66E-05$) najpribližnije su vrednostima koje daje Wilhelm (2003) za jedinke istog ili starijeg uzrasta (za jedinke uzrasta $1-1^+$ srednja vrednost $C = 1,44E-05$, za jedinke uzrasta $2-2^+$ $C = 1,37E-05$, za jedinke uzrasta $6-6^+$ srednja vrednost $C = 1,83E-05$). Prema Wilhelm-u (2003) kondicija crnke značajno se menja sa starošću. Početne vrednosti zabeležene kod jednogodišnjih jedinki smanjuju se kod uzrasnih kategorija koje se razmnožavaju, a zatim se ponovo povećavaju kod starijih uzrasnih grupa koje su manje uključene u reprodukciju.

5.4. Ishrana

Analizom želudačno-crevnog sadržaja ustanovljeno je da je najmanja vrednost indeksa vakuiteta kod uzorka sa lokaliteta Gromiželj ($Iv = 11,1$), odnosno da najveći broj jedinki ovog uzorka ima pune stomake. Nešto veći indeks je kod jedinki sa lokaliteta Lugomir ($Iv = 13,0$), a najveći kod jedinki sa lokaliteta Bakreni Batar ($Iv = 36,4$). Vrednost širine niše je najmanja u uzorku sa lokaliteta Lugomir ($H = 0,31 \pm 0,05$) zbog izrazite dominacije jedne kategorije plena (larve Chironomidae), nešto veća sa Gromiželja ($H = 0,58 \pm 0,09$), a najveća u uzorku sa lokaliteta Bakreni Batar ($H = 0,91 \pm 0,06$).

U odnosu na spektar ishrane, približno ista raznovrsnost plena zabeležena je kod jedinki sa sva tri lokaliteta, pri čemu je plen iz grupa Crustacea i Insecta bio svuda među

najzastupljenijim. Podaci se delom podudaraju sa nalazima Geyer-a (1940) u regionu Balatona u Mađarskoj, koji navodi da u hrani crnke apsolutno dominiraju sitni račići (Amphipoda, Ostracoda, Isopoda, Copepoda), a ostatak čine insekti (Coleoptera, Ephemeroptera, Chironomidae, Odonata) i puževi. Prema podacima o ishrani crnke u Slovačkoj (Libosvárský & Kux, 1958), hranu najviše čine račići iz grupe Cladocera i Ostracoda, dok su račići iz grupe Amphipoda, kao i insekti, manje prisutni. Od insekata, najčešće su zastupljene Diptera i Coleoptera, dok su vrste Ephemeroptera, Odonata i Notonecta mnogo ređe. Ovi autori navode i nalaze Rotatoria, Mollusca i Hirudinea, kao i statoblaste Briozoa.

Kod jedinki koje su imale pun stomak, u odnosu na sve grupe plena, ishrana isključivo od Arthropoda evidentirana je kod pojedinačnih primeraka na svim lokalitetima. U odnosu na vrste plena, beskičmenjaci iz familije Chironomidae predstavljaju najzastupljeniji plen kod izlovljenih jedinki sa lokaliteta Lugomir, dok su znatno manje prisutni *A. aquaticus* i nedeterminisani insekti. Larve komaraca (Tendipedidae = Chironomidae) su uz račiće (*Bosmina*, *Cyclops*), larve Ephemeroptera i sitnih insekata, registrovane i u ishrani crnke u plavnoj zoni Dunava oko Sentandreje (Mađarska) (Jászfalusi, 1950). Larve i lutke komaraca glavna su hrana i u reci Ér u Rumuniji (Wilhelm, 2007), dok sekundarnu hranu čine detritus, Amphipoda, larve Ephemeroptera, jaja invertebrata itd. S druge strane, Guti *et al.* (1991) navode da su larve komaraca (Ceratopogonidae, Chironomidae) iznenađujuće malo prisutne u ishrani crnke na području Ócsa (Mađarska), dok su dominantni insekti, uglavnom larve *Velia* sp., insekti i muve (Muscidae, Diptera), a pronađene su i neke vrste iz grupe Ephemeroptera, larve Odonata, Mollusca i Hydracarina. Od račića, i to sa relativnom učestalošću, registrovani su samo oni iz grupe Ostracoda.

Kod jedinki sa lokaliteta Gromiželj i Bakreni Batar najčešći plen je *A. aquaticus*, a potom *Niphargus* sp. i ostali predstavnici Amphipoda u Bakrenom Bataru, odnosno nedeterminisani insekti u Gromiželju. Prema literaturnim podacima, crevni sadržaj crnke iz Zasavice činio je detritus u kome su bili prisutni članci Copepoda i hete Oligochaeta, kao i Oligochaeta iz porodice Naididae (Kostić *et al.*, 2001). Međutim, ove grupe beskičmenjaka nisu detektovane u crevnom sadržaju iz uzorka sa lokaliteta Bakreni Batar.

Premda su biljke veoma malo i jedino zastupljene u želudačno-crevnom sadržaju jedinki sa lokaliteta Lugomir, biljna komponenta u hrani crнке nije retka pojava (Jászfalusi, 1950; Guti *et al.*, 1991; Wilhelm, 2007). Takođe, iako postoje podaci da se ova vrsta hrani ribljom mlađi (Ladiges & Vogt, 1965) i malom ribom (Harka & Sallai, 2004), u analiziranim uzorcima nije utvrđeno njihovo prisustvo.

Na sva tri lokaliteta ukupno je registrovano 11 komponenti hrane, što predstavlja manje od polovine (26) koliko je identifikovano u reci Ér u Rumuniji (Wilhelm, 2007). Broj komponenti se poklapa sa ukupnim spektrom hrane koji je evidentiran u ovoj reci u letnjem periodu, tokom kojeg je mnogo manja raznovrsnost hrane nego što je to slučaj tokom proleća i jeseni. Isti autor navodi da se ishrana populacija crнке koje žive na različitim područjima znatno razlikuje, a da kvalitativni i kvantitativni sastav hrane određuje distribucija plena u okruženju.

Zbog malog broja uzrasnih klasa crнке na lokalitetima Lugomir i Bakreni Batar, indeks vakuiteta, sastav hrane, prosečan broj komada plena po stomaku predatora i širina niše po uzrasnim klasama urađeni su samo za jedinke iz Gromiželja. Sastav hrane u odnosu na uzrasne klase najraznovrsniji je kod jedinki starosti 1⁺, dok je kod svih uzrasta najčešći plen *A. aquaticus*. I prema literaturnim podacima, raznovrsnija ishrana evidentirana je kod mlađih jedinki (Geyer, 1940; Libosvárský & Kux, 1958), da bi kasnija ishrana bila stabilna sa smanjenim brojem komponenti (Wilhelm, 2007).

U odnosu na prosečan broj komada plena po stomaku predatora, najveća vrednost je zabeležena u uzorku sa lokaliteta Lugomir (7,25), dok su znatno niže i ujednačenije vrednosti zabeležene kod uzorka iz Gromiželja (2,75) i Bakrenog Batara (2,57). Ove vrednosti u korelaciji su sa dobijenim vrednostima za širine trofičke niše.

Poredeći preferenciju crнке za određenu vrstu plena u odnosu na registrovane glavne grupe beskičmenjaka u istraživanim akvatičnim ekosistemima, ustanovljeno je da je za sva tri uzorka preferencija najizraženija u odnosu na grupu Isopoda, a potom i u odnosu na Chironomidae (za uzorak sa lokaliteta Lugomir i Bakreni Batar). Premda Amphipoda nisu procentualno među najzastupljenim grupama u vodi, prisutne su kao plen kod crнке sa lokaliteta Lugomir i Bakreni Batar. S druge strane, iako su beskičmenjaci iz grupe Odonata prisutni na svim lokalitetima, a procentualno veoma zastupljeni na lokalitetima Lugomir i Gromiželj, kao plen sa niskom preferencijom, prisutni su samo u uzorku crнке sa lokaliteta Lugomir.

Na osnovu dostupnosti plena, koja se na sva tri lokaliteta podudara za najveći broj evidentiranih grupa (Chironomidae, Isopoda, Mollusca, Odonata, Heteroptera i Coleoptera), čime se pružaju podjednake mogućnosti za ishranu crnke, kao i na osnovu analize želudačno-crevnog sadržaja kod istraživanih uzoraka, ustanovljeno je da je crnka, kao zoofagna vrsta, oportunistički predator, kao što navodi i Wilhelm (2007). Iako je ustanovljena izrazita dominacija jedne vrste plena (larve Chironomidae) u uzorku sa lokaliteta Lugomir, znatno manje prisustvo ovog plena u uzorku sa lokaliteta Bakreni Batar, pa čak i njegovo odsustvo u uzorku sa Gromiželja, jedan je od pokazatelja da crnka različito koristi raspoložive hranidbene resurse.

5.5. Morfološko-genetička diferencijacija

5.5.1. Morfološka diferencijacija

Morfološka varijabilnost populacija crnke, analizirana metodama tradicionalne morfometrije, bila je predmet svega nekoliko studija (Kux & Libosvárský, 1957; Bănărescu, 1964; Baruš & Libosvárský, 1983). U ovom radu su prvi put korišćene metode geometrijske morfometrije u cilju utvrđivanja potencijalnih međupopulacionih razlika, kao i razlika među polovima unutar vrste. Dobijeni rezultati morfološke varijabilnosti jedinki crnke sa istraživanih lokaliteta (Lugomir, Bakreni Batar i Gromiželj) ukazuju na to da ne postoje statistički značajne razlike u veličini tela među analiziranim populacijama, kao ni između polova, dok su značajne međupopulacione razlike utvrđene u varijabilnosti oblika tela.

Analizirajući morfometrijske i merističke karaktere, Kux & Libosvárský (1957) su utvrdili da se jedinke crnke sa područja Panonske nizije razlikuju od onih sa područja delte Dunava. Naime, jedinke crnke sa područja Panonske nizije odlikuju manje vrednosti najveće širine tela, veće vrednosti dužine glave i prečnika oka i nešto manji broj žbica u grudnom peraju. Na osnovu navedenih razlika, ali i činjenica da jedinke crnke iz Slovačke (Libosvárský & Kux, 1958), kao i one iz jezera Balaton (Geyer, 1940), ne preživljavaju duže od dve godine, dok dužina života jedinki crnke koje naseljavaju deltu Dunava i reku Dnjestar iznosi četiri (Pavlov, 1953), odnosno pet

godina (Makarov, 1936), Kux & Libosvárský (1957) su populacije crnke sa područja delte Dunava i reka Prut i Dnjestar izdvojili kao posebnu podvrstu *U. krameri pavlovi*. Međutim, kasnijim istraživanjima nisu utvrđene razlike na morfološkom nivou između jedinki crnke sa područja Panonske nizije i delte Dunava (Bănărescu, 1964), kao ni između jedinki crnke sa područja Panonske nizije i donjeg toka reke Dnjestar (Baruš & Libosvárský, 1983). Takođe, Baruš & Libosvárský (1983) nisu registrovali razlike u dužini života među analiziranim populacijama, pa je postojanje podvrste *U. krameri pavlovi* osporeno (Bănărescu, 1964; Baruš & Libosvárský, 1983).

Iako Baruš & Libosvárský (1983) ističu da je crnka na području Evrope morfološki stabilna, u ovom radu su dobijene statistički značajne međupopulacione razlike u varijabilnosti oblika tela crnke sa tri različita lokaliteta što ukazuje na suprotan zaključak. Osim što je multivarijantnom analizom varijanse utvrđeno postojanje razlika u obliku tela između analiziranih populacija, kanonijskom diskriminantnom analizom (slika 48) je ustanovljeno da se po prvoj kanonijskoj (CV1) osi jasno razdvaja populacija sa lokaliteta Lugomir, koja se nalazi u slivu Dunava, u odnosu na populacije iz Bakrenog Batar i Gromiželja, koje se nalaze u slivu Save i prostorno su veoma bliske. Vizuelizacijom promena oblika korišćenjem TPS deformacionih dijagrama uočava se da su promene oblika tela jedinki sa lokaliteta Lugomir, sa jedne strane, u odnosu na jedinke sa lokaliteta Bakreni Batar i Gromiželj, sa druge strane, najizraženije u nivou glavenog i trupnog regiona i repne drške, a razlike postoje i u položaju peraja. Dobijeni UPGMA klaster fenogram, konstruisan na osnovu matrice Prokrustovih distanci (slika 49), takođe pokazuje da između populacija crnke sa lokaliteta Bakreni Batar i Gromiželj postoje znatno manje razlike u obliku tela u odnosu na populaciju sa lokaliteta Lugomir.

Primenom tradicionalne morfometrije Kux & Libosvárský (1957) su utvrdili da kod crnke mužjaci u odnosu na ženke imaju duža trbušna peraja, kao i kraće rastojanje između trbušnog i analnog peraja. Pošto su u istom radu registrovane i međupopulacione razlike na morfološkom nivou, što je kasnije revidirano obimnijom studijom (Baruš & Libosvárský, 1983), utvrđeni polni dimorfizam treba uzeti sa rezervom (Wanzenböck, 1995). Rezultati ovog rada, odnosno odsustvo statistički značajnih razlika u veličini i obliku tela između mužjaka i ženki, idu u prilog prethodno rečenom.

Razlike u obliku morfoloških struktura između grupa jedinki, taksona i klada mogu biti posledica različitih faktora, od istorijskih do promena u pogledu razvića, funkcije ili odgovora na različite selektivne pritiske (Zelditch *et al.*, 2004; Barrow & Macleod, 2008). Imajući u vidu činjenicu da analizirane populacije crnke naseljavaju različite tipove staništa, sredinski faktori (uključujući i tip ishrane) svakako bi mogli biti uzrok registrovanim međupopulacionim razlikama u obliku tela crnke. Takođe, multivarijantnom regresijom varijabli oblika na veličinu tela ustanovljen je i statistički značajan udeo (8,32%) alometrije u ukupnoj varijabilnosti oblika tela kod ove vrste. Promene oblika tela uslovljene promenom veličine ogledaju se u promenama oblika trupnog i glavenog regiona, kao i repne drške.

5.5.2. Genetička diferencijacija

Bez obzira na današnju fragmentisanost populacija crnke i na njen status ugroženosti, do sada nisu sprovedena filogeografska istraživanja na preostalim populacijama širom areala vrste. To je upravo razlog što u Banci gena nema deponovanih sekvenci koje bi omogućile opsežnija filogeografska razmatranja i rekonstrukciju filogenetskih odnosa populacija crnke iz Bačke, Mačve i Semberije u odnosu na ostale populacije iz areala vrste. U Banci gena deponovan je samo jedan Cyt b haplotip (419 bp) (Pristupni broj AF060437) sa nepoznatog lokaliteta, koji je upotrebljen pri rekonstrukciji filogenetskih odnosa predstavnika podreda *Esocidei* (López *et al.*, 2000). Značajno je naglasiti da, osim što ne postoje deponovani Cyt b haplotipovi, u Banci gena nisu deponovane ni adekvatne sekvence drugih regiona koje bi se mogle iskoristiti za rekonstrukciju filogenetskih odnosa i filogeografska razmatranja populacija crnke. Sve navedeno ukazuje na činjenicu da crnka, sa aspekta istraživanja genetičkog identiteta, predstavlja zaboravljenu i zapostavljenu vrstu.

Međutim, rezultati sekvencioniranja Cyt b gena na 28 jedinki sa analiziranog područja nedvosmisleno ukazuju na diferencijaciju dunavske populacije (Lugomir; haplotip Da1) i savskih populacija (Bakreni Batar i Gromiželj; haplotip Sa1). Pošto kalibracija molekularnog sata nije rađena za predstavnike reda *Esociformes*, relevantno je pomenuti da su brojni autori (Zardoya & Doadrio, 1999; Machordom & Doadrio,

2001; Dowling *et al.*, 2002; Doadrio & Carmona, 2003; Durand *et al.*, 2003), na osnovu geoloških i fosilnih ostataka, kalibrisali molekularni sat za Cyt b kod ciprinida na 1,0-1,5% divergencije na milion godina. Navedena stopa za ciprinide je svakako u opsegu opšte kalibracije molekularnog sata za mtDNK regione kod riba, koja iznosi 1-2% divergencije na milion godina (Becker *et al.*, 1988; Bernatchez & Dodson, 1991; Smith, 1992; Bermingham *et al.*, 1997). Ako se opšta stopa kalibracije molekularnog sata primeni na utvrđenu genetičku distancu od 0,7% između haplotipova Da1 i Sa1, dolazi se do vremenskog opsega od pre 350 000 do 700 000 godina, u kome su savske i dunavska populacija divergirale. Iz navedenog je evidentno da je do divergencije došlo u periodu srednjeg pleistocena, odnosno u periodu prvih glacijalnih (Günz i Mindel) i interglacijalnih događaja (Günz – Mindel) (Penck & Brückner, 1909; Gibbard & van Kolfschoten, 2004). Iako područje kome pripadaju analizirane populacije crnke nije bilo pod direktnim uticajem glacijacija, indirektno posledice glacijalnih događaja su se odrazile na rečnu mrežu srednjeg toka Dunava. Naime, u toku interglacijacija dolazilo je do otapanja ledene kape na visokim planinama i oslobađanja velike količine vode koja je ispunjavala rečne basene, što se odrazilo i na razvoj terasastih rečnih dolina. Takođe, u ovom periodu javljali su se i intenzivni tektonski pokreti, što je sve rezultovalo značajnim pomeranjima rečnih tokova unutar basena Dunava (Brilly, 2010). Najverovatnije da su navedeni istorijski faktori uticali na divergenciju i nezavisnu evoluciju savskih i dunavske populacije crnke, koja je evidentna na osnovu mtDNK, kao i na osnovu mikrosatelita (slika 51 i 52; tabela 30). Treba imati u vidu da su, prema današnjem izgledu hidrografske mreže, koja je uspostavljena pre oko 5 000 godina (Brilly, 2010), savske i dunavska populacija prostorno udaljene oko 300 km, dok su savske populacije, među kojima nije detektovana diferencijacija na osnovu mtDNK i većine analiza mikrosatelitskih lokusa (slika 51 i 52), međusobno udaljene svega oko 30 km. Savske populacije iz Bakrenog Batara i Gromiželja ustvari predstavljaju ostatke nekadašnje jedinstvene populacije koja je naseljavala plavno područje oko ušća Drine u Savu. Međutim, nakon izgradnje odbrambenih nasipa i sprovođenja intenzivnih meliorativnih radova, koji su započeti početkom XX veka u Mačvi, a potom nastavljeni od pedesetih do osamdesetih godina (Radoš, 1974; Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", 1978, 1982, 1987, 1995), došlo je do fragmentacije prirodnog staništa i fizičkog razdvajanja današnjih populacija. Pošto su navedeni događaji recentnog karaktera, a

izvorna populacija se odlikovala velikom brojnošću (Žarko Vikić, usmeno saopštenje), fragmentacija staništa se još uvek nije značajnije reflektovala na genetički identitet savskih populacija.

Na osnovu analize mikrosatelitskih podataka, nije detektovano odstupanje od HWE-a ni kod jedne od analiziranih populacija, a detektovane su visoke vrednosti uočene heterozigotnosti i bogatstva alela (tabela 29), što ukazuje na visok nivo genetičke varijabilnosti i stabilnost analiziranih populacija. Prikazani rezultati posebno dobijaju na značaju ako se uporede sa dostupnim rezultatima na istim mikrosatelitskim lokusima za po jednu populaciju iz Slovačke i Mađarske (Winkler & Weiss, 2008). Naime, detektovane vrednosti uočene heterozigotnosti za obe populacije su oko 0,70, što je u rangi utvrđenih vrednosti za populacije iz Srbije i Bosne i Hercegovine. Međutim, prema bogatstvu alela za populacije iz Slovačke (Ar 4,88) i Mađarske (Ar 5,38) detektovane su za oko 40% niže vrednosti u odnosu na analizirane populacije u ovoj studiji. Takođe i za dva lokusa je utvrđeno da odstupaju od HWE-a, što nije bio slučaj kod analiziranih populacija iz Srbije i Bosne i Hercegovine. Analizom mikrosatelita evidentno je da su analizirane populacije iz Srbije i Bosne i Hercegovine veoma varijabilne, samoodržive i da se odlikuju boljim parametrima genetičkog diverziteta u odnosu na populacije iz regiona.

5.6. Ekološke karakteristike i morfološko-genetička diferencijacija

Analizom fizičko-hemijskih karakteristika staništa, kao i zajednica biljaka i riba, ustanovljeno je da istraživani lokaliteti predstavljaju tipična staništa koja naseljava ova limnofilna (stagnofilna) vrsta (Geyer, 1940; Ladiges & Vogt, 1965; Vuković & Ivanović, 1971; Botta, 1981; Lelek, 1987; Povž, 1990a; Guti, 1995; Povž, 1995; Wanzenböck & Spindler, 1995; Schiemer, 2000; Kottelat & Freyhof, 2007). Pored toga, empirijske vrednosti osnovnih parametara strukture populacija, kao što su totalne dužine i težine tela i uzrast analiziranih populacija, izuzev najmanjih izmerenih dužina juvenilnih jedinki sa lokaliteta Gromiželj, u skladu su sa literaturnim podacima (Povž, 1995; Wanzenböck, 1995). Premda nisu ustanovljene statistički značajne razlike u totalnim dužinama i težinama svih jedinki između analiziranih populacija, poređenjem dužinskog

rastenja unutar iste uzrasne klase, statistički značajna razlika ustanovljena je u odnosu na totalnu dužinu kod uzrasne klase 1⁺ između jedinki sa lokaliteta Gromiželj i Bakreni Batar, dok u klasi 2⁺ ove razlike nisu ustanovljene. U odnosu na analizu težinskog rasta, nisu konstatovane razlike između težina jedinki među analiziranim populacijama, niti između težina jedinki za uzrasne klase 1⁺ i 2⁺.

S obzirom da uočene razlike u dužinskom i težinskom rastenju nisu statistički značajne (osim kod jedinki uzrasta 1+ u odnosu na dužinu), to ukazuje na nepostojanje međupopulacione morfološke varijabilnosti crnke. Rezultati analize morfološke varijabilnosti populacija crnke primenom geometrijske morfometrije takođe ukazuju na odsustvo statistički značajnih razlika u veličini tela između jedinki analiziranih populacija, kao i između polova, međutim, utvrđeno je postojanje međupopulacione razlike u odnosu na varijabilnost oblika tela.

Promene oblika tela koje se mogu registrovati korišćenjem metoda geometrijske morfometrije predstavljaju varijabilne osobine organizama i odgovore na široki spektar lokalnih selektivnih pritisaka (Scharnweber *et al.*, 2013). Varijacije vezane za dostupnost hrane, kao i drugih resursa u prirodi, vrlo su obimne, tako da su morfološke razlike često praćene i razlikama u stopama rasta, vremenu dostizanja polne zrelosti i strategijama razmnožavanja (Skúlason & Smith, 1995). Na primer, Nikolsky (1963) ukazuje na to da postoji veza između spoljašnjeg oblika tela ribe i vrednosti izračunatog Fultonovog faktora kondicije kod različitih vrsta. Kod riba sa visokim telom, kao što je grgeč, ovaj faktor uvek ima veću vrednost nego kod riba sa izduženim telom, kao što je štika. Morfologija tela može da se razlikuje među populacijama unutar vrste u odnosu na sredinske faktore (Koehl, 1996), s tim da se uobičajeni oblik intraspecijskih razlika u morfologiji tela odnosi na razlike koje su vezane za različita staništa i ishranu (Robinson & Wilson, 1994; Skúlason & Smith, 1995). Tako, različite vrste, kao što su *Gasterosteus aculeatus* (Schluter & McPhail, 1992; Cresko & Baker, 1996; McPhail, 1984), *Perca fluviatilis* (Svanback & Eklov, 2002; Svanback & Eklov, 2003; Olsson & Eklov, 2005) i *Salvelinus alpinus* (Skulason *et al.*, 1989; Malmquist *et al.*, 1992; Alekseyev *et al.*, 2002; Andersson *et al.*, 2005) u slatkovodnim jezerima duž dubinskog gradijenta pokazuju morfološku divergenciju u odnosu na tip hrane. Kod nekih vrsta, kao što su *Carassius carassius* (Bronmark & Miner, 1992), *Lepomis gibbosus* (Januszkiewicz & Robinson, 2007), *P. fluviatilis* (Persson *et al.*, 1996) i *Rutilus rutilus*

(Scharnweber *et al.*, 2013) konstatovane su promene u morfologiji vezane za pritisak predatora.

Promene oblika tela u odnosu na sredinske faktore označavaju se kao resursni polimorfizam i mogu da budu rezultat kako genetičkih razlika (Harris, 1990; Smith, 1993; Smith & Skúlason, 1996; Bernatchez *et al.*, 1999; Losos, 2000; Rundell & Price, 2009; Lundsgaard-Hansen *et al.*, 2013), tako i fenotipske plastičnosti (Meyer, 1987; Walls *et al.*, 1993; Day *et al.*, 1994; Agrawal, 2001). U ovom istraživanju između analiziranih populacija crнке, kao oportunističke vrste, konstatovane su statistički značajne razlike u sastavu plena i obliku tela. Takođe, dobijene vrednosti koeficijenta regresije odnosa dužine i težine ukazuju da je kod svih uzoraka i odvojeno po polovima, prisutan alometrijski rast. Na postojanje promena u proporcijama tela može ukazati i njihovo različito stanje kondicije i izračunate vrednosti Fultonovog (kubnog) i alometrijskog (empirijskog) faktora kondicije. Međutim, da bi se ustanovilo u kom su obimu uočene razlike između individua crнке iz analiziranih populacija rezultat uticaja sredinskih faktora, ili su pak nasledne, potrebno je sprovesti dalja detaljna i ciljana eksperimentalna istraživanja.

Podaci dobijeni korišćenjem molekularnih markera mogu se kombinovati sa ekološkim i morfološkim podacima i na taj način obezbeđuju veoma korisne informacije za očuvanje i upravljanje ugroženim vrstama (Moran, 2002). Iako su u ovom radu podaci dobijeni primenom geometrijske morfometrije korišćeni za rekonstrukciju fenetičkih odnosa između analiziranih populacija, razvoj savremenih pristupa u morfometriji od skoro nalazi adekvatnu primenu i u filogenetskim analizama (Klingenberg & Gidaszewski, 2010; Aguilar-Medrano *et al.*, 2011; Klingenberg & Marugán-Lobón, 2013). Naime, metode geometrijske morfometrije se primenjuju i u filogenetskom kontekstu testiranjem prisustva filogenetskog signala na nivou morfometrijskih podataka, kao i mapiranjem promena oblika morfoloških struktura na filogenetsko stablo konstruisano na osnovu molekularnih podataka. Aguilar-Medrano *et al.* (2011) su analizirali obrasce morfološke evolucije glavenog regiona 24 predstavnika familije Pomacentridae i utvrdili prisustvo jasnog i jakog filogenetskog signala na nivou analizirane morfološke strukture. Ovim analizama se može rekonstruisati istorija evolutivnih promena oblika i veličine morfoloških struktura filogenetski povezanih grupa (Klingenberg & Gidaszewski, 2010). Takođe, na sličan način moguće je pratiti ne

samo evoluciju oblika i veličine, već analizirati i morfološku integraciju, modularnost i alometriju u filogenetskom kontekstu (Klingenberg & Marugán-Lobón, 2013). Međutim, za primenu geometrijske morfometrije u studijama filogenije potreban je veći broj filogenetski povezanih grupa.

Uporednim korišćenjem metoda geometrijske morfometrije i različitih genetičkih markera stečen je uvid u fenetičke i genetičke odnose tri populacije crnke. Takođe, poređenjem rezultata geometrijsko-morfometrijskih i molekularno genetičkih analiza uočava se visok stepen njihove podudarnosti. Na jasno izdvajanje dunavske populacije sa lokaliteta Lugomir u odnosu na savske populacije Bakreni Batar i Gromiželj, koje pokazuju znatno veći stepen međusobne sličnosti i srodnosti, upućuje vizuelno razdvajanje analiziranih populacija po CV1 osi, statističke značajnosti izračunatih Prokrustovih distanci, UPGMA fenogram, analize citohroma b mtDNK i mikrosatelitskih lokusa ("neighbour-joining" neukorenjeno stablo individua i "STRUCTURE" analiza). Uočeni fenetički i genetički odnosi analiziranih populacija crnke najverovatnije su posledica istorijskih, geografskih i ekoloških faktora.

Dosadašnje informacije o ispitivanjima genetičke raznovrsnosti riba u Srbiji postoje za potočnu mrenu *Barbus balcanicus* (Kotlík *et al.*, 2002), potočnu pastrmku *Salmo trutta* (Marić *et al.*, 2006), brkicu *Barbatula barbatula* (Šediva *et al.*, 2008), lipljena *Thymallus thymallus* (Marić *et al.*, 2011), kečigu *Acipenser ruthenus* (Reinartz *et al.*, 2011) i balkanskog vijuna *Sabanejewia balcanica* (Marešová *et al.*, 2011), a studije morfološke varijabilnosti bazirane na upotrebi metoda geometrijske morfometrije samo za crnog američkog somića *Ameiurus melas*, američkog somića *A. nebulosus* (Cvijanović *et al.*, 2012) i crnomorsku haringu *Alosa immaculata* (Višnjčić *et al.*, 2013). Rezultati istraživanja ovog rada predstavljaju doprinos poznavanju ekoloških karakteristika, kao i morfološke i genetičke varijabilnosti populacija crnke u Srbiji i Bosni i Hercegovini i od značaja su za dalja istraživanja ove ugrožene vrste.

5.7. Mere zaštite i očuvanja vrste

U skladu sa strateškim planom Konvencije o biološkoj raznovrsnosti ("Službeni list SRJ - Međunarodni ugovori", br. 11/01), jedan od Aiči ciljeva za period 2011-2020. godine predstavlja poboljšanje statusa biodiverziteta kroz očuvanje raznovrsnosti na svim nivoima (ekosistemski, specijski i genetički diverzitet) (Mijović *et al.*, 2012), pri čemu je poznavanje genetičke raznovrsnosti između i unutar populacija od značaja za očuvanje vrste i konzervaciju genetičkog diverziteta (Marić, 2005; Mijović *et al.*, 2012). Ovakvi podaci od posebnog su značaja za preduzimanje aktivnosti kao što su veštački mrest, translokacije, reintrodukcije i krioprezervacija, s tim da se najkorisnijim za dugoročno očuvanje ugroženih vrsta smatraju obnavljanje staništa i prenošenje vrste na nova područja (Maitland & Lyle, 1992; Maitland, 1995). Cilj preduzimanja ovakvih mera upravljanja jeste povećanje brojnosti populacija i širenje vrste, uz održavanje genetičke raznovrsnosti, čime se povećava verovatnoća njenog preživljavanja (Minckley, 1995).

Međutim, uticaji koji dovode do gubitka staništa, uz globalne klimatske promene, zagađenja, unošenje stranih vrsta itd., ubrzano dovode do promena uslova životne sredine, čime je i opstanak vrsta u malim populacijama neizvestan (Thomas *et al.*, 2004). Na isti način, negativan antropogeni faktor i fragmentisanost prirodnih staništa utiču na opstanak malih i izolovanih populacija crнке, koja je na ovim prostorima u takvom stepenu ugrožena da pripada vrstama koje će bez posebnih mera zaštite ubrzo iščeznuti, što ukazuje na ozbiljnost problema i na neophodnost preduzimanja odgovarajućih aktivnih mera zaštite. Iako crnka na globalnom nivou ima status ranjive vrste – Vulnerable A2c (Freyhof, 2011; Freyhof & Brooks, 2011), na nacionalnom nivou predstavlja krajnje ugrožen takson – CR (Simić *et al.*, 2007a). Rezultati ovih istraživanja, na osnovu IUCN crvene liste kategorija i kriterijuma ugroženosti (IUCN, 2012a), ukazuju da je crnka i dalje u neposrednoj opasnosti od iščezavanja i da treba da zadrži status kritično ugrožene vrste (Critically Endangered) CR B2b(iii, iv,v)c(iv).

Iz prepoznatih ugrožavajućih faktora, IUCN mera zaštite (Mrakovčić *et al.* 2006, Salafsky *et al.*, 2008) i primera dobre prakse iz regiona, kao što su razvijeni lokalni akcioni plan za crnku i program *in situ* i *ex situ* zaštite vrste u Mađarskoj (Müller *et al.*,

2011), njeno razmnožavanje u akvarijumima i manjim barama, kao kontrolisanim prirodnim plodištima u njenom prirodnom okruženju, reintrodukcije/repopulacije u Mađarskoj (Tatár *et al.*, 2012), Moldaviji (Lobčenko *et al.*, 2003, Trombitsky, 2004) Nemačkoj (Bohlen, 1995), Rumuniji (Ionaşcu, 2009), Slovačkoj (Kováč, 1995, 1997; Šipkovský, 1998) i Sloveniji (Povž, 1990a), proizilaze i aktivnosti i mere koje treba preduzeti na nacionalnom nivou. Iako bezuspešno, do sada je u Srbiji od navedenih aktivnosti jedino obavljan mrest crnke u laboratorijskim, akvarijumskim uslovima (Simić *et al.*, 2007b).

Poseban doprinos u preduzimanju svih navedenih aktivnosti pružaju i naučna saznanja i informacije prikupljene na prvoj međunarodnoj radionici posvećenoj zaštiti i očuvanju ove vrste (Mikschi & Wanzenböck, 1995) održanoj u Beču (Austrija) 1995. godine.

In situ i *ex situ* očuvanje vrsta predstavljaju najznačajnije načine očuvanja i unapređenja stanja ugroženih vrsta u skladu sa Konvencijom o biološkoj raznovrsnosti i Zakonom o zaštiti prirode, kao i Strategijom biološke raznovrsnosti Republike Srbije (Radović & Kozomara, 2011). Osim stavljanja područja na kojima se crnka nalazi pod zaštitu, potrebno je preduzeti i posebne mere kako bi se populacije vrste održale u prirodnoj sredini, a koje se primarno odnose na rehabilitaciju i obnovu degradiranih ekosistema i oporavak vrste. Aktivnosti i mere sprovođenja *ex situ* zaštite koje predstavljaju dopunu *in situ* mera, imaju za cilj oporavak i revitalizaciju ove ugrožene vrste i njeno ponovno naseljavanje u prirodna staništa. Ovo je posebno značajno iz razloga što, osim definisanja statusa crnke u Srbiji kao strogo zaštićene vrste ("Službeni glasnik RS", br. 5/10 i 47/11), koja je pod trajnim lovostajem ("Službeni glasnik RS", br. 104/09 i 49/10), i stavljanja pod zaštitu područja Zasavice i Gromiželja, do sada nisu sprovedene konkretnije mere i aktivnosti njenog očuvanja. Na to ukazuju i Simić *et al.* (2007a) koji navode da su zaštićena područja samo grubi okvir za zaštitu vrsta. Takođe, Simić *et al.* (2007b) smatraju da mrest u laboratorijskim, akvarijumskim uslovima primarno ima značaj za opstanak vrste zbog razvijanja tehnika i metodologija razmnožavanja u veštačkim uslovima, koji je od posebnog značaja u slučaju da vrsta potpuno nestane iz prirodnih staništa.

Uz obezbeđivanje podizanja nivoa podzemnih voda, otvaranja brana i ponovnog povezivanja rukavaca i kanala sa većim vodotocima, čime se postiže povezivanje

staništa i populacija i razmena jedinki putem migracija (Wanzenböck, 2004; Akçakaya *et al.*, 2007), sve aktuelnije su translokacije i formiranje pribežišta koja se intenzivno koriste kao sredstva za očuvanje i upravljanje ugroženim vrstama riba sa ciljem formiranja novih populacija (Etheridge *et al.*, 2010). Cilj translokacija je ponovno naseljavanje na mesta koja je vrsta nekada naseljavala ili stvaranje novih staništa i povećanje broja lokaliteta čime bi se smanjila mogućnost njenog eventualnog nestajanja. Efekti translokacija su bolji ukoliko se koriste jedinke proizvedene u akvakulturi, kako u *ex situ* uslovima, tako i u kontrolisanim prirodnim plodištima na samim staništima, u kojima bi se proizvodile jedinke koje bi predstavljale rezervne populacije za naseljavanje novih staništa. Međutim, za sprovođenje ovakvih aktivnosti od primarnog značaja jeste poznavanje genetičke strukture, kako materijala proizvedenog u ovim reprocentrima, tako i poznavanje genetičke strukture svih pojedinačnih populacija u prirodnom okuženju.

Imajući u vidu da je tokom izlova za potrebe izrade doktorske teze utvrđeno prisustvo većeg broja jedinki crnke na lokalitetu Gromiželj u odnosu na druga dva lokaliteta, ovo područje (Gromiželj) predstavlja potencijalni prirodni reprocentar iz koga bi se određeni broj jedinki mogao preneti na druga, pogodna staništa. Rezultati morfometrijskih i genetičkih istraživanja populacija sa lokaliteta Gromiželj i Bakreni Batar, koji su utvrđeni ovim radom, predstavljaju osnovu, kojom bi se, uz dobru strategiju zaštite staništa i održivog upravljanja preostalim populacijama, učinio napredak za njen dugoročniji opstanak na ovim prostorima. Na to upućuju i obaveze koje proističu iz Zakona o zaštiti prirode ("Službeni glasnik RS", br. 36/09, 88/10 i 91/10), prema kojem se premeštanje jedinki crnke u slobodnoj prirodi na teritoriji Republike Srbije može vršiti na osnovu istraživanja i planskih dokumenata. U slučaju da za potrebe očuvanja ove vrste u Srbiji treba izvršiti repopulaciju, koju je moguće realizovati sa jedinkama sa lokaliteta Gromiželj na lokalitet Bakreni Batar, s obzirom na utvrđenu genetičku sličnost i srodnost, ili reintrodukciju na druga područja u okviru savskog basena, neophodno bi bilo prehodno izraditi studiju izvodljivosti kao i studiju procene uticaja na životnu sredinu.

U svakom slučaju, ustanovljena morfološka i genetička diferencijacija dunavske (Lugomir) i savskih populacija crnke (Gromiželj i Bakreni Batar), uz saznanja o ekološkim karakteristikama staništa i vrste, predstavlja direktan doprinos realizaciji ovih

aktivnosti. Pri tome se posebno mora voditi računa da se reintrodukcija/repopulacija jedinki crнке obavlja pod uslovom da se ovim aktivnostima ni na koji način ne ugrožava status populacija iz kojih se uzimaju jedinke, kao i da se poribljavanja obavljaju samo pod uslovom nenarušavanja genetičke strukture autohtonih populacija.

Osim smernica za sprovođenje programa uzgoja jedinki u kontrolisanom okruženju (akvakulturi) i njihovo ponovno uvođenje u prirodna staništa, među najznačajnijim strateškim ciljevima koji bi unapredili sadašnje nepovoljno stanje crнке u Srbiji i Bosni i Hercegovini, uz mere koje treba preduzeti u cilju očuvanja staništa na kojima je prisutna, izdvajaju se uspostavljanje optimalnog vodnog režima i poboljšanje kvaliteta potencijalnih staništa, uklanjanje negativnih uticaja ljudskih aktivnosti i sprečavanje negativnih procesa sukcesije, definisanje upravljačkih, interventnih i sanacionih mera na samim staništima, praćenje stanja vrste i staništa, međunarodna saradnja na zaštiti vrste, podizanje svesti i aktivno učešće javnosti i svih zainteresovanih strana u zaštiti vrste itd. Sadašnje prisustvo crнке na tri istraživana lokaliteta u Srbiji i Bosni i Hercegovini, koja se nalaze izvan granica areala koje daju Kottelat i Freyhof (2007), dopunjava sliku o njenom rasprostranjenju u Evropi i sugerije na mogućnost postojanja dodatnih populacija, što sveukupno predstavlja perspektivu za očuvanje ove vrste i njen povratak na nekadašnja staništa.

6. ZAKLJUČCI

Sadašnje prisustvo crnke na dva lokaliteta u Srbiji (Bakreni Batar i Lugomir) i jednom lokalitetu u Bosni i Hercegovini (Gromiželj), čije su populacije analizirane u ovom radu, dopunjava sliku o njenom rasprostranjenju u Evropi jer se nalaze izvan postojećih granica areala koji se navodi u savremenoj literaturi i sugerise na mogućnost postojanja dodatnih populacija. Na to upućuje i populacija u kanalima na lokalitetu Lugomir u blizini Bačkog Monoštora, koja predstavlja novi nalaz crnke za teritoriju Srbije.

Na osnovu fizičko-hemijskih karakteristika staništa, zajednica biljaka i riba, može se reći da sva tri istraživana lokaliteta predstavljaju tipična staništa crnke u okviru njenog rasprostranjenja.

Analiza strukture populacija je pokazala da su na svim istraživanim lokalitetima srednje vrednosti dužinskih (TL i SL) i težinskih parametara kod najfrekventnijih uzrasnih klasa (1^+ i 2^+) prilično ujednačene.

Totalne dužine tela uzoraka sa lokaliteta Lugomir i Bakreni Batar su približne i kreću se od 53,3 do 82,4 mm, odnosno od 60,1 do 83,2 mm, dok se u uzorku sa lokaliteta Gromiželj kreću u znatno širem dijapazonu, od 24,3 do 102,9 mm.

Najmanja zabeležena dužina od 24,3 mm kod jedinke sa lokaliteta Gromiželj predstavlja ujedno i najmanju dužinu crnke u odnosu na vrednosti koje se pominju u literaturi.

Izmerene težine tela uzoraka sa lokaliteta Lugomir i Bakreni Bakar takođe su približne i kreću se od 1,5 do 6,6 g, dok su u uzorku sa lokaliteta Gromiželj izmerene najmanje i najveće vrednosti težine, koje se kreću od 0,1 do 16,4 g.

U svim uzorcima dominiraju jedinke mlađih uzrasnih kategorija (1^+ i 2^+), s tim da su na Gromiželju detektovane i juvenilne jedinke (0^+), kao i jedinke starijih (3^+ i 4^+) uzrasnih kategorija. Razlog za detekciju većeg broja uzrasnih kategorija na Gromiželju

mogao bi se objasniti time što jedino ovaj lokalitet pripada barskom tipu staništa koje se odlikuje znatno raznovrsnijim biološkim potencijalom i većom očuvanošću u odnosu na druga dva lokaliteta koja su degradirana i izloženi antropogenom pritisku.

U odnosu na polnu strukturu, u uzorcima iz Lugomira i Bakrenog Batara dominiraju mužjaci i to u obe uzrasne klase, dok u uzorku iz Gromiželja dominiraju ženke.

Analiza dužinskog i težinskog rasta pokazuje da je, u odnosu na srednje vrednosti totalne dužine tela i težine tela kod jedinki starosti 2^+ , kao jedinom uzrastu koji se može porediti u sva tri uzorka, najveći apsolutni i relativni priraštaj kod jedinki sa lokaliteta Gromiželj..

Na osnovu poređenja parametara rasta prema modelu von Bertalanffy-ja za uzorak sa Gromiželja ($L_{\infty} = 117,76$, $K = 0,449$, $t_0 = 0,447$) sa literaturnim podacima, može se zaključiti da rast crнке varira i da zavisi od više faktora, kao što su fizičko-hemijski parametri sredine, dostupnost hrane, gustina populacija, prisutni predatori itd.

Vrednosti koeficijenta regresije, tj. faktora alometrije b odnosa totalne dužine i težine tela variraju u opsegu od 2,6 do 3,7 i ukazuju da ribe iz sva tri uzorka imaju alometrijski rast. Za uzorke sa lokaliteta Bakreni Batar i Gromiželj, kao i po polovima, faktor alometrije b je veći od 3, indikator je pozitivne alometrije i ukazuje na veći težinski porast u funkciji vremena od dužinskog porasta. Za uzorak sa lokaliteta Lugomir vrednost koeficijenta regresije je veća od 3 samo kod mužjaka, dok za uzorak u celini i za ženke sa ovog lokaliteta, koeficijent b ima manju vrednost od 3.

Opadajuće vrednosti Fultonovog (kubnog) faktora kondicije u odnosu na dužinu tela registrovane su samo kod ženki i na nivou uzorka sa lokaliteta Lugomir, dok u ostalim slučajevima Fultonov faktor kondicije raste sa porastom dužine. Rastuća vrednost ovog faktora najizraženija je na lokalitetu Gromiželj, kako na nivou uzorka, tako i odvojeno po polovima i pokazatelj je da su starije jedinke u boljem stanju kondicije u odnosu na juvenilne.

Najmanja vrednost indeksa vakuiteta registrovana je u uzorku sa lokaliteta Gromiželj, a najveća kod jedinki sa lokaliteta Bakreni Batar. Na sva tri lokaliteta ukupno je registrovano 11 komponenti hrane, a u odnosu na spektar ishrane, plen iz grupa Crustacea i Insecta bio je među najzastupljenijim. Zbog izrazite dominacije jedne

kategorije plena (larve Chironomidae) vrednost širine niše je najmanja u uzorku sa lokaliteta Lugomir, a najveća u uzorku sa lokaliteta Bakreni Batar. Najčešći plen kod jedinki iz Gromiželja i Bakrenog Batara je *Asellus aquaticus* (Isopoda). U odnosu na prosečan broj komada plena po stomaku predatora, najveći broj je u uzorku sa lokaliteta Lugomir (7,25), dok je znatno niži i ujednačen za uzorke iz Gromiželja (2,75) i Bakrenog Batara (2,57). Ove vrednosti podudaraju se sa dobijenim vrednostima za širine trofičke niše.

Poredeći preferenciju crnke za određenu vrstu plena u odnosu na registrovane glavne grupe beskičmenjaka u istraživanim akvatičnim ekosistemima, ustanovljeno je da je za sva tri uzorka ona najizraženija u odnosu na grupu Isopoda, a potom i u odnosu na Chironomidae. Na osnovu dostupnosti plena, kao i na osnovu analize želudačno-crevnog sadržaja kod istraživanih uzoraka, ustanovljeno je da je crnka, kao zoofagna vrsta, oportunistički predator koji različito koristi raspoložive hranidbene resurse.

Metodama geometrijske morfometrije prvi put je kod crnke analizirana varijabilnost veličine i oblika spoljašnje morfologije pri čemu je ustanovljeno da ne postoje statistički značajne razlike u veličini tela među analiziranim populacijama, kao ni između polova, dok su značajne međupopulacione razlike utvrđene u varijabilnosti oblika tela. Dunavska populacija sa lokaliteta Lugomir se razdvaja u odnosu na prostorno veoma bliske savske populacije sa lokaliteta Bakreni Batar i Gromiželj, koje pokazuju znatno veći stepen međusobne sličnosti. Pošto analizirane populacije crnke naseljavaju različite tipove staništa, sredinski uticaji (uključujući i tip ishrane) bi uz genetičke faktore mogli biti uzrok registrovanim međupopulacionim razlikama u obliku tela crnke. Takođe, utvrđeno je da postoji statistički značajan efekat veličine na promene oblika tela crnke, pri čemu alometrija opisuje 8,32% ukupne varijabilnosti oblika.

Genetička raznovrsnost analiziranih populacija utvrđena je korišćenjem mitohondrijalne i mikrosatelitske DNK. Sekvenciranjem Cyt b gena mtDNK detektovan je haplotip Da1 kod analiziranih jedinki sa lokaliteta Lugomir, dok je haplotip Sa1 prisutan kod jedinki sa lokaliteta Bakreni Batar i Gromiželj čije populacije predstavljaju ostatke nekadašnje jedinstvene populacije koja je naseljavala plavno područje oko ušća Drine u Savu. Na visok nivo genetičke varijabilnosti i stabilnost analiziranih populacija

upućuje analiza mikrosatelitskih podataka, kojom nije detektovano odstupanje od Hardy-Vajnbergove ravnoteže ni kod jedne od analiziranih populacija, kao i detektovane visoke vrednosti uočene heterozigotnosti i bogatstva alela.

Poređenjem rezultata dobijenih korišćenjem metoda geometrijske morfometrije i različitih genetičkih markera uočen je visok stepen njihove podudarnosti. Uočeni fenetički i genetički odnosi analiziranih populacija crnke najverovatnije su posledica istorijskih, geografskih i ekoloških faktora.

Rezultati ove disertacije predstavljaju doprinos poznavanju ekoloških karakteristika, morfološke i genetičke varijabilnosti populacija crnke u Srbiji i Bosni i Hercegovini i od značaja su za dalja istraživanja ove vrste. Takođe, obezbeđuju veoma korisne informacije za očuvanje i upravljanje vrstom. Naime, u skladu sa nacionalnom legislativom, uz donošenje odgovarajućih planskih dokumenata, saznanja do kojih se došlo predstavljaju osnovu za aktivnosti kao što su repopulacija, reintrodukcija i akvakultura crnke u *ex situ* uslovima i u kontrolisanim prirodnim plodištima na samim staništima. Koliko je važno i urgentno preduzeti mere i aktivnosti za oporavak i revitalizaciju vrste i njenih staništa vidi se iz rezultata koji ukazuju na smanjenje areala rasprostranjenja, broja nalazišta i broja polno zrelih jedinki, kao i na narušenost staništa. Na osnovu IUCN crvene liste kategorija i kriterijuma ugroženosti i navedenih parametara, crnka je na ovim prostorima i dalje u neposrednoj opasnosti od iščezavanja i treba da zadrži status kritično ugrožene vrste (Critically Endangered) CR B2b(iii, iv,v)c(iv).

7. LITERATURA

- Akçakaya, H. R., Mills, G. & Doncaster, C. P. (2007). The Role of Metapopulations in Conservation. *In: Macdonald D. W. & Service, K. (eds.), Key Topics in Conservation Biology Chapter 5*, Oxford, UK, Blackwell Publishing: 64-84.
- Adams, D. C., Rohlf, F. J. & Slice, D. E. (2004). Geometric morphometrics: ten years of progress following the "revolution". *Italian Journal of Zoology*, 71: 5-16.
- Agrawal, A. A. (2001). Phenotypic plasticity in the interactions and evolution of species. *Science*, 294(5541): 321-326.
- Aguilar-Medrano, R., Frédérick, B., de Luna, E. & Balart, E. F. (2011). Patterns of morphological evolution of the cephalic region in damselfishes (Perciformes: Pomacentridae) of the Eastern Pacific. *Biological Journal of the Linnean Society*, 102: 593-613.
- Alegría Hernández, V. (1983a). A comparison of length-weight relationship in sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) from the northern and central Adriatic fishing grounds. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 28(5): 25-26.
- Alegría Hernández, V. (1983b). Length-weight relationship in sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) from the eastern Adriatic during spawning. *Acta Adriat.* 24(1/2): 43-53.
- Alekseyev, S. S., Samusenok, V. P., Matveev, A. N., Pichugin, M. Y. (2002). Diversification, sympatric speciation, and trophic polymorphism of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* complex, in Transbaikalia. *Environmental Biology of Fishes*, 64(1-3): 97-114.
- Andersson, J., Byström, P., Persson, L. & de Roos, A. M. (2005). *Biological Journal of the Linnean Society*, 85: 341-351.
- Andrejev, N. (1998). Mostongine bare u slivu severne Mostonge. *In: Lazić, V. (ed.), II Monografija Mostonga i vode Zapadne Bačke. Pčesa '98, edicija TIJA VODA. Kulturno-istorijsko društvo "Proleće na čenejskim salašima" - Pčesa, Novi Sad: 98-102.*
- Anonimus (2008). Stručna osnova za proglašenje posebnog rezervata prirode "Gromiželj". Zavod za zaštitu kulturno - istorijskog i prirodnog nasljeđa Republike Srpske.
- Anonimus (2011). Lokalni ekološki akcioni plan Šapca. Knjiga II: Akcioni planovi. Šabac.

- Arnold, A. (1990). Eingebürgerte Fischarten. Zur Biologie und Verbreitung allochthoner Wildfische in Europa. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt: 127-133.
- Bagenal, T. B. & Tesch, F. W. (1978). Age and growth. *In*: Bagenal (ed.), *Methods for Assessment of Fish Production in Freshwaters*, 3rd edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London: 101-136.
- Bajić, A. & Stanković, M. (2007). Novi rezultati u istraživanju diverziteta ihtiofaune specijalnog rezervata prirode Zasavica. Zbornik, Naučno-stručni skup Zasavica 2007 sa međunarodnim učešćem, Sremska Mitrovica: 171-176.
- Balon, E. K. (1967). *Ryby Slovenska*. Obzor, Bratislava: 420 pp.
- Bănărescu, P. (1964). Fauna Republicii Populare Romîne. Pisces-Osteichthyes. Editura Academiei Republicii Populare Romîne, Bucuresti: 959 pp.
- Bănărescu, P. M., Otel, V. & Wilhelm, A. (1995). The present status of *Umbra krameri* Walbaum in Romania. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 97B: 496-501.
- Banks, R. C., McDiarmid, R. W., Gardner, A. L., & Starnes, W. C. (2003). Checklist of Vertebrates of the United States, the U.S. Territories and Canada.
- Barrow, E. & MacLeod, N. (2008). Shape variation in the mole dentary (Talpidae: Mammalia). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 153: 187-211.
- Baruš, V. & Libosvářský, J. (1983). *Umbra krameri* (Umbridae, Pisces), a revisional note. *Folia Zoologica*, 32(4): 355-364.
- Becker, I. I., Grant, W. S., Kirby, R. & Robb, F. T. (1988). Evolutionary divergence between sympatric species of southern African Hakes, *Merluccius capensis* and *M. paradoxus*. II. Restriction enzyme analysis of mitochondrial DNA. *Heredity*, 61: 21-30.
- Beebe, T. J. C. & Rowe, G. (2004). *An introduction to molecular ecology*. Oxford University Press, Oxford, 346 pp.
- Belkhir, K., Borsa, P., Chikhi, L., Raufaste, N. & Bonhomme, F. (1996-2004). GENETIX 4.04, Logiciel sous Windows TM Pour la Genetique des Populations. Laboratoire Genome, Populations, Interactions, CNRS UMR 5000, Universite de Montpellier II, Montpellier, France.
- Berg, L. S. (1948). *Freshwater Fishes of the USSR and adjacent countries*. Acad. Nauk SSSR Zool. Inst., 1: 493 pp.
- Bermingham, E., McCafferty, S. S. & Martin, A. P. (1997). Fish biogeography and molecular clocks: perspectives from the Panamanian isthmus. *In*: Kocher, T. D. & Stepien, C. A. (eds.), *Molecular systematics of fishes*. San Diego, Academic Press: 113-126.
- Bernatchez, L., Chouinard, A. & Lu, G. (1999). Integrating molecular genetics and ecology in studies of adaptive radiation: whitefish, *Coregonus* sp., as a case study. *Biological Journal of the Linnean Society*, 68: 173-194.

- Bernatchez, L. & Dodson, J. J. (1991). Phylogeographic structure in mitochondrial DNA of the lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) and its relation to Pleistocene glaciations. *Evolution*, 45, 1016-1035.
- Bíró, P. & Paulovits, G. (1995). Distribution and status of *Umbra krameri* Walbaum, 1792, in the drainage of Lake Balaton, Hungary. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 97B: 470-477.
- Bohlen, J. (1995). Laboratory studies on the reproduction of the European mudminnow, *Umbra krameri* Walbaum, 1792. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 97B: 502-507.
- Bookstein, F. L. (1991). Morphometric tools for landmarks data. *Geometry and biology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Bookstein, F. L. (1996). A standard formula for the uniform shape component in landmark data. *In*: Marcus, L. F., Corti, M., Loy, A., Naylor, G. & Slice, D. (eds.), *Advances in morphometrics*. Plenum Press, New York: 153-168.
- Botta, I. (1981). Adatok a lápi póc (*Umbra krameri* Wallbaum) szaporodásbiológiájához. *Halászat* 27: 44-46.
- Bouchard, R. W., Jr. (2004). Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN, 208 pp.
- Bowcock, A. M., Ruiz-Linares, A., Tomfohrde, J., Minch, E., Kidd, J. R. & Cavalli-Sforza, L. L. (1994). High resolution of human evolutionary trees with polymorphic microsatellites. *Nature*, 368: 455-457.
- Branković, D., Budakov, Lj., Kovačev, N., Mijović, D., Mikeš, B., Pavkov, G., Puzović, S., Sekulić, N., Stojšić, V., Habijan-Mikeš, V., Mučenski, V., Garovnikov, B. & Stanković, M. (1996). Elaborat - Predlog za zaštitu prirodnog dobra "Zasavica" kao Specijalnog rezervata prirode. Zavod za zaštitu prirode Srbije, Novi Sad.
- Brilly, M. (2010). Hydrological Processes of the Danube River Basin Perspectives from the Danubian Countries, XIV, 436 pp.
- Bronmark, C. & Miner, J. G (1992). Predator-induced phenotypical change in body morphology in Crucian carp. *Science*, 258(5086): 1348-1350.
- Brown, W. M., Prager, E. M., Wang, A. & Wilson, A. C. (1982). Mitochondrial DNA sequences of primates: tempo and mode of evolution. *Journal of Molecular Evolution*, 18: 225-239.
- Bruford, M. W., Ciofi, C. & Funk, S. M. (1998). Characteristics of Microsatellites. *In*: Karp, A. Isaac, P. G. & Ingram, D. S. (eds.), *Molecular Tools for Screening Biodiversity*. Chapman & Hall, London: 202-205.
- Caballero, A. & Toro, M. A. (2002). Analysis of genetic diversity for the management of conserved subdivided populations. *Conserv. Genet.*, 3: 289-299.
- Cabral, H. N. (2000). Comparative feeding ecology of sympatric *Solea solea* and *S. senegalensis*, within the nursery areas of the Tagus estuary, Portugal. *Journal of Fish Biology* 57: 1550-1562.

- Cadrin, S. X. (2000). Advances in morphometric identification of fishery stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 10: 91-112.
- Cakić, P. & Hristić, Đ. (1987). Ihtiofauna Pančevačkog Risa sa posebnim osvrtom na alohtone vrste riba. *Glasnik prirodnjačkog muzeja u Beogradu*, 42: 103-118.
- Cavalcanti, M. J. (2004). Geometric morphometric analysis of head shape variation in four species of hammerhead sharks (Carcharhiniformes: Sphyrnidae), *Morphometrics - Applications in Biology and Paleontology*. Springer-Verlag: 97-113.
- Cavalcanti, M. J., Monteiro, L. R. & Lopes, R. D. (1999). Landmark-based morphometric analysis in selected species of serranid fishes (Perciformes: Teleostei). *Zoological Studies*, 38: 287-294.
- Clifford, H. F. (1991). *Aquatic Invertebrates of Alberta*. University of Alberta, Canada, 550 pp.
- Collyer, M. L., Stockwell, C. A., Adams, D. C. & Reiser, M. H. (2007). Phenotypic plasticity and contemporary evolution in introduced populations: evidence from translocated populations of white sands pupfish (*Cyprinodon tularosa*). *Ecological Research*, 22: 902-910.
- Coltman, D. W. & Slate, J. (2011). Microsatellite measures of inbreeding: A meta-analysis. *Evolution*, 57(5): 971-983.
- Cooper, W. J., Parsons, K., McIntyre, A., Kern, B., McGee-Moore, A. & Albertson, R. C. (2010). Benthic-pelagic divergence of cichlid feeding architecture was prodigious and consistent during multiple adaptive radiations within African rift-lakes. *PloS One*, 5: e9551.
- Corti, M. & Crosetti, D. (1996). Geographic variation in the grey mullet: a geometric morphometric analysis using partial warp scores. *Journal of Fish Biology*, 48: 255-269.
- Costa, C. & Cataudella, S. (2007). Relationship between shape and trophic ecology of selected species of Sparids of the Caprolace coastal lagoon (Central Tyrrhenian sea). *Environmental Biology of Fishes*, 78: 115-123.
- Council Directive 92/43/EEC on the Conservation of natural habitats and of wild fauna and flora (Habitats Directive).
- Cresko, W. A. & Baker, J. A. (1996). Two morphotypes of lacustrine threespine stickleback, *Gasterosteus aculeatus*, in Benka Lake, Alaska. *Environmental Biology of Fishes*, 45(4): 343-350.
- Crivelli, A., Poizat, G., Berrebi, P., Jesensek, D. & Rubin, J. F. (2000). Conservation biology applied to fish: The example of a project for rehabilitating the marble trout (*Salmo marmoratus*) in Slovenia. *Cybium*, (3): 211-230.
- Cunningham, W. P., Cunningham, M. A. & Woodworth Saigo, B. (2003). *Environmental science: a global concern*. 7th Ed. McGraw Hill, Boston, 646 pp.
- Cvijanović, G., Cvijanović, M., Jarić, I. & Lenhardt, M. (2012). Use of shape analysis in the investigation of disputable meristic characters for *Ameiurus melas*

- (Rafinesque, 1820) and *Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819). *Journal of Applied Ichthyology*, 28: 617-622.
- Cvijanović, M. & Miljanović, B. (2007). Uticaj dabrove brane na kvalitet vode u reci Zasavici. Zbornik Naučno-stručni skup "Zasavica 2007" sa međunarodnim učešćem. Pokret gorana Sremska Mitrovica, Prirodno-matematički fakultet - Departman za biologiju i ekologiju, Univerzitet u Novom Sadu, Zavod za zaštitu prirode Srbije, Sremska Mitrovica: 1-6.
- Ćirović, D., Stamenković, S. & Bjedov, V. (2004). Naseljavanje evropskog dabra (*Castor fiber* L. 1758) na području SRP Zasavica. I simpozijum ekologa Republike Crne Gore, Tivat, Crna Gora, Book of Abstracts: 76.
- Day, T., Pritchard, J. & Schluter, D. (1994). A comparison of two sticklebacks. *Evolution*, 48(5): 1723-1734.
- Dedić, M. & Božić, Đ. (1998). Režim voda područja omeđenog Dunavom i Mostongom. In: Lazić, V. (ed.), II Monografija Mostonga i vode Zapadne Bačke. Pčesa '98, edicija TIJA VODA. Kulturno-istorijsko društvo "Proleće na čenejskim salašima" - Pčesa, Novi Sad: 23-32.
- Di Rienzo, A., Donnelly, P., Toomajian, C., Sisk, B., Hill, A., Petzl-Erler, M. L., Haines G. K. & Barch, D. H. (1998). Heterogeneity of microsatellite mutations within and between loci, and implications for human demographic histories. *Genetics*, 148(3): 1269-1284.
- Doadrio, I. & Carmona, J. A. (2003). Testing freshwater Lago Mare dispersal theory on the phylogeny relationships of Iberian cyprinid genera *Chondrostoma* and *Squalius* (Cypriniformes, Cyprinidae) *Graellsia*, 59(2-3): 457-473.
- Dornburg, A., Sidlauskas, B., Santini, F., Sorenson, L., Near, T. J. & Alfaro, M. E. (2011). The influence of an innovative locomotor strategy on the phenotypic diversification of triggerfish (family: Balistidae). *Evolution*, 65: 1912-1926.
- Douglas, M. E., Douglas, M. R., Lynch, J. M. & McElroy, D. M. (2001). Use of geometric morphometrics to differentiate *Gila* (Cyprinidae) within the upper Colorado River basin. *Copeia*: 389-400.
- Dowling, T. E., Tibbets, C. A., Minckley, W. L. & Smith, G. R. (2002). Evolutionary relationships of the plagopterins (Teleostei: Cyprinidae) from cytochrome b sequences. *Copeia*, 3: 655-678.
- Dryden, I. L. & Mardia, K. V. (1998). *Statistical shape analysis*. John Wiley and Sons, New York.
- Dukić, D. (1998). *Klimatologija*. Beograd.
- Durand, J. D., Bianco, P. G., Laroche, J. & Gilles, A. (2003). Insight into the origin of endemic Mediterranean ichthyofauna - Phylogeography of *Chondrostoma* genus (Teleostean, Cyprinidae). *Journal of Heredity*, 94(4): 315-328.
- Dikanović, V., Paunović, M., Nikolić, V., Simonović, P. & Cakić, P. (2012). Parasitofauna of freshwater fishes in the Serbian open waters: a checklist of parasites of freshwater fishes in Serbian open waters. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22 (1): 297-324.

- Edgington, E. S. (1995). Randomization tests. Marcel Dekker, New York.
- Ellegren, H. (2004). Microsatellites: Simple sequences with complex evolution. *Nature Reviews Genetics*, 5 (6): 435-445.
- Elmer, K. R., Kusche, H., Lehtonen, T. K. & Meyer, A. (2010). Local variation and parallel evolution: morphological and genetic diversity across a species complex of neotropical crater lake cichlid fishes. *Phil. Trans. R. Soc. B* 365: 1763-1782.
- Eschmeyer, W. N. (1998). Catalog of Fishes. Special Publication of the Center for Biodiversity Research and Information, California Academy of Sciences, San Francisco, 1 (1-3): 2905 pp.
- Evanno, G., Regnaut, S. & Goudet, J. (2005). Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Molecular Ecology* 14: 2611-2620.
- Frédérich, B., Adriaens, D. & Vandewalle, P. (2008a). Ontogenetic shape changes in Pomacentridae (Teleostei, Perciformes) and their relationships with feeding strategies: a geometric morphometric approach. *Biological Journal of the Linnean Society*, 95: 92-105.
- Frédérich, B., Colleye, O., Lepoint, G. & Lecchini, D. (2012). Mismatch between shape changes and ecological shifts during the post-settlement growth of the surgeonfish, *Acanthurus triostegus*. *Frontiers in Zoology*, 9: 8.
- Frédérich, B., Pilet, A., Parmentier, E. & Vandewalle, P. (2008b). Comparative trophic morphology in eight species of damselfishes (Pomacentridae). *Journal of Morphology*, 269: 175-188.
- Frédérich, B. & Sheets, H. D. (2010). Evolution of ontogenetic allometry shaping giant species: a case study from the damselfish genus *Dascyllus* (Pomacentridae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 99: 99-117.
- Frédérich, B. & Vandewalle, P. (2011). Bipartite life cycle of coral reef fishes promotes increasing shape disparity of the head skeleton during ontogeny: an example from damselfishes (Pomacentridae). *BMC Evolutionary Biology*, 11: 82.
- Freyhof, J. & Brooks, E. (2011). European Red List of Freshwater Fishes. Luxembourg, Publications Office of the European Union.
- García-Rodríguez, F. J., García-Gasca, S. A., De La Cruz-Agüero, J. & Cota-Gómez, V. M. (2011). A study of the population structure of the Pacific sardine *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842) in Mexico based on morphometric and genetic analyses. *Fisheries Research*, 107: 169-176.
- Garms, H. & Borm, L. (1981). Fauna Evrope. Mladinska knjiga, Ljubljana: 287.
- Gaudant, J. (2012). An attempt at the palaeontological history of the European mudminnows (Pisces, Teleostei, Umbridae). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*, 263: 93-109.
- Geyer, F. (1940). Der ungarische Hundsfisch (*Umbra lacustris* Grossinger). *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere*, 36: 745-811.

- Gibbard, P. & van Kolfschoten, T. (2004). The Pleistocene and Holocene epochs. *In*: Gradstein, F. M., Ogg, J. G. & Smith, A. G. (eds.), A Geologic Time Scale. Cambridge University Press, Cambridge: 441–452.
- Glenn, T. C. (1995). Microsatellite manual, Version 6, Unpublished manuscript, FTP: onyx.si.edu/protocols/msatmanV#rtf.
- Goldstein, D. B. & Pollock, D. D. (1997). Launching microsatellites: A review of mutation processes and methods of phylogenetic inference. *The Journal of Heredity*, 88: 335-342.
- Goldstein, D. B. & Schlötterer, C. (1999). *Microsatellites: Evolution and Applications*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Good, P. (1994). *Permutation test: a practical guide to resampling methods for testing hypotheses*. Springer-Verlag, New York.
- Graham, J. B. (1997). *Air-Breathing Fishes: Evolution, Diversity and Adaptation*. Academic Press, San Diego: xi + 299 pp.
- Gray, M. W., Burger, G. & Lang, B. F. (1999). Mitochondrial evolution. *Science*, 283: 1476-1481.
- Gray, S. M., Robinson, B. W. & Parsons, K. J. (2005). Testing alternative explanations of character shifts against ecological character displacement in brook sticklebacks (*Culaea inconstans*) that coexist with ninespine sticklebacks (*Pungitius pungitius*). *Oecologia*, 146: 25-35.
- Greenhalgh, M. (1999). *Freshwater fish*. Mitchell Beazley, Octopus Publishing Group Ltd.: 46-47.
- Guti, G., Andrikovics, S. & Bíró, P. (1991). Nahrung von Hecht (*Esox lucius*), Hundfisch (*Umbra krameri*), Karausche (*Carassius carassius*), Zwergwells (*Ictalurus nebulosus*) und Sonnenbarsch (*Lepomis gibbosus*) im Ócsa-Feuchtgebiet, Ungarn. *Fischökologie*, 4: 45-66.
- Guti, G. (1995). Ecological impacts of the Gabčíkova River Barrage System with special reference to *Umbra krameri* Walbaum, 1792, in the Szigetköz floodplain. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* 97B: 466-496.
- Gyllensten, U., Wharton, D., Josefsson, A. & Wilson, A. C. (1991). Paternal inheritance of mitochondrial DNA in mice. *Nature*, 352: 255-257.
- Harka, Á. & Sallai, Z. (2004). Magyarország halfaunája. Képes határozó és elterjedési tájékoztató. *Nimfea Természetvédelmi Egyesület, Szarvas*: 176-177.
- Harris, R. N., Semlitsch, R. D., Wilbur, H. M. & Fauth, J. E. (1990). Local variation in the genetic basis of paedomorphosis in the salamander *Ambystoma talpoideum*. *Evolution*, 44: 1588-1603.
- Harrison, R. G. (1989). Animal mitochondrial DNA as a genetic marker in population and evolutionary biology. *Trends in Ecology and Evolution*, 4: 6-11.
- Hayden, B., Pulcini, D., Kelly-Quinn, M., O'Grady, M., Caffrey, J., McGrath, A. & Mariani, S. (2010). Hybridisation between two cyprinid fishes in a novel habitat: genetics, morphology and life-history traits *BMC Evolutionary Biology*, 10: 169.

- Helfman, G. S., Collette, B. B., Facey, D. E. & Bowen, B. W. (2009). The Diversity of Fishes, 2nd edition: Biology, Evolution and Ecology. Wiley-Blackwell, 720 pp.
- Hensel, K. & Mužik, V. (2001). Červený (ekosozologický) zoznam mihúl (Petromyzontes) a rýb (Osteichthyes) Slovenska. *In*: Baláž, D., Marhold, K. & Urban, P. (eds.): Červený zoznam rastlín a živočíchov Slovenska. Ochrana prírody 20 (Suppl.): p. 143-145.
- Hickley, P., North, R., Muchiri, S. M. & Harper, D. M. (1994). The diet of largemouth bass, *Micropterus salmoides* in Lake Naivasha, Kenya. *Journal of Fish Biology*, 44: 607-619.
- Hirschhorn, G. & Small, G. J. (1987). Variability in growth parameter estimates from scales of Pacific cod based on scale and area measurements. *In*: Summerfelt, R. C. & Hall, G. E. (eds.). Age and Growth of Fish. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA: 147-157.
- Holčík, J., Bănărescu, P. & Evens, D. (1989). General Introduction fo Fishes. *In*: Holčík, J. (ed.), The Freshwater Fishes of Europe. AULA-Verlag. Wiesbaden, Vol. 1, Part II: 18-147.
- Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis – a review of methods and their applications. *Journal of Fish Biology*, 17: 411-429.
- Institut za vode – Bijeljina. (2007). Elaborat uređenja dijela tercijarne kanalske mreže u okviru hidromelioracionog sistema "Semberija" na području opštine Bijeljina.
- Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi". (1978). Studija užeg izbora objekata i mera za uređenje sliva reke Save, Sveska I. Beograd.
- Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi". (1982). Studija i Idejno rešenje regulacije reke Save od km 50 do km 207, Knjiga III – Analize. Beograd.
- Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi". (1987). Simulacioni model sliva reke Save, Drugi deo druge faze, Sveska 2.1 SR Srbija, van SAP i SAP Vojvodina, 2.1.1. Stanje vodoprivrednih zaštitnih objekata na poplavama ugroženom području u momentu nailaska poplava, Beograd.
- Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi". (1995). Generalno rešenje regionalnog hidrosistema snabdevanja vodom Mačve, II Analize potreba za vodom i moguća vodoprivredna rešenja, Knjiga 4: Zaštita od voda, sveska 4.2: Uređenje vodotoka i zaštita od poplava. Beograd.
- Ionaşcu, A. (2009). Monitoringul ecologic și analiza comportamentului unor specii de pești amenințate cu dispariția din fauna României. Teză de doctorat. Rezumatul tezei de doctorat. Facultatea de biologie Universitatea din București.
- Ishiguro, N.B., Miya, M. & Nishida, M. (2003). Basal euteleostean relationships: A mitogenomic perspective on the phylogenetic reality of the "Protacanthopterygii". *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 27: 476-488.
- Ivanović, A. & Kalezić, M. (2009). Evolucionarna morfologija. Teorijske postavke i geometrijska morfometrija. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.

- Janković, D. (1995). Ihtiofauna Đerdapske akumulacije pre i posle izgradnje HEPS Đerdap. In: Brun, G., (ed.), Zbornik radova sa savetovanja "Povratak života rekama". Ministarstvo zaštite životne sredine, Beograd: 135-146.
- Januszkiewicz, A. J. & Robinson, B. W. (2007). Divergent walleye (*Sander vitreus*)-mediated inducible defenses in the centrarchid pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*). Biological Journal of the Linnean Society, 90(1): 25-36.
- Jarne, P. & Lagoda, P. J. L. (1996). Microsatellites, from molecules to populations and back. Trends in Ecology & Evolution, Vol. 11(10): 424-429.
- Jászfalusi, L. (1950). Adatok a Duna szentendrei-szigeti szakaszának és mellékpatakjainak halászati biológiai viszonyaihoz. Hidrológiai Közlöny, XXX, 5-6: 205-208.
- Jávorka, S. & Csapody, V. (1975). Iconografia florae partis Austro-orientalis Europae centralis. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Johansson, F., Rådman, P. & Andersson, J. (2006). The relationship between ontogeny, morphology, and diet in the Chinese hook snout carp (*Opsariichthys bidens*). Ichthyological Research, 53: 63-69.
- Jojić, V. (2010). Održavanje B hromozoma u populacijama žutogrlog miša *Apodemus flavicollis* (Rodentia, Mammalia): Geometrijsko-morfometrijska analiza komponenti morfološke varijabilnosti. Doktorska disertacija, Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- Jug, T. (2002). Genetska raznolikost soške postrvi (*Salmo marmoratus*) v Sloveniji. Magistrsko delo, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani.
- Kassam, D., Mizoiri, S. & Yamaoka, K. (2004). Interspecific variation of body shape and sexual dimorphism un three coexisting species of the genus *Petrotilapia* (Teleostei: Cichlidae) from Lake Malawi. Ichthyological Research, 51: 195-201.
- Kendall, D. G. (1977). The diffusion of shape. Advances in Applied Probability, 9: 428-430.
- Keresztessy, K. (1995). Recent fish faunistical investigations in Hungary with special reference to *Umbra krameri* Walbaum, 1792 (Pisces: Umbridae). Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, 97B: 458-465.
- Kerovec, M. (1986). Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka. SNL, Zagreb, 127 pp.
- Kimura, M. (1980). A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. Journal of Molecular Evolution 16(2): 111-120.
- Klingenberg, C. P. (2002). Morphometrics and the role of the phenotype in studies of the evolution of developmental mechanisms. Gene 287: 3-10.
- Klingenberg, C. P. (2011). MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. Molecular Ecology Resources 11: 353-357.
- Klingenberg, C. P., Barluenga, M. & Meyer, A. (2003). Body shape variation in cichlid fishes of the *Amphilophus citrinellus* species complex. Biological Journal of the Linnean Society, 80: 397-408.

- Klingenberg, C. P. & Gidaszewski, N. A. (2010). Testing and quantifying phylogenetic signals and homoplasy in morphometric data. *Systematic Biology*, 59: 245-261.
- Klingenberg, C. P. & Marugán-Lobón, J. (2013). Evolutionary covariation in geometric morphometric data: analyzing integration, modularity and allometry in a phylogenetic context. *Systematic Biology*, 62: 591-610.
- Klingenberg, C. P. & Monteiro L. R. (2005). Distances and directions in multidimensional shape spaces: implications for morphometric applications. *Systematic Biology*, 54: 678-688.
- Koehl, M. A. R. (1996). When does morphology matter? *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27: 501-542.
- Kolher, N., Casey, J., Turner, P. (1995). Length-weight relationships for 13 species of sharks from the western North Atlantic. *Fish. Bull.*, 93: 412-418.
- Kostić D., Pujin V., Popović, E. & Jurišić, A. (2001). Ishrana i rast crnke *Umbra krameri* (Walbaum, 1792) (Osteichthyes - Umbridae) Zasavice. In: Igić, R. & Gajin, S. (eds.), "Zasavica 2001". Sremska Mitrovica, Prirodno-matematički fakultet, Institut za biologiju, Univerzitet u Novom Sadu: 76-79.
- Kotlík, P., Tsigenopoulos, C., Ráb, P. & Berrebi, P. (2002). Two new *Barbus* species from the Danube River basin, with redescription of *B. petenyi* (Teleostei: Cyprinidae). *Folia Zoologica*, 51(3): 227-240.
- Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007). Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol, Switzerland: 344-345.
- Kováč, V. (1995). Reproduction behaviour and early development of the european mudminnow, *Umbra krameri* Walbaum, 1792. *Folia Zoologica*, 44: 57-80.
- Kováč, V. (1997). Experience with captive breeding of the European mudminnow, *Umbra krameri* Walbaum, and why it may be in danger of extinction. *Aquarium Sciences and Conservation*, 1: 45-51.
- Krabbenhoft, T. J., Collyer, M. L. & Quattro, J. M. (2009). Differing evolutionary patterns underlie convergence on elongate morphology in endemic fishes of Lake Waccamaw, North Carolina. *Biological Journal of the Linnean Society*, 98: 636-645.
- Krebs, C. J. (2001). *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Benjamin/Cummings, San Francisco, 695 pp.
- Krpo-Četković, J. (2004). Rastenje, ishrana i raspodela resursa simpatričkih piscivornih riba u Dunavu kod Beograda. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Beograd, 279 pp.
- Kux, Z. & Libosvárský, J. (1957). Zur Verbreitung und Rassenzugehörigkeit der europäischen Hundsfische (*Umbra krameri* Walbaum 1792 = *lacustris* Gross. 1794). *Zoologické Listy*, 6: 215-225.
- Labropoulou, M., Machias, A., Tsimenides, N. & Eleftheriou, A. (1997). Feeding habits and ontogenetic diet shift of the striped red mullet, *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758. *Fisheries Research*, 31: 257-267.

- Ladiges, W. & Vogt, D. (1965). Die Süßwasserfische Europas. Verlag Paul Parey, Hamburg & Berlin: 145.
- Lazić, L., Pavić, D., Stojanović, V., Tomić, P., Romelić, J., Pivac, T., Košić, K., Besermenji, S., Kicošev, S., Đarmati, Z., Puzović, S., Đureković-Tešić, O., Stojanović, T., Marić, B., Vig, L., Panjković, B., Habijan-Mikeš, V., Sabadoš, K., Delić, J. & Kovačević, B. (2008). Zaštićena prirodna dobra i ekoturizam Vojvodine, Novi Sad. Prirodno-matematički fakultet - Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo: 131-140.
- Leiner, S. (1995). The status of the European mudminnow, *Umbra krameri* Walbaum, 1792, in Croatia. Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, 97B: 486-490.
- Lelek, A. (1987). Threatened Fishes of Europe. In: Lelek, A. (ed.), The Freshwater Fishes of Europe. Aula-Verlag, Wiesbaden, Vol. 9: 70-73.
- Lewin, B. (2000). Genus VII. Oxford University Press, Oxford, United Kindom.
- Li, J., Xia, R., McDowall, R. M., López, J. A., Lei, G. & Fu, C. (2010). Phylogenetic position of the enigmatic *Lepidogalaxias salamandroides* with comment on the orders of lower euteleostean fishes. Molecular Phylogenetics and Evolution, 57: 932-936.
- Libosvářský, J. & Kux, Z. (1958). Příspěvek k poznání bionomie a potravy blatňáka tmavého *Umbra krameri krameri* (Walbaum). Zoologické Listy, 7: 235-250.
- Lobchenko, V., Trombickij, I., Moshu, A. & Curkan, A. (2003). Sotranenie redkih i ischezajushih vidov ryb Moldovy: *Umbra krameri* Walbaum i drugie. Biotica, Kishinev.
- Lopes, M., Murta, A. G. & Cabral, H. N. (2006). Discrimination of snipefish *Macroramphosus* species and boarfish *Capros aper* morphotypes through multivariate analysis of body shape. Helgoland Marine Research, 60: 18-24.
- López, J. A., Bentzen P. & Pietsch, W. T. (2000). Phylogenetic relationships of esocoid fishes (Teleostei) based on partial cytochrome b and 16S mitochondrial DNA sequences. Copeia, 2: 420-431.
- López, J. A., Chen, W.-J. & Orti, G. (2004). Esociform phylogeny. Copeia, 3: 449-464.
- Lorenzoni, M., Corboli, M., Dörr, A. J. M., Giovanazzo, G., Selvi, S & Mearelli, M. (2002). Diets of *Micropterus salmoides* Lac. and *Esox lucius* L. in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) and their diet overlap. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 365/366: 537-547.
- Losos, J. B. (2000). Ecological character displacement and the study of adaption. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 97(11): 5693-5695.
- Loy, A., Boglione, C. & Cataudella, S. (1999a). Geometric morphometrics and morphoanatomy: a combined tool in the study of sea bream (*Sparus aurata*) shape. Journal of Applied Ichthyology, 15: 104-110.

- Loy, A., Boglione, C., Gagliardi, F., Ferrucci, L. & Cataudella, S. (2000a). Geometric morphometrics and internal anatomy in sea bass shape analysis (*Dicentrarchus labrax* L., Moronidae). *Aquaculture*, 186: 33-44.
- Loy, A., Bronzi, P. & Molteni, S. (1999b). Geometric morphometrics in the characterisation of the cranial growth pattern of *Acipenser naccarii*. *Journal of Applied Ichthyology*, 15: 50-53.
- Loy, A., Busilacchi, S., Costa, C., Ferlin, L. & Cataudella, S. (2000b). Comparing geometric morphometrics and outline fitting methods to monitor fish shape variability of *Diplodus puntazzo* (Teleostea: Sparidae). *Aquacultural Engineering*, 21: 271-283.
- Loy, A., Ciccotti, E., Ferrucci, L. & Cataudella, S. (1996). An application of automated feature extraction and geometric morphometrics: temperature-related changes in body form of *Cyprinus carpio* juveniles. *Aquacultural Engineering*, 15: 301-11.
- Loy, A., Mariani, L., Bertelletti, M. & Tunesi, L. (1998). Visualizing allometry: geometric morphometrics in the study of shape changes in the early stages of the two-banded sea bream, *Diplodus vulgaris* (Perciformes, Sparidae). *Journal of Morphology*, 237: 137-146.
- Lundsgaard-Hansen, B., Matthews, B., Vonlanthen, P., Taverna, A. & Seehausen, O. (2013). Adaptive plasticity and genetic divergence in feeding efficiency during parallel adaptive radiation of whitefish (*Coregonus* spp.). *Journal of Evolutionary Biology*, 26: 483-498.
- Macan, T. T. (1979). A Key to the Nymphs of the British Species of Ephemeroptera with Notes on Their Ecology. Freshwater Biological Association Scientific Publication no. 20, 2nd edition, 69 pp.
- Machordom, A. & Doadrio, I. (2001). Evidence of a Cenozoic Betic-Kabilian connection based on freshwater fish phylogeography (*Luciobarbus*, Cyprinidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 18: 252-263.
- Maderbacher, M., Bauer, C., Herler, J., Postl, L., Makasa, L. & Strumbauer, C. (2008). Assessment of traditional versus geometric morphometrics for discriminating populations of the *Tropheus moorii* species complex (Teleostei: Cichlidae), a Lake Tanganyika model for allopatric speciation. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 46: 153-161.
- Magoulas, A. & Zouros, E. (1993). Restriction-site heteroplasmy in anchovy (*Engraulis encrasicolus*) indicates incidental biparental inheritance of mitochondrial DNA. *Molecular Biology and Evolution*, 10: 319-325.
- Maitland, P. S. (1995). The conservation of freshwater fish: past and present experience. *Biological Conservation*, 72: 259-270.
- Maitland, P. S. (2000). Guide to Freshwater Fish of Britain and Europe. Hamlyn, London: 168-169.
- Maitland, P. S. & Lyle, A. A. (1992). Conservation of freshwater fish in the British Isles: proposals for management. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* 2: 165-183.

- Makara, A. & Stráňai, I. (1980). Rast a plodnost blatniaka (*Umbra krameri* Walbaum, 1792). *Biológia* (Bratislava), 35(2), 131-135.
- Makarov, A. (1936). *Umbra* v reke Dnestre. *Priroda* 2 (ex Pavlov): 111-112.
- Maletin, S., Miljanović, B., Djukić, N. & Teodorović, I. (2001). Naselje riba u specijalnom rezervatu prirode Zasavica. In: Igić, R. & Gajin, S. (eds.), "Zasavica 2001". Sremska Mitrovica, Prirodno-matematički fakultet, Institut za biologiju, Univerzitet u Novom Sadu: 70-75.
- Malmquist, H. J., Snorrason, S. S., Skúlason, S., Sandlund, O. T., Jonsson, B., & Jónasson, P. M. (1992). Diet differentiation in polymorphic Arctic charr in Thingvallavatn, Iceland. *Journal of Animal Ecology*, 61(1): 21-35.
- Marešová, E., Delić, A., Kostov, V., Marić, S., Endel, J. & Šanda, R. (2011). Genetic diversity of *Sabanejewia balcanica* (Actinopterygii: Cobitidae) in the western Balkans and comparison with other regions. *Folia Zoologica*, 60 (4): 335-342.
- Marić, S. (2005). Evolucijska istorija kompleksa potočne pastrmke *Salmo trutta* L. 1758 na području Republike Srbije i značaj za ribarstvo. Doktorska disertacija, Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Marić, S., Razpet, A., Nikolić, V. & Simonović, P. (2011). Genetic differentiation of European grayling (*Thymallus thymallus*) populations in Serbia, based on mitochondrial and nuclear DNA analyses. *Genetics Selection Evolution*, 43: 2.
- Marić, S., Snoj, A., Nikolić, V. & Simonović, P. (2006). Genetic differentiation of trout (*Salmo* spp.) populations in Serbia ascertained using RFLP technique on PCR amplified control region of mitochondrial DNA. *Acta Veterinaria Belgrade*, 56 (5-6): 423-430.
- Matavulj, M. (2011). Srednjoročni program zaštite prirodnih dobara za period 2011-2020. Pokrajinski zavod za zaštitu prirode, Novi Sad.
- McPhail, J. D. (1984). Ecology and evolution of sympatric sticklebacks (*Gasterosteus*) - morphological and genetic evidence for a species pair in Enos Lake, British Columbia. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne de Zoologie*, 62(7): 1402-1408.
- Medić, M. (1896). Ihtiološke bilješke. *Rad Jugoslovenske Akademije Znanosti i Umjetnosti*, Zagreb, 126: 83-109.
- Meyer, A. (1987). Phenotypic plasticity and heterochrony in *Cichlasoma managuense* (Pisces, Cichlidae) and their implications for speciation. *Evolution*, 41: 1357-1369.
- Mihajlović, V. & Vuković, G. (1977). Srpskohrvatska leksika ribarstva. Institut za lingvistiku, Novi Sad: 173-174, 183, 311, 396.
- Mijović, A., Sekulić, N., Popović, S., Stavretović, N. & Radović, I. (2012). Biodiverzitet Srbije: stanje i perspektive. Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd.
- Mikschi, E. & Wanzenböck, J. (1995). Proceedings of the First International Workshop on *Umbra krameri* Walbaum, 1792. Natural History Museum, Viena. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 97B: 437-508.

- Milivojević, M. (1995). Resursi podzemnih pijaćih voda i geotermalni resursi opštine Bijeljina – potencijali i mogućnosti eksploatacije. Institut za hidrogeologiju Rudarsko-geološkog fakulteta. Beograd.
- Milojević, D. M. (1962). Mačva, Šabačka Posavina i Pocerina. Beograd.
- Milošev, Ž. (1998). Slivno područje i formiranje vodotoka Mostonge. In: Lazić, V. (ed.), II Monografija Mostonga i vode Zapadne Bačke. Pčesa '98, edicija TIJA VODA. Kulturno-istorijsko društvo "Proleće na čenejskim salašima" - Pčesa, Novi Sad: 17-22.
- Milošev, Ž., Zdravić, M. & Nešković-Zdravić, V. (1998). Morfološke karakteristike područja. In: Lazić, V. (ed.), II Monografija Mostonga i vode Zapadne Bačke. Pčesa '98, edicija TIJA VODA. Kulturno-istorijsko društvo "Proleće na čenejskim salašima" - Pčesa, Novi Sad: 11-12.
- Minckley, W. L. (1995). Translocation as a tool for conserving imperiled fishes: experiences in western United States. *Biological Conservation*, 72: 297-309.
- Mišík, V. (1966). The length, weight and the length-weight relationship of the mudminnow (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) of Zitny Ostrov in Slovakia. *Vestník Československé Společnosti Zoologické*, 30: 129-141.
- Moran, P. (2002). Current conservation genetics: building an ecological approach to the synthesis of molecular and quantitative genetic methods. *Ecology of Freshwater Fish*, 11: 30-55.
- Morato, T., Afonso, P., Lourhino, P. (2001). Length-weight relationships for 21 coastal fish species of the Azores, northeastern Atlantic. *Fisheries Research* 50(3): 297-302.
- Morin, P. A. & Woodruff, D. S. (1996). Non-invasive genotyping for vertebrate conservation. In: Smith, T. B. & Wayne, R.K. (eds.), *Molecular Genetic Approaches in Conservation*. Oxford University Press: 298-313.
- Moritz, C. & Hillis, D. M. (1996). *Molecular Systematics: Context and Controversis*. V: *Molecular systematics*. Sunderland, Sinauer: 1-13.
- Moshu, A. & Trombitsky, I. (2007). Two new cnidosporean species (Cnidosporea: Sphaerosporidae, Myxobolidae) parasites of the European mudminnow (*Umbra krameri*) from lower Dniester river. *Bul. Acad. de Ştiinţe a Moldovei. Ştiinţele vieţii*, 2(302): 78-86.
- Movchan, Y. V. (1995). Observations on the distribution of *Umbra krameri* Walbaum, 1792, in the Ukraine. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 97B: 491-495.
- Moxon, E. R. & Wills, C. (1999). DNA microsatellites: agents of evolution? *Scientific American*, 280-281: 94-99.
- Mrakovčić, M., Brigić, A., Buj, I., Čaleta, M., Mustafić, P. & Zanella, D. (2006). *Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske*. Ministarstvo kulture Republike Hrvatske, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb: 106-107.
- Müller, T., Balován, B., Tatár, S., Müllerné Trenovszki, M., Urbányi, B. & Demény, F. (2011). A lápi póc (*Umbra krameri*) szaporítása és nevelése a természetesvízi

- állományok fenntartása és megerősítése érdekében. *Pisces Hungarici* 5. Magyar Haltani Társaság: 15-20.
- Near, T. J., Eytan, R. I., Dornburg, A., Kuhn, K. L., Moore, J. A., Davis, M. P., Wainwright, P. C., Friedman, M. & Smith, W. L. (2012). Resolution of ray-finned fish phylogeny and timing of diversification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(34): 13698-13703.
- Nelson, J. S. (1994). *Fishes of the World*, 3rd Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, 600 pp.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the World*. 4th edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 601 pp.
- Neumann, R. M. & Allen, M. S. (2001). Analysis and interpretation of freshwater fisheries data. Department of Natural Resources Management and Engineering, University of Connecticut.
- Nikolsky, G. V. (1963). *The Ecology of Fishes*. – Academic Press, London & New York, 352 pp.
- Nilsson, A. (1996). *Aquatic Insects of North Europe: A Taxonomic Handbook*, 1, Apollo Books, Stenstrup, Denmark, 274 pp.
- Nilsson, A. (1997). *Aquatic Insects of North Europe: A Taxonomic Handbook*, 2, Apollo Books, Stenstrup, Denmark, 440 pp.
- Nolte, A. W. & Sheets, H. D. (2005). Shape based assignment tests suggest transgressive phenotypes in natural sculpin hybrids (Teleostei, Scorpaeniformes, Cottidae). *Frontiers in Zoology*, 2: 11.
- Odak, T., Treer, T., Aničić, I., Safner, R. & Piria, M. (2002). Primjena molekularnih metoda u ribarstvu. *Ribarstvo*, 60(3): 116-126.
- Olsson, J. & Eklov, P. (2005). Habitat structure, feeding mode and morphological reversibility: factors influencing phenotypic plasticity in perch. *Evolutionary Ecology Research*, 7(8): 1109-1123.
- Oscoz, J., Campos, F & Escala, M. C. (2005). Weight-length relationships of some fish species of the Iberian Peninsula. *Journal of Applied Ichthyology*, 21: 73-74.
- Pančić, J. (1860). *Ribe u Srbiji*. Državna štamparija Beograd 41: 136.
- Pantić, V. (1997). *Biologija ćelije*. Univerzitet u Beogradu, Beograd: 140-153.
- Parsons, K. J., Son, Y. H. & Albertson, R. C. (2011). Hybridization promotes evolvability in African cichlids: connections between transgressive segregation and phenotypic integration. *Evolutionary Biology*, 38: 306-315.
- Pavić, D., Mesaroš, M. & Stojanović, V. (2012). Melioracione mere odvodnjavanja kao faktor geografske transformacije predela u aluvijalnim ravnima Dunava i Tise u Bačkoj. *Zbornik radova, Geografski fakultet Univerziteta u Beogradu*, 60: 131-144.
- Pavletić, J. (1954). Rijetka riba - crnka ili rapa. *Ribarstvo Jugoslavije*, 3, Zagreb: 62-64.
- Pavlov, P. I. (1953). *Umbra iz nizov'ev Dunaja*. *Zoologicheskij Zhurnal*, 32: 272-276.

- Penck, A. & Brückner, E. (1909). Die Alpen im Eiszeitalter. Taunitz, Leipzig, 1199.
- Persson, L., Andersson, J., Wahlstrom, E. & Eklov, P. (1996). Size-specific interactions in lake systems: predator gape limitation and prey growth rate and mortality. *Ecology*, 77(3): 900-911.
- Petronić, S., Kadić, J., Radošević, D. & Panić, G. (2010a). Floristički diverzitet posebnog područja prirode Gromiželj. Tehnički institut Bijeljina. Arhiv za tehničke nauke, Godina II, 3: 156-168.
- Petronić, S., Panić, G., Radošević, D. & Travar, J. (2010b). Rijetke i ugrožene biljne i životinjske vrste u posebnom rezervatu prirode "Gromiželj". Zbornik Četvrte konferencije o integrativnoj zaštiti. Republički zavod za zaštitu kulturno-istorijskog i prirodnog naslijeđa Republike Srpske, Banja Luka: 199-206.
- PISCES Conservation Ltd. (2002). Simply Growth, Version 1.7, Sept. 2002. PISCES Conservation Ltd, IRC House, Lymington, England.
- Povž, M. (1990a). Conservation of the mudminnow, *Umbra krameri* Walbaum, in Slovenia. *Journal of Fish Biology*, 37: 243.
- Povž, M. (1990b). Velika senčica (*Umbra krameri* Walbaum 1972) - nova vrsta ribe v Sloveniji. *Varstvo Narave*, 16: 45-48.
- Povž, M. (1995). Discovery, distribution, and conservation of mudminnow *Umbra krameri* Walbaum, 1972, in Slovenia. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 97B: 478-485.
- Pritchard, J. K., Stephens, M. & Donnelly, P. (2000). Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155: 945-959.
- Pržulj, N. & Perović, D. (2005). Molekularni karkeri II. Mikrosateliti. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. Zbornik radova, sveska 41: 299-312.
- Queller, D. C., Strassmann, J. E. & Hughes, C. R. (1993). Microsatellites and kinship. *Trends in Ecology and Evolution*, 8: 258-288.
- Ráb, P. (1981). Karyotype of european mudminnow, *Umbra krameri*. *Copeia*: 911-913.
- Ráb, P. & Mayr, B. (1987). Chromosome banding studies in European esocoid fishes: localization of nucleolar organizer regions in *Umbra krameri* and *Esox lucius*. *Copeia*: 1062-1067.
- Radoš, S. V. (1974). Regulacija Save od Beograda do Jamene. Vode Vojvodine: godišnjak Pokrajinskog fonda voda, Novi Sad, 2: 179-202.
- Radović, I., Kozomara, M. (2011). Strategija biološke raznovrnosti Republike Srbije za period od 2011. do 2018. godine. Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja, Beograd, 140 pp.
- Reinartz, R., Lippold, S., Lieckfeldt, D. & Ludwig, A. (2011). Population genetic analyses of *Acipenser ruthenus* as a prerequisite for the conservation of the uppermost Danube population. *Journal of Applied Ichthyology*, 27: 477-83.
- Ricker, W. E. (1971). Methods for Assessment of Fish Production in Freshwaters. IBP Handbook No. 3, 2nd ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford & Edinburgh, 348 pp.

- Ricker, W. E. (1975). Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Bulletin Fisheries Research Board of Canada, 191: 382 pp.
- Rincón, P. A., Bastir, M. & Grossman, G. D. (2007). Form and performance: body shape and prey-capture success in four drift-feeding minnows. *Oecologia*, 152: 345-355.
- Ristić, M. (1977). Ribe i ribolov u slatkim vodama. Nolit, Beograd: 61.
- Robinson, B. W, Wilson, D.S. (1994). Character release and displacement in fishes – a neglected literature. *The American Naturalist*, 144(4): 596-627.
- Rohlf, F. J. (1990). Morphometrics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21: 299-316.
- Rohlf, F. J. (1999). Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces. *Journal of Classification* 16: 197-223.
- Rohlf, F. J. (2000). On the use of shape space to compare morphometric methods. *Hystrix, Italian Journal of Mammalogy*, 11: 9-25.
- Rohlf, F. J. & Marcus, L. F. (1993). A revolution in morphometrics. *Trends Ecol. Evol.*, 8: 129-132.
- Rohlf, F. J. & Bookstein, F. L. (2003). Computing the uniform component of shape variation. *Systematic Biology*, 52: 66-69.
- Rohlf, F. J. & Slice, D. (1990). Extensions of the procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic Zoology*, 39: 40-59.
- Rozkošný, R. (1980). Klic larev vodního hmyzu. Československá Akademie Ved. Praha, 521 pp.
- Rundell, R. J. & Price, T. D. (2009). Adaptive radiation, nonadaptive radiation, ecological speciation and nonecological speciation. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(7): 394-399.
- Rüber, L. & Adams, D. C. (2001). Evolutionary convergence of body shape and trophic morphology in cichlids from Lake Tanganyika. *Journal of Evolutionary Biology*, 14: 325-332.
- Sainudiin, R., Durrett, R. T., Aquadro, C. F. & Nielsen, R. (2004). Microsatellite mutation models: Insights from a comparison of humans and chimpanzees. *Genetics*, 168(1): 383-395.
- Salafsky, N., Salzer, D., Statterfield, A. J., Hilton-Taylor, C., Neugarten, R., Butchard, S. H. M., Collen, B., Cox, N., Master, L. L., O'Connor, S. & Wilkie, D. (2008). A standard Lexicon for biodiversity conservation: unified classifications of threats and actions. *Conservation Biology*, 22(4): 897-911.
- Sambrook, J., Fritseh, E. F. & Maniatis, T. (1989). *Molecular Cloning. A Laboratory Manual*, 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, NY.
- Sará, M., Favalaro, E. & Mazzola, A. (1999). Comparative morphometrics of sharpnose seabream (*Diplodus puntazzo* Cetti, 1777), reared in different conditions. *Aquacultural Engineering*, 19: 195-209.

- Savić-Pavićević, D. & Matić, G. (2011). Molekularna biologija 1. NNK Internacional, Beograd, 364 pp.
- Scharnweber, K., Watanabe, K., Syváranta, J., Wanke, T., Monaghan, M. T., & Mehner, T. (2013). Effects of predation pressure and resource use on morphological divergence in omnivorous prey fish. *BMC Evolutionary Biology* 13: 132.
- Schiemer, F. (2000). Fish as indicators for the assessment of the ecological integrity of large rivers. *Hydrobiologia*, 422-423: 271-278.
- Schlötterer, C., Vogl, C. & Tautz, D. (1991). Conservation of polymorphic simple sequence in Cetacean species. *Nature*, 354: 63-65.
- Schluter, D. & McPhail, J. D. (1992). Ecological character displacement and speciation in sticklebacks. *The American Naturalist*, 140(1): 85-108.
- Sekulić, N., Budakov, Lj. & Branković, D. (1998). Distribution of the European mudminnow *Umbra krameri* (Umbridae) in Serbia. *Italian Journal of Zoology*, 65, Suppl.: 381-382.
- Sekulić, N., Marić, S., Galambos, L., Radošević, D. & Krpo-Ćetković, J. (2013). New distribution data and population structure of the European mudminnow *Umbra krameri* in Serbia and Bosnia and Herzegovina. *Journal of Fish Biology*, 83: 659-666.
- Sekulić, N. & Šinžar Sekulić, J. (2010). Emerald ekološka mreža u Srbiji. Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja, Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd.
- Selkoe, K. A. & Toonen, R. J. (2006). Microsatellites for ecologists: a practical guide to using and evaluating microsatellite markers. *Ecology Letters*, 9: 615-629.
- Shiino, S. M. (1976). List of Common Names of Fishes of the World, Those Prevailing among English-speaking Nations. *Science Report of Shima Marineland*, 4: 262 pp.
- Simić, V., Simić, S., Paunović, M. & Cakić, P. (2007a). Model of the assessment of the critical risk of extinction and the priorities of protection of endangered aquatic species at the national level. *Biodiversity and Conservation*, 16: 2471-2493.
- Simić, V., Simić, S., Paunović, M., Petrović, A. & Stanković, M. (2007b). Neke ugrožene vrste u specijalnom rezervatu prirode "Zasavica" (*Umbra krameri*, Pisces i *Batrachospermum gelatinosum*, Rhodophyta). Zbornik. Naučno-stručni skup Zasavica 2007 sa međunarodnim učešćem, Pokret gorana Sremska Mitrovica, Sremska Mitrovica: 99-107.
- Simonović, P. (2001). Ribe Srbije. NNK Internacional, Zavod za zaštitu prirode Srbije, Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd: 115-116.
- Skúlason, S., Noakes, D. L. G. & Snorrason, S. S. (1989). Ontogeny of trophic morphology in 4 sympatric morphs of Arctic charr *Salvenius alpinus* in Thingvallavatn, Iceland. *Biological Journal of the Linnean Society*, 38(3): 281-301.
- Skúlason, S., Smith, T. B. (1995). Resource polymorphism in vertebrates. *Trends in Ecology & Evolution*, 10(9): 366-370.
- Službeni glasnik RS, br. 30/90. Pravilnik o kategorizaciji zaštićenih prirodnih dobara.

- Službeni glasnik RS, br. 50/93. Uredba o zaštiti prirodnih retkosti.
- Službeni glasnik RS, br. 19/97. Uredba o zaštiti Specijalnog rezervata prirode "Zasavica".
- Službeni glasnik RS - Međunarodni ugovori, br. 102/07. Zakon o potvrđivanju Konvencije o očuvanju evropske divlje flore i faune i prirodnih staništa (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats).
- Službeni glasnik RS, br. 36/09, 88/10 i 91/10. Zakon o zaštiti prirode.
- Službeni glasnik RS, br. 36/09. Zakon o zaštiti i održivom korišćenju ribljeg fonda.
- Službeni glasnik RS, br. 84/09 i 86/11. Pravilnik o načinu određivanja i visini naknade štete nanete ribljem fondu.
- Službeni glasnik RS, br. 104/09 i 49/10. Naredba o merama za očuvanje i zaštitu ribljeg fonda.
- Službeni glasnik RS, br. 5/10 i 47/11. Pravilnik o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva.
- Službeni glasnik RS, br. 31/12. Uredba o režimima zaštite.
- Službeni glasnik Republike Srpske, br. 81/11. Rješenje o stavljanju pod prethodnu zaštitu Posebnog rezervata prirode "Gromiželj".
- Službeni glasnik Republike Srpske, br. 124/12. Uredba o crvenoj listi zaštićenih vrsta flore i faune Republike Srpske.
- Službeni list SRJ - Međunarodni ugovori, br. 11/01. Zakon o potvrđivanju Konvencije o biološkoj raznovrsnosti.
- Smith, G. R. (1992). Introgression in fishes: significance for paleontology, cladistics and evolutionary rates. *Systematic Biology*, 41: 41-57.
- Smith, T. B. (1993). Disruptive selection and the genetic basis of bill size polymorphism in the African finch *Pyrenestes*. *Nature*, 363: 618-620.
- Smith, T. B. & Skulason, S. (1996). Evolutionary significance of resource polymorphisms in fishes, amphibians, and birds. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27:111-133.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. (1995). *Biometry*. W. H. Freeman and Company, New York, 887 pp.
- Stefanov, T. (2007). Fauna and Distribution of Fishes in Bulgaria. *In: Fet, V. & Popov, A. (eds.), Biogeography and Ecology of Bulgaria*, Springer: 109-139.
- Svanback, R. & Eklov, P. (2002). Effects of habitat and food resources on morphology and ontogenetic growth trajectories in perch. *Oecologia*, 131(1): 61-70.
- Svanback, R. & Eklov, P. (2003). Morphology dependent foraging efficiency in perch: a trade-off for ecological specialization? *Oikos*, 102(2): 273-284.
- Šedivá, A., Janko, K., Šlechtová, V., Kotlík, P., Simonović, P., Delić, A. & Vassilev, M. (2008). Around or across the Carpathians: colonization model of the Danube basin inferred from genetic diversification of stone loach (*Barbatula barbatula*) populations. *Molecular Ecology* 17: 1277-1292.

- Šipkovský, I. (1998): Úspešná introdukcia blatniaka tmavého. *Chránené územia Slovenska*, 35: 17-18.
- Tamura, K., Peterson, D., Peterson, N., Stecher, G., Nei, M. & Kumar, S. (2011). MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. *Molecular Biology and Evolution*, 28(10): 2731-2739.
- Tatár, S., Bajomi B., Balován B., Tóth B., Sallai Z., Demény F., Urbányi B. & Müller T. (2012). Élőhely-rekonstrukció lápi halfajok számára. *Természetvédelmi Közlemények*, 18. 487-498.
- Tautz, D. (1989). Hypervariability of simple sequences as a general source for polymorphic DNA markers. *Nucleic Acid Research*, 17: 6463-6471.
- Tautz, D. & Renz, M. (1984). Simple sequences are ubiquitous repetitive components of eukaryotic genomes. *Nucleic Acids Research*, 12: 4127-4138.
- Telcean, I. & Cupşa, D. (2009). The backwaters and drainage canals as natural refuges for the lowland rivers' fishfauna (Someş, Crişuri, and Mureş Rivers - north-western Romania) *Biharean Biologist*, 3(1): 37-44.
- Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B. F., De Siqueira, M. F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Van Jaarsveld, A. S., Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A, Peterson, A. T., Phillips, O. L., Williams, S. E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427(6970): 145-148.
- Thompson, J. D., Gibson, T. J., Plewniak, F., Jeanmougin, F. & Higgins, D. G. (1997). The CLUSTAL_X windows interface, flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tool. *Nucleic Acids Research* 25: 4876-4882.
- Trapani, J. (2003). Geometric morphometric analysis of body-form variability in *Cichlasoma minckleyi*, the Cuatro Ciénegas cichlid. *Environmental Biology of Fishes*, 68: 357-369.
- Trifunović, S., Malešević, M. & Strajin, V. (1983-1984). Osnovna geološka karta R 1:100000, list Sombor L34-75. Savezno ministarstvo za privredu SRJ, Beograd.
- Trifunović, S. & Strajin, V. (1986-1994). Osnovna geološka karta R 1:100000, list Mohač L34-74. Savezno ministarstvo za privredu SRJ, Beograd.
- Trombitsky, I. (2004). The Lower Dniester River: Public on the Guard of Biodiversity. Case study. *In: Aps, R., Sharp, R. & Kutonova, T. (comp.), Freshwater Fisheries in Central & Eastern Europe: the Challenge of Sustainability. Overview Report. IUCN, Warsaw, Poland: 25-27.*
- Van Straalen, N. M. & Roelofs, D. (2006). An introduction to ecological genomics. Oxford University Press, 307 pp.
- Vasić, V., Džukić, G., Janković, D., Simonov, N., Petrov, B. & Savić, I. (1990-1991). Preliminarni spisak vrsta za crvenu listu kičmenjaka Srbije. *Zaštita prirode, Beograd*, 43-44: 121-132.

- Veronik, R., Prevorčnik, S. & Jugovic, J. (2009). Description of a neotype for *Asellus aquaticus* Linne, 1758 (Crustacea: Isopoda: Asellidae), with description of a new subterranean *Asellus* species from Europe. *Zoologischer Anzeiger*, 248: 101-118.
- Verreycken, H., Geeraerts, C., Duvivier, C. & Belpaire, C. (2010). Present status of the North American *Umbra pygmaea* (DeKay, 1842) (eastern mudminnow) in Flanders (Belgium) and in Europe. *Aquatic Invasions*, 5(1): 83-96.
- Višnjić-Jeftić, Ž., Lenhardt, M., Vukov, T., Gačić, Z., Škorić, S., Smederevac-Lalić, M. & Nikčević, M. (2013). The geometric morphometrics and condition of Pontic shad, *Alosa immaculata* (Pisces: Clupeidae) migrants to the Danube River. *Journal of Natural History*, 47: 1121-1128.
- Vrhovčić, R. B., Mojićević, M., Prtoljan, B., Galović, I., Marković, B., Anđelković, J., Pavlović, Z., Anđelković, J. & Rajčević, D. (1986). Tumač za list Bijeljina, L 34-111. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Vukov, D., Igić, R., Boža, P., Anačkov, G. & Butorac, B. (2000). Survey into the aquatic macrophytes of the Zasavica Natural Reservation (Yugoslavia). *In*: Gallé, L., Körmöczy, L. (eds.), *Ecology of River Valleys*. Szeged, TISCIA Monograph Series: 183-187.
- Vuković, T. & Ivanović, B. (1971). Slatkovodne ribe Jugoslavije. *Zemaljski muzej BiH, Sarajevo*: 134-135.
- Walker, J. A. (1997). Ecological morphology of lacustrine threespine stickleback *Gasterosteus aculeatus* L. (Gasterosteidae) body shape. *Biological Journal of the Linnean Society*, 61: 3-50.
- Walls, S. C., Belanger, S. S. & Blaustein, A. R. (1993). Morphological variation in a larval salamander: dietary induction of plasticity in headshape. *Oecologia*, 96: 162-168.
- Wanzenböck, J. (1995). Current knowledge on the European mudminnow, *Umbra krameri* Walbaum, 1792 (Pisces: Umbridae). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 97B: 439-449.
- Wanzenböck, J. (2004). European Mudminnow (*Umbra krameri*) in the Austrian Floodplain of the River Danube: Conservation of an Indicator Species for Endangered Wetland Ecosystems in Europe. *In*: Akçakaya, H. R., Burgman, M. A., Kindvall, O., Wood, C. C., Sjögren-Gulve, P., Hatfield J. S., McCarthy, M. A. (eds.), *Species Conservation and Management: Case Studies*. Oxford University Press: 200-207.
- Wanzenböck, J. & Spindler, T. (1995). Rediscovery of *Umbra krameri* Walbaum, 1792 in Austria and subsequent investigations (Pisces: Umbridae). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 97B: 450-447.
- Weiperth, A., Ferincz, Á., Staszny, Á., Paulovits, G. & Keresztessy, K. (2009). Védett halfajok elterjedése és populációdinamikája a Tapolcai-medence patakjaiban. *Pisces Hungarici*, 3: 115-132.

- Whiteley, A. R. (2007). Trophic polymorphism in a riverine fish: morphological, dietary, and genetic analysis of mountain whitefish. *Biological Journal of the Linnean Society*, 92: 253-267.
- Wilhelm, A. (1998). Spawning of the European mudminnow (*Umbra krameri* Walbaum) in the basin of the river Ér. *Tiscia*, 31: 55-58.
- Wilhelm, A. (2003). Growth of the mudminnow (*Umbra krameri* Walbaum) in river Ér. *Tiscia*, 34: 57-60.
- Wilhelm, S. (2007). Nutrition of the mudminnow (*Umbra krameri* Walbaum) in the basin of the Ér river. *Tiscia*, 36: 23-28.
- Winans, G. A., Pollard, S. & Kuligowski, D. R. (2003). Two reproductive life history types of kokanee, *Onchorynchus nerka*, exhibit multivariate morphometric and protein genetic differentiation. *Environmental Biology of Fishes*, 77: 87-100.
- Winkler, K. & Weiss, S. (2009). Nine new tetranucleotide microsatellite DNA markers for the European mudminnow *Umbra krameri*. *Conservation Genetics*, 10(4): 1155-1157.
- Wright, F. J., Sutcliffe W. D. & Furse, T. M. (2000). Assessing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques. *Freshwater Biological Association, Ambleside*.
- Zardoya, R. & Doadrio, I. (1999). Molecular evidence on the evolutionary and biogeographical patterns of European cyprinids. *Journal of Molecular Evolution*, 49: 227-237.
- Zelditch, M. L., Swiderski, D. L., Sheets, D. H., Fink, W. L. (2004). *Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer*. Elsevier Academic Press, San Diego.
- Zhang, Z. W., Cheng, J., Xu, F., Chen, Y. E., Du, J. B., Yuan, M., Zhu, F., Xu, X. C. & Yuan, S. (2011). Red Blood Cell Extrudes Nucleus and Mitochondria Against Oxidative Stress. *IUBMB Life*, 63(7): 560-565.

Internet izvori:

- Council of Europe (2011). Draft revised Annex i of Resolution 6 (1998) of the Bern Convention.
http://www.coe.int/t/dg4/cultureheritage/nature/Bern/Institutions/Documents/122011/Draft_TPVS_PA_2011_15E.pdf
- EEA (European Environment Agency). <http://eunis.eea.europa.eu/species/129554/legal>
- Fishbase. <http://www.fishbase.org/summary/Umbra-krameri.html>
- Freyhof, J. (2011). *Umbra krameri*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. www.iucnredlist.org/details/22730/0
- Goudet, J. (2002). FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices (version 2.9.3.2). <http://www2.unil.ch/popgen/softwares/fstat.htm>

- Hajdú, J., Saxa, A. (2008). Záchrana blatniaka tmavého (*Umbra krameri*) na Slovensku. Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Banská Bystrica: 20 pp. <http://www.sopsr.sk/natura/doc/publikacie/blatniak20.pdf>
- ITIS. http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=162157
- IUCN Programme Office for South-Eastern Europe (2009). New habitat of *Umbra krameri*. IUCN South-Eastern European e-bulletin 20, 12. http://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn_see_e_bulletin_issue_20.pdf
- IUCN (2012a). IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN. iv + 32pp. <http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/RL-2001-001-2nd.pdf>
- IUCN (2012b). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. http://www.iucnredlist.org/documents/summarystatistics/2012_2_RL_Stats_Table_1.pdf
- Langella, O. (2002). Populations 1.2.28. Logiciel de génétique des populations. http://www.bioinformatics.org/project/?group_id=84
- Májsky, J. & Hajdú, J. (2004). Program záchrany blatniaka tmavého (*Umbra krameri* Walbaum, 1792). Banská Bystrica: Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky. http://www.sopsr.sk/cinnost/programy/PZ_blatniak.doc/
- PESI (2013). Pan-European Species directories Infrastructure. www.eu-nomen.eu/portal
- Rohlf, F. J. (2010a). TpsDig, ver. 2.16. Ecology and Evolution, SUNY at Stony Brook. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>
- Rohlf, F. J. (2010b). TpsRelw, ver. 1.49. Ecology and Evolution, SUNY at Stony Brook. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>
- Rohlf, F. J. (2012). TpsUtil, ver. 1.53. Ecology and Evolution, SUNY at Stony Brook. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>
- Sheets, HD. (2000). Integrated Morphometrics Package (IMP). <http://www2.canisius.edu/csheets/>
- Stefanov, T. & Trichkova, T. (2011). European Mud-minnow *In*: Biserkov, V. (ed.). Red Data Book of the Republic of Bulgaria Volume 2 - Animals, Digital edition. Joint edition of the Bulgarian Academy of Sciences & Ministry of Environment and Water, Sofia. <http://e-ecodb.bas.bg/rdb/en/vol2/Umkramer.html>
- Šogorov, M. (2013). Istorija vodoprivrede. Javno vodoprivredno preduzeće "Vode Vojvodine" Novi Sad. <http://www.vodevojvodine.com/sr/16/VODNI%20RESURSI/133/ISTORIJA%20VODOPRIVREDE/306/ISTORIJA%20VODOPRIVREDE.htm>
- VDP Zapadna Bačka (2013). <http://www.vdpzapadnabacka.co.rs/istorijat.htm>

PRILOG 1.**MtDNK (Cyt b) sekvence****>Da1_Lugomir**

CTTAAAATCGTTAACGATGCTCTAATTGACCTTCCTGCTCCTTCCAATATCTCCGTGTGATGAA
ACTTTGGCTCTCTACTGGGCCTATGCTTAGGAATACAACCTTGTTACTGGCCTATTTTTAGCCAT
ACACTATACTTCTGATATCTCAACAGCCTTCTCTTCTGTCTGCCACATTTGCCGAGACGTCAAC
TACGGCTGACTAGTCCGTAATATTCATGCCAATGGCGCATCTTTCTTTTTTCATCTGCATTTATC
TTCATATCGCCCGCGGCCTTTATTATGGGTCCCTACCTCTATAAAGAAACCTGAAATATTGGAGT
CGTACTATTACTATTAACAATAATGACTGCTTTTTGTCTGGCTATGTCTCCCATGAGGACAAATG
TCATTTTTGAGGCGCAACAGTGATCACAAACCTTTTATCCGCCGTGCCTTATGTAGGGGACATAC
TAGTACAATGAATTTGGGGAGGCTTCTCAGTAGATAATGCAACCCTAACACGATTCTTCGCATT
TCACTTCCTTTTTCCATTTCGTAATCGCAGCAGCAACTATCTTACACCTTCTTTTTCTACACGAA
ACAGGCTCCAATAACCCAACGGGCATTAACCTCAAACGCCGATAAAAATCCCGTTTTACCCCTATT
TTTCGTATAAAGATCTATTTGGTTTTGTATTACTCTTAATCCTTACCTCTATTGCTTTATT
CACTCCGAATCTTTTAGGAGATCCGACAATTTTATTCTGCAACCCCTAGTCACACCCCCA
CATATTAAGCCCGAATGATACTTCTTGTGTTGCTTACGCCATTCTACGTTCAATCCCTAATAAGC
TGGGAGGAGTTCTTGCTCTTCTATCTTCAATTCTCATTCTAATATTGGTCCCAGTCTTACACAC
CTCCAAACAACGAGGACTAACATTCCGACCTTTAACCCAATTTTTATTCTGATGCCTAGTTGCT
GACATACTAATCCTAACATGAATTGGAGGAATACCAGTCGA

>Sal_Bakreni_Batar_Gromiželj

CTTAAAATCGTTAACGATGCTCTAATTGACCTTCCTGCTCCTTCCAATATCTCCGTGTGATGAA
ACTTTGGCTCCCTACTGGGCCTATGCTTAGGAATACAACCTTGTTACTGGCCTATTTTTAGCCAT
ACACTATACTTCTGATATCTCAACAGCCTTCTCTTCTGTCTGCCACATTTGCCGAGACGTCAAC
TACGGCTGACTAGTCCGTAATATTCATGCCAATGGCGCATCTTTCTTTTTTCATCTGCATTTATC
TTCATATCGCCCGCGGCCTTTATTATGGGTCCCTACCTCTATAAAGAAACCTGAAATATTGGAGT
CGTACTATTACTATTAACAATAATGACTGCTTTTTGTCTGGCTATGTCTCCCATGAGGACAAATG
TCATTTTTGAGGCGCAACAGTGATCACAAACCTTTTATCCGCCGTGCCTTATGTAGGGGACATAC
TAGTACAATGAATTTGGGGAGGCTTCTCAGTAGATAATGCAACCCTAACACGATTCTTCGCATT
TCACTTCCTTTTTCCATTCTAATCGCAGCAGCAACTATCTTACACCTTCTTTTTCTACACGAA
ACAGGCTCCAATAACCCAACGGGCATTAACCTCAAACGCCGATAAAAATCCCGTTTTACCCCTATT
TTTCGTATAAAGATCTATTTGGTTTTGTATTATACTCTTAACCCTTACCTCTATTGCTTTATT
CACTCCGAATCTTTTAGGAGATCCAGACAATTTTATTCTGCAACCCCTAGTCACACCCCCA
CATATTAAGCCCGAATGATACTTCTTGTGTTGCTTACGCCATTCTACGTTCAATCCCTAATAAGC
TGGGAGGAGTTCTTGCTCTTCTATTTTTCAATTCTCATTCTAATATTGGTCCCAGTCTTACACAC
CTCCAAACAACGAGGACTAACATTCCGACCTTTAACCCAATTTTTATTCTGATGCCTAGTTGCT
GACATACTAATCCTAACATGAATTGGAGGAATACCAGTCGA

Poravnate sekvence (CLUSTAL X, 1.83), sa označenim polimorfnim pozicijama

```

Da1      CTTAAAATCGTTAACGATGCTCTAATTGACCTTCCTGCTCCTTCCAATATCTCCGTGTGA
Sa1      CTTAAAATCGTTAACGATGCTCTAATTGACCTTCCTGCTCCTTCCAATATCTCCGTGTGA
*****

Da1      TGAAACTTTGGCTCTCTACTGGGCCTATGCTTAGGAATACAACCTGTTACTGGCCTATTT
Sa1      TGAAACTTTGGCTCTCTACTGGGCCTATGCTTAGGAATACAACCTGTTACTGGCCTATTT
*****

Da1      TTAGCCATACACTATACTTCTGATATCTCAACAGCCTTCTCTTCTGTCTGCCACATTTGC
Sa1      TTAGCCATACACTATACTTCTGATATCTCAACAGCCTTCTCTTCTGTCTGCCACATTTGC
*****

Da1      CGAGACGTCAACTACGGCTGACTAGTCCGTAATATTCATGCCAATGGCGCATCTTTCTTT
Sa1      CGAGACGTCAACTACGGCTGACTAGTCCGTAATATTCATGCCAATGGCGCATCTTTCTTT
*****

Da1      TTCATCTGCATTTATCTTCATATCGCCCGCGGCCTTTATATATGGGTCTACCTCTATAAA
Sa1      TTCATCTGCATTTATCTTCATATCGCCCGCGGCCTTTATATATGGGTCTACCTCTATAAA
*****

Da1      GAAACCTGAAATATTTGGAGTCGTACTATTACTATTAACAATAATGACTGCTTTTGTGCGGC
Sa1      GAAACCTGAAATATTTGGAGTCGTACTATTACTATTAACAATAATGACTGCTTTTGTGCGGC
*****

Da1      TATGTCCTCCCATGAGGACAAATGTCATTTTGAGGCGCAACAGTGATCACAAACCTTTTA
Sa1      TATGTCCTCCCATGAGGACAAATGTCATTTTGAGGCGCAACAGTGATCACAAACCTTTTA
*****

Da1      TCCGCCGTGCCTTATGTAGGGGACATACTAGTACAATGAATTTGGGGAGGCTTCTCAGTA
Sa1      TCCGCCGTGCCTTATGTAGGGGACATACTAGTACAATGAATTTGGGGAGGCTTCTCAGTA
*****

Da1      GATAATGCAACCCTAACACGATTCTTCGCATTTCACTTCCTTTTTCCATTCTAATCGCA
Sa1      GATAATGCAACCCTAACACGATTCTTCGCATTTCACTTCCTTTTTCCATTCTAATCGCA
*****

Da1      GCAGCAACTATCTTACACCTTCTTTTTCTACACGAAACAGGCTCCAATAACCCAACGGGC
Sa1      GCAGCAACTATCTTACACCTTCTTTTTCTACACGAAACAGGCTCCAATAACCCAACGGGC
*****

Da1      ATTAAC TCAAACGCGGATAAAAATCCCGTTTCACCCCTATTTTTCTGTATAAAGATCTATTT
Sa1      ATTAAC TCAAACGCGGATAAAAATCCCGTTTCACCCCTATTTTTCTGTATAAAGATCTATTT
*****

Da1      GGTTTGTATATACTCTTAACTCCTTACCTCTATTGCTTTATTCACTCCGAATCTTTTA
Sa1      GGTTTGTATATACTCTTAACTCCTTACCTCTATTGCTTTATTCACTCCGAATCTTTTA
*****

Da1      GGAGATCCGACAACTTTATTCTGCCAACCCCTAGTCACACCCCCACATATTAAGCCC
Sa1      GGAGATCCGACAACTTTATTCTGCCAACCCCTAGTCACACCCCCACATATTAAGCCC
*****

Da1      GAATGATACTTCTTGTGTTGCTTACGCCATTCTACGTTCAATCCCTAATAAGCTGGGAGGA
Sa1      GAATGATACTTCTTGTGTTGCTTACGCCATTCTACGTTCAATCCCTAATAAGCTGGGAGGA
*****

Da1      GTTCTTGCTCTTCTATTTCAATTCTCATTCTAATATTGGTCCCAGTCTTACACACCTCC
Sa1      GTTCTTGCTCTTCTATTTCAATTCTCATTCTAATATTGGTCCCAGTCTTACACACCTCC
*****

Da1      AAACAACGAGGACTAACATTCGACCTTTAACCCAATTTTTATTCTGATGCCTAGTTGCT
Sa1      AAACAACGAGGACTAACATTCGACCTTTAACCCAATTTTTATTCTGATGCCTAGTTGCT
*****

Da1      GACATACTAATCCTAACATGAATTGGAGGAATACCAGTCGA
Sa1      GACATACTAATCCTAACATGAATTGGAGGAATACCAGTCGA
*****

```

PRILOG 2.

Mikrosatelitni podaci

Tabela 1. Karakterizacija mikrosatelitnih lokusa sa tri analizirana lokaliteta (Lugomir – L; Bakreni Batar – BB; Gromiželj – G). U tabeli su navedeni nazivi lokusa, broj analiziranih jedinki po populaciji, dužinski opsezi alela analiziranih jedinki po populaciji, broj detektovanih alela po populaciji, kao i zbir alela za sve tri populacije, uočena (H_0) i očekivana (H_E) heterozigotnost i Fis vrednosti po populaciji. Na osnovu Fis vrednosti, nije utvrđeno signifikantno odstupanje od HWEE-a ni za jedan od analiziranih lokusa po populacijama, kao ni za pojedinačne populacije. Nivo značajnosti (P) za Fis, određen je na osnovu 24 000 randomizacija i pri višestrukom testiranju (sa indikativnim nivoom od 5%) iznosio je 0,00208.

Lokus	Broj jedinki			Dužinski opsezi alela			Broj alela			H_0			H_E			Fis po populaciji			
	L	BB	G	L	BB	G	L	BB	G	L	BB	G	L	BB	G	L	BB	G	
<i>Ukr-Tet1</i>	19	20	20	170-210	146-206	138-190	5	14	11	19	0,74	0,95	0,75	0,72	0,91	0,82	0,008	-0,023	0,105
<i>Ukr-Tet2</i>	19	20	20	152-224	156-224	144-216	15	11	14	19	0,95	0,95	0,90	0,89	0,88	0,90	-0,042	-0,059	0,023
<i>Ukr-Tet3</i>	19	20	20	176-248	180-236	168-240	12	11	14	19	0,95	1,00	0,90	0,87	0,88	0,89	-0,059	-0,109	0,014
<i>Ukr-Tet4</i>	19	20	20	133-145	105-137	105-141	4	8	10	11	0,37	0,75	0,90	0,32	0,84	0,81	-0,115	0,136	-0,087
<i>Ukr-Tet5</i>	19	20	20	278-314	278-302	274-298	7	7	7	11	0,74	0,85	0,70	0,75	0,82	0,73	0,047	-0,008	0,076
<i>Ukr-Tet6</i>	19	20	20	228-236	228-236	228-240	3	3	4	4	0,53	0,60	0,40	0,56	0,50	0,45	0,093	-0,178	0,131
<i>Ukr-Tet7</i>	19	20	20	214-230	206-246	210-242	5	8	7	11	0,63	0,80	0,85	0,67	0,79	0,78	0,094	0,021	-0,064
<i>Ukr-Tet8</i>	19	20	20	176-192	160-208	164-200	5	6	4	11	0,52	0,50	0,30	0,53	0,61	0,27	0,032	0,205	-0,091

Biografija autora

Nenad K. Sekulić rođen je 22.10.1968. godine u Zrenjaninu, gde je završio osnovno i srednje obrazovanje sa odličnim uspehom. Školske 1988/89. godine upisao je studije na Odseku za biologiju Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu. Zvanje diplomiranog biologa stekao je januara 1995. godine, odbranom diplomskog rada pod nazivom: "Komparacija morfoloških karaktera vrste *Podarcis muralis* (Laurenti, 1768) (Reptilia, Lacertidae) sa područja Stare planine i Petrovaradina" sa ocenom 10 na diplomskom ispitu i opštim uspehom 8,72 u toku studija.

Doktorske studije je upisao školske 2006/07. godine na Biološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, modul Zaštita biodiverziteta u okviru studijskog programa Ekologija, biogeografija i zaštita biodiverziteta.

Od 1995. do 1999. godine radio je u odeljenju Zavoda za zaštitu prirode Srbije u Novom Sadu, a od 1999. godine zaposlen je u sedištu Zavoda u Beogradu. Na radnom je mestu stručnog saradnika za zaštitu prirode – oblast faune. Stručnim ispitom iz muzeologije u Narodnom muzeju u Beogradu 1997. godine stekao je zvanje kustosa. Do sada je učestvovao u izradi 8 nacionalnih i 15 međunarodnih projekata, 24 priloga za studije zaštite područja, podzakonskih akata iz oblasti zaštite prirode i zaštite i održivog korišćenja ribljeg fonda itd.

Rezultate svog dosadašnjeg istraživačkog rada objavio je u okviru 17 naučnih radova u međunarodnim i nacionalnim časopisima i 31 saopštenja na naučnim skupovima u zemlji i inostranstvu.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани: Ненад К. Секулић

број уписа: DC 060177

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Еколошке карактеристике и морфолошко-генетичка диференцијација популација црнке (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) са подручја Бачке, Мачве и Семберије

резултат сопственог истраживачког рада,

- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 01.10.2013. године



Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Ненад К. Секулић

Број уписа: DC 060177

Студијски програм: Екологија, биогеографија и заштита биодиверзитета

Наслов рада: **Еколошке карактеристике и морфолошко-генетичка диференцијација популација црнке (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) са подручја Бачке, Мачве и Семберије**

Ментори: др Јасмина Крпо-Ћетковић и др Саша Марић

Потписани: Ненад Секулић

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 01.10.2013. године



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Еколошке карактеристике и морфолошко-генетичка диференцијација популација црнке (*Umbra krameri* Walbaum, 1792) са подручја Бачке, Мачве и Семберије

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио.

1. Ауторство

Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 01.10.2013. године