



UNIVERZITET U BANJOJ LUCI
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET



mr Goran Šukalo

**POPULACIONO-EKOLOŠKE ODLIKE I
MORFOLOŠKA VARIJABILNOST BJELOUŠKE
(*Natrix natrix*) I RIBARICE (*Natrix tessellata*) NA
PODRUČJU SJEVEROZAPADNOG DIJELA
REPUBLIKE SRPSKE**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Banja Luka, 2017.



UNIVERSITY OF BANJA LUKA
FACULTY OF NATURAL SCIENCES
AND MATHEMATICS



Goran Šukalo, MSc

**POPULATION-ECOLOGICAL CHARACTERISTICS
AND MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF THE
GRASS SNAKE (*Natrix natrix*) AND THE DICE SNAKE
(*Natrix tessellata*) IN THE NORTHWESTERN PART OF
THE REPUBLIC OF SRPSKA**

DOCTORAL DISSERTATION

Banja Luka, 2017.

Mentor:

dr Ljiljana Tomović, redovni profesor, Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu

Komentor:

dr Dragojla Golub, vanredni profesor, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci

Naslov doktorske disertacije:

Populaciono-ekološke odlike i morfološka varijabilnost bjelouške (*Natrix natrix*) i ribarice (*Natrix tessellata*) na području sjeverozapadnog dijela Republike Srpske

Rezime:

Primjenom *Capture-Mark-Recapture* metode, u periodu od 2011. do 2014. godine, ukupno je uhvaćeno 217 jedinki bjelouške (*Natrix natrix*) na području močvarno-barskog ekosistema Bardača i 379 jedinki ribarice (*Natrix tessellata*) na području rijeke Vrbanje, različitih uzrasnih kategorija, oba pola. Za navedene populacije analizirani su morfološka varijabilnost, polni dimorfizam, populacioni parametri, reproduktivne karakteristike, ishrana, a utvrđeni su i faktori ugrožavanja. Rezultati istraživanja su pokazali da obje analizirane vrste pokazuju isti tip polnog dimorfizma, pri čemu ženke imaju značajno veće vrijednosti svih analiziranih morfometrijskih karaktera u odnosu na mužjake. Kod obje vrste u analiziranom uzorku su najzastupljenije adultne jedinke, dok je jednogodišnjih najmanje. Adultne ženke su značajno češće hvatane tokom perioda gestacije, što ukazuje na mogućnost postojanja uzoračke greške (eng. *sampling bias*) prilikom analize adultnog odnosa polova. Procjenjena gustina bjelouške na Bardači iznosi $\approx 8,1$ adultnih jedinki/ha, dok procjenjena gustina ribarice na Vrbanji iznosi ≈ 239 adultnih jedinki/1km riječnog toka. Kod ribarice je po prvi put analiziran rast, a utvrđeno je da ženke rastu brže nego mužjaci, pri čemu se jedinke mlađih uzrasnih kategorija, oba pola, karakterišu bržim rastom. Ženke bjelouške dostižu polnu zrelost pri 62,6 cm SVL, a mužjaci bjelouške pri 48,5 cm SVL, dok ženke ribarice dostižu polnu zrelost pri 51,4 cm SVL, a za mužjake ribarice nije utvrđena vrijednost SVL pri kojoj dostižu polnu zrelost, pošto nisu hvatani u kopulaciji. Kod obje vrste je utvrđena anualna učestalost reprodukcije, kao i pozitivna korelacija između veličine legla i SVL majke. Period polaganja jaja varira u zavisnosti od vremenskih prilika tokom perioda gestacije. Podaci o ishrani su prikupljeni palpacijom i spontanom regurgitacijom plijena. Ženke obje analizirane vrste konzumiraju krupniji i raznovrsniji tip plijena u odnosu na mužjake, što se može dovesti u vezu sa

zapaženim polnim dimorfizmom u veličini tijela. Najmanja učestalost hranjenja adultnih ženki zabilježena je tokom perioda gestacije, a adultnih mužjaka tokom proljeća.

Ključne riječi:

Natrix, morfologija, polni dimorfizam, populacione karakteristike, ishrana, reprodukcija

Naučna oblast:

Prirodne nauke

Naučno polje:

Biološke nauke

Klasifikaciona oznaka:

B 000

Tip odabrane licence Kreativne zajednice:

Autorstvo – nekomercijalno – bez prerada

Mentor:

Ljiljana Tomović, PhD, Full Professor, Faculty of Biology, University of Belgrade

Komentor:

Dragojla Golub, PhD, Associate professor, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Banja Luka

Title of the doctoral dissertation:

Population-ecological characteristics and morphological variability of the grass snake (*Natrix natrix*) and the dice snake (*Natrix tessellata*) in the northwestern part of the Republic of Srpska

Summary:

In the period between 2011 and 2014, using the Capture-Mark-Recapture method, a total of 217 individual grass snakes (*Natrix natrix*) were captured in the area of the marsh-pond ecosystem Bardača and 379 individual dice snakes (*Natrix tessellata*) were captured in the River Vrbanja, all of different age categories and both genders. Morphological variability and sexual dimorphism, population parameters, reproductive characteristics, diet, as well as threat factors were all analysed for said populations. The results showed that both analysed species show the same type of sexual dimorphism, wherein females have a significantly higher value of all analysed morphometric values compared to males. In analysed samples of both species the most common were adults, while there was least one-year-old snakes. Adult females had a significantly higher capture rate during gestation, which indicates the existence of sampling bias when analysing the adults gender ratio. The estimated density of grass snakes in Bardača is ≈ 8.1 adults/ha, and the estimated density of the dice snake in Vrbanja is ≈ 239 adults/1 km of river flow. This was the first time growth was analysed for dice snakes, and it was found that females grow faster than males, whereas individuals from younger age groups of both sexes, are characterised by faster growth. Females grass snakes become sexually mature at 62.6 cm SVL, and male grass snakes at 48.5 cm SVL, while female dice snakes become sexually mature at 51.4 cm SVL, while for male dice snakes the value of SVL is not known when they become sexually mature, since they were not captured in copulation. Annual frequency of reproduction was determined for both species, also a positive correlation between litter size and SVL of the mother. Eggs laying period varies depending on weather conditions during the period of gestation. Data on diet were collected by palpation and spontaneous regurgitation of prey. The females of both analysed species consume larger and

more diverse types of prey compared to males, which can be correlated to the observed sexual dimorphism in body size. The lowest feeding frequency in adult females was recorded during the period of gestation, and during the spring in adult males.

Key words:

Natrix, morphology, population characteristics, sexual dimorphism, diet, reproduction

Scientific area:

Natural sciences

Scientific field:

Biological sciences

Classification Code:

B 000

Type the selected license Creative Communities:

CC BY-NC-ND

Zahvalnica

Hvala dr Ljiljani Tomović, profesoru Biološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na predloženoj temi istraživanja, kao i na ukazanom povjerenju, nesebičnoj pomoći, strpljenju i aktivnom učešću u svim fazama izrade i pisanja disertacije. Takođe, Ljilji se zahvaljujem na prijateljskim savjetima i podršci koju mi je pružala od samog početka naše saradnje, kao i spremnosti na rješavanje svih malih i velikih problema sa kojima smo se susretali, od administrativnih do istraživačkih.

Hvala dr Dragojli Golub, profesoru Prirodno-matematičkog fakulteta, na strpljenju i tolerantnosti prilikom mojih terenskih istraživanja, kao i na korisnim sugestijama i savjetima pri izradi ove disertacije.

Hvala članu Komisije za pregled, ocjenu i odbranu doktorske disertacije, dr Draganu Mikavici, profesoru Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, na ukazanoj časti za učešće u Komisiji, čitanju rukopisa i sugestijama.

Veliku zahvalnost dugujem prijateljima i kolegama iz Srbije, Crne Gore, Hrvatske i Makedonije na pruženoj pomoći i savjetima prilikom savladavanja metodologije tokom naših terenskih druženja: dr Sonji Nikolić, dr Rastku Ajtiću, Slađani Gvozdrenović, Vuku Ikoviću, dr Dušanu Jeliću, dr Ani Golubović, Aleksandru Simoviću i Draganu Arsovsom.

Posebnu zahvalnost dugujem svojim prijateljima: Biljani Kukavici, Dejanu Dmitroviću i Siniši Škondriću na ogromnoj pomoći, podršci, razumjevanju, kritikama, kao i na našim diskusijama. Takođe, Dejanu Dmitroviću se zahvaljujem na nesebičnoj pomoći i sugestijama tokom pisanja disertacije.

Kolegi Marinku Vekiću hvala na čitanju rada i sugestijama.

Dr Vladimiru Jovanoviću, profesoru Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, hvala na pomoći u izračunavanju Von Bertalanffy-jevog modela rasta.

Na kraju, ogromnu zahvalnost dugujem svojoj porodici, a posebno roditeljima i bratu Dejanu na nesebičnoj podršci tokom nastajanja ove disertacije.

Jednokratnu stipendiju tokom izrade doktorske disertacije je obezbijedilo Ministarstvo nauke i tehnologije Republike Srpske, kome se takođe zahvaljujem.

Ovom prilikom se zahvaljujem svim kolegama i prijateljima koji su mi na bilo koji način pomogli u izradi ove disertacije, a nisu navedeni u zahvalnici.

Autor

Sadržaj

1. UVOD.....	1
1.1. Morfološka varijabilnost i polni dimorfizam	2
1.2. Populaciono-ekološka istraživanja.....	4
1.3. Metoda hvatanja-markiranja-ponovnog hvatanja.....	6
1.4. Reproductivna biologija.....	8
1.5. Ishrana	11
1.6. Faktori ugrožavanja i mjere zaštite	13
2. OBJEKTI ISTRAŽIVANJA	15
2.1. Bjelouška (<i>Natrix natrix</i> , Linnaeus, 1758).....	15
2.2. Ribarica (<i>Natrix tessellata</i> , Laurenti, 1768).....	20
3. ISTRAŽIVANA PODRUČJA.....	24
3.1. Močvarno-barski ekosistem Bardača	24
3.2. Rijeka Vrbanja.....	28
4. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	32
5. MATERIJAL I METODE.....	33
5.1. Analizirani uzorak.....	33
5.2. Analizirani karakteri.....	33
5.2.1. Morfometrijski karakteri	33
5.2.2. Meristički karakteri	34
5.3. Procjena veličine populacije.....	38
5.4. Reproductivne odlike	40
5.5. Stope rasta i procjena starosti.....	41
5.6. Ishrana	43
5.7. Statističke analize.....	44
6. REZULTATI	46
6.1. Morfološka varijabilnost i polni dimorfizam	46
6.1.1. Deskriptivna statistika, analiza varijanse (ANOVA) i analiza kovarijanse (ANCOVA) između vrste <i>Natrix natrix</i> i <i>Natrix tessellata</i> po polu.....	46
6.1.2. Polni dimorfizam.....	49
6.1.2.1. Polni dimorfizam vrste <i>Natrix natrix</i>	49
6.1.2.2. Polni dimorfizam vrste <i>Natrix tessellata</i>	52
6.1.3. Multivarijantne analize	56
6.1.3.1. Analiza glavnih komponenti (PCA).....	56

6.1.3.2.	Diskriminantna kanonijska analiza	59
6.1.4.	Meristički karakteri	60
6.1.5.	Korespodentna analiza	65
6.2.	Analiza populaciono-ekoloških parametara	66
6.2.1.	Bjelouška (<i>Natrix natrix</i>)	66
6.2.1.1.	Veličina i gustina populacije	66
6.2.1.2.	Odnos polova	68
6.2.1.3.	Odnos uzrasnih kategorija	71
6.2.1.4.	Kondicioni indeks	73
6.2.1.5.	Predacija i ožiljci	74
6.2.2.	Ribarica (<i>Natrix tessellata</i>)	75
6.2.2.1.	Veličina i gustina populacije	75
6.2.2.2.	Odnos polova	78
6.2.2.3.	Odnos uzrasnih kategorija	81
6.2.2.4.	Kondicioni indeks	84
6.2.2.5.	Areal aktivnosti	86
6.2.2.6.	Predacija i ožiljci	87
6.3.	Analiza reproduktivnih karakteristika	88
6.3.1.	Reproduktivne odlike bjelouške (<i>Natrix natrix</i>)	88
6.3.2.	Reproduktivne odlike ribarice (<i>Natrix tessellata</i>)	91
6.3.3.	Stopa rasta	93
6.4.	Odlike ishrane	98
6.4.1.	Ishrana bjelouške	98
6.4.2.	Ishrana ribarice	105
6.5.	Faktori ugrožavanja	113
6.5.1.	Faktori ugrožavanja bjelouške na Bardači	113
6.5.2.	Faktori ugrožavanja ribarice na Vrbanji	114
7.	DISKUSIJA	115
7.1.	Morfološka varijabilnost i polni dimorfizam	115
7.2.	Populaciono-ekološke odlike	119
7.3.	Reproduktivna biologija	131
7.4.	Ishrana	139
7.5.	Faktori ugrožavanja i mjere zaštite	147
8.	ZAKLJUČAK	149
9.	LITERATURA	152

1. UVOD

Zmije predstavljaju grupu gmizavaca svrstanih u podred Serpentes. Neke od morfoloških osobina koje definišu ovu grupu su: izduženo tijelo, redukovani ekstremiteti i srasli očni kapci. Njihov ekološki značaj u mnogim ekosistemima je veliki, budući da istovremeno predstavljaju predatore, ali služe i kao plijen mnogim drugim životinjama. Prema najnovijim podacima širom svijeta je opisano 3619 vrsta zmija (Uetz i Hošek, 2017), od čega Evropu naseljavaju 42 vrste, koje su svrstane u četiri porodice (Erycidae, Typhlopidae, Colubridae i Viperidae) (Cox i Temple, 2009). Prema Džukić i Kalezić (2004) diverzitet zmija na Balkanskom poluostrvu je predstavljen sa 24 vrste koje su, takođe, svrstane unutar četiri prethodno navedene porodice. U Republici Srpskoj, kao i čitavoj Bosni i Hercegovini prisutno je 13 vrsta zmija iz dvije porodice: 10 vrsta iz porodice Colubridae (*Natrix natrix*, *Natrix tessellata*, *Coronella austriaca*, *Zamenis longissimus*, *Zamenis situla*, *Elaphe quatuorlineata*, *Hierophis gemonensis*, *Platyceps najadum*, *Telescopus fallax*, *Malpolon insignitus*) i tri vrste iz porodice Viperidae (*Vipera ammodytes*, *Vipera berus*, *Vipera ursinii*).

Bez obzira na relativno mali broj vrsta zmija na području Bosne i Hercegovine, u odnosu na neka druga područja u svijetu, publikacija „Vodozemci i gmizavci naše zemlje“ autora Milutina Radovanovića iz 1951. godine je još uvijek jedan od osnovnih izvora informacija sa detaljnijim podacima o morfologiji, ekologiji, reprodukciji, ponašanju i distribuciji različitih vrsta zmija na ovom području. Budući da dugoročna populaciona istraživanja zmija, ali i drugih vrsta gmizavaca, nisu do sada vršena na prostoru Republike Srpske, kao i čitave Bosne i Hercegovine, jedan od zadataka ove teze jeste da se daju prvi detaljni podaci o biologiji i ekologiji dvije vrste roda *Natrix*, koje su ujedno najčešće i lokalno najbrojnije vrste zmija na području Republike Srpske. Uzimajući u obzir nedostajuća znanja o ovoj grupi organizama na prostorima Bosne i Hercegovine sprovedena istraživanja mogu poslužiti kao osnova i motiv za slične aktivnosti u budućnosti.

Zahvaljujući velikoj fenotipskoj plastičnosti vrsta koje su predmet ovog istraživanja, *Natrix natrix*, bjelouške (Madsen i Shine, 1993a) i *Natrix tessellata*, ribarice (Mebert, 2011a), velikoj gustini populacija (Gruschwitz i sar., 1999; Rugiero i sar., 2002; Ajtić i sar., 2013), značajnim geografskim varijacijama u ishrani (Luiselli i sar., 2005; 2007; Weiperth i sar., 2014a; 2014b) i reproduktivnoj biologiji (Madsen, 1983; Luiselli i sar., 1997; Luiselli i Zimmermann, 1997) zmije roda *Natrix* su veoma pogodan objekat za morfološka, a

istovremeno i populaciono-ekološka istraživanja. Navedene vrste su potpuno bezopasne za čovjeka i skoro nikada ne ujedaju, što olakšava njihovo hvatanje, ali i obradu uhvaćenih jedinki na terenu, pa one predstavljaju pogodne vrste za edukativne programe koji imaju za cilj razbijanje predrasuda o zmijama kao opasnim životinjama.

Bjelouška (*Natrix natrix*) i ribarica (*Natrix tessellata*), su jedina dva predstavnika podporodice Natricinae u Republici Srpskoj, kao i na Balkanskom poluostrvu. One su najčešći predstavnici gmizavaca u akvatičnim ekosistemima i zauzimaju poziciju predatora u lancima ishrane različitih tipova akvatičnih, ali i semiakvatičnih staništa. Iako su ove dvije vrste dugo godina bile predmet intenzivnih istraživanja na području Evrope (Madsen, 1983; Gruschwitz, 1986; Luiselli i Rugiero, 1991; Filippi i sar., 1996; Zimmermann i Fachbach, 1996; Luiselli i sar., 1997; Luiselli i sar., 2005; Mebert i sar., 2011a; 2011b), one su tek nedavno postale značajne u populaciono-ekološkim istraživanjima na prostoru Balkanskog poluostrva (Janev Hutinec i Mebert, 2011; Sterijovski i sar., 2011; Ajtić i sar., 2013; Šukalo i sar., 2014).

1.1. Morfološka varijabilnost i polni dimorfizam

Budući da se morfološke osobine jedinki nalaze pod direktnim uticajem različitih biotičkih i abiotičkih faktora životne sredine (npr. veličina tijela može biti povezana sa ishranom, boja sa termoregulacijom i/ili mimikrijom) detaljna morfološka analiza populacija može dosta reći o ekologiji, ishrani, reproduktivnoj biologiji itd. Prema tome, detaljna analiza morfoloških karaktera predstavlja prvi korak za ozbiljnija proučavanja u drugim oblastima biologije, posebno u anatomiji, filogeniji, zoogeografiji, ekologiji i fiziologiji, a istovremeno služi i kao značajan kriterijum u sistematici životinja (Radovanović, 1951). Morfološka karakterizacija neke vrste podrazumjeva utvrđivanje nivoa razlika morfoloških karakteristika između različitih populacija širom njenog areala, ali takođe i utvrđivanje razlika između pojedinih grupa unutar same populacije, npr. između različitih polova i/ili različitih uzrasnih klasa (Tomović, 2000). Morfološki karakteri koji se najčešće proučavaju prilikom istraživanja morfološke varijabilnosti uslovno se mogu podjeliti na morfometrijske karaktere (npr. mjere dužine), merističke karaktere (npr. broj različitih tipova krljušti) i kvalitativne osobine (npr. prisustvo ili odsustvo mrlja na pojedinim dijelovima tijela). Poznato je da vrste zmija roda *Natrix* pokazuju izrazito veliku fenotipsku plastičnost na intrapopulacionom i interpopulacionom nivou (Madsen i Shine, 1993a; Mebert, 2011a; Werner i Shapira, 2011;

Ajtić i sar., 2013). Morfološka varijabilnost i polni dimorfizam bjelouške i ribarice su opisani na području velikog dijela Evrope (Madsen, 1983; Thorpe, 1984a; 1984b; Zimmermann i Fachbach, 1996; Zoltán i Korsós, 2001; Mebert, 2011a; 2011b), ali relativno slabo na području Balkanskog poluostrva. Intenzivnija proučavanja na navedenom području su novijeg datuma (Anđelković, 2011; Sterijovski i sar., 2011; Šukalo, 2012; Ajtić i sar., 2013; Gvozdenović, 2013). Usljed nedostatka podataka koji se odnose na populacije sa područja Balkanskog poluostrva jedan od ciljeva ove teze je da se utvrdi nivo morfoloških razlika bjelouške i ribarice, između različitih polova i uzrasnih kategorija, na području sjeverozapadnog dijela Republike Srpske, te da dobijeni podaci doprinesu upotpunjavanju nedostajućih znanja i omoguće komparativne analize između populacija ovih vrsta unutar kompletnog areala njihovog rasprostranjenja.

Polni dimorfizam (*Sexual Size Dimorphism* - SSD) je široko rasprostranjen kod zmija, a ispoljava se kako u morfologiji (veličina, oblik, broj krljušti), tako i u ekologiji (ishrana, korištenje staništa). Takođe, uočeno je da polno dimorfni karakteri zmija različitih vrsta, ali i iste vrste, pokazuju veliku fenotipsku plastičnost na intrapopulacionom i interpopulacionom nivou (Shine, 1978; 1993; 1994). Kod većine vrsta zmija ženke su veće od mužjaka, a žensko pristrasan SSD je čak pravilo kod predstavnika nekih taksona (npr. Natricinae, Boidae), dok samo porodica Viperidae pokazuje skoro isključivo muško pristrasan SSD. S druge strane, iako su mužjaci mnogih vrsta u okviru porodice Elapidae i podporodice Colubrinae veći od ženki, one ipak pokazuju širok spektar SSD i nemaju dosljedan trend u jednom smjeru (Cox i sar., 2007). Postoji više objašnjenja za evoluciju polnog dimorfizma, ali se najčešće navode tri ključna selektivna procesa: seksualna selekcija, selekcija vezana za fekunditet i ekološka divergencija između polova (Shine, 1978; 1989; 1993; 1994).

Shine (1978; 1994) je uočio da su mužjaci obično manji nego ženke, kod vrsta zmija kod kojih mužjaci ne ispoljavaju muško-muške borbe, dok su mužjaci iste veličine, a često i veći od ženki, kod većine vrsta zmija kod kojih su zabilježene borbe između mužjaka. Prema tome, seksualna selekcija u pravcu favorizovanja mužjaka većih tjelesnih dimenzija se očekuje ukoliko krupniji mužjaci imaju veću šansu prilikom odbrane teritorije i parenja što je označeno kao intraseksualna selekcija, ili ukoliko ženke aktivno biraju da se pare sa krupnijim mužjacima, interseksualna selekcija (Andersson, 1994). Muško-muške borbe su zabilježene kod većine vrsta zmija porodice Viperidae, mnogih zmija porodice Colubridae, ali veoma rijetko kod zmija podporodice Natricinae (Shine, 1994). Od evropskih zmija, jedino kod vrsta roda *Natrix* nisu nikada zabilježene borbe između mužjaka (Capula i

Luiselli, 1997). Međutim, seksualna selekcija može takođe da utiče na veću dužinu tijela ženki, kroz interseksualnu selekciju, što je zabilježeno za nekoliko vrsta zmija podporodice Natricinae (Luiselli, 1996; Shine i sar., 2006). Naime, autori su uočili da krupnije ženke privlače veći broj mužjaka nego sitnije, kao i da se mužjaci prvenstveno pare sa krupnijim ženkama. S druge strane, selekcija vezana za fekunditet bi trebala da favorizuje veću veličinu tijela kod ženki, budući da je poznato da se kod većine vrsta zmija veličina legla povećava sa veličinom tijela majke (Seigel i Ford, 1987). Prema Shine (1993) veća dužina tijela ženki u odnosu na mužjake iste vrste kod većine vrsta zmija je rezultat ne samo selekcije fekunditeta nego i rezultat toga što ženke ulažu više u reprodukciju nego mužjaci.

Razlike u veličini tijela, ili morfologiji, između polova se mogu razviti i iz ekoloških razloga koji omogućavaju prilagođavanje polova različitim ekološkim nišama (Shine, 1989; 1991a; 1993; Houston i Shine, 1993; Luiselli i Angelici, 1998; Shetty i Shine, 2002). Osnovni dokaz evolucije polnog dimorfizma kroz interseksualnu podjelu niša predstavljaju razlike između polova u strukturama koje su direktno povezane sa ishranom (Shine, 1989; 1991a; 1993) tj. razlike u obliku i dimenzijama glave. Kod mnogih vrsta zmija je uočen polni dimorfizam u dimenzijama glave, pri čemu pravac i stepen razlika između polova pokazuje veliku plastičnost između različitih taksona, a čak i značajno varira geografski među populacijama iste vrste (Shine, 1991a). Ipak, kod zmija veći pol često ima i veće strukture koje su direktno povezane sa ishranom (Shine, 1991a; 1993) tj. veće apsolutne ali i relativne vrijednosti dužine vilice. Međutim, činjenica je da sva tri navedena selektivna procesa mogu djelovati istovremeno na isti takson, i da se polni dimorfizam u veličini može razviti kao odgovor na bilo koji od navedenih procesa pojedinačno ili kroz njihovu kombinaciju (Shine, 1989).

1.2. Populaciono-ekološka istraživanja

Ciljevi većine primjenjenih ekoloških istraživanja se odnose na populacioni nivo ekoloških integracija, i obuhvataju analizu osnovnih populaciono-ekoloških parametara (gustina populacije, odnos polova, odnos uzrasnih kategorija, stopa rasta, fekunditet, mortalitet, stope imigracije i emigracije), ali i mehanizme osnovnih populacionih promjena (Dorcas i Willson, 2009). Populacija se može definisati kao grupa jedinki iste vrste koje su zatvorene geografski, tako da mogu naći jedna drugu i razmnožavati se, dok u praksi pod populacijom najčešće podrazumjevamo grupe jedinki iste vrste raspoređenih manje ili više

susjedno tj. grupe jedinki na prostoru koji je obuhvaćen istraživanjem (Akçakaya i sar., 1999). Tako, kod kolonijalnih životinja (npr. mravi, morske ptice) kolonije su očigledne jedinice za proučavanje, međutim kada su životinje rasprostranjene na velikoj površini, istraživač je prinuđen da istraživanje sprovede unutar proizvoljno određenih granica (Moss i sar., 1982). Granice populacije zavise od veličine jedinki i načina života vrste, pojedinačnog areala aktivnosti, dostupnosti resursa, načina razmnožavanja, disperzije juvenilnih jedinki i sl. (Akçakaya i sar., 1999). Prisustvo ili odsustvo vrste, kao i veličinu populacije u lokalnoj zajednici određuje intenzitet dejstva abiotičkih, biotičkih i istorijskih faktora. Abiotički faktori su faktori nežive sredine, biotički faktori se odnose na interakcije sa drugim organizmima, dok istorijski faktori uključuju kolonizaciju, događaje izumiranja i obrasce kretanja (Vitt i Caldwell, 2009).

Detaljna populaciono-ekološka istraživanja predstavljaju osnovu za razumijevanje biologije svake vrste, a kako bi se utvrdilo da li je vrsta ugrožena ili nije, da li joj opada brojnost ili ne neophodni su populacioni podaci dobijeni kroz višegodišnja istraživanja. Međutim, često je smatrano da zmije nisu pogodni organizmi za detaljna populaciono-ekološka istraživanja (Parker i Plummer, 1987; Seigel i Ford, 1987), prije svega usljed male gustine populacije, neujednačene distribucije, skrivenog načina života i noćne aktivnosti mnogih vrsta, ali i usljed činjenice da su zmije često neaktivne duži vremenski period, što otežava njihovo pronalaženje i hvatanje na terenu. Navedeno ima za posljedicu nisku stopu ponovnog ulova (eng. *recapture rate*). Međutim, ova stopa je od ključnog značaja za preciznost procjene gustine populacije prilikom CMR (eng. *Capture-Mark-Recapture*) studija. Tako, Parker i Plummer (1987) u pregledu populacione ekologije zmija, navode da se većina objavljenih istraživanja (≈60%) odlikuje stopom ponovnog ulova koja je manja od 20%. Uprkos prethodno navedenom, zmije su nedavno predložene kao „model organizmi“ (Shine i Bonnet, 2000; Dorcas i Willson, 2009) za populaciono-ekološka istraživanja. Prednosti korišćenja populacija zmija za monitoring je njihov trofički položaj, pošto kao obligatni predatori, populacije zmija odražavaju stanje populacije njihovog plijena, a populacioni parametri zmija (npr. gustina, odnos polova, uzrasna struktura), mogu poslužiti kao indikator opšteg stanja ekosistema i kvaliteta životne sredine (Chim i Diong, 2013).

Različiti aspekti biologije i ekologije bjelouške (*Natrix natrix*) naročito su proučavani u Italiji (Luiselli i Rugiero, 1991; Filippi i sar., 1996; Capula i Luiselli, 1997; Luiselli i sar., 1997; Luiselli i sar., 2005) i Švedskoj (Madsen, 1983; 1984; 1987; Madsen i Shine, 1993a; 1993b), ali i u Engleskoj (Gregory i Isaac, 2004; 2005) i na Bliskom Istoku (Ahmadzadeh i

sar., 2011). Iako se bjelouška smatra najčešćom i najšire rasprostranjenom vrstom zmija na području bivše Jugoslavije (Radovanović, 1951), do sada nisu vršena detaljna, višegodišnja, populaciono-ekološka istraživanja ove vrste, kako na području Republike Srpske, tako ni na području Balkanskog poluostrva.

Različiti aspekti biologije i ekologije ribarice (*Natrix tessellata*) posebno su analizirani na području zapadne i centralne Evrope: u Italiji (Filippi i sar., 1996; Luiselli i Zimmermann, 1997; Luiselli i Rugiero, 2005; Luiselli i sar., 2007; Capula i sar., 2011), Njemačkoj (Gruschwitz, 1978; 1986; Lenz i Gruschwitz, 1993; Gruschwitz i sar., 1999), Švajcarskoj (Metzger i sar., 2009; Conelli i sar., 2011; Mebert i sar., 2011a) i Austriji (Zimmermann i Fachbach, 1996; Duda i sar., 2007). Na području Balkanskog poluostrva, prvo detaljno istraživanje ribarice započeto je 2008. godine, na području Prespanskog jezera, Republika Makedonija (Sterijovski i sar., 2011; Ajtić i sar., 2013; Ajtić, 2016), a u Republici Srpskoj populaciono-ekološka istraživanja ribarice su započeta prije pet godina (Šukalo, 2012).

1.3. Metoda hvatanja-markiranja-ponovnog hvatanja

Totalno prebrojavanje svih jedinki populacije neke vagilne vrste životinja na istraživanom lokalitetu (cenzus) je praktično nemoguće, budući da su životinje stalno u pokretu, skrivaju se, nisu aktivne tokom određenog dijela dana i sl. Zbog toga se često koriste različite metode za procjenu veličine populacije, što je od suštinskog značaja za efikasno upravljanje i zaštitu vrsta (Bradfield, 2004). Metoda hvatanja-markiranja-ponovnog hvatanja (eng. *Capture-Mark-Recapture* – CMR) je najčešće korišćena metoda za procjenu veličine populacije i obično podrazumijeva hvatanje životinja, njihovo individualno markiranje i puštanje, nakon čega se vrši njihovo ponovno hvatanje (jedan ili više puta) što omogućava procjenu veličine populacije (Schmidt i sar., 2002; Ross i Reeve, 2003). Pored toga, CMR metoda omogućuje praćenje kretanja jedinki u prostoru i u vremenu kroz populaciju (Olvido i Blumer, 2005). Ova metoda može potencijalno da se koristi uvijek kada postoji mogućnost da jedinke budu markirane ili na neki drugi način identifikovane. Markiranje se može vršiti na različite načine, što uglavnom zavisi od osobina grupe životinja koja se istražuje (Lettink i Armstrong, 2003). Za markiranje gmizavaca u kratkoročnim studijama se često koristi bojenje, za koje je dokazano da ne utiče na preživljavanje, a kod guštera se još uvijek dosta često koristi sječa prstiju, koja može na više načina negativno uticati na životinju, dok se kod

zmija najčešće koristi prženje, tetoviranje i zasjecanje krljušti (Bennett, 1999; Beausoleil i sar., 2004). Najjeftiniji metod markiranja za zmije koji se često koristi prilikom populaciono-ekoloških istraživanja, predstavlja zasijecanje ventralnih krljušti (Winne i sar., 2006). Dorcas i Willson (2009) kao glavni nedostatak markiranja zmija zasjecanjem ventralnih krljušti navode mogućnost regeneracije zasječene krljušti, što može dovesti do grešaka u očitavanju markacije prilikom dugoročnih istraživanja. Međutim, Winne i sar. (2006) navode da prženjem ventralnih krljušti markacija ostaje prepoznatljiva duži vremenski period. Individualno markiranje ima višestruki značaj u dugoročnim populaciono-ekološkim istraživanjima. Ono omogućava istraživaču da prati kretanje jedinke i njenu vezanost za stanište, praćenje rasta jedinke (u zavisnosti od sezone, godine i sl), ali takođe i promjene u reproduktivnom statusu jedinke (Dorcas i Willson, 2009). Prema Ross i Reeve (2003) najveći značaj dugoročnih CMR istraživanja je taj što omogućava ne samo pouzdanu procjenu gustine populacije, nego i analizu drugih populacionih karakteristika, kao što su stopa nataliteta i mortaliteta, uzrasna struktura populacije i odnos polova. Međutim, pored navedenih populacionih karakteristika CMR metod se može koristiti i za procjenu stope preživljavanja, procjenu uticaja raznih faktora ugrožavanja na preživljavanje, praćenje populacionih trendova, kao i prikupljanje podataka za analizu populacione održivosti (Lettink i Armstrong, 2003).

Populacije mogu da se podijele na „zatvorene“ i „otvorene“ na osnovu kriterijuma koji će u nastavku teksta biti detaljnije obrazloženi, pri čemu se za istraživanje prvih koriste zatvoreni populacioni modeli, a drugih otvoreni. Zatvoreni populacioni modeli zahtijevaju stabilnost veličine populacije u toku perioda istraživanja, odnosno odsustvo nataliteta, mortaliteta, emigracija ili imigracija, ili uslov da je njihov uticaj neznatan (Pollock i sar., 1990). Ovi modeli podrazumjevaju realizaciju dvije ili više sesija hvatanja jedinki vrste koja je obuhvaćena istraživanjem u kratkom periodu za procjenu veličine populacije (Lettink i Armstrong, 2003). Međutim, osnovni nedostatak zatvorenih populacionih modela je kratak vremenski period trajanja istraživanja usljed čega ovi modeli ne pružaju mogućnost procjene vitalnih stopa (npr. stopa preživljavanja i stopa rasta populacije), a često mogu i podcijeniti veličinu populacije ukoliko dio populacije nije dostupan za hvatanje tokom istraživanja (Dorcas i Willson, 2009).

Ako prikupljanje podataka traje duži vremenski period (više nedelja, mjeseci ili godina) dolazi do promjena u veličini i sastavu populacije tokom perioda istraživanja, usljed ulaska novih jedinki (natalitet i/ili imigracija) ili izlaska postojećih jedinki iz populaciju

(mortalitet i/ili emigracija). U ovim uslovima se primjenjuju otvoreni populacioni modeli (Pollock i sar., 1990) koji omogućuju procjenu vitalnih stopa (npr. preživljavanje i populacioni rast), budući da su populacije otvorene za rađanje, umiranje, imigracije i emigracije (Pollock i sar., 1990; Dorcas i Willson, 2009). Najčešće korišteni otvoreni populacioni modeli su zasnovani na primjeni Jolly-Seber-ove metode procjene veličine populacije, i zahtijevaju najmanje tri uzastopne serije hvatanja razdvojene dužim vremenskim intervalima (Dorcas i Willson, 2009). Ovaj metod podrazumijeva da istraživač vodi evidenciju kada je jedinka poslednji put uhvaćena u istraživanoj populaciji i na taj način pored procjene brojnosti populacije omogućava i procjenu stope preživljavanja i vezanost za stanište (Olvido i Blumer, 2005). Glavni nedostatak otvorenih populacionih modela je da oni pretpostavljaju konstantnu vjerovatnoću hvatanja i na taj način ne mogu da objasne variranje vjerovatnoće hvatanja usljed vremenskih uticaja, efekata ponašanja ili heterogenosti staništa (Dorcas i Willson, 2009). Zbog toga, plan uzorkovanja treba pažljivo razraditi te na taj način umanjili poznate izvore varijabilnosti, koji se najčešće odnose na razlike u odnosu na pol, uzrasnu kategoriju ili reproduktivni status jedinki (Petit i Valiere, 2006).

1.4. Reproductivna biologija

Reproduktivna biologija, u širem smislu, pored parametara usko povezanih sa reproduktivnim uspjehom, kao što su broj i veličina potomstva, stope rasta a time i vrijeme dostizanja polne zrelosti, podrazumijeva i osobine kao što su učestalost reprodukcije, tip reproduktivne strategije, roditeljsko ulaganje, tj. cijenu reprodukcije, ali i mnoga druga reproduktivno specifična ponašanja, kao što su prisustvo ili odsustvo borbi između mužjaka, formiranje agregacija i migracije u vrijeme polaganja jaja ili rađanja mladih (Shine i Bonnet, 2009). Reprodukcijska zahtijeva povećanu potrošnju energije. Endotermni kičmenjaci cijenu reprodukcije obezbjeđuju kroz trenutno pribavljanje energije – „odgajivači prihodom“ (eng. „*income breeders*“) dok ektotermni kičmenjaci uglavnom sakupljaju energiju duži vremenski period (u vidu tjelesnih rezervi, tj. masti i proteina) prije nego što je usmjere na reprodukciju – „odgajivači kapitalom“ (eng. „*capital breeders*“) (Drent i Daan, 1980; Bonnet i sar., 1998). Mnoge zmije se najvjerojatnije oslanjaju na kombinaciju ove dvije strategije (Lourdais i sar., 2002; 2003; Reading, 2004; Santos i Llorente, 2004). Rezultati Bonnet i sar. (2001) pokazuju da je *Vipera aspis* tipični „odgajivač kapitalom“ u smislu da uskladištene rezerve utiču na učestalost reprodukcije, ali je u izvjesnoj mjeri i fakultativni „odgajivač prihodom“ u odnosu na određivanje veličine potomstva i veličine legla. Ženke mnogih vrsta zmija ne pokreću

reprodukciju sve dok njihove tjelesne rezerve ne pređu granične vrijednosti (Aubret i sar., 2002; Bonnet i sar., 2002; Santos i sar., 2005), dok se mužjaci mogu pariti svake godine bez obzira na njihovo kondiciono stanje (Aubret i sar., 2002). Ciklus tjelesnih masti pokazuje da uskladištene masti moraju doprinijeti energiji potrebnoj za sazrijevanje folikula i žumanca jaja (Feriche i sar., 2008). Tako su Santos i sar. (2005) dokazali da *Natrix maura* modifikuje period reprodukcije prilagođavajući vitelogenezu maksimalnoj pristupačnosti plijena na datom lokalitetu, dok Filippi i Luiselli (2003) navode odloženu reprodukciju mediteranskih populacija zmija usljed njihovog sakupljanja od strane lokalnog stanovništva za ritualne procese prije početka parenja zmija i vitelogeneze.

Kod mnogih vrsta zmija veličina legla raste sa veličinom tijela majke (Seigel i Ford, 1987; Pizzatto i Marques, 2007), a budući da zmije odlikuje nedetriminisan rast, starije jedinke imaju tendenciju da budu veće i imaju brojnije potomstvo (Bertona i Chiaraviglio, 2003). Pozitivna korelacija između veličine tijela majke i veličine legla je zabilježena u dosadašnjim istraživanjima kod sve tri vrste roda *Natrix* (Hailey i Davies, 1987a; Luiselli i sar., 1997; Luiselli i Rugiero, 2005). Međutim, iako je veličina tijela majke važan faktor u određivanju veličine legla kod mnogih vrsta zmija, neki drugi faktori takođe mogu uticati na veličinu legla: tjelesna kondicija ženki pri ovulaciji (King, 1993), genetički faktori (Gregory i Larsen, 1993), količina atmosferskih padavina, dostupnost plijena (Seigel i Fitch, 1985; Bonnet i sar., 2001), kao i filogenija (Pizzatto i Marques, 2007). U laboratorijskim uslovima je dokazano da dostupnost hrane u velikoj mjeri može modifikovati veličinu legla kod ženki viviparnih (Ford i Seigel, 1989) ali i oviparnih (Seigel i Ford, 1991) vrsta zmija. Budući da se kod zmija reproduktivni uspjeh nalazi pod uticajem uslova životne sredine, jedne ili više prethodnih godina, za očekivati je da u mnogim slučajevima varira godišnje (Seigel i Fitch, 1985). Rezultati Blouin-Demers i Weatherhead (2007) ukazuju da veličina legla raste sa veličinom majke, ali i da se veličina jaja smanjuje sa veličinom legla. Takođe, njihovi rezultati ukazuju da ženke koje su u boljoj kondiciji nakon završetka polaganja jaja proizvode veća jaja. S druge strane, Bonnet i sar. (2003) smatraju da metodološka pristrasnost može precijeniti korelaciju između veličine tijela majke i veličine legla, zbog čega razumijevanje ovog odnosa zahtjeva višegodišnja terenska istraživanja.

Veoma korisno i značajno za razumijevanje ekologije svake vrste predstavlja poznavanje stopa rasta njenih jedinki. Međutim, zapaženo je da kod zmija na stope rasta mogu uticati mnogobrojni faktori: pol, starost, temperatura (Brown i Weatherhead, 1999a), genetičke razlike, lokalne adaptacije na različite uslove životne sredine (Bronikowski, 2000),

dostupnost hrane, vrijeme dostizanja polne zrelosti i klimatske karakteristike (Madsen i Shine, 1993a; Bronikowski i Arnold, 1999). Pošto se zmije odlikuju nedeterminisanim rastom, njihovu starost je često teško utvrditi, izuzev nekih vrsta (npr. rodovi *Crotalus* i *Sistrurus*) kod kojih se starost može odrediti na osnovu segmenata kožnih prstenova na repu (Beaupre i sar., 1998). S druge strane, za procjenu starosti kod mrtvih jedinki mogu se koristiti prstenovi rasta na kostima (Fornasiero i sar., 2016). Budući da se živim zmijama najčešće ne može odrediti starost na osnovu spoljašnjih karakteristika, poznavanje stopa rasta često predstavlja jedini mogući način određivanja starosti kod zmija (Madsen, 1983; Plummer, 1985; Bronikowski i Arnold, 1999; Brown i Weatherhead, 1999a), a da bi se utvrdile stope rasta neophodna su višegodišnja terenska morfometrijska i populaciona istraživanja.

Većina gmizavaca počinje sa reprodukcijom prije nego što dostignu maksimalnu veličinu tijela. Prije dostizanja polne zrelosti organizmi usmjeravaju energiju na bazalni metabolizam i rast, dok nakon polnog sazrijevanja energija se usmjerava i na reprodukciju (Shine i Charnov, 1992). Veličina tijela pri kojoj zmije dostižu polnu zrelosti je relativno konstantan odnos maksimalne veličine tijela, i zapaženo je da većina zmija postaje polno zrela pri 60–75% ($\approx 68\%$) njihove maksimalne dužine (Shine i Charnov, 1992). Iako su mladi oba pola najčešće iste veličine po rođenju ili izlijeganju iz jaja (Fitch, 1981), njihove stope rasta se poslije toga mogu razlikovati (Madsen, 1983; Crews i sar., 1985; Stanford i King, 2004). Razlike u stopama rasta su vjerovatno posljedica razlika u intenzitetu ishrane ili u metaboličkim troškovima između polova (Shine, 1993). Ženke vrste *Acrochordus arafurae* već na rođenju imaju znatno veću masu tijela nego mužjaci iz istog legla i održavaju ovu razliku tokom života (Shine, 1986). S druge strane, utvrđeno je da je smanjenje stope rasta mladih mužjaka vrste *Thamnophis sirtalis* uslovljeno polnim hormonima (Crews i sar., 1985). Različito vrijeme dostizanja polne zrelosti je česta pojava kod zmija, pri čemu mužjaci mnogih vrsta zmija ranije polno sazrijevaju nego ženke (Parker i Plummer, 1987; Shine, 1993; Luiselli i Rugiero, 2005), najvjerovatnije usljed njihovih nižih troškova reprodukcije (Shine, 1978). U dosadašnjim istraživanjima je utvrđeno da vrijeme dostizanja polne zrelosti, kao i stope rasta mogu značajno da se razlikuju između lokalnih populacija (Madsen i Shine, 1993a; Bronikowski i Arnold, 1999), te da dostupnost hrane, a sa njom i veličina tijela, imaju veći uticaj na dostizanje polne zrelosti nego starost (Taylor i Denardo, 2005).

Većina vrsta zmija koje žive u područjima umjerenokontinentalne klime, reprodukuje se sezonski, tokom toplih mjeseci (obično proljeće), dok među tropskim zmijama, neke vrste

se razmnožavaju skoro tokom cijele godine, druge se uglavnom razmnožavaju u sušnoj sezoni, a neke se reprodukuju tokom vlažne sezone (Vitt i Caldwell, 2009). Sezonska reprodukcija kod tropskih vrsta zmija može biti uslovljena biotičkim faktorima, kao što su odsustvo predatora koji se hrane mladim jedinkama ili jajima zmija, kao i periodi sa optimalnom količinom hrane za mladunce, ali i abiotičkim faktorima kao što je sezonska kombinacija pogodnih uslova potrebnih za inkubaciju (Seigel i Ford, 1987; Brown i Shine, 2006). Veći uticaj abiotičkih ekoloških faktora, poput sezone dostupnosti vlažnih uslova potrebnih za inkubaciju jaja, dokazan je za tropsku vrstu zmija *Tropidonophis mairii*, u odnosu na biotičke ekološke faktore (Brown i Shine, 2006). Ženke gotovo svih vrsta gmizavaca umjerene zone produkuju jaja ili potomke u najtoplije doba godine i na taj način usklađuju embriogenezu sa visokim temperaturama okoline (Vitt i Caldwell, 2009). Poznato je da temperatura određuje stopu gotovo svih bioloških procesa, uključujući i stope rasta, godine dostizanja polne zrelosti, stope pribavljanja energije, kao i učestalost reprodukcije (Weatherhead i Madsen, 2009). U dosadašnjim istraživanjima je dokazano da populacije oviparnih (Luiselli i Zimmermann, 1997), ali i viviparnih vrsta zmija (Zuffi i sar. 1999) iz relativno hladnijih klimatskih uslova imaju nižu učestalost reprodukcije nego populacije iste vrste koje naseljavaju toplija klimatska područja.

Različiti aspekti reproduktivne biologije bjelouške su analizirani na području Švedske (Madsen, 1983; 1984; 1987; Madsen i Shine, 1993b) i Italije (Luiselli, 1996; Luiselli i sar., 1997), ali ne i na području Balkanskog poluostrva. S druge strane, različiti aspekti reproduktivne biologije ribarice su do sada analizirani na području Austrije i Italije (Luiselli i Zimmermann, 1997; Luiselli i Rugiero, 2005; Capula i sar., 2011), Češke (Velenský i sar., 2011), a nedavno su započeta i istraživanja na području Balkanskog poluostrva (Šukalo, 2012; Ajtić i sar., 2013; Ajtić, 2016).

1.5. Ishrana

Zmije su predatori i zajednička osobina njihovog trofičkog ponašanja je da najveći broj vrsta lovi žive životinje i da svoj plijen gutaju u cjelini (Ananjeva i Orlov, 1982; Vitt i Caldwell, 2009). Specifičnost ovakvog načina ishrane se zasniva na njihovoj specifičnoj morfologiji, koja podrazumjeva: izdužen oblik tijela, odsustvo ekstremiteta, zubni sistem prilagođen za hvatanje, zadržavanje i gutanje plijena (odnosno ubijanje plijena kod otrovnih zmija), kao i izuzetno pokretna lobanja (Radovanović i Martino, 1950; Ananjeva i Orlov,

1982). Zmije love svoj plijen na različite načine, a dvije dobro poznate strategije potrage za hranom su definisane na osnovu ponašanja prilikom lociranja i hvatanja plijena: strategija „sjed i čekaj“ (eng. *sit-and-wait*) poznata i pod nazivom „lovci iz zasjede“, i strategija „aktivnog traganja za hranom“ (eng. *active foragers*) poznata i pod nazivom „aktivni tragači“ (Vitt i Caldwell, 2009). Prva strategija čuva energiju, ali pruža i nižu stopu hvatanja plijena (Ghira i sar., 2009). Način „sjed i čekaj“ podrazumijeva malu potrošnju vremena i energije u potrazi za plijenom. Zmija obično ostaje nepomična i naglo napada plijen kada se on pomjeri u njenom vidnom polju, pri čemu najviše energije troši prilikom hvatanja i manipulisanja plijenom. Sa druge strane, „aktivni tragači“ se kreću kroz sredinu tragajući za plijenom, pri čemu najveći dio energije koriste u fazi potrage (Vitt i Caldwell, 2009). Strategiju „lovci iz zasjede“ koriste mnoge vrste porodica Viperidae i Crotalidae, dok je strategija aktivnih tragača često prisutna među vrstama porodice Colubridae, uključujući i vrste roda *Natrix* (Ananjeva i Orlov, 1982). Strategije ishrane su u korelaciji sa termoregulacijom, interspecijskom interakcijom, oblikom tijela, morfologijom digestivnog sistema i preferencijom staništa (Ghira i sar., 2009). Dostupni podaci o sastavu plijena mnogih vrsta zmija su oskudni, uglavnom zbog njihovog skrivenog načina života, a malo se zna i o intrapopulacionim i interpopulacionim varijacijama u ishrani određene vrste (Filippi i sar., 1996; Luiselli i sar., 2005; 2007; Weiperth i sar., 2014a; 2014b; Šukalo i sar., 2014). Iako mnoge vrste imaju relativno široku varijabilnost u pogledu tipa plijena koji koriste u ishrani, a koji često varira između populacija i sa veličinom zmije, neke vrste zmija su specijalizovane za ishranu jednim tipom plijena, npr. afrički rod *Dasypeltis* je specijalizovan na ishranu jajima, a morske zmije roda *Laticauda* su specijalizovane za ishranu jeguljama (Shine, 1998). Takođe, kod zmija su zabilježene i geografske razlike u tipu konzumiranog plijena (Luiselli i sar., 2005; 2007; Santos i sar., 2008; Weiperth i sar., 2014a), a one se najčešće dovode u vezu sa razlikama u raspoloživosti i dostupnosti potencijalnog plijena između različitih staništa/lokaliteta. Kao posljedica ograničenja zijevom, tj. pošto zmije ne mogu da kidaju svoj plijen na dijelove, dimenzije tijela zmije veoma često imaju veliki uticaj na njenu ishranu (Arnold, 1993). Kod mnogih vrsta zmija zabilježene su ontogenetske promjene u tipu i/ili veličini konzumiranog plijena (Mushinsky i sar., 1982; Arnold, 1993; Santos i sar., 2007). Prema Arnold (1993) krupnije jedinke zmija iz ishrane isključuju sitnije stavke potencijalnog plijena, što može biti posljedica neefikasnosti hvatanja sitnijeg plijena od strane krupnijih zmija ili posljedica niskog energetskog sadržaja sitnih stavki plijena. Isti autor navodi da jedan od mogućih razloga ishrane krupnijih zmija krupnijim plijenom, u konkretnom slučaju ribom, može biti i rezultat zauzimanja različitih stanišnih niša riba i

zmija različitih dimenzija na istom lokalitetu. Takođe, kod zmija su zabilježene i interseksualne razlike u tipu i/ili veličini konzumiranog plijena (Houston i Shine, 1993; Santos i sar., 2000; Shetty i Shine, 2002), a one se najčešće dovode u vezu sa polnim dimorfizmom u veličini (Shine, 1991b; Santos i sar., 2000) i/ili interseksualnom podjelom niše (Houston i Shine, 1993; Luiselli i Angelici, 1998). Pošto je kod zmija podporodice Natricinae prisutan žensko pristrasan SSD (Shine, 1994), za očekivati je da ženke kao krupniji pol, koje se istovremeno odlikuju proporcionalno dužim vilicama (Shine, 1991b; 1993) konzumiraju krupnije stavke plijena u odnosu na mužjake. Kod vrsta roda *Natrix* u dosadašnjim istraživanjima su dokumentovane razlike u tipu i/ili veličini konzumiranog plijena između različitih polova, između uzrasnih kategorija, kao i između različitih populacija (Filippi i sar., 1996; Santos i sar., 2000; Luiselli i sar., 1997; 2005; 2007; Weiperth i sar., 2014a). Takođe, za bjeloušku i ribaricu je dokumentovana intenzivna ishrana introdukovanom vrstom plijena (Gregory i Isaac, 2004; Acipinar i sar., 2006). Postojanje interpopulacionih razlika u tipu konzumiranog plijena dvije vrste roda *Natrix* (Luiselli i sar., 2005; 2007; Weiperth i sar., 2014a; 2014b), kao i intenzivna ishrana introdukovanim tipom plijena (Gregory i Isaac, 2004; Acipinar i sar., 2006) ukazuje da one vjerovatno mogu opstati u području gdje je gustina populacije njihovog uobičajenog plijena drastično opala, tako što se mogu prebaciti na alternativni tip plijena koji je u datom momentu vjerovatno najbrojniji, a time i najlakše dostupan. Međutim, još uvijek nije sasvim poznato kako i koliko brzo dolazi do promjene u ishrani na intrapopulacionom nivou, a da bi se ovo utvrdilo neophodna su višegodišnja istraživanja kvalitativnih i kvantitativnih osobina hrane koju su konzumirale zmije u odabranoj populaciji, kao i paralelna istraživanja kvalitativnih i kvantitativnih osobina populacija potencijalnog plijena na toj lokaciji.

1.6. Faktori ugrožavanja i mjere zaštite

Teškoće u registrovanju opadanja gustine populacije neke vrste gmizavaca su rezultat nedostatka dugoročnih istraživanja prirodnih populacija (Gibbons i sar., 2000), a pravovremeno otkrivanje trenda opadanja gustine populacije ima ključni značaj u sprečavanju potencijalnog iščezavanja vrste sa datog lokaliteta. Poredeći više nezavisnih dugoročnih populacionih istraživanja na zmijama, Reading i sar. (2010) navode da brojne populacije zmija različitih taksonomskih grupa iz različitih geografskih i klimatskih regiona tokom posljednje decenije pokazuju alarmantan trend značajnog opadanja brojnosti u svijetu. Smanjenje gustine populacija gmizavaca je izazvano većim brojem faktora, od kojih su

najznačajniji gubitak staništa (degradacija i fragmentacija), introdukovane vrste, bolesti, zagađivanje životne sredine, ali i globalne klimatske promjene (Gibbons i sar., 2000; Cox i Temple, 2009). Neki od ovih faktora direktno djeluju na populacije zmija, dok drugi djeluju indirektno kroz smanjenje dostupnosti plijena ili smanjenje kvaliteta staništa (Santos i Llorente, 2009). Kako bi se spriječilo potencijalno iščezavanje neke vrste sa datog lokaliteta neophodno je pravovremeno detektovati pad gustine populacije te vrste, ali takođe utvrditi i da li je on nastao usljed nekog unutrašnjeg faktora u populaciji ili predstavlja odraz nekih većih promjena u životnoj sredini (Ranta i sar., 2006). Stoga, da bi se pravovremeno identifikovali, razjasnili, ali i zaustavili faktori koji uzrokuju opadanje gustine populacija mnogih vrsta zmija neophodno je intenzivirati populaciona istraživanja kao i podsticati međusobnu saradnju istraživača (Gibbons i sar., 2000). Takođe je neophodno raditi na očuvanju pogodnih staništa, smanjiti korištenje raznih zagađivača životne sredine, raditi na zaštiti i povećanju brojnosti njihovog plijena (Santos i Llorente, 2009), kao i očuvanju i zaštiti važnih staništa rijetkih i ugroženih vrsta (Fillipi i Luiselli, 2000).

2. OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Objekti istraživanja ove teze su dvije vrste zmija iz porodice Colubridae, podporodice Natricinae, roda *Natrix*: bjelouška (*Natrix natrix*) i ribarica (*Natrix tessellata*).

Zmije roda *Natrix* karakteriše eliptična ili ovalna glava, koja je jasno odvojena od trupa. Zubi donje vilice su približno iste dužine, dok se maksilarni zubi povećavaju u veličini idući ka zadnjem dijelu glave. Rep zauzima oko 20% totalne dužine tijela, pri čemu mužjaci imaju duži rep nego ženke. Dorzalnih krljušti oko sredine trupa ima 19, a iza postokularnih pločica je prisutna samo jedna krupna temporalna pločica. Najčešće se susreću u neposrednoj blizini vode ili u vodi (Radovanović, 1951; Boulenger, 2000). Broj hromozoma iznosi $2n = 34$, od čega je osam pari makrohromozoma (sedam od njih su metacentrični, a jedan par subtelocentričan), a devet pari su mikrohromozomi (Rossman i Eberle, 1977). U Republici Srpskoj, kao i u cijeloj Bosni i Hercegovini, rod *Natrix* obuhvata dvije vrste vodenih zmija: bjeloušku (*Natrix natrix*, Linnaeus, 1758) i ribaricu (*Natrix tessellata*, Laurenti, 1768).

2.1. Bjelouška (*Natrix natrix*, Linnaeus, 1758)

Bjelouška je oviparna vrsta srednje veličine tijela. Najčešće dostiže dužinu od 100 do 150 cm, a rijetko i do 200 cm (Radovanović, 1951; Arnold i Burton, 2002). Adultne jedinke odlikuje dosta snažno, bočno spljošteno tijelo, sa pozadi proširenom glavom koja se naprijed završava tupom, zaobljenom njuškom. Glava juvenilnih jedinki je izdužena, eliptičnog oblika (Radovanović, 1951). Oči i nozdrve su postavljene bočno. Zjenice su okrugle, sa zlatnim krugom oko njih, a dužica je tamno smeđa ili crvenkasto smeđa (Boulenger, 2000). Markantna odlika ove zmije, po kojoj je dobila i ime, su bijele mrlje u zaušnom dijelu glave (Slika 2.1.1). Obojenost tijela je vrlo varijabilna; dorzalna strana je najčešće pepeljasto-siva ili sivo-maslinasta u raznim nijansama, sa malim crnim mrljama (Radovanović, 1951) složenim u tri do šest uzdužnih linija, koje se mogu smanjivati ili čak nestati kod adultnih jedinki (Braña, 1998), a ponekad su prisutne i svijetle pruge (Arnold i Burton, 2002). Slučajevi melanizma su zabilježeni u više navrata: za Hrvatsku (Zadravec i Lauš, 2011), Crnu Goru (Gvozdenović i Schweiger, 2014), Bugarsku (Naumov i Tomović, 2005; Mollov, 2012) i za Tursku (Habiboğlu i sar., 2016). Ventralna strana tijela odlikuje se karakterističnim „kockastim“ crnim i bijelim mrljama. Crne mrlje u drugoj polovini tijela postaju dominantnije, pri čemu je donja strana repa najčešće potpuno crna (Radovanović, 1951).

Supralabijalnih pločica je najčešće sedam (rijetko šest ili osam), od kojih treća i četvrta najčešće dodiruju oko (Boulenger, 2000; Arnold i Burton, 2002). Preokularna pločica je najčešće jedna, dok je broj postokularnih pločica najčešće tri (Radovanović, 1951), ali može da varira od dvije do četiri (Arnold i Burton, 2002). Kloakalna krljušt je podijeljena. Broj ventralnih krljušti varira od 153 do 193 (Braña, 1998) odnosno od 157 do 181 (Boulenger, 2000). Subkaudalne krljušti su parne, a njihov broj varira od 50 do 88 (Boulenger, 2000), odnosno od 49 do 90 pari (Braña, 1998). Krljušti na dorzalnoj strani repa su najčešće glatke (Radovanović, 1951; Arnold i Burton, 2002).



Slika 2.1.1. Bjelouška (*Natrix natrix*)

Polni dimorfizam u veličini tijela je prisutan i pomjeren je u korist ženki (Madsen, 1983; Luiselli i sar., 1997). Prema Madsen-u (1983) polni dimorfizam kod bjelouške se pojavljuje u toku ontogenetskog razvića, a naročito je izražen nakon dostizanja polne zrelosti. Međutim, Gregory (2004) navodi da se razni aspekti polnog dimorfizma u morfologiji, kao što su relativno veća glava i relativno kraći rep ženki, pojavljuju već kod novorođenčadi. Ženke bjelouške rastu znatno brže nego mužjaci, a razlika u stopi rasta dovodi do veće veličine adultnih ženki (Madsen, 1983). Srednja vrijednost totalne dužine tijela adultnih mužjaka iznosi $84,3 \pm 12,8$ cm, a adultnih ženki $99,7 \pm 18,2$ cm (Filippi i sar., 1996).

Međutim, adultni mužjaci, iako manji po veličini, odlikuju se većom relativnom dužinom repa (Feriche i sar., 1993). Prema Madsen-u (1983) mužjaci dostižu polnu zrelost tokom treće godine života (pri totalnoj dužini od oko 55 cm), a ženke postaju polno zrele tokom četvrte ili pete godine života (pri totalnoj dužini od oko 68 cm) za švedske populacije, dok Luiselli i sar. (1997) navode da ženke dostižu polnu zrelost sa šest do osam godina starosti (pri totalnoj dužini od oko 70 cm) za italijanske populacije. Polni dimorfizam postoji i u pogledu broja ventralnih i subkaudalnih krljušti. Prema Feriche i sar. (1993) prosječan broj ventralnih krljušti kod mužjaka je 161,3 i značajno je veći u odnosu na ženke čiji broj iznosi 156,8. Ova razlika je još izraženija u pogledu subkaudalnih krljušti čiji prosječan broj kod mužjaka iznosi 73,9 a kod ženki 62,4 (Feriche i sar., 1993).

Sezonska aktivnost bjelouške započinje izlaskom iz hibernacije, u martu ili aprilu mjesecu, pri čemu mužjaci napuštaju hibernakulume prije ženki (Luiselli i sar., 1997). Parenje se obično vrši tokom aprila ili maja, a prilikom parenja formiraju se „klupka“ u kojima se jedna ženka pari sa više mužjaka (najčešće tri do osam; Luiselli, 1996). Prema podacima Madsen i Shine (1993b) uspjeh parenja mužjaka je povezan sa veličinom tijela, ukoliko je kompeticija između mužjaka intenzivna. Polaganje jaja se dešava krajem jula (Luiselli i sar., 1997), a često po više ženki polaže jaja na istom pogodnom mjestu (Baker, 2011), kao što su trula stabla, vlažna mahovina, razna udubljenja ispunjena lišćem koje truli ili hrpe đubriva (Luiselli i sar., 1997; Boulenger, 2000), gdje vegetacija u truljenju obezbjeđuje neophodnu toplotu za razvoj embriona. Razvoj jaja zavisi od temperature, a obično traje šest do osam nedelja (Luiselli i sar., 1997; Boulenger, 2000). Veličina legla varira između 4 i 24 jaja (Madsen, 1983; Luiselli i sar., 1997), čija dužina u momentu polaganja iznosi 2,5-3,8 cm, a širina 1,6-2,0 cm (Boulenger, 2000). Dužina tijela tek izleženih jedinki iznosi oko 20 cm, a masa tijela oko 3,0 g (Madsen, 1983; Luiselli i sar., 1997). U zimsko sklonište, obično po više njih zajedno, se povlači krajem oktobra, a kao hibernakulumi im najčešće služe rupe u zemlji, zidovi, korijenje drveća ili gomile stajskog đubriva (Boulenger, 2000).

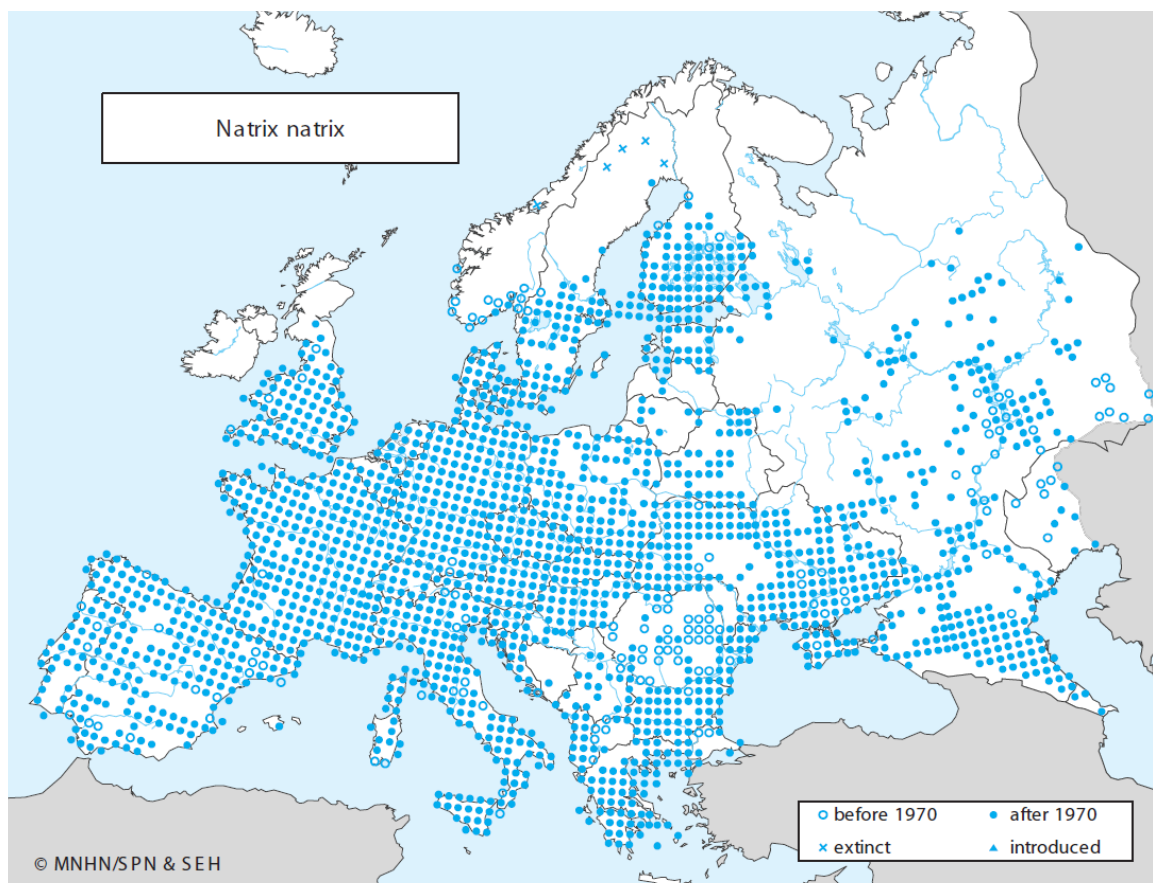
Bjelouška se obično vezuje za stajaća vodena staništa, kao što su bare i jezera, ali takođe naseljava potoke, rijeke i livade, gdje se pretežno hrani žabama (Radovanović, 1951), a često se može naći i u šumi, daleko od vode (Boulenger, 2000). U pogledu ishrane bjelouška predstavlja prilagodljivog generalistu koji preferira vodozemce (Luiselli i sar., 2005), ali se hrani i drugim kičmenjacima (Radovanović, 1951; Luiselli i sar. 1997; Luiselli i sar., 2005). Iako kod zmija veličina plijena raste sa veličinom tijela, krupnije jedinke se nastavljaju hraniti sitnijim plijenom (Gregory i Isaac, 2004). Luiselli i sar. (2005) su uočili

razlike u ishrani između polova (ženke jedu žabe i glodare, a mužjaci manje žabe i larve vodozemaca), a tumače ih kao posljedicu polnog dimorfizma u veličini tijela. Juvenilne jedinke se hrane glistama, punoglavcima žaba, sitnim ribama i slično. Često se može vidjeti kako se sunča na žbunju, ali na drveće se ne penje. Potpuno je bezopasna i skoro nikada ne pokušava da ugrize. Prilikom hvatanja glasno sikće i agresivno imitira otrovnu zmiju, a kada je uhvaćena izbacuje sadržaj kloake koji ima neprijatan miris (Radovanović, 1951). Kao najdramatičniji primjer pasivnog odbrambenog ponašanja jeste „imitiranje smrti“, a osnovne manifestacije ovog ponašanja su razjapljena usta sa izbačenim jezikom (Slika 2.1.2.), a ponekad i odsustvo mišićnog tonusa i aktivno izbacivanje krvi (Gregory i sar., 2007).



Slika 2.1.2. Bjelouška imitira smrt (eng. *death feigning*)

Bjelouška se smatra najčešćom i najšire rasprostranjenom zmijom bivše Jugoslavije (Radovanović, 1951), a samim tim i Bosne i Hercegovine. Može se naći i na planinama preko 2000 metara nadmorske visine (Džukić, 1991). Bjelouška je široko rasprostranjena vrsta u Evropi (Gasc i sar., 1997), a areal rasprostranjenja ove vrste obuhvata i Aziju, do Bajkalskog jezera, kao i sjever Afrike (Beebe i Griffiths, 2000). Areal rasprostranjenja bjelouške u Evropi je predstavljen na slici 2.1.3.



Slika 2.1.3. Areal rasprostranjenja bjelouške u Evropi (iz Gasc i sar., 1997)

2.2. Ribarica (*Natrix tessellata*, Laurenti, 1768)

Ribarica je takođe oviparna vrsta zmija, koja najčešće dostiže totalnu dužinu tijela do oko 100 cm, ali su obično manje (Arnold i Burton, 2002); maksimalna poznata vrijednost totalne dužine tijela na Balkanskom poluostrvu iznosi 129,4 cm (Ajtić i sar., 2013). Adultne jedinke odlikuje dosta snažno tijelo, suženo sa bokova (Slika 2.2.1); glava je aerodinamičnog oblika, najšira pozadi, a prema nozdrvama se ravnomjerno sužava (Radovanović, 1951) što predstavlja adaptaciju na ishranu ribama (Herrel i sar., 2008). Oči i nozdrve su usmjerene na gore i u stranu, a jezik i zjenice su svjetlije boje nego kod bjelouške (Radovanović, 1951). Boja tijela je veoma varijabilna; dorzalna strana je najčešće u raznim nijansama sive, maslinasto-zelena do smeđa, obično sa tamnim mrljama (eng. *dots*) koje su najčešće ravnomjerno raspoređene po tijelu (Radovanović, 1951; Arnold i Burton, 2002). Ove mrlje mogu biti različite veličine, a u nekim populacijama pored ove klasične „kockaste“ morfe prisutne su i potpuno crne ili potpuno sive jedinke bez ovih mrlja (Sterijovski i sar., 2011; Ajtić i sar., 2013).



Slika 2.2.1. Adultna jedinka ribarice (*Natrix tessellata*)

Ventralna strana tijela je obično jednobojna i svjetlija (bijela ili žućkasta) ispod glave i u prednjem dijelu tijela, dok se po abdomenu najčešće obrazuju crne mrlje, a ventralna strana repa je najčešće potpuno crna (Radovanović, 1951; Arnold i Burton, 2002). Slučaj albinizma je zabilježen od strane Mebert i Henggeler (2011) dok su slučajevi melanizma registrovani znatno češće (Cafuta, 2011; Litvinov i sar., 2011; Mebert, 2011a; Tuniyev i sar., 2011; Ajtić i sar., 2013; Gvozdenović i Schweiger, 2014). Supralabijalnih pločica je najčešće osam (rijetko sedam, devet ili 10), od kojih četvrta i peta ili samo četvrta najčešće dodiruju oko (Radovanović i Martino, 1950; Boulenger, 2000). Najčešće ima dvije, rijetko tri preokularne pločice, dok broj postokularnih pločica varira od tri do pet (Radovanović, 1951). Kloakalna krljušt je podijeljena, a broj ventralnih krljušti varira od 160 do 190 (Arnold i Burton, 2002). Subkaudalne krljušti su, kao i kod bjelouške, parne, a njihov broj se može kretati u rasponu od 48 do 79 (Boulenger, 2000). Krljušti na dorzalnoj strani repa se odlikuju prisustvom snažnog grebena (Radovanović, 1951).

Polni dimorfizam u veličini tijela je izražen, pri čemu su ženke krupnije od mužjaka (Mebert, 2011b; Ajtić i sar., 2013). Mužjaci dostižu polnu zrelost tokom treće godine života (pri standardnoj dužini tijela od oko 48 cm), a ženke tokom četvrte godine života (pri standardnoj dužini od oko 55 cm) (Luiselli i Rugiero, 2005). Mužjaci ove vrste se odlikuju proporcionalno dužim repovima u odnosu na ženke, a polni dimorfizam je takođe izražen i u broju ventralnih i subkaudalnih krljušti (Mebert, 2011b; Šukalo, 2012). Prosječan broj ventralnih krljušti iznosi 169,4 kod ženki, a kod mužjaka 174, dok prosječan broj subkaudalnih krljušti iznosi 62,6 kod ženki, a kod mužjaka 71,7 (Mebert, 2011b).

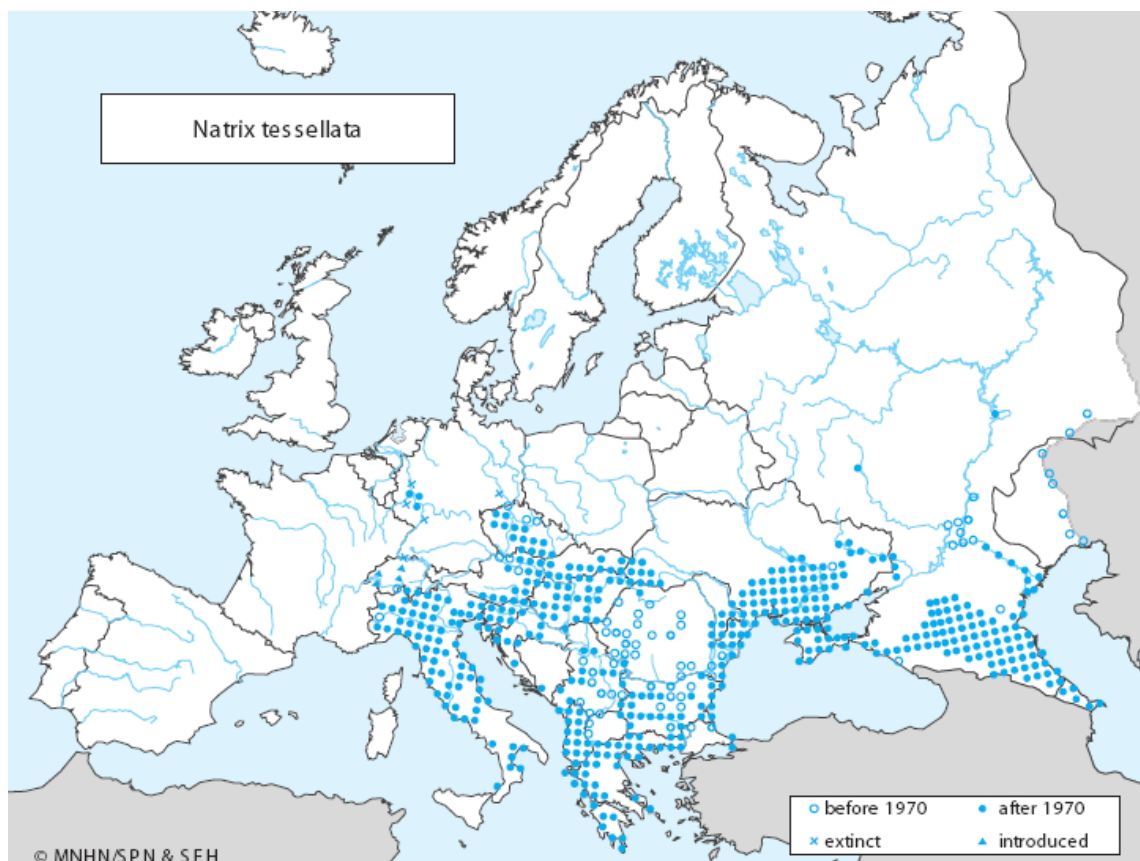
Sezonska aktivnost ribarice započinje izlaskom iz hibernacije, od kraja marta do prve polovine aprila (Carlsson i sar., 2011; Kärverno i sar., 2011), pri čemu mužjaci obično izlaze ranije nego ženke (Gruschwitz i sar., 1999; Kärverno i sar., 2011; Velensky i sar. 2011), vjerovatno da bi povećali vjerovatnoću reprodukcije (Kärverno i sar., 2011). Parenje se obično dešava tokom aprila ili maja, odvija se u vodi ili uz obalu rijeke, a tom prilikom se veoma često nekoliko mužjaka (najčešće 3-5) istovremeno udvara jednoj ženki (Luiselli i Zimmermann, 1997). Veće ženke privlače veći broj mužjaka, dok je kod mužjaka utvrđeno postojanje negativnog odnosa između veličine tijela i broja ženki sa kojima su se parili (Luiselli i Rugiero, 2005), odnosno manji mužjaci imaju veći uspjeh prilikom parenja. Ženke polažu jaja između sredine juna i sredine jula (Luiselli i Zimmermann, 1997; Kärverno i sar., 2011; Velensky i sar., 2011), a izlijeganje mladih se dešava od sredine do kraja avgusta (Luiselli i Zimmermann, 1997), odnosno krajem avgusta ili početkom septembra (Herzeg i sar., 2005). Veličina legla varira između 4 i 29 jaja (Luiselli i Rugiero, 2005), odnosno

između 5 i 15 jaja (Ajtić i sar., 2013). Kao podloga za jaja služi biljni materijal koji truli, vlažni humus, kompost ili đubrivo, čija toplota, nastala usljed fermentacije, služi kao prirodni inkubator, a povremeno koristi istu podlogu kao i bjelouška (Kwet i Mebert, 2009). Jaja u momentu polaganja imaju dužinu oko 2,5 cm i širinu oko 1,9 cm (Boulenger, 2000). Broj jaja je u pozitivnoj korelaciji sa veličinom tijela majke (Luiselli i Rugiero 2005; Ajtić i sar., 2013). Reprodukcijska je najčešće anualna, mada je u nekim populacijama zabilježena i bianualna (Luiselli i Zimmermann, 1997; Ajtić i sar., 2013). Dužina tijela tek izležanih jedinki ribarice kreće se od 15 do 25 cm, a masa tijela od 5 do 7 g (Kwet i Mebert, 2009). U zimsko sklonište, obično po više njih zajedno, se povlači tokom oktobra (Kärvemo i sar., 2011; Velenský i sar., 2011).

Ribarica je mnogo više vezana za vodu nego bjelouška. Veoma vješto pliva i roni u vodi, ali je takođe veoma okretna i na kopnu (Boulenger, 2000). Može se odlikovati veoma velikom gustinom populacija (Gruschwitz i sar., 1999; Ajtić i sar., 2013). Ribarica je piscivorna vrsta zmije, usljed čega se najčešće može naći neposredno uz rijeke i potoke, ali je česta i pored jezera (Ajtić i sar., 2013; Gvozdenović, 2013) i ribnjaka, a čak zalazi i u more (Carlsson i sar., 2011; Naumov i sar., 2011). Hrani se isključivo u vodi, gdje primjenjuje dvije različite strategije: strategiju „aktivnog tragača“ pri kojoj aktivno traži i prati plijen, ali takođe primjenjuje i strategiju „lovac iz zasjede“, pri kojoj se zadnjim dijelom tijela usidri uz kamenje i skrivena čeka, a kada joj se ribe približe naglim pokretima se izbacuje pema njima (Kwet i Mebert, 2009; lično zapažanje). Pored riba, hrani se i vodozemcima (žabe i njihovi punoglavci), ali i raznim drugim životinjama (Radovanović, 1951; Filipi i sar., 1996). Udio ribe u ishrani može značajno da varira među različitim populacijama ove vrste (Weiperth i sar., 2014a; 2014b). Za razliku od bjelouške, ribarica se često može naći visoko na granama drveća, u neposrednoj blizini vode (Radovanović, 1951; lično zapažanje).

Ribarica, kao i bjelouška, potpuno je bezopasna i nema naviku da grize. Prilikom hvatanja glasno sikće i izbacuje sadržaj kloake koji je neprijatnog mirisa (Radovanović, 1951; lično zapažanje), a kao posljednju liniju odbrane ispoljava ponašanje poznato kao „imitiranje smrti“ (Kwet i Mebert, 2009; Sterijovski i sar., 2011; Ajtić i sar., 2013). Tom prilikom razjapi usta, izbacuje jezik, a ponekad može čak aktivno da izbacuje krv (Kwet i Mebert, 2009). Među autohtonim predatorima ribarice, Kwet i Mebert (2009) navode razne sitne grabljive sisare (pacovi, kune, lasice i vidre), razne vrste ptica (siva čaplja, roda, vrana), ali i krupnije ribe poput štuke.

Ribarica je široko rasprostranjena i dosta česta vrsta zmija na prostoru bivše Jugoslavije (Radovanović, 1951), kao i na području Bosne i Hercegovine, gdje je prilično brojna (Jelić i Lelo, 2011). Opšti areal rasprostranjenja ribarice obuhvata prostor od srednje i južne Evrope (Gasc i sar., 1997) do zapadne i centralne Azije i Bliskog Istoka sve do Egipta na području Afrike (Gruschwitz i sar., 1999). Areal rasprostranjenja ribarice u Evropi je predstavljen na slici 2.2.2.



Slika 2.2.2. Areal rasprostranjenja ribarice u Evropi (iz Gasc i sar., 1997)

3. ISTRAŽIVANA PODRUČJA

Populacija bjelouške (*Natrix natrix*) je proučavana na području močvarno-barskog ekosistema Bardača, a populacija ribarice (*Natrix tessellata*) na rijeci Vrbani, na teritoriji sjeverozapadnog dijela Republike Srpske (Bosna i Hercegovina).

3.1. Močvarno-barski ekosistem Bardača

Bardača je tipičan močvarno-barski ekosistem smješten na sjeveru Republike Srpske, na teritoriji opštine Srbac. Nalazi se u sjeveroistočnom dijelu Lijevča polja, koje je smješteno između obronaka Kozare i Prosare na zapadu, a Motajice na istoku. Sjevernu granicu ribnjaka Bardača predstavlja rijeka Sava, istočnu granicu rijeka Vrbas, zapadnu granicu rijeka Matura, a južnu i jugoistočnu granicu predstavlja kanal Borna-Osorna-Ljevčanica (Gašić i Dujaković, 2009). Ribnjaci "Bardača" obuhvataju 11 jezera: Rakitovac (Slika 3.1.1), Sinjak, Necik, Brzajski, Mali Dajkovac, Veliki Dajkovac, Prevlaka, Lug, Dugo polje I, Dugo polje II i Zimovnik. Ukupna površina ovih jezera iznosi 675 hektara (Obratil, 1980/81; Gašić i Dujaković, 2009). Pored ribnjaka, sastavni dio Bardače čine poplavne livade i šume, obradivo zemljište i nastanjene površine (Obratil, 1980/81).



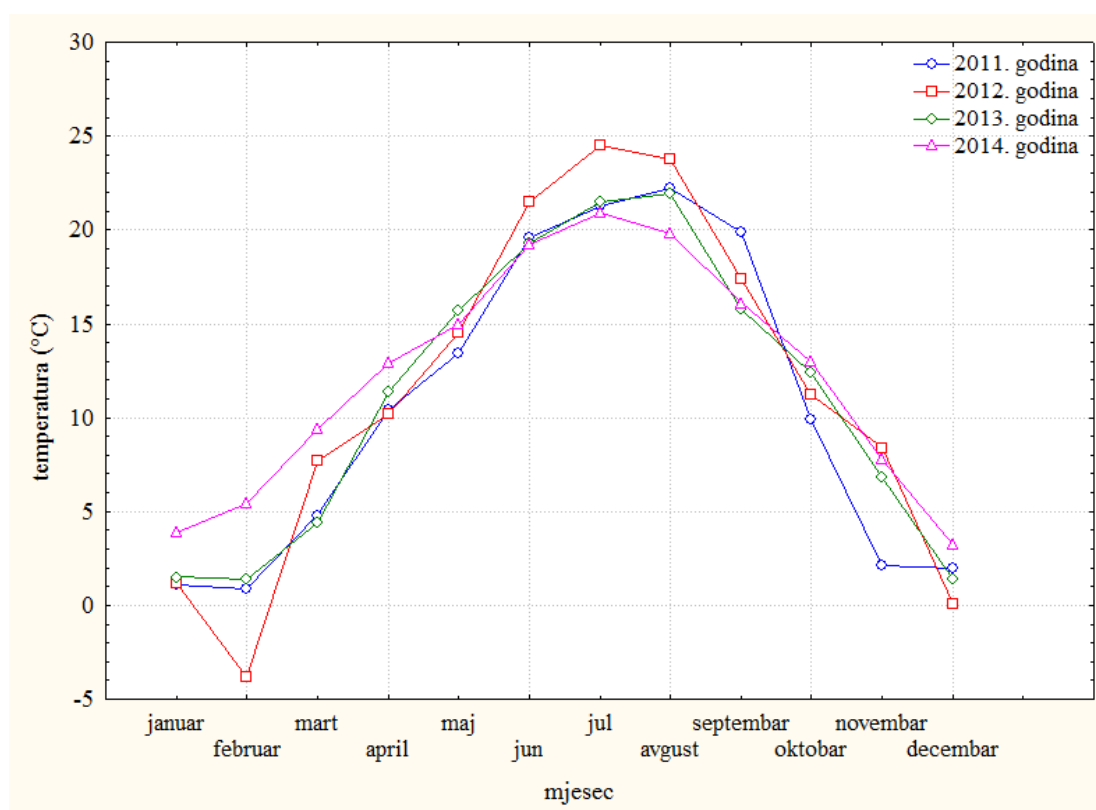
Slika 3.1.1. Jezero Rakitovac

Geografska lokacija ribnjaka Bardača je između 17°24'08" i 17°28'11" istočne geografske dužine i 45°05'16" i 45°06'38" sjeverne geografske širine, a nadmorska visina je između 91,0 i 93,8 m (Gašić i Dujaković, 2009). Za potrebe ove teze, istraživanje je prvobitno započeto na dijelovima jezera Necik i Rakitovac. Međutim, 2012. godine, jezero

Necik, uz još sedam jezera, je isušeno, tako da je istraživanje narednih godina nastavljeno samo uz dijelove obale jezera Rakitovac.

U geološkom pogledu Bardača pripada aluvijalnoj ravni, formiranoj nanosima rijeke Save i Vrbasa. Aluvijalni nanosi pripadaju holocenu, a izgrađeni su od litološki i granulometrijski raznovrsnih članova, od kojih najveći udio čine glinoviti i muljeviti pijeskovi, muljevi, šljunkovi, ilovača itd. (Obratil, 1980/1981).

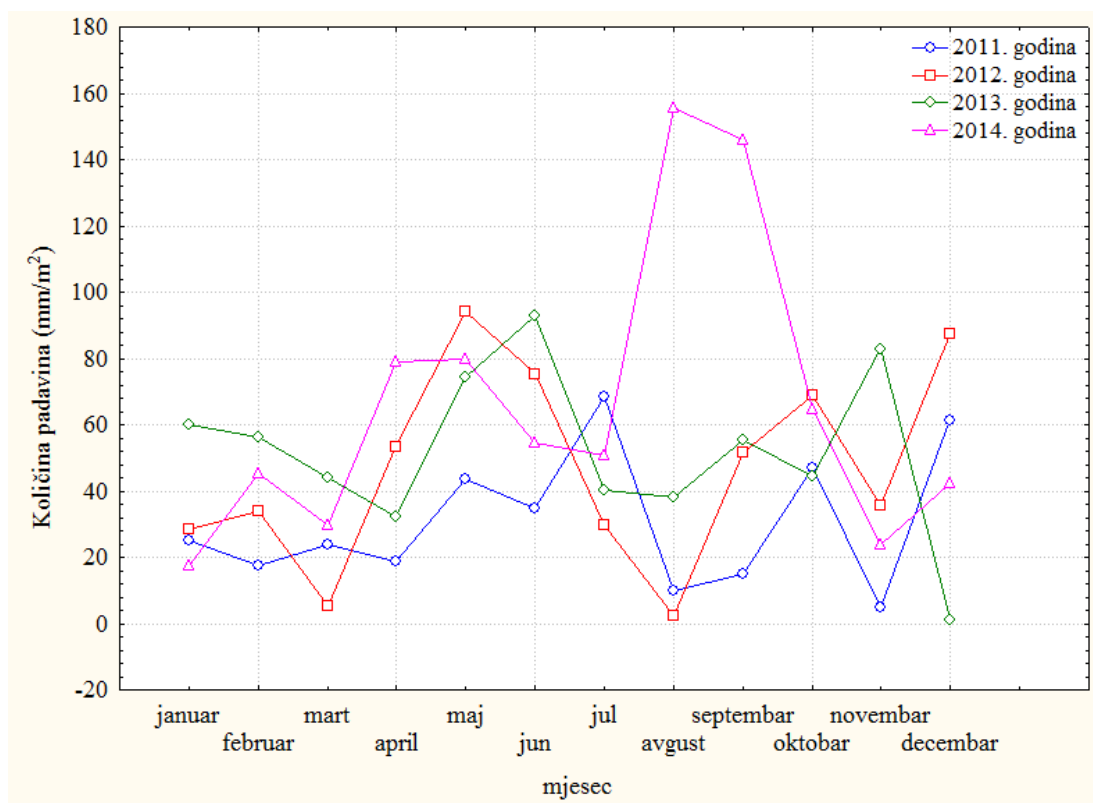
Klima močvarno-barskog ekosistema Bardača je umjereno-kontinentalna. Budući da se ribnjaci Bardača nalaze na teritoriji opštine Srbac, na grafiku 3.1.1. i 3.1.2. su predstavljene prosječne mjesečne temperature i prosječne mjesečne količine padavina za četiri analizirane godine za mjernu stanicu Srbac. Navedeni podaci su preuzeti iz Godišnjaka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske i dostupni su na odgovarajućoj internet stranici.



Grafik 3.1.1. Prosječne mjesečne temperature vazduha za četiri analizirane godine

Srednja godišnja temperatura vazduha za četiri analizirane godine (2011-2014) je iznosila 11,3°C; najtopliji mjesec je bio juli, sa srednjom mjesečnom temperaturom 22,1°C, dok je najhladniji mjesec bio februar sa srednjom mjesečnom temperaturom od 1,0°C.

Najviša srednja temperatura tokom ljetnih mjeseci (juni, juli, avgust) zabilježena je tokom 2012. godine (23,3°C), sa julom kao najtoplijim mjesecom (24,5°C). Niže srednje temperature tokom ljetnih mjeseci su zabilježene 2014. godine (20,0°C), kada je srednja vrijednost temperature vazduha u julu iznosila 20,9 °C.



Grafik 3.1.2. Prosječne mjesečne količine padavina za četiri analizirane godine

Najveća srednja godišnja količina padavina zabilježena je tokom 2014. godine (789,8 mm), sa avgustom kao najkišovitijim mjesecom (155,8 mm), dok je najmanja srednja godišnja količina padavina zabilježena tokom 2011. godine (370,0 mm) sa julom kao najkišovitijim mjesecom (68,3 mm).

Vegetacija močvarno-barskog ekosistema Bardača je veoma raznovrsna (Nedović i sar., 2004; Kovačević, 2015). Tako, Nedović i sar. (2004) navode postojanje 44 različite biljne zajednice sa 280 vrsta viših biljaka, dok Kovačević (2015) navodi prisustvo čak 316 vrsta viših biljaka na području Bardače.

Karakteristične biljne vrste vodene vegetacije su *Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*, *Trapa natans*, *Nymphoides peltata*, *Polygonum amphibium*, *Hydrocharis morsus-ranae*. Za barsku vegetaciju su karakteristične vrste *Phragmites communis*, *Typha latifolia* i *Typha*

angustifolia, a za poplavne šume *Salix alba*, *Salix purpurea*, *Salix fragilis*, *Populus alba*, *Populus nigra*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia*, *Ulmus campestris*, *Quercus robur*, *Acer campestre* i *Carpinus betulus* (Obratil, 1980/81; Gašić i Dujaković, 2009).

U ribnjacima Bardača je utvrđeno prisustvo slijedećih vrsta riba: obični balavac (*Acerina cernua*), uklija (*Alburnus alburnus*), krupatica (*Blicca bjoerkna*), baubuška (*Carassius gibelio*), šaran (*Cyprinus carpio*), štika (*Esox lucius*), američki somić (*Ameiurus nebulosus*), sunčanica (*Lepomis gibbosus*), grgeč (*Perca fluviatilis*), bodorka (*Rutilus rutilus*), crvenperka (*Scardinius erythrophthalmus*), som (*Silurus glanis*), linjak (*Tinca tinca*), amurski čebačok (*Pseudorasbora parva*), amur (*Ctenopharyngodon idella*) i bijeli tolstolobik (*Hypophthalmichthys molitrix*), ali osim njih moguće je i prisustvo nekih od riba utvrđenih u prirodnim vodotocima koji se nalaze na datom području (rijeke Matura, Brzaja, Stublaja): deverika (*Abramis brama*), bucov (*Chalcalburnus chalcoides*), škobalj (*Chondrostoma nasus*), badelj (*Cobitis elongatoides*), krkuša (*Gobio gobio*), klenić (*Leuciscus leuciscus*), čikov (*Misgurnus fossilis*), gavčica (*Rhodeus amarus*), klen (*Squalius cephalus*) i smuđ (*Stizostedion lucioperca*) (Obratil, 1980/1981; Radević, 2000; Vuković i sar., 2008).

Fauna vodozemaca Bardače je predstavljena slijedećim vrstama: šareni daždevnjak (*Salamandra salamandra*), mali mrmoljak (*Lissotriton vulgaris*), veliki podunavski mrmoljak (*Triturus dobrogicus*), jestiva zelena žaba (*Pelophylax kl. esculentus*), velika zelena žaba (*Pelophylax ridibundus*), crvenotrbi mukač (*Bombina bombina*), obična češnjarka (*Pelobates fuscus*), zelena gatalinka (*Hyla arborea*), šumska smeđa žaba (*Rana dalmatina*), obična krastača (*Bufo bufo*), zelena krastača (*Bufotes viridis*). Od gmizavaca su utvrđene: bjelouška (*Natrix natrix*), ribarica (*Natrix tessellata*), barska kornjača (*Emys orbicularis*), zelembać (*Lacerta viridis*) i sljepić (*Anguis fragilis*) (Obratil, 1980/81; Gašić i Dujaković, 2009; lično zapažanje).

Zahvaljujući velikom diverzitetu vrsta ptica močvarica, Bardača je 1969. godine označena kao zaštićeno područje i pored Hutovog blata jedino IBA (eng. *Important Bird Areas*) područje u Bosni i Hercegovini, a odlukom Ramsarskog sekretarijata od 2. februara 2007. godine je proglašena močvarnim područjem od međunarodnog značaja. Obratil (1980/81) navodi prisustvo 178 vrsta ptica, dok Gašić i Dujaković (2009) navode prisustvo čak 204 ptičje vrste.

3.2. Rijeka Vrbanja

Sliv rijeke Vrbanje se nalazi u srednjem dijelu Bosne i Hercegovine, odnosno u zapadnom dijelu Republike Srpske. Ukupna površina sliva rijeke Vrbanje je 791,33 km², a sliv je smješten između 44°47'39" i 44°20'44" sjeverne geografske širine i između 17°12'33" i 17°14'42" istočne geografske dužine. Rijeka Vrbanja izvire na koti 1580 m, ispod obronaka planine Vlašić, a ulijeva se u Vrbas u Banjoj Luci (naselje Česma) na koti 147 m. Predstavlja najveću pritoku rijeke Vrbas, a dužina njenog toka iznosi 96,307 km, pri čemu dužina donjeg toka rijeke Vrbanje iznosi 28,1 km (Rajčević i Crnogorac, 2011). Za potrebe ove teze analiziran je dio donjeg toka rijeke Vrbanje, u naselju Vrbanja, 400 m uzvodno i 1000 m nizvodno od mosta na rijeci Vrbanci (Slika 3.2.1). Uzorkovanje je vršeno duž korita rijeke Vrbanje, koje je podjeljeno na 14 zona, dužine po 100 m.

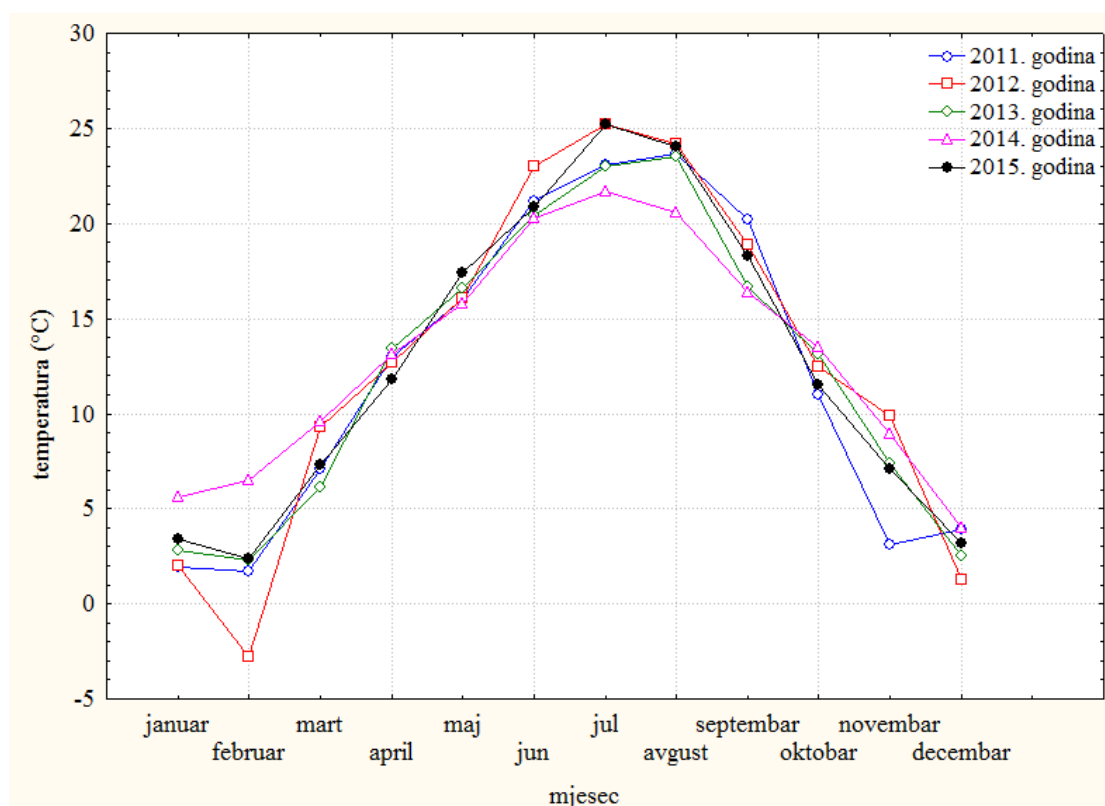


Slika 3.2.1. Dio istraživanog toka rijeke Vrbanje (lijevo – iznad mosta; desno – ispod mosta)

U hidrogeološkom pogledu područje sliva rijeke Vrbanje je uglavnom izgrađeno od vodonepropusnih mezozojskih i miocenskih stijena. Najzastupljenije su flišne naslage jurskokredne i gornjokredne starosti. Litološki gledano to su laporoviti mikriti i kalkareniti, laporci, laporoviti mikriti i pješčari. Budući da ih odlikuje mala poroznost, površinsko oticanje vode je dominantan proces, usljed čega ne postoji mogućnost stvaranja većih akumulacija podzemnih voda (Vučijak, 2009).

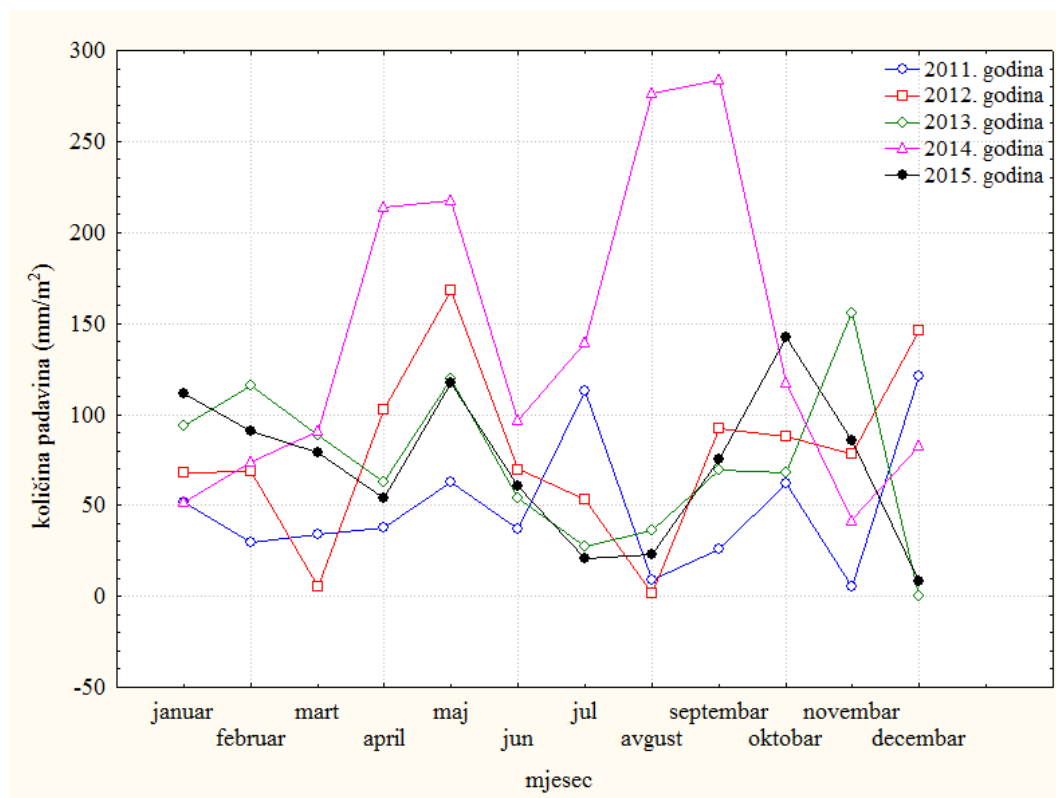
Klima sliva rijeke Vrbanje je umjereno-kontinentalna. Budući da je za potrebe ove teze analiziran dio donjeg toka rijeke Vrbanje, koji pripada teritoriji opštine Banja Luka, na grafiku 3.2.1. i 3.2.2. su predstavljene prosječne mjesečne temperature vazduha i prosječne mjesečne količine padavina za pet analiziranih godina za mjernu stanicu Banja Luka.

Navedeni podaci su preuzeti iz Godišnjaka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srpske i dostupni su na odgovarajućoj internet stranici.



Grafik 3.2.1. Srednje mjesečne temperature vazduha po analiziranim godinama

Najviše srednje vrijednosti temperature tokom ljetnih mjeseci (juni, juli, avgust) zabilježene su tokom 2012. godine ($24,1^{\circ}\text{C}$), sa julom kao najtoplijim mjesecom ($25,2^{\circ}\text{C}$). Niže srednje temperature tokom ljetnih mjeseci su zabilježene tokom 2014. godine ($20,9^{\circ}\text{C}$), kada je za juli zabilježena srednja temperatura od $21,7^{\circ}\text{C}$. Srednja godišnja temperatura, za pet analiziranih godina (2011-2015) je iznosila $12,7^{\circ}\text{C}$; najtopliji mjesec je bio juli, sa srednjom temperaturom od $23,6^{\circ}\text{C}$, dok je najhladniji mjesec bio februar sa srednjom temperaturom od $2,0^{\circ}\text{C}$.



Grafik 3.2.2. Prosječne mjesečne količine padavina za četiri analizirane godine

Najveća srednja godišnja količina padavina je zabilježena tokom 2014. godine (1686,2 mm), sa dva maksimuma (prvi: tokom aprila i maja; drugi tokom avgusta i septembra), dok je najmanja srednja godišnja količina padavina zabilježena tokom 2011. godine (588,2 mm) sa decembrom i julom kao najkišovitijim mjesecima.

Vegetacija donjeg toka rijeke Vrbanje pripada ilirskoj provinciji evrosibirsko-sjevernoameričkog regiona (Horvatić, 1967). To je najniži vegetacijski pojas ilirske provincije, a odlikuju ga mezofilne klimazonalne hrastove šume iz sveze *Carpinion betuli illyrico-podolicum*. Od drvenastih vrsta biljaka, najznačajnije su: poljski jasen (*Fraxinus angustifolia*), crna jova (*Alnus glutinosa*), hrast lužnjak (*Quercus robur*), obični grab (*Carpinus betulus*), bijela i crna topola (*Populus alba* i *P. nigra*), kao i razne vrste vrba (*Salix* spp.). Takođe, za istraživano područje veliki značaj ima hidrofitska vegetacija, koja se na rubovima rijeke karakteriše vrstama rodova: *Carex*, *Cladium* i *Sparganium*, dok u dubljim dijelovima rijeke dominiraju vrste rodova *Potamogeton*, *Ceratophyllum* i *Myriophyllum* (Horvatić, 1967).

Novijim istraživanjima ihtiofaune donjeg toka rijeke Vrbanje zabilježene su sljedeće vrste riba: dvopruga uklija (*Alburnoides bipunctatus*), potočna mrena (*Barbus balcanicus*), škobalj (*Chondrostoma nasus*), vijun (*Cobitis elongatoides*), krkuša (*Gobio gobio*), pijor (*Phoxinus phoxinus*), gavčica (*Rhodeus amarus*), istočna govedarka (*Romanogobio kesslerii*), klen (*Squalius cephalus*), nosara (*Vimba vimba*), plotica (*Rutilus virgo*), mrena (*Barbus barbus*), uklija (*Alburnus alburnus*), grgeč (*Perca fluviatilis*), bucov (*Chalcalburnus chalcoides*), brkica (*Nemachilus barbatulus*), vretenar (*Zingel zingel*) i peš (*Cottus gobio*) (Radević, 2000; Golub i sar., 2012; Kerkez Vlado, usmeno saopštenje).

Duž donjeg toka rijeke Vrbanje, i u neposrednoj blizini uz obalu, od vodozemaca su zabilježeni: mali mrmoljak (*Lissotriton vulgaris*), zelene žabe (*Pelophylax* sp.) i žutotrbi mukač (*Bombina variegata*), a od gmizavaca ribarica (*Natrix tessellata*), bjelouška (*Natrix natrix*), Eskulapov smuk (*Zamenis longissimus*), sljepić (*Anguis fragilis*), zidni gušter (*Podarcis muralis*), zelembać (*Lacerta viridis*) i barska kornjača (*Emys orbicularis*) (lično zapažanje).

4. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Osnovni ciljevi doktorske disertacije su sljedeći:

1. Analiza populaciono-ekoloških parametara populacije bjelouške (*Natrix natrix*) sa područja močvarno-barskog ekosistema Bardača i populacije ribarice (*Natrix tessellata*) sa područja donjeg toka rijeke Vrbanje – veličina i gustina populacije, odnos polova i odnos uzrasnih kategorija.
2. Analiza reproduktivnih karakteristika populacije bjelouške (*Natrix natrix*) i populacije ribarice (*Natrix tessellata*) – fekunditet, procenat reproduktivnih i nereproduktivnih jedinki u populacijama, kao i analiza areala aktivnosti.
3. Kvantitativna i kvalitativna analiza ishrane bjelouške i ribarice, po sezonama, staništima i polovima.
4. Analiza stopa rasta jedinki po sezonama i godinama, različitih polova i uzrasnih kategorija.
5. Analiza sezonske dinamike kondicionog indeksa (eng. *Body Condition Index* – BCI) jedinki različitih polova i uzrasnih kategorija.
6. Definisane morfološke varijabilnosti populacija bjelouške i ribarice na osnovu morfometrijskih i merističkih osobina.
7. Opisivanje stepena razlika između polova (polnog dimorfizma) jedinki na istom setu osobina.
8. Definisane konzervacionog statusa, faktora ugrožavanja i mjera zaštite populacije bjelouške na području močvarno-barskog ekosistema Bardača i populacije ribarice na području donjeg toka rijeke Vrbanje.

5. MATERIJAL I METODE

5.1. Analizirani uzorak

Jedinke obje vrste zmija su hvatane u periodu aktivnosti od 2011. do 2014. godine, bjelouška od marta do oktobra, a ribarica od aprila do septembra. Međutim, za analizu fekunditeta i ishrane ribarice, uključeni su i podaci prikupljeni tokom 2015. godine. Analizom je obuhvaćeno 217 jedinki vrste *Natrix natrix* i 379 jedinki vrste *Natrix tessellata* različitih uzrasnih kategorija. Uzorkovanje je vršeno duž 1000 m obale jezera Rakitovac na području močvarno-barskog ekosistema Bardača i duž 1400 m donjeg toka rijeke Vrbanje. Na području močvarno-barskog ekosistema Bardača ukupno je provedeno 39 terenskih dana (jedna do tri osobe), dok je na području rijeke Vrbanje ukupno provedeno 93 terenska dana (jedna do tri osobe). Terenska istraživanja su vršena u različitim vremenskim intervalima (od 08:00 do 18:00 časova). Zmije su hvatane rukom ili ručnom mrežom pričvršćenom na duži štap i do momenta obrade držane u pamučnim vrećama.

5.2. Analizirani karakteri

5.2.1. Morfometrijski karakteri

Kod obje vrste, za svaku jedinku je mjerena **masa tijela** (BM) i sljedećih sedam morfometrijskih karaktera:

Tot.L – **ukupna dužina tijela** (rastojanje od vrha njuške do kraja repa),

SVL – **standardna dužina tijela** (rastojanje od vrha njuške do prednje ivice kloake),

TL – **dužina repa** (rastojanje od kloake do vrha repa),

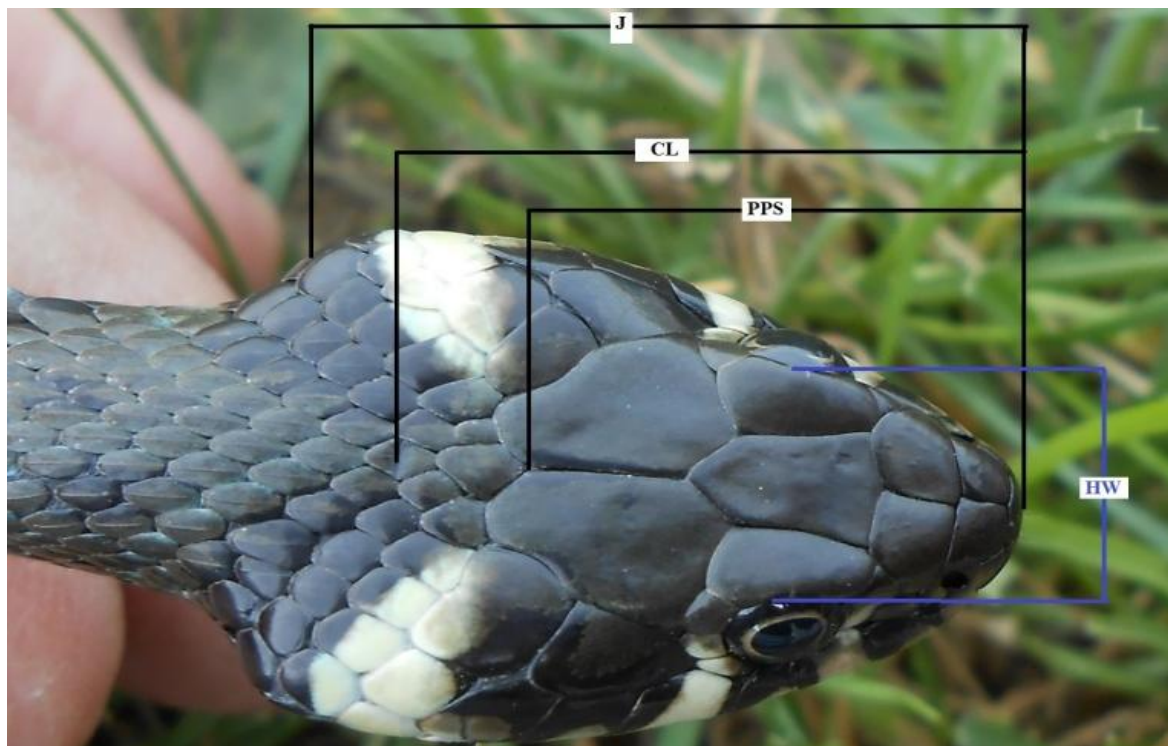
CL – **dužina lobanje** (rastojanje od vrha njuške do zadnje ivice kranijuma),

PPS – **postparijetalna dužina** (rastojanje od vrha njuške do mjesta spajanja parijetalnih sa centralnom dorzalnom krljušti),

HW – **širina glave** (rastojanje između spoljašnjih ivica supraokularnih pločica),

J – **dužina vilice** (rastojanje od vrha njuške do kraja gornje vilice).

Masa tijela mjerena je digitalnom vagom (preciznosti 1 g). Karakteri: SVL, TL, Tot.L su mjereni krojačkim metrom (preciznost 1 mm), dok su preostali morfometrijski karakteri (mjere glave) (Slika 5.2.1) mjereni pomičnim mjerilom, nonijusom (preciznost 0,02 mm).



Slika 5.2.1. Morfometrijski karakteri glave analizirani u radu

5.2.2. Meristički karakteri

Za svaku jedinku, analizirani su sljedeći meristički karakteri:

V – (*ventralia*) – **broj ventralnih krljušti na tijelu** (od prve ventralne do kloakalne krljušti),

SC – (*subcaudalia*) – **broj parnih subkaudalnih krljušti sa ventralne strane repa** (od prve parne subkaudalne krljušti do vrha repa).

Takođe, praćeno je stanje određenih merističkih osobina glave (Slike 5.2.2. i 5.2.3). Budući da se varijabilnost posmatranih merističkih osobina glave ne ponaša po normalnoj raspodjeli, ovi karakteri su kodirani i tretirani kao kvalitativni.

G – ukupan broj supralabijalnih tj. pločica gornje usne. Kodovi:

- 1 – sedam supralabijalnih pločica
- 2 – osam supralabijalnih pločica
- 3 – asimetrija tipa sedam i osam supralabijalnih pločica (7 sa jedne strane, a 8 sa druge strane glave)
- 4 – asimetrija tipa šest i pet; šest i sedam; ili šest i osam supralabijalnih pločica

O – redni broj pločice gornje usne koja dodiruje oko. Kodovi:

- 1 – samo treća (3) ili samo četvrta (4) usnena pločica dodiruje oko
- 2 – treća i četvrta (3 i 4) usnena pločica dodiruju oko
- 3 – četvrta i peta (4 i 5) usnena pločica dodiruju oko
- 4 – asimetrija bilo kog tipa

D – ukupan broj sublabijalnih pločica, tj. pločica donje usne. Kodovi:

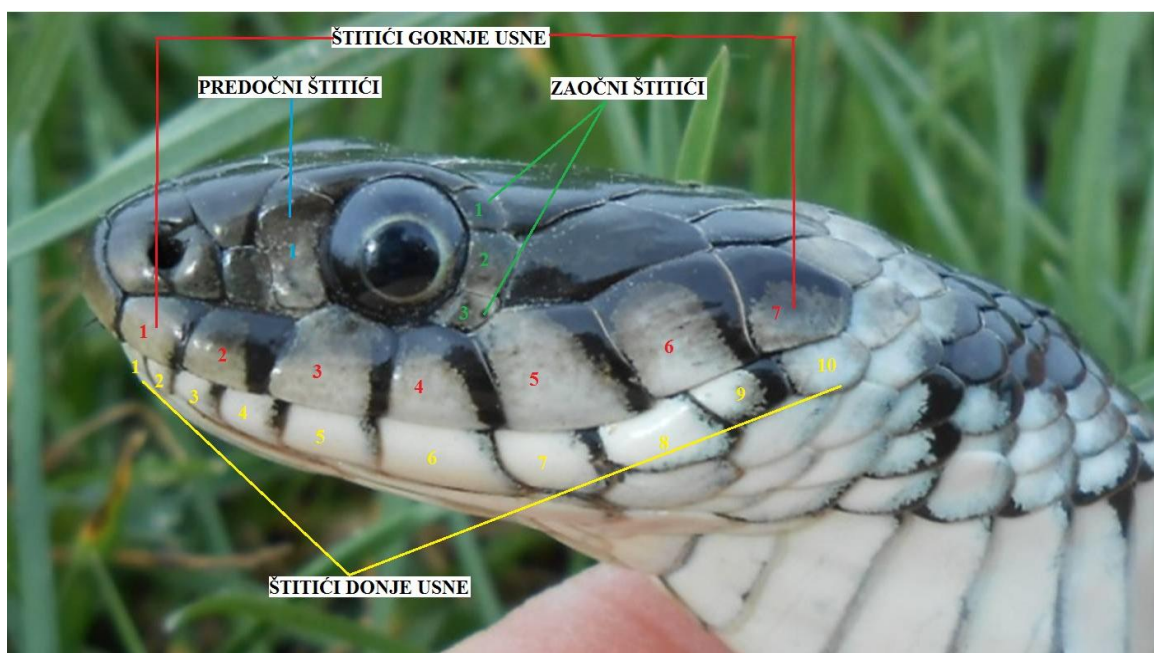
- 1 – osam ili devet sublabijalnih pločica
- 2 – 10 sublabijalnih pločica
- 3 – asimetrija 10 i 11 sublabijalnih pločica
- 4 – asimetrija devet i 10 sublabijalnih pločica

PRAE – broj predočnih (preokularnih) pločica. Kodovi

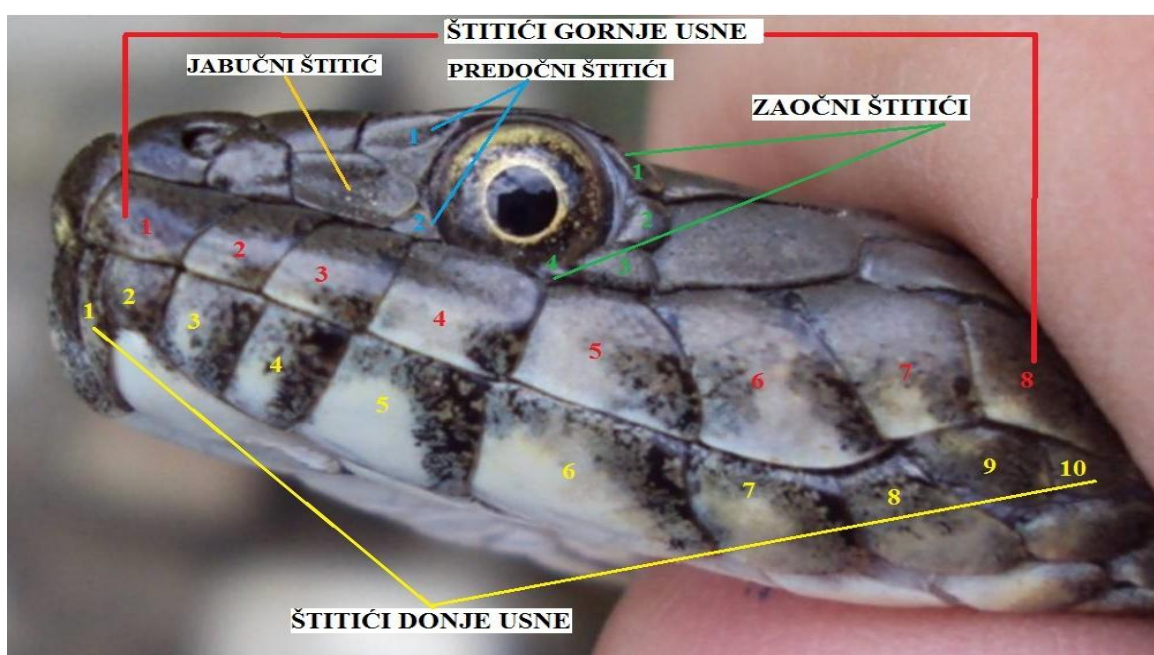
- 1 – jedna predočna pločica
- 2 – dvije predočne pločice
- 3 – asimetrija jedne i dvije predočne pločice
- 4 – tri predočne pločice
- 5 – asimetrija dvije i tri predočne pločice; jedna predočna + jabučni; dvije predočne + jabučni; asimetrija 1 predočna + jabučni i 2 predočne + jabučni

POST – broj zaočnih (postokularnih) pločica. Kodovi

- 1 – dvije zaočne pločice
- 2 – tri zaočne pločice
- 3 – četiri zaočne pločice
- 4 – asimetrija dvije i tri zaočne pločice
- 5 – asimetrija tri i četiri zaočne pločice
- 6 – asimetrija četiri i pet zaočnih pločica



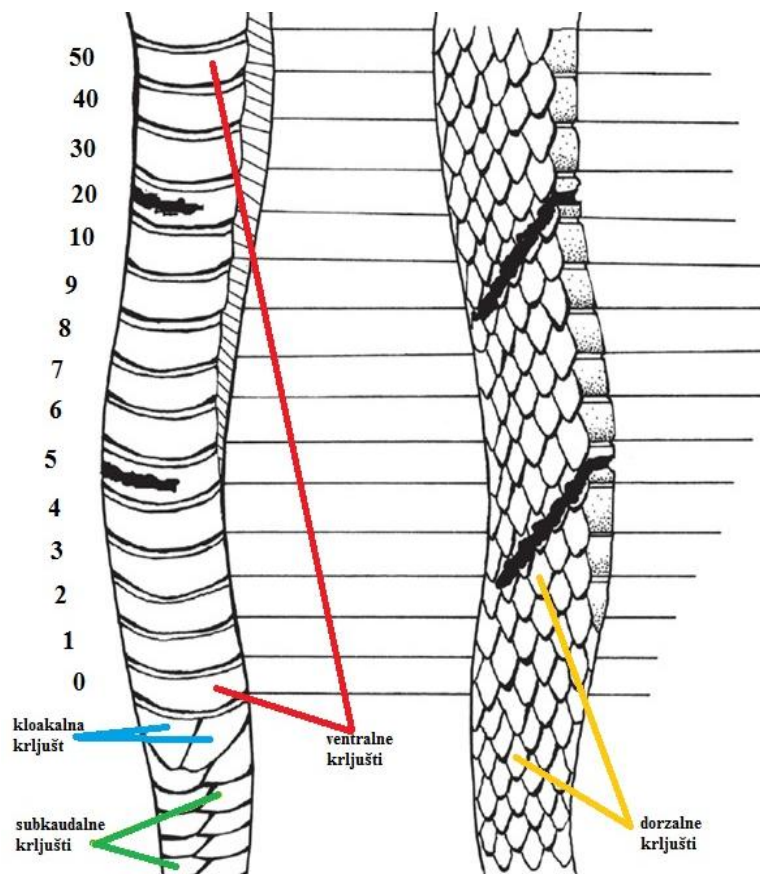
Slika 5.2.2. Meristički karakteri glave bjelouške



Slika 5.2.3. Meristički karakteri glave ribarice

Radi buduće identifikacije, sve uhvaćene jedinke su, nakon obrade, individualno markirane zasijecanjem ventralnih krljušti (Winne i sar., 2006). Da bi se markacija učinila trajnom, izvršeno je spaljivanje zasječenog dijela ventralnih krljušti pomoću plinske lemilice. Prilikom spaljivanja odgovarajućih ventralnih krljušti markacija je produžena dijagonalno na

granične dorzalne krljušti (Winne i sar., 2006) u cilju lakšeg prepoznavanja markiranih jedinki na terenu. Ovaj način markiranja nema negativan uticaj na životinje (Fauvel i sar., 2012). Brojanje i markiranje ventralnih krljušti je vršeno od kloakalne krljušti prema glavenom regionu (kod obje istraživane vrste kloakalna krljušt je podijeljena). Gledajući sa ventralne strane zmiје, zasijecana je i spaljena lijeva polovina ventralnih krljušti. Prilikom markiranja kloakalna krljušt nije brojana, a prva ventralna krljušt poslije kloakalne je označena brojem 0. Nakon broja 0 slijede jedinice (1, 2, 3,... 9), potom desetice (10, 20, 30,... 90), stotine (100, 200, 300,... 900) itd. Šema markiranja korištena u ovom istraživanju, data je na slici 5.2.4: željeni broj jedinke dobija se kombinacijom zasjecanja i prženja ventralnih pločica koje „nose“ odgovarajući broj. Nakon mjerenja i markiranja zmiје su puštane na mjesto gdje su prvobitno uhvaćene.



Slika 5.2.4. Šema zmiје markirane brojem 25. Za svaku markaciju, zasječena je i spržena desna polovina ventralne krljušti koja nosi broj 5 i broj 20. Prilikom prženja markacija se produžava dijagonalno na granične dorzalne (bočne) krljušti desne strane (iz Winne i sar., 2006; modificovano)

5.3. Procjena veličine populacije

Uhvaćene (eng. *captured*) i ponovno uhvaćene (eng. *recaptured*) jedinke su korištene za procjenu veličine populacije, primjenom dva populaciona modela: Schumacher–Eschmeyer-ov metod (Schumacher i Eschmeyer, 1943) koji smatra populaciju zatvorenom i Jolly–Seber-ov metod (Jolly, 1965; Seber, 1965) koji smatra populaciju otvorenom. Jolly–Seber-ov metod je izabran pošto je to jedan od najčešće korištenih metoda procjene u otvorenim populacijama, a Schumacher–Eschmeyer metod je izabran, takođe zbog njegovog čestog korištenja za zatvorene populacije, kao i zbog jednostavnosti njegove primjene. Takođe, cilj je bio da se izvrši komparacija rezultata dobijenih korištenjem dva različita populaciona modela.

Oba primjenjena modela pretpostavljaju jednaku vjerovatnoću hvatanja jedinki prilikom svakog uzorkovanja, trajnu markaciju i jednaku distribuciju markiranih jedinki u populaciji (Pollock i sar., 1990). Schumacher–Eschmeyer-ov metod je korišten za procjenu veličine populacije zasebno za svaku analiziranu godinu, pri čemu su analizirani mjeseci unutar godine smatrani jedinstvenim periodima uzorkovanja. Ukoliko je jedinka bila ponovno hvatana unutar istog mjeseca, ona nije smatrana kao *recapture* (ponovno uhvaćenom jedinkom). Jolly–Seber-ov metod je korišten za procjenu veličine populacije unutar cjelokupnog analiziranog perioda (četiri analizirane godine, 2011.-2014.). Gustina populacije je izračunata djeljenjem procijenjene veličine populacije sa dužinom područja koje je obuhvaćeno istraživanjem.

Schumacher–Eschmeyer-ov metod proširuje Linkoln–Peterson-ov metod na veći broj uzoraka, a tokom svakog uzorkovanja uhvaćene jedinke se markiraju i puštaju. Prilikom procjene veličine populacije Schumacher–Eschmeyer-ovom metodom treba razlikovati samo dva tipa jedinki: markirane (koje su uhvaćene u jednom ili više ranijih uzoraka) i nemarkirane (koje nisu nikada prije uhvaćene) (Pešić i Tomović, 2010). Za svaki uzorak t , utvrđuju se slijedeći parametri (Krebs, 1999; Pešić i Tomović, 2010):

C_t - ukupan broj jedinki uhvaćen u uzorku t

R_t - broj jedinki koje su već bile markirane (*recaptures*) kada su uhvaćene u uzorku t

U_t - broj jedinki markiranih po prvi put i puštenih na slobodu u uzorku t

M_t - broj markiranih jedinki u populaciji prije nego što je uzet uzorak t

Procjena veličine populacije prema Schumacher–Eschmeyer-u se vrši na osnovu formule:

$$N = \frac{\sum(C_t M_t^2)}{\sum(R_t M_t)}$$

Prilikom izvođenja Jolly–Seber-ove metode uzorci se prikupljaju tri ili više puta. Za svaku markiranu jedinku u uzorku potrebno je znati kada je zadnji put ulovljena. Budući da je broj uzoraka neograničen, a vremenski period između uzorkovanja ne mora biti konstantan, ovaj metod omogućava korištenje grupe podataka prikupljenih kroz duži niz godina. Parametri (varijable) koje se koriste prilikom Jolly–Seber-ove metode su (Krebs, 1999):

m_t - broj markiranih jedinki ulovljenih u uzorku t

u_t - broj neoznačenih jedinki ulovljenih u uzorku t

n_t - ukupan broj jedinki ulovljenih u uzorku t ($n_t = m_t + u_t$)

s_t - ukupan broj jedinki koje su puštene nakon obrade uzorka t (n_t – slučajni mortalitet, slučajno ili namjerno izmještanje životinja sa lokaliteta)

R_t - broj s_t jedinki koje su puštene nakon uzorkovanja t i ponovno uhvaćene u nekom kasnijem uzorkovanju

Z_t - broj jedinki koje su označene prije uzorkovanja t , koje nisu ulovljene u uzorkovanju t , ali su ulovljene u nekom od uzorkovanja nakon njega.

Procjena veličine populacije je zasnovana na prostom odnosu:

$$\text{Veličina populacije } (N_t) = \frac{\text{Veličina obilježene populacije } (M_t)}{\text{Udio obilježenih životinja } (\alpha_t)}$$

Procjena udjela obilježenih životinja se izračunava prema formuli:

$$\alpha_t = \frac{m_t + 1}{n_t + 1}$$

- gdje je +1 korekcija zasistematsku grešku (*bias*) kod malih uzoraka.

Veličina markirane populacije se procjenjuje prema formuli:

$$M_t = \frac{(s_t + 1)Z_t}{R_t + 1} + m_t$$

- gdje je M_t procjenjena veličina markirane populacije neposredno prije vremena uzorkovanja uzorka t .

Procjena veličine populacije u trenutku prije vremena uzorkovanja uzorka t je:

$$N_t = \frac{M_t}{\alpha_t}$$

5.4. Reproduktivne odlike

Pol jedinki je određen na osnovu spoljašnje morfologije repa (mužjaci imaju relativno duže i deblje repove od ženki slične veličine) (Slika 5.4.1 – lijevo), a ukoliko je bilo potrebno i istiskivanjem hemipenisa (Fitch, 1987; Feriche i sar., 1993). Podaci o fekunditetu su prikupljeni na osnovu palpacije abdomena tj. procjenom broja rastućih folikula/jaja kroz tjelesni zid ženki (Slika 5.4.1 – desno). Pouzdanost palpacije u određivanju broja jaja kod gravidnih ženki je potvrđena laboratorijskim zapažanjima (± 1 jaje; Luiselli i Rugiero, 2005).



Slika 5.4.1. Debljina baze repa (lijevo) kod mužjaka (gore) i ženke (dole);
palpacija abdomena gravidnih ženki (desno)

Minimalna veličina tijela pri kojoj jedinke dostižu polnu zrelost u ovim istraživanjima za ženke je određena na osnovu najmanje gravidne bjelouške uhvaćene na području močvarno-barskog ekosistema Bardača, odnosno najmanje gravidne ribarice uhvaćene na području rijeke Vrbanje. Za mužjake bjelouške, minimalna dužina tijela pri kojoj jedinke dostižu polnu zrelost je utvrđena na osnovu najmanjeg mužjaka uhvaćenog u kopulaciji. Prema tome, ženke bjelouške čija je SVL bila veća od 62,4 cm, a mužjaci veći od 48,5 cm su smatrani adultima. Juvenilnim jedinkama su smatrane zmiје čija je $SVL < 30$ cm, dok su jedinke između ovih vrijednosti smatrane kao subadulti.

Međutim, budući da mužjaci ribarice nisu hvatani tokom kopulacije, njihova minimalna dužina tijela pri kojoj jedinke dostižu polnu zrelost je određena na osnovu prethodnih istraživanja (Luiselli i Rugiero, 2005). Nakon izvršenih istraživanja i analize stope rasta na bazi terenskih istraživanja, naknadno (*a posteriori*) su redefinisane uzrasne kategorije

i vrijeme dostizanja polne zrelosti mužjaka ribarice (objašnjeno u rezultatima). Procjene populacionih parametara su rađene na osnovu *a posteriori* definisanih uzrasnih kategorija, prema kojima su ženke ribarice čija je SVL bila veća od 51,4 cm, a mužjaci ribarice veći od 45 cm smatrani adultima. Juvenilnim jedinkama su smatrane zmije čija je $SVL < 30$ cm, dok su jedinke između ovih vrijednosti smatrane kao subadulti.

Takođe, zbog poređenja procjene starosti jedinki i dužine tijela, grafički su predstavljeni rasponi dužinskih klasa po polovima u populaciji.

5.5. Stope rasta i procjena starosti

Stope rasta i starost su procijenjene na osnovu ponovno uhvaćenih (eng. *recaptured*) jedinki. Prilikom prvog hvatanja svaka jedinka je markirana jedinstvenim kodom, određen je pol, i izmjerena standardna dužina tijela (SVL) preciznosti 1 mm. Ponovnim hvatanjem zmijama je ponovno mjerena SVL. Stopa rasta je izračunata za svaku ponovno uhvaćenu jedinku kao razlika između dva SVL mjerenja podijeljena sa intervalom u danima između hvatanja (Stanford i King, 2004):

$$\text{Stopa rasta} = \frac{\text{dužina pri hvatanju} - \text{dužina pri prethodnom hvatanju}}{\text{broj dana rasta između hvatanja}}$$

Broj dana rasta u toku godine je procijenjen na osnovu podataka sa terena, tj. u odnosu na prvu i posljednju zmiju uhvaćenu na terenu (Brown i Weatherhead, 1999a; Stanford i King, 2004). Za ribaricu (*Natrix tessellata*) na istraživanom lokalitetu, sezona aktivnosti je trajala između 15. aprila i 25. septembra (tj. ≈ 160 dana rasta po godini). Tako, npr., zmija uhvaćena i markirana 1. septembra koja je ponovno uhvaćena 20. maja sljedeće godine će imati kovarijablu od 60 dana rasta, kao što bi imala i zmija uhvaćena 15. maja koja je ponovno uhvaćena 14. jula iste godine. Međutim, za jedinke uhvaćene poslije prve hibernacije ($SVL < 28$ cm) broj dana rasta je zasebno izračunat na osnovu prve i posljednje jedinke ove grupe uhvaćene na terenu. Prva jedinka ove grupe je uhvaćena na terenu 15. juna, a posljednja 10. septembra, tako da je broj dana rasta za ovu grupu zmija iznosio ≈ 80 dana.

Na osnovu navedenog, prilikom računanja procjene starosti uzimano je u obzir da je broj dana rasta u prvoj godini 80, a u sljedećim godinama po 160.

Pošto mjerenje na živim životinjama može biti vrlo promjenjivo (greška mjerenja rasta može biti velika u odnosu na dva mjerenja u kratkom vremenskom periodu), u konačnu analizu uključeni su podaci sa minimalno 60 dana rasta za adultne zmije, dok su za jednogodišnje i subadultne zmije, zbog njihovog bržeg rasta, uključeni podaci sa minimalno 30 dana rasta (Plummer, 1985; Plummer, 1997a). Nakon izračunavanja stope rasta, urađena je regresija stope rasta u odnosu na srednju SVL, odvojeno po polovima. Budući da zmije, kako postaju veće, imaju nižu stopu rasta, uzeta je prosječna SVL između intervala rasta kao kovarijabla, kako bi se izbjeglo precjenjivanje ili podcjenjivanje trenutne stope rasta korištenjem početne ili konačne vrijednosti SVL (Plummer, 1985).

Pošto se kod zmija trenutna promjena dužine smanjuje linearno sa dužinom tijela (Plummer, 1985; Plummer, 1997a), rast je potom, odvojeno po polovima, modeliran koristeći Von Bertalanffy-jev model (Von Bertalanffy, 1938; model predviđa stalno opadanje stope rasta sa starosti).

Von Bertalanffy-jev model opisuje zavisnost dužine jedinke $D(t)$ od vremena rasta (t) po formuli:

$$D(t) = A(1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (1)$$

- ovdje je A asimptotska dužina, k je stopa rasta, a t_0 je takođe konstanta

Iz formule (1) se dobije formula:

$$SVL2 = A - (A - SVL1)e^{-kt} \quad (2)$$

- gdje je t vrijeme rasta koje je proteklo između mjerenja SVL1 i SVL2.

Uz pomoć nelinearne regresije, odvojeno za mužjake i ženke, se na osnovu (2) dobijaju konstante A i k .

Konstanta t_0 se dobije iz uslova $D(0) = \bar{D}$, gdje je $\bar{D}$ prosječna dužina tek izleženih zmija, odakle se dobije da je t_0 dato formulom:

$$t_0 = \frac{1}{k} \cdot \ln\left(1 - \frac{\bar{D}}{A}\right).$$

Prosječna standardna dužina tijela novorođenih zmija ($\bar{D} = 20,41$ cm) je procjenjena na osnovu 10 najmanjih jedinki ribarice pronađenih na terenu tokom istraživanog perioda.

Starost jedinki (izražena u godinama) čija je dužina D se dobije po formuli:

$$\frac{t - 80}{160} + 1$$

- gdje je t dato sa formulom:

$$t = t_0 - \frac{1}{k} \cdot \ln\left(1 - \frac{D}{A}\right)$$

- ova posljednja formula je dobijena korištenjem (1).

Von Bertalanffy-jev model rasta je primjenjen u ovoj disertaciji da bi se okvirno procjenila starost zmiye u funkciji veličine tijela. Zmije su raspoređene u starosne klase zaokruživanjem procjenjene starosti na najbliži cijeli broj (od 0 do 10+ za mužjake i za ženke).

5.6. Ishrana

Svaka uhvaćena jedinka je palpirana na prisustvo hrane u digestivnom sistemu (nedavno konzumiran, polusvaren ili svaren). To je vršeno radi analize učestalosti hranjenja između polova, sezona i uzrasnih kategorija, ali i zbog izbjegavanja grešaka prilikom procjene kondicionog indeksa. Prilikom mjerenja zmiye u samoodbrani često izbacuju plijen, na osnovu koga su i prikupljeni podaci o ishrani. Često je takav plijen “intaktan” tj. nedavno konzumiran i nesvaren, te se vrsta može relativno lako determinisati. Stavke plijena su identifikovane do najnižeg mogućeg taksonomskog nivoa, pomoću ključeva za determinaciju (Vuković, 1977; Đurović i sar., 1979; Kottelat i Freyhof, 2007). Takođe, na osnovu posmatranja na terenu dat je opis ponašanja zapažen prilikom hranjenja kod obje vrste, a bilježen je i smjer gutanja plijena (od glave ili od zadnjeg kraja tijela) (Slika 5.6.1).



Slika 5.6.1. Plijen progutan od prednjeg (lijevo) i zadnjeg kraja tijela (desno)

Na osnovu mase tijela i standardne dužine tijela izračunat je kondicioni indeks (eng. *Body Condition Index* – BCI). Najjednostavniji način za procjenu kondicionog stanja kod zmija je korišćenje reziduala regresije tjelesne mase (BM) u odnosu na standardnu dužinu tijela (SVL). U tom smislu, što je vrijednost reziduala veća, to je jedinka u boljoj kondiciji, i obrnuto (Waye i Mason, 2008).

5.7. Statističke analize

Za statističku obradu podataka korišten je statistički program Statistica 7.0. Za osnovni opis varijabilnosti analiziranih karaktera urađena je deskriptivna statistika: srednja vrijednost, standardna devijacija i raspon varijabilnosti (minimum i maksimum). Vrijednost $p < 0,05$ je uzeta za graničnu vrijednost statističke značajnosti. Analiza varijanse (ANOVA) korištena je za utvrđivanje statistički značajnih razlika između vrsta i polova, po uzrasnim kategorijama, dok je analiza kovarijanse (ANCOVA) primjenjena kako bi se otklonio uticaj ukupne veličine tijela na njegov posmatrani dio, tj. ANCOVA je primjenjena kako bi se utvrdile razlike u obliku tijela (relativnim veličinama analiziranih karakteristika) između vrsta i polova, po uzrasnim kategorijama. Takođe, ANCOVA je korištena da bi utvrdili razlike u stopama rasta između polova i uzrasnih kategorija. Procjena indeksa polnog dimorfizma za adulte je izvršena prema Shine (1994).

Analiza glavnih komponenti (eng. *Principal Component Analysis* – PCA) je multivarijantna statistička metoda kojom se sirovi podaci transformišu tako da se veliki broj originalnih varijabli svede na mali broj novih varijabli tzv. „glavne komponente“, koji su linearna kombinacija originalnih varijabli (Ivanović i Kalezić, 2009). Cilj ove analize je bio da se utvrdi koji od analiziranih morfometrijskih karaktera najviše doprinose ukupnoj morfološkoj varijabilnosti na multivarijantnom nivou, kako cjelokupnog uzorka, tako i pojedinih grupa – polova i vrsta (Tomović, 2000).

Diskriminantna analiza (eng. *Discriminant Canonical Analysis* – DCA) je multivarijantna statistička metoda koja omogućava definisanje osobina koje najviše imaju sposobnost diskriminacije analiziranih grupa (Tomović, 2000; Ivanović i Kalezić, 2009). Ova metoda je upotrijebljena da bi se utvrdilo koje kombinacije analiziranih morfometrijskih karaktera mogu poslužiti u diskriminaciji uzorka po vrstama i polovima.

Provjera statističke značajnosti razlika učestalosti stanja kvalitativnih karaktera vršena je χ^2 testom i tablicom kontigencije, ali i korespodentnom analizom. Korespodentna analiza je multivarijantna analiza koja omogućava definisati koje merističke i/ili kvalitativne osobine i njihova stanja (ali i njihove kombinacije) „najbolje“ definišu pojedinu grupu (vrstu, pol, populaciju) (Tomović, 2000). Rezultat ove analize je grafik međusobne asociranosti analiziranih osobina i grupa (Manly, 1986). U ovoj tezi, korespodentna analiza je korišćena za analize asociranosti vrsta sa analiziranim merističkim karakteristikama pileusa.

Korelacija i regresija (bivarijantne statističke metode koje proučavaju uzajamne veze između dvije osobine) su u ovom radu korištene za utvrđivanje odnosa između dužine repa i SVL zmije, dužine vilice i SVL zmije, mase plijena i SVL zmije, kao i za utvrđivanje odnosa između broja jaja i SVL ženki zmija.

Parametri koji su pokazali raspodjelu koja odstupa od normalne poređeni su primjenom neparametrijskih testova Mann-Whitney i Kruskal-Wallis.

6. REZULTATI

6.1. Morfološka varijabilnost i polni dimorfizam

6.1.1. Deskriptivna statistika, analiza varijanse (ANOVA) i analiza kovarijanse (ANCOVA) između vrste *Natrix natrix* i *Natrix tessellata* po polu

Deskriptivna statistika je urađena za masu tijela, sedam morfometrijskih i dvije merističke osobine, posebno za ženke, a posebno za mužjake dvije analizirane vrste. U tabeli 6.1.1. date su vrijednosti deskriptivne statistike analiziranih morfoloških osobina, kao i analiza varijanse (ANOVA) za ženke dvije analizirane vrste, dok su u tabeli 6.1.2. date vrijednosti deskriptivne statistike i analize varijanse (ANOVA) za mužjake dvije analizirane vrste.

Tabela 6.1.1. Deskriptivna statistika osnovnih morfometrijskih i merističkih karakteristika ženki *N. natrix* i *N. tessellata* (adultne i subadultne jedinke) i rezultati analize varijanse (N - broj jedinki; mean - srednja vrijednost; SD - standardna devijacija; min - najmanja vrijednost u uzorku; max - najveća vrijednost u uzorku; F - odnos varijansi; p - nivo statističke značajnosti). Sve morfometrijske vrijednosti su izražene u milimetrima, osim mase tijela, koja je izražena u gramima.

Ženke	<i>Natrix natrix</i>			<i>Natrix tessellata</i>			ANOVA	
Osobina	N	mean ± SD	min – max	N	mean ± SD	min – max	F	p
SVL	129	685,2 ± 110,45	320 – 994	306	549,3 ± 115,46	300 – 782	84,62	0,000
Tot.L	104	841,7 ± 135,9	388 – 1202	271	685,0 ± 141,92	375 – 975	75,89	0,000
TL	104	163,6 ± 27,11	68 – 221	271	140,2 ± 28,35	75 – 199	41,58	0,000
BM	92	118,5 ± 51,37	12,0 – 260,0	306	86,3 ± 55,22	12,0 – 243,0	28,83	0,000
CL	128	20,9 ± 2,71	12,5 – 28,2	302	18,6 ± 2,91	12,8 – 24,8	39,17	0,000
PPS	127	18,4 ± 2,40	11,6 – 25,0	302	16,0 ± 2,56	10,9 – 21,9	53,56	0,000
HW	127	7,9 ± 0,98	5,0 – 10,8	301	6,0 ± 0,91	4,2 – 8,2	263,01	0,000
J	128	28,8 ± 4,41	15,7 – 41,8	305	25,6 ± 4,53	16,0 – 34,8	28,41	0,000
V	121	174,2 ± 2,90	168 – 181	260	165,7 ± 2,48	158 – 171	718,54	0,000
SC	99	64,5 ± 3,94	56 – 74	242	62,6 ± 2,38	57 – 71	29,72	0,000

Ženke bjelouške (*Natrix natrix*) imaju veće srednje i maksimalne vrijednosti svih analiziranih morfometrijskih i merističkih karaktera, dok ženke ribarice (*Natrix tessellata*) imaju veće minimalne vrijednosti za dužinu repa (TL), dužinu kranijuma (CL) i dužinu vilice (J).

Takođe, ženke bjelouške imaju, u prosjeku devet ventralnih i dvije subkaudalne krljušti više u odnosu na ženke ribarice.

Analizom varijanse pokazane su jasne, statistički visoko značajne razlike ($p < 0,001$) za sve analizirane karaktere (osam morfometrijskih i dva meristička) među ženkama vrste *Natrix natrix* i vrste *Natrix tessellata* (Tabela 6.1.1).

Tabela 6.1.2. Deskriptivna statistika osnovnih morfometrijskih i merističkih karakteristika mužjaka *N. natrix* i *N. tessellata* (adultne i subadultne jedinke) i rezultati analize varijanse (N - broj jedinki; mean - srednja vrijednost; SD - standardna devijacija; min - najmanja vrijednost u uzorku; max - najveća vrijednost u uzorku; F - odnos varijansi; p - nivo statističke značajnosti). Sve morfometrijske vrijednosti su izražene u milimetrima, osim mase tijela, koja je izražena u gramima.

Mužjaci	<i>Natrix natrix</i>			<i>Natrix tessellata</i>			ANOVA	
Osobina	N	mean $\pm$ SD	min – max	N	mean $\pm$ SD	min – max	F	p
SVL	88	522,8 $\pm$ 59,98	315 – 640	133	453,3 $\pm$ 72,97	303 – 600	50,79	0,000
Tot.L	73	670,4 $\pm$ 81,86	402 – 818	120	580,1 $\pm$ 93,22	391 – 775	48,14	0,000
TL	73	149,2 $\pm$ 18,96	87 – 193	120	131,2 $\pm$ 21,01	86 – 175	36,38	0,000
BM	72	49,8 $\pm$ 15,43	11,0 – 84,0	132	41,9 $\pm$ 19,76	10,0 – 91,4	12,02	0,001
CL	88	17,1 $\pm$ 1,49	12,0 – 20,0	131	15,9 $\pm$ 1,79	12,3 – 19,6	29,42	0,000
PPS	88	15,1 $\pm$ 1,33	10,4 – 17,9	131	13,6 $\pm$ 1,62	10,4 – 17,0	46,42	0,000
HW	88	6,7 $\pm$ 0,60	5,3 – 8,0	131	5,3 $\pm$ 0,64	4,1 – 6,7	219,01	0,000
J	88	21,3 $\pm$ 2,00	14,8 – 25,0	131	20,4 $\pm$ 2,62	14,8 – 25,8	8,15	0,004
V	87	177,1 $\pm$ 2,75	170 – 185	124	170,5 $\pm$ 2,4	164 – 177	283,91	0,000
SC	73	75,0 $\pm$ 3,50	66 – 83	113	72,3 $\pm$ 2,3	66 – 78	38,46	0,000

Mužjaci bjelouške imaju veće srednje vrijednosti svih analiziranih morfometrijskih i merističkih osobina. Takođe, veće maksimalne vrijednosti analiziranih morfoloških osobina su prisutne kod mužjaka bjelouške (*Natrix natrix*), izuzev dužine vilice (J) koja ima veću

maksimalnu vrijednost kod mužjaka ribarice (*Natrix tessellata*). Mužjaci bjelouške imaju sedam ventralnih i tri subkaudalne krljušti više u odnosu na mužjake ribarice.

Analizom varijanse pokazane su jasne, statistički visoko značajne razlike ($p < 0,005$) među mužjacima dvije analizirane vrste (adultne i subadultne jedinke zajedno) za svih osam morfometrijskih i dvije merističke osobine (Tabela 6.1.2).

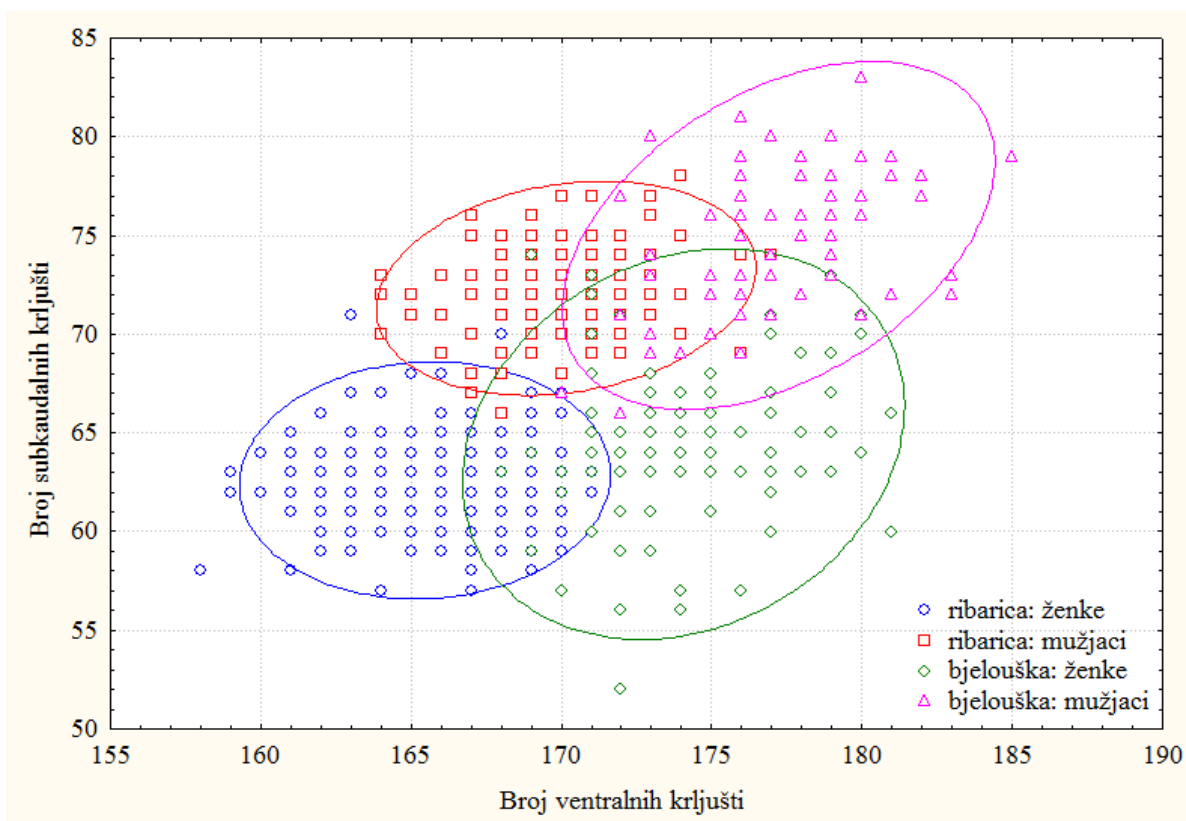
Kada je otklonjen uticaj veličine tijela na analizirane morfometrijske karakteristike, dobijeni su sljedeći rezultati: analiza kovarijanse (ANCOVA) sa totalnom dužinom tijela (Tot.L) kao kovarijablom, rađena za šest morfometrijskih osobina, pokazala je da između ženki *Natrix natrix* i *Natrix tessellata* (objedinjene adultne i subadultne jedinke) postoje statistički visoko značajne razlike za sve analizirane karaktere (Tabela 6.1.3).

Kod mužjaka, statistički značajne razlike između vrsta *Natrix natrix* i *Natrix tessellata* zabilježene su za sve analizirane karaktere izuzev za postparijetalnu dužinu (PPS) (Tabela 6.1.3).

Tabela 6.1.3. Analiza kovarijanse (ANCOVA), između vrsta, odabranih morfometrijskih karakteristika; kao kovarijabla korišćena totalna dužina tijela, Tot. L (F - odnos varijansi, p - nivo statističke značajnosti).

Osobina	SVL		TL		CL		PPS		HW		J	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Ženke	66,3	0,000	66,3	0,000	63,0	0,000	19,4	0,000	396,1	0,000	235,4	0,000
Mužjaci	6,4	0,012	6,4	0,012	12,6	0,000	0,26	0,611	232,2	0,000	178,1	0,000

Odnos broja ventralnih i subkaudalnih krljušti između vrsta *Natrix natrix* i *Natrix tessellata* po polovima je prikazan na grafiku 6.1.1.



Grafik 6.1.1. Odnos broja ventralnih i subkaudalnih krljušti između vrsta po polovima

Na grafiku 6.1.1. se može vidjeti da mužjaci *Natrix natrix* i *Natrix tessellata* pokazuju djelimično preklapanje u broju subkaudalnih krljušti, dok je preklapanje u broju ventralnih krljušti slabije izraženo. Takođe, ženke *Natrix natrix* i *Natrix tessellata* se djelimično preklapaju u broju subkaudalnih krljušti, dok je preklapanje u broju ventralnih krljušti, među ženkama dvije vrste slabo izraženo. Takođe se može primjetiti da mužjaci i ženke bjelouške pokazuju veću varijabilnost broja ventralnih i subkaudalnih krljušti u odnosu na mužjake i ženke ribarice.

6.1.2. Polni dimorfizam

6.1.2.1. Polni dimorfizam vrste *Natrix natrix*

Analizom varijanse pokazane su statistički visoko značajne razlike među adultnim mužjacima i ženkama bjelouške (*Natrix natrix*) za sve analizirane morfološke karaktere (Tabela 6.1.4). Ženke imaju veće srednje i maksimalne vrijednosti svih analiziranih morfometrijskih karaktera, dok mužjaci imaju veće srednje i maksimalne vrijednosti oba

analizirana meristička karaktera. Kod subadultnih jedinki, jasne (statistički značajne) razlike među polovima su zabilježene za sve karaktere izuzev za dužinu repa (TL) (Tabela 6.1.4).

Tabela 6.1.4. Rezultati analize varijanse (ANOVA) među polovima i deskriptivna statistika mjerenih morfometrijskih i merističkih karakteristika adultnih (A) i subadultnih (SA) jedinki vrste *N. natrix* (N - broj jedinki; mean - srednja vrijednost; min - najmanja vrijednost u uzorku; max - najveća vrijednost u uzorku; SD - standardna devijacija; F - odnos varijansi; p - nivo statističke značajnosti). Sve morfometrijske vrijednosti su izražene u milimetrima, osim mase tijela, koja je izražena u gramima.

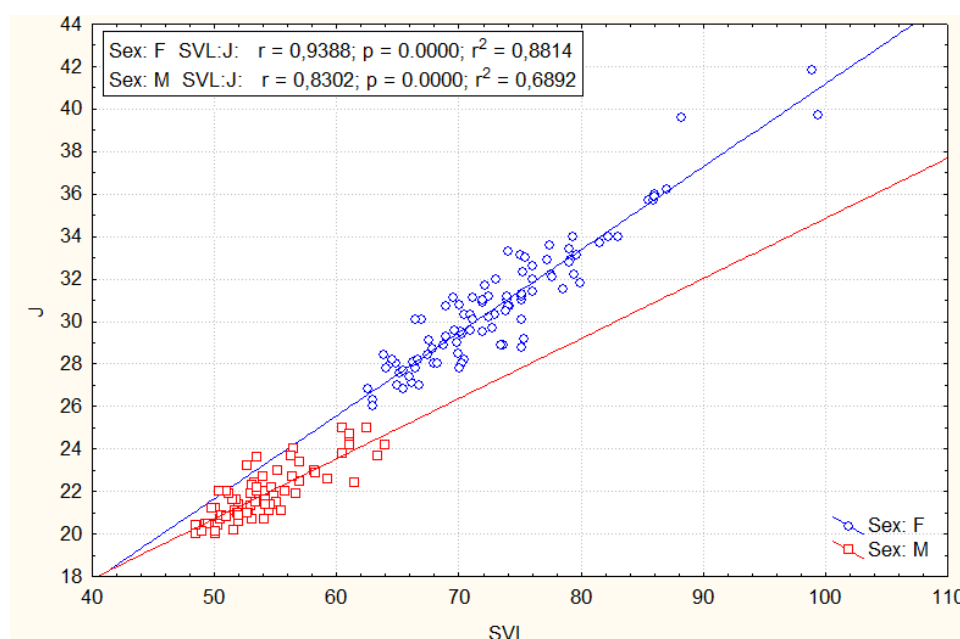
A	Mužjaci			Ženke			ANOVA (F _{1, 124})	
Karakter	N	Mean ± SD	min – max	N	mean ± SD	min – max	F	p
TL	61	155,6 ± 11,27	130 – 193	76	175,4 ± 16,43	133 – 221	56,86	0,000
SVL	76	541,2 ± 36,72	485 – 640	96	733,4 ± 70,84	626 – 994	353,43	0,000
Tot.L	61	699,2 ± 46,32	620 – 818	76	905,3 ± 76,87	771 – 1202	298,24	0,000
BM	73	54,2 ± 12,49	38,0 – 84,0	93	147,1 ± 46,84	65,0 – 305,0	222,44	0,000
CL	76	17,6 ± 0,96	15,8 – 20,0	95	22,1 ± 1,86	19,1 – 28,2	247,39	0,000
PPS	76	15,5 ± 0,86	13,9 – 17,9	94	19,5 ± 1,60	16,6 – 25,0	284,91	0,000
HW	76	6,8 ± 0,44	5,8 – 8,0	94	8,4 ± 0,68	7,0 – 10,8	194,08	0,000
J	76	21,9 ± 1,25	20,0 – 25,0	95	30,8 ± 2,95	26,0 – 41,8	441,16	0,000
V	75	177,1 ± 2,82	170 – 185	88	174,1 ± 2,85	168 – 181	39,40	0,000
SC	61	74,9 ± 3,64	66 – 83	72	64,7 ± 3,82	56 – 74	221,74	0,000
SA	Mužjaci			Ženke			ANOVA (F _{1, 36})	
Karakter	N	Mean ± SD	min – max	N	mean ± SD	min – max	F	p
TL	12	117,1 ± 17,67	87 – 140	28	131,8 ± 24,84	68 – 160	2,99	0,093
SVL	12	406,6 ± 46,91	315 – 472	33	545,0 ± 81,54	320 – 622	21,84	0,000
Tot.L	12	523,7 ± 63,68	402 – 610	28	669,1 ± 108,74	388 – 782	16,14	0,000
BM	12	24,3 ± 7,95	11,0 – 33,0	32	64,5 ± 25,66	12,0 – 107,0	20,14	0,000
CL	12	14,3 ± 1,16	12,0 – 15,7	33	17,6 ± 1,89	12,5 – 20,3	22,55	0,000
PPS	12	12,6 ± 1,02	10,4 – 13,8	33	15,4 ± 1,53	11,6 – 17,7	23,86	0,000
HW	12	5,6 ± 0,27	5,3 – 6,1	33	6,8 ± 0,70	5,0 – 7,8	21,24	0,000
J	12	17,4 ± 1,49	14,8 – 19,3	33	23,2 ± 2,90	15,7 – 27,0	31,93	0,000
V	12	177,3 ± 2,30	172 – 180	33	174,5 ± 3,06	168 – 181	6,56	0,015
SC	12	75,3 ± 2,80	71 – 79	27	64,4 ± 3,61	56 – 71	88,21	0,000

Kada je otklonjen uticaj veličine tijela na obrađivane morfometrijske karaktere, dobijeni su sljedeći rezultati: analiza kovarijanse (ANCOVA) rađena za pet morfometrijskih osobina, sa standardnom dužinom tijela (SVL) kao kovarijablom, pokazala je da kod bjelouške (*Natrix natrix*) za objedinjen uzorak adultnih i subadultnih jedinki, statistički značajne razlike između polova postoje za dužinu repa (TL) i dužinu vilice (J). Takođe, isti rezultati su dobijeni i posebno za adulte, kao i posebno za subadulte (Tabela 6.1.5).

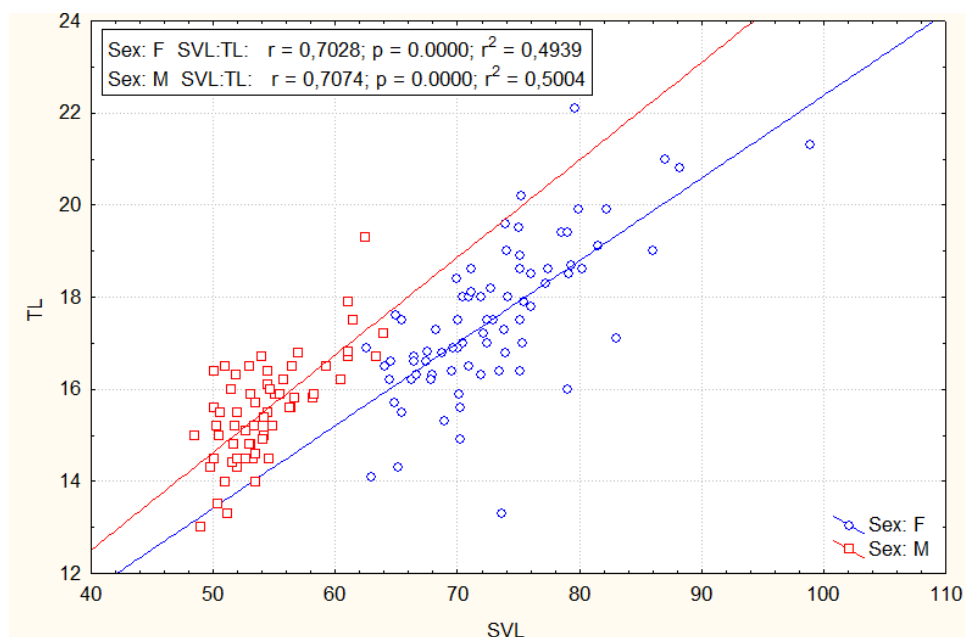
Tabela 6.1.5. Analiza kovarijanse (ANCOVA) bjelouške (*Natrix natrix*), među polovima, odabranih morfometrijskih karakteristika; kao kovarijabla korišćena standardna dužina tijela, SVL (A+SA - objedinjeno adulti i subadulti; A - adulti; SA - subadulti; F - odnos varijansi, p - nivo statističke značajnosti).

Osobina	TL		CL		PPS		HW		J	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
A+SA ($F_{1,172}$)	109,4	0,000	0,044	0,834	0,003	0,955	0,535	0,466	62,1	0,000
A ($F_{1,132}$)	17,3	0,000	0,147	0,702	0,504	0,479	0,060	0,808	25,8	0,000
SA ($F_{1,37}$)	28,8	0,000	0,979	0,329	1,763	0,192	1,926	0,173	12,3	0,001

Odnos dužine vilice (J) i standardne dužine tijela (SVL) adultnih jedinki bjelouške (*Natrix natrix*), prikazan je na grafiku 6.1.2, dok je odnos dužine repa i (TL) standardne dužine tijela (SVL) adultnih jedinki bjelouške prikazan na grafiku 6.1.3.



Grafik 6.1.2. Odnos standardne dužine tijela (SVL) i dužine vilice (J) kod adultnih jedinki bjelouške



Grafik 6.1.3. Odnos standardne dužine tijela (SVL) i dužine repa (TL) kod adultnih jedinki bjelouške

6.1.2.2. Polni dimorfizam vrste *Natrix tessellata*

Analizom varijanse pokazane su visoko statistički značajne razlike među adultnim mužjacima i ženkama ribarice (*Natrix tessellata*) za sve analizirane morfološke karaktere (Tabela 6.1.6). Ženke imaju veće srednje i maksimalne vrijednosti svih analiziranih morfometrijskih karaktera, dok mužjaci imaju veće srednje i maksimalne vrijednosti oba analizirana meristička karaktera. Kod subadultnih jedinki, jasne (statistički značajne) razlike među polovima su zabilježene za sve karaktere izuzev za dužinu repa (TL) (Tabela 6.1.6).

Tabela 6.1.6. Rezultati analize varijanse (ANOVA) među polovima i deskriptivna statistika mjerenih morfometrijskih i merističkih karakteristika adultnih (A) i subadultnih (SA) jedinki vrste *N. tessellata* (N - broj jedinki; mean - srednja vrijednost; min - najmanja vrijednost u uzorku; max - najveća vrijednost u uzorku; SD - standardna devijacija; F - odnos varijansi; p - nivo statističke značajnosti). Sve morfometrijske vrijednosti su izražene u milimetrima, osim mase tijela, koja je izražena u gramima.

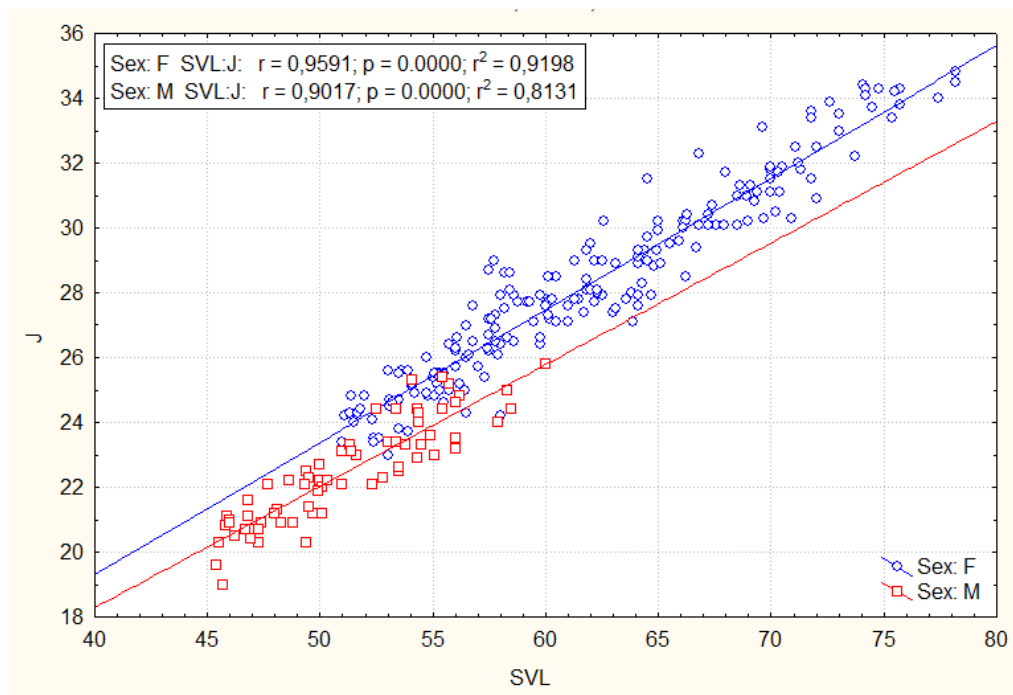
A	Mužjaci			Ženke			ANOVA ($F_{1, 225}$)	
Karakter	N	mean $\pm$ SD	min – max	N	mean $\pm$ SD	min – max	F	p
TL	60	148,0 $\pm$ 11,39	125 – 175	170	157,8 $\pm$ 16,77	119 – 199	17,73	0,000
SVL	70	511,0 $\pm$ 39,00	454 – 600	194	621,0 $\pm$ 68,93	514 – 782	135,22	0,000
Tot.L	60	657,0 $\pm$ 49,64	582 – 775	170	774,3 $\pm$ 84,26	629 – 975	105,94	0,000
BM	68	55,8 $\pm$ 15,29	32,0 – 91,4	130	101,4 $\pm$ 39,60	46,6 – 243,0	86,43	0,000
CL	69	17,2 $\pm$ 1,15	15,3 – 19,6	192	20,4 $\pm$ 1,91	16,7 – 24,8	140,94	0,000
PPS	69	14,9 $\pm$ 1,06	13,0 – 17,0	192	17,6 $\pm$ 1,69	14,5 – 21,9	130,79	0,000
HW	69	5,8 $\pm$ 0,46	5,0 – 6,7	192	6,6 $\pm$ 0,64	5,3 – 8,2	75,68	0,000
J	69	22,4 $\pm$ 1,59	19,0 – 25,8	192	28,3 $\pm$ 2,90	23,0 – 34,8	217,82	0,000
V	45	170,5 $\pm$ 2,42	164 – 177	158	165,5 $\pm$ 2,37	159 – 170	139,00	0,000
SC	37	72,0 $\pm$ 2,42	66 – 77	143	62,5 $\pm$ 2,35	57 – 70	496,20	0,000
SA	Mužjaci			Ženke			ANOVA ($F_{1, 154}$)	
Karakter	N	Mean $\pm$ SD	min – max	N	mean $\pm$ SD	min – max	F	p
TL	60	114,4 $\pm$ 13,71	86 – 136	101	110,8 $\pm$ 17,14	75 – 142	2,04	0,155
SVL	63	389,2 $\pm$ 41,47	303 – 448	112	425,0 $\pm$ 61,65	300 – 509	14,36	0,000
Tot.L	60	503,3 $\pm$ 55,32	391 – 582	101	534,9 $\pm$ 77,92	375 – 644	6,94	0,009
BM	62	25,6 $\pm$ 8,07	10,0 – 42,9	112	34,5 $\pm$ 14,23	12,0 – 88,9	17,10	0,000
CL	62	14,3 $\pm$ 0,98	12,3 – 15,8	110	15,5 $\pm$ 1,47	12,8 – 18,3	32,03	0,000
PPS	62	12,3 $\pm$ 0,86	10,4 – 13,8	110	13,3 $\pm$ 1,26	10,9 – 15,7	33,02	0,000
HW	62	4,8 $\pm$ 0,41	4,1 – 6,3	109	5,1 $\pm$ 0,45	4,2 – 6,4	15,54	0,000
J	62	18,1 $\pm$ 1,43	14,8 – 20,3	110	20,8 $\pm$ 2,34	16,0 – 24,6	60,87	0,000
V	72	170,4 $\pm$ 2,39	166 – 176	91	165,9 $\pm$ 2,54	158 – 171	122,77	0,000
SC	69	72,6 $\pm$ 2,24	68 – 78	85	62,7 $\pm$ 2,47	57 – 71	693,11	0,000

Kada je otklonjen uticaj veličine tijela na obrađivane morfološke karaktere, dobijeni su sljedeći rezultati: analiza kovarijanse (ANCOVA) rađena za pet morfometrijskih osobina, sa standardnom dužinom tijela (SVL) kao kovarijablom, pokazala je da kod vrste *Natrix tessellata*, za cjelokupan uzorak adultnih i subadultnih jedinki, kao i posebno za subadultne jedinke, statistički značajne razlike između polova postoje za sve karaktere, izuzev za širinu glave (HW). Kod adultnih jedinki statistički značajne razlike između polova su zabilježene samo za dužinu repa (TL) i dužinu vilice (J) (Tabela 6.1.7).

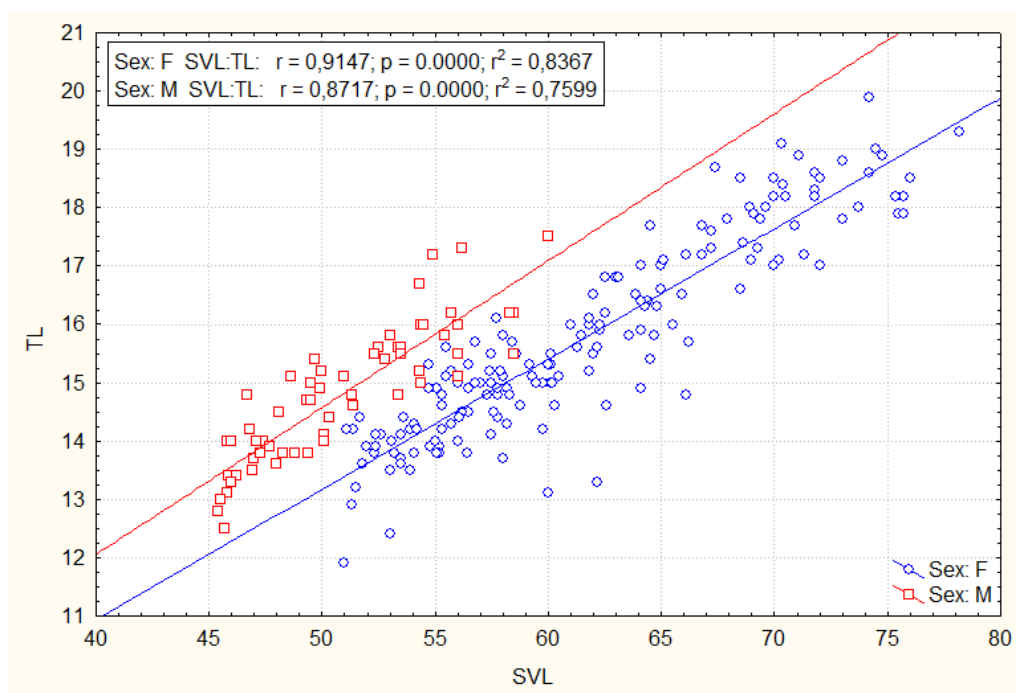
Tabela 6.1.7. Analiza kovarijanse (ANCOVA) ribarice (*Natrix tessellata*), među polovima, odabranih morfometrijskih karakteristika; kao kovarijabla korišćena standardna dužina tijela, SVL (A+SA - objedinjeno adulti i subadulti; A - adulti; SA - subadulti; F - odnos varijansi, p - nivo statističke značajnosti).

Osobina	TL		CL		PPS		HW		J	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
A+SA (F _{1,381})	406,7	0,000	34,3	0,000	27,9	0,000	0,03	0,863	300,6	0,000
A (F _{1,224})	141,7	0,000	2,8	0,097	1,78	0,184	0,53	0,466	91,4	0,000
SA (F _{1,153})	270,3	0,000	33,1	0,000	42,8	0,000	2,12	0,148	214,9	0,000

Odnos dužine vilice (J) i standardne dužine tijela (SVL) adultnih jedinki vrste *Natrix tessellata*, prikazan je na grafiku 6.1.4, dok je odnos dužine repa (TL) i standardne dužine tijela (SVL) adultnih jedinki ribarice prikazan na grafiku 6.1.5.



Grafik 6.1.4. Odnos dužine vilice (J) i standardne dužine tijela (SVL)
kod adultnih jedinki ribarice



Grafik 6.1.5. Odnos dužine repa (TL) i standardne dužine tijela (SVL)
kod adultnih jedinki ribarice

6.1.3. Multivarijantne analize

6.1.3.1. Analiza glavnih komponenti (PCA)

Analiza glavnih komponenti (PCA) je rađena na svim morfometrijskim osobinama (izuzev mase tijela), za oba pola, za adultne i subadultne jedinke, obje vrste, kako bi se opisala varijabilnost i razlike u veličini i obliku tijela. Prva glavna osa opisuje čak 92,97% varijabilnosti, što ukazuje da je u analiziranim uzorcima veliki dio varijabilnosti rezultat razlika u veličini tijela (Tabela 6.1.8). Ovo je bilo za očekivati, budući da su analizirane adultne i subadultne jedinke istovremeno. Druga osa opisuje 3,53% ukupne varijanse uzorka, dok treća osa opisuje 2,65% ukupne varijabilnosti (Tabela 6.1.8). Kumulativno, druga i treća osa opisuju preko šest posto ukupne varijabilnosti tj. na oblik tijela „otpada“ nešto više od 6% ukupne varijabilnosti uzorka. Kumulativno, prve tri ose opisuju 99,15% varijanse.

Tabela 6.1.8. Vrijednosti karakterističnih korijena prve tri glavne ose i procenat varijabilnosti opisan pomoću prve tri glavne ose (Eigenv. - eigenvektor; %Total variance - procenat varijabilnosti po individualnoj osi; Cum. Eigenv. - kumulativni eigenvektor; Cum. % - kumulativni procenat).

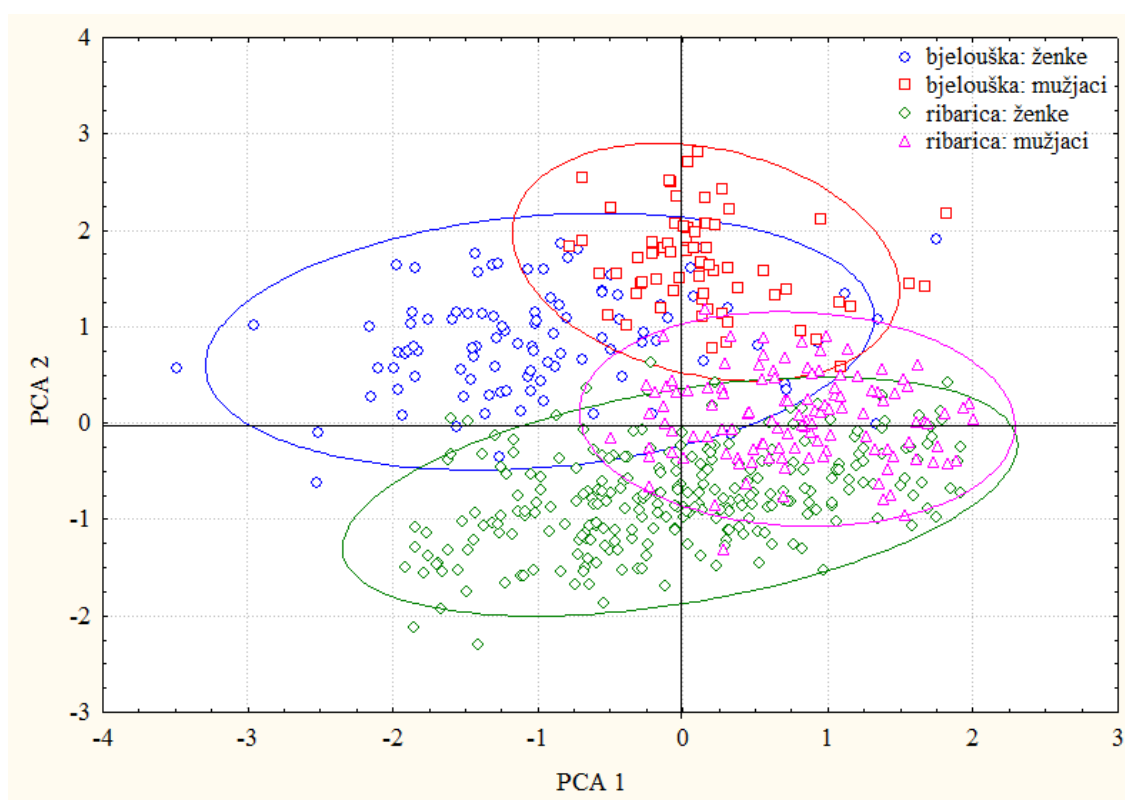
PC	Eigenv.	% Total variance	Cum. Eigenv.	Cum. %
1	5,578	92,97	5,578	92,97
2	0,212	3,53	5,790	96,50
3	0,159	2,65	5,949	99,15

Varijabilnosti veličine tijela cjelokupnog uzorka doprinose svi analizirani karakteri u podjednako mjeri (Tabela 6.1.9). Na drugoj osi najveća opterećenja imaju karakteri: širina glave (HW) i dužina vilice (J) pri čemu ova dva karaktera imaju suprotne predznake, dok na trećoj osi najveća opterećenja imaju osobine: dužina repa (TL) i širina glave (HW), takođe sa suprotnim predznakom (Tabela 6.1.9).

Tabela 6.1.9. Opterećenja analiziranih morfometrijskih karaktera na prve tri glavne ose.

Osobina	PC 1	PC 2	PC 3
SVL	-0,991	-0,004	-0,005
TL	-0,933	0,082	-0,349
CL	-0,985	-0,124	0,054
PPS	-0,990	-0,072	0,054
HW	-0,916	0,367	0,157
J	-0,967	-0,222	0,084

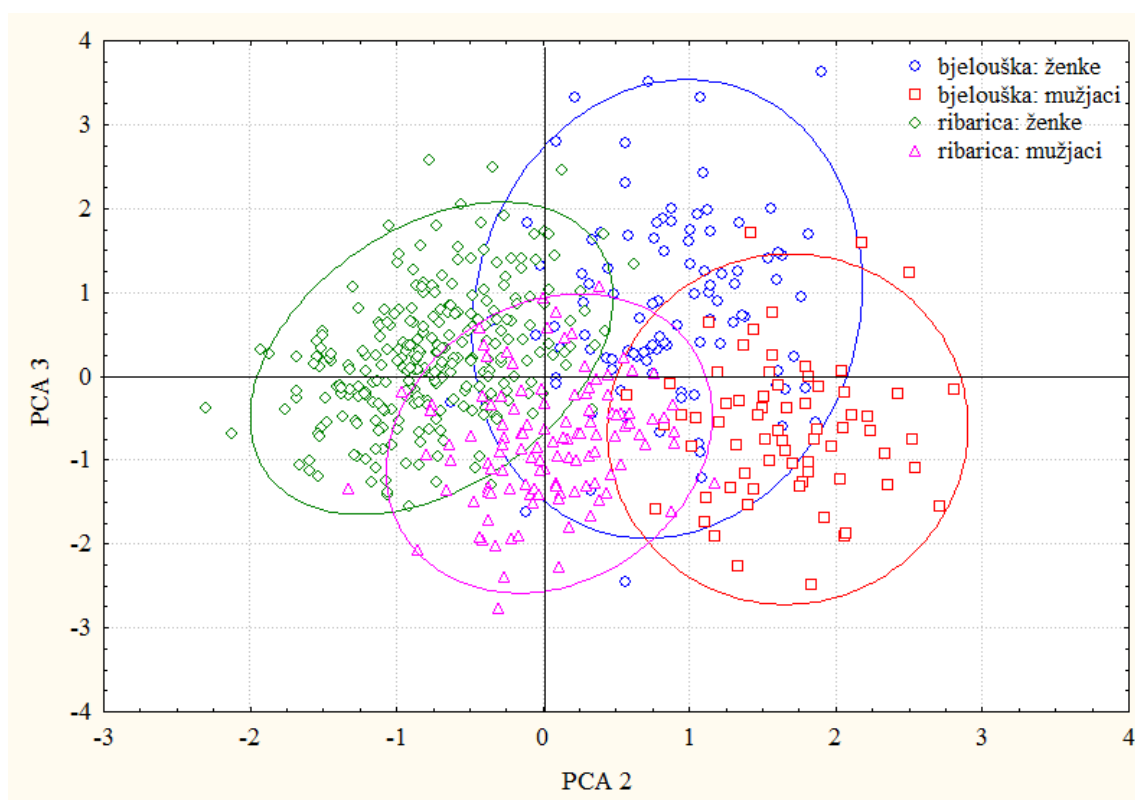
Analiza glavnih komponenti uzoraka adultnih i subadultnih jedinki oba pola i obje vrste, pokazala je da se vrste *Natrix natrix* i *Natrix tessellata*, međusobno, dosta razlikuju u pogledu ukupne varijabilnosti analiziranih morfometrijskih karaktera (Grafik 6.1.6).



Grafik 6.1.6. Dijagram položaja jedinki analiziranih grupa (vrsta i polova) u prostoru prve i druge glavne ose

Na grafiku 6.1.6. može se uočiti dosta ujednačena varijabilnosti veličine tijela obje vrste, a samim time slabo razdvajanje vrsta *Natrix natrix* i *Natrix tessellata* po prvoj glavnoj osi. Takođe, obje vrste pokazuju sličnu varijabilnost mjera “veličine” između polova, pri čemu ženke pokazuju dosta veći raspon varijabilnosti “veličine” tijela u odnosu na mužjake iste vrste. Ovakve sličnosti i razlike u ukupnoj varijabilnosti mjera “veličine” tijela, tj. sličnosti između istih polova različitih vrsta, odnosno razlike između različitih polova iste vrste ukazuju na postojanje sličnih polno dimorfnih osobina kod obje vrste, kao i na postojanje razlika u osobinama “veličine” između mužjaka i ženki iste vrste.

Međutim, po drugoj i trećoj glavnoj osi, tj. po “obliku” tijela, postoji jasnije razdvajanje između različitih vrsta, a donekle i između polova unutar iste vrste (Grafik 6.1.7).



Grafik 6.1.7. Dijagram položaja jedinki analiziranih grupa (vrsta i polova)
u prostoru druge i treće glavne ose

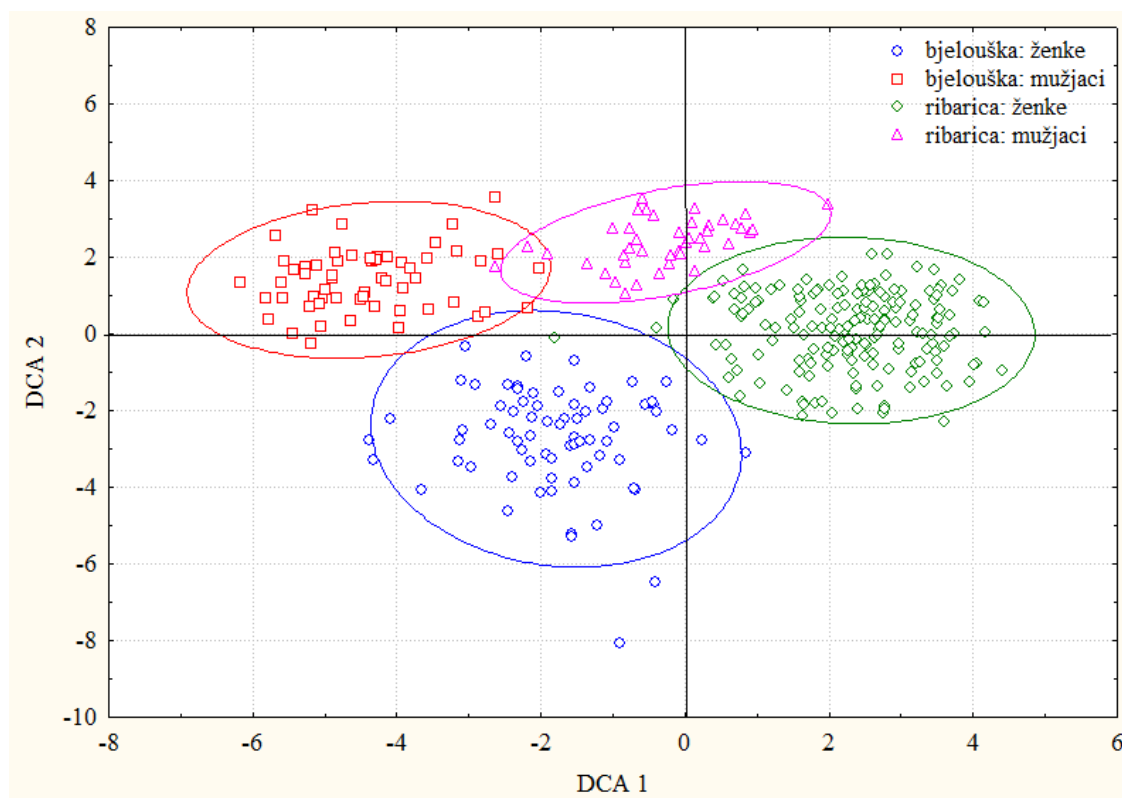
6.1.3.2. Diskriminantna kanonijska analiza

Rezultati diskriminantne kanonijske analize cjelokupnog uzorka adultnih jedinki (Tabela 6.1.10) su pokazali da prva diskriminantna osa nosi 71,4% ukupne diskriminacije grupa. Po prvoj osi, međusobnom razdvajanju grupa, najviše doprinose osobine: dužina vilice (J) i širina glave (HW), pri čemu ove dvije osobine imaju suprotne predznake. U definisanju prve ose značajno doprinose i osobine: standardna dužina tijela (SVL) i post parijetalna dužina (PPS). Druga diskriminantna osa opisuje 28,2% ukupne diskriminacije grupa. Na drugoj osi značajnu vrijednost diskriminantnog koeficijenta imaju standardna dužina tijela (SVL) i dužina vilice (J) sa negativnim predznakom, kao i dužina repa (TL) i dužina kranijuma (CL) sa pozitivnim predznakom. Kumulativno, prve dvije ose opisuju čak 99,6% ukupne diskriminacije grupa. Treća osa opisuje preostalih 0,4% diskriminacije grupa. Po trećoj osi najviše doprinose standardna dužina tijela (SVL) i dužina repa (TL) sa negativnim predznakom, kao i post parijetalna dužina (PPS) i dužina kranijuma (CL) sa pozitivnim predznacima.

Tabela. 6.1.10. Opterećenja morfometrijskih osobina prve tri diskriminantne ose analiziranih grupa (adultne jedinke oba pola i obje vrste).

Osobina	DCA 1	DCA 2	DCA 3
SVL	-1,039	-1,311	-1,576
TL	-0,577	0,933	-0,823
CL	0,294	0,996	0,800
PPS	-0,815	0,578	0,850
HW	-1,285	-0,732	0,580
J	3,237	-1,092	-0,028
Eigenval	6,673	2,644	0,033
Cum. prop	0,714	0,996	1,000

Dijagram položaja jedinki analiziranih grupa u prostoru I i II diskriminantne ose dat je na grafiku 6.1.8.



Grafik 6.1.8. Dijagram položaja adultnih jedinki analiziranih grupa (polovi i vrste) u prostoru prve i druge diskriminantne ose

Prva diskriminantna osa je definisala one osobine koje prevashodno razlikuju međusobno vrste, a to su dužina vilice (J), širina glave (HW) i standardna dužina tijela (SVL). U značajno manjoj mjeri druga osa doprinosi diskriminaciji između grupa jer opisuje svega 26,4%, takođe opisujući razlike između vrsta, ali i između polova iste vrste, i to takođe najviše sa karakteristikama dužina vilice (J), standardna dužina tijela (SVL), dužina kranijuma (CL) i dužina repa (TL) (Tabela 6.1.10).

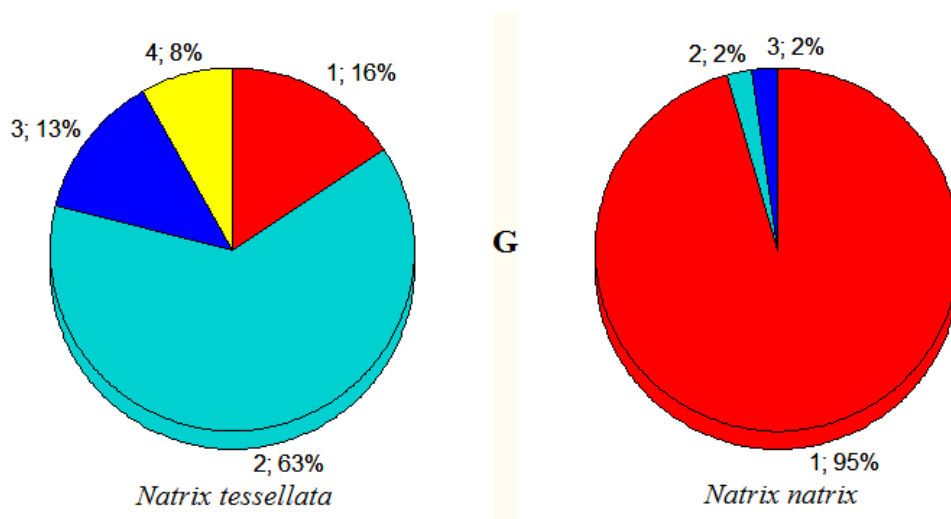
6.1.4. Meristički karakteri

U analizi merističkih osobina, praćena je učestalost stanja pojedinih osobina pileusa po polovima i vrstama. Budući da nije uočena razlika u analiziranim osobinama pileusa između polova, polovi su objedinjeni u kompletan uzorak po vrstama. Iz analize učestalosti stanja merističkih osobina pileusa po vrstama, dobijeni su sljedeći rezultati (Tabela 6.1.11), dok je grafički prikaz učestalosti stanja pojedinih merističkih karaktera pileusa po vrstama dat na graphicima 6.1.9 – 6.1.13.

Tabela 6.1.11. Učestalost stanja – broj jedinki (%) i rezultati χ^2 testa (sa Yates'-ovom korekcijom) na učestalostima stanja pet merističkih osobina glave između *Natrix natrix* i *Natrix tessellata*.

Osobina	<i>Natrix tessellata</i> N = 108	<i>Natrix natrix</i> N = 175	χ^2	p
G:1	17 (15,7)	167 (95,4)	71,38	0,000
G:2	68 (63,0)	4 (2,3)	33,27	0,000
G:3	14 (13,0)	4 (2,3)	1,93	0,165
G:4	9 (8,3)	-	2,89	0,089
O:1	71 (65,7)	-	43,83	0,000
O:2	6 (5,6)	167 (95,4)	92,41	0,000
O:3	9 (8,3)	4 (2,3)	0,16	0,687
O:4	22 (20,4)	4 (2,3)	5,59	0,018
D:1	48 (44,4)	-	29,39	0,000
D:2	35 (32,4)	151 (86,3)	38,70	0,000
D:3	-	13 (7,4)	5,42	0,020
D:4	25 (23,2)	11 (6,3)	2,08	0,149
POST:1	-	3 (1,7)	0,75	0,387
POST:2	19 (17,6)	158 (90,3)	61,94	0,000
POST:3	66 (61,1)	3 (1,7)	33,24	0,000
POST:4	-	5 (2,9)	1,90	0,168
POST:5	19 (17,6)	6 (3,4)	2,17	0,141
POST:6	4 (3,7)	-	0,67	0,414
PRAE:1	-	167 (95,4)	107,80	0,000
PRAE:2	67 (62,0)	3 (1,7)	34,71	0,000
PRAE:3	-	5 (2,9)	1,90	0,168
PRAE:4	19 (17,6)	-	5,62	0,018
PRAE:5	22 (20,4)	-	12,12	0,001

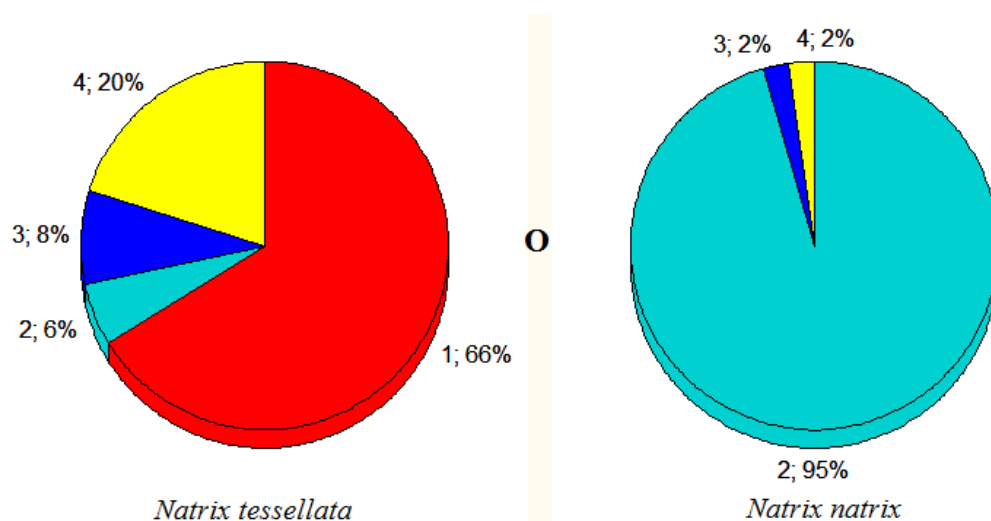
Broj supralabijalnih pločica (G) – u pogledu broja supralabijalnih pločica, kod bjelouške (*Natrix natrix*), najčešće je prisutno sedam supralabijalnih pločica – stanje G:1, dok su stanje G:2 (osam supralabijalnih) i stanje G:3 (asimetrija sedam i osam supralabijalnih) dosta rijetki, a stanje G:4 nije prisutno. S druge strane, kod ribarice (*Natrix tessellata*) najveću učestalost ima stanje G:2 (osam supralabijalnih), dok su stanje G:1 (sedam supralabijalnih) i stanje G:3 (asimetrija sedam i osam) znatno rjeđa, a stanje G:4 (asimetrija drugog tipa) takođe je veoma rijetko (Grafik 6.1.9).



Grafik 6.1.9. Učestalost stanja broja supralabijalnih pločica po vrstama

Statistički značajne razlike između vrsta postoje za stanje G:1 – značajno češće prisutno kod bjelouške ($\chi^2 = 71,38$; $p=0,000$), i stanje G:2 – značajno češće prisutno kod ribarice ($\chi^2 = 33,27$; $p=0,000$).

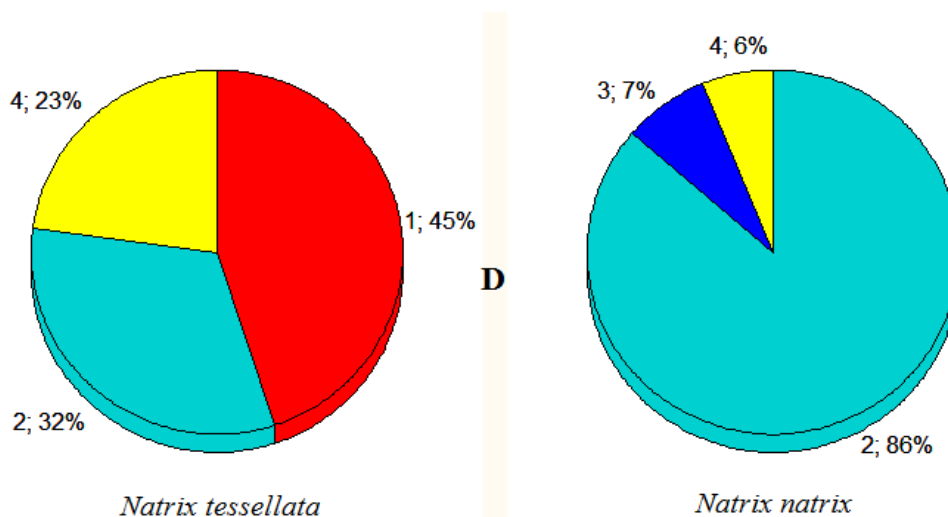
Broj supralabijalnih pločica koje dodiruju oko (O) – što se tiče broja supralabijalnih pločica koje dodiruju oko, najveću učestalost kod bjelouške (*Natrix natrix*) ima stanje O:2 (treća i četvrta supralabijalna dodiruju oko), dok su stanja O:3 (četvrta i peta supralabijalna dodiruju oko) i O:4 (asimetrija između lijeve i desne strane) rijetko prisutna. Kod ribarice (*Natrix tessellata*) najveću učestalost ima stanje O:1 (samo treća ili samo četvrta supralabijalna dodiruje oko), relativno je često stanje O:4 (asimetrija bilo kog tipa) dok su druga dva stanja (stanje O:2 i stanje O:3) rjeđe prisutni (Grafik 6.1.10).



Grafik 6.1.10. Učestalost stanja broja supralabijalnih pločica koje dodiruju oko po vrstama

Statistički značajne razlike između vrsta postoje i za broj supralabijalnih pločica koje dodiruju oko. Tako je kod ribarice značajno češće prisutno stanje O:1 ($\chi^2 = 43,83$; $p=0,000$) i stanje O:4 ($\chi^2 = 5,59$; $p=0,018$), dok je stanje O:2 značajno češće prisutno kod bjelouške ($\chi^2 = 92,41$; $p=0,000$).

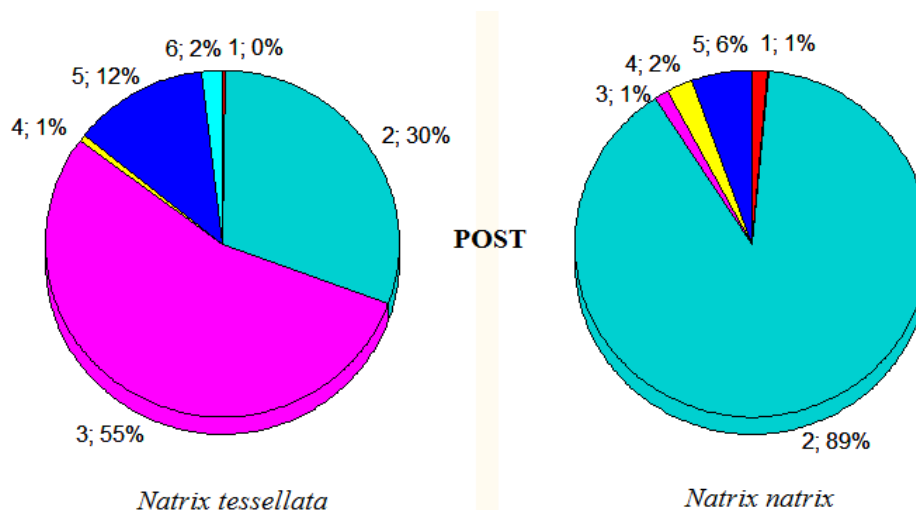
Broj sublabijalnih pločica (D) – u pogledu broja sublabijalnih pločica kod bjelouške (*Natrix natrix*) je najčešće prisutno stanje D:2 (10 sublabijalnih pločica), dok su stanje D:3 (asimetrija 10 i 11 supralabijalnih) i stanje D:4 (asimetrija devet i 10 supralabijalnih) dosta rijetki, a stanje D:1 nije prisutno. S druge strane, kod ribarice (*Natrix tessellata*) najveću učestalost ima stanje D:1 (osam ili devet sublabijalnih), relativno su česta stanja D:2 (10 sublabijalnih) i D:4 (asimetrija devet i 10 sublabijalnih), dok stanje D:3 nije prisutno (Grafik 6.1.11).



Grafik 6.1.11. Učestalost stanja broja sublabijalnih pločica po vrstama

Statistički značajne razlike između vrsta postoje za stanja D:1, D:2 i D:3. Značajno veći broj ribarica ima stanje D:1 ($\chi^2 = 29,39$; $p=0,000$), dok su kod bjelouške značajno češća D:2 ($\chi^2 = 38,70$; $p=0,000$) i D:3 stanja ($\chi^2 = 5,42$; $p=0,020$) broja sublabijalnih pločica.

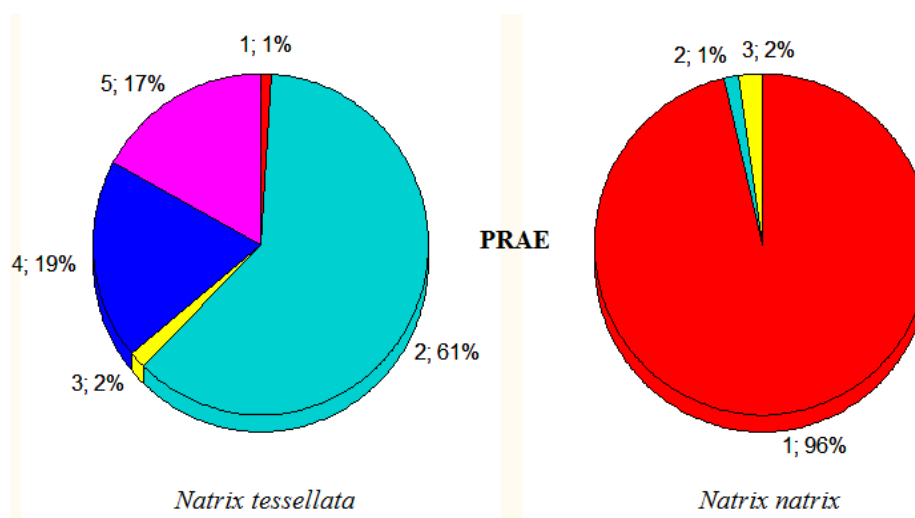
Broj zaočnih pločica (POST) – najveću učestalost kod *Natrix natrix* ima stanje POST:2 (tri zaočne pločice), dok su ostala stanja rijetko prisutna. Kod *Natrix tessellata* najčešće je prisutno stanje POST:3 (četiri zaočne pločice), relativno je često stanje POST:2 (tri zaočne pločice), nešto je rjeđe stanje POST:5 (asimetrija tri i četiri zaočne) dok su ostala stanja veoma rijetka ili nisu prisutna (Grafik 6.1.12).



Grafik 6.1.12. Učestalost stanja broja zaočnih pločica po vrstama

Statistički značajne razlike između vrsta postoje za stanje POST:2 – značajno češće prisutno kod bjelouške ($\chi^2 = 61,94$; $p=0,000$), i stanje POST:3 – značajno češće prisutno kod ribarice ($\chi^2 = 33,24$; $p=0,000$).

Broj preokularnih pločica (PRAE) – kod bjelouške (*Natrix natrix*) najveću učestalost ima stanje PRAE:1 (jedna predočna pločica), dok su stanja PRAE:2 i PRAE:3 veoma rijetko prisutna, a ostala stanja nisu prisutna. Kod ribarice (*Natrix tessellata*) najveću učestalost ima stanje PRAE:2 (dvije predočne pločice), relativno često se javljanju stanje PRAE:4 (tri predočne pločice) i stanje PRAE:5 (asimetrija bilo kog tipa) dok su ostala stanja veoma rijetka (Grafik 6.1.13).

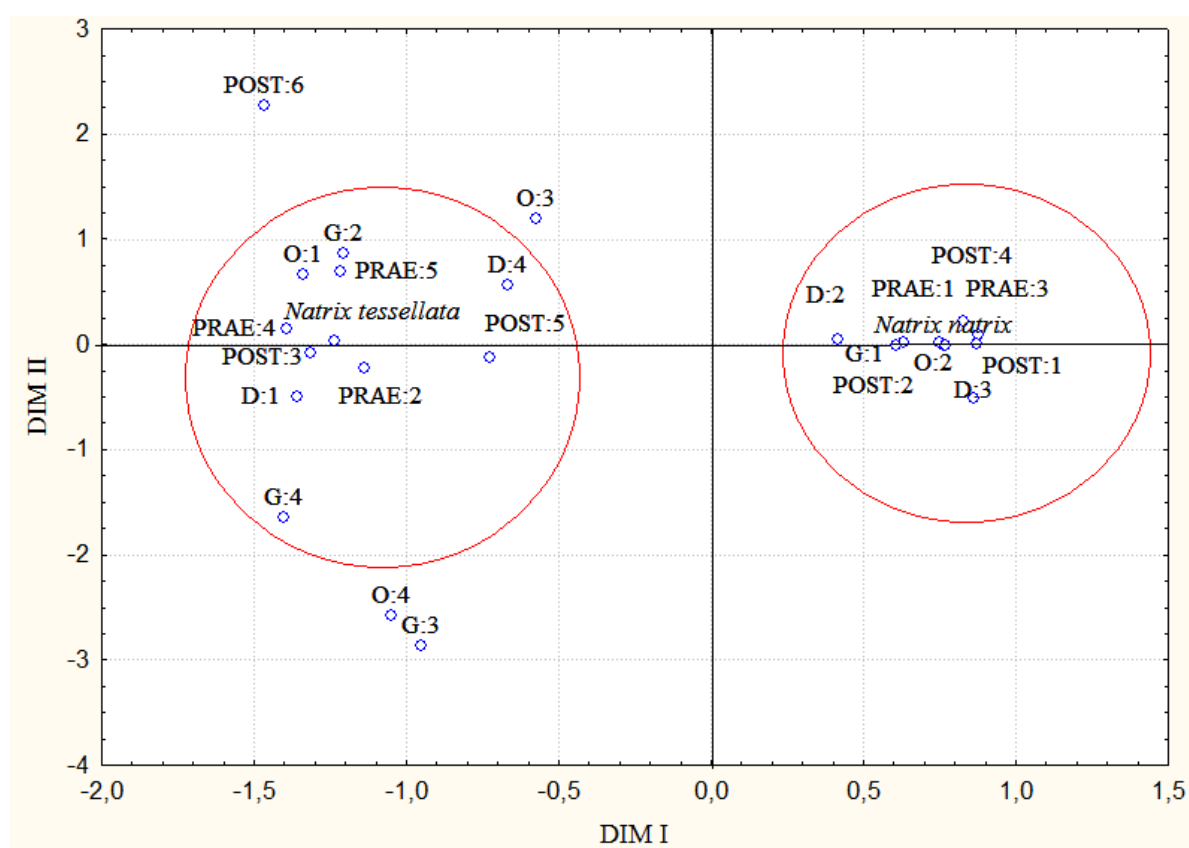


Grafik 6.1.13. Učestalost stanja broja predočnih pločica po vrstama

Statistički značajne razlike između vrsta postoje za veći broj stanja broja preokularnih pločica. Tako je kod bjelouške značajno češće prisutno stanje PRAE:1 ($\chi^2 = 107,80$; $p=0,000$), dok su kod ribarice mnogo češća PRAE:2 ($\chi^2 = 38,70$; $p=0,000$); PRAE:5 ($\chi^2 = 12,12$; $p=0,000$) i PRAE:4 stanja ($\chi^2 = 5,62$; $p=0,018$) broja preokularnih pločica.

6.1.5. Korespondentna analiza

Korespondentna analiza je rađena na merističkim karakteristikama pileusa u cilju provjere međusobnih razlika između vrsta, kao i potencijalnog dijagnostičkog značaja merističkih osobina pileusa. Grafički prikaz položaja vrsta i stanja analiziranih merističkih osobina pileusa u prostoru korespondentnih osa (Grafik 6.1.14) ukazuje na jasno razdvajanje dvije analizirane vrste.



Grafik 6.1.14. Položaj stanja merističkih karaktera glave i taksona u prostoru prve dvije korespondentne ose

Na grafiku 6.1.14. se može vidjeti da se ribarica odlikuje značajno većom učestalošću stanja karaktera: PRAE:2 (dvije predočne pločice), PRAE:4 (tri predočne pločice), PRAE:5 (asimetrija dvije i tri predočne pločice, jedna predočna + jabučni; dvije predočne + jabučni; asimetrija jedna predočna + jabučni i dvije predočne + jabučni), POST:3 (četiri zaočne pločice), D:1 (osam ili devet sublabijalnih pločica), G:2 (osam supralabijalnih pločica) i O:1 (samo treća ili samo četvrta labijalna dodiruje oko). S druge strane, bjeloušku odlikuje značajno veća učestalost slijedećih stanja karaktera: PRAE:1, PRAE:3 (jedna predočna pločica; asimetrija jedna i dvije predočne pločice), POST:1 (dvije zaočne pločice), POST:2 (tri zaočne pločice), POST:4 (asimetrija dvije i tri zaočne pločice), D:2 (10 sublabijalnih pločica), D:3 (asimetrija 10 i 11 sublabijalnih pločica), G:1 (sedam supralabijalnih pločica) i O:2 (treća i četvrta usnena pločica dodiruju oko).

6.2. Analiza populaciono-ekoloških parametara

6.2.1. Bjelouška (*Natrix natrix*)

6.2.1.1. Veličina i gustina populacije

U periodu od 2011. do 2014. godine ukupno je uhvaćeno 217 jedinki bjelouške, različitih uzrasnih kategorija. Međutim, individualno je markirano 205 jedinki (novorođenčad usljed male veličine uzorka (N=12) i skrivenog načina života, kao i zbog male veličine, nisu markirani i isključeni su iz analiza procjene gustine populacije i odnosa polova). Od ukupno 21 ponovo uhvaćene jedinke (10,2%), 18 različitih jedinki (8,8% markiranih) je ponovo hvatano jedan do tri puta. Većina zmija je ponovo hvatana samo jednom (88,8%), dok je samo po jedna jedinka ponovo hvatana dva, odnosno tri puta (Tabela 6.2.1).

Tabela 6.2.1. Ukupan broj uhvaćenih i markiranih jedinki sa brojem puta ponovo hvatanih jedinki.

Ukupan broj markiranih jedinki	205	
Broj jedinki koje su ponovno uhvaćene	1 put	16
	2 puta	1
	3 puta	1
Ukupan broj ponovo uhvaćenih jedinki	21 ponovo uhvaćena jedinka (10,2%)	
	18 različitih ponovo uhvaćenih jedinki (8,8%)	

Procijenjena brojnost adultnih jedinki u populaciji, na istraživanom dijelu močvarno barskog ekosistema Bardača, na osnovu Schumacher–Eschmeyer-ove metode iznosi 213 jedinki na 1 km jezerske obale. Ukoliko se procijenjena brojnost izrazi kao linearna gustina, ona iznosi: jedna zmija na 5,5 metara obale jezera ili 0,21 zmija na 1 metar jezerske obale (Tabela 6.2.2).

Tabela 6.2.2. Procijenjeni broj adultnih i subadultnih jedinki, po godinama na osnovu Schumacher–Eschmeyer-ove metode.

Godina	Broj adultnih jedinki / 1 km dužine obale jezera	Broj adultnih i subadultnih jedinki / 1 km dužine obale jezera	Broj adultnih jedinki / 1 m dužine obale jezera	Dužina obale jezera (m) / jedna jedinka
2011	130,0	252,0	0,13	7,7
2012	188,3	274,5	0,19	5,3
2013	372,0	469,0	0,37	2,7
2014	160,7	432,0	0,16	6,2
Sred. vrijed.	212,8	356,9	0,21	5,5
Stand. dev.	108,80	109,55	0,11	2,10

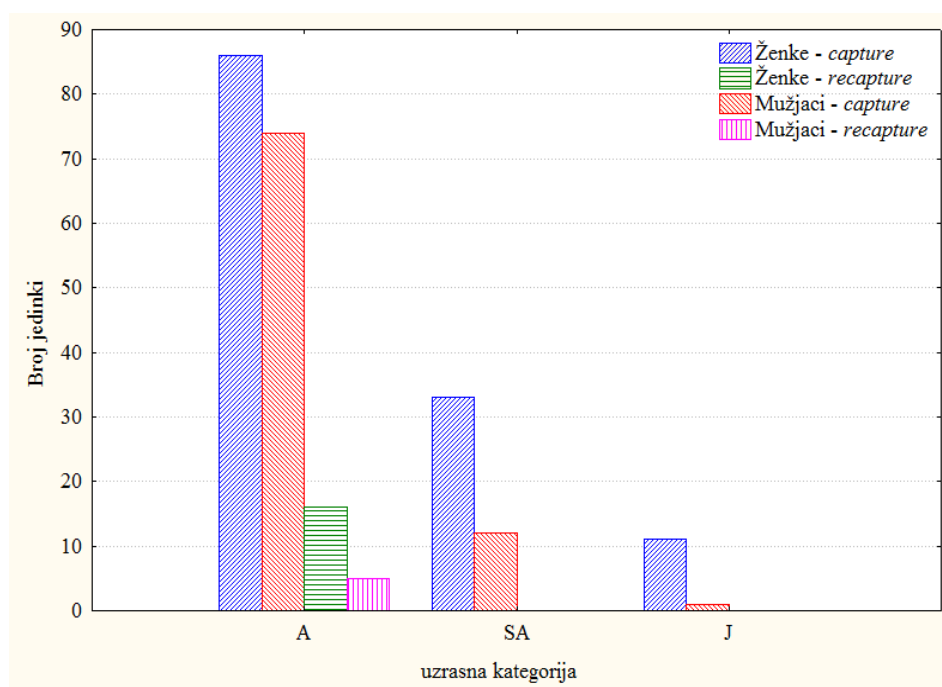
Koristeći metodu Jolly–Seber-a, za cjelokupan analizirani period, procijenjena brojnost adultnih jedinki u populaciji iznosi 221 ± 95 jedinki na 1 kilometar obale jezera močvarno-barskog ekosistema Bardača. Ukoliko procijenjenu brojnost pretvorimo u linearnu gustinu, ona iznosi jedna zmija na 4,52 m jezerske obale ili 0,22 zmija na 1 m obale jezera (Tabela 6.2.3).

Tabela 6.2.3. Procijenjena veličina populacije na osnovu Jolly–Seber-ove metode.

	Broj jedinki (srednja vrijednost $\pm$ SD) / 1 km dužine obale jezera	Broj jedinki (min-max) / 1 km dužine obale jezera	Broj jedinki / 1 m dužine obale jezera	Dužina obale jezera (m) / jedna jedinka
A + SA	321 ± 202	156 – 734	0,32	3,11
Samo A	221 ± 95	116 – 342	0,22	4,52

6.2.1.2. Odnos polova

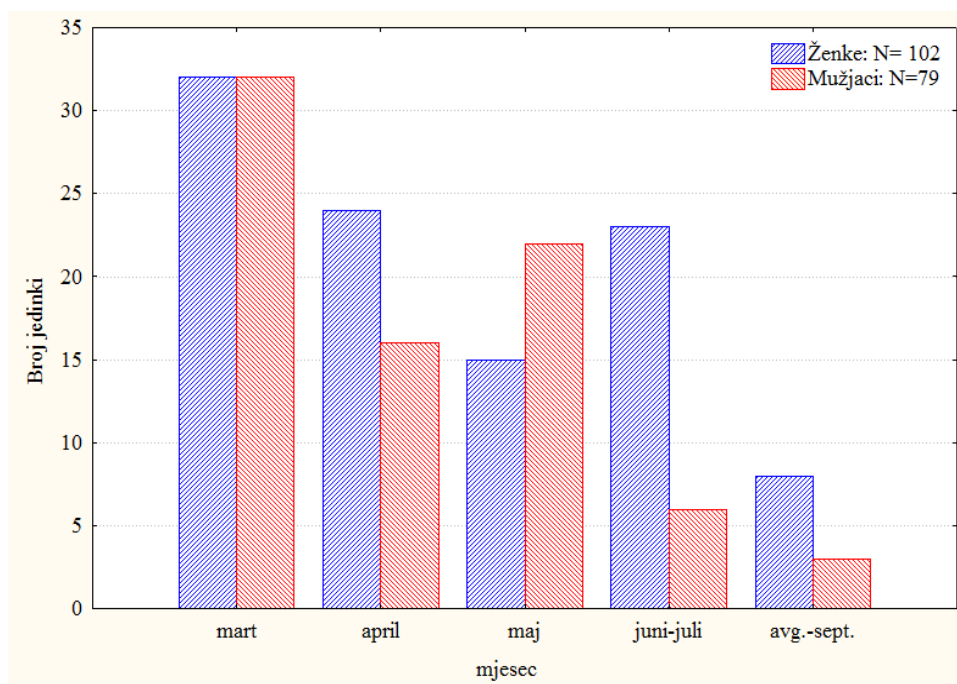
Od ukupno 205 uhvaćenih i markiranih jedinki, 59,9% (N=119) su ženke, a 40,1% (N=86) su mužjaci (odnos polova 1,4:1,0; $\chi^2=2,51$; $p=0,113$). Među ponovo uhvaćenim jedinkama (N=21), odnos polova je također pomjeren u korist ženki (odnos polova 3,2 : 1,0; $\chi^2=2,59$; $p=0,107$), pri čemu ženke čine 76,2% (N=16), a mužjaci 23,8% (N=5) uzorka. Odnos polova, po uzrasnim kategorijama, između uhvaćenih i ponovo uhvaćenih jedinki, prikazan je na grafiku 6.2.1.



Grafik 6.2.1. Odnos polova po uzrasnim kategorijama među *capture* i *recapture* vrste *Natrix natrix*

Na grafiku 6.2.1. uočava se da je odnos polova, kod adultnih i subadultnih jedinki, pomjeren u korist ženki (i kod *capture* i kod *recapture*), pri čemu statistički značajne razlike u odnosu polova postoje samo za subadultne jedinke ($\chi^2=4,73$; $p=0,030$).

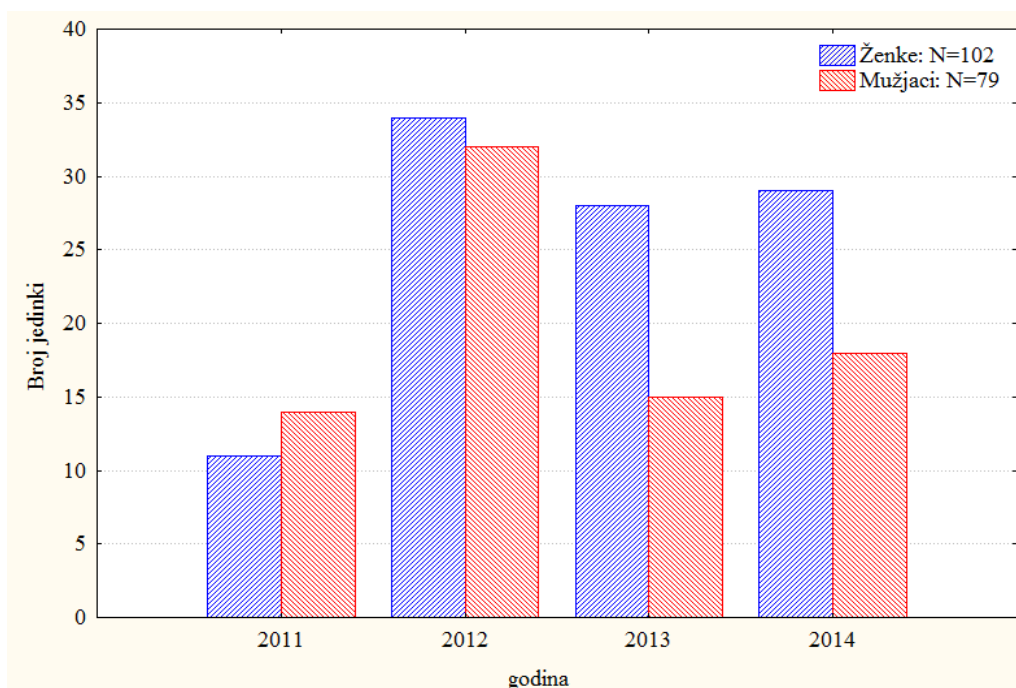
Međutim, za adultne jedinke bjelouške, utvrđene su statistički značajne razlike u odnosu polova po mjesecima ($\chi^2=12,4$; $df=4$; $p=0,014$), što bi moglo ukazivati da mužjaci i ženke nisu jednako aktivni tokom godine (Grafik 6.2.2).



Grafik 6.2.2. Odnos polova adultnih jedinki bjelouške po mjesecima

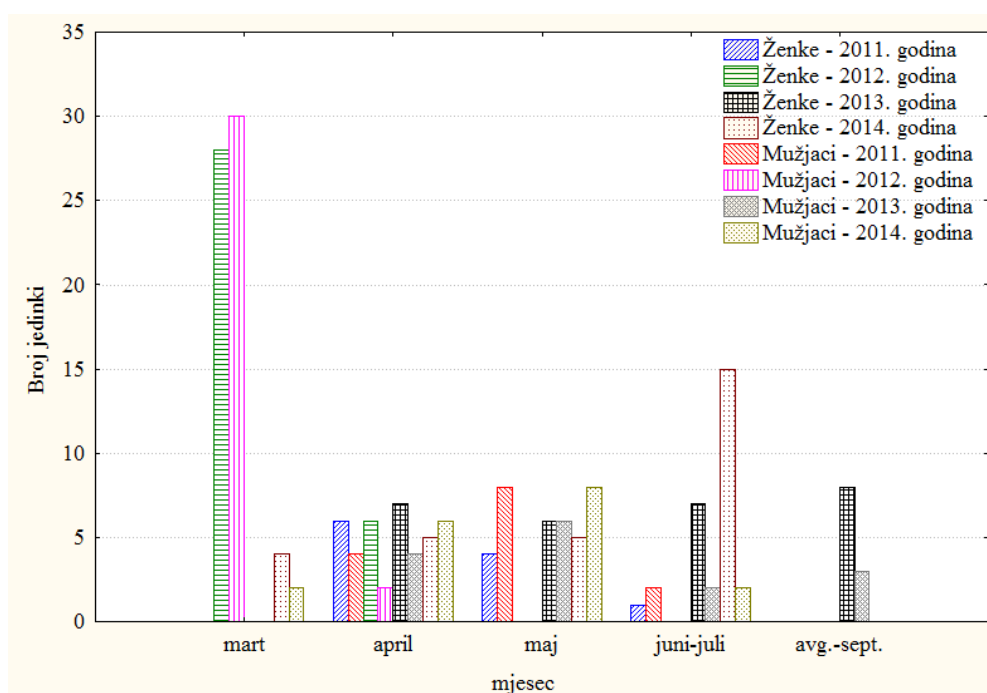
Na grafiku 6.2.2. može se uočiti da je tokom marta mjeseca odnos polova ujednačen, a da su mužjaci hvatani u većem broju tokom maja mjeseca, dok su ženke češće hvatane tokom aprila, juna-jula, kao i avgusta-septembra mjeseca. Međutim, statistički značajne razlike u odnosu polova adultnih jedinki su utvrđene samo za mjesec juni-juli ($\chi^2=4,88$; $df=1$; $p=0,027$), tokom kojih su ženke značajno češće hvatane nego mužjaci.

Odnos polova kod adulta tokom četiri analizirane godine je prikazan na grafiku 6.2.3, dok je odnos polova adultnih jedinki po mjesecima za svaku analiziranu godinu prikazan na grafiku 6.2.4.



Grafik 6.2.3. Odnos polova adultnih jedinki bjelouške tokom četiri analizirane godine

Na grafiku 6.2.3. se može uočiti da se 2011. i 2012. godina odlikuju dosta ujednačenim odnosom polova adultnih jedinki, dok se 2013. i 2014. godina karakterišu većim brojem adultnih ženki. Međutim, nisu utvrđene statistički značajne razlike u odnosu polova adultnih jedinki, niti za jednu analiziranu godinu ponaosob ($p > 0,05$).



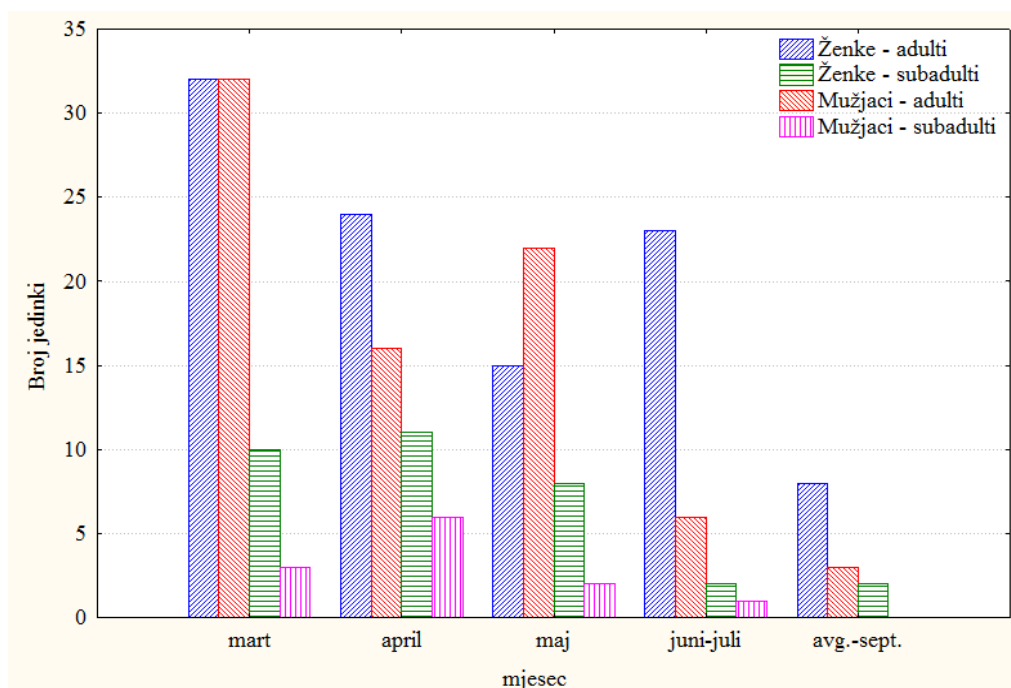
Grafik 6.2.4. Odnos polova adultnih jedinki bjelouške po mjesecima i godinama

6.2.1.3. Odnos uzrasnih kategorija

Od ukupnog broja uhvaćenih jedinki, adulti predstavljaju 73,7% (N=160), slijede subadulti 20,7% (N=45), dok je uhvaćeno svega 5,5% (N=12) juvenilnih jedinki. Među ponovo uhvaćenim jedinkama 100% pripada adultnoj uzrasnoj kategoriji (N=21).

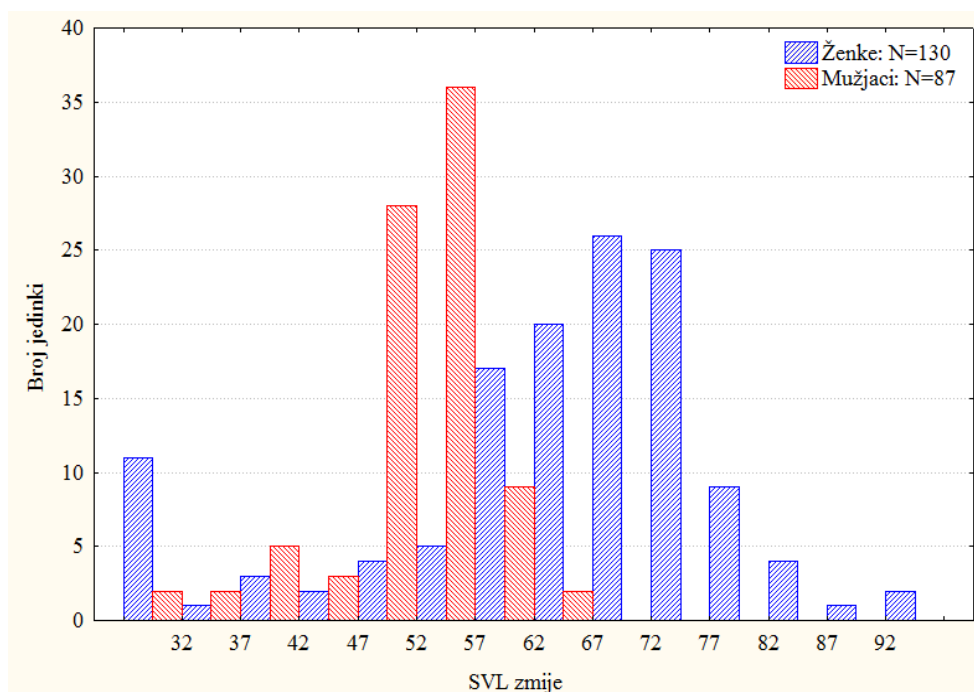
Da bismo utvrdili postojanje razlika u vjerovatnoći ponovog hvatanja između polno „zrelih“ (adulti) i polno „nezrelih“ (subadulti) jedinki primjenili smo hi-kvadrat test. Nulta hipoteza glasi: „nema statistički značajnih razlika u vjerovatnoći ponovog hvatanja između adultnih u odnosu na subadultne zmijs“. To znači, ukoliko su adultne i subadultne zmijs jednako aktivne, odnos ponovog hvatanja bi trebao da im bude jednak. S druge strane, postojanje statistički značajnih razlika između odnosa ponovog hvatanja adultnih nasuprot subadultnim jedinkama, ukazuje na postojanje razlika u aktivnosti između uzrasnih kategorija. Hi-kvadrat testom je utvrđeno postojanje statistički značajnih razlika u vjerovatnoći ponovog hvatanja između adultnih u odnosu na subadultne jedinke ($\chi^2=5,76$; $p=0,016$). Usljed utvrđenih razlika u vjerovatnoći ponovog hvatanja adultnih u odnosu na subadultne jedinke, kao i odsustva ponovog hvatanja subadultnih jedinki u analiziranom uzorku, pored procjene gustine populacije cjelokupnog uzorka, zasebno je izvršena procjena gustine adultnih jedinki unutar populacije (Tabele 6.2.2 i 6.2.3).

Analizom sezonske aktivnosti, po mjesecima, nisu utvrđene statistički značajne razlike u aktivnosti između adultnih i subadultnih jedinki bjelouške po mjesecima (tablica kontigencije: $\chi^2=6,41$; $df=4$; $p=0,171$), kao ni posebno između adultnih i subadultnih ženki ($\chi^2=6,03$; $df=4$; $p=0,197$), niti posebno između adultnih i subadultnih mužjaka ($\chi^2=5,42$; $df=4$; $p=0,247$) (Grafik 6.2.5). Tokom svih analiziranih mjeseci adultne jedinke su češće hvatane od subadultnih jedinki.



Grafik 6.2.5. Učestalost hvatanja uzrasnih kategorija bjelouške po mjesecima uzorkovanja

Distribucija dužinskih klasa analiziranog uzorka populacije bjelouške močvarno-barskog ekosistema Bardača, predstavljena je na grafiku 6.2.6.



Grafik 6.2.6. Distribucija dužinskih klasa vrste *Natrix natrix* u analiziranom uzorku

Na grafiku 6.2.6. uočava se mala brojnost juvenilnih i subadultnih jedinki oba pola, kao i isključiva zastupljenost ženki u dužinskim klasama iznad 67 cm SVL. Najzastupljenija dužinska klasa mužjaka je između 52 i 57 cm SVL, dok je najzastupljenija dužinska klasa ženki između 67 i 77 cm SVL.

6.2.1.4. Kondicioni indeks

Za adultne i subadultne jedinke je izračunat i statistički obrađen kondicioni indeks. Prilikom analize kondicionog indeksa korišteni su objedinjeni podaci tokom četvorogodišnjeg perioda istraživanja od 2011. do 2014. godine. Srednje vrijednosti kondicionog indeksa polova, uzrasnih kategorija i sezona, kao i rezultati analize varijanse (ANOVA) za BCI sa polom kao faktorom, za različite uzrasne kategorije (adulti i subadulti) i sezone: pregestacioni – PREG (mart-april), gestacioni – GEST (maj-juni-juli) i postgestacioni – POST (avgust-septembar) period su predstavljene u tabeli 6.2.4.

Tabela 6.2.4. Srednje vrijednosti kondicionih indeksa ($\bar{x}$) polova, uzrasnih kategorija i sezona i rezultati ANOVA testa (A – adulti, SA – subadulti, F – ženke, M – mužjaci); F - odnos varijansi, p - nivo statističke značajnosti.

Sezona	Uzrasna kategorija	Pol	$\bar{x}$	N	Pol	$\bar{x}$	N	F	p
PREG	A	F	-2,33	53	M	4,19	37	1,90	0,171
GEST	A	F	9,67	18	M	-5,22	23	8,77	0,005
POST	A	F	-8,13	10	M	-1,36	3	0,30	0,598
PRAE	SA	F	-0,56	19	M	-1,27	8	0,04	0,854
GEST	SA	F	0,48	3	M	3,46	1	4,33	0,172

Kod adultnih ženki najviša vrijednost kondicionog indeksa ustanovljena je tokom gestacionog perioda, dok su adultni mužjaci u tom periodu imali najniže vrijednosti kondicionog indeksa (negativna vrijednost). U pregestacionom periodu, kondicioni indeks adultnih ženki je niži (ima negativnu vrijednost), dok adultni mužjaci, u pregestacionom periodu, imaju najviše vrijednosti kondicionog indeksa. Tokom postgestacionog perioda adultne ženke imaju najniže vrijednosti kondicionog indeksa (negativna vrijednost), a adultni mužjaci iako imaju veću srednju vrijednost kondicionog indeksa u odnosu na ženke, on takođe ima negativnu vrijednost. Statistička analiza je pokazala da značajne razlike u BCI

između polova postoje samo tokom gestacionog perioda (Tabela 6.2.4). Kod subadultnih jedinki, ženke i mužjaci imaju negativnu srednju vrijednost kondicionog indeksa tokom pregestacionog perioda, dok tokom gestacionog perioda imaju pozitivnu srednju vrijednost kondicionog indeksa, s tim da je srednja vrijednost veća kod mužjaka.

Međutim, kada se iz analize isključe trudne ženke i uradi ANOVA za cjelokupan uzorak adultnih i subadultnih jedinki po polu dobiju se sljedeći rezultati (Tabela 6.2.5):

Tabela 6.2.5. Srednje vrijednosti kondicionih indeksa ($\bar{x}$) adultnih i subadultnih jedinki po polu, i rezultati ANOVA testa (A – adulti, SA – subadulti, F – ženke, M – mužjaci); F - odnos varijansi, p - nivo statističke značajnosti.

<i>Natrix natrix</i>		N	$\bar{x}$	ANOVA	
				F	p
Adulti	M	63	-6,80	7,61	0,007
	F	65	3,03		
Subadulti	M	9	21,48	11,49	0,002
	F	22	1,59		

Adultne ženke imaju veće srednje vrijednosti kondicionog indeksa (pozitivna vrijednost) u odnosu na adultne mužjake koji imaju negativnu vrijednost kondicionog indeksa. Razlika je statistički visoko značajna (Tabela 6.2.5). Takođe, statistički visoko značajne razlike postoje i za cjelokupan uzorak subadultnih jedinki, pri čemu subadultne ženke, iako imaju pozitivnu vrijednost kondicionog indeksa, ona je daleko niža nego srednja vrijednost kod subadultnih mužjaka (Tabela 6.2.5).

6.2.1.5. Predacija i ožiljci

Iako na Bardači nije uočena predacija na bjeloušku od strane drugih životinja, učestalost oštećenja repa (nedostatak repa je uzet kao pokazatelj predacionog pritiska) iznosi 15,2% i značajno se razlikuje između uzrasnih kategorija ($\chi^2=6,3$; $df=2$; $p=0,044$). Kod juvenilnih jedinki nije zapažen nedostatak repa, kod subadultnih jedinki učestalost nedostatka repa iznosi 6,7%, a kod adultnih jedinki 18,8%. (Tabela 6.2.6).

Tabela 6.2.6. Učestalost nedostatka repa između različitih uzrasnih kategorija bjelouške.

Uzrasna kategorija	Neoštećen rep	Oštećen rep
Adulti	130	30
Subadulti	42	3
Juvenilne jedinke	12	0

6.2.2. Ribarica (*Natrix tessellata*)

6.2.2.1. Veličina i gustina populacije

U periodu od 2011. do 2014. godine ukupno je uhvaćeno i individualno markirano 379 jedinki ribarice, različitih uzrasnih kategorija. Od ukupno 105 ponovo uhvaćenih zmija (27,6%), 77 različitih jedinki (20,2% markiranih) je ponovo hvatano jedan do pet puta. Većina zmija je ponovo hvatana samo jednom (75,3%), dok je jedna jedinka ponovo hvatana čak pet puta (Tabela 6.2.7).

Tabela 6.2.7. Ukupan broj uhvaćenih i markiranih jedinki sa brojem puta ponovo hvatanih jedinki.

Ukupan broj uhvaćenih jedinki	379	
Broj jedinki koje su ponovo uhvaćene	1 put	58
	2 puta	13
	3 puta	3
	4 puta	2
	5 puta	1
Ukupan broj ponovo uhvaćenih jedinki	105 ponovo uhvaćenih jedinki (27,7%)	
	77 različitih ponovo uhvaćenih jedinki (20,3%)	

Procijenjena brojnost jedinki u uzorku populacije, na istraživanom dijelu toka rijeke Vrbanje, na osnovu Schumacher–Eschmeyer-ove metode iznosi 452 jedinki (odnosno 323 jedinke na 1 km riječnog toka). Ukoliko procijenjenu brojnost jedinki u analiziranom uzorku populacije pretvorimo u linearnu gustinu, ona iznosi jedna zmija na 3,9 m riječnog toka ili 0,32 zmija na 1 m riječnog toka (Tabela 6.2.8).

Tabela 6.2.8. Procijenjena brojnost jedinki po godinama na osnovu Schumacher–Eschmayer-ove metode.

Sve uzrasne kategorije (A+SA+J) Schumacher–Eschmayer-ov metod				
Godina	Broj jedinki / 1,4 km dužine riječnog toka	Broj jedinki / 1 km dužine riječnog toka	Broj jedinki / 1 m dužine riječnog toka	Dužina riječnog toka (m) / jedna jedinka
2011	711,6	508,3	0,508	1,97
2012	502,8	359,1	0,359	2,79
2013	408,0	291,4	0,291	3,44
2014	187,0	133,6	0,134	7,46
Sred. vrijed.	452,4	323,1	0,323	3,9
Stand. dev.	217,66	155,47	0,16	2,44

Budući da su uočene statistički značajne razlike u vjerojatnoći ponovog hvatanja između adultnih i subadultne+jednogodišnje jedinke (vidjeti ispod odnos uzrasnih kategorija; Tabela 6.2.13), zasebno je procijenjen broj adultnih jedinki u analiziranom uzorku populacije (Tabela 6.2.9).

Tabela 6.2.9. Procijenjeni broj adultnih jedinki po godinama na osnovu Schumacher–Eschmayer-ove metode.

Adultne jedinke (A)				
Godina	Broj jedinki / 1,4 km dužine riječnog toka	Broj jedinki / 1 km dužine riječnog toka	Broj jedinki / 1 m dužine riječnog toka	Dužina riječnog toka (m) / jedna jedinka
2011	310,2	221,6	0,222	4,5
2012	189,9	135,6	0,136	7,4
2013	206,9	147,8	0,148	6,8
2014	140,0	100,0	0,100	10,0
Sred. vrijed.	211,8	151,3	0,152	7,2
Stand. dev.	71,51	51,09	0,05	2,26

Iz tabele 6.2.9. može se uočiti da procijenjeni broj adultnih jedinki, na osnovu Schumacher–Eschmayer-ove metode iznosi $211,8 \pm 71,51$ jedinki (odnosno $151,3 \pm 51,09$ jedinki na 1 km riječnog toka) ili jedna adultna jedinka na 7,2 m riječnog toka.

Takođe, usljed utvrđenih statistički značajnih razlika u vjerojatnoći hvatanja adultnih mužjaka i ženki (vidjeti ispod odnos polova; Tabela 6.2.12), izvršena je zasebna procjena broja adultnih ženki, dok zasebnu procijenu broja adultnih mužjaka u populaciji nije bilo

moгуće utvrditi zbog malog broja ponovo ulovljenih adultnih mužjaka. Procjena broja adultnih ženki, u analiziranom dijelu toka rijeke Vrbanje, iznosi $155,2 \pm 33,63$ jedinki (odnosno 110,9 jedinki na 1 km riječnog toka) ili jedna adultna ženka na 9,3 m riječnog toka (Tabela 6.2.10).

Tabela 6.2.10. Procijenjena brojnost adultnih ženki, po godinama na osnovu Schumacher–Eschmayer-ove metode.

Samo adultne ženke (FA)				
Godina	Broj jedinki / 1,4 km dužine riječnog toka	Broj jedinki / 1 km dužine riječnog toka	Broj jedinki / 1 m dužine riječnog toka	Dužina riječnog toka (m) / jedna jedinka
2011	205,4	146,7	0,147	6,8
2012	133,7	95,5	0,095	10,5
2013	141,8	101,3	0,101	9,9
2014	140,0	100,0	0,100	10,0
Sred. vrijed.	155,2	110,9	0,111	9,3
Stand. Dev.	33,63	24,01	0,02	1,69

Koristeći metodu Jolly–Seber-a, za cjelokupan analizirani period, procijenjena brojnost iznosi 406 ± 270 jedinki na dijelu analiziranog toka rijeke Vrbanje (odnosno 290 zmija na 1 km riječnog toka). Ukoliko procijenjenu brojnost jedinki u analiziranom uzorku populacije pretvorimo u linearnu gustinu, ona iznosi jedna zmija na 3,45 m riječnog toka ili 0,29 zmija na 1 m riječnog toka. S druge strane, procijenjeni broj adultnih jedinki u uzorku populacije iznosi 335 ± 215 jedinki na dijelu analiziranog toka, odnosno 0,24 adultne jedinke na 1 m riječnog toka, dok broj adultnih ženki u analiziranom uzorku populacije iznosi 195 ± 132 jedinki, odnosno 0,14 jedinki na 1 m riječnog toka (Tabela 6.2.11).

Tabela 6.2.11. Procijenjena veličina populacije na osnovu Jolly–Seber-ove metode.

Uzrasna kategorija	Broj jedinki / 1,4 km dužine riječnog toka	Broj jedinki (min-max) / 1 km dužine riječnog toka	Broj jedinki / 1 m dužine riječnog toka	Dužina riječnog toka (m) / jedna jedinka
A + SA + J	406 ± 270	176 – 1053	0,29	3,45
A	335 ± 215	182 – 882	0,24	4,17
FA	195 ± 132	83 – 531	0,14	7,14

6.2.2.2. Odnos polova

Od ukupno 379 uhvaćenih i markiranih jedinki, 66,0% (N=250) su ženke, a 34,0% (N=129) su mužjaci (odnos polova 1,9 : 1,0; $\chi^2=19,39$; $p=0,000$). Među ponovo uhvaćenim jedinkama (N=105), odnos polova je takođe pomjeren u korist ženki (odnos polova 3,4 : 1,0; $\chi^2=17,44$; $p=0,000$), pri čemu su ženke činile 78,1% (N=82), a mužjaci 21,9% (N=23) uzorka. Odnos polova, po uzrasnim kategorijama, između uhvaćenih i ponovo uhvaćenih jedinki, kao i postojanje statistički značajnih razlika je prikazan u tabeli 6.2.12.

Tabela 6.2.12. Odnos polova po uzrasnim kategorijama vrste *Natrix tessellata*.

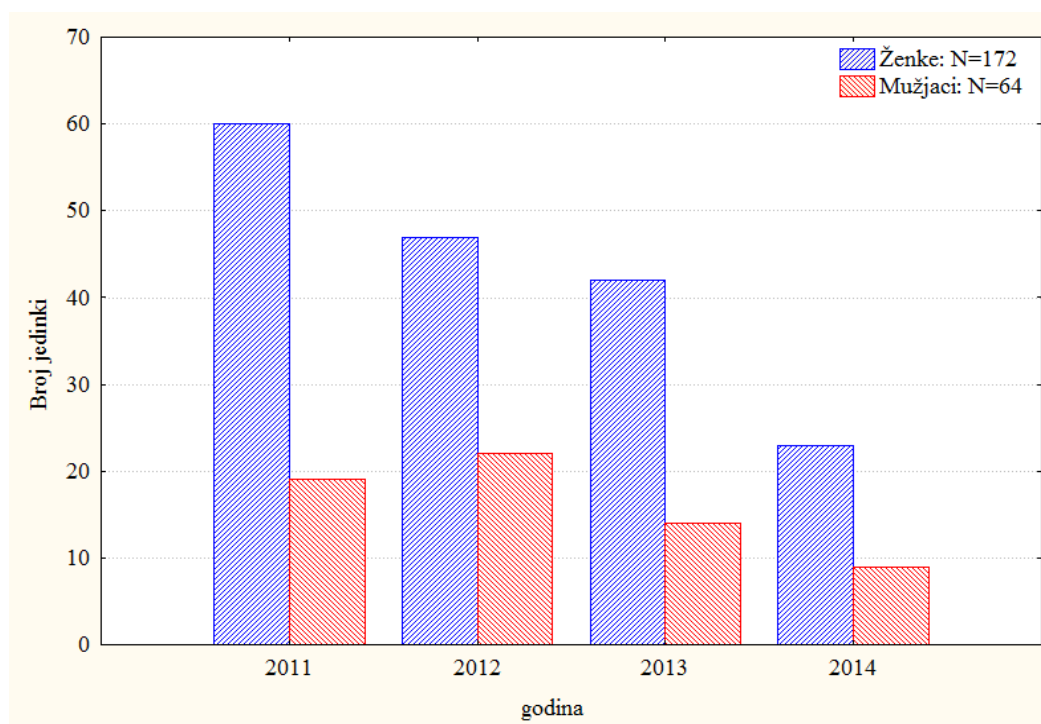
Uzrasna kategorija	Pol	Capture	χ^2 -test	Recapture	χ^2 -test
Adulti	Ženke	139	$\chi^2=17,94$; $p=0,000$	60	$\chi^2=18,52$; $p=0,000$
	Mužjaci	57		11	
Subadulti	Ženke	93	$\chi^2=6,98$; $p<0,008$	21	$\chi^2=1,33$; $p<0,248$
	Mužjaci	49		11	
Novorođenčad + jednogodišnje zmiје	Ženke	18	$\chi^2=0,20$; $p<0,658$	1	$\chi^2=0,00$; $p<1,000$
	Mužjaci	23		1	

Iz tabele 6.2.12. uočavamo da je odnos polova, kod adultnih i subadultnih jedinki, pomjeren u korist ženki (i kod *capture* i kod *recapture*), dok je kod juvenilnih jedinki odnos polova relativno ujednačen. Međutim, statistički značajne razlike u odnosu polova postoje za adultne jedinke, kako za *capture* ($\chi^2=17,94$; $p=0,000$) tako i za *recapture* ($\chi^2=18,52$; $p=0,000$), dok se kod subadultnih jedinki odnos polova značajno razlikuje samo kod *capture* ($\chi^2=6,98$; $p=0,008$) (Tabela 6.2.12). Budući da je odnos polova pomjeren u korist ženki kod adultnih i subadultnih jedinki, kao i da je razlika visoko statistički značajna, primjenjen je hi-kvadrat test u cilju da se utvrdi postojanje razlika u aktivnosti (vjerovatnoći hvatanja) između adultnih mužjaka i ženki kao i subadultnih mužjaka i ženki. Nulta-hipoteza glasi: “nema razlika u vjerovatnoći ponovog hvatanja mužjaka i vjerovatnoći ponovog hvatanja ženki”. To znači, ako se aktivnost mužjaka i ženki ne razlikuje, vjerovatnoća ponovog hvatanja mužjaka i ponovog hvatanja ženki je jednaka (tj. ne postoji statistički značajna razlika između odnosa ukupnog broja uhvaćenih ženki i ponovo uhvaćenih ženki sa jedne strane, i odnosa ukupnog broja uhvaćenih mužjaka i ponovo uhvaćenih mužjaka sa druge strane). Za adultne jedinke utvrđeno je postojanje statističkih značajnih razlika između navedenih odnosa ($\chi^2=5,07$;

$p=0,024$) pri čemu adultne ženke imaju veću učestalost ponovog hvatanja (43,2%) nego adultni mužjaci (19,3%).

Zbog utvrđenih razlika u vjerojatnoći ponovog hvatanja adultnih ženki i adultnih mužjaka, pored procjene broja adultnih jedinki u analiziranom uzorku populacije, zasebno je urađena procjena broja adultnih ženki (Tabela 6.2.10 i 6.2.11), dok zasebnu procjenu broja adultnih mužjaka u analiziranom uzorku populacije nije bilo moguće utvrditi, usljed malog broja ponovo uhvaćenih adultnih mužjaka.

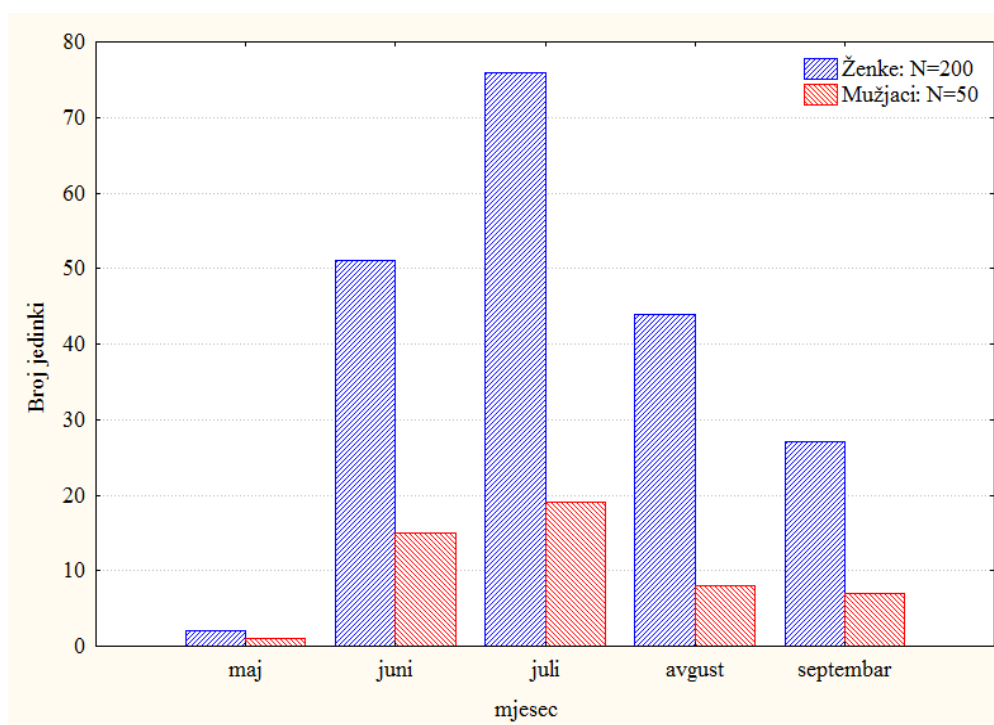
Odnos polova adultnih jedinki ribarice je tokom sve četiri analizirane godine pomjeren u korist ženki (Grafik 6.2.7). Statistički značajne razlike u odnosu polova su utvrđene za 2011., 2012., i 2013. godinu ($p<0,05$), dok su razlike za 2014. godinu blizu statističke značajnosti ($p=0,07$).



Grafik 6.2.7. Odnos polova adultnih jedinki ribarice tokom četiri analizirane godine (samo *capture* za svaku godinu)

S druge strane, za subadultne jedinke nije utvrđeno postojanje statistički značajnih razlika u vjerojatnoći ponovog hvatanja između polova ($\chi^2=0,04$; $p=0,840$), pri čemu subadultne ženke i subadultni mužjaci imaju dosta ujednačenu učestalost ponovog hvatanja (Tabela 6.2.12; 22,6% nasuprot 24,5%).

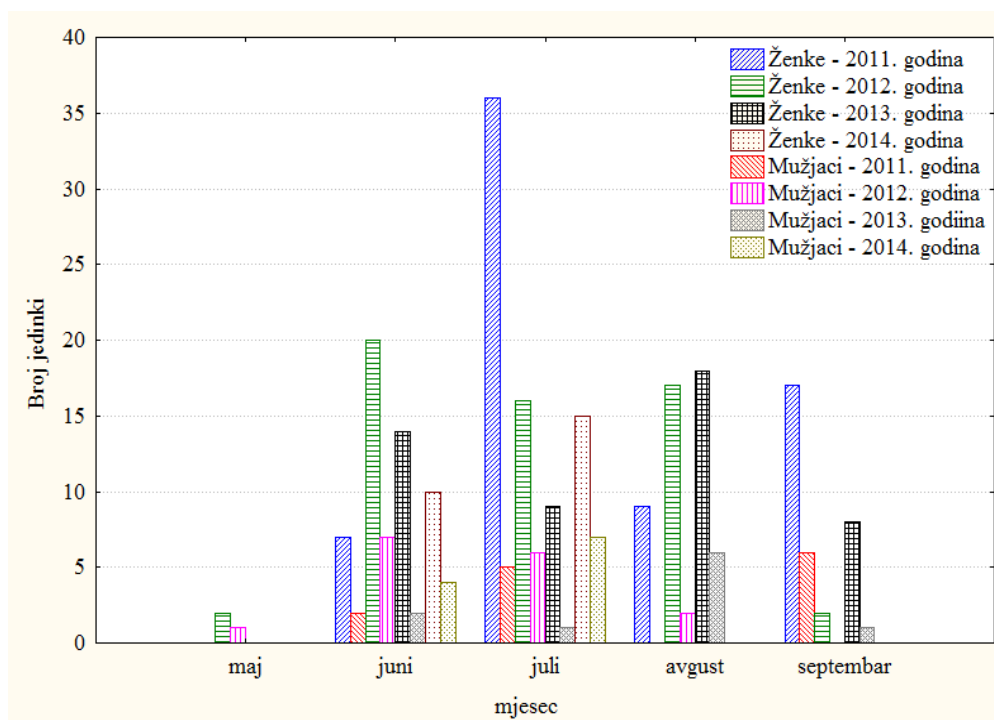
Takođe, za adultne jedinke ispitano je postojanje statistički značajnih razlika u odnosu polova, po mjesecima, za cjelokupan analizirani period (Grafik 6.2.8).



Grafik 6.2.8. Odnos polova adultnih jedinki ribarice (C+R) po mjesecima za cjelokupan analizirani period

Iako su adultne ženke hvatane češće u odnosu na adultne mužjake (Grafik 6.2.8) nisu utvrđene statistički značajne razlike u odnosu polova po mjesecima (tablica kontigencije: $\chi^2=0,34$; $df=4$; $p=0,987$). Jedino mjesec maj ima ujednačen odnos polova kod adulta, međutim veličina uzorka za ovaj mjesec je veoma mala.

Takođe, analizom svake pojedinačne godine, ponaosob, utvrđeno je da su ženke hvatane u većem broju nego mužjaci tokom svih analiziranih mjeseci zasebno. Grafički prikaz odnosa polova adultnih jedinki po mjesecima, za svaku analiziranu godinu je predstavljen na grafiku 6.2.9.



Grafik 6.2.9. Odnos polova adultnih jedinki ribarice po mjesecima i godinama

6.2.2.3. Odnos uzrasnih kategorija

Od ukupnog broja uhvaćenih jedinki adulti predstavljaju 51,7% (N=196), slijede subadulti 37,5% (N=142), dok je jednogodišnjih zmija uhvaćeno svega 10,8% (N=41). Takođe, većina ponovo uhvaćenih jedinki su adulti (67,0%), slijede subadulti (31,1%) dok su samo dvije jednogodišnje jedinke ponovo uhvaćene (1,9%) (Tabela 6.2.13)

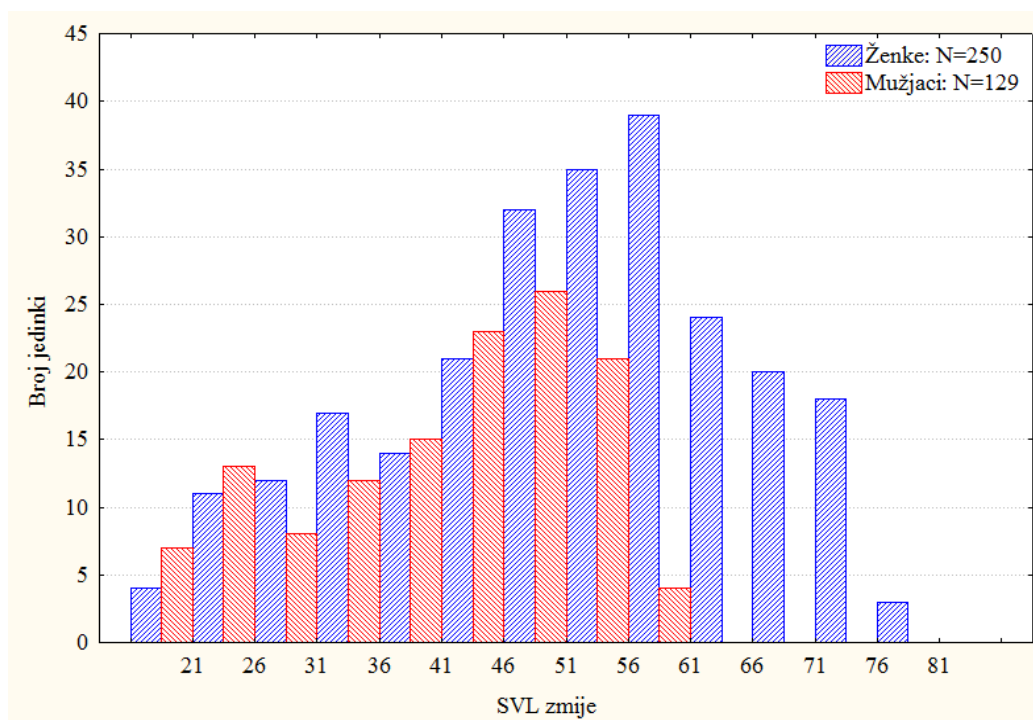
Tabela 6.2.13. Odnos uhvaćenih i ponovo uhvaćenih jedinki različitih uzrasnih kategorija.

	Adulti	Subadulti	Jednogodišnje zmije	Ukupno
Uhvaćeno	196	142	41	379
Ponovo uhvaćeno	71	32	2	105

Tablicom kontigencije utvrđene su statistički značajne razlike u vjerovatnoći hvatanja između uzrasnih kategorija ($\chi^2=12,20$; $df=2$; $p=0,002$). Da bi se utvrdilo postojanje razlika u vjerovatnoći ponovog hvatanja između polno „zrelih“ (A) i polno „nezrelih“ (SA+J) jedinki primjenjen je hi-kvadrat test, koji je pokazao postojanje statistički značajnih razlika u vjerovatnoći ponovog hvatanja između adultnih u odnosu na subadultne + jednogodišnje (polno „nezrele“) jedinke ($\chi^2=8,41$; $p=0,004$), što ukazuje da adultne i polno „nezrele“

jedinke nisu jednako aktivne. Budući da su adultne jedinke češće ponovo hvatane u odnosu na polno „nezrele“ jedinke (Tabela 6.2.13), pored procjene broja jedinki za cjelokupan analizirani uzorak populacije, izvršena je zasebna procjena broja adultnih jedinki (vidjeti iznad procjena veličine populacije; Tabela 6.2.9 i 6.2.11).

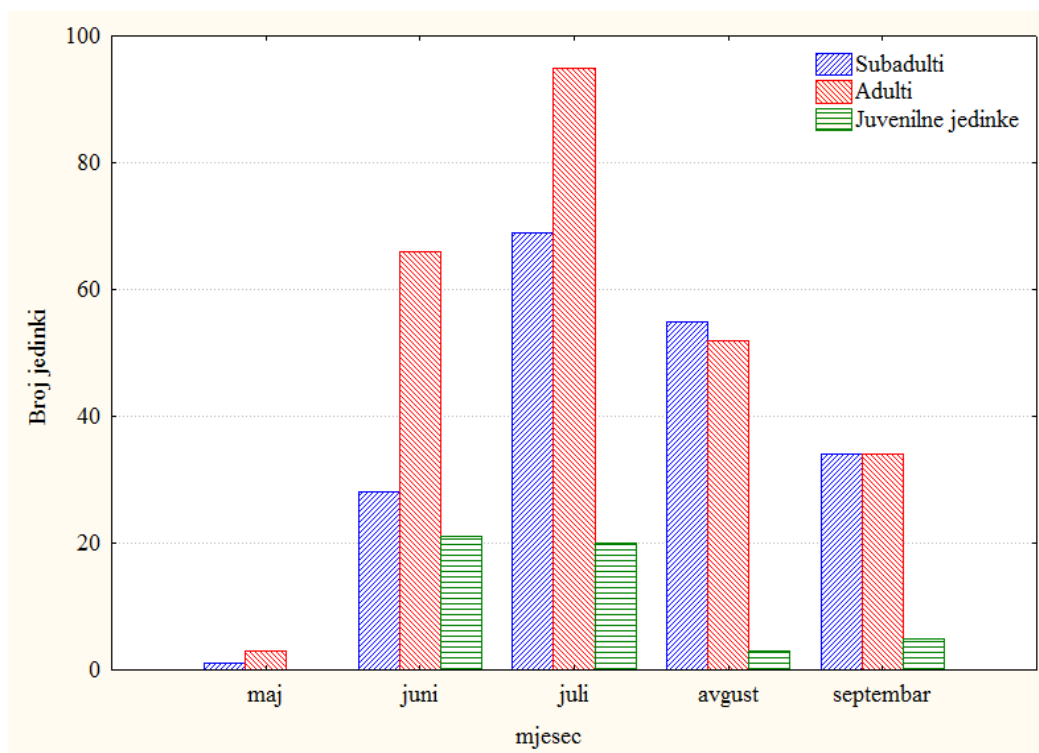
Distribucija dužinskih klasa u analiziranom uzorku populacije duž donjeg toka rijeke Vrbanje predstavljena je na grafiku 6.2.10.



Grafik 6.2.10. Distribucija dužinskih klasa vrste *Natrix tessellata* u analiziranom uzorku

Na grafiku 6.2.10. uočava se da su kod mužjaka najzastupljenije dužinske klase od 46–51 cm (20,2%), 41–46 cm (17,8%) i 51–56 cm (16,3%), dok su najzastupljenije dužinske klase ženki između 56–61 cm (15,6%), 51–56 cm (14,0%) i 46–51 cm (12,8%). Takođe, uočava se isključiva zastupljenost ženki u dužinskim klasama iznad 61 cm SVL.

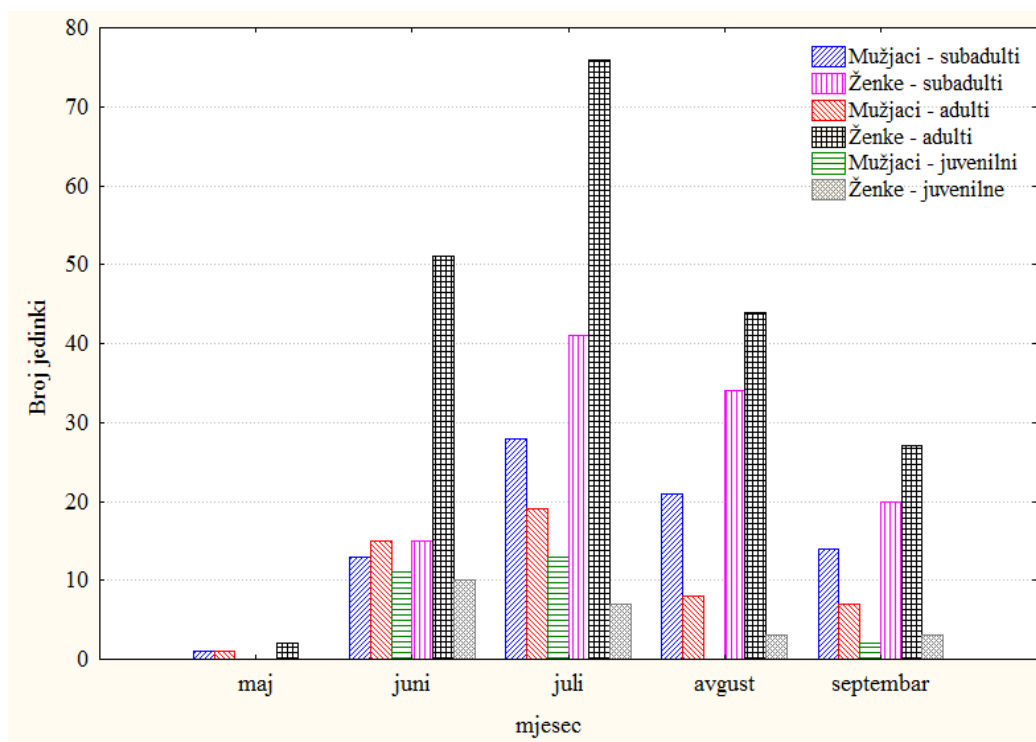
Analizom sezonske aktivnosti, po mjesecima, uočene su statistički značajne razlike u aktivnosti različitih uzrasnih kategorija ribarice po mjesecima (tablica kontigencije: $\chi^2=28,0$; $df=8$; $p=0,000$) (Grafik 6.2.11).



Grafik 6.2.11. Odnos uzrasnih kategorija ribarice po mjesecima uzorkovanja

Adultne jedinke su hvatane u najvećem broju tokom juna i jula mjeseca, dok su subadultne jedinke najčešće hvatane tokom jula i avgusta. Juvenilne jedinke su hvatane u najvećem broju tokom juna i jula mjeseca.

Takođe, razlike u aktivnosti po mjesecima, između uzrasnih kategorija su statistički značajne posebno za mužjake ($\chi^2=16,4$; $df=8$; $p=0,037$), dok su za ženke na granici statističke značajnosti ($\chi^2=15,4$; $df=8$; $p=0,053$) (Grafik 6.2.12).



Grafik 6.2.12. Odnos uzrasnih kategorija ribarice po mjesecu i polu

6.2.2.4. Kondicioni indeks

Za sve tri uzrasne kategorije (adulti, subadulti i jednogodišnje zmije) je izračunat i statistički obrađen kondicioni indeks. Prilikom analize kondicionog indeksa korišteni su objedinjeni podaci tokom četvorogodišnjeg perioda istraživanja od 2011. do 2014. godine. Srednje vrijednosti kondicionog indeksa polova, uzrasnih kategorija i sezona, kao i rezultati analize varijanse (ANOVA) za BCI sa polom kao faktorom, za različite uzrasne kategorije (adulti, subadulti i jednogodišnje zmije) i sezone: gestacioni period – GEST (maj-juni-juli) i postgestacioni period – POST (juli-avgust-septembar) su predstavljene u tabeli 6.2.14.

Tabela 6.2.14. Srednje vrijednosti kondicionih indeksa ($\bar{x}$) polova, uzrasnih kategorija i sezona i rezultati ANOVA testa (A – adulti, SA – subadulti, F – ženke, M – mužjaci); F - odnos varijansi, p - nivo statističke značajnosti.

Sezona	Uzrasna kategorija	Pol	$\bar{x}$	N	Pol	$\bar{x}$	N	F	p
GEST	A	F	18,21	55	M	0,49	26	13,20	0,000
POST	A	F	-9,72	117	M	3,00	41	28,31	0,000
GEST	SA	F	1,94	25	M	-1,11	14	5,02	0,031
POST	SA	F	-0,21	82	M	-0,32	50	0,03	0,875
GEST	J	F	0,07	14	M	-0,27	22	1,23	0,276
POST	J	F	0,34	10	M	0,14	11	0,29	0,597

Adultne ženke imaju daleko veću srednju vrijednost kondicionog indeksa tokom gestacionog perioda, dok je tokom postgestacionog perioda on dosta niži i ima negativnu vrijednost. Za razliku od ženki, adultni mužjaci imaju veću srednju vrijednost kondicionog indeksa tokom postgestacionog perioda, dok je tokom gestacionog perioda srednja vrijednost blizu očekivane vrijednosti. Za adultne jedinke su utvrđene statistički značajne razlike u BCI između mužjaka i ženki za oba analizirana perioda.

Kod subadultnih jedinki, tokom gestacionog perioda, ženke imaju veće srednje vrijednosti kondicionog indeksa (pozitivna vrijednost) u odnosu na mužjake koji imaju niže vrijednosti kondicionog indeksa (negativna vrijednost), a razlika je statistički značajna. Tokom postgestacionog perioda, subadultne ženke, ali i mužjaci imaju približno ujednačenu vrijednost kondicionog indeksa, koja je u granicama očekivanih vrijednosti (srednja vrijednost BCI oko nule), a razlika nije statistički značajna.

Kod juvenilnih jedinki, ženke i mužjaci imaju približno ujednačene srednje vrijednosti kondicionog indeksa tokom gestacionog i postgestacionog perioda. Srednja vrijednost kondicionog indeksa, oba pola je u granicama očekivanih vrijednosti, a razlika nije statistički značajna.

Kada se iz analize isključe trudne ženke i uradi ANOVA između adultnih mužjaka i ženki i subadultnih mužjaka i ženki, dobiju se sljedeći rezultati (Tabela 6.2.15):

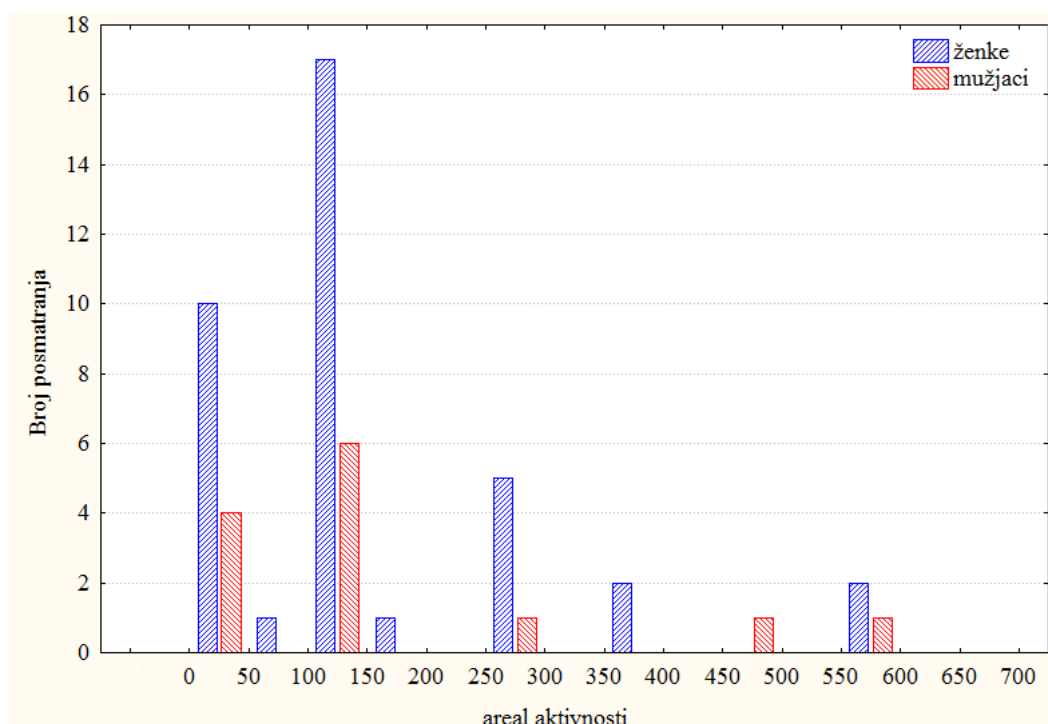
Tabela 6.2.15. Srednje vrijednosti kondicionih indeksa polova, uzrasnih kategorija i sezona i rezultati ANOVA testa (A – adulti, SA – subadulti, F – ženke, M – mužjaci); F - odnos varijansi, p - nivo statističke značajnosti.

<i>Natrix tessellata</i>		N	x	ANOVA	
				F	p
Adulti	M	68	-7,79	12,57	0,000
	F	130	1,21		
Subadulti	M	58	5,31	8,74	0,004
	F	98	0,66		

Adultne ženke imaju veće srednje vrijednosti kondicionog indeksa (pozitivna vrijednost) u odnosu na adultne mužjake koji imaju negativnu vrijednost kondicionog indeksa. Razlika je statistički visoko značajna ($p=0,000$). Takođe, visoko statistički značajne razlike ($p=0,004$) postoje i za cjelokupan uzorak subadultnih jedinki, pri čemu subadultne ženke, iako imaju pozitivnu vrijednost kondicionog indeksa, ona je daleko manja nego srednja vrijednost kod subadultnih mužjaka (Tabela 6.2.15).

6.2.2.5. Areal aktivnosti

Na osnovu jedinki hvatanih tri i više puta, kao i na osnovu jedinki hvatanih dva puta u dvije različite godine, procijenjena je veličina areala aktivnosti, odvojeno po polovima. Srednja vrijednost areala aktivnosti za ženke iznosi $192,3 \pm 174,2$ m (raspon od 50 do 600 metara), dok za mužjake srednja vrijednost areala aktivnosti iznosi $180,3 \pm 138,8$ m (raspon od 50 do 600 metara riječnog toka). Primjenom Mann-Whitney testa nisu utvrđene statistički značajne razlike u arealu aktivnosti između polova ($Z=0,126$; $p=0,899$). Distribucija procijenjenog areala aktivnosti po polovima je prikazana na grafiku 6.2.13.



Grafik 6.2.13. Procijenjeni areal aktivnosti mužjaka i ženki ribarice

Na grafiku 6.2.13. može se uočiti da se najveći broj jedinki oba pola zadržava unutar 150 metara riječne obale, što ukazuje da ribarica na rijeci Vrbani pokazuje veliku „vjernost“ staništu. U prilog ovoj tvrdnji ide činjenica da je jedna adulta ženka hvatana pet puta u toku tri godine, i uvijek je nalažena u neposrednoj blizini jednog istog velikog kamena, kao i da je više jedinki nakon tri-četiri godine istraživanja pronađeno unutar iste zone (≈ 100 metara riječne obale).

6.2.2.6. Predacija i ožiljci

Na rijeci Vrbani nije utvrđena predacija od strane drugih životinja. S druge strane, učestalost oštećenja repa (uzeto kao pokazatelj predacionog pritiska) iznosi 7,1% ukupnog broja uhvaćenih zmija. Najmanju učestalost oštećenja repa imaju juvenilne jedinke (4,3%), zatim subadultne jedinke (5,3%), dok adultne jedinke imaju najveću učestalost nedostatka repa (9,4%) (Tabela 6.2.16). Ipak, učestalost oštećenja repa se ne razlikuje značajno između uzrasnih kategorija ($\chi^2=2,75$; $df=2$; $p=0,252$).

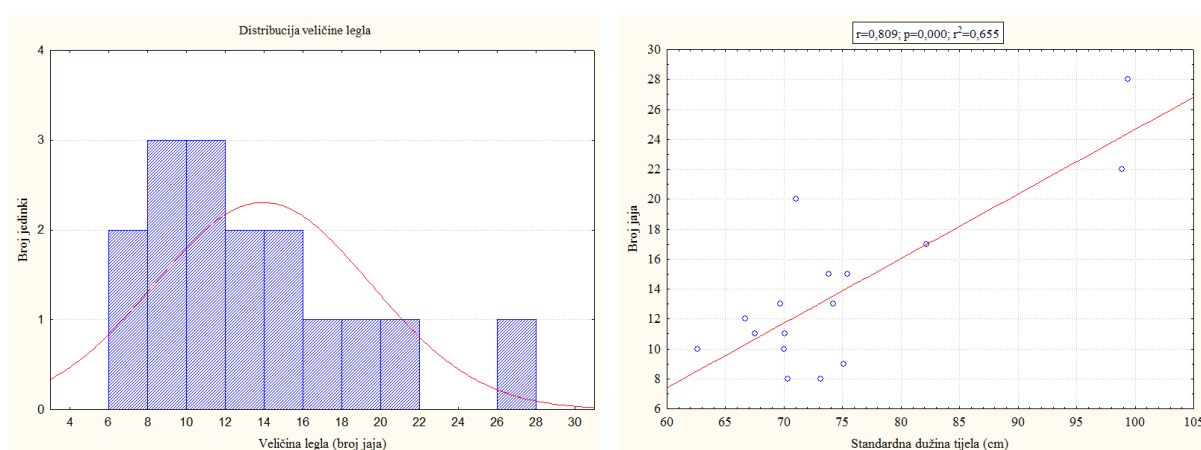
Tabela 6.2.16. Učestalost nedostatka repa između različitih uzrasnih kategorija ribarice

Uzrasna kategorija	Neoštećen rep	Oštećen rep
Adulti	164	17
Subadulti	143	8
Juvenilne jединke	45	2

6.3. Analiza reproduktivnih karakteristika

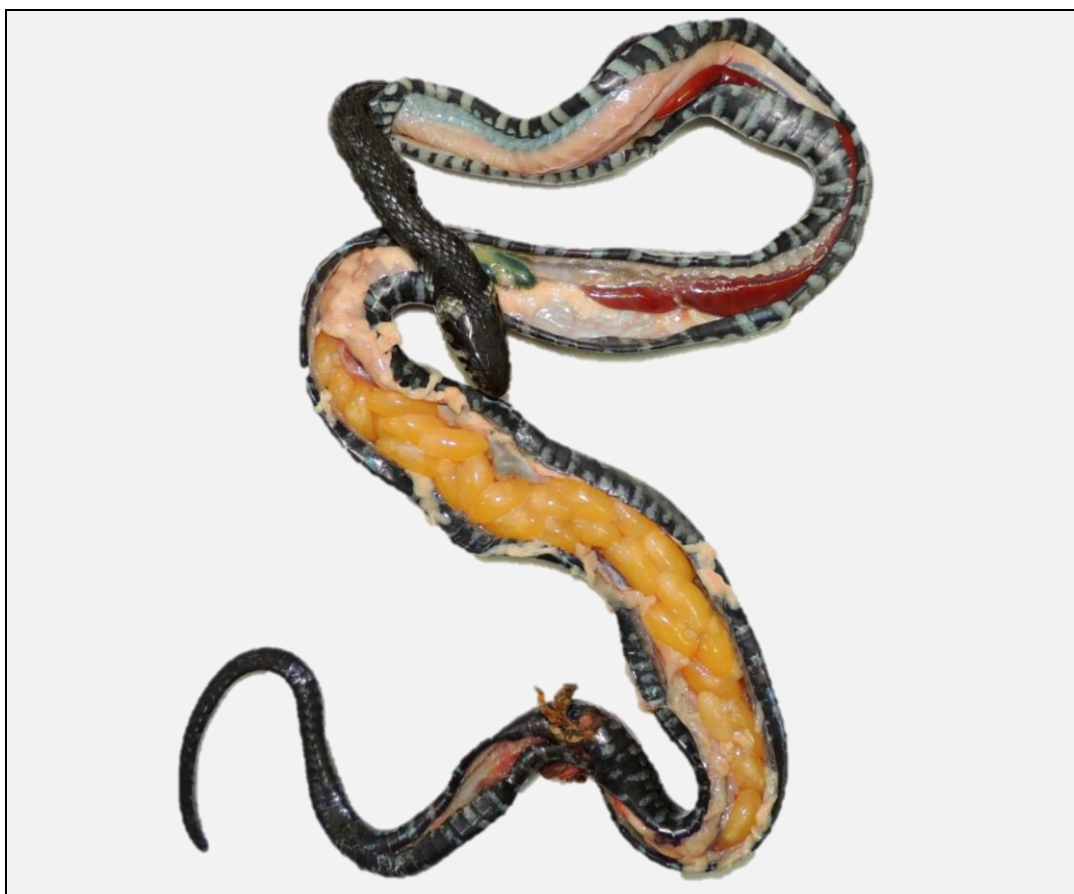
6.3.1. Reproduktivne odlike bjelouške (*Natrix natrix*)

Tokom istraživanog perioda, adultne ženke bjelouške su u periodu gestacije hvatane tokom 2013. i 2014. godine. U tom periodu su uhvaćene 22 adultne ženke, od kojih je za njih 19 utvrđeno da su gravidne (86,4%). Kod 17 jedinki palpacijom abdomena je utvrđeno prisustvo rastućih folikula/jaja, dok su kod dvije jединke uočeni kožni nabori na bokovima tijela, koji ukazuju na nedavno polaganje jaja. Standardna dužina tijela gravidnih ženki se kretala u rasponu od 62,6 cm do 99,4 cm (srednja vrijednost $75,0 \pm 10,4$ cm). Totalna dužina tijela gravidnih ženki se kretala u intervalu od 79,5 cm do 120,2 cm (srednja vrijednost $92,8 \pm 11,9$ cm). Distribucija veličine legla nije bila normalna (Shapiro-Wilks test $W=0,88$; $p=0,039$) (Grafik 6.3.1 – lijevo). Veličina legla se kretala u intervalu od osam do 28 jaja (srednja vrijednost $13,9 \pm 5,54$ jaja), a uočena je jaka korelacija između standardne dužine tijela zmiје i veličina legla ($r=0,809$; $p=0,000$) (Grafik 6.3.1 – desno).



Grafik 6.3.1. Distribucija veličine legla (lijevo) i korelacija između SVL i broja jaja (desno)

U toku 2013. godine prva trudna ženka je uhvaćena 19. maja, a 13. jula su uočeni nabori na bokovima tijela ukazujući da se polaganje jaja dogodilo u prvoj polovini jula. Tokom perioda gestacije, u 2013. godini, uhvaćeno je 12 adultnih ženki od kojih je 10 (83,3%) bilo gravidno (osam ženki je uhvaćeno sa jajima, a dvije su uhvaćene sa naborima na bokovima tijela). Adultna ženka kod koje je palpacijom utvrđen najveći broj rastućih folikula je nakon 15 dana pronađena usmrćena, najvjerovatnije od strane lokalnog stanovništva. Disekcijom ove jedinke je utvrđen isti broj rastućih folikula (Slika 6.3.2), kao i prilikom navedene palpacije.



Slika 6.3.2. Disekovana ženka bjelouške sa rastućim folikulima (foto: A. Ćurić)

Tokom 2014. godine, u periodu gestacije, uhvaćeno je 10 adultnih ženki od kojih je 8 (80,0%) bilo gravidno. U toku 2014. godine prva trudna ženka je uhvaćena 29. juna, a 26. jula je uhvaćena jedna ženka u momentu polaganja jaja, dok je na mjestu gdje je uhvaćena, pronađeno zajedničko gnijezdo (Slika 6.3.3). Gnijezdo je pronađeno ispod naslaganih dasaka u neposrednoj blizini ispusta vode iz jezera Rakitovac. Na mjestu gdje su bile postavljene daske, prethodne godine je bila gomila stajskog đubriva, koje je bilo vidljivo ispod dasaka, u manjim količinama. U gnijezdu je pronađeno preko 70 jaja koja su tek bila položena. Srednja

vrijednost dužine jaja iznosi $32,7 \pm 2,15$ mm, srednja vrijednost visine jaja iznosi $14,4 \pm 0,31$ mm, a srednja vrijednost težine jaja iznosi $4,3 \pm 0,43$ g.



Slika 6.3.3. Zajedničko gnijezdo bjelouške otkriveno tokom istraživanja

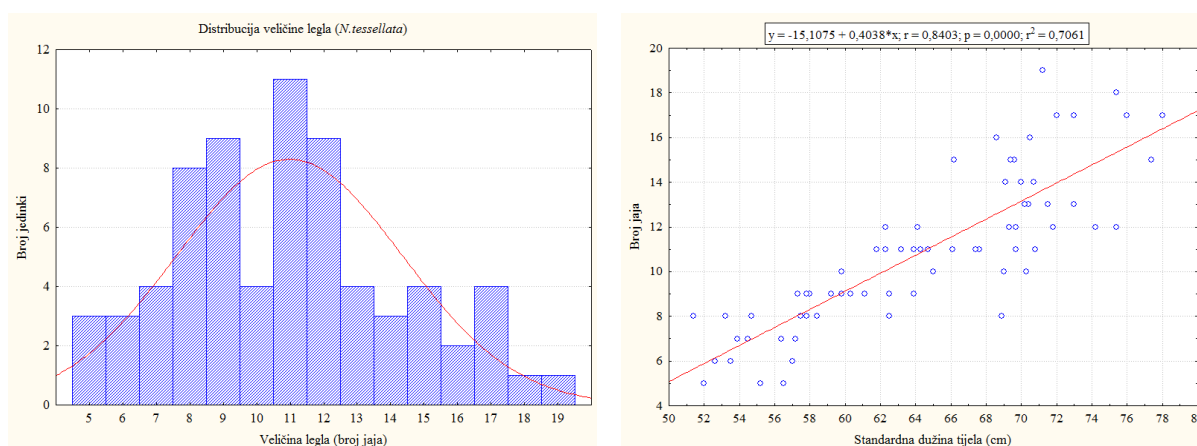
Gnijezdo sa jajima je potom više puta obilaženo, a krajem avgusta su pronađene tek izležene mlade zmije (Slika 6.3.4). Mladunci su po izlijevanju imali srednju vrijednost standardne dužine tijela 16,1 cm, totalne dužine tijela 20,2 cm, i masu tijela od 2,3 g.



Slika 6.3.4. Mladunci bjelouške pronađeni po izlijevanju

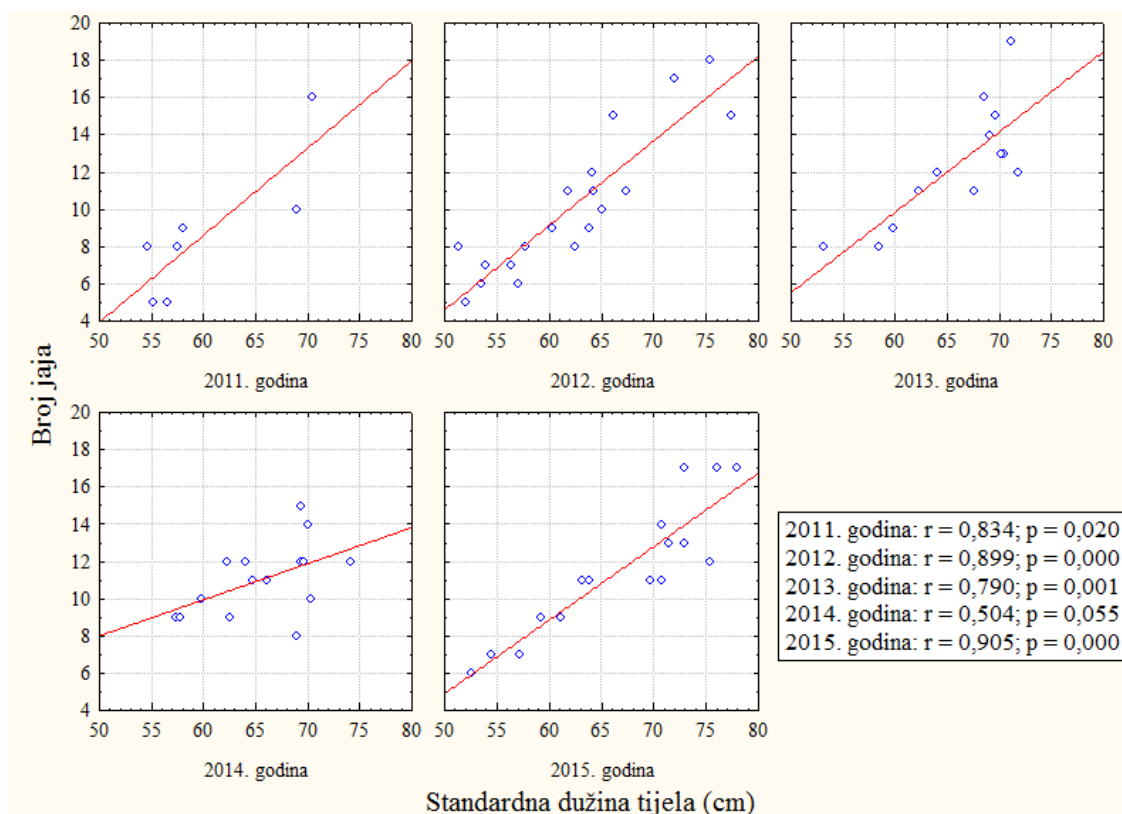
6.3.2. Reproduktivne odlike ribarice (*Natrix tessellata*)

Tokom istraživanih godina, od 2011. do 2015. godine, u periodu gestacije, ukupno je uhvaćeno 80 adultnih ženki, od kojih je kod 70 jedinki (87,5%) utvrđeno prisustvo rastućih folikula/jaja. Standardna dužina tijela gravidnih ženki se kretala u rasponu od 51,4 cm do 78,0 cm (srednja vrijednost $64,4 \pm 7,20$ cm). Distribucija veličine legla je normalna (Shapiro-Wilks test $W=0,97$; $p=0,091$) (Grafik 6.3.5 – lijevo). Veličina legla se kretala u intervalu od pet do 19 jaja (srednja vrijednost $11,0 \pm 3,39$ jaja). Takođe, uočena je jaka korelacija između standardne dužine tijela zmiје i veličina legla ($r=0,840$; $p=0,000$) (Grafik 6.3.5 – desno).



Grafik 6.3.5. Distribucija veličine legla (lijevo) i korelacija između SVL i broja jaja (desno)

U toku 2011. godine prva trudna ženka kod koje su palpacijom utvrđeni rastući folikuli je uhvaćena 15. juna. Trudne ženke su hvatane do 15. jula, nakon čega su kod adultnih ženki uočeni izraženi nabori na bokovima tijela ukazujući da je došlo do ovipozicije (polaganja jaja). Tokom perioda od 15. juna do 15. jula ukupno je uhvaćeno 17 adultnih ženki, od kojih je sedam (41,2%) bilo gravidno. Veličina legla tokom 2011. godine se kretala u intervalu od pet do 16 jaja (srednja vrijednost $8,5 \pm 4,04$). Srednja vrijednost standardne dužine tijela gravidnih ženki je iznosila $58,7 \pm 5,70$ cm (raspon od 54,7 cm do 70,5 cm). Uočena je veoma jaka korelacija između standardne dužine tijela ženke i broja jaja ($r=0,834$; $p=0,020$) (Grafik 6.3.6).



Grafik 6.3.6. Odnos SVL ženke i broja jaja po analiziranim godinama

Tokom 2012. godine prva trudna ženka je uhvaćena 18. juna, a nabori na bokovima tijela su uočeni 5. jula ukazujući da je gestacioni period završen. U toku 2012. godine, tokom perioda gestacije, uhvaćeno je 19 adultnih ženki, od kojih su sve bile gravidne (100%). Veličina legla se kretala u rasponu od pet do 18 jaja (srednja vrijednost $10,2 \pm 3,79$). Srednja vrijednost standardne dužine tijela gravidnih ženki je iznosila $62,2 \pm 7,50$ cm (raspon od 51,4 cm do 77,4 cm). Takođe, zapažena je veoma jaka korelacija između SVL ženki i broja jaja ($r=0,899$; $p=0,000$) (Grafik 6.3.6).

U toku 2013. godine prva trudna ženke je uhvaćena 16. juna, a 7. jula su uočeni nabori na bokovima tijela ukazujući da se polaganje jaja dogodilo početkom jula. Tokom perioda gestacije, u 2013. godini, uhvaćeno je 13 adultnih ženki od kojih je svih 13 bilo gravidno (100%). Veličina legla se kretala u intervalu od osam do 19 jaja (srednja vrijednost $12,4 \pm 3,18$). Srednja vrijednost standardne dužine tijela gravidnih ženki je iznosila $65,9 \pm 5,82$ cm (raspon od 53,2 cm do 71,8 cm). Veličina legla raste sa standardnom dužinom tijela zmije ($r=0,790$; $p=0,001$) (Grafik 6.3.6).

Tokom 2014. godine prva trudna ženka je uhvaćena 9. juna. Trudne ženke su hvatane sve do 19. jula, a nabori na bokovima tijela su uočeni 20. jula ukazujući da je gestacioni

period završen u drugoj polovini jula. U toku 2014. godine, tokom perioda gestacije, uhvaćeno je 15 adultnih ženki, od kojih su sve bile gravidne (100%). Veličina legla tokom 2014. godine se kretala u rasponu od osam do 15 jaja (srednja vrijednost $11,1 \pm 1,94$). Srednja vrijednost standardne dužine tijela gravidnih ženki je iznosila $65,8 \pm 5,06$ cm (raspon od 57,3 cm do 74,2 cm). Za razliku od prethodnih godina (2011., 2012. i 2013.) zapažena je slaba korelacija između standardne dužine tijela zmije i broja jaja ($r=0,504$; $p=0,055$) (Grafik 6.3.6).

U toku 2015. godine gravidne ženke su hvatane tokom juna mjeseca, a 5. jula su uočeni nabori na bokovima tijela, ukazujući da je došlo do polaganja jaja. Tokom 2015. godine, u periodu gestacije, ukupno je uhvaćeno 16 adultnih ženki, od kojih su sve bile gravidne (100%). Veličina legla tokom 2015. godine se kretala u intervalu od šest do 17 jaja (srednja vrijednost $11,6 \pm 3,52$). Srednja vrijednost standardne dužine tijela gravidnih ženki iznosila je $66,9 \pm 8,83$ cm (raspon od 52,6 cm do 78,0 cm). Tokom 2015. godine uočena je visoko značajna korelacija između veličine legla i standardne dužine tijela ženki ($r=0,909$; $p=0,000$) (Grafik 6.3.6).

Međutim, analizom varijanse nisu utvrđene statistički značajne razlike u broju jaja između godina ($F_{4,65}=1,85$; $p=0,130$). Takođe, koristeći ANCOVA test sa SVL kao kovarijablom, nisu utvrđene statistički značajne razlike između pet analiziranih godina u srednjim vrednostima veličine legla ($F_{4,64}=1,32$; $p=0,273$).

Tokom istraživanog perioda, sedam adultnih ženki je uhvaćeno gravidno u dvije uzastopne godine. Kod njih pet, utvrđeno je da se sa povećanjem dužine tijela povećava i broj jaja, dok je kod dvije ženke broj jaja ostao isti u dvije uzastopne godine. Analizom je utvrđeno da se broj jaja, u prosjeku povećava za jedno jaje, na svakih 2,6 cm povećanja standardne dužine tijela.

6.3.3. Stopa rasta

Ukupno je analizirano 68 stopa rasta za 55 različitih jedinki ribarice (13 mužjaka i 42 ženke) različitih uzrasnih kategorija. Stope rasta su se kretale od 0,068 do 1,001 mm/dan ($0,436 \pm 0,236$). Korištenjem srednje SVL kao kovarijable, utvrđene su statistički značajne razlike u stopama rasta svih ponovo uhvaćenih jedinki između polova (ANCOVA: $F_{1,65}=35,46$; $p=0,000$) pri čemu rast mužjaka opada značajno brže u odnosu na rast ženki.

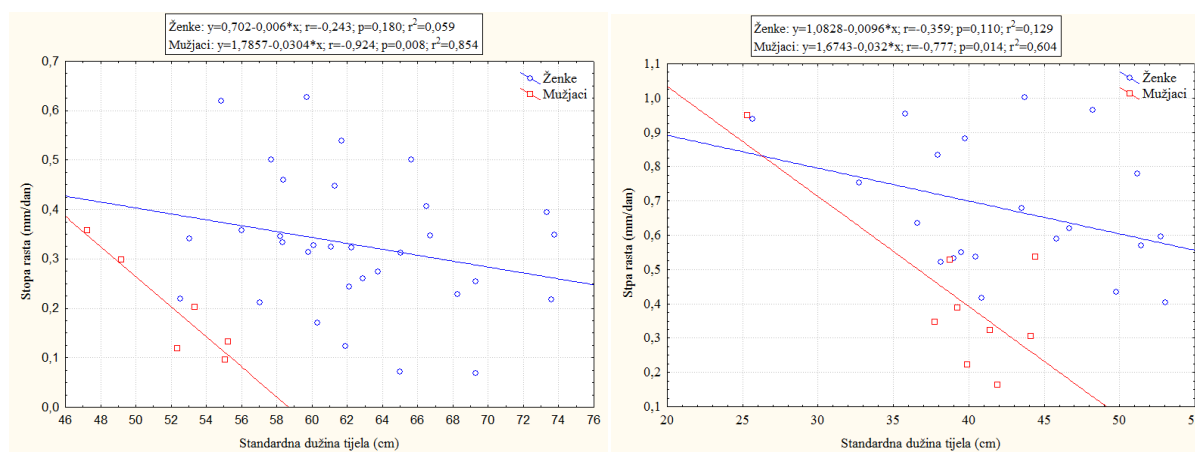
Da bi se smanjila heterogenost uzorka, urađena je ANCOVA, takođe sa SVL kao kovarijablom, posebno za adultne ($SVL > 51,4$ cm za ženke; $SVL > 45,0$ cm za mužjake), a

posebno za subadultne jedinke (SVL od 28,5 – 51,4 cm za ženke; SVL od 26,5 – 45,0 cm za mužjake) po polu i uzrasnoj kategoriji (Tabela 6.3.1; Grafik 6.3.7).

Tabela 6.3.1. Stope rasta markiranih jedinki *Natrix tessellata*. Srednja SVL između dva perioda hvatanja je korištena za razdvajanje jedinki na adultne i subadultne.

Pol i veličinska klasa	N	Srednja stopa rasta (mm/dan)	Raspon (mm/dan)
Mužjaci od 26,5 do 45 cm SVL	8	$0,352 \pm 0,132$	0,163 – 0,537
Mužjaci veći od 45 cm SVL	6	$0,201 \pm 0,106$	0,096 – 0,358
Ženke od 28,5 do 51,4 cm SVL	20	$0,663 \pm 0,185$	0,403 – 1,001
Ženke veće od 51,4 cm SVL	32	$0,329 \pm 0,138$	0,068 – 0,627

Za adultne jedinke, utvrđene su statistički značajne razlike, u stopama rasta, između mužjaka i ženki (ANCOVA: $F_{1,35}=8,00$; $p=0,008$) (Grafik 6.3.7 – lijevo). Takođe, za subadultne jedinke su utvrđene statistički značajne razlike, u stopama rasta, između mužjaka i ženki (ANCOVA: $F_{1,27}=16,36$; $p=0,000$) (Grafik 6.3.7 – desno).

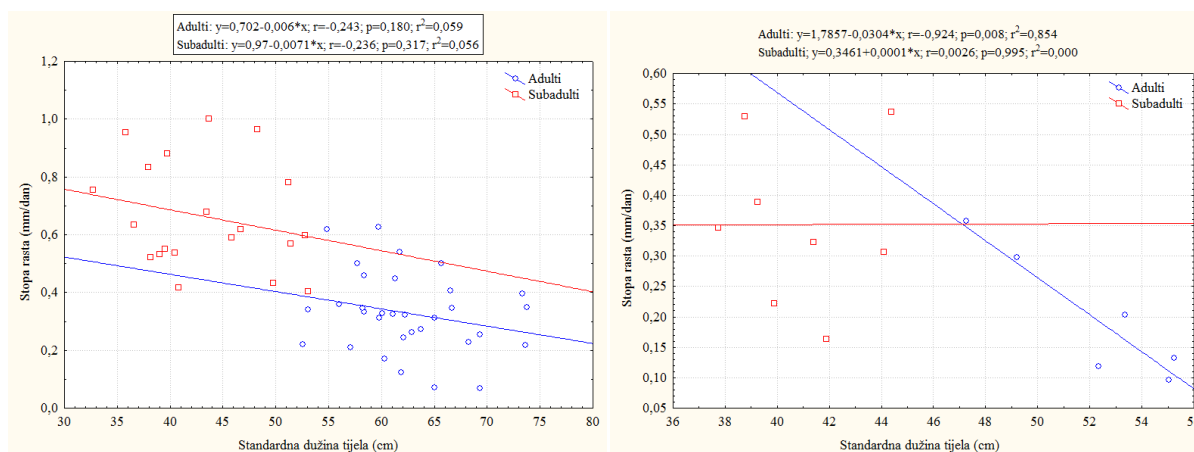


Grafik 6.3.7. Stope rasta u funkciji veličine tijela za adultne (lijevo) i subadultne (desno) jedinke po polu

Na grafiku 6.3.7 – desno uočava se da se stope rasta mužjaka i ženki razdvajaju nakon 26 cm standardne dužine tijela, što odgovara standardnoj dužini tijela juvenilnih zmija u toku njihove prve godine života. Međutim, zbog samo dvije juvenilne jedinke ponovno uhvaćene na terenu, juvenilne jedinke su isključene iz analize prilikom utvrđivanja statistički značajnih

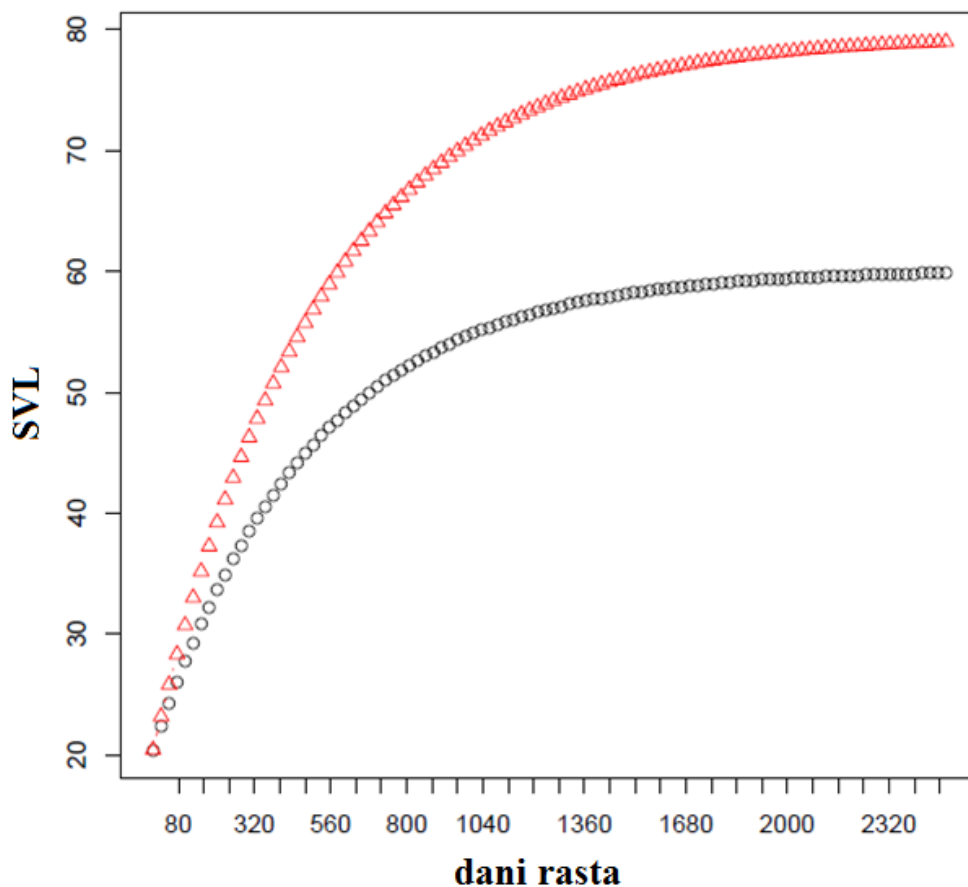
razlika između adultnih i subadultnih mužjaka međusobno, i adultnih i subadultnih ženki međusobno (Grafik 6.3.7).

Za ženke, zasebno, utvrđene su statistički značajne razlike, u stopama rasta, između adultnih i subadultnih jedinki (ANCOVA: $F_{1,49}=6,24$; $p=0,016$) (Grafik 6.3.8). Međutim, zasebno za mužjake, nisu utvrđene statistički značajne razlike u stopama rasta između adultnih i subadultnih jedinki (ANCOVA: $F_{1,11}=0,06$; $p=0,812$) (Grafik 6.3.8).



Grafik 6.3.8. Stope rasta za ženke (lijevo) i mužjake (desno) u funkciji veličine tijela između uzrasnih kategorija

Nakon uvrštavanja podataka o stopama rasta ribarice sa donjeg toka rijeke Vrbanje u Von Bertalanffy-jev model (Slika 6.3.9) za mužjake su predviđene slijedeće procjene: $A = 60,1255$ cm; $k = 0,001999105$ cm/dan; $t_0 = -207,418$. S druge strane za ženke ribarice sa donjeg toka rijeke Vrbanje Von Bertalanffy-jev model predviđa slijedeće procjene: $A = 79,51205$ cm; $k = 0,001899504$ cm/dan; $t_0 = -156,1537$.



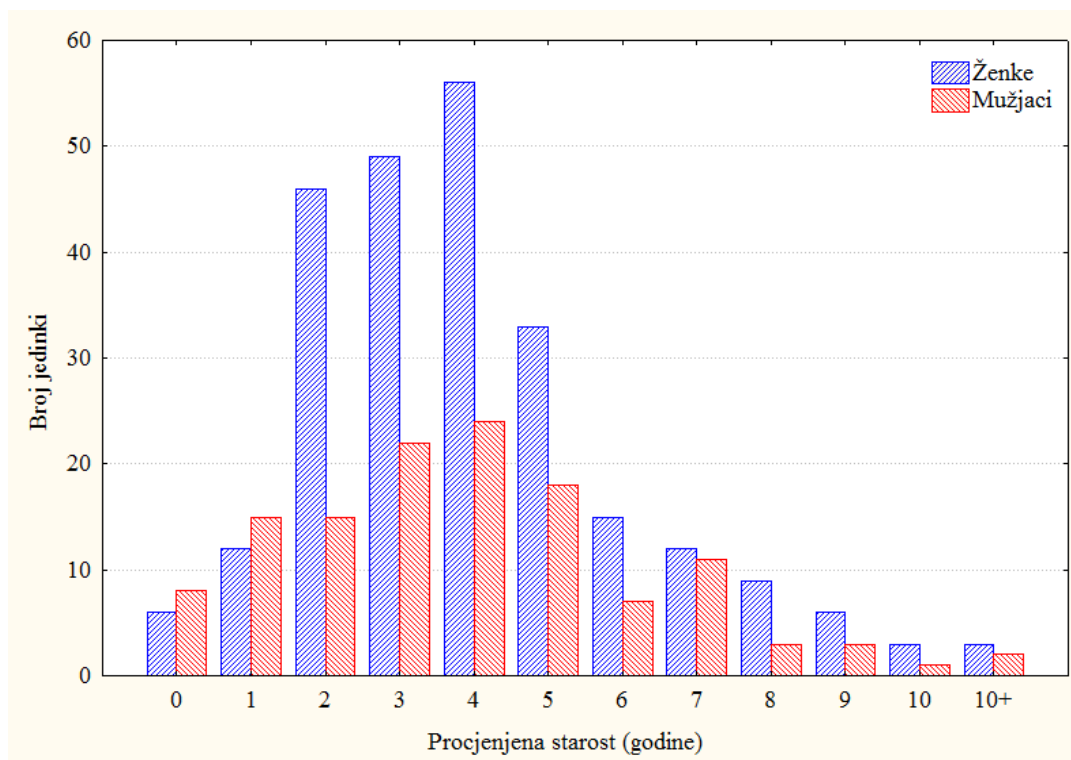
Grafik 6.3.9. Pretpostavljeni starost-dužina odnos ženki i mužjaka ribarice zasnovan na rastu ponovno uhvaćenih jedinki ugrađen u Von Bertalanffy-jev model (mužjaci kružić; ženke trougao)

Procijenjena starost mužjaka i ženki ribarice (izražena u godinama) sa donjeg toka rijeke Vrbanje, za odgovarajući raspon standardne dužine tijela data je u tabeli 6.3.2.

Tabela 6.3.2. Starost jedinki *Natrix tessellata* procijenjena na osnovu Von Bertalanffy-jevog modela.

M	SVL (cm)	22,0–26,5	26,5–35,5	35,5–42,5	42,5–47,0	47,0–51,0	51,0–53,0	53,0–55,0	55,0–56,0	56,0–57,0	57,0–58,0	>58
	Starost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10+
F	SVL (cm)	22,0–28,5	28,5–42,0	42,0–51,5	51,5–59,0	59,0–64,5	64,5–68,4	68,5–71,0	71,0–73,0	73,0–75,0	75,0–77,0	>77
	Starost	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10+

Potom je na osnovu rezultata dobijenih Von Bertalanffy-jevom modelom izvršena procjena distribucije starosne strukture, uzorka populacije ribarice na analiziranom dijelu donjeg toka rijeke Vrbanje (Grafik 6.3.10).



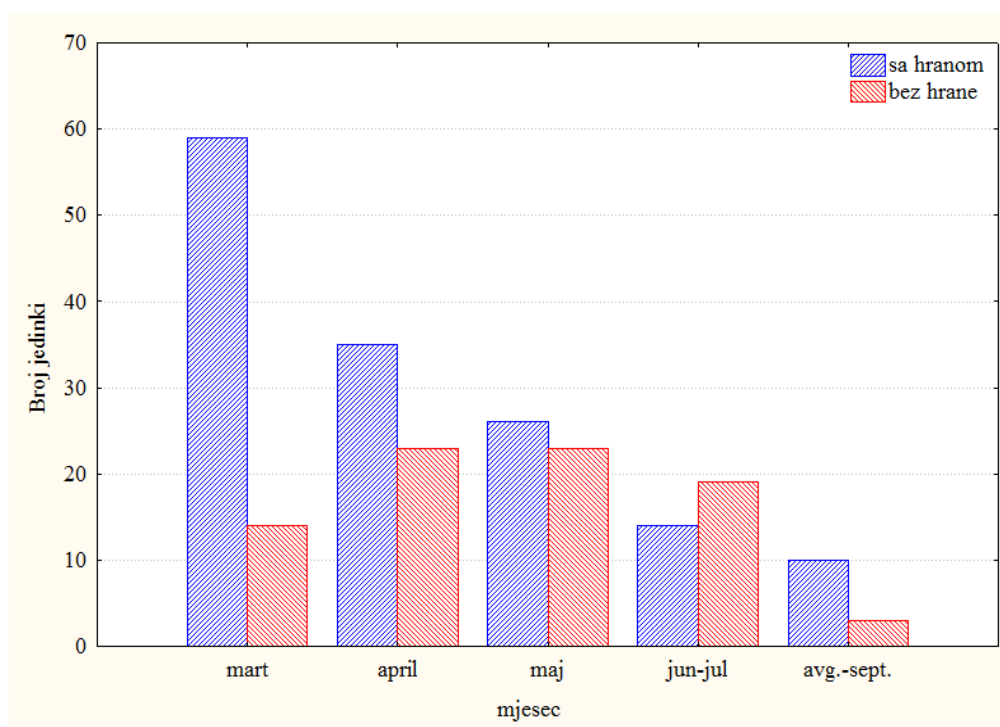
Grafik 6.3.10. Starosna struktura ribarice na osnovu Von Bertalanffy-jevog modela

Na grafiku 6.3.10. uočava se da kod ženki dominiraju uzrasne klase između dvije i četiri godine (60,4%), dok kod mužjaka dominiraju uzrasne klase između tri i pet godina (49,6%). Kod ženki se može uočiti primjetan pad brojnosti u uzrasnoj klasi 5 i uzrasnoj klasi 6, dok se kod mužjaka također uočava primjetan pad brojnosti u uzrasnoj klasi 5 i uzrasnoj klasi 6. Takođe, može se uočiti da je za oba pola procjenjena maksimalna starost od preko 10 godina.

6.4. Odlike ishrane

6.4.1. Ishrana bjelouške

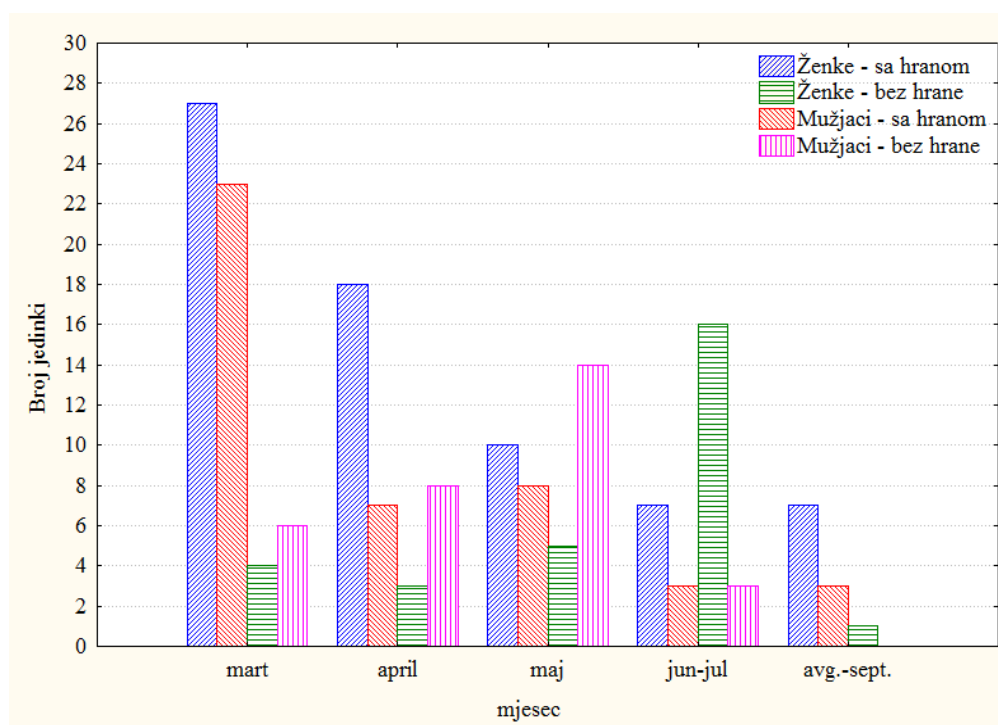
Od ukupno uhvaćenih 226 bjelouški (C+R), 143 jedinke (63,7%) su imale hranu u želucu (intaktan, polusvaren ili svaren plijen), od čega 113 adultnih, a 30 subadultnih jedinki. Učestalost hranjenja se ne razlikuje značajno između uzrasnih kategorija: adula (65,3%) i subadula (66,7 %) ($\chi^2=0,03$; $df=1$; $p=0,865$). U cjelokupnom uzorku, ženke imaju veću učestalost hranjenja (71,0% sa hranom) u odnosu na mužjake (57,5% sa hranom) i razlika je statistički značajna ($\chi^2=4,24$; $df=1$; $p=0,040$). Takođe, za cjelokupan uzorak, utvrđeno je postojanje statistički značajnih razlika u učestalosti hranjenja po mjesecima ($\chi^2=19,4$; $df=4$; $p=0,001$). Vrhunac hranjenja cjelokupnog uzorka je utvrđen za mart-april (71,8%) i avgust-septembar (76,9%), dok je najmanja učestalost hranjenja utvrđena za juni-juli (42,4%) (Grafik 6.4.1).



Grafik 6.4.1. Učestalost ishrane cjelokupnog uzorka bjelouške po mjesecima (F+M)

Takođe, statistički značajne razlike u učestalosti hranjenja, po mjesecima, su utvrđene za cjelokupan uzorak adultnih jedinki (tablica kontigencije: $\chi^2=28,8$; $df=4$; $p=0,000$), kao i

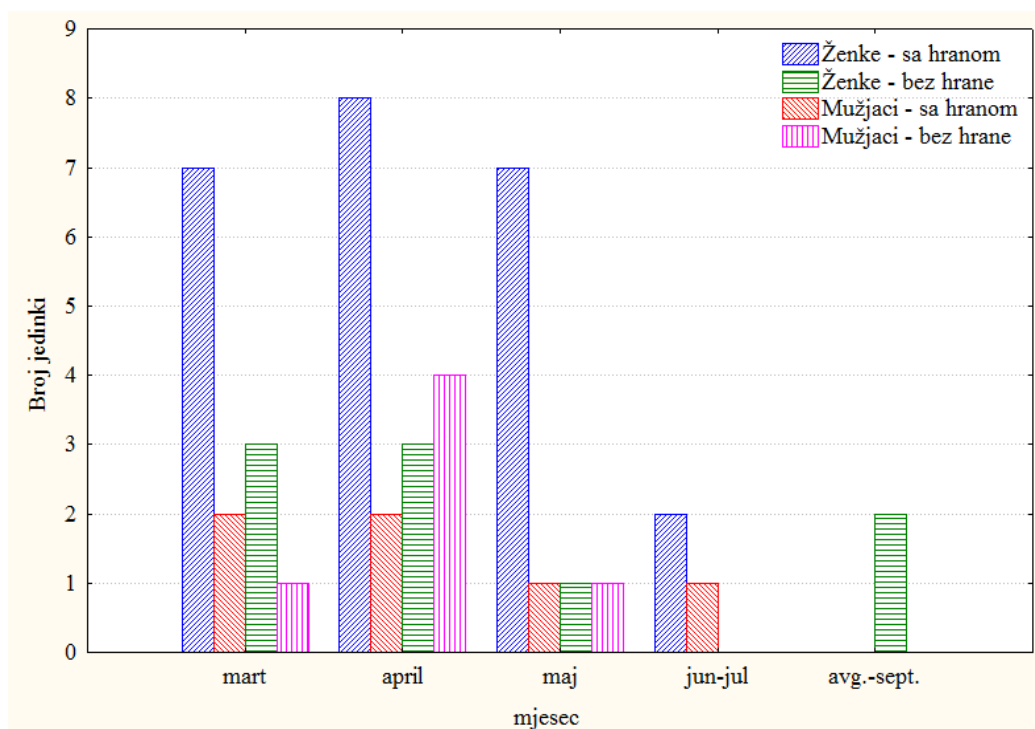
posebno za adultne ženke (tablica kontingencije: $\chi^2=25,4$; $df=4$; $p=0,000$), i posebno za adultne mužjake (tablica kontingencije: $\chi^2=12,8$; $df=4$; $p=0,012$) (Grafik 6.4.2).



Grafik 6.4.2. Učestalost hranjenja adultnih mužjaka i ženki bjelouške po mjesecu uzorkovanja

Adultne ženke imaju najveću učestalost hranjenja tokom marta, aprila i avgusta-septembra, dok je najmanja učestalost hranjenja adultnih ženki zabilježena tokom juna-jula mjeseca (Grafik 6.4.2). Adultni mužjaci imaju najveću učestalost hranjenja tokom marta i avgusta-septembra mjeseca, dok je najmanja učestalost hranjenja adultnih mužjaka zabilježena tokom maja. Ženke imaju veću učestalost hranjenja u odnosu na mužjake, tokom svih analiziranih mjeseci izuzev mjeseca juni-juli (Grafik 6.4.2). Međutim, statistički značajne razlike u učestalosti hranjenja između adultnih mužjaka i ženki postoje samo za april ($\chi^2=6,29$; $df=1$; $p=0,012$) i maj mjesec ($\chi^2=4,13$; $df=1$; $p=0,042$).

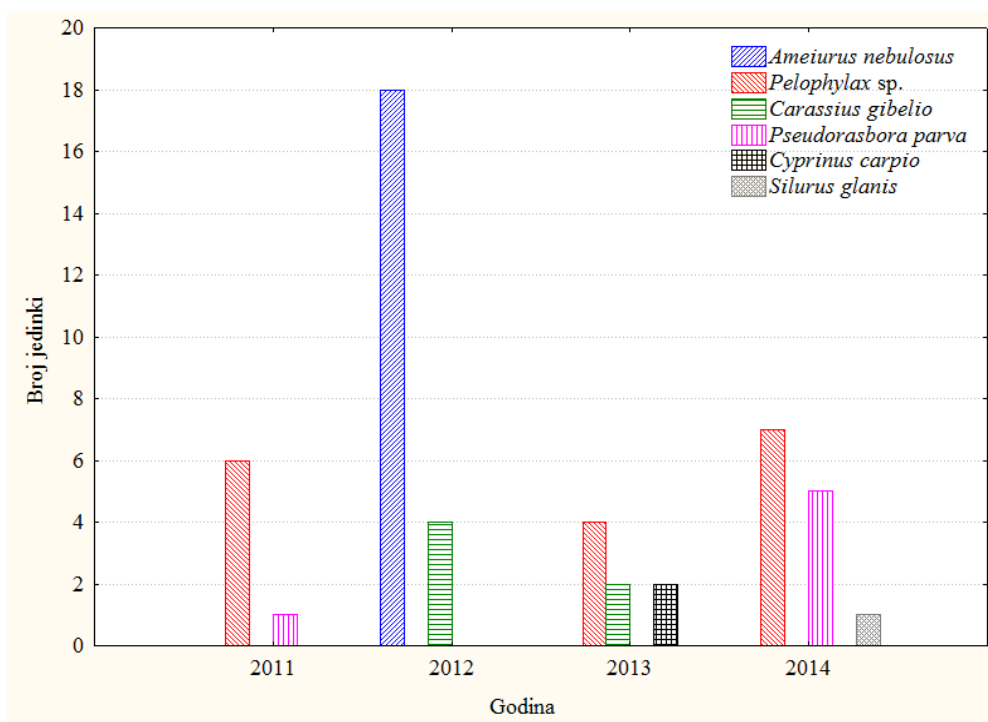
Kod cjelokupnog uzorka subadultnih jedinki po mjesecima, nisu utvrđene statistički značajne razlike u učestalosti hranjenja (tablica kontingencije: $\chi^2=6,71$; $df=4$; $p=0,152$), niti posebno za subadultne ženke (tablica kontingencije: $\chi^2=7,00$; $df=4$; $p=0,136$), niti posebno za subadultne mužjake (tablica kontingencije: $\chi^2=2,00$; $df=3$; $p=0,572$) (Grafik 6.4.3).



Grafik 6.4.3. Učestalost hranjenja subadultnih mužjaka i ženki bjelouške po mjesecu uzorkovanja

Subadultne ženke imaju visoku učestalost hranjenja tokom svih analiziranih mjeseci izuzev avgusta-septembra, dok subadultni mužjaci imaju najmanju učestalost hranjenja tokom aprila mjeseca (Grafik 6.4.3). Razlike u učestalosti hranjenja, između subadultnih mužjaka i ženki, nisu statistički značajne niti za jedan od analiziranih mjeseci ponaosob ($p > 0,05$).

Identifikacija je bila moguća za 50 stavki konzumiranog plijena, dok je preostali plijen bio suviše svaren za uspješnu identifikaciju. Na području Bardače plijen bjelouške su činili sljedeći taksoni: *Pelophylax* sp., *Carassius gibelio*, *Ameiurus nebulosus*, *Cyprinus carpio*, *Silurus glanis* i *Pseudorasbora parva*. Američki somić (*Ameiurus nebulosus*) i zelene žabe (*Pelophylax* sp.) su bile najčešći plijen i činile su 36,0%, odnosno 34,0% identifikovanog plijena. Potom slijede *Carassius gibelio* i *Pseudorasbora parva* sa po 12,0%, *Cyprinus carpio* sa 4,0% i *Silurus glanis* sa 2,0% identifikovanog plijena. Ishrana bjelouške na Bardači po godinama je data na grafiku 6.4.4.



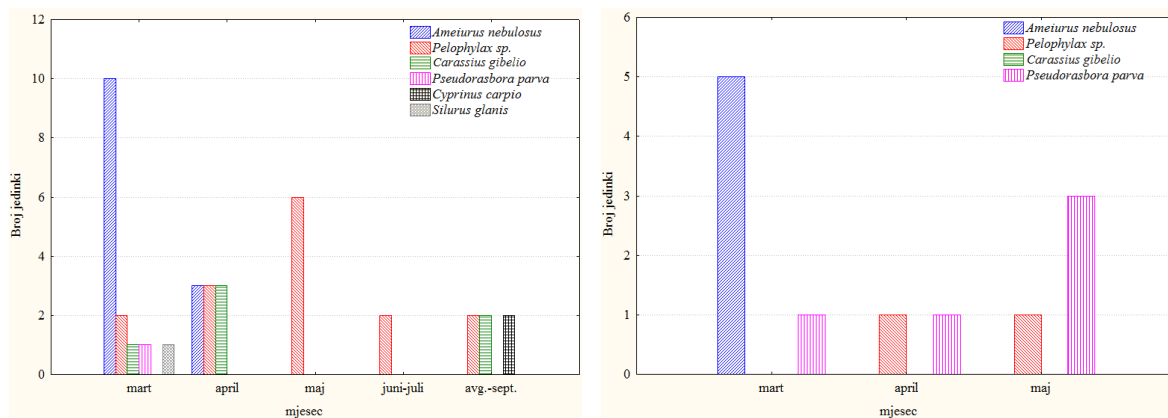
Grafik 6.4.4. Tip plijena u ishrani bjelouške tokom četiri analizirane godine (M+F)

Na grafiku 6.4.4. se uočava da su dominantan plijen bjelouške (*Natrix natrix*) tokom 2011., 2013. i 2014. godine činile zelene žabe (*Pelophylax sp.*), dok je 2012. godine dominantan plijen bjelouške bio američki somić (*Ameiurus nebulosus*). Utvrđeno je postojanje statistički značajnih razlika u tipu konzumiranog plijena tokom četiri analizirane godine (tablica kontigencije: $\chi^2=66,8$; $df=15$; $p=0,000$). Takođe, statistički značajne razlike u tipu konzumiranog plijena su utvrđene između polova (tablica kontigencije: $\chi^2=16,0$; $df=5$; $p=0,007$), pri čemu ženke bjelouške, u odnosu na mužjake, značajno češće ($\chi^2=4,84$; $df=1$; $p=0,028$) konzumiraju zelene žabe (*Pelophylax sp.*) (Tabela 6.4.1).

Tabela 6.4.1. Razlike u ishrani između polova vrste *Natrix natrix*.

Tip plijena	Mužjaci	Ženke	χ^2	p
<i>Pelophylax sp.</i>	2	15	4,84	0,028
<i>Carassius gibelio</i>	0	6	1,78	0,182
<i>Ameiurus nebulosus</i>	5	13	1,05	0,305
<i>Cyprinus carpio</i>	0	2	0,00	1,000
<i>Silurus glanis</i>	0	1	0,00	1,000
<i>Pseudorasbora parva</i>	5	1	0,38	0,540

Analiza ishrane različitih stavki plijena po mjesecima pokazala je da ženke najčešće konzumiraju zelene žabe (*Pelophylax* sp.) tokom maja mjeseca, dok mužjaci u tom periodu najčešće konzumiraju amurskog čebačka (*Pseudorasbora parva*) (Grafik 6.4.5), kao i da ženke, u odnosu na mužjake u ishrani koriste raznovrsnije stavke plijena (Grafik 6.4.5).



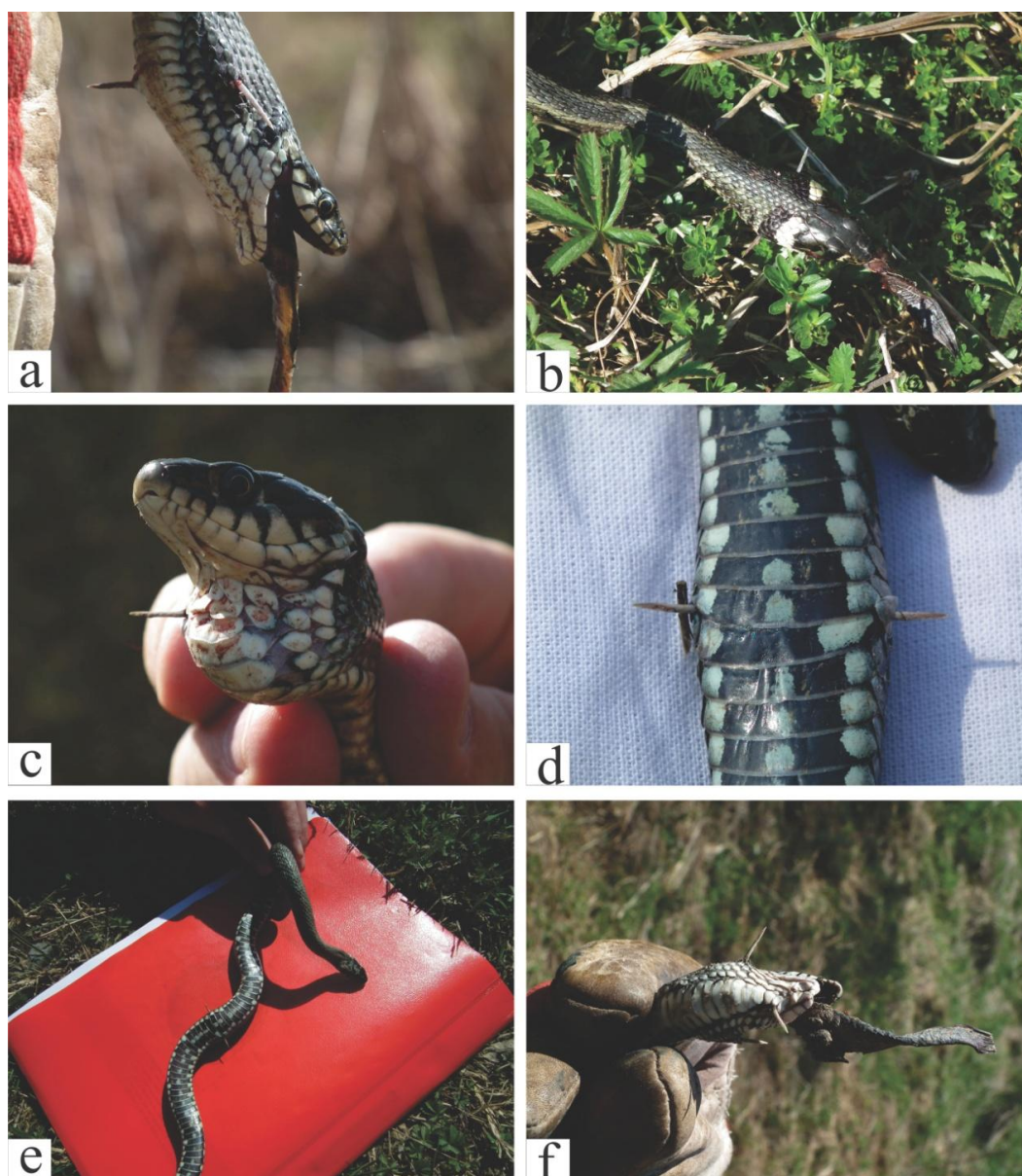
Grafik 6.4.5. Analiza ishrane bjelouške po mjesecima za ženke (lijevo) i mužjake (desno)

Na grafiku 6.4.5. može se uočiti dominantno učešće američkog somića u ishrani tokom marta i aprila, međutim on je pronađen kao plijen bjelouške samo tokom 2012. godine (Grafik 6.4.4). Naime, tokom marta i aprila 2012. godine, veći broj jedinki bjelouške je uočen uz kanal za odvođenje vode, neposredno ispod ispusta iz jezera Rakitovac. U kanalu je zapaženo mnoštvo živih i mrtvih jedinki američkog somića (*Ameiurus nebulosus*), a tom prilikom su jedinke bjelouške posmatrane kako hvataju, izvlače na obalu i nose žive somiće iz vode (Slika 6.4.1).



Slika 6.4.1. Ispust sa mnoštvom riba (lijevo – iz Šukalo i sar., 2014) i jedinka koja nosi somića iz kanala (desno)

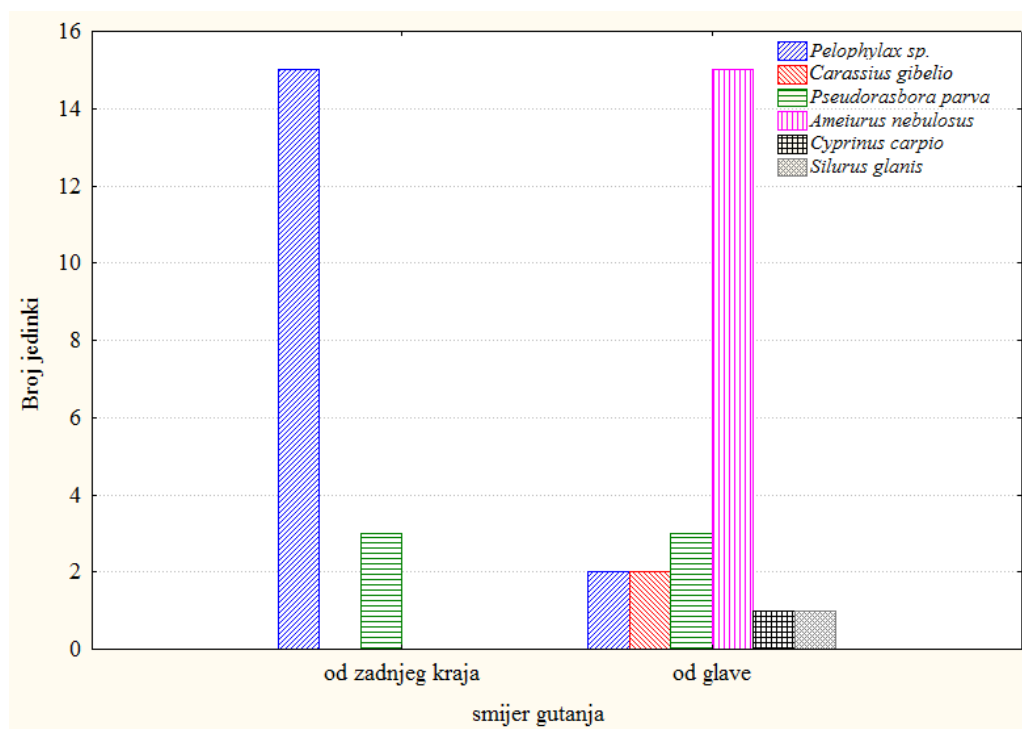
¹Veliki broj jedinki je uočen sa ozljedama nastalim od strane oštih bodlji smještenih na leđnom i grudnim perajima američkog somića. Većina jedinki bjelouške je uhvaćena sa nedavno unešenim somićem koji im je bio zaglavljen u ustima (Slika 6.4.2a, b, c), kod jedne jedinke somić je probio tjelesni zid na sredini trupa (slika 6.4.2d, e), a jedna jedinka je pronađena mrtva sa somićem zaglavljenim u ustima (Slika 6.4.2f). Takođe, nekoliko jedinki je uhvaćeno sa bodljom koja je virila kroz tjelesni zid, ali je plijen bio svaren.



Slika 6.4.2. Ozljede na različitim dijelovima tijela (a, b, c, d, e) i mrtva jedinka nakon gutanja somića (f – iz Šukalo i sar., 2012)

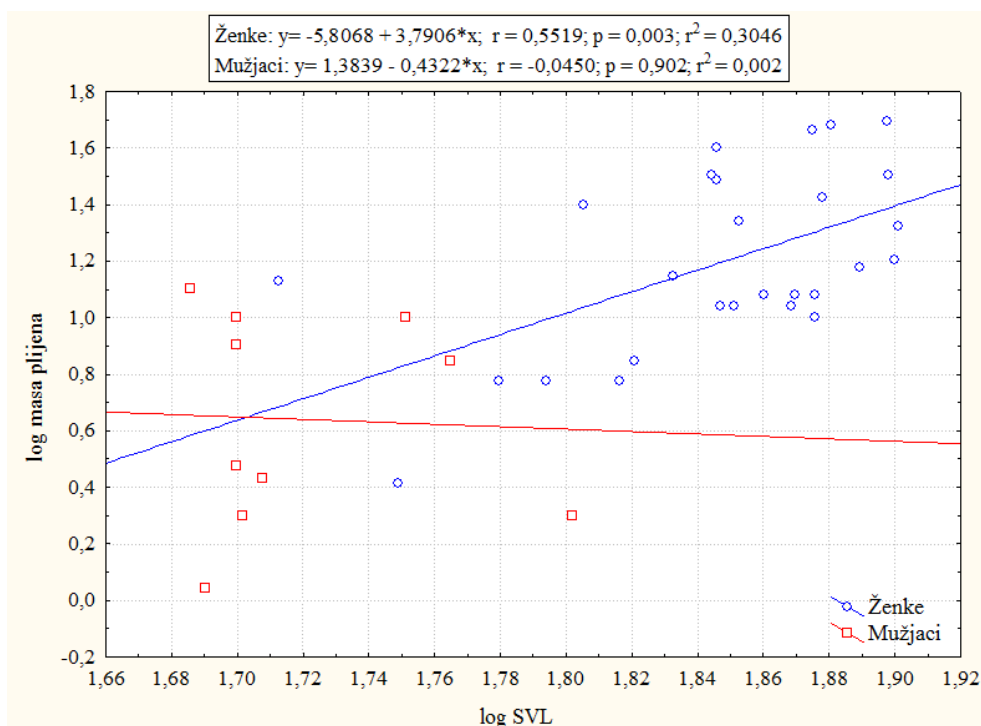
¹ Publikovano u: Šukalo, G., Đorđević, S., Dmitrović, D., Tomović, Lj. (2012): Introduced fish *Ameiurus nebulosus* (Le Sueur, 1819): hazard to the Grass Snake *Natrix natrix* (Laurenti, 1768). Photo note. Hyla Herpetological Bulletin, 2: 41–42.

Analizom smjera gutanja plijena utvrđena je statistički značajna razlika u smjeru gutanja, u zavisnosti da li je plijen žaba ili riba ($\chi^2=25,7$; $df=1$; $p=0,000$). Žabe su značajno češće gutane od zadnjeg kraja tijela ($\chi^2=5,10$; $df=1$; $p=0,024$), dok su ribe značajno češće gutane od prednjeg kraja tijela ($\chi^2=8,88$; $df=1$; $p<0,003$) (Grafik 6.4.6).



Grafik 6.4.6. Smjer gutanja različitih stavki plijena

Za ženke bjelouške postoji linearna povezanost umjerene jačine između standardne dužine tijela zmije i mase progutanog plijena ($r=0,55$; $p=0,003$), dok je za mužjake zapažena slaba negativna linearna povezanost između standardne dužine tijela i mase progutanog plijena ($r=-0,045$; $p=0,902$) (Grafik 6.4.7).



Grafik 6.4.7. Odnos dužine tijela bjelouške i mase konzumiranog plijena

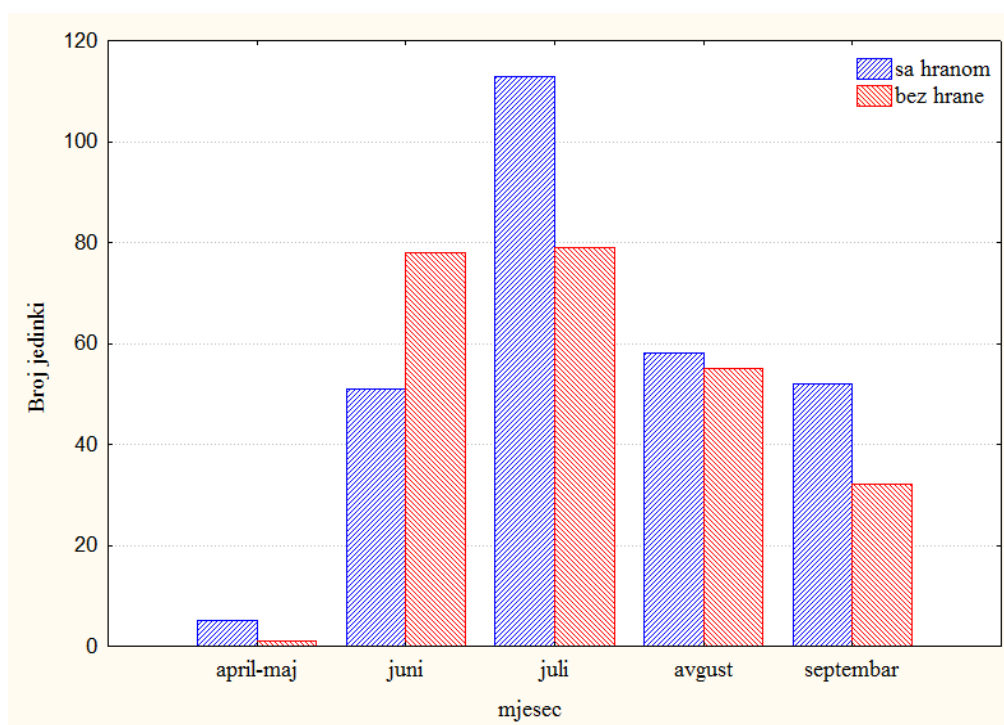
Na terenu, u više navrata, bjelouška je posmatrana kako aktivno traga za plijenom i pokušava ga uhvatiti. Ovaj način traganja za plijenom je posmatran kako prilikom hvatanja žaba, tako i prilikom hvatanja riba.

6.4.2. Ishrana ribarice

Od ukupno uhvaćenih i palpiranih 525 jedinki ribarice (C+R), 279 jedinke (53,1%) su imale hranu u želucu (intaktan, polusvaren ili svaren plijen), od čega 145 adultnih, 116 subadultnih i 18 juvenilnih jedinki. Učestalost hranjenja se razlikuje značajno između uzrasnih kategorija ($\chi^2=30,0$; $df=2$; $p=0,000$), pri čemu je učestalost ishrane adultnih i subadultnih jedinki dosta ujednačena (57,3% nasuprot 58,9%), dok juvenilne jedinke imaju značajno manju učestalost ishrane (24,0%). U cjelokupnom uzorku, ženke i mužjaci imaju ujednačenu učestalost hranjenja (52,9% nasuprot 53,7%) i razlika nije statistički značajna ($\chi^2=0,03$; $df=1$; $p=0,853$). Takođe, nisu utvrđene statistički značajne razlike u ishrani između polova niti kod jedne uzrasne kategorije ponaosob ($p>0,05$).

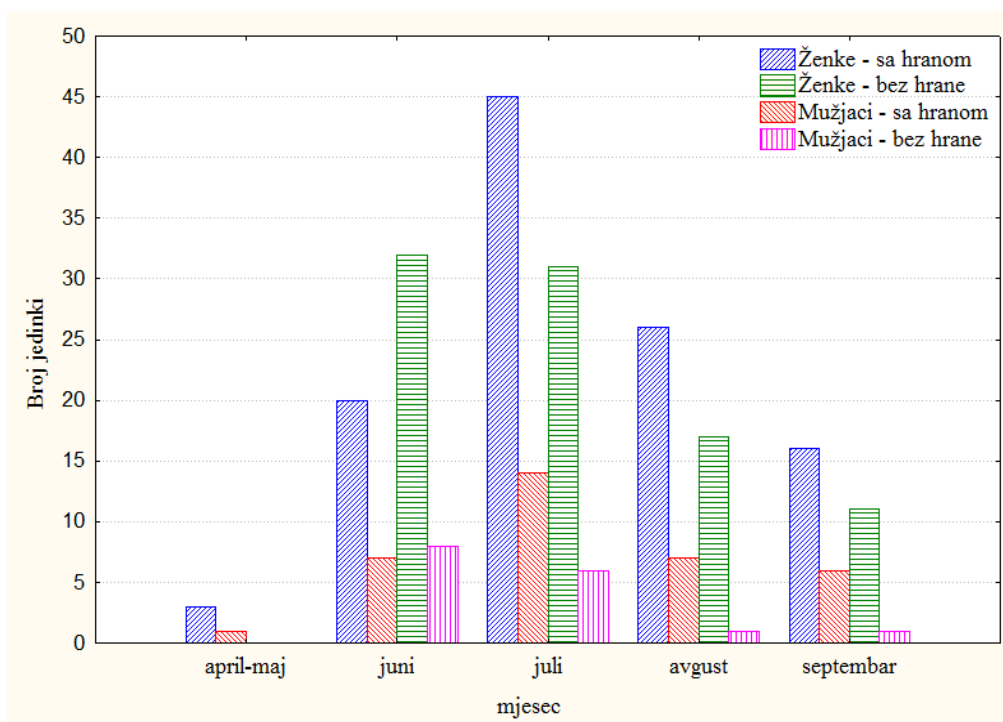
Međutim, za cjelokupan uzorak je utvrđeno postojanje statistički značajnih razlika u učestalosti hranjenja po mjesecima (tablica kontigencije: $\chi^2=17,0$; $df=4$; $p=0,002$). Vrhunac

hranjenja cjelokupnog uzorka je utvrđen za mjesec april-maj (83,3%) i juli (58,9%), dok je najmanja učestalost hranjenja utvrđena za mjesec juni (39,5%) (Grafik 6.4.8).



Grafik 6.4.8. Učestalost ishrane cjelokupnog uzorka ribarice po mjesecima (F+M)

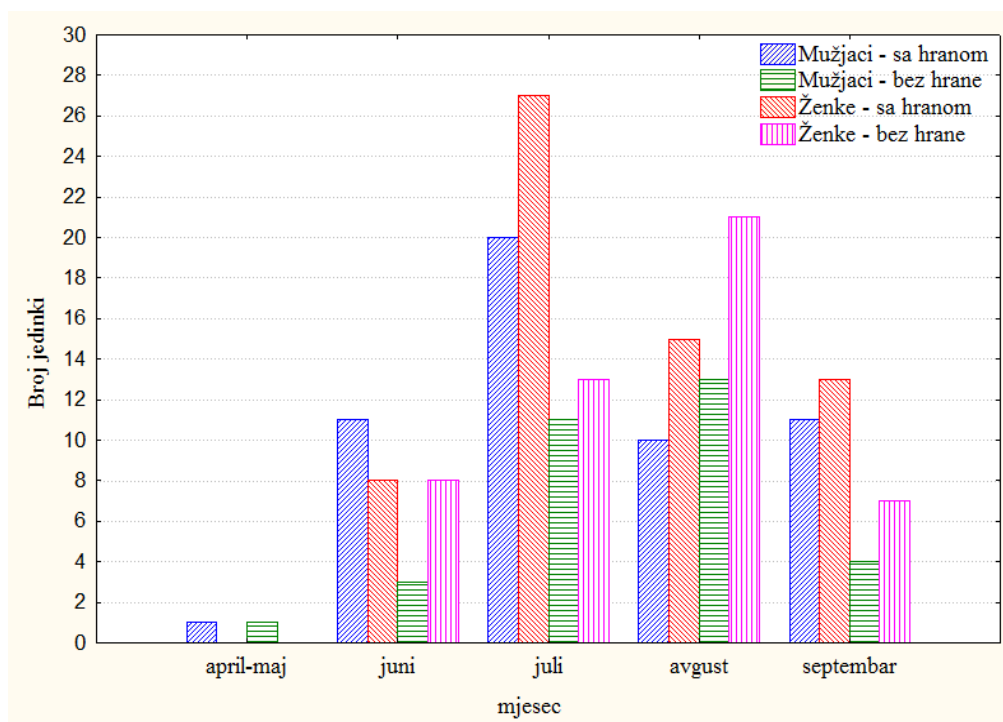
Takođe, statistički značajne razlike u učestalosti hranjenja, po mjesecima, su utvrđene za cjelokupan uzorak adultnih jedinki (tablica kontigencije: $\chi^2=13,5$; $df=4$; $p=0,009$). Međutim, posebno za adultne ženke, učestalost hranjenja po mjesecima je bila na granici statističke značajnosti (tablica kontigencije: $\chi^2=9,45$; $df=4$; $p=0,051$), dok posebno za adultne mužjake nisu utvrđene statistički značajne razlike u učestalosti hranjenja po mjesecima (tablica kontigencije: $\chi^2=6,11$; $df=4$; $p=0,191$) (Grafik 6.4.9).



Grafik 6.4.9. Učestalost hranjenja adultnih mužjaka i ženki ribarice po mjesecima

Adultne ženke imaju najveću učestalost hranjenja u periodima april-maj i juli-avgust, dok je najmanja učestalost hranjenja adultnih ženki zabilježena za mjesec juni (Grafik 6.4.9). Adultni mužjaci imaju najveću učestalost hranjenja od jula do septembra, dok je najmanja učestalost hranjenja adultnih mužjaka, takođe, zabilježena tokom juna (Grafik 6.4.9). Razlike u učestalosti hranjenja kod adultnih jedinki, između polova, nisu statistički značajne niti za jedan od analiziranih mjeseci ($p > 0,05$).

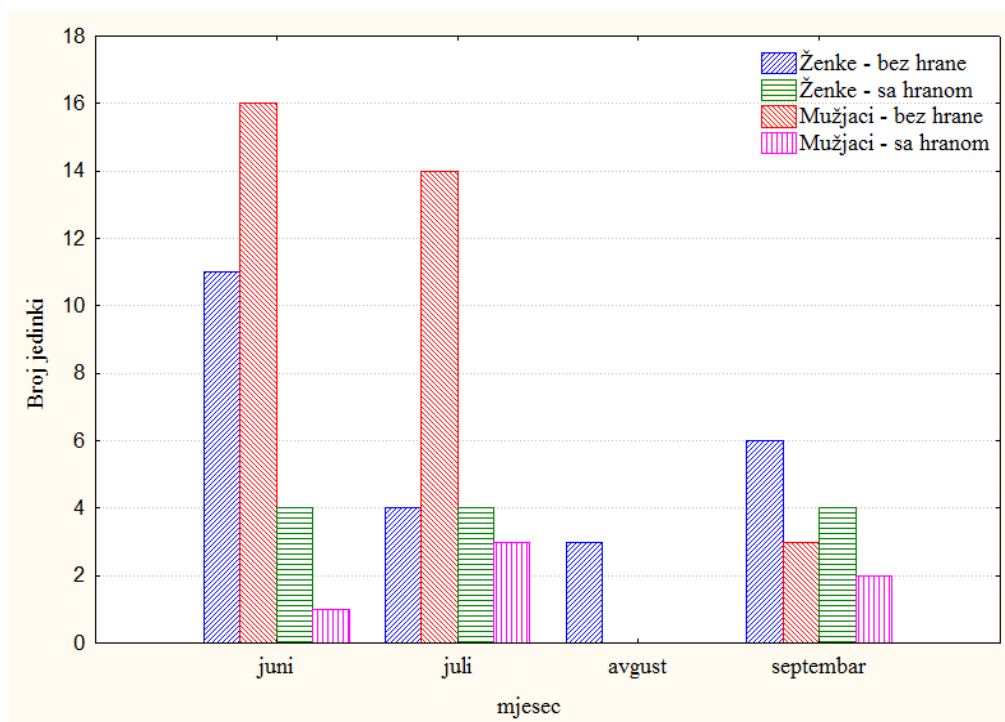
Statistički značajne razlike u učestalost hranjenja po mjesecima, su takođe zabilježene za cjelokupan uzorak subadultnih jedinki ribarice (tablica kontigencije: $\chi^2=9,88$; $df=4$; $p=0,043$), ali ne posebno za subadultne ženke (tablica kontigencije: $\chi^2=6,04$; $df=3$; $p=0,109$), kao ni posebno za subadultne mužjake (tablica kontigencije: $\chi^2=6,02$; $df=4$; $p=0,198$) (Grafik 6.4.10).



Grafik 6.4.10. Učestalost hranjenja subadultnih jedinki ribarice po mjesecima

Na grafiku 6.4.10. se uočava da subadultne ženke, kao i subadultni mužjaci imaju najveću učestalost hranjenja tokom jula i septembra, dok je najmanja učestalost hranjenja zabilježena tokom avgusta mjeseca. Razlike u učestalosti hranjenja subadultnih jedinki, između polova, nisu statistički značajne niti za jedan od analiziranih mjeseci ($p > 0,05$).

Statistički značajne razlike za učestalost hranjenja po mjesecima nisu zabilježene kod ukupnog uzorka juvenilnih jedinki ribarice (tablica kontigencije: $\chi^2=4,50$; $df=3$; $p=0,212$), niti posebno za juvenilne ženke (tablica kontigencije: $\chi^2=3,00$; $df=3$; $p=0,392$), niti posebno za juvenilne mužjake (tablica kontigencije: $\chi^2=3,57$; $df=2$; $p=0,168$) (Grafik 6.4.11).



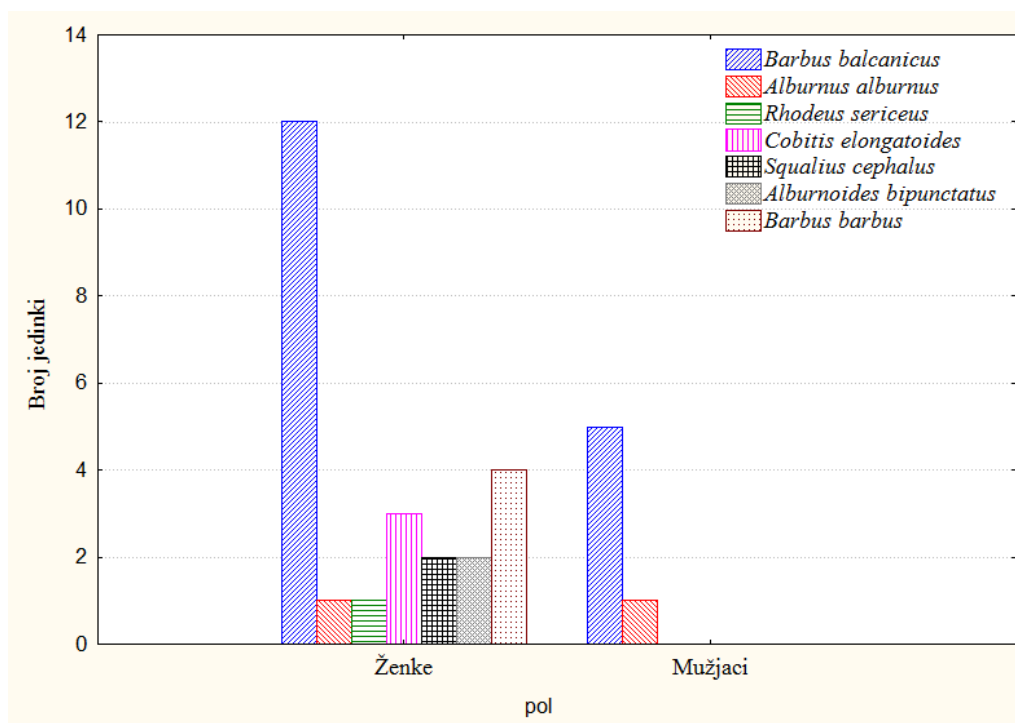
Grafik 6.4.11. Učestalost ishrane juvenilnih jedinki ribarice po mjesecima

Na grafiku 6.4.11. uočava se da juvenilne ženke imaju najveću učestalost hranjenja tokom jula, dok je najmanja učestalost hranjenja juvenilnih ženki zabilježena tokom juna mjeseca. Sa druge strane, juvenilni mužjaci imaju najveću učestalost hranjenja tokom septembra, a najmanju učestalost hranjenja, takođe, tokom juna mjeseca. Razlike u učestalosti hranjenja juvenilnih jedinki, između polova, nisu statistički značajne niti za jedan od analiziranih mjeseci ($p > 0,05$).

Identifikacija plijena je bila moguća za 31 stavku konzumiranog plijena, dok je preostali plijen bio suviše svaren za identifikaciju. Na istraživanom području rijeke Vrbanje plijen su činile sljedeće vrste riba: *Barbus balcanicus*, *Barbus barbus*, *Alburnus alburnus*, *Alburnoides bipunctatus*, *Squalius cephalus*, *Rhodeus sericeus* i *Cobitis elongatoides*. Potočna mrena (*Barbus balcanicus*) je bila najčešći plijen i činila je 54,8% identifikovanog plijena. Potom slijedi *Barbus barbus* sa 12,9%, *Cobitis elongatoides* sa 9,7%, *Alburnus alburnus*, *Alburnoides bipunctatus* i *Squalius cephalus* sa po 6,5%, dok je *Rhodeus sericeus* predstavljao 3,2% identifikovanog plijena.

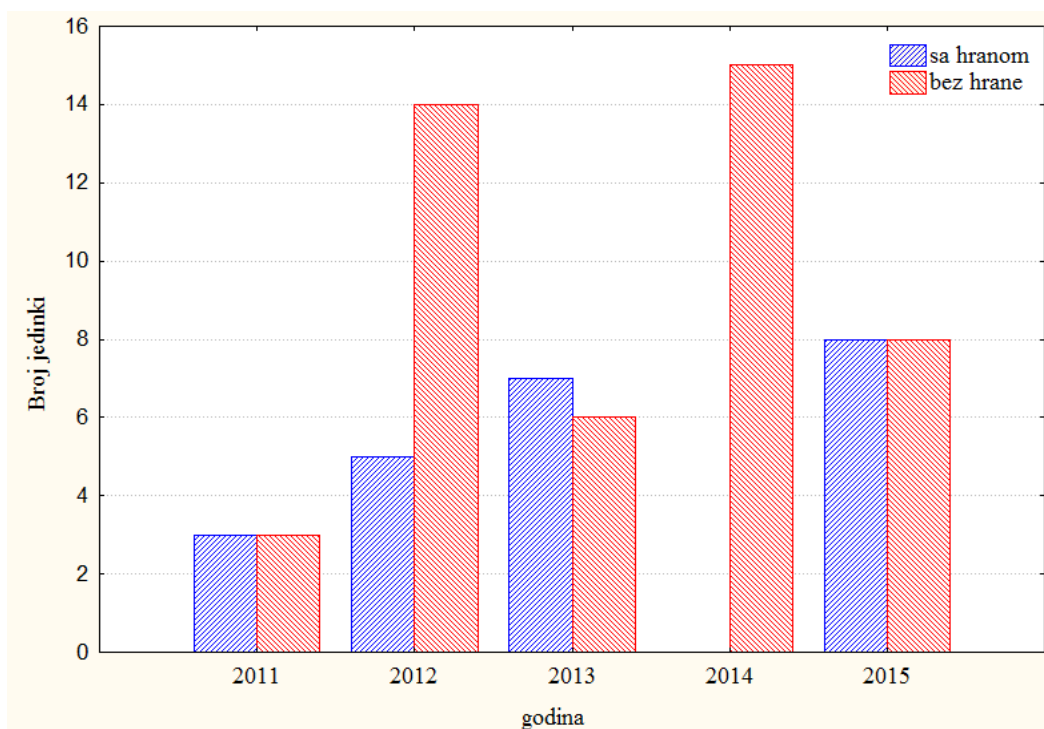
Nije utvrđeno postojanje statistički značajnih razlika u tipu konzumiranog plijena između analiziranih godina (tablica kontigencije: $\chi^2=9,43$; $df=15$; $p=0,854$) i u svim analiziranim godinama dominantan plijen je predstavljala potočna mrena (*Barbus balcanicus*). Iako nisu utvrđene statistički značajne razlike u tipu konzumiranog plijena

između polova (tablica kontigencije: $\chi^2=5,18$; $df=6$; $p=0,520$), kao ni postojanje statistički značajnih razlika u ishrani između polova za bilo koju vrstu konzumiranog plijena ponaosob ($p>0,05$), analiza ishrane ukazuje da ženke u odnosu na mužjake, koriste dosta raznovrsniji plijen (Grafik 6.4.12).



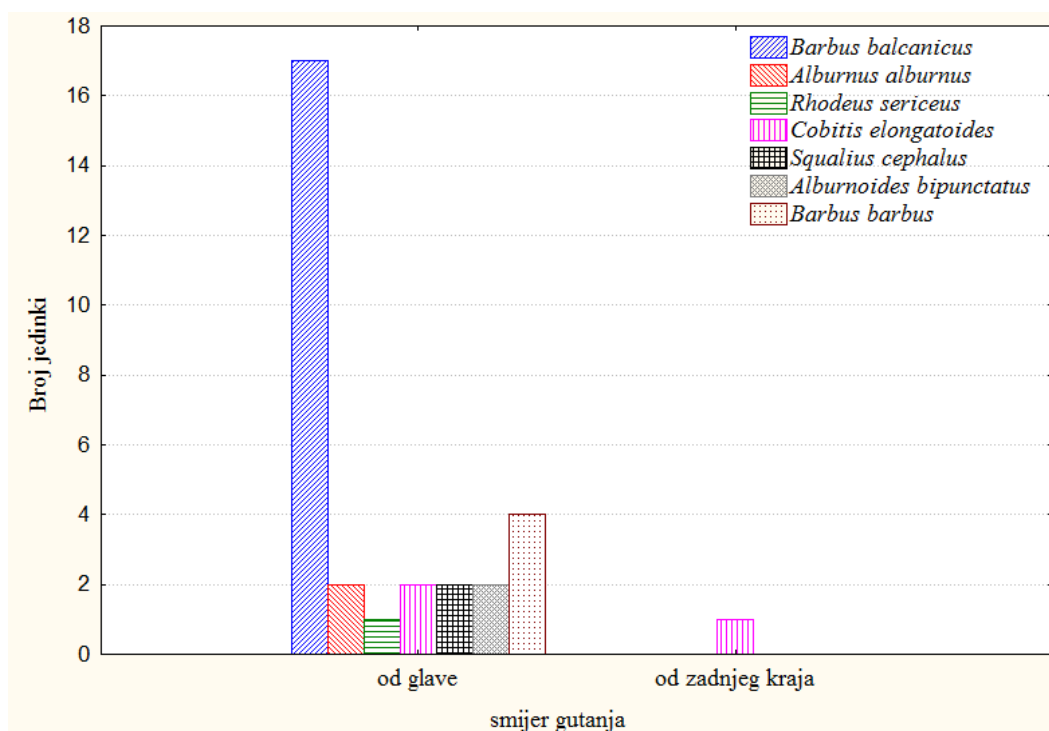
Grafik 6.4.12. Tip plijena u ishrani ribarice (*Natrix tessellata*) u odnosu na pol

Međutim, za gravidne ženke ribarice, utvrđene su statistički značajne razlike u učestalosti hranjenja tokom gestacionog perioda između pet analiziranih godina (tablica kontigencije: $\chi^2=13,1$; $df=4$; $p=0,011$). Naime, tokom 2014. godine nije zabilježeno prisustvo hrane u digestivnom traktu gravidnih ženki, dok je učestalost hranjenja gravidnih ženki tokom 2012. godine bila 35%, a za ostale tri istraživane godine (2011., 2013. i 2015. godine) učestalost hranjenja gravidnih ženki je iznosila 50% i više (Grafik 6.4.13).



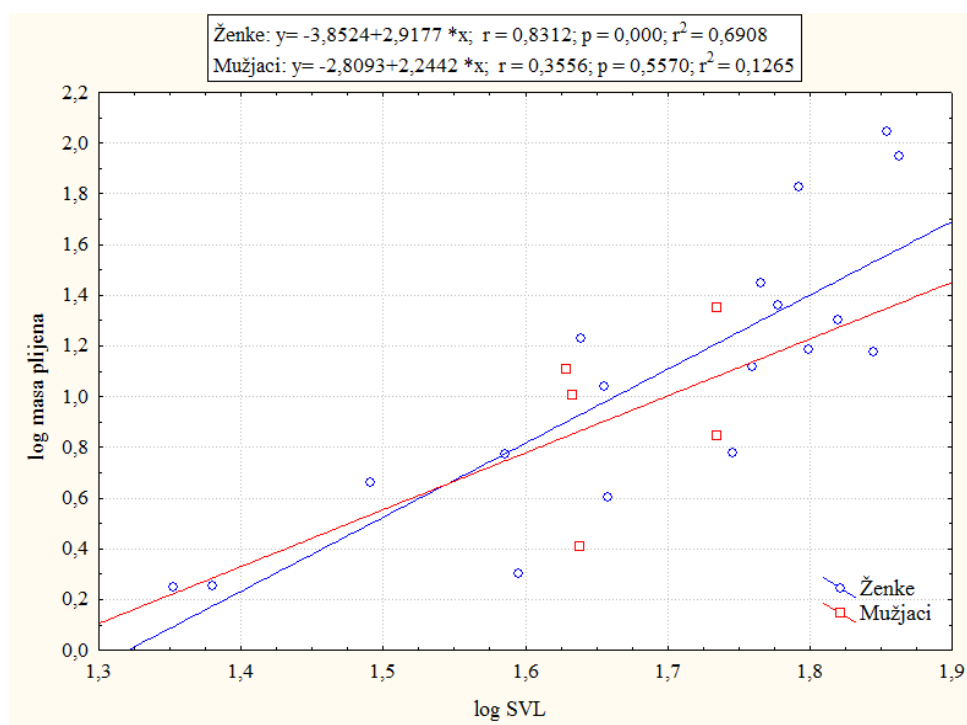
Grafik 6.4.13. Učestalost ishrane gravidnih ženki ribarice po godinama

Analizom smjera gutanja plijena utvrđeno je da ribarica plijen uglavnom guta od prednjeg kraja tijela (96,8%), dok je samo jedna jedinka vrste *Cobitis elongatoides* progutana od zadnjeg kraja tijela (Grafik 6.4.14).



Grafik 6.4.14. Smjer gutanja plijena kod ribarice

Za ženke ribarice postoji jaka linearna povezanost između standardne dužine tijela zmije i mase progutanog plijena ($r=0,83$; $p=0,000$), dok je za mužjake zapažena slaba povezanost između standardne dužine tijela i mase progutanog plijena ($r=0,36$; $p=0,557$) (Grafik 6.4.15).



Grafik 6.4.15. Odnos dužine tijela ribarice i mase konzumiranog plijena

Tokom terenskog rada, uočeno je da ribarica u ishrani primjenjuje dvije različite strategije ishrane („sjedi i čekaj“ i „aktivni tragač“). U više navrata posmatrano je kako jedinke, obmotane zadnjim dijelom tijela i skrivene ispod kamena, naglo izbacuju prednji dio tijela prema ribama koje prilaze u jatima i pokušavaju da ih uhvate. S druge strane, takođe u više navrata, zabilježeno je kako se jedinke ribarice kreću po dnu, uz kamenje, palacajući jezikom, vjerovatno tragajući za ribama dna.

6.5. Faktori ugrožavanja

6.5.1. Faktori ugrožavanja bjelouške na Bardači

Na području močvarno-barskog ekosistema Bardača, kao glavni faktor ugrožavanja populacije bjelouške, izdvaja se uništavanje i degradacija staništa. Naime, tokom 2012. godine na području Bardače je isušeno osam jezera (od 11 postojećih) što je u značajnoj mjeri fragmentisalo i smanjilo raspoloživo stanište, ali i količinu dostupnog plijena populaciji bjelouške. Takođe, svake godine na području Bardače se vrši krčenje, čišćenje mehanizacijom i paljenje vegetacije oko rubnih zona jezera i kanala, što ima za posljedicu uništavanje skloništa koje služi kao zaštita od predatora, ali i direktnu smrtnost, ozljeđivanje i spaljivanje određenog broja jedinki bjelouške sa jedne strane, ali i uništavanje i smanjenje dostupnosti plijena sa druge strane.

Takođe, kao bitan faktor ugrožavanja populacije bjelouške na Bardači predstavlja direktno ubijanje jedinki, uništavanje pogodnih mjesta za polaganje jaja, kao i uništavanja zajedničkih gnijezda od strane lokalnog stanovništva i radnika zaposlenih na ribnjaku. Naime, tokom istraživanog perioda, na području močvarno-barskog ekosistema Bardača je pronađeno 11 jedinki bjelouške ($\approx 5\%$ uhvaćenih jedinki) direktno ubijenih od strane lokalnog stanovništva. Bitno je napomenuti da je od ovih 11 ubijenih jedinki njih devet bilo adultnih ženki (kod jedne svježe ubijene adultne ženke je disekcijom utvrđeno prisustvo 28 rastućih folikula), a budući da je utvrđena anualna reprodukcija, za očekivati je da su i ostale ženke bile gravidne. Takođe, u dva navrata su pronađena uništena zajednička gnijezda (≈ 100 jaja), takođe od strane lokalnog stanovništva. Prethodno navedeno ukazuje na gubitak velikog broja jaja, kako kroz direktnu smrtnost adultnih ženki, tako i kroz uništavanje zajedničkih gnijezda.

Takođe, ishrana američkim somićem (*Ameiurus nebulosus*), ali i drugim introdukovanim vrstama riba koje imaju ošte bodlje u osnovi peraja (npr. sunčanica – *Lepomis gibbosus*), predstavlja potencijalni faktor ugrožavanja populacije bjelouške na Bardači. Naime, tokom 2012. godine pronađena je jedna mrtva jedinka sa somićem zaglavljanim u ustima, ali i veliki broj drugih jedinki sa ozljedama na različitim dijelovima tijela, nastalim od strane oštih bodlji u osnovi grudnih i leđnog peraja.

6.5.2. Faktori ugrožavanja ribarice na Vrbanji

Ribaricu na rijeci Vrbanji, kao i bjeloušku na Bardači, prije svega ugrožava gubitak i degradacija pogodnih staništa (betoniranje korita rijeke, krčenje i paljenje vegetacije uz obalu rijeke, izgradnja brojnih turističkih objekata i izletišta uz obalu rijeke i sl.), zagađenje vode čvrstim otpadom, raznim hemijskim materijama, ali i direktnim ispuštanjem kanalizacije u korito rijeke.

Takođe, značajan faktor ugrožavanja predstavlja i direktno ubijanje od strane lokalnog stanovništva, ribolovaca, ali i kupaca tokom ljetnih mjeseci. Tom prilikom najčešće stradaju gravidne ženke. Naime, tokom istraživanog perioda, na analiziranom dijelu toka rijeke Vrbanje, pronađena je 21 jedinka ribarice ($\approx 5\%$ uhvaćenih jedinki) direktno ubijena od strane čovjeka, od čega 17 ženki (15 adultnih) i 4 mužjaka (2 adultna), pri čemu adultne ženke značajno češće stradaju u odnosu na adultne mužjake ($\chi^2=4,80$; $p=0,028$). Budući da je dokazana anualna reprodukcija ribarice na Vrbanji, mortalitet adultnih ženki podrazumjeva i gubitak velikog broja jaja, koja bi one produkovala tekuće, a potencijalno i narednih godina.

7. DISKUSIJA

7.1. Morfološka varijabilnost i polni dimorfizam

Rezultati deskriptivne statistike i analize varijanse (ANOVA) između polova ukazuju da su kod obje vrste obuhvaćene ovim istraživanjem isti analizirani karakteri polno dimorfni, kao i da ženke imaju statistički značajno veće vrijednosti svih analiziranih morfometrijskih karakterata. Takođe, analiza glavnih komponenti (PCA) je pokazala da ženke obje analizirane vrste pokazuju veću varijabilnost mjera „veličine“ tijela u odnosu na mužjake iste vrste. Ovo je u saglasnosti sa rezultatima koje daje Shine (1978, 1994), a prema kojima ženke većine vrsta zmija kod kojih nisu prisutne borbe između mužjaka dostižu veće dimenzije tijela nego mužjaci. Takođe, Capula i Luiselli (1997) navode da su kod sve tri vrste roda *Natrix* (*N. natrix*, *N. tessellata* i *N. maura*) ženke veće od mužjaka. Prema Shine (1978) prirodna selekcija favorizuje veće tjelesne dimenzije ženki, pošto je fekunditet kod zmija direktno korelisan sa veličinom tijela (tj. veće zmije proizvode više i/ili veće potomstvo). S obzirom da je u uzorcima iz populacija obje istraživane vrste uočena pozitivna korelacija između veličine tijela i broja proizvedenih jaja, polni dimorfizam u analiziranim morfometrijskim karakteristikama je vjerovatno jednim dijelom rezultat dejstva selekcije vezane za fekunditet. Međutim, budući da je u drugim istraživanjima bjelouške i ribarice zapaženo da veće ženke privlače veći broj mužjaka (Luiselli, 1996; Luiselli i Rugiero, 2005), a što autori dovode u vezu sa većom proizvodnjom seksualnih feromona od strane krupnijih ženki, ukazuje da veće tjelesne dimenzije ženki mogu biti i rezultat (inter)seksualne selekcije. S druge strane, manje tjelesne dimenzije mužjaka mogu biti selektivno favorizovane usljed smanjenja „troškova“ lokomocije (Shine, 1978; Shine, 1986; Rivas i Burghardt, 2001). Rezultati do kojih su došli Luiselli i Rugiero (2005) ukazuju da manji mužjaci ribarice imaju veću vjerovatnoću parenja, dok je za mužjake bjelouške uočen suprotan trend, tj. veću vjerovatnoću parenja imaju veći mužjaci (Madsen i Shine, 1993b; Luiselli, 1996). Prednost mužjaka većih tjelesnih dimenzija je dokazana i kod drugih zmija porodice Natricinae koje formiraju „klupka“ prilikom parenja, kao što su *Thamnophis sirtalis parietalis* (Shine i sar., 2000) i *Nerodia sipedon* (Brown i Weatherhead, 1999b). Rivas i Burghardt (2001) smatraju da preveliko tijelo zapravo može biti nedostatak kod zmija koje formiraju agregacije prilikom parenja u kojima učestvuje veći broj mužjaka, i da manja veličina tijela mužjaka može predstavljati znak za raspoznavanje pola. Ovo može dovesti do razvoja optimalne lokalne veličine, gdje su mužjaci

dovoljno veliki da pobijede u borbi sa drugim mužjacima, ali ipak dovoljno mali da ne budu zamjenjeni za ženku u „klupku“ koje se formira tokom parenja (Rivas i Burghardt, 2001). Pošto je za obje analizirane vrste zapaženo formiranje agregacija tokom parenja (Madsen i Shine, 1993b; Luiselli i Zimmerman, 1997) prethodno navedeno bi moglo imati uticaj na zapažene razlike u veličini tijela između polova. Takođe, mogući razlog manje veličine tijela mužjaka može biti njihov sporiji rast već od rođenja (Brown i Weatherhead, 1999a), što potvrđuju rezultati analize rasta ribarice na Vrbanji do kojih se došlo u ovom radu, ali i posljedica ranijeg dostizanja polne zrelosti mužjaka u odnosu na ženke (Madsen, 1983; Luiselli i Rugiero, 2005).

Iako su apsolutne vrijednosti svih analiziranih osobina veće kod ženki, relativna dužina repa (tj. dužina repa u odnosu na totalnu dužinu tijela) je ipak veća kod mužjaka. Relativna dužina repa mužjaka bjelouške na Bardači iznosi 22,3% totalne dužine tijela, a ženki 19,4% totalne dužine tijela, dok relativna dužina repa mužjaka ribarice na Vrbanji iznosi 22,5% totalne dužine, a ženki 20,4% totalne dužine. S druge strane, relativna vrijednost standardne dužine tijela kod ženki bjelouške je veća nego kod mužjaka (81,0% : 77,4% totalne dužine), kao i srednja vrijednost standardne dužine ženki ribarice u odnosu na mužjake (80,2% : 77,8% totalne dužine). Veća relativna dužina repa mužjaka kod obje analizirane vrste je vjerovatno u direktnoj vezi sa reproduktivnom anatomijom mužjaka, odnosno potrebom za dodatnim prostorom u bazi repa za smještaj kopulatornih organa (hemipenisa) i povezane muskulature (King, 1989; Shine i sar., 1999; Borczyk, 2007), a relativno kraći rep ženki najvjerovatnije je rezultat selekcije za veću tjelesnu duplju (King, 1989) tj. usljed dejstva selekcije vezane za fekunditet (Shine, 1978; 1993; 1994; Cox i sar., 2007). Budući da je utvrđeno da je SVL gravidnih ženki, kod obje istraživane vrste, u pozitivnoj korelaciji sa brojem jaja utvrđenih palpacijom, rezultati podržavaju hipotezu da je pravac polnog dimorfizma jednim dijelom određen selekcijom vezanom za fekunditet. Ovakav tip polnog dimorfizma u relativnoj dužini repa i relativnoj standardnoj dužini tijela je u saglasnosti sa rezultatima drugih istraživanja polnog dimorfizma kod vrsta roda *Natrix* (Hailey i Davies, 1987a; Feriche i sar., 1993; Borczyk, 2007; Mebert, 2011b).

Rezultati analize kovarijanse (ANCOVA) su pokazali da polni dimorfizam kod adultnih jedinki obje analizirane vrste, postoji za dužinu repa (TL) i dužinu vilice (J). Ženke analiziranih vrsta imaju veće apsolutne, ali i relativne vrijednosti dužine vilice u odnosu na mužjake. Ovo je u saglasnosti sa rezultatima koje daje Shine (1991a), a koji ukazuju da su kod većine analiziranih vrsta zmija za koje je utvrđen polni dimorfizam u veličini glave,

ženke pol koji ima veću glavu i duže vilice. Polni dimorfizam u trofičkim strukturama se često koristi kao podrška hipotezi „ekološke divergencije“ između polova (Shine, 1989; 1991a). Pošto su zmijske zijeve ograničeni predatori, razlike između polova u veličini glave mogu dovesti do smanjenja interseksualne kompeticije za hranu (Houston i Shine, 1993; Shetty i Shine, 2002). Rezultati istraživanja ukazuju da ženke obje analizirane vrste konzumiraju krupnije stavke plijena, ali i raznovrsniji tip plijena u odnosu na mužjake, što podržava prethodno navedenu hipotezu. Takođe, pošto ženke zmija ulažu proporcionalno više u reprodukciju (Capula i sar., 2011), veća dužina vilica kod ženki može se objasniti i hipotezom „reproduktivne uloge“. Duže vilice omogućavaju ženkama konzumiranje krupnijeg plijena (Shine, 1991a) što obezbjeđuje ženkama povećan unos energije koju one vjerovatno usmjeravaju na reprodukciju. S druge strane, manja veličina glave (dužina vilica) mužjaka može biti uzrokovana inhibicijom rasta glave polnim hormonima. Naime, Shine i Crews (1988) su eksperimentalno dokazali da muška novorođenčad vrste *Thamnophis sirtalis parietalis* kastrirana neposredno nakon rođenja razvija veličinu glave sličnu ženskoj novorođenčadi iz istog legla, dok kastrirani mužjaci sa interperitonealnim androgenim implantatima razvijaju veličinu glave tipičnu za mužjake.

Indeks polnog dimorfizma utvrđen za bjeloušku na Bardači (0,36) je sličan onom utvrđenom za bjeloušku u Poljskoj (0,31; Borezyk, 2007), ali ima veću vrijednost od indeksa polnog dimorfizma utvrđenog za bjeloušku u Španiji (0,22; Feriche, i sar., 1993), i bjeloušku u Italiji (0,23; Filippi i sar., 1996). S druge strane indeks polnog dimorfizma utvrđen za ribaricu na Vrbanji (0,22) je niži od onog utvrđenog za Italiju ($\approx 0,30$; Filippi i sar., 1996; Luiselli i Rugiero, 2005). Prema Gibbons i Lovich (1990) stepen polnog dimorfizma može varirati među populacijama jedne vrste usljed većeg broja faktora, kao što su: uzoračka greška, obrazac rasta, predacioni pritisak, različito vrijeme dostizanja polne zrelosti, kao i odnos polova unutar populacije.

Analizom varijanse (ANOVA) utvrđen je polni dimorfizam kod obje analizirane vrste u broju ventralnih i subkaudalnih krljušti. Mužjaci obje analizirane vrste imaju u prosjeku 10 subkaudalnih krljušti više u odnosu na ženke, što se može dovesti u vezu sa zapaženom većom relativnom dužinom repa kod mužjaka. Ovakav tip polnog dimorfizma u broju subkaudalnih krljušti je tipičan za vrste roda *Natrix* i u saglasnosti je sa dosadašnjim istraživanjima (Feriche i sar., 1993; Mebert, 2011b). Iako ženke obje vrste zmija koje su obuhvaćene ovim istraživanjem imaju relativno veću vrijednost standardne dužine tijela (SVL) u odnosu na mužjake, mužjaci ribarice imaju pet ventralnih krljušti više u odnosu na

ženke, dok mušjaci bjeluške imaju tri ventralne krljušti više u odnosu na ženke. Veći broj ventralnih krljušti kod mušjaka vrsta roda *Natrix* je poznat od ranije (Feriche i sar., 1993; Mebert, 2011b). Prema rezultatima Feriche i sar. (1993) mušjaci treće vrste roda *Natrix* (*N. maura*) imaju dvije ventralne krljušti više nego ženke. Navedeno ukazuje da su vrste roda *Natrix* slično evoluirale u pogledu broja ventralnih krljušti između polova, a manji broj ventralnih krljušti kod ženki roda *Natrix* je najvjerovatnije posljedica nekih filogenetskih ograničenja (Mebert, 2011b).

Rezultati diskriminantne kanonijske analize cjelokupnog uzorka adultnih jedinki dvije analizirane vrste roda *Natrix* po polovima su pokazali da prva diskriminantna osa nosi 71,4% ukupne diskriminacije grupa. Prva diskriminantna osa je definisala one osobine koje prevashodno razlikuju međusobno vrste, a to su dužina vilice (J) i širina glave (HW), odnosno karakteri koji su u direktnoj vezi sa ishranom. Rezultati geometrijske morfometrije (Anđelković i sar., 2016) pokazuju značajne razlike u veličini i obliku lobanje između *Natrix natrix* i *Natrix tessellata*, pri čemu su autori utvrdili da bjelouška ima širu, a ribarica užu i izduženiju lobanju. Pošto su zmije zijevom ograničeni predatori i ne mogu smanjiti veličinu svog plijena, veličina i oblik glave određuje maksimalnu veličinu plijena koji mogu konzumirati (Forsman i Lindell, 1993; King, 2002). Prema tome, uočene razlike u obliku glave između dvije analizirane vrste mogu biti rezultat adaptacije na različit tip plijena kojim se hrane (Vincent i sar., 2006; Brecko i sar., 2011), ali i posljedica različitih strategija hranjenja (Herrell i sar., 2008; Hampton, 2013). Akvatičnim vrstama zmija iz podporodice Natricinae koje se hrane ribom i koriste frontalni napad za hvatanje plijena, kakva je ribarica, izdužena glava vjerovatno omogućava smanjenje hidrostatičkog otpora prilikom hvatanja plijena pod vodom (Herrell i sar., 2008). S druge strane, šira glava kod bjelouške sa Bardače je vjerovatno povezana sa njihovom ishranom prvenstveno žabama, koje su zdepastiji plijen nego ribe slične mase. Oblik glave zmija je prilagođen tjelesnim dimenzijama plijena koji zmija konzumira (Vincent i sar., 2006). Analizom muzejskih primjeraka ribarice Brecko i sar. (2011) su uočili da jedinke vrste *Natrix tessellata* u čijem želucu je pronađena riba imaju užu i izduženiju glavu nego jedinke iste vrste zmija sa žabama u želucu.

Na osnovu rezultata korespodentne analize može se konstatovati da merističke karakteristike pileusa imaju dijagnostički značaj između dvije analizirane vrste. Rezultati hi-kvadrat testa su takođe pokazali statistički značajne razlike u učestalostima pojedinih stanja za svih pet analiziranih osobina pileusa između dvije vrste roda *Natrix* (Tabela 6.1.11). Prema tome, oni se mogu koristiti kao dobri taksonomski karakteri. Dobijeni rezultati su u

saglasnosti sa podacima koji se navode prilikom diskriminacije ribarice i bjelouške od strane drugih autora (Radovanović i Martino, 1950; Radovanović, 1951; Boulenger, 2000; Arnold i Burton, 2002). Prema Radovanović-u (1951) bjeloušku karakteriše sedam supralabijalnih pločica (od kojih treća i četvrta dodiruju oko), jedna preokularna i tri postokularne pločice. S druge strane, jedinke ribarice uglavnom imaju osam supralabijalnih pločica (od kojih četvrta dodiruje oko), dvije do tri preokularne pločice, a tri do pet postokularnih pločica (Radovanović, 1951). Radovanović i Martino (1950) kao glavni taksonomski karakter za diskriminaciju između vrsta *Natrix natrix* i *Natrix tessellata* navode da kod bjelouške donju ivicu oka dodiruju treća i četvrta pločica gornje usne, a kod ribarice donju ivicu oka dodiruje četvrta i peta ili samo četvrta pločica gornje usne. Takođe, Arnold i Burton (2002) navode da bjeloušku odlikuje sedam supralabijalnih pločica od kojih treća i četvrta dodiruju oko, jedna preokularna i dvije do četiri postokularne pločice, dok sa druge strane ribaricu odlikuje osam supralabijalnih pločica od kojih samo četvrta ili četvrta i peta dodiruju oko, kao i tri do četiri (često pet ili šest) postokularnih pločica. Prema Boulenger (2000) bjeloušku odlikuje jedna (rijetko dvije) preokularna, tri (rijetko dvije ili četiri) postokularne, sedam (rijetko šest ili osam) supralabijalnih pločica, od kojih treća i četvrta (rijetko četvrta i peta) supralabijalna pločica dodiruju oko. S druge strane, ribaricu odlikuju dvije (rijetko jedna ili tri) preokularne pločice (sa ili bez malom podočnom ispod), tri postokularne (često sa jednom ili dvije subokularne ispod), osam supralabijalnih (rijetko sedam, devet ili deset) od kojih samo četvrta ili četvrta i peta najčešće dodiruju oko, što je u saglasnosti sa dobijenim rezultatima. Iako broj sublabijalnih pločica nije u dosadašnjim analizama uziman kao taksonomski karakter za diskriminaciju ribarice i bjelouške, on se takođe pokazao kao potencijalno dobar taksonomski karakter. Rezultati analize ukazuju da je kod bjelouške (*Natrix natrix*) najčešće prisutno 10 sublabijalnih pločica, dok je kod ribarice (*Natrix tessellata*) najčešće prisutno osam ili devet sublabijalnih pločica.

7.2. Populaciono-ekološke odlike

Istraživanje sprovedeno na području močvarno-barskog ekosistema Bardača pokazuje da je bjelouška (*Natrix natrix*) dominantna vrsta zmije na ovom području. Od drugih vrsta zmija tokom istraživanog perioda na Bardači je pronađena samo jedna jedinka ribarice (*Natrix tessellata*). Za razliku od ribarice na Vrbanji, bjelouška se na Bardači odlikuje niskom stopom ponovnog ulova ($\approx 8,8\%$), što je slučaj i sa većinom drugih istraživanja na zmijama (Parker i Plumer, 1987). Prema Madsen (1984) niska stopa ponovnog ulova (eng. *recapture*

rate) odražava veliki individualni areal aktivnosti (eng. *home range*) tj. veliku mobilnost adultnih jedinki bjelouške. Procjenjena brojnost adultnih jedinki bjelouške na osnovu oba korištena populaciona modela (Schumacher–Eschmeyer-ov i Jolly–Saber-ov) ima dosta ujednačenu vrijednost (≈ 210 jedinki/1km obale jezera). Budući da je površina jezera Rakitovac ≈ 80 ha, a istraživanje je vršeno duž $\approx 1/3$ obale jezera Rakitovac, gustina adultnih jedinki na istraživanom području iznosi $\approx 8,1$ jedinki/ha. Literaturni podaci o gustini populacije bjelouške su rijetki. Tako, prema Martens (1995) procjenjena brojnost adultnih bjelouški u centralnoj Njemačkoj iznosi 1,2 jedinki/ha, dok procjenjena gustina adultnih jedinki bjelouške u centralnoj Italiji iznosi ≈ 5 jedinki/ha (Rugiero i sar., 2002). Iako je procjenjena gustina adultnih bjelouški na Bardači primjetno veća od one procjenjene u Njemačkoj i Italiji, treba je uzeti sa rezervom, prije svega zbog izraženog antropogenog uticaja tokom perioda istraživanja, ali i zbog niske stope ponovnog ulova. Naime, isušivanje velikog broja jezera tokom zime 2011. godine nesumnjivo je dovelo do emigracije zmija sa isušenih jezera i njihovu imigraciju oko jezera Rakitovac koje nije isušeno. Navedenom ide u prilog primjetno povećanje procijenjenog broja adultnih jedinki tokom 2012. i 2013. godine (Tabela 6.2.2). Međutim, da bi se sa sigurnošću utvrdila stvarna gustina bjelouške na Bardači, neophodno je nastaviti monitoring populacije i povećati intenzitet uzorkovanja, kako bi se povećala stopa ponovnog ulova.

U uzrasnoj strukturi populacije bjelouške na Bardači zabilježen je značajno veći udio polno zrelih u odnosu na polno nezrele jedinke (2,8:1), iako je, s obzirom na uočenu anualnu reprodukciju i relativno visok fekunditet bjelouške, za očekivati da mlađe starosne klase budu dominantne. Veći udio polno zrelih jedinki je zabilježen i u drugim istraživanjima bjelouške (Martens, 1995; Ahmadzadeh i sar., 2011), ali i drugih vrsta zmija (Parker i Plummer, 1987). Međutim, budući da su na Bardači utvrđene statistički značajne razlike u vjerovatnoći hvatanja između polno zrelih u odnosu na polno nezrele jedinke, ovo najvjerovatnije nije realno stanje. Značajno veći udio adultnih jedinki je najvjerovatnije posljedica uzoračke greške, tj. adultne jedinke su zbog veće veličine tijela uočljivije te usljed toga češće hvatane (Luiselli i sar., 2011), dok sa druge strane jedinke manjih uzrasnih klasa, da bi izbjegle predatore, vode kriptičan način života (Houston i Shine, 1994; Gregory i Isaac, 2005; Webb i Whiting, 2005; Ajtić i sar., 2013). Ipak, da bi se potvrdile ove pretpostavke neophodno je nastaviti istraživanja u budućnosti.

Najzastupljenija dužinska klasa mužjaka bjelouške na Bardači (47–57 cm SVL) je slična najzastupljenijoj dužinskoj klasi mužjaka ove vrste zmija u sjevernoj Italiji (46–60 cm

SVL; Gentilli i Zuffi, 1995) ali je primijetno manja od najzastupljenije dužinske klase mužjaka u centralnoj Njemačkoj (60–70 cm SVL; Martens, 1995) i centralnoj Italiji (65–75 cm SVL; Filipi i sar., 1996), dok je veća od najzastupljenije dužinske klase mužjaka u Iranu (40–45 cm SVL; Ahmadzadeh i sar., 2011) i Mađarskoj (40–50 cm SVL; Zoltán i Korsós, 2001). Takođe, najzastupljenija dužinska klasa ženki na Bardači (67–77 cm) je slična najzastupljenijoj dužinskoj klasi ženki u sjevernoj Italiji (61–75 cm SVL; Gentilli i Zuffi, 1995), ali je manja od najzastupljenije dužinske klase adultnih ženki u centralnoj Njemačkoj (80–90 cm SVL ; Martens, 1995) i centralnoj Italiji (78–98 cm SVL Filipi i sar., 1996), dok je veća od najzastupljenije dužinske klase u Mađarskoj (50–60 cm SVL; Zoltán i Korsós, 2001). Zapažene geografske varijacije u veličini tijela su najvjerojatnije rezultat različitih lokalnih uticaja faktora životne sredine, klime, dostupnosti hrane (Madsen i Shine, 1993a; Bronikowski Arnold, 1999), različitih stopa preživljavanja (King, 1989) ili razlika u vremenu dostizanja polne zrelosti između populacija (Bronikowski i Arnold, 1999).

Na osnovu analize distribucije dužinskih klasa obje istraživane vrste, može se uočiti da su mužjaci zastupljeniji u manjim dužinskim klasama, dok su ženke zastupljenije i dominiraju u većim dužinskim klasama. Ovo je u saglasnosti sa istraživanjima Živkov i sar. (2009) na kornjačama. Budući da se rast zmija usporava sa dostizanjem polne zrelosti, a mužjaci dostižu polnu zrelost pri manjim veličinama tijela nego ženke (Madsen, 1983; Luiselli i Rugiero, 2005), za očekivati je da mužjaci budu zastupljeniji u manjim dužinskim klasama, dok je dominacija ženki u većim dužinskim klasama rezultat njihovih bržih stopa rasta i kasnijeg dostizanja polne zrelosti u odnosu na mužjake (Živkov i sar., 2009). Takođe, s obzirom na činjenicu da stopa rasta opada nakon dostizanja polne zrelosti kod oba pola, za očekivati je da najbrojnija dužinska klasa unutar populacije bude neposredno nakon dostizanja polne zrelosti. Na osnovu ove pretpostavke testirana je mogućnost procjene distribucije dužinskih klasa (opsega 5 cm) kao pokazatelja dostizanja polne zrelosti za oba pola u populaciji. Najzastupljenija dužinska klasa ženki bjelouške u uzorku populacije sa Bardače (67–72 cm SVL) odgovara jednoj godini nakon dostizanja polne zrelosti koja je utvrđena na terenu za ženke (na terenu je utvrđeno da ženke bjelouške dostižu polnu zrelost pri SVL iznad 62,6 cm), što odgovara dužinskoj klasi između 62–67 cm SVL, tj. dužinskoj klasi neposredno ispred najzastupljenije dužinske klase ženki u uzorku populacije bjelouške na Bardači. S druge strane, najzastupljenija dužinska klasa mužjaka (52–57 cm SVL) takođe, kao i za ženke, odgovara jednoj godini nakon dostizanja polne zrelosti koja je utvrđena na terenu za mužjake (na terenu je najmanji mužjak bjelouške pronađen u kopulaciji imao

vrijednost SVL od 48,5 cm), što odgovara dužinskoj klasi između 47–52 cm SVL, tj. dužinskoj klasi neposredno ispred najzastupljenije dužinske klase mužjaka u uzorku populacije bjelouške na Bardači. Prema tome, kod mužjaka kao i kod ženki bjelouške, procjena dužine pri dostizanju polne zrelosti na osnovu distribucije dužinskih klasa se podudara sa podacima o dostizanju polne zrelosti dobijenim na terenu. Takođe, ovo je u saglasnosti sa teorijski očekivanom veličinom pri dostizanju polne zrelosti (Shine i Charnov, 1992), koja se za ženke bjelouške na Bardači kreće u intervalu 60–75 cm SVL, a za mužjake u intervalu 38–48 cm SVL.

Istraživanje sprovedeno na području donjeg toka rijeke Vrbanje pokazuje da je ribarica (*Natrix tessellata*) dominantna vrsta zmija. Stopa ponovnog ulova u populaciji ribarice sa donjeg toka rijeke Vrbanje je oko 30%, za razliku od rezultata većine istraživanja, gdje je ta stopa manja od 20% (Parker i Plumer, 1987). Ova stopa je još veća, ukoliko se u obzir uzmu samo adultne jedinke ribarice (36,2%). Veća stopa ponovnog ulova adultnih jedinki je uočena i od strane Luiselli i sar. (2011), a prema njima može biti posljedica nekoliko faktora: niže stope disperzije većih (starijih) jedinki u odnosu na manje (mlađe) jedinke, lakše uočljivosti većih jedinki na terenu, kao i pozitivnog odnosa između veličine tijela i preživljavanja. Visoka stopa ponovnog ulova omogućava relativno tačnu procjenu veličine populacije (Chim i Diong, 2013). Budući da su ovim istraživanjem utvrđene statistički značajne razlike u vjerovatnoći hvatanja adultnih u odnosu na polno nezrele zmije, za očekivati je da procjena brojnosti zmija bude pouzdanija ukoliko se vrši samo za adultne jedinke. Procjenjena brojnost adultnih jedinki ribarice, na osnovu zatvorenog populacionog modela (Schumacher–Eschmeyer-ovog), iznosi 212 adultnih jedinki na 1400 m toka rijeke Vrbanje. Budući da je širina riječnog korita u prosjeku 50 m, površina istraživanog područja iznosi ≈ 7 ha. Prema tome, gustina adultnih jedinki na istraživanom lokalitetu iznosi ≈ 30 adultnih jedinki/ha. Sa druge strane, broj adultnih jedinki procenjen na osnovu otvorenog (Jolly–Saber-ovog) populacionog modela je veći, i iznosi 335 adultnih jedinki na 1400 m riječnog toka, odnosno ≈ 48 adultnih jedinki/ha. Budući da je na istraživanom dijelu toka rijeke Vrbanje već markirano 196 adultnih jedinki, vjerovatno je procenjeni broj adultnih jedinki na osnovu otvorenog (Jolly–Saber-ovog) modela realniji. Ukoliko se izvrši komparacija procenjene brojnosti kroz četiri analizirane godine, uočava se smanjenje brojnosti adultnih jedinki tokom 2014. godine. Ovo se može dovesti u vezu sa majskim poplavama, pri čemu je jaka vodena struja vjerovatno uklonila određen broj zmija iz oblasti istraživanja, budući da je jačina vodene struje bila tolika da je nosila mostove. U prilog

tvrdnji da su poplave odnijele jedan dio jedinki sa istraživanog lokaliteta ide i činjenica da se broj ponovo uhvaćenih jedinki povećavao od 2011. godine (10,4%), kroz 2012. godinu (26,2%) i 2013. godinu (32,1%), dok se tokom 2014. godine uočava vidno smanjenje broja ponovno uhvaćenih jedinki (25,6%).

Procjenu brojnosti adultnih jedinki ribarice na osnovu dugogodišnjeg populacionog istraživanja u Italiji daju Luiselli i sar. (2011), i ona iznosi u prosjeku 86 adultnih jedinki na 2 km riječnog toka. Takođe, Gruschwitz (1986), duž 2 km rijeke Lahn, procjenjuje gustinu populacije između 100 i 150 jedinki (svih uzrasnih klasa). Dosta veću brojnost jedinki ribarice navodi Velenský i sar. (2011), za populaciju u Češkoj, koja je procijenjena na 180 jedinki/ha, ali autori navode da procjenjenu brojnost treba uzeti sa rezervom zbog malog broja ponovo uhvaćenih jedinki. Velika gustina populacije ukazuje na prisustvo pogodnih mikrostaništa i velike količine plijena, ali i manju gustinu populacija predatora (Chim i Diong, 2013). Analizom preferencije staništa vodene zmije (*Nerodia sipedon*) zapaženo je da zmije ove vrste preferiraju urbana staništa, a veća gustina u urbanim staništima se obično pripisuje povećanoj količini hrane ili odsustvu predatora (Pattishal i Cundal, 2008; 2009). Takođe, pojedina istraživanja ukazuju da neke antropogene infrastrukture pružaju pogodna staništa za ribaricu i da u nekim slučajevima čak i povećavaju pogodnost staništa (Conelli i sar., 2011; Kammel i Mebert, 2011; Žagar i sar., 2011). Prethodna istraživanja su pokazala postojanje neravnomjerne distribucije ribarice unutar istraživanog lokaliteta, kao i postojanje dijelova toka sa visokom i dijelova toka sa niskom gustinom (Velenský i sar., 2011; Šukalo, 2012). Istraživanje obuhvaćeno ovim radom je velikim dijelom obuhvatilo donji tok rijeke Vrbanje u kojem dominiraju zone sa antropogenim uticajem, ali i zone sa pogodnom vegetacijom, odnosno zone na kojima je u prethodnom istraživanju primjećena veća brojnost zmija (Šukalo, 2012). U zonama sa antropogenim uticajem, na mjestima gdje se izliva kanalizacija, zabilježeno je veće prisustvo potočne mrene (*Barbus balcanicus*) koja je dominantan plijen ribarici na ovom lokalitetu (Šukalo, 2012), ali je takođe zapažen manji broj čaplji (Ardeidae) i drugih ptica, potencijalnih predatora. Takođe, duž istraživanog dijela toka rijeke Vrbanje su brojne i zone sa pogodnom vegetacijom koja joj obezbjeđuje mjesta pogodna za sunčanje na granama drveća, ali istovremeno i bolju vizuelnu zaštitu od potencijalnih predatora ili kamufliranje pri lovu plijena. Ispod vegetacije prisutna je dublja voda u koju vješto silazi sa grana drveća i zaranja kada je uznemirena (lično zapažanje), a u kojoj vjerovatno pronalazi i lovi krupniju ribu (Velenský i sar., 2011).

Analizom areala aktivnosti uočava se da su jedinke ribarice dosta vjerne staništu. Srednja vrijednost dužine areala aktivnosti (≈ 190 m) zabilježena u ovom istraživanju slična je kod oba pola. Takođe, maksimalno pređeno rastojanje se ne razlikuje između mužjaka i ženki (≈ 600 m). U drugim istraživanjima, ali primjenom metode telemetrije takođe je dokazano da ribarica pokazuje „vezanost“ za stanište, i da se zadržava unutar nekoliko stotina metara dužine riječne obale – najčešće unutar 500 m (Conelli i sar., 2011; Neumann i Mebert, 2011). Maksimalno zabilježeno pređeno rastojanje između godina za jedinke iz populacije ribarice u Italiji iznosi 1195 m za ženke, a 1325 m za mužjake (Luiselli i sar., 2011). Ove vrijednosti su oko dva puta veće u odnosu na maksimalno zabilježeno pređeno rastojanje na rijeci Vrbanji. Relativno mali areal aktivnosti, zabilježen kod oba pola, je vjerovatno uslovljen prisustvom pogodnih mikrostaništa, kao i dovoljne količine hrane, što je dokazano i u drugim istraživanjima zmija (Chim i Diong, 2013). Takođe, dokazano je da zmije koje naseljavaju urbana staništa pokazuju značajno veću „vjernost“ staništu, nego zmije pronađene u prirodnim staništima (Pattishal i Cundal, 2008). Prema Bonnet i sar. (1999) manja pokretljivost zmija u antropogenom staništu može voditi smanjenju mortaliteta. Obimnija kretanja mužjaka su generalno zabilježena kod zmija tokom proljeća kada aktivno tragaju za ženkama, dok sa druge strane, za ženke je zabilježeno da ponekad prelaze velika rastojanja tragajući za mjestom gdje će položiti jaja (Madsen, 1984). Činjenica da je ovo istraživanje sprovedeno na dijelu toka rijeke Vrbaje sa izraženim antropogenim uticajem, vjerovatno objašnjava zapaženu „vjernost“ staništu uočenu za oba pola, a procjenjena gustina je, vjerovatno, jednim dijelom posljedica uzoračke greške i ona ne odražava realnu gustinu duž cijelog donjeg toka rijeke Vrbanje.

Odnos polova u populaciji ribarice sa donjeg toka rijeke Vrbanje je značajno pomjeren u korist ženki. Ovakav odnos polova je uočen i u drugim istraživanjima ribarice (Gruschwitz, 1986; Kärverno i sar., 2011; Velenský i sar., 2011; Ajtić i sar., 2013), ali i drugih vrsta zmija podporodice Natricinae (Parker i Plumer, 1987; Gibbons i Dorcas, 2004). Neujednačen odnos polova može biti posljedica pristrasnog uzorkovanja (Kärverno i sar., 2011), ali i nekoliko bioloških faktora, kao što su: neujednačen odnos polova po izlijevanju, diferencijalni mortalitet između polova, diferencijalna imigracija i emigracija jedinki različitog pola, razlike u aktivnosti između jedinki različitog pola, razlika u godinama dostizanja polne zrelosti, ali i različite dužine života između jedinki različitog pola (Parker i Plumer, 1987; Gibbons, 1990; Luiselli i sar., 2011). Neujednačen odnos polova na rođenju je rijetka pojava kod zmija (Shine i Bull, 1977), a za sve do sada ispitivane vrste zmija je

dokazano genetičko određenje pola, tj. kod zmija nije utvrđeno određivanje pola uslovljeno razlikama u temperaturi inkubacije (Viets i sar., 1994). Kod juvenilnih jedinki ribarice utvrđen je ujednačen odnos polova, što je u skladu sa većinom dosadašnjih istraživanja primarnog odnosa polova na populacionom nivou (Shine i Bull, 1977; Pilgrim i sar., 2011). Takođe, budući da je za oba pola u istraživanoj populaciji uočen ujednačen areal aktivnosti, odbacuje se i hipoteza žensko pristrasnog odnosa polova usljed različitog obrasca emigracije i imigracije. Diferencijalni mortalitet između polova je takođe često navođen kao uzrok neujednačenog odnosa polova kod gmizavaca, budući da je pol sa manjom veličinom tijela podložniji predaciji (Gibbons, 1990). Žensko pristrasan odnos polova, zapažen na rijeci Vrbanji ne podržava hipotezu diferencijalnog mortaliteta kao uzroka većeg broja adultnih ženki, budući da su adultne ženke pronađene mrtve u značajno većem broju nego adultni mužjaci ($\chi^2=4,80$; $p=0,028$). Međutim, prikupljeni podaci o mortalitetu se odnose na smrtnost jedinki ove vrste zmija izazvanom od strane čovjeka i nisu dovoljni da bi se sa sigurnošću moglo tvrditi da je diferencijalni mortalitet uzrok neujednačenog odnosa polova. U tom smislu su neophodna detaljna istraživanja stopa mortaliteta između različitih polova unutar populacije ribarice na ovom lokalitetu u budućnosti.

Uzrokom pristrasnog odnosa polova u adultnom stadijumu kod mnogih gmizavaca se često smatraju polne razlike u godinama dostizanja polne zrelosti. Prema ovoj hipotezi, pol koji dostiže polnu zrelost ranije će biti brojčano dominantan (Hailey i Davis, 1987a; Gibbons, 1990; Luiselli i sar., 2011). Budući da tokom terenskog istraživanja na rijeci Vrbanji nije posmatrano parenje ribarice, izostaju podaci o dužini (starosti) pri kojoj mužjaci dostižu polnu zrelost, dok je za ženke utvrđeno da polnu zrelost dostižu u četvrtoj godini života. Međutim, činjenica je da je u prethodnim istraživanjima ribarice utvrđeno da mužjaci dostižu polnu zrelost ranije nego ženke (Luiselli i Rugiero, 2005), tj. utvrđeno je da mužjaci dostižu polnu zrelost u trećoj godini života, a ženke u četvrtoj. Navedeno je u saglasnosti sa rezultatima do kojih se došlo i u ovom radu (za ženke) i ukazuje da odnos polova pomjeren u korist ženki nije posljedica polnih razlika u godinama dostizanja polne zrelosti, jer ukoliko mužjaci dostižu polnu zrelost ranije, oni bi trebali biti brojniji pol. S druge strane, uzrok pristrasnog odnosa polova takođe može biti različita dužina života jedinki različitog pola, tj. pol koji ima duži životni vijek bi trebao biti brojniji (Luiselli i sar., 2011). Naime, Luiselli i sar. (2011) su tokom 20-godišnjeg istraživanja utvrdili da je kod *Natrix tessellata* odnos polova tokom prvih 15 godina istraživanja bio muško pristrasan, da bi tokom posljednjih pet godina istraživanja bio žensko pristrasan. Muško pristrasan odnos polova tokom prvih 15

godina autori dovode u vezu sa ranijim polnim sazrijevanjem mužjaka, dok žensko pristrasan odnos polova tokom posljednjih pet godina istraživanja dovode u vezu sa dužim životnim vijekom ženki u odnosu na mužjake (18 nasuprot 13 godina), što ukazuje na nedostatak kratkoročnih, ali i neophodnost dugogodišnjih istraživanja za pravilnu procjenu odnosa polova unutar populacije (Luiselli i sar., 2011).

Mogući uzrok značajno većeg broja adultnih ženki nego mužjaka može biti njihovo dosta krupnije tijelo usljed čega se lakše uočavaju (Madsen, 1987; Luiselli i sar., 2011), kao i posljedica različitih termalnih zahtjeva (Capula i sar., 2011). Naime, gravidne ženke se učestalije sunčaju, pošto zahtjevaju specifične termalne uslove kako bi obezbijedile optimalnu temperaturu za razvoj folikula i embriona (Shine, 1980; Madsen, 1987; Madsen i Shine, 1992; 1993c). Njihovo hvatanje je tada olakšano i jer se sporije kreću. Sporije kretanje gravidnih ženki je dokazano za guštore (Shine, 1980) i zmiје (Plummer, 1997b). S druge strane, manji broj adultnih mužjaka može biti rezultat njihovog skrivenijeg načina života nakon sezone parenja (Kärvemo i sar., 2011) čime povećavaju vjerovatnoću preživljavanja (Brown i Weatherhead, 2000). Navedenom ide u prilog i činjenica da je od 21 ubijene jedinke pronađene na terenu, njih 15 (71,4%) su bile adultne ženke. Budući da su na rijeci Vrbanci utvrđene statistički značajne razlike u vjerovatnoći hvatanja između mužjaka i ženki, odnos polova pomjeren u korist ženki bi vjerovatno mogao biti rezultat lakšeg uočavanja ženki. Takođe, žensko pristrasan odnos polova uočen na rijeci Vrbanci može biti posljedica različite sezonske aktivnosti između polova (Gruschwitz i sar., 1999; Kärvemo i sar., 2011). Rezultati Kärvemo i sar. (2011) ukazuju da su mužjaci ribarice značajno češće hvatani tokom proljeća (april-maj), dok su ženke značajno češće hvatane tokom perioda vitelogeneze (juni-juli). Isti autori su utvrdili da su mužjaci tokom perioda vitelogeneze ženki bili najmalobrojniji. Ovo je u saglasnosti sa utvrđenim adultnim odnosom polova bjelouške na Bardači. Naime, na Bardači su uočene statistički značajne razlike u odnosu polova po mjesecima uzorkovanja, tj. mužjaci su češće hvatani tokom maja mjeseca (tokom maja je takođe utvrđeno parenje na terenu), dok su ženke značajno češće hvatane tokom juna-jula mjeseca (period vitelogeneze). Kompartivna analiza sezonske aktivnosti dvije analizirane vrste, ribarice na Vrbanci i bjelouške na Bardači, podržava prethodno navedeno. Naime, obje analizirane vrste imaju sličan odnos polova, koji je pomjeren u korist ženki, ukoliko se posmatraju zajednički mjeseci uzorkovanja (vidjeti rezultate: Grafik 6.2.2 i 6.2.8). Kod obje vrste dominantno učešće adultnih ženki utvrđeno je tokom juna i jula mjeseca. Ribarica je tokom ova dva mjeseca najintenzivnije tražena i hvatana, budući da je teren tokom navedenih mjeseci, u toku

svih analiziranih godina, bio najpristupačniji za istraživanje. Takođe, tokom ova dva mjeseca obje vrste zmija koje su obuhvaćene ovim istraživanjem su u periodu gestacije, pa su i ženke uočljivije i lakše uhvatljive (Madsen, 1987; Bonnet i sar., 1999). Sa druge strane, tokom maja mjeseca, kada je za bjeloušku utvrđen muško pristrasan odnos polova (vidjeti rezultate: Grafik 6.2.2), lokalitet Vrbanja je usljed visokog vodostaja bio nepristupačan za terenski rad. Prema tome, odnos polova pomjeren u korist ženki na Vrbanji velikim dijelom bi mogao biti posljedica uzoračke greške (eng. *sampling bias*). Takođe, uticaj uzoračke greške (različit intenzitet uzorkovanja tokom različitih mjeseci u godini) na zapaženi odnos polova u populaciji potvrđuju i rezultati odnosa polova tokom četiri analizirane godine za bjeloušku na Bardači (Grafik 6.2.3). Naime, tokom 2011. i 2012. godine bjelouška na Bardači je isključivo hvatana tokom proljetnih mjeseci (mart, april, maj) što je za posljedicu imalo muško pristrasan ili ujednačen adultni odnos polova. Međutim, tokom 2013. i 2014. godine istraživanje je bilo intenzivnije tokom ljetnih mjeseci (juni, juli, avgust), što je za posljedicu imalo žensko pristrasan adultni odnos polova. Zbog toga, da bi se objasnio žensko pristrasan adultni odnos polova ribarice na rijeci Vrbanji, istraživanja bi u budućnosti trebalo fokusirati na njenu aktivnost tokom proljeća (april-maj mjesec).

U uzrasnoj strukturi populacije ribarice na Vrbanji dominiraju adultne jedinke, slijede subadultne, dok je najmanje juvenilnih jedinki ($\approx 11\%$). Odnos polno zrelih i polno nezrelih jedinki je približno ujednačen (1,1 : 1,0). Mali procenat juvenilnih jedinki je vjerovatno rezultat njihove teže uočljivosti na terenu (*sampling bias*) usljed male veličine tijela, ali i skrivenog načina života (Houston i Shine, 1994; Gregory i Isac, 2005; Webb i Whiting, 2005; Ajtić i sar., 2013). Webb i Whiting (2005) su dokazali da povećano izlaganje suncu kod juvenilnih zmija povećava stopu predacije od strane dnevnih ptica grabljivica. Budući da su male zmije podložnije predatorima u odnosu na velike, one vode skriveniji način života, vjerovatno da bi izjogle predatore. Houston i Shine (1994) navode da su juvenilne zmije uglavnom hvatali u dijelovima pokrivenim flotantnom vegetacijom, i da je to vjerovatno adaptacija na izbjegavanje predatorskih vrsta ptica. U ovom istraživanju je utvrđena veća vjerovatnoća hvatanja adultnih jedinki u odnosu na polno nezrele jedinke, što je dokazano i u drugim istraživanjima ribarice (Luiseli i sar., 2011). Međutim, da bi se sa sigurnošću tvrdilo da li je mali procenat juvenilnih zmija posljedica skrivenog načina života, visoke stope mortaliteta juvenilnih jedinki, uzoračke greške ili nekog drugog faktora, neophodna su dalja istraživanja.

Analizom dužinskih klasa ustanovljeno je da su ženke ribarice značajno duže od mužjaka, što je takođe zapaženo u dosadašnjim istraživanjima (Gruschwitz, 1986; Filippi i sar., 1996; Ajtić i sar., 2013). Najzastupljenija dužinska klasa mužjaka ribarice na rijeci Vrbani (46–51 cm SVL) je dosta slična najzastupljenijoj dužinskoj klasi u centralnoj Italiji (47–55 cm SVL; Filippi i sar., 1996) i Njemačkoj (47–55 cm SVL; Gruschwitz, 1986). S druge strane, najzastupljenija dužinska klasa adultnih ženki u Njemačkoj (65–73 cm) i Italiji (80–95 cm) je primjetno veća od najzastupljenije dužinske klase ženki na Vrbani (56–61 cm). U prethodnim istraživanjima je dokazano da mužjaci pokazuju veću interpopulacionu uniformnost u pogledu veličine tijela, nego ženke koje se više međusobno razlikuju (Madsen i Shine, 1993a). Prema Madsen i Shine (1993a) veće razlike u dužini tijela između ženki po lokalitetima su vjerovatno posljedica različite dostupnosti hrane između lokaliteta, a budući da ženke ulažu više u reprodukciju i imaju veće energetske zahtjeve, one su osjetljivije na varijacije u dostupnosti hrane. Postojanje značajnih geografskih varijacija u veličini tijela između populacija jedne vrste, najvjerovatnije je rezultat različitih lokalnih uticaja faktora životne sredine, kao što su klima, dostupnost hrane i slično (Madsen i Shine, 1993a; Bronikowski i Arnold, 1999), ali vjerovatno i različitog vremena polnog sazrijevanja (Bronikowski i Arnold, 1999) i različitih stopa preživljavanja (King, 1989) između populacija.

Na osnovu analize starosnih klasa uočeno je da najveća brojnost ribarice pripada starosnoj klasi četiri godine, što ujedno predstavlja utvrđeni uzrast dostizanja polne zrelosti i prve reprodukcije ženki ribarice na rijeci Vrbani. Nagli pad brojnosti adultnih ženki ribarice starosti pet i šest godina je vjerovatno posljedica troškova reprodukcije (Shine, 1980; Madsen, 1987), odnosno njihove pojačane osjetljivosti na predatore usljed povećanih potreba za sunčanjem, ali i usljed fizičkog opterećenja masom i zapreminom legla (Shine, 1980; Madsen, 1987). Ovo je takođe dokazano na terenu, budući da su od 21 pronađene mrtve jedinke ribarice 15 jedinki bile adultne ženke, i to uglavnom u periodu gestacije. Prema istraživanjima Shine (1980) gravidne ženke skinkova (porodica Scincidae) su sporije i češće se sunčaju nego negravidne, usljed čega su podložnije predaciji. Takođe, rezultati istraživanja koje daje Madsen (1987) ukazuju da polno zrele ženke bjelouške imaju veću godišnju stopu mortaliteta u odnosu na polno nezrele ženke, što autor takođe dovodi u vezu sa promjenama ponašanja povezanim sa reprodukcijom. Takođe, ženke se poslije poleganja jaja usljed iscrpljenosti i loše kondicije nalaze pod većim rizikom mortaliteta (Madsen i Shine, 1993c; Gregory i sar., 1999).

Na osnovu analize distribucije dužinskih klasa uzorka populacije ribarice na Vrbanji, kao i za bjeloušku na Bardači, testirana je mogućnost procjene distribucije dužinskih klasa (opsega 5 cm) u uzorku populacije kao pokazatelja dostizanja polne zrelosti. Procjenjena dužina tijela pri kojoj se dostiže polna zrelost dobijena na osnovu distribucije dužinskih klasa u uzorku populacije *Natrix tessellata* na području donjeg toka rijeke Vrbanje se podudara sa podacima sa terena. Naime, na terenu je utvrđeno da ženke ribarice dostižu polnu zrelost pri SVL iznad 51,4 cm (na osnovu najmanje ženke kod koje su utvrđeni rastući folikuli; vidjeti poglavlje o reprodukciji), dok je najzastupljenija dužinska klasa ženki na području donjeg toka rijeke Vrbanje između 56,0 i 61,0 cm SVL. Ova dužinska klasa odgovara uzrasnoj klasi ženki 4+, tj. uzrasnoj klasi ženki nakon prve reprodukcije (Tabela 6.3.2). S druge strane, najzastupljenija dužinska klasa mužjaka je između 45,0 i 50,0 cm SVL, što bi u poređenju sa ženkama ukazivalo da mužjaci dostižu polnu zrelost pri SVL između 40,0 i 45,0 cm SVL. Vrijednosti dužine tijela pri dostizanju polne zrelosti dobijene na osnovu analize distribucije dužinskih klasa, takođe se podudaraju sa teorijskim vrijednostima dužine tijela pri kojoj zmije dostižu polnu zrelost (pri 60–75% maksimalne dužine utvrđene na terenu – Shine i Charnov, 1992), a koja za mužjake ribarice na rijeci Vrbanji iznosi između 36–45 cm (≈ 41 cm) SVL, a za ženke između 47–59 cm (≈ 53 cm) SVL. Ovo je takođe u saglasnosti sa utvrđenim razlikama u stopama rasta između polova vrste *Natrix tessellata* na rijeci Vrbanji. Analiza stopa rasta ukazuje da ove vrijednosti SVL odgovaraju periodu dostizanja polne zrelosti za ženke u četvrtoj godini života, a za mužjake u trećoj godini života (Tabela 6.3.2), što se takođe podudara sa rezultatima dostizanja polne zrelosti ribarice u Italiji (Luiselli i Rugiero, 2005). Međutim, dužina tijela pri kojoj mužjaci ribarice dostižu polnu zrelost nije potvrđena na terenu, pošto mužjaci nisu uhvaćeni u kopulaciji sa ženkama, te bi buduća istraživanja trebalo fokusirati u tom smjeru. Iako rezultati istraživanja na osnovu detaljne analize distribucije dužinskih klasa u uzorku ove populacije ukazuju da postoji mogućnost procjene dužine tijela pri kojoj jedinke dostižu polnu zrelost, za generalizaciju ove pretpostavke neophodno je nastaviti istraživanja na rijeci Vrbanji, ali takođe proširiti istraživanja i na druge populacije ribarice, kao i na druge vrste zmija.

Analizom kondicionog indeksa po sezonama, statistički značajne razlike između polova kod obje analizirane vrste utvrđene su za adultne jedinke u gestacionom periodu. Naime, analiza je pokazala da najveću vrijednost kondicionog indeksa imaju adultne ženke tokom gestacionog perioda, što je i očekivano, budući da je najveći broj adultnih ženki tokom ovog perioda bio ispunjen jajima. S druge strane, najniža vrijednost kondicionog indeksa je

takođe zabilježena kod adultnih ženki, ali tokom postgestacionog perioda, što je takođe očekivano budući da su ženke nakon gestacije, u ranu jesen, često iscrpljene i mršave (Madsen i Shine, 1993c; Gregory i sar., 1999). Najniža vrijednost kondicionog indeksa adultnih mužjaka tokom juna i jula mjeseca (gestacionog perioda za ženke) je najvjerovatnije rezultat povećane potrošnje energije u pregestacionom periodu (period parenja), budući da mužjaci veliku količinu energije usmjeravaju na potragu za ženkama u periodu parenja (Brown i Weatherhead, 1999b), a sa druge strane i rezultat najmanje učestalosti ishrane tokom maja.

Nakon isključivanja trudnih ženki, analiza kondicionog indeksa za cjelokupan istraživani period, između polova po uzrasnim kategorijama, je pokazala da kod obje istraživane vrste adultne ženke imaju značajno veću vrijednost kondicionog indeksa u odnosu na adultne mužjake, dok je kod subadultnih jedinki uočen suprotan obrazac, tj. subadultni mužjaci imaju značajno veću vrijednost kondicionog indeksa u odnosu na subadultne ženke (Tabele 6.2.5. i 6.2.15.). Veća vrijednost kondicionog indeksa subadultnih mužjaka u odnosu na subadultne ženke može se dovesti u vezu sa sporijim apsolutnim dužinskim rastom mužjaka, usljed čega oni imaju veću vrijednost odnosa mase u odnosu na dužinu, dok subadultne ženke usljed većeg apsolutnog dužinskog rasta imaju nižu vrijednost odnosa mase i dužine tijela (pogledati poglavlje: stope rasta). S druge strane, veće vrijednosti kondicionog indeksa adultnih ženki u odnosu na adultne mužjake mogu se dovesti u vezu sa dužim vilicama i većim unosom energije, sa jedne strane, ali i stvaranjem masnih rezervi neophodnih za pokretanje vitelogeneze. Međutim, Weatherhead i Brown (1996) navode da kondicioni indeks, predstavljen kao rezidualna vrijednost regresije tjelesne mase u odnosu na standardnu dužinu tijela, objašnjava manje od 50% varijanse masnog tkiva dobijenog ekstrakcijom lipida iz tijela jedinki vrste *Nerodia sipedon*. Zbog toga, kondicioni indeks dobijen na ovaj način treba uzeti sa oprezom (Green, 2001; Ajtić, 2016). Ajtić (2016) navodi varijacije kondicionog indeksa za ribaricu na ostrvu Golem Grad (Republika Makedonija) u zavisnosti od sezone, te na osnovu toga smatra da analiza kondicionog indeksa na ovaj način nije sasvim pouzdana za predikciju kondicionog stanja kako jedinki tako i populacije.

Kod bjelouške je utvrđeno postojanje statistički značajnih razlika u učestalosti oštećenja repa između uzrasnih kategorija ($\chi^2=4,9$; $df=1$; $p=0,045$), pri čemu polno zrele jedinke imaju značajno veću učestalost nedostatka repa. Ovo je u saglasnosti sa drugim istraživanjima bjelouške (Borczyk, 2004; Gregory i Isaac, 2005), koja ukazuju na povećanje učestalosti ozljeda sa veličinom tijela zmije. Veća učestalost ozljeda starijih jedinki može biti

posljedica nekoliko faktora: veće (starije) zmije imaju veću vjerovatnoću da steknu povredu tokom života (budući da su starije). Veće (starije) zmije imaju veću vjerovatnoću da prežive napad predatora, dok manje zmije usljed skrivenog načina života imaju manju vjerovatnoću susreta sa predatorima (Willis i sar, 1982; Gregory i Isaac, 2005).

Za razliku od bjelouške, kod ribarice nisu utvrđene statistički značajne razlike između polno zrelih i polno nezrelih jedinki u nedostatku repa ($\chi^2=2,57$; $df=1$; $p=0,109$). Odsustvo razlika u učestalosti oštećenja repa između uzrasnih kategorija, kao i relativno niska učestalost nedostatka repa u populaciji ribarice (7,1%) ukazuje na mali predacioni pritisak na rijeci Vrbanji. Nizak predacioni pritisak na gravidne ženke na donjem toku rijeke Vrbanje, može biti uslovljen odabirom pogodnih mikrostaništa tokom gestacije. Mills i sar. (1995) smatraju da gravidne ženke mogu izbjeći troškove reprodukcije (usporeno kretanje i veću podložnost predatorima) odabirom pogodnih mjesta za sunčanje. Naime, autori su uočili da se gravidne ženke značajno češće sunčaju na dijelovima obale sa više vegetacionog pokrivača i da često sunčaju samo dio tijela, dok je ostatak tijela najčešće skriven ispod vegetacije ili u šupljinama na obali. U nivou donjeg toka rijeke Vrbanje gravidne ženke su veoma često pronađene sklupčane oko grana na drveću iznad vode ($\approx 1,5 - 3,0$ m). Na ovaj način su vjerovatno obezbjeđivale termoregulacione potrebe uslovljene trudnoćom, optimalnu temperaturu za razvoj folikula (Madsen i Shine, 1994), što je istovremeno bila i efikasna zaštita od predatora. Ovo je takođe u saglasnosti sa većim gustinama zmija u zonama čije su obale obrasle drvenastom vegetacijom (Šukalo, 2012).

Takođe, između cjelokupnog uzorku bjelouške i ribarice utvrđene su statistički značajne razlike u pogledu nedostatka repa ($\chi^2=9,96$; $df=1$; $p=0,002$), pri čemu bjelouška ima veću učestalost nedostatka repa u odnosu na ribaricu (15,2% nasuprot 7,1%). Ovo se može dovesti u vezu sa izraženijim predacionim pritiskom na Bardači, koja je privremeno ili stalno stanište mnogih vrsta ptica. Santos i sar. (2011) su pronašli ontogenetsko povećanje učestalosti oštećenja repa kod *N. maura*, i dovode ga u vezu sa predacionim rizikom, i navode da je učestalost oštećenja repa dobar indikator predacionog pritiska kod vrste *Natrix maura*.

7.3. Reproductivna biologija

Rezultati istraživanja pokazuju da se bjelouška na Bardači reprodukuje svake godine, tj. ima anualnu učestalost reprodukcije. Anualna učestalost reprodukcije je utvrđena i za populacije ove vrste u Italiji (Luiselli i sar., 1997) i Švedskoj (Madsen, 1983). Parenje je na

terenu zabilježeno početkom maja u dva navrata. U jednom slučaju je primjećena jedna ženka okružena sa tri mužjaka, a u drugom slučaju jedna ženka sa četiri mužjaka, što je takođe u saglasnosti sa podacima za Italiju (Luiselli i sar., 1997) i Švedsku (Madsen, 1983). Polaganje jaja se odvija u drugoj polovini jula, što je takođe u saglasnosti sa podacima za Italiju (Luiselli i sar., 1997). Međutim, analizom perioda polaganja jaja između dvije analizirane godine (2013. i 2014.), uočava se razlika. Naime, tokom 2014. godine polaganje jaja je kasnilo u prosjeku 14 dana, u odnosu na 2013. godinu. Slično pomjeranje perioda ovipozicije je zabilježeno i za ribaricu na rijeci Vrbanci tokom 2014. godine u odnosu na ostale godine istraživanja. Ovo se može dovesti u vezu sa klimatskim karakteristikama tj. nižim temperaturama i većom količinom padavina tokom 2014. godine (Grafik 3.1.1 i 3.1.2). Poznato je da gravidne ženke, usljed specifičnih termalnih zahtjeva za razvoj folikula i embriona, imaju povećanu potrebu za sunčanjem (Shine, 1980; Madsen, 1987; Madsen i Shine, 1992). Tokom 2014. godine zabilježena je niža temperatura tokom perioda gestacije, što je vjerovatno uticalo na odlaganje perioda polaganja jaja.

Srednja vrijednost broja jaja utvrđena palpacijom jedinki bjelouške ulovljenih na Bardači ($13,9 \pm 5,54$), je veća od srednje vrijednosti broja jaja ove vrste u Švedskoj ($11,3 \pm 4,96$; Madsen, 1983) i Italiji ($9,2 \pm 5,43$; Luiselli i sar., 1997). Takođe, maksimalna vrijednost broja jaja utvrđena za bjeloušku na Bardači (28 jaja), je veća od maksimalne vrijednosti broja jaja jedinki ove vrste u Italiji (24 jaja; Luiselli i sar, 1997) i Švedskoj (24 jaja; Madsen, 1983). Međutim, uporedna analiza podataka iz ove teze sa podacima Luiselli i sar. (1997) i Madsen (1983), pri čemu je korišten ANCOVA test (sa veličinom legla kao zavisnom varijablom, lokalitetom kao faktorom i totalnom dužinom tijela majke kao nezavisnom varijablom), nije pokazala da postoje statistički značajne razlike u broju jaja između populacije bjelouške na Bardači i populacija bjelouške iz Italije ($F_{1,32}=0,61$; $p=0,439$) i Švedske ($F_{1,29}=3,33$; $p=0,08$). Srednja vrijednost mase tijela tek izleženih zmija za tri navedene populacije se takođe razlikuje. Tako, srednja vrijednost masa tijela tek izleženih zmija za populaciju u Italiji iznosi 3,4 g, populaciju u Švedskoj 3,0 g, dok srednja vrijednost mase tijela tek izleženih jedinki na Bardači iznosi 2,3 g. Testiranje značajnosti razlika za masu jaja u odnosu na lokalitet i totalnu dužinu tijela majke nije bilo moguće uraditi primjenom ANCOVA testa zbog nedostatka podataka o masi jaja bjelouške u rezultatima radova prethodno navedenih autora. Prema Smith i Fretwell (1974), energija dostupna za reprodukciju može biti usmjerena, od strane ženki, na manji broj većih potomaka ili na veći broj manjih potomaka. Rezultati koje daje King (1993) ukazuju na postojanje uzajamnog

ograničavanja (eng. *trade-off*) između broja i veličine potomstva, kao i da krupnije ženke i ženke u boljoj kondiciji proizvode sitnije potomstvo i potomstvo lošije kondicije. Varijabilnost u veličini legla Fitch (1985) dovodi u vezu sa geografskom širinom, ali ne isključuje ni uticaj dostupnosti hrane na veličinu legla. S druge strane, rezultati Gregory i Larsen (1993) ukazuju na postojanje genetičkih razlika između populacija *Tamnophis sirtalis* istočne i zapadne Kanade u veličini legla i veličini potomstva. Takođe, rezultati do kojih se došlo u ovom radu mogu ukazivati na potencijalno postojanje uzajamnog ograničavanja između veličine legla i mase potomstva između populacija, pa bi istraživanja u budućnosti trebalo usmjeriti u tom pravcu.

Komparirajući totalnu dužinu tijela pri kojoj ženke dostižu polnu zrelost na Bardači (79,5 cm) sa totalnom dužinom tijela pri kojoj ženke dostižu polnu zrelost u Italiji (70,2 cm) i Švedskoj (68,0 cm) može se uočiti da bjelouške na Bardači dostižu polnu zrelost pri relativno većoj totalnoj dužini tijela, u odnosu na populacije iz Italije i Švedske. Mogući razlog kasnijeg polnog sazrijevanja bjelouške bi mogao biti izražen predacioni pritisak na Bardači (registrovan veliki broj ptica grabljivica – Obratil 1980/81; Gašić i Dujaković, 2009), usljed čega ženke odlažu reprodukciju, dok ne dostignu veću veličinu tijela. Prisustvo predacionog pritiska na Bardači potvrđuje postojanje statistički značajne razlike u učestalosti oštećenja repa između uzrasnih kategorija ($\chi^2=6,3$; $df=2$; $p=0,044$), pri čemu polno zrele jedinke bjelouške imaju veću učestalost nedostatka repa u odnosu na jedinke koje nisu dostigle polnu zrelost (18,8% : 5,3%). Santos i sar. (2011) smatraju da je ontogenetsko povećanje učestalosti oštećenja repa dobar indikator predacionog pritiska kod srodne vrste *Natrix maura*. Poznato je da kod gmizavaca reprodukcija uzrokuje promjene u ponašanju i aktivnosti gravidnih ženki, što ima za posljedicu smanjenje vjerovatnoće preživljavanja (Shine, 1980; Bonnet i sar., 1999). Na taj način će odgođena reprodukcija (niži trenutni troškovi reprodukcije) biti favorizovana, u slučaju kada visoki troškovi reprodukcije smanjuju šansu preživljavanja organizma, a time i mogućnost naredne reprodukcije (Madsen, 1987). Tako, Madsen (1987) je utvrdio da su godišnje stope smrtnosti polno zrelih ženki bjelouške značajno veće u odnosu na polno nezrele ženke. Takođe, Bonnet i sar. (1999) su utvrdili da su ženke oviparnih vrsta zmija podložnije smrtnosti, ali i hvatanju, tokom perioda dok nose jaja. Veća smrtnost polno zrelih ženki je posljedica povećanog predacionog rizika, usljed njihovog pojačanog izlaganja suncu tokom perioda vitelogeneze, kao i usljed fizičkog opterećenja gravidnih ženki masom legla, što ima za posljedicu smanjenje njihove mobilnosti (Shine, 1980; Madsen, 1987; lično zapažanje). S druge strane, budući da su ženke nakon polaganja jaja (ili rađanja živih mladih)

mršave i iscrpljene (Madsen i Shine, 1993c; Gregory i sar., 1999), one se moraju aktivnije hraniti, što takođe ima za posljedicu njihovu povećanu izloženost predatorima (Madsen i Shine, 1993c). Pošto je veličina tijela bjelouške u pozitivnoj korelaciji sa brojem proizvedenih jaja (Madsen, 1983; Luiselli i sar., 1997), što je utvrđeno i u ovom radu, onda usmjeravanje energije na rast i odlaganje reprodukcije vjerovatno predstavlja prednost na staništu sa izraženim predacionim pritiskom, kakav je slučaj na lokalitetu Bardača.

Takođe, budući da zmije nastavljaju rasti i nakon dostizanja polne zrelosti, razlike u srednjoj dužini tijela adultnih jedinki između populacija, mogu biti posljedica različitih stopa preživljavanja (Madsen, 1987), pa zmije sa jednog lokaliteta mogu biti u prosjeku veće, u odnosu na zmije sa drugog lokaliteta, samo zato što su starije (King, 1989). S druge strane, razlike u srednjoj adultnoj dužini tijela između populacija jedne vrste mogu nastati usljed razlika u obrascima rasta. Razlike u stopi rasta su česte u prirodi, i mogu prilično da variraju između populacija jedne vrste (Madsen i Shine, 1993a; Bronikowski i Arnold 1999). Brži rast zmija je zabilježen u godinama sa većim srednjim temperaturama vazduha tokom sezone aktivnosti (Brown i Weatherhead, 1999a). Takođe, za zmije je dokazano da poboljšana ishrana bilo direktno ili indirektno (kroz duži broj dana hranjenja ili dužu sezonu rasta) može dovesti do bržeg rasta i veće adultne dužine tijela (Parker i Plummer 1987; Bronikowski i Arnold, 1999). Madsen i Shine (1993a) navode da je osnovni uzrok razlika u adultnoj dužini tijela među populacijama bjelouške dostupnost plijena, i da genetičke razlike nisu uzrok, dok rezultati Bronikowski (2000) ukazuju da varijacije u rastu vrste *Thamnophis elegans* imaju genetičku osnovu. Duži period hranjenja bi takođe mogao biti jedan od faktora koji uslovljava veće tjelesne dimenzije bjelouške na Bardači, pošto je utvrđeno da period hranjenja traje od druge polovine marta do početka oktobra, što predstavlja duži period hranjenja u odnosu na populacije bjelouške u Švedskoj (Madsen, 1983) i Italiji (Luiselli i sar., 1997). Odgođeno polno sazrijevanje bjelouške na Bardači, u odnosu na populacije u Švedskoj i Italiji, bi takođe moglo imati uticaj na uočene veće tjelesne dimenzije bjelouške na Bardači.

Za uspješnu inkubaciju jaja zmijama je neophodno toplo i vlažno mikrostanište, koje može biti prirodnog (Luiselli i sar., 1997), ali i vještačkog porijekla (Beebee i Griffiths, 2000). Luiselli i sar. (1997) od prirodnih mjesta, navode da su gnijezda bjelouške pronašli ispod velikih stijena, vlažne mahovine i stabala koja trunu, a od vještačkih gomile stajskog đubriva. U Velikoj Britaniji većina mjesta na kojima bjelouška polaže jaja su staništa stvorena od strane ljudi, npr. kompost, stajsko đubrivo, plastovi sijena, hrpe od piljevine, cigle (Beebee i Griffiths, 2000), ali mogu biti i poluprirodnog porijekla, kao što su zaostali

panjevi nakon sječe koji trunu (Baker, 2011). Prema tome, mjesto na kome je pronađeno grupno gnijezdo bjelouške na Bardači u toku ovog istraživanja (ispod naslaganih dasaka), predstavlja novi tip vještačkog mikrostaništa, koje obezbjeđuje uspješnu inkubaciju jaja.

Rezultati istraživanja ukazuju da ribarica na rijeci Vrbanji ima anualnu učestalost reprodukcije, kao i populacija ribarice u Italiji (Luiselli i Zimerman, 1997) i Češkoj (Velenský i sar., 2011), ali se razlikuje od populacije ribarice u Austriji (Luiselli i Zimerman, 1997) i Makedoniji (Ajtić i sar., 2013) koje pokazuju bianualnu učestalost reprodukcije, što je vjerovatno rezultat nižeg energetskeg unosa ili hladnije klime (Luiselli i Zimerman, 1997; Ajtić i sar., 2013). Parenje ribarice nije posmatrano na terenu, ali budući da se polaganje jaja, uglavnom, odvija početkom jula (između 5. i 7. jula), kao i u populacijama iz Italije i Češke, pretpostavka je da bi se parenje ribarice na Vrbanji trebalo odvijati u periodu kao i kod pomenutih populacija, odnosno u drugoj polovini aprila meseca (Luiselli i Zimmerman, 1997; Velenský i sar., 2011). Analizom perioda polaganja jaja, po godinama, uočava se da je u toku 2014. godine polaganje jaja (ovipozicija) kasnilo 15-tak dana u odnosu na 2012., 2013. i 2015. godinu. Varijacije u vremenu reprodukcije, unutar i među populacijama, mogu biti pod uticajem varijacija u vremenu izlaska iz hibernacije, tj. ukoliko ženke ranije izađu iz hibernacije, takođe se pare i daju potomstvo ranije (Rossman i sar., 1996). Ukoliko se analiziraju klimatske karakteristike po godinama situacija postaje jasnija. Naime, tokom maja mjeseca 2014. godine na istraživanom lokalitetu su bile prisutne velike količine padavina, praćene poplavama. Tom prilikom, zabilježene su dosta niže temperature vazduha, kao i povišen nivo vode za taj period godine (pogledati klimatske karakteristike: Grafik 3.2.1 i 3.2.2). Prema Gibbons i Greene (1990) ključni faktori za ovulaciju kod vodenih kornjača mogu biti temperatura vode, karakteristike fotoperioda, ili čak oboje, dok sa druge strane temperatura vazduha najvjerovatnije predstavlja signal za kretanje prema mjestu gdje će kornjača položiti jaja (Gibbons i Greene, 1990). Velenský i sar. (2011) su zapazili da su proljećne poplave tokom 2006. godine, vjerovatno, odložile period početka hranjenja ribarice u Pragu, najvjerovatnije usljed promjena osobina vode (npr. smanjena vidljivost), kao i niže temperature vode.

Rezultati Santos i sar. (2005) ukazuju da energetska ograničenja mogu indukovati organizme da modifikuju vrijeme reprodukcije, i da odložena vitelogeneza kod *Natrix maura*, predstavlja adaptivni mehanizam kojim zmije prilagođavaju svoje vrijeme reprodukcije na vremenski period kada je plijen najdostupniji. Filippi i Luiselli (2003) navode odloženu reprodukciju tri vrste zmija porodice Colubridae, izazvanu njihovim sakupljanjem za ritualne

aktivnosti, od strane lokalnog stanovništva. Zmije su hvatane neposredno prije sezone parenja, a puštane sredinom maja nakon završetka rituala, i uočeno je da polaganje jaja, u selima gdje se vrše rituali, kasni oko mjesec dana u odnosu na sela gdje se rituali ne obavljaju (Filippi i Luiselli, 2003). Prema Bonnet i sar. (2002) ženke mnogih vrsta zmija će pokrenuti vitelogenezu tek kada njihove tjelesne rezerve pređu graničnu vrijednost. Prema tome, odgođena reprodukcija tokom 2014. godine, vjerovatno je uslovljena nižim temperaturama vode i vazduha, kao i odgođenim početkom hranjenja (usljed majskih poplava), što predstavlja novi dokaz međugodišnje reproduktivne plastičnosti kod ribarice, i generalno kod zmija. Visok nivo vode je vjerovatno otežao hvatanje plijena (Velenský i sar., 2011) i njegovo iznošenje na obalu, dok sa druge strane niske temperature smanjuju aktivnost ektotermnih životinja, kakve su zmije (Hailey i Davis, 1987b). Međutim, za utvrđivanje preciznog odnosa između perioda polaganja jaja i faktora životne sredine, pored višegodišnjih zapažanja sa terena, neophodni su i laboratorijski podaci.

Maksimalan broj jaja utvrđen palpacijom ženki ribarice na rijeci Vrbanji iznosi 19 jaja, i sličan je maksimalnom broju jaja utvrđenom za Makedoniju (20 jaja; Ajtić i sar., 2013), ali je manji od maksimalnog broja jaja utvrđenog za Italiju (29 jaja; Luiselli i Rugiero, 2005). Takođe, srednja vrijednost broja jaja utvrđena na Vrbanji (≈ 11 jaja) je niža u odnosu na srednju vrijednost broja jaja utvrđenih za Italiju (≈ 15 jaja; Luiselli i Rugiero, 2005), ali je ipak veća od srednje srednje vrijednosti broja jaja koja je utvrđena za populaciju ribarice u Makedoniji (≈ 9 jaja; Ajtić i sar., 2013). Poredeći standardnu dužinu tijela pri dostizanju polne zrelosti ženki ribarice na Vrbanji (51,4 cm) i dužinu tijela pri dostizanju polne zrelosti ženki ribarice u Italiji (55,4 cm – Luiselli i Rugiero, 2005) i Austriji (oko 55 cm – Zimmermann i Fachbach, 1996) može se uočiti da ribarice na rijeci Vrbanji dostižu polnu zrelost pri nižoj standardnoj dužini tijela u odnosu na ribarice u Italiji i Austriji. Sa druge strane, maksimalna SVL gravidnih ženki (82,1 cm) kao i srednja vrijednost SVL gravidnih ženki (64,4 cm) na Vrbanji je niža u odnosu na maksimalnu (88,3 cm) i srednju vrijednost SVL (70,2 cm) u Italiji ili Austriji (maksimalna SVL ≈ 90 cm). Komparirajući naše podatke sa podacima Luiselli i Rugiero (2005) za odnos veličine tijela majke i broja jaja (koristeći ANCOVA sa veličinom legla kao zavisnom varijablom, lokalitetom kao faktorom i majčinom SVL kao nezavisnom varijablom) utvrđeno je da razlika između populacije ribarice na rijeci Vrbanji i populacije ribarice u Italiji nije statistički značajna ($F_{1,89}=1,23$; $p=0,271$). Budući da na rijeci Vrbanji nisu utvrđene statistički značajne razlike u učestalosti oštećenja repa između uzrasnih kategorija ($\chi^2=2,75$; $df=2$; $p=0,252$), a što se smatra dobrim indikatorom predacionog rizika

vodenih zmija (Santos i sar., 2011), ranije polno sazrijevanje ribarica na rijeci Vrbanji može biti uslovljeno odsustvom predacionog pritiska, a manje srednje i maksimalne vrijednosti standardne dužine tijela posljedica ranijeg polnog sazrijevanja.

U ovom istraživanju je zapažena visoka korelacija između veličine legla i SVL majke kod *N. tessellata*, što je zapaženo i u drugim istraživanjima (Luiselli i Rugiero, 2005; Ajtić i sar., 2013). Međutim, analizom korelacije veličine legla u odnosu na majčinu SVL po godinama uzorkovanja, može se uočiti visoka korelacija za sve godine ponaosob, izuzev za 2014. godinu (Grafik 6.3.6). Ukoliko analiziramo učestalost ishrane gravidnih ženki po godinama situacija postaje jasnija. Naime, tokom gestacionog perioda 2014. godine, sve uhvaćene gravidne ženke nisu imale hrane u želucu, što bi vjerovatno mogao biti razlog niže korelacije između veličine majke i broja jaja tokom 2014. godine. King (1993) je ustanovio da kod vrste *Storeria dekayi*, na broj potomaka pored dužine tijela utiče i tjelesna kondicija ženki pri ovulaciji, dok rezultati Andrén i Nilson (1983) ukazuju da tokom godina sa većom dostupnošću hrane *Vipera berus* produkuje veći broj mladih, nego u godinama sa nestašicom hrane. Detaljnijom analizom odnosa SVL ženki i broja jaja između analiziranih godina može se uočiti da su krupnije ženke u većoj mjeri redukovale broj jaja tokom 2014. godine, vjerovatno usljed većih energetskehtkih zahtjeva sa jedne strane, a sa druge strane usljed nemogućnosti hvatanja krupnijeg plijena iz dublje vode usljed jake vodene struje. Dokazano je da količina hrane određuje veličinu legla u tekućoj godini (Bonnet i sar., 2001), kao i da ženke na pogoršane uslove životne sredine mogu odgovoriti smanjenjem veličine legla, čak i ukoliko je vitelogeneza započeta, resorpcijom određenog broja folikula (Seigel i Fitch, 1985). Tendencija smanjenja veličine legla krupnijih (starijih) ženki tokom perioda niske dostupnosti plijena je posmatrana kod evropske šarke (*Vipera berus*) (Andrén i Nilson, 1983). Naime, Andrén i Nilson (1983) su zapazili da u uslovima veće dostupnosti hrane duže (starije) ženke ulažu više u reprodukciju (povećavaju relativnu masu legla) u odnosu na manje (mlađe) ženke, dok je tokom godina sa niskom dostupnosti hrane prisutan suprotan trend: duže ženke pokazuju veće smanjenje relativne mase legla u odnosu na manje ženke.

Von Bertalanffy-jev model primjenjen u ovoj tezi dosta precizno opisuje rast ribarice na Vrbanji. Dobijeni rezultati ukazuju da se mužjaci i ženke približavaju svojoj asimptotskoj veličini sličnim stopama rasta ($0,0020 : 0,0019$ cm/dan) tj. da se relativna stopa rasta (rast u odnosu na finalnu veličinu tijela) ne razlikuje između polova. Međutim, budući da mužjaci i ženke rastu prema različitim asimptotskim veličinama, tj. asimptotska veličina tijela veća je za ženke nego za mužjake ($79,51$ cm : $60,13$ cm) to ima za posljedicu veću apsolutnu stopu

rasta kod ženki. Takođe, rezultati ukazuju da ženke rastu značajno brže u odnosu na mužjake u obje uzrasne kategorije (Tabela 6.3.1), kao i da mlađe zmijske rastu brže kod oba pola. Smanjenje stope rasta sa povećanjem veličine tijela kod oba pola, vjerovatno je posljedica preusmjerenja jednog dijela energije na reprodukciju nakon dostizanja polne zrelosti. Sličan obrazac rasta utvrđen za ribaricu na rijeci Vrbani zabilježen je i za bjeloušku u Švedskoj (Madsen, 1983) ali i za druge zmijske porodice Natricinae (Brown i Weatherhead, 1999a; Stanford i King, 2004). Procijenjena starost ribarice na osnovu Von Bertalanffy-jevog modela rasta se pokazala dosta pouzdanom, budući da se dobijeni rezultati podudaraju sa empirijskim podacima sa terena do kojih se došlo u nastavku istraživanja. Naime, jedinke ponovno uhvaćene nakon tri i više godina istraživanja, precizno se uklapaju u raspone dužine koja je na osnovu modela procijenjena za zmijske odgovarajuće starosti. Tako, subadultna ženka ID-213 uhvaćena 19.06.2012. godine je imala vrijednost SVL 49,5 cm, što odgovara starosti tri godine na osnovu ovog modela (Tabela, 6.3.2). Ona je ponovno uhvaćena 28.06.2016. godine (nakon 4 godine) i imala je vrijednost SVL 69,1 cm (dužina odgovara starosti od sedam godina na osnovu Von Bertalanffy-jevog modela). Takođe, adultna ženka ID-6 uhvaćena 14.06.2011. godine je imala vrijednost SVL 71,5 cm, a njena starost procijenjena na osnovu Von Bertalanffy-jevog modela je osam godina (Tabela 6.3.2). Ista jedinka je ponovno uhvaćena 06.06.2015. godine i imala je vrijednost SVL 78,2 cm, što odgovara starosti od 10+ godina. Iako rezultati koje daje Plummer (1985) ukazuju da se vjerovatnoća greške u procjeni starosti povećava sa starošću zmijske, kao i da je procjena starosti najpreciznija za prve dvije godine života, dobijeni podaci procijenjene starosti na osnovu Von Bertalanffy-jevog modela za ribaricu na Vrbani se dosta precizno podudaraju sa empirijskim podacima, čak i za starije jedinke. Takođe, asimptotska veličina dobijena na osnovu Von Bertalanffy-jevog modela za mužjake (60,1 cm) i za ženke (79,5 cm) je uporediva sa onom izmjerenom empirijski za najvećeg mužjaka (60,0 cm) i najveću ženku (78,2 cm) tokom istraživanog perioda.

Međutim, u dosadašnjim istraživanjima su dokazane međugodišnje varijacije u rastu zmijske uslovljene razlikama u temperaturi tokom sezone aktivnosti (Brown i Weatherhead, 1999a), kao i značajne varijacije u stopama rasta između populacija unutar iste vrste, najčešće usljed razlika u dostupnosti plijena ali i broja dana rasta (Madsen i Shine, 1993a; Bronikowski i Arnold, 1999). Uzimajući u obzir prethodno navedeno, za bolje razumijevanje rasta jedinki vrste *Natrix tessellata* neophodno je povećati veličinu uzorka na rijeci Vrbani (posebno za juvenilne jedinke), ali takođe istražiti rast i kod drugih populacija ove vrste.

Koristeći Von Bertalanffy-jev model, u populaciji ribarice sa područja rijeke Vrbanje za oba pola je identifikovano 10 starosnih klasa, što ukazuje da ribarica na Vrbnji dostiže starost od preko 10 godina. Ovo je u saglasnosti sa podacima o dugovječnosti ribarice koje navode Kwet i Mebert (2009), dok rezultati Luiselli i sar. (2011) ukazuju da su ženke dugovječnije u odnosu na mužjake (18 : 13 godina). Kako bi se sa sigurnošću utvrdila maksimalna dugovječnost ribarice na Vrbnji, kao i potencijalne razlike u dugovječnosti između polova, neophodno je nastaviti istraživanja u ovom pogledu.

7.4. Ishrana

²Dosadašnja istraživanja ishrane evropskih populacija bjelouške ukazuju da ona predstavlja prilagodljivog generalistu, koji u ishrani preferira vodozemce, ali se hrani i ribama, gmizavcima, malim pticama i glodarima (Filippi i sar., 1996; Gregory i Isaac, 2004; Luiselli i sar., 2005). Iako je opšte prihvaćeno da se bjelouška pretežno hrani žabama (Bruno i Maugeri, 1990; Arnold i Burton, 2002), njihovo učešće u ishrani može značajno da varira: od ≈60% (Gregory i Isaac, 2004; Janev Hutinec i Mebert, 2011) do ≈93% (Luiselli i Rugiero, 1991). Za sada je dokazano postojanje interpopulacionih razlika u ishrani bjelouške širom određenog geografskog područja, a utvrđene razlike su povezane sa tipom staništa, klimom, nadmorskom visinom i prisustvom kompetitora istog roda (Luiselli i sar., 2005). Tako npr. mrmoljci i daždevnjaci su dominantan plijen u visokoplaninskim regionima sa hladnom klimom (Filippi i Luiselli, 2002), voluharice su dominantan plijen u poljoprivrednim staništima, dok je riblji plijen nađen u samo dvije od šest istraživanih populacija (Luiselli i sar., 2005). Ove razlike u ishrani autori tumače kao posljedicu razlika u izobilju plijena, a možda i dostupnosti plijena različite veličine, budući da su sve ispitivane kopnene populacije genetički veoma slične, i smatraju da je uticaj filogenije vjerovatno mali. Rezultati ove teze, po prvi put, pružaju dokaz intrapopulacionih razlika u ishrani bjelouške, i potvrđuju njenu plastičnost u ishrani, kao i mogućnost njenog prebacivanja na alternativni plijen u veoma kratkom vremenskom periodu. U toku analiziranog perioda pronađene su značajne razlike u sastavu plijena bjelouške na Bardači, staništu koje je pretrpjelo radikalnu promjenu. Ova močvara, iako formalno zaštićena, nalazi se pod velikim antropogenim pritiscima, a velika gustina populacija introdukovanih ribljih vrsta u njenim vodama se može smatrati dokazom

² Publikovano u: Šukalo, G., Đorđević, S., Gvozdenović, S., Simović, A., Anđelković, M., Blagojević V., Tomović, Lj. (2014): Intra- and inter-population variability of food preferences of two *Natrix* species on the Balkan Peninsula. *Herpetological Conservation and Biology*, 9: 123–136.

poremećene ravnoteže u ovom ekosistemu (npr. Cucherousset i sar., 2006). Nakon naglog vještačkog isušivanja većeg broja jezera na Bardači, bjelouške su počele da se hrane isključivo alohtonim vrstama riba umjesto žabama. Naime, prvobitna ishrana zelenim žabama – *Pelophylax* sp. (≈85%) tokom 2011. godine, je nakon isušivanja jezera (tokom zime 2011. godine) u potpunosti (100%) zamjenjena ishranom alohtonim vrstama riba (*Ameiurus nebulosus*, *Carassius gibelio*) tokom 2012. godine, da bi se tokom 2013. i 2014. godine postepeno opet vraćala na ishranu zelenim žabama (≈50%). Ovo se može dovesti u vezu sa zapaženim padom brojnosti zelenih žaba tokom 2012. godine, u odnosu na isti period 2011. godine (vjerovatno posljedica isušivanja jezera), što je podstaklo bjeloušku da potraži alternativni plijen. Nakon isušivanja jezera, na mjestima neposredno ispod ispusta, uočene su privremene barice, u kojima je zapaženo mnoštvo zarobljenih riba, među kojima je dominirao američki somić i babuška (vrste koje podnose nisku koncentraciju kiseonika). Budući da je američki somić predstavljao najbrojniji i lako pristupačan plijen tokom 2012. godine, a ishrana je određena bogatstvom i dostupnošću pogodnog plijena (Willson i Hopkins, 2011), bjelouška je masovno krenula da ga koristi u ishrani. Prema tome, rezultati ove teze potvrđuju prethodne nalaze da se zmije hrane vrstama plijena koji je najbrojniji i najlakše uhvatljiv pod datim okolnostima (King i sar., 2006). Promjenljivost sastava u ishrani bjelouške, tokom četiri istraživane godine, potvrđuje da ova zmija može opstati u području gdje je njen uobičajeni plijen drastično opao, tako što se može prebaciti na alternativni najbrojniji plijen. Introdikovane vrste riba mogu, a često ozbiljno ometaju i ugrožavaju autohtonu ihtiofaunu i herpetofaunu; njihovi brojni direktni i indirektni uticaji su zabilježeni, ali nisu svi u potpunosti shvaćeni i objašnjeni (Declerck i sar., 2002; Kreutzenberger i sar., 2008; Copp i sar., 2010; Rutkayová i sar., 2013). Introdikovane vrste vodozemaca i riba su pronađene kao stavke plijena u više vrsta roda *Natrix* (Gregory i Isaac, 2004; Santos i García-Cardenete, 2005; Acipinar i sar., 2006; Alarcos i sar., 2009), ali i drugih vrsta zmija (Mullin i sar., 2004; Kornis i sar., 2012). Američki somić (*Ameiurus nebulosus*) je vrsta porijeklom iz sjeverne Amerike, koja se smatra invazivnom na drugim kontinentima (Cakić i Hristić 1987; Declerck i sar., 2002). Dominantno učešće somova (≈63%) iz porodice Ictaluride (*Ameiurus*, *Ictalurus* i *Noturus*), u njihovom autohtonom arealu rasprostranjenja zabilježeno je u ishrani zmija podporodice Natricinae (*Nerodia taxispilota*), a takođe su zapažene slične povrede tjelesnog zida (kao što su konstatovane na Bardači), nanesene od strane oštih bodji na grudnim i leđnom peraju ovih riba, pri čemu su neke jedinke pronađene žive nakon više godina, pa čak i značajno narasle (Mills, 2002). Dosadašnja zapažanja i rezultati prezentovani ovdje pokazuju da zmije mogu pronaći način da se hrane čak i ribom koja može nanijeti značajna oštećenja ili

uzrokovati smrt u nekim slučajevima (Mills, 2002; Santos i García-Cardenete, 2005; Šukalo i sar., 2012). Američki somić je uveden u Evropu i/ili bivšu Jugoslaviju prije 50 do 120 godina (Čakić i Hristić, 1987; Lenhardt i sar., 2011; Rutkayová i sar., 2013). Zbog toga, može se pretpostaviti da svi nativni predatori nisu naučili da se izbore sa ovom, ali i drugim uvedenim vrstama plijena, a neki čak ugibaju pokušavajući da jedu ovu ribu (Šukalo i sar., 2012); međutim, potencijal za prevazilaženje mogućih opasnosti ishrane nekim uvedenom ribama je evidentan. Eksperimentalno je pokazano da bodlje druge vrste soma (*Ictalurus punctatus*) ne mogu spriječiti napade od strane zmija, ali da one ozbiljno kompliciraju gutanje jedinki ove vrste somova. Međutim, takvi predatori su dokazali sposobnost učenja kako bi izbjegli ribu sa čitavim bodljama (Bosher i sar., 2006). Dugoročno gledano, vodene zmije mogu doprinijeti vraćanju prvobitne ravnoteže narušenog ekosistema, učestvujući u regulaciji dinamike populacija invazivnih vrsta riba (Alarcos i sar., 2009; Carlsson i sar., 2009; Kornis i sar., 2012). Međutim, ako ove ribe postanu preovlađujući plijen, previše zmija može uginuti prilikom ishrane. Prema tome, istraživanja biologije akvatičnih zmija, u budućnosti, će biti od koristi na brojne načine. Da bismo upoznali ekologiju piscivornih vrsta zmija, potrebno je poznavati ekologiju autohtonih i uvedenih vrsta riba. Ova znanja mogu dovesti do propisivanja odgovarajuće pravne zaštite i mjera restauracije za cijele vodene ekosisteme (Matthews i sar., 2002; Cucherousset i sar., 2006; Phillips i Shine, 2006; Carlsson i sar., 2009; Shine, 2012). Osim toga, kao predatori na vrhu lanca ishrane na staništima koja naseljavaju, semiakvatične zmije su odavno prepoznate kao dobri pokazatelji nivoa kontaminacije vodenih staništa (Stafford i sar., 1976; Ohlendorf i sar., 1988; Fontenot i sar., 2000).

Učestalost prisustva hrane u želucu, za cjelokupan uzorak bjelouške na područje Bardače, je dosta veći ($\approx 65\%$) u odnosu na dosadašnja istraživanja. Tako, Filippi i sar. (1996) za populaciju bjelouške u Italiji navode učestalost prisustva hrane u želucu $\approx 42\%$, dok Reading i Davies (1996), za populaciju bjelouške u Engleskoj, navode učestalost prisustva hrane u želucu $\approx 35\%$. S druge strane, učestalost prisustva hrane u želucu ribarice na rijeci Vrbanci ($\approx 53\%$) je slična učestalosti ishrane ribarice u Italiji, $\approx 57\%$ (Filippi i sar., 1996), ali je dosta veći u odnosu na populaciju ribarice u Austriji, $\approx 38\%$ (Zimmermann i Fachbach, 1996). Da li su utvrđene sličnosti i razlike u učestalosti ishrane između populacija posljedica različitih klimata, različite dostupnosti plijena, ishrane plijenom različite veličine (ili različite energetske vrijednosti), ili možda posljedica uzoračke greške, možemo samo nagađati, te bi buduća istraživanja navika ishrane trebalo usmjeriti u ovom pravcu.

Rezultati analize sezonske učestalosti hranjenja pokazuju da populacija bjelouške na Bardači pokazuje dva pika hranjenja – (tokom proljeća i jeseni), dok tokom ljeta pokazuje značajni pad prisustva hrane u želucu. Povećana učestalost ishrane tokom proljeća može biti posljedica veće dostupnosti plijena (prvenstveno zelenih žaba koje se pare u ovom periodu), ali možda ukazuje i na potrebu za intenzivnim hranjenjem nakon izlaska iz hibernacije (Luiselli i sar., 2005), dok je povećana učestalost ishrane tokom jeseni vjerovatno povezana sa pripremom masnih rezervi za hibernaciju. Veliku sličnost u sezonskom obrascu ishrane pokazuju rezultati istraživanja Gregory i Isaac (2004) za populaciju bjelouške u Engleskoj. Naime, engleska populacija, kao i populacija na Bardači, pokazuje povećanu učestalost hranjenja tokom proljeća i jeseni, kao i smanjenje učestalosti ishrane tokom ljeta. S druge strane, rezultati Luiselli i sar. (2005) pokazuju sličan obrazac povećane učestalosti ishrane tokom proljeća, kao i pad učestalosti hranjenja tokom ljeta, ali za razliku od rezultata istraživanja Gregory i Isaac (2004) kao i rezultata ovog rada, populacije u Italiji ne pokazuju trend ponovnog povećanja ishrane tokom jeseni. S druge strane, potpuno suprotan obrazac je zabilježen u drugim istraživanjima (Filippi i sar., 1996; Reading i Davies, 1996), gdje je utvrđena najmanja učestalost hranjenja bjelouške tokom ranog proljeća i jeseni. Ovo može najvjerovatnije biti uslovljeno različitim klimatskim karakteristikama koje uslovljavaju različitu dostupnost plijena tokom različitih sezona (Luiselli i sar., 2005), ali i posljedica nižih temperatura tokom proljeća i kasne jeseni na drugim istraživanim lokalitetima (Reading i Davis, 1996).

Učestalost hranjenja ribarice po izlasku iz hibernacije, nije bilo moguće utvrditi zbog nepristupačnosti terena (usljed visokog vodostaja tokom proljeća). Velenský i sar. (2011) navode da početak hranjenja ribarice može varirati od sezone do sezone u zavisnosti od klimatskih uslova (temperature, mutnoće vode i sl.). Tokom ljetnih mjeseci zapažena je slična učestalost ishrane ribarice na Vrbanji, kao i kod bjelouške na Bardači. Adultne ženke ribarice pokazuju značajnija sezonska variranja u učestalosti hranjenja, u odnosu na adultne mužjake koji imaju uniformniju učestalost hranjenja tokom sezone aktivnosti, što je utvrđeno i za populaciju ribarice u Austriji (Zimmermann i Fachbach, 1996). Kao i kod bjelouške na Bardači, kod adultnih ženki ribarice na Vrbanji uočena je najmanja učestalost hranjenja tokom završne faze gestacije (juni mjesec), da bi se nakon polaganja jaja učestalost ishrane adultnih ženki povećala. Kao i u drugim istraživanjima (Filippi i sar., 1996; Zimmermann i Fachbach, 1996) najmanju učestalost hranjenja adultnih ženki bjelouške tokom juna i jula, kao i ribarice tokom juna, možemo dovesti u vezu sa trudnoćom, budući da su ženke tokom

tih mjeseci bile vidno gravidne. Ovi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima drugih istraživanja koja takođe ukazuju da gravidne ženke viviparnih - *Thamnophis elegans* (Gregory i sar., 1999), *Nerodia taxispilota* (Mills, 2002), ali i oviparnih - *Natrix natrix* (Gregory i Isaac, 2004) i *Natrix tessellata* (Velenský i sar., 2011) zmija podporodice Natricinae rjeđe uzimaju hranu u odnosu na ženke koje nisu gravidne, tj. adultne ženke su anoreksične tokom trudnoće (Gregory i sar., 1999; Gregory i Isaac, 2004). Prema Gregory i sar. (1999) anoreksija tokom trudnoće je najvjerovatnije posljedica učestalijeg sunčanja, budući da je precizna termoregulacija ključna za razvoj embriona. Takođe, rezultati Madsena (1987) ukazuju da ženke tokom perioda gestacije imaju značajno veću učestalost sunčanja. S druge strane, budući da trudnoća može smanjiti lokomotorne sposobnosti usljed težine embriona/jaja (Shine, 1980), anoreksija može biti posljedica težeg hvatanje plijena. Takođe, anoreksija tokom trudnoće može biti posljedica fizičkih ograničenja: razvoj jaja/embriona smanjuje raspoloživi prostor u tjelesnoj duplji/želucu (Gregory i sar., 1999; Tuttle i Gregory, 2009). Bez obzira šta uzrokuje anoreksiju gravidnih ženki, dokazano je da se učestalost ishrane povećava nakon porođaja/polaganja jaja, a to je takođe praćeno promjenama u obrascima kretanja i termoregulatornom ponašanju (Gregory i sar., 1999). Rezultati ove teze, takođe, ukazuju na povećanje učestalosti ishrane nakon perioda polaganja jaja, što je u saglasnosti sa prethodno navedenim.

Drugi pik učestalosti hranjenja adultnih ženki bjelouške na Bardači je zabilježen tokom marta i aprila mjeseca, odnosno neposredno nakon izlaska iz hibernacije. Iako je veličina uzorka ribarice na Vrbanji u prvim mjesecima aktivnosti nakon izlaska iz hibernacije mala (maj mjesec), rezultati ukazuju na sličan obrazac drugog pika ishrane tokom proljeća. Povećana učestalost hranjenja tokom proljeća (nakon izlaska iz hibernacije) može biti uzrokovana zahtjevima za sakupljanje energije neophodne za predstojeće aktivnosti – aktivnosti povezane sa parenjem, priprema ženki za gestaciju i slično (Metzger i sar., 2011). Takođe, mogući razlog povećane učestalosti hranjenja adultnih ženki dvije vrste roda *Natrix*, nakon izlaska iz hibernacije, zabilježen u ovom istraživanju, može imati za cilj dostizanje određenog praga masnih rezervi koje su neophodne za pokretanje vitelogeneze. Veća učestalost hranjenja tokom proljeća zabilježena je i u drugim istraživanjima zmija podporodice Natricinae (Gregory i Isaac, 2004; Luiselli i sar., 2005; Tuttle i Gregory, 2009), dok je sa druge strane kod zmija vrste *Vipera latastei* dokazana najmanja učestalost ishrane tokom proljeća (Santos i sar., 2007). Ovo može biti posljedica različitih reproduktivnih

strategija (Bonnet i sar., 1998), te bi istraživanja u budućnosti trebalo usmjeriti u ovom pogledu.

Rezultati istraživanja sezonske učestalosti hranjenja mužjaka bjelouške na Bardači su u suprotnosti sa dosadašnjim istraživanjima (O'Donnell i sar., 2004), koja ukazuju da se mužjaci zmija nakon izlaska iz hibernacije rjeđe hrane, i da tokom ovog perioda usmjeravaju vrijeme i energiju na aktivno traganje za ženkama. Naime, na Bardači je zabilježeno da mužjaci, kao i ženke, imaju pojačano hranjenje po izlasku iz hibernacije, prije parenja. Ovo može biti posljedica nekoliko faktora: a) isušivanja velikog broja jezera na Bardači tokom perioda istraživanja (pogledati: opis istraživanog područja). Naime, isušivanje je vjerovatno dovelo do koncentrisanja zmija (oba pola) oko preostalih jezera, usljed čega mužjaci po izlasku iz hibernacije nisu imali potrebu da tragaju za ženkama, te su se učestalije hranili; b) budući da je za mužjake bjelouške dokazano da veličina tijela povećava reproduktivni uspjeh prilikom tzv. „pseudoborbi“ (Capula i Luiselli, 1997) pojačana ishrana po izlasku iz hibernacije i usmjeravanje energije na rast može voditi povećanju individualnog reproduktivnog uspjeha. Najmanja učestalost hranjenja adultnih mužjaka bjelouške je zabilježena tokom maja, što se može dovesti u vezu sa periodom parenja, koje je posmatrano dva puta na terenu početkom maja.

Zapažene statistički značajne razlike u učestalosti hranjenja subadultnih jedinki ribarice između analiziranih mjeseci najvjerovatnije odražavaju sezonske razlike u nivou vode i dostupnosti pogodnog plijena za svaku uzrasnu klasu (Capula i sar., 2011). Naime, tokom jula mjeseca, kada je uočen vrhunac hranjenja subadultnih jedinki, u plićoj vodi je zapaženo mnoštvo sitnije ribe koju subadultne jedinke vjerovatno usljed veće brojnosti i/ili ponašanja lakše hvataju tokom ovog perioda. S druge strane, neočekivana je najmanja učestalost hranjenja subadultnih jedinki tokom avgusta, budući da je nivo vode još uvijek nizak, a sitna riba dostupna. Međutim, ovo može biti posljedica prisustva mnoštva kupača i izletnika uz obale rijeka koji uznemiravaju zmije i/ili ribe, ili posljedica visoke temperature tokom avgusta usljed čega se aktivnosti zmija pomjeraju na sumrak (Mebert i sar., 2011b).

Analizom smjera gutanja plijena kod obje vrste, utvrđeno je postojanje značajnih razlika u zavisnosti od tipa plijena, tj. u zavisnosti od toga da li je plijen riba ili žaba. Riba su, kod obje analizirane vrste, značajno češće konzumirane od glave, dok je bjelouška značajno češće konzumirala žabe od zadnjih ekstremiteta. Češće unošenje riba od glave je zabilježeno i u prethodnim istraživanjima smjera gutanja kod ribarice (Ghira i sar., 2009; Metzger i sar., 2011). Razlog za češće unošenje riba od glave može ležati u činjenici da su koštane žbice u

perajima riba orijentisane od glave prema repu. Prema tome, ukoliko bi zmija počela gutati ribu od repa žbice u perajima bi mogle da ozlijede digestivni trakt predatora prilikom gutanja (Ghira i sar., 2009; Metzger i sar., 2011) a ukoliko je podignuto, peraje može pružati dodatni otpor i otežati čin gutanja. S druge strane, riba ima manju mogućnost bježanja ukoliko je uhvaćena od strane glave, što posebno može biti korisno prilikom gutanja krupnijih jedinki (Metzger i sar., 2011). Takođe, dužina trajanja ingestije je kraća ukoliko je riba progutana od glave (Ghira i sar., 2009), a samim time se smanjuje i vrijeme izloženosti zmije potencijalnim predatorima. Glaudas i sar. (2008) su takođe uočili da smjer ingestije plijena zavisi od tipa konzumiranog plijena kod vrste *Crotalus lutosus*. Zmije su uzimale sisare značajno češće od glave, nego guštere, koji su generalno manjeg dijametra, te zbog toga mogu biti lakše progutani bez obzira na pravac uzimanja. Gutanje sisara od glave može biti prednost i zbog toga što se prednji i zadnji ekstremiteti mogu lakše preklopiti prema tijelu pružajući manji otpor tokom konzumiranja, što smanjuje vrijeme gutanja (Glaudas i sar., 2008). Rezultati koje daje Mori (2005) ukazuju da smjer gutanja plijena zavisi od mjesta prvog ugriza, tj. ukoliko je prvi ugriz bio na prednjem kraju tijela plijen je gutan od glave i obrnuto. Mjesto prvog ugriza može biti u korelaciji sa strategijom koju zmija primjenjuje prilikom hvatanja plijena (Ananjeva i Orlov, 1982; Vitt i Caldwell, 2009; Metzger i sar., 2011). Naime, kod ribarice je posmatrano da prilikom hvatanja potočne mreke primjenjuje strategiju „sjedi i čekaj“ (eng. *sit-and-wait*), pri čemu joj ribe prilaze glavom, a ona se naglim pokretima izbacuje prema njima, te primjenom ove strategije mjesto prvog ugriza je vjerovatno glava, a samim time i smjer gutanja je od glave. S druge strane, jedina riba koju je ribarica na Vrbanji progutala od repa, ali i od glave, je balkanski vijun – *Cobitis elongatoides*. Budući da je ova vrsta posmatrana kako duže vrijeme miruje u dubljim vodi, a ribarica je posmatrana kako se aktivno kreće i palaca jezikom uz riječno dno, postoji mogućnost da ribarica ovu vrstu ribe hvata primjenom strategije „aktivnog tragača“ (eng. *active foragers*). Primjenom ove strategije, ribarica može prići vijunu sa prednje, ali i sa zadnje strane, te na taj način mjesto prvog ugriza određuje smjer ingestije. S druge strane, budući da bjelouška primjenjuje strategiju „aktivnog tragača“ (Ananjeva i Orlov, 1982; Janev Hutinec i Mebert, 2011) ona žabama prilazi od zadnjeg kraja tijela (kako u vodi, tako i na kopnu), a samim time mjesto prvog ugriza kao i smjer gutanja je od pozadi. Takođe, prednost gutanja žaba od zadnjeg kraja može biti njihovo lakše savlađivanje i imobilizacija. Naime, kada su žabe uhvaćene za glavu one se odupiru udarajući o zemlju zadnjim ekstremitetima, te ingestija krupnijih žaba od zadnjih ekstremiteta može pomoći zmiji da savlada odbrambene pokrete žaba i smanji rizik bježanja plijena (Mori, 2005). Takođe, postoji mogućnost da zmija gutanjem plijena od

krupnijeg kraja (ribe od glave, a žabe od zadnjeg kraja) „procjenjuju“ veličinu plijena i mogućnost njegovog unošenja, te na taj način štedi energiju koju bi potencijalno izgubila na regurgitaciju polovično unešenog plijena. Međutim, ova pretpostavka bi se morala potvrditi laboratorijskim eksperimentima.

Rezultati istraživanja ukazuju da ženke bjelouške, u odnosu na mužjake, značajno češće konzumiraju zelene žabe. Ovo sa jedne strane može biti posljedica fizičkih ograničenja (Shine, 1991b; Forsman i Lindell, 1993), tj. budući da su zmije zijevom ograničeni predatori, veličina glave određuje maksimalnu veličini plijena koji može biti unesen. S obzirom da je kod bjelouške utvrđen žensko pristrasan polni dimorfizam u veličini tijela (SSD), mužjaci zbog manje veličine tijela (ali i manjih vilica) nisu u mogućnosti da konzumiraju krupniji plijen, kao što su adultne žabe. S druge strane, aktivan izbor krupnijih stavki plijena od strane adultnih ženki zmija može biti zbog većih energetske potrebe (Shine, 1991b; Luiselli i sar., 1997; Santos i sar., 2000). Činjenica da su ženke bjelouške češće konzumirale žabe tokom proljeća, ukazuje na mogućnost da aktivnim izborom žaba ženke obezbjeđuju dodatnu energiju neophodnu za vitelogenezu. Navedenom ide u prilog i činjenica da su žabe konzumirane tokom proljeća uglavnom bile ženke ispunjene jajima, te kao takve imaju najveći sadržaj energije po jedinici mase (Cummins i Wuycheck, 1971), a žabe se usljed ispunjenosti jajima otežano kreću, te ih to čini lakše uhvatljivim. Aktivan izbor žaba od strane adultnih ženki tokom proljeća je zabilježeno i za srodnu vrstu *Natrix maura* (Santos i sar., 2000). Takođe, na terenu su ženke bjelouške češće posmatrane kako se sunčaju na obali, ali i hvatane dalje od vode, dok su mužjaci češće uočavani i hvatani u vodi. Međutim, da bi se govorilo o interseksualnim razlikama u izboru tipa staništa, kao uzroku polnih razlika u ishrani (Shine, 1986; Luiselli i Angelici, 1998; Shetty i Shine, 2002), neophodna su obimnija i preciznija istraživanja u budućnosti. Postojanje ekoloških razlika između polova zapaženo je kod adultnih jedinki vrste *Acrochordus arafurae* (Houston i Shine, 1993), a ogleda se u tome da se manji mužjaci hrane sitnijom ribom koju hvataju u plitkoj vodi, a krupnije ženke se hrane krupnijom ribom koju hvataju u dubljoj vodi. Takođe, Luiselli i Angelici (1998) opisuju sličnu ekološku situaciju za *Python regius*. Autori su zapazili da se mužjaci učestalije penju na drveće, u odnosu na ženke, usljed čega u ishrani češće konzumiraju arborealni plijen.

Ishrana ribarice u Evropi se uglavnom sastoji od riba (Filippi i sar., 1996; Gruschwitz i sar., 1999, Luiselli i sar., 2007; Šukalo i sar., 2014). Na području centralne Italije ova vrsta uglavnom konzumira ciprinidne vrste riba, a povremeno vodozemce: zelene žabe i punoglavce obične krastače (Luiselli i Rugiero, 1991; Zimmerman i Fachbach, 1996).

Međutim, procentualna zastupljenost riba u ishrani *N. tessellata* može značajno da varira (Weiperth i sar., 2014a; 2014b). Na području donjeg toka rijeke Vrbanje ribarica je isključivo piscivorna vrsta (100% učešće riba u njenoj ishrani), a najčešći plijen čine ribe iz porodice Cyprinidae – *Barbus balcanicus*, *Squalius cephalus* i *Alburnoides bipunctatus*, što je u saglasnosti sa rezultatima ishrane ove vrste zmija iz drugih geografskih područja (Filippi i sar., 1996; Zimmermann i Fachbach, 1996; Gruschwitz i sar., 1999; Luiselli i sar., 2007; Janev Hutinec i Mebert, 2011). Takođe, kao i u prethodnim istraživanjima, utvrđeno je da su gregarne vrste riba češći plijen u odnosu na solitarne vrste (Lusielli i sar., 2007; Capula i sar., 2011), kao i veći udio bentosnih riba u ishrani ribarice (Janev Hutinec i Mebert, 2011).

Za ženke obje analizirane vrste u ovom istraživanju je uočena pozitivna korelacija između dužine tijela i mase konzumiranog plijena, dok za mužjake nije utvrđeno postojanje ove korelacije. Brojna su istraživanja (Fitch, 1981; Shine, 1986; Santos i sar., 2000; Shetty i Shine, 2002) koja ukazuju da se ženke, kao krupniji pol, hrane krupnijim plijenom u odnosu na mužjake, što smanjuje intenzitet intraspecijske kompeticije. Prema Shine (1991b) ovo može biti posljedica nekoliko faktora. Kao prvo, usljed fizičkih ograničenja predatora (budući da su ženke krupniji pol i pokazuju veći raspon veličine tijela, kao i veći raspon veličine trofičkih struktura), veće zmije su u mogućnosti da savladaju i progutaju krupniji plijen. S druge strane, mužjaci zbog manjeg raspona veličine tijela, ali i trofičkih struktura, nisu u mogućnosti da savladaju krupniji plijen. Kao drugo, usljed aktivnog izbora plijena različite veličine, tj. veće zmije, usljed većih energetske potrebe biraju krupnije stavke plijena. Konačno, zmije različite veličine tijela se hrane na različitim mjestima unutar staništa te usljed toga susreću plijen različite veličine koji takođe naseljava različite dijelove tog istog staništa.

7.5. Faktori ugrožavanja i mjere zaštite

Slično kao i na globalnom nivou (Gibbons i sar., 2000), na istraživanim područjima glavni faktor ugrožavanja zmija roda *Natrix* predstavljaju gubitak i fragmentacija staništa, što je u direktnoj vezi sa antropogenim aktivnostima, prije svega usljed intenziviranja poljoprivrede i urbanizacije. Ovo je takođe u saglasnosti sa rezultatima Fillipi i Luiselli (2000) koji ističu da faktori povezani sa distribucijom tj. gubitak i fragmentacija staništa predstavljaju glavnu prijetnju za više od 50% vrsta zmija u Italiji. Gubitak staništa povlači za sobom gubitak resursa što ima za posljedicu smanjenje veličine lokalne populacije (Ranta i

sar., 2006). Međutim, posebnu zabrinutost predstavlja činjenica da se gubitak staništa, a time i smanjenje brojnosti lokalnih populacija, dešava u zaštićenom području. Naime, močvarno-barski ekosistem Bardača, bez obzira na to što je proglašen IBA (eng. Important Bird Area) područjem i Ramsarskim područjem, isušivanjem velikog broja jezera, preoravanjem nekadašnjeg dna i uzgojem poljoprivrednih kultura skoro je u potpunosti uništen, što se u velikoj mjeri odrazilo na populaciju bjelouške. Takođe, krčenje i paljenje okolne vegetacije, kao i direktno ubijanje zmija od strane lokalnog stanovništva predstavlja značajan antropogeni faktor mortaliteta bjelouške na Bardači.

Značajan faktor mortaliteta ribarice na Vrbanji predstavlja njihovo direktno ubijanje od strane lokalnog stanovništva, ali i kupaća tokom ljetnih mjeseci, pri čemu su ljudi najčešće uvjereni da se radi o šarki (*Vipera berus*) koja inače nije ni prisutna na području donjeg toka rijeke Vrbanje. Čak i u razvijenim zemljama (poput Sjedinjenih Američkih Država), veliki dio stanovništva ne razlikuje otrovne i potpuno bezopasne vrste zmija, te veliki broj jedinki potpuno bezopasne američke vodene zmije roda *Nerodia* biva ubijen usljed njihove zamjene sa zmijama otrovnicama koje inače žive u oblastima udaljenim stotinama kilometara (Shine, 1998). U cilju zaštite, neophodno je što prije započeti edukativne programe među lokalnim stanovništvom o bezopasnosti vrsta roda *Natrix*, njihovoj ekologiji i načinu njihovog razlikovanja od otrovnih zmija roda *Vipera* koje se mogu naći u njihovom okruženju. Rezultati istraživanja ukazuju na to da su gravidne ženke najosjetljivije i da stradaju u najvećem broju tokom ljetnih mjeseci. Stoga, pored lokalnog stanovništva ciljane grupa u edukaciji trebaju biti djeca školskog uzrasta, budući da je zapaženo da su upravo djeca najčešći posjetoci rijeke Vrbanje tokom ljetnih mjeseci. Edukacija djece na terenu kroz direktan kontakt sa zmijama kao i učešće lokalnog stanovništva može biti presudan korak za uspješnu konzervaciju zmija (Shine i Bonnet, 2009). Pored toga, budući da zmije roda *Natrix* nemaju naviku da grizu, one istovremeno mogu poslužiti kao idealan model-sistem za razbijanje predrasuda o zmijama kao opasnim životinjama.

Iako rezultati istraživanja ukazuju da su gustine populacija ove dvije vrste roda *Natrix* velike na području sjeverozapadnog dijela Republike Srpske, za definisanje konzervacionog statusa ribarice i bjelouške neophodno je utvrditi njihovu distribuciju širom Republike Srpske, intenzivirati istraživanja na drugim lokalitetima u cilju procjene gustine drugih lokalnih populacija, te nastaviti pratiti populacione trendove u budućnosti. Pored toga, neophodno je što prije početi primjenjivati trenutne važeće propise koji se odnose na zaštitu kako pojedinačnih jedinki, tako i njihovih staništa koja imaju status zaštite.

8. ZAKLJUČAK

Istraživanja u okviru ove teze su obuhvatila 217 jedinki vrste *Natrix natrix* (bjelouška) sa područja močvarno-barskog ekosistema Bardača i 379 jedinki vrste *Natrix tessellata* (ribarica) sa područja donjeg toka rijeke Vrbanje. Morfološka i populaciona istraživanja ribarice iz donjeg toka rijeke Vrbanje predstavljaju nastavak aktivnosti započetih 2011. godine, dok su sprovedena morfološka i populaciona istraživanja bjelouške sa Bardače prvi put realizovana na području Bosne i Hercegovine.

Ove dvije vrste pokazuju izražen polni dimorfizam, pri čemu su analizirani morfometrijski i meristički karakteri na sličan način polno dimorfni kod obje vrste. Uočeno je da ženke obje vrste imaju značajno veće apsolutne vrijednosti svih analiziranih morfometrijskih karaktera u odnosu na mužjake. Međutim, mužjaci imaju veću relativnu vrijednost dužine repa, kao i veći broj ventralnih i subkaudalnih krljušti. Mužjaci obje vrste imaju u prosjeku 10 subkaudalnih krljušti više nego ženke, dok mužjaci bjelouške imaju u prosjeku tri ventralne krljušti više u odnosu na ženke iste vrste, a mužjaci ribarice imaju u prosjeku pet ventralnih krljušti više u odnosu na ženke iste vrste, što je u skladu sa drugim istraživanjima polnog dimorfizma vrsta roda *Natrix*. Analiza kovarijanse (ANCOVA) je pokazala da kod adultnih jedinki obje istraživane vrste statistički značajne razlike između polova postoje samo za dužinu vilice (J) i dužinu repa (TL).

Korespondentna analiza merističkih osobina pileusa je pokazala da se bjelouška i ribarica međusobno značajno razlikuju u učestalosti stanja pojedinih osobina pileusa, te potvrdila značaj merističkih osobina pileusa u diskriminaciji na interspecifičkom nivou. Dobijeni rezultati takođe ukazuju da broj sublabijalnih pločica predstavlja dobar taksonomski karakter.

Rezultati diskriminantne analize pokazuju da se analizirane vrste roda *Natrix* međusobno najviše razlikuju u pogledu dužine vilice (J) i širine glave (HW), odnosno karaktera koji su u direktnoj vezi sa ishranom.

U uzrasnoj strukturi populacije bjelouške na Bardači dominiraju adultne jedinke ($\approx 74\%$) dok je najmanje jednogodišnjih zmija ($\approx 5,5\%$). U cjelokupnom uzorku adultnih jedinki odnos polova je pomjeren u korist ženki (1,4:1), ali razlika nije statistički značajna. Međutim, za adultne jedinke bjelouške utvrđene su statistički značajne razlike u odnosu polova po mjesecima ($\chi^2=12,4$; $df=4$; $p=0,014$), što ukazuje da polovi nisu jednako aktivni tokom godine. Procjenjena brojnost adultnih jedinki bjelouške na istraživanom dijelu

močvarno-barskog ekosistema Bardača iznosi $212,8 \pm 108,80$ jedinki (Schumacher–Eschmeyer-ov metod), odnosno 221 ± 95 jedinka (Jolly–Seber-ov metod), što pretvoreno u gustinu iznosi $\approx 8,1$ adultnih jedinki/ha.

U uzrasnoj strukturi uzorka populacije ribarice na rijeci Vrbanji najzastupljenije su adultne jedinke (51,7%) dok je najmanje jednogodišnjih zmija (10,8%). Za adultne jedinke ribarice odnos polova je značajno pomjeren u korist ženki, kako kod uhvaćenih ($2,4:1$; $\chi^2=17,94$; $p=0,000$), tako i kod ponovo uhvaćenih jedinki ($5,5:1$; $\chi^2=18,52$; $p=0,000$). Procijenjena brojnost adultnih jedinki na dijelu istraživanog toka rijeke Vrbanje iznosi $211,8 \pm 71,51$ jedinki (Shumacher–Eshmayer-ov metod), odnosno 335 ± 215 adultnih jedinki (Jolly–Seber-ov metod), što pretvoreno u linearnu gustinu iznosi ≈ 151 adultna jedinka/1 km riječnog toka, odnosno ≈ 239 adultnih jedinki/1 km riječnog toka.

Analizom ishrane bjelouške na Bardači uočeno je da ženke značajno češće konzumiraju zelene žabe (*Pelophylax* spp.) u odnosu na mužjake, kao i da su zelene žabe od strane ženki najčešće konzumirane tokom proljeća. Takođe, po prvi put su zabilježene intrapopulacione promjene u tipu konzumiranog plijena između dvije analizirane godine, nastale kao rezultat izraženog antropogenog uticaja, čime je potvrđena velika plastičnost u ishrani ove vrste i mogućnost lova alternativnog plijena koji je najbrojniji u datom momentu. Analizom smjera gutanja plijena uočeno je da bjelouška značajno češće konzumira zelene žabe od zadnjeg kraja tijela, dok su ribe značajno češće konzumirane od glave. Adultne ženke imaju veću učestalost hranjenja tokom proljeća i jeseni, dok je tokom ljeta (period gestacije) zabilježeno smanjenje učestalosti hranjenja. S druge strane, najmanja učestalost hranjenja adultnih mužjaka je zabilježena tokom perioda parenja (maj mjesec).

Analizom ishrane ribarice na rijeci Vrbanji utvrđeno je da se ona isključivo hrani različitim vrstama riba, pri čemu nisu zapažene statistički značajne razlike u tipu konzumiranog plijena između polova, niti između analiziranih godina. Analizom smjera gutanja plijena zapaženo je da ribarica na Vrbanji skoro isključivo konzumira ribe gutajući ih od glave. Adultne ženke ribarice imaju najmanju učestalost hranjenja tokom perioda gestacije (juni mjesec). Povećana učestalost hranjenja adultnih mužjaka ribarice je zabilježena od jula do septembra, a najmanja tokom juna mjeseca.

Kvalitativna i kvantitativna analiza ishrane je pokazala da ženke obje istraživane vrste konzumiraju krupniji i raznovrsniji plijen u odnosu na mužjake, pri čemu dominantan plijen ribarice na Vrbanji predstavlja potočna mrena (*Barbus balcanicus*), dok dominantan plijen bjelouški na Bardači predstavljaju zelene žabe (*Pelophylax* spp.), osim 2012. godine kada je kao dominantan plijen zabilježen američki somić (*Ameiurus nebulosus*).

Analizom reproduktivnih odlika bjelouške na Bardači uočeno je da ženke dostižu polnu zrelost pri 62,6 cm SVL, a mužjaci pri 48,5 cm SVL. Učestalost reprodukcije je anualna, a parenje je posmatrano početkom maja, dok se polaganje jaja odvija od sredine do kraja jula. Uočena je pozitivna korelacija između veličine tijela ženki i broja jaja. Broj jaja u uzorku populacije bjelouške na Bardači varira od osam do 28.

Analizom reproduktivnih odlika ribarice na Vrbanji uočeno je da ženke dostižu polnu zrelost pri 51,4 cm SVL, odnosno u četvrtoj godini života, dok za mužjake nije utvrđena dužina dostizanja polne zrelosti na terenu. Reprodukcijska je anualna, a period polaganja jaja varira od 5. do 20. jula u zavisnosti od temperature spoljašnje sredine tokom perioda gestacije. Broj jaja u uzorku populacije ribarice sa rijeke Vrbanje varira od pet do 19.

U ovoj tezi je po prvi put opisan rast ribarice na osnovu Von Bertalanffy-jevog modela, i utvrđen je odnos između dužine tijela i starosti jedinki. Ženke imaju veće apsolutne stope rasta u odnosu na mužjake, a kod oba pola jedinke mlađih uzrasnih kategorija se odlikuju bržim rastom, što je u saglasnosti sa istraživanjima srodnih vrsta porodice Natricinae.

Analizom kondicionog indeksa, za obje vrste obuhvaćene ovim istraživanjem, uočeno je da subadultni mužjaci imaju veće vrijednosti kondicionog indeksa u odnosu na ženke iste uzrasne klase, dok je kod adultnih jedinki zabilježen suprotan trend. Najveća vrijednost kondicionog indeksa adultnih mužjaka je zabilježena tokom jeseni, dok je najveća vrijednost kondicionog indeksa adultnih ženki zabilježena tokom ljeta.

Rezultati istraživanja ukazuju da glavni faktor ugrožavanja obje vrste predstavlja izražen antropogeni uticaj kroz uništavanje pogodnih staništa ali i direktno ubijanje najčešće usljed njihove zamjene sa zmijama otrovnicama. Iako se obje vrste odlikuju velikom brojnošću populacija na istraživanim lokalitetima, za definisanje konzervacionog statusa na području Republike Srpske neophodno je utvrditi njihovu distribuciju na cijelom području, kao i stanje drugih lokalnih populacija što ukazuje na neophodnost i značaj ovakvih i sličnih istraživanja u budućnosti.

9. LITERATURA

- Acipinar, H., Gaygusuz, O., Tarkan, A.S., Gursoy, C., Al, Z. (2006): Presence of invasive fish species, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) in the diet of the Dice Snake, *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768). Journal of Fisheries and Aquatic Science, 1: 213–217.
- Ahmadzadeh, F., Carretero, A.M., Mebert, K., Faghiri, A., Ataei, S., Hamidi, S., Böhme, W. (2011): Preliminary results on biological aspects of the grass snake, *Natrix natrix* in the southern coastal area of the Caspian Sea. Acta Herpetologica, 6(2): 209–221.
- Ajtić, R. (2016): Biologija i ekologija ribarice (*Natrix tessellata* Laurenti, 1768 (Reptilia: Serpentes, Colubridae), na ostrvu Golem Grad (Prespansko jezero, Republika Makedonija). Doktorska disertacija. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, 89 str.
- Ajtić, R., Tomović, Lj., Sterijovski, B., Crnobrnja Isailović, J., Djordjević, S., Djurakić, M., Golubović, A., Simović, A., Arsovski, D., Andjelković, M., Krstić, M., Šukalo, G., Gvozdenović, S., Aïdam, A., Michel, C., Ballouard, J.M., Bonnet, X. (2013): Unexpected life history traits in a very dense population of dice snakes. Zoologischer Anzeiger, 252: 350–358.
- Akçakaya, H.R., Burgman, M.A., Ginzburg, L.R. (1999): Applied Population Ecology: Principles and Computer Exercises Using Ramas® EcoLab 2.0. Second edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts, 285 pp.
- Alarcos, G., Álvarez-Collado, F., Flechoso, M.F., Madrigal, J., Lizana, M. (2009): Peces exóticos de la familia Centrarchidae, un peligro para *Natrix maura*. Boletín de la Asociación Herpetológica Española, 20: 95–97.
- Ananjeva, N.B., Orlov, N.L. (1982): Feeding behaviour of snakes. Vertebrata Hungarica, XXI: 25–31.
- Andersson, M. (1994): Sexual Selection. Princeton University Press, Princeton, 624 pp.
- Andrén, C., Nilson, G. (1983): Reproductive Tactics in an Island Population of Adders, *Vipera berus* (L.), with a fluctuating Food Resource. Amphibia-Reptilia, 4(1): 63–79.
- Anđelković, M. (2011): Uporedna analiza morfološke varijabilnosti i polnog dimorfizma ribarice (*Natrix tessellata*) iz dve populacije sa područja Republike Makedonije i Republike Srbije. Diplomski rad. Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet, 36 str.
- Anđelković, M., Tomović, Lj., Ivanović, A. (2016): Variation in skull size and shape of two snake species (*Natrix natrix* and *Natrix tessellata*). Zoomorphology, 135(2): 243–253.

- Arnold, E.N., Burton, J. (2002): A Field Guide to the Reptiles and Amphibians of Britain and Europe. 2nd Edition. Harper Collins Publishers, London, 272 pp.
- Arnold, S.J. (1993): Foraging theory and prey-size – predator-size relations in snakes. – In: Seigel, A.R., Collins, T.J. (eds.): Snakes: Ecology and Behavior. The University of Michigan, McGraw-Hill, New York: 87–115.
- Aubret, F., Bonnet, X., Shine, R., Lourdais, O. (2002): Fat is sexy for females but not males: The influence of body reserves on reproduction in snakes (*Vipera aspis*). *Hormones and Behavior*, 42: 135–147.
- Baker, J. (2011): *Natrix natrix* (grass snake): Egg-laying sites. *The Herpetological Bulletin*, 116: 34–35.
- Beaupre, J.S., Duvall, D., O'Leile, J. (1998): Ontogenetic Variation in Growth and Sexual Size Dimorphism in a Central Arizona Population of the Western Diamondback Rattlesnake (*Crotalus atrox*). *Copeia*, 1: 40–47.
- Beausoleil, N.J., Mellor, D.J., Stafford, K.J. (2004): Methods for marking New Zealand wildlife: amphibians, reptiles and marine mammals. Department of Conservation, Wellington, 147 pp.
- Beebee, T.J.C., Griffiths, R.A. (2000): Amphibians and Reptiles: A Natural History of the British Herpetofauna. HarperCollins Publishers, London, 270 pp.
- Bennett, D. (1999): Reptiles and Amphibians: Expedition Field Techniques. Royal Geographical Society with IBG. London, 94 pp.
- Bertona, M., Chiaraviglio, M. (2003): Reproductive Biology, Mating Aggregations, and Sexual Dimorphism of the Argentine Boa Constrictor (*Boa constrictor occidentalis*). *Journal of Herpetology*, 37(3): 510–516.
- Blouin-Demers, G., Weatherhead, J.P. (2007): Allocation of offspring size and sex by female black ratsnakes. *Oikos*, 116: 1759–1767.
- Bonnet, X., Bradshaw, D., Shine, R. (1998): Capital versus income breeding: an ectothermic perspective. *Oikos*, 83(2): 333–342.
- Bonnet, X., Lourdais, O., Shine, R., Naulleau, G. (2002): Reproduction in a typical capital breeder: costs, currencies, and complications in the aspic viper. *Ecology*, 83: 2124–2135.
- Bonnet, X., Naulleau G., Shine, R. (1999): The dangers of leaving home: dispersal and mortality in snakes. *Biological Conservation*, 89: 39–50.

- Bonnet, X., Naulleau, G., Shine, R., Lourdais, O. (2001): Short-term versus long-term effects of intake on reproductive output in a viviparous snake, *Vipera aspis*. *Oikos*, 89: 509–518.
- Bonnet, X., Shine, R., Lourdais, O., Naulleau, G. (2003): Measures of reproductive allometry are sensitive to sampling bias. *Functional Ecology*, 17: 39–49.
- Borczyk, B. (2004): Cause of mortality and bodily injury in grass snake (*Natrix natrix*) from the “Stawy Milickie” nature reserve (SW Poland). *Herpetological Bulletin*, 25: 22–26.
- Borczyk, B. (2007): The causes of intraspecific variation in sexual dimorphism in the common grass snake populations, *Natrix natrix* Linnaeus, 1758 (Serpentes, Colubridae): data from southwestern Poland. *Acta Zoologica Cracoviensia*, 50A: 9–13.
- Bosher, B.T., Newton, S.H., Fine, M.L. (2006): The spines of the Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*, as an anti-predator adaptation: an experimental study. *Ethology*, 112: 188–195.
- Boulenger, G.A. (2000): The Snakes of Europe. Dostupno na: www.herper.com/ebooks/.
- Bradfield, K.S. (2004): Photographic identification of individual Archey’s frogs, *Leiopelma archeyi*, from natural markings. DOC Science Internal Series 191. Department of Conservation, Wellington, 36 pp.
- Braña, F. (1998): *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758). – In: Ramos, M.A. (ed.): Fauna Ibérica. Vol. 10. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid: 454–466.
- Brecko, J., Vervust, B., Herrel, A., Van Dame, R. (2011): Head Morphology and Diet in the Dice Snake (*Natrix tessellata*). *Mertensiella*, 18: 20–29.
- Bronikowski, A.M. (2000): Experimental evidence for the adaptive evolution of growth rate in the garter snake *Thamnophis elegans*. *Evolution*, 54(5): 1760–1767.
- Bronikowski, A.M., Arnold, S.J. (1999): The evolutionary ecology of life history variation in the garter snake *Thamnophis elegans*. *Ecology*, 80: 2314–2325.
- Brown, G.P., Shine, R. (2006): Effects of nest temperature and moisture on phenotypic traits of hatchling snakes (*Tropidonophis mairii*, Colubridae) from tropical Australia. *Biological Journal of the Linnean Society*, 89: 159–168.
- Brown, G.P., Weatherhead, P.J. (1999b): Female distribution affects mate searching and sexual selection in male northern water snakes (*Nerodia sipedon*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 47: 9–16.
- Brown, G.P., Weatherhead, P.J. (1999a): Growth and sexual size dimorphism in northern water snakes (*Nerodia sipedon*). *Copeia*, 3: 723–732.

- Brown, G.P., Weatherhead, P.J. (2000): Thermal ecology and sexual size dimorphism in Northern Watersnakes, *Nerodia sipedon*. Ecological Monographs, 70: 311–330.
- Bruno, S., Maugeri, S. (1990): Serpenti d'Italia e d'Europa. Editoriale Giorgio Mondadori, Milano, 224 pp.
- Cafuta, V. (2011): First Report of Melanistic Dice Snakes (*Natrix tessellata*) in Slovenia. Mertensiella, 18: 442–444.
- Cakić, P., Hristić, Đ., (1987): The ichthyofauna of Pančevački Rit wetlands (Belgrade) with special reference to the allochthonous fish species. Bulletin of the Natural History Museum, Belgrade B 42: 103–118.
- Capula, M., Filippi, E., Rugiero, L., Luiselli, L. (2011): Dietary, thermal and reproductive ecology of *Natrix tessellata* in Central Italy: A synthesis. Mertensiella, 18: 147–153.
- Capula, M., Luiselli, L. (1997): A tentative review of sexual behavior and alternative reproductive strategies of the Italian colubrid snakes. Herpetozoa, 10: 107–119.
- Carlsson, M., Kärverno, S., Tudor, M., Sloboda, M., Mihalca, A. D., Ghira, I., Bel, L., Modrý, D. (2011): Monitoring a Large Population of Dice Snakes at Lake Sinoe in Dobrogea, Romania. Mertensiella, 18: 237–244.
- Carlsson, N.O.L., Sarnelle, O., Strayer, D.L. (2009): Native predators and exotic prey: an acquired taste? Frontiers in Ecology and the Environment, 7: 525–532.
- Chim, C.K., Diong, C.H. (2013): A mark-recapture study of a dog-faced water snake *Cerberus schneiderii* (Colubridae: Homalopsidae) population in Sungei Buloh wetland reserve, Singapore. The Raffles Bulletin of Zoology, 61(2): 811–825.
- Conelli, E.A., Nembrini, M., Mebert, K. (2011): Different habitat use of Dice Snakes (*Natrix tessellata*) among three populations in Canton Ticino, Switzerland – a radiotelemetry study. Mertensiella, 18: 100–116.
- Copp, G.H., Stakénas, S., Cucherousset, J. (2010): Aliens versus the natives: interactions between introduced Pumpkinseed and indigenous Brown Trout in small streams of southern England. American Fisheries Society Symposium, 73: 347–370.
- Cox, N.A., Temple, H.J. (2009): European Red List of Reptiles. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 32 pp.
- Cox, R.M., Butler, M.A., John-Alder, H.B. (2007): The evolution of sexual size dimorphism in reptiles. – In: Fairbairn, D.J., Blanckenhorn, W.U., Székely, T. (eds.): Sex, Size and Gender Roles: Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism. Oxford University Press, Oxford: 38–49.

- Crews, D., Diamond, M. A., Whittier, J., Mason, R. (1985): Small male body size in garter snakes depends on testes. *American Journal of Physiology*, 249: R62–R66.
- Cucherousset, J., Paillisson, J.M., Carpentier, A., Eybert, M.C., Olden, J.D. (2006): Habitat use of an artificial wetland by the invasive catfish *Ameiurus melas*. *Ecology of Freshwater Fish*, 15: 589–596.
- Cummins, K.W., Wuycheck, J.C. (1971): Caloric equivalents for investigations in ecological energetics. *Mitteilung Internationale Vereinigung fuer Theoretische unde Amgewandte Limnologie*, 18: 1–147.
- Declerck, S., Louette, G., De Bie, T., De Meester, L. (2002): Patterns of diet overlap between populations of non-indigenous and native fishes in shallow ponds. *Journal of Fish Biology*, 61: 1182–1197.
- Dorcas, M.E., Willson, J.D. (2009): Innovative methods for studies of snake ecology and conservation. – In: Mullin, S.J., Seigel, R.A. (eds): *Snakes: Ecology and Conservation*. Comstock Publishing, Ithaca, New York: 5–37.
- Drent, R.H., Daan, S. (1980): The prudent parent: energetic adjustments in avian breeding. *Ardea*, 68: 225–252.
- Duda, M., Grillitsch, H. Hill, J., Klepsch, R. (2007): Die Würfelnatter *Natrix tessellata* (LAURENTI, 1768) im Südlichen Wiener Becken und am Alpenostrand (Niederösterreich) (Squamata: Serpentes: Colubridae). *Herpetozoa*, 20: 35–56.
- Džukić, G. (1991): Vodozemci i gmizavci. Građa za faunu vodozemaca i gmizavca Durmitora (Amphibia – Reptilia). U: Nonveiller, G. (ur.): *Fauna Durmitora* 4. Crnogorska akademija nauka i umjetnosti, Titograd, 9–78.
- Džukić, G., Kalezić, M.L. (2004): The biodiversity of amphibians and reptiles in the Balkan Peninsula. – In: Griffiths H.I., Kryštufek, B., Reed, J.M. (eds.): *Balkan biodiversity: pattern and process in the European hotspot*. Kluwer, Dordrecht, 167–192.
- Đurović, E., Vuković, T., Pocrnjić, Z. (1979): Vodozemci Bosne i Hercegovine (ključ za određivanje). *Zemaljski muzej Bosne i Hercegovine*, Sarajevo, 94 str.
- Fauvel, T., Brischoux, F., Briand, M.J., Bonnet, X. (2012): Do researchers impact their study populations? Assessing the effect of field procedures in a long term population monitoring of sea kraits. *Amphibia-Reptilia*, 33: 365–372.
- Feriche, M., Pleguezuelos, J.M., Cerro, A. (1993): Sexual Dimorphism and Sexing of Mediterranean Colubrids Based on external Characteristics. *Journal of Herpetology*, 27(4): 357–362.

- Ferliche, M., Pleguezuelos, M.J., Santos, X. (2008): Reproductive Ecology of the Montpellier Snake, *Malpolon monspessulanus* (Colubridae), and Comparison with Other Sympatric Colubrids in the Iberian Peninsula. *Copeia*, 2: 279–285.
- Filippi, E., Capula, M., Luiselli, L., Agrimi, U. (1996): The prey spectrum of *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) and *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768) in sympatric populations (Squamata: Serpentes: Colubridae). *Herpetozoa*, 8: 155–164.
- Filippi, E., Luiselli, L. (2000): Status of the Italian snake fauna and assessment of conservation threats. *Biological Conservation*, 93(2): 219–225.
- Filippi, E., Luiselli, L. (2002): Crested Newts *Triturus carnifex* (Laurenti, 1768), form the bulk of the diet in high-altitude Grass Snakes *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758), of the central Apennines (Caudata: Salamandridae; Squamata: Serpentes). *Herpetozoa*, 15: 83–85.
- Filippi, E., Luiselli, L. (2003): Delayed reproduction in snakes subjected to human traditional rituals in central Italy. *Vie et Milieu / Life and Environment*, 53: 111–118.
- Fitch, H.S. (1981): Sexual Size Differences in Reptiles. University of Kansas, Museum of Natural History. Miscellaneous Publication, 70: 1–72.
- Fitch, H.S. (1985): Variation in clutch and litter size in New World reptiles. University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publications, 76: 1–76.
- Fitch, H.S. (1987): Collecting and life-history techniques. – In: Seigel, R.A. Collins, J.T. (eds.): *Snakes: ecology and evolutionary biology*. Mc-Graw-Hill, New York, 143–164.
- Fontenot, L.W., Noblet, G.P., Akins, J.M., Stephens, M.D., Cobb, G.P. (2000): Bioaccumulation of polychlorinated biphenyls in ranid frogs and Northern Water Snakes from a hazardous waste site and a contaminated watershed. *Chemosphere*, 40: 803–809.
- Ford, N.B., Seigel, R.A. (1989): Phenotypic plasticity in reproductive traits: evidence from a viviparous snake. *Ecology*, 70: 1768–1774.
- Fornasiero, S., Bonnet, X., Dendi, F., Zuffi, A.L.M. (2016): Growth, longevity and age at maturity in the European whip snakes, *Hierophis viridiflavus* and *H. carbonarius*. *Acta Herpetologica*, 11(2): 135–149.
- Forsman, A., Lindell, L.E. (1993): The advantage of a big head: swallowing performance in adders, *Vipera berus*. *Functional Ecology*, 7: 183–189.
- Gasc, J.P., Cabela, A., Crnobrnja-Isailovic, J., Dolmen, D., Grossenbacher, K., Haffner, P., Lescure, J., Martens, H., Martínez Rica, J.P., Maurin, H., Oliveira, M.E., Sofianidou, T.S., Veith, M., Zuiderwijk, A. (eds.) (1997): *Atlas of amphibians and reptiles in*

- Europe. Collection Patrimoines Naturels, 29, Societas Europaea Herpetologica, Muséum National d'Histoire Naturelle & Service du Patrimoine Naturel, Paris, 496 pp.
Dostupno na: http://www.seh-herpetology.org/Distribution_Atlas/Reptiles_in_Europe.
- Gašić, B., Dujaković, G. (2009): Ptice Bardače. Republički zavod za zaštitu kulturno-istorijskog i prirodnog nasljeđa, Banja Luka, 235 str.
- Gentilli, A., Zuffi, M.A.L. (1995): Structure of a *Natrix natrix* population from Northern Italy. – In: Llorente, G.A., Montori, A., Santos, X., Carretero, M.A. (eds.): Scientia Herpetologica. S.E.H., Barcelona, 241–243.
- Ghira, I., Butănescu, D., Marosi, B. (2009): Feeding behavior of the dice snake (*Natrix tessellata*). Herpetologica Romanica, 3: 1–7.
- Gibbons, J. W., Lovich, J. E. (1990): Sexual dimorphism in turtles with emphasis on the slider turtle (*Trachemys scripta*). Herpetological Monographs, 4: 1–29.
- Gibbons, J.W. (1990): Sex Ratios and Their Significance among Turtle Populations. – In: Gibbons, J.W. (ed.): Life History and Ecology of the Slider Turtle, Smithsonian Institution Press, Washington, 171–182.
- Gibbons, J.W., Dorcas, M.E. (2004): North American watersnakes: a natural history. University of Oklahoma Press, Norman, 438 pp.
- Gibbons, J.W., Greene, J.L. (1990): Reproduction in the Slider and Other Species of Turtles. – In: Gibbons, J.W. (ed.): Life History and Ecology of the Slider Turtle, Smithsonian Institution Press, Washington: 124–134.
- Gibbons, J.W., Scott, E.D., Ryan, J.T., Buhlmann, A.K., Tuberville, D.T., Metts, S.B., Greene, L.J., Mills, T., Leiden, Y., Poppy, S., Winne, T.C. (2000): The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. Bioscience, 50: 653–666.
- Glaudas, X., Jezkova, T., Rodríguez-Robles, J.A. (2008): Feeding ecology of the Great Basin Rattlesnake (*Crotalus lutosus*, Viperidae). Canadian Journal of Zoology, 86: 723–734.
- Golub, D., Dekić, R., Šukalo, G., Sidak, S., Lolić, S. (2012): Diverzitet faune riba nekih pritoka rijeke Vrbas u indikaciji kvaliteta vode. 41. konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda VODA 2012, Divčibare 5.-7. juni 2012. godine. Zbornik radova, 97–104.
- Green, A. (2001): Mass/length residuals: measures of body condition or generators of spurious results? Ecology, 82(5): 1473–1483.
- Gregory, P.T. (2004): Sexual dimorphism and allometric size variation in population of grass snakes (*Natrix natrix*) in southern England. Journal of Herpetology, 38: 231–240.

- Gregory, P.T., Crampton L.H., Skebo, K.M. (1999): Conflicts and interactions among reproduction, thermoregulation and feeding in viviparous reptiles: are gravid snakes anorexic? *Journal of Zoology*, 248: 231–241.
- Gregory, P.T., Isaac, A.L. (2004): Food Habits of the Grass Snake in Southeastern England: Is *Natrix natrix* a Generalist Predator? *Journal of Herpetology*, 38(1): 88–95.
- Gregory, P.T., Isaac, A.L. (2005): Close encounters of the worst kind: patterns of injury in a population of grass snakes (*Natrix natrix*). *Herpetological Journal*, 15: 213–219.
- Gregory, P.T., Isaac, L.A., Griffiths, R.A. (2007): Death Feigning by Grass snakes (*Natrix natrix*) in response to Handling by Human “Predators”. *Journal of Comparative Psychology*, 121(2): 123–129.
- Gregory, P.T., Larsen, K.W. (1993): Geographic variation in reproductive characteristics among Canadian populations of the common garter snake (*Thamnophis sirtalis*). *Copeia*, 4: 946–958.
- Gruschwitz, M. (1978): Untersuchungen zu Vorkommen und Lebensweise der Würfelnatter (*Natrix t. tessellata*) im Bereich der Flüsse Mosel und Lahn (Rheinland-Pfalz). *Salamandra*, 14(2): 80–89.
- Gruschwitz, M. (1986): Notes on the Ecology of the Dice Snake, *Natrix tessellata* Laur. in West-Germany. – In: Roček, Z., (ed.): *Studies in Herpetology. Proceedings of the European Herpetological meeting (3rd ordinary general meeting of the Societas Europaea Herpetologica)*, S.E.H., Prague, 499–502.
- Gruschwitz, M., Lenz, S., Mebert, K., Lanka, V. (1999): *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768) – Würfelnatter. – In: Böhme, W. (Ed.): *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas*, Vol. 3/Schlangen II. – AULA Verlag, Wiesbaden, Germany, 581–644.
- Gvozdenović, S. (2013): Morfološka varijabilnost i populaciono-ekološke karakteristike ribarice (*Natrix tessellata*) na području Skadarskog jezera. Magistarski rad. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet Crne Gore, 94 str.
- Gvozdenović, S., Schweiger, M. (2014): Melanism in *Natrix natrix* and *Natrix tessellata* (Serpentes: Colubridae) from Montenegro. *Ecologica Montenegrina*, 1(4): 231–233.
- Habiboğlu, T., Çiçek, K., Tok, C.V. (2016): A case of melanism in the Grass snake, *Natrix natrix* (L., 1758) (Reptilia: Colubridae) from Gökçeada (Imbros), Turkey. *Biharean Biologist*, 10(1): 60–61.
- Hailey, A., Davies, P.M.C. (1987a): Maturity, mating and age-specific reproductive effort of the snake *Natrix maura*. *Journal of Zoology*, 211: 573–587.

- Hailey, A., Davies, P.M.C. (1987b): Digestion, specific dynamic action and ecological energetics of *Natrix maura*. *Herpetological Journal*, 1: 159–166.
- Hampton, P.M. (2013): Feeding in natricines: relationships among feeding morphology, behavior, performance and preferred prey type. *Journal of Zoology*: 1–10.
- Herczeg, G., Szabó, K., Korsós, Z. (2005): Asymmetry and population characteristics in dice snakes (*Natrix tessellata*): an interpopulation comparison. *Amphibia-Reptilia*, 26: 422–426.
- Herrel, A., Vincent, S.E., Alfaro, M.E., Van Wassenbergh, S., Vanhooydonck, B., Irschick, D.J. (2008): Morphological convergence as a consequence of extreme functional demands: examples from the feeding system of natricine snakes. *Journal of Evolutionary Biology*, 21: 1438–1448.
- Horvatić, S. (1967): Fitogeografske značajke i raščlanjenje Jugoslavije. U: Horvatić, S. (ur.): *Analitička flora Jugoslavije*, 1(1): 23–61.
- Houston, D., Shine, R. (1993): Sexual dimorphism and niche divergence: feeding habits of the arafura filesnake. *Journal of Animal Ecology*, 62: 737–748.
- Houston, D., Shine, R. (1994): Movements and activity pattern of Arafura Filesnakes (Serpentes: Achrochordidae) in tropical Australia. *Herpetologica*, 50: 349–357
- Ivanović, A., Kalezić, M. (2009): Evolucionarna morfologija: teorijske postavke i geometrijska morfometrija. *Biološki fakultet, Beograd*, 216 str.
- Janev Hutinec, B., Mebert, K. (2011): Ecological partitioning between Dice Snakes (*Natrix tessellata*) and Grass Snakes (*Natrix natrix*) in Southern Croatia. *Mertensiella*, 18: 225–233.
- Jelić, D., Lelo, S. (2011): Distribution and status quo of *Natrix tessellata* in Croatia, Bosnia and Herzegovina. *Mertensiella*, 18: 217–224.
- Jolly, G.M. (1965): Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration - Stochastic model. *Biometrika*, 52: 225–247.
- Kammel, W., Mebert, K. (2011): Effects of Rehabilitation of the Polluted River System Mur in Styria, Austria, and Construction of Hydroelectric Power Plants on Fish Fauna and Distribution of the Dice Snake. *Mertensiella*, 18: 188–196.
- Kärvemo, S., Carlsson, M., Tudor, M., Sloboda, M., Mihalca, D.A., Ghira, I., Bel, L., Modrý, D. (2011): Gender differences in seasonal movement of Dice Snakes in Histria, Southeastern Romania. *Mertensiella*, 18: 245–254.
- King, B.R. (1993): Determinants of offspring number and size in the brown snake, *Storeria dekayi*. *Journal of Herpetology*, 27(2): 175–185.

- King, B.R. (2002): Predicted and observed maximum prey size – snake size allometry. *Functional Ecology*, 16: 766–772.
- King, B.R., (1989): Sexual dimorphism in snake tail length: sexual selection, natural selection, or morphological constraint? *Biological Journal of the Linnean Society*, 38: 133–154.
- King, R.B., Ray, J.M., Stanford, K.M. (2006): Gorging on gobies: beneficial effects of alien prey on a threatened vertebrate. *Canadian Journal of Zoology*, 84: 108–115.
- Kornis, M.S., Mercado-Silva, N., Vander Zanden, M.J., (2012): Twenty years of invasion: a review of Round Goby *Neogobius melanostomus* biology, spread and ecological implications. *Journal of Fish Biology*, 80: 235–285.
- Kottelat, M., Freyhof, J. (2007): Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, 646 pp.
- Kovačević, Z. (2015): Vascular Flora of Bardača Complex. *Agroznanje*, 16(2): 193–214.
- Krebs, C.J. (1999): *Ecological Methodology*, 2nd ed., Addison Wesley Educational Publishers, Menlo Park, California, 620 pp.
- Kreutzenberger, K., Leprieur, F., Brosse, S. (2008): The influence of the invasive Black Bullhead *Ameiurus melas* on the predatory efficiency of Pike *Esox lucius* L. *Journal of Fish Biology*, 73: 196–205.
- Kwet, A., Mebert, K. (2009): Würfelnatter *Natrix tessellata* (Laurenti, 1768). *Reptilia*, 47–50.
- Lenhardt, M., Markovic, G., Hegedis, A., Maletin, S., Cirkovic, M., Markovic, Z. (2011): Non-native and translocated fish species in Serbia and their impact on the native ichthyofauna. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21: 407–421.
- Lenz, S., Gruschwitz, M. (1993): Zur Autökologie der Würfelnatter, *Natrix tessellata* (Laurenti 1768) in Deutschland. *Mertensiella*, 3: 235–252.
- Lettink, M., Armstrong, D.P. (2003): An introduction to using mark-recapture analysis for monitoring threatened species. *Department of Conservation Technical Series*, 28A: 5–32.
- Litvinov, N., Bakiev, A., Mebert, K. (2011): Thermobiology and Microclimate of the Dice Snake at its Northern Range Limit in Russia. *Mertensiella*, 18: 330–335.
- Lourdais, O., Bonnet, X., Shine, R., Denardo, D., Naulleau, G., Guillon, M. (2002): Capital-breeding and reproductive effort in a variable environment: a longitudinal study of a viviparous snake. *Journal of Animal Ecology*, 71: 470–479.
- Lourdais, O., Bonnet, X., Shine, R., Taylor, E.N. (2003): When does a reproducing female viper (*Vipera aspis*) ‘decide’ on her litter size? *Journal of Zoology*, 259(2): 123–129.

- Luiselli, L. (1996): Individual success in mating balls of the grass snake, *Natrix natrix*: size is important. *Journal of Zoology*, 239: 731–740.
- Luiselli, L., Angelici, F.M. (1998): Sexual size dimorphism and natural history traits are correlated with intersexual dietary divergence in royal pythons (*Python regius*) from the rainforests of southeastern Nigeria. *Italian Journal of Zoology*, 65(2): 183–185.
- Luiselli, L., Capizzi, D., Filippi, E., Anibaldi, C., Rugiero, L., Capula, M. (2007): Comparative diets of three populations of an aquatic snake (*Natrix tessellata*, Colubridae) from Mediterranean streams with different hydric regimes. *Copeia*, 2: 426–435.
- Luiselli, L., Capula, M., Shine, R. (1997): Food habits, growth rates, and reproductive biology of Grass Snakes, *Natrix natrix* (Colubridae) in the Italian Alps. *Journal of Zoology*, 241: 371–380.
- Luiselli, L., Filippi, E., Capula, M. (2005): Geographic variation in diet composition of the Grass Snake (*Natrix natrix*) along the mainland and an island of Italy: the effects of habitat type and interference with potential competitors. *Herpetological Journal*, 15: 221–230.
- Luiselli, L., Madsen, T., Capizzi, D., Rugiero, L., Pacini, N., Capula, M. (2011): Long-term population dynamics in a Mediterranean aquatic snake. *Ecological Research*, 26: 745–753.
- Luiselli, L., Rugiero, L. (1991): Food niche partitioning by water snakes (genus *Natrix*) at a freshwater environment in central Italy. *Journal of Freshwater Ecology*, 6: 439–444.
- Luiselli, L., Rugiero, L. (2005): Individual reproductive success and clutch size of a population of the semi-aquatic snake *Natrix tessellata* from central Italy: Are smaller males and larger females advantaged? *Revue D Ecologie-La Terre Et La Vie*, 60: 77–81.
- Luiselli, L., Zimmermann, P. (1997): Thermal ecology and reproductive cyclicity of the snake *Natrix tessellata* in south-eastern Austria and central Italy: a comparative study. *Amphibia–Reptilia*, 18: 383–396.
- Madsen, T. (1983): Growth Rates, Maturation and Sexual Size Dimorphism in a Population of Grass Snakes, *Natrix natrix*, in Southern Sweden. *Oikos*, 40: 277–282.
- Madsen, T. (1984): Movements, Home Range Size and Habitat Use of Radio-Tracked Grass Snakes (*Natrix natrix*) in Southern Sweden. *Copeia*, 3: 707–713.
- Madsen, T. (1987): Cost of Reproduction and Female Life-History Tactics in a Population of Grass Snakes, *Natrix natrix*, in Southern Sweden. *Oikos*, 49(2): 129–132.

- Madsen, T., Shine, R. (1992): Determinants of reproductive success in female adders, *Vipera berus*. *Oecologia*, 92: 40–47.
- Madsen, T., Shine, R. (1993a): Phenotypic plasticity in body sizes and sexual size dimorphism in European grass snakes. *Evolution*, 47(1): 321–325.
- Madsen, T., Shine, R. (1993b): Male mating success and body size in European grass snakes. *Copeia*, 2: 561–564.
- Madsen, T., Shine, R. (1993c): Costs of reproduction in a population of European adders. *Oecologia*, 94: 488–495.
- Madsen, T., Shine, R., (1994): Costs of reproduction influence the evolution of sexual size dimorphism in snakes. *Evolution*, 52: 1389–1397.
- Manly, F.J.B. (1986): *Multivariate Statistical Methods: A Primer*. Chapman and Hall, New York, 215 pp.
- Martens, D. (1995): Population structure and abundance of grass snakes, *Natrix natrix*, in central Germany. *Journal of Herpetology*, 29(3): 454–456.
- Matthews, K.R., Knapp, R.A., Pope, K.L. (2002): Garter Snake distributions in high-elevation aquatic ecosystems: is there a link with declining amphibian populations and non-native trout introductions? *Journal of Herpetology*, 36: 16–22.
- Mebert, K. (2011a): Geographic Variation of Morphological Characters in the Dice Snake (*Natrix tessellata*). *Mertensiella*, 18: 11–19.
- Mebert, K. (2011b): Sexual Dimorphism in the Dice Snake (*Natrix tessellata*) from the Central Alps. *Mertensiella*, 18: 94–99.
- Mebert, K., Conelli, E.A., Nembrini, M., Schmidt, R.B. (2011a): Monitoring and Assessment of the Distribution of the Dice Snake in Ticino, Southern Switzerland. *Mertensiella*, 18: 117–130.
- Mebert, K., Henggeler, M. (2011): Unique Albino of Dice Snakes (*Natrix tessellata*). *Mertensiella*, 18: 441.
- Mebert, K., Trapp, B., Kreiner, G., Billing, H., Speybroeck, J., Henggeler, M. (2011b): Nocturnal Activity in *Natrix tessellata*, a Neglected Aspect of its Behavioral Repertoire. *Mertensiella*, 18: 234–236.
- Metzger, C., Christe, P., Ursenbacher, S. (2011): Diet Variability of Two Convergent Natricine Colubrids in an Invasive-Native Interaction. *Mertensiella*, 18: 86–93.
- Metzger, C., Ursenbacher, S., Christe, P. (2009): Testing the competitive exclusion principle using various niche parameters in a native (*Natrix maura*) and an introduced (*N. tessellata*) colubrid. *Amphibia–Reptilia*, 30: 523–531.

- Mills, M.S. (2002): Ecology and life history of the Brown Water Snake (*Nerodia taxispilota*). Ph.D. Dissertation, University of Georgia, Athens, Georgia, USA, 231 pp.
- Mills, M.S., Hudson, C.J., Berna, H.J. (1995): Spatial ecology and movements of the Brown Water Snake (*Nerodia taxispilota*). *Herpetologica*, 51: 412–423.
- Mollov, I. (2012): Another case of melanism in the Grass Snake *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) (Reptilia: Colubridae) from Bulgaria. *ZooNotes*, 28: 1–3.
- Mori, A. (2005): Is headfirst ingestion essential in gape-limited predators? Prey-handling behavior of the anurophagous snake *Rhabdophis tigrinus* (Colubridae). *Canadian Journal of Zoology*, 84: 954–963.
- Moss, R., Watson, A., Ollason, J. (1982): Animal population dynamics – outline studies in ecology. Chapman and Hall, London, 79 pp.
- Mullin, S.J., Imbert, H., Fish, J.M., Ervin, E.L., Fisher, R.N. (2004): Snake (Colubridae: *Thamnophis*) predatory responses to chemical cues from native and introduced prey species. *The Southwestern Naturalist*, 49: 449–456.
- Mushinsky, H.R., Hebrard, J.J., Vodopich, D.S. (1982): Ontogeny of water snake foraging ecology. *Ecology*, 63: 1624–1629.
- Naumov, B., Tomović, Lj. (2005): A case of melanism in *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) (Reptilia: Colubridae) in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 57 (2): 253–254.
- Naumov, B., Tzankov, N., Popgeorgiev, G., Stojanov, A., Kornilev, Y. (2011): The dice snake (*Natrix tessellata*) in Bulgaria: distribution and morphology. *Mertensiella*, 18: 288–297.
- Nedović, B., Lakušić, R., Kovačević, Z. i Marković, B. (2004). Raznoliki živi svijet. Život u močvari. Monografija. Urbanistički zavod Republike Srpska, Banjaluka, 88–97.
- Neumann, C., Mebert, K. (2011): Migration Behavior of Endangered Dice Snakes (*Natrix tessellata*) at the River Nahe, Germany. *Mertensiella*, 18: 39–48.
- O'Donnell, P.R., Shine, R., Mason, T.R. (2004): Seasonal anorexia in the male red-sided garter snake, *Thamnophis sirtalis parietalis*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 56: 413–419.
- Obratil, S. (1980/1981): Ekološki pristup utvrđivanju štetnosti ihtiofagnih ptica u ribnjacima Bardača. *Glasnik Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine u Sarajevu*, 19–20: 139–256.
- Ohlendorf, H.M., Hothem, R.L., Aldrich, T.W. (1988): Bioaccumulation of selenium by snakes and frogs in the San Joaquin Valley, California. *Copeia*, 3: 704–710.

- Olvido, A.E., Blumer, L.S. (2005): Introduction to mark-recapture census methods using the seed beetle, *Callosobruchus maculatus*. – In: O'Donnell, M.A. (ed.): Tested Studies for Laboratory Teaching. Proceedings of the 26th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE), 197–211.
- Parker, W.S., Plummer M.V. (1987): Population Ecology. – In: Seigel, R.A., Collins, J.T., Novak, S.S. (eds.): Snakes: Ecology and Evolutionary Biology. MacMillan, New York, 253–301.
- Pattishal, A., Cundal, D. (2008): Spatial Biology of Northern Watersnakes (*Nerodia sipedon*) Living along an Urban Stream. *Copeia*, 4: 752–762.
- Pattishal, A., Cundal, D. (2009): Habitat use by synurbic watersnakes (*Nerodia sipedon*). *Herpetologica*, 65(2): 183–198.
- Pešić, V., Tomović, Lj. (2010): Praktikum iz ekologije sa zadacima. Univerzitet Crne Gore, Podgorica, 108 str.
- Petit, E., Valiere, N. (2006): Estimating population size with noninvasive capture-mark-recapture data. *Conservation Biology*, 20: 1062–1073.
- Phillips, B.L., Shine, R. (2006): An invasive species induces rapid adaptive change in a native predator: Cane Toads and Black Snakes in Australia. *Proceedings of the Royal Society*, 273: 1545–1550.
- Pilgrim, A.M., Farrell, M.T., May, G.P., Vollman, R.M., Seigel, A.R. (2011): Secondary Sex Ratios in Six Snake Species. *Copeia*, 4: 553–558.
- Pizzatto, L., Marques, A.V.O. (2007): Reproductive ecology of Boine snakes with emphasis on Brazilian species and a comparison to pythons. *South American Journal of Herpetology*, 2: 107–122.
- Plummer, V.M. (1985): Growth and maturity in green snakes (*Opheodrys aestivus*). *Herpetologica*, 41(1): 28–33.
- Plummer, V.M. (1997a): Population ecology of green snakes (*Opheodrys aestivus*) revisited. *Herpetological Monographs*, 11: 102–123.
- Plummer, V.M. (1997b): Speed and endurance of gravid and nongravid green snakes, *Opheodrys aestivus*. *Copeia*, 1: 191–194.
- Pollock, K.H., Nichols, J.D., Brownie, C., Hines, J.E. (1990): Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildlife Monographs*, 107: 1–97.
- Radević, M. (2000): Ekološki i cenotički odnosi faune riba u srednjem i donjem toku Vrbasa i ribnjaku Bardači. Monografija. Prirodno-matematički fakultet, Banja Luka, 250 str.

- Radovanović, M. (1951): Vodozemci i gmizavci naše zemlje. Naučna knjiga, Beograd, 249 str.
- Radovanović, M., Martino, K. (1950): Zmije Balkanskog poluostrva. Srpska akademija nauka, Beograd, 46 str.
- Rajčević, V., Crnogorac, B.Č. (2011): Rijeka Vrbanja – Fiziogena svojstva sliva i riječnog sistema. “ARTPRINT”, Banja Luka, 276 str.
- Ranta, E., Lundberg, P., Kaitala, V. (2006): Ecology of Populations. Cambridge University Press, New York, 373 pp.
- Reading, C.J. (2004): The influence of body condition and prey availability on female breeding success in the smooth snake, *Coronella austriaca* Laurenti. Journal of Zoology, 264(1): 61–67.
- Reading, C.J., Davies, J.L. (1996): Predation by grass snakes (*Natrix natrix*) at a site in southern England. Journal of Zoology, 239: 73–82.
- Reading, C.J., Luiselli, L.M., Akani, G.C., Bonnet, X., Amori, G., Ballouard, J. M., Filippi, E., Naulleau, G., Pearson, D., Rugiero, L. (2010): Are snake populations in widespread decline? Biology Letters, 6: 777–780.
- Rivas, J.A., Burghardt, G.M. (2001): Understanding sexual size dimorphism in snakes: wearing the snake’s shoes. Animal Behaviour, 62: F1–F6.
- Ross, C., Reeve, N. (2003): Survey and census methods: population distribution and density. – In: Setchell, J.M., Curtis, D.J. (eds.): Field and Laboratory Methods in Primatology. Cambridge University Press, Cambridge: 90–109.
- Rossman, A.D., Ford, B.N., Seigel, A.R. (1996): The Garter Snakes: Evolution and Ecology. University of Oklahoma Press, London, 332 pp.
- Rossman, D.A., Eberle, W.G. (1977): Partition of the genus *Natrix*, with preliminary observations on evolutionary trends in natricine snakes. Herpetologica, 33: 34–43.
- Rugiero, L., Capula, M., Luiselli, L. (2002): Population structure and habitat use in relation to body size in the grass snake (*Natrix natrix*) from a fragmented habitat of Mediterranean central Italy. Ecologia Mediterranea, 28 (2): 59–64.
- Rutkayová, J., Biskup, R., Harant, R., Šlechta, V., Koščo, J. (2013): *Ameiurus melas* (Black Bullhead): morphological characteristics of new introduced species and its comparison with *Ameiurus nebulosus* (Brown Bullhead). Reviews in Fish Biology and Fisheries, 23: 51–68.

- Santos, X., Feriche, M., Leon, R., Filippakopoulou, A., Vidal-Garcia, M., Llorente, A.G., Pleguezuelos, M.J. (2011): Tail breaking frequency as an indicator of predation risk for the aquatic snake *Natrix maura*. *Amphibia-Reptilia*, 32: 375–383.
- Santos, X., García-Cardenete, L. (2005): Introducción de peces en ríos de la Cuenca Mediterránea: una amenaza para sus depredadores. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 16: 50–51.
- Santos, X., González-Solís, J., Llorente, A.G. (2000): Variation in the diet of the viperine snake *Natrix maura* in relation to prey availability. *Ecography*, 23: 185–192.
- Santos, X., Llorente, A.G. (2009): Decline of a common reptile: case study of the viperine snake *Natrix maura* in a Mediterranean wetland. *Acta Herpetologica*, 4(2): 161–169.
- Santos, X., Llorente, A.G., Pleguezuelos, M.J., Brito, C.M., Fahd, S., Parellada, X. (2007): Variation in the diet of the Lataste's viper *Vipera latastei* in the Iberian Peninsula: seasonal, sexual and size-related effects. *Animal Biology*, 57(1): 49–61.
- Santos, X., Llorente, G.A. (2004): Lipid dynamics in the viperine snake *Natrix maura* from the Ebro Delta. *Oikos*, 105: 132–140.
- Santos, X., Llorente, G.A., Feriche, M., Pleguezuelos, J.M., Casals, F., De Sostoa, A. (2005): Food availability induces geographic variation in reproductive timing of an aquatic oviparous snake (*Natrix maura*). *Amphibia-Reptilia*, 26: 183–191.
- Santos, X., Pleguezuelos, M.J., Brito, C.J., Llorente, A.G., Parellada, X., Fahd, S. (2008): Prey availability drives geographic dietary differences of a Mediterranean predator, the Lataste's viper (*Vipera latastei*). *Herpetological Journal*, 18: 16–22.
- Schmidt, B., Schaub, M., Anholt, R.B. (2002): Why you should use capture-recapture methods when estimating survival and breeding probabilities: on bias, temporary emigration, overdispersion, and common toads. *Amphibia-Reptilia*, 23: 375–388.
- Schumacher, F.X., Eschmeyer, R.W. (1943): The estimation of fish populations in lakes and ponds. *The Journal of the Tennessee Academy of Science*, 18: 228–249.
- Seber, G.A.F. (1965): A note on the multiple recapture census. *Biometrika*, 52: 249–259.
- Seigel, A.R., Fitch, S.H. (1985): Annual variation in reproduction in snakes in a fluctuating environment. *Journal of Animal Ecology*, 54: 497–505.
- Seigel, R.A., Ford, N.B. (1987): Reproductive Ecology. – In: Seigel, R.A., Collins, J.T., Novak, S.S. (eds.): *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*. MacMillan, New York, 210–252.

- Seigel, R.A., Ford, N.B. (1991): Phenotypic plasticity in the reproductive characteristics of an oviparous snake, *Elaphe guttata*: implications for life history studies. *Herpetologica*, 47: 301–307.
- Shetty, S., Shine, R. (2002): Sexual divergence in diets and morphology in Fijian sea snakes *Laticauda colubrina* (Laticaudinae). *Austral Ecology*, 27: 77–84.
- Shine, R. (1978): Sexual size dimorphism and male combat in snakes. *Oecologia*, 33: 269–277.
- Shine, R. (1980): "Costs" of Reproduction in Reptiles. *Oecologia*, 46: 92–100.
- Shine, R. (1986): Sexual differences in morphology and niche utilization in an aquatic snake, *Acrochordus arafurae*. *Oecologia*, 69: 260–267.
- Shine, R. (1989): Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. *The Quarterly Review of Biology*, 64: 419–461.
- Shine, R. (1991a): Intersexual dietary divergence and the Evolution of Sexual Dimorphism in Snakes. *The American Naturalist*, 138(1): 103–122.
- Shine, R. (1991b): Why do Larger Snakes Eat Larger Prey Items? *Functional Ecology*, 5(4): 493–502.
- Shine, R. (1993): Sexual Dimorphism in Snakes. – In: Seigel, A.R., Collins, T.J. (eds.): *Snakes: Ecology and Behavior*. The University of Michigan, McGraw-Hill, New York: 49–86.
- Shine, R. (1994): Sexual Size Dimorphism in Snakes Revisited. *Copeia*, 2: 326–346.
- Shine, R. (1998): Snakes. – In: Cogger H.G., Zweifel, R.G. (eds): *Encyclopedia of Amphibians and Reptiles*. Second Edition. Academic Press, San Diego, 174–211.
- Shine, R. (2012): Invasive species as drivers of evolutionary change: Cane Toads in tropical Australia. *Evolutionary Applications*, 5: 107–116.
- Shine, R., Bonnet, X. (2000): Snakes: a new 'model organism' in ecological research? – *Trends in Ecology and Evolution*, 15: 221–222.
- Shine, R., Bonnet, X. (2009): Reproductive Biology, Population Viability, and Options for Field Management in Snakes. – In: Mullin, J.S., Seigel, A.R. (eds.): *Snakes: Ecology and conservation*. Cornell University Press, Ithaca: 172–200.
- Shine, R., Bull, J.J. (1977): Skewed sex ratios in snakes. *Copeia*, 2: 228–234.
- Shine, R., Charnov, E.L. (1992): Patterns of survival, growth, and maturation in snakes and lizards. *American Naturalist*, 139: 1257–1269.
- Shine, R., Crews, D. (1988): Why Male Garter Snakes Have Small Heads: The Evolution and Endocrine Control of Sexual Dimorphism. *Evolution*, 42: 1105–1110.

- Shine, R., Olsson, M.M., Moore, I.T., LeMaster, M.P., Mason, R.T. (1999): Why do male snakes have longer tails than females? *Proceedings of the Royal Society B*, 266: 2147–2151.
- Shine, R., Olsson, M.M., Moore, I.T., LeMaster, M.P., Greene, M., Mason, R.T. (2000): Body size enhances mating success in male garter snakes. *Animal Behaviour*, 59: F4–F11
- Shine, R., Webb, J.K., Lane, A., Mason, R.T. (2006): Flexible mate choice: a male snake's preference for larger females is modified by the sizes of females encountered. *Animal Behaviour*, 71: 203–209.
- Smith, C.C., Fretwell, S.D. (1974): The optimal balance between size and number of offspring. *American Naturalist*, 108(962): 499–506.
- Stafford, D.P., Plapp, F.W., Fleet, R.R. (1976): Snakes as indicators of environmental contamination: relation of detoxifying enzymes and pesticide residues to species occurrence in three aquatic ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 5: 15–27.
- Stanford, M.K., King, B.R. (2004): Growth, Survival, and Reproduction in a Northern Illinois Population of the Plains Garter Snake (*Thamnophis radix*). *Copeia*, 3: 465–478.
- Sterijovski, B., Ajtić, R., Tomović, Lj., Djordjević, S., Djurakić, M., Golubović, A., Crnobrnja Isailović, J., Ballouard, J.M., Groumpf, F., Bonnet, X. (2011): *Natrix tessellata* on Golem Grad, FYR of Macedonia: a natural fortress shelters a prosperous snake population. *Mertensiella*, 18: 298–301.
- Šukalo, G. (2012): Morfološka varijabilnost i populacione karakteristike ribarice (*Natrix tessellata*) na području donjeg toka rijeke Vrbanje. Magistarski rad. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci, 74 str.
- Šukalo, G., Đorđević, S., Dmitrović, D., Tomović, Lj. (2012): Introduced fish *Ameiurus nebulosus* (Le Sueur, 1819): hazard to the Grass Snake *Natrix natrix* (Laurenti, 1768). Photo note. *Hyla Herpetological Bulletin*, 2: 41–42.
- Šukalo, G., Đorđević, S., Gvozdenović, S., Simović, A., Anđelković, M., Blagojević V., Tomović, Lj. (2014): Intra- and inter-population variability of food preferences of two *Natrix* species on the Balkan Peninsula. *Herpetological Conservation and Biology*, 9: 123–136.
- Taylor, N.E., Denardo, F.D. (2005): Sexual Size Dimorphism and Growth Plasticity in Snakes: an Experiment on the Western Diamond-Backed Rattlesnake (*Crotalus atrox*). *Journal of Experimental Zoology*, 303A: 598–607.

- Thorpe, R.S. (1984a): Geographic variation in the western grass snake (*Natrix natrix helvetica*) in relation to hypothesized phylogeny and conventional subspecies. *Journal of Zoology*, 203: 345–355.
- Thorpe, R.S. (1984b): Multivariate patterns of geographic variation between the island and mainland populations of the eastern grass snake (*Natrix natrix natrix*). *Journal of Zoology*, 204: 551–561.
- Tomović, Lj. (2000): Morfološke odlike poskoka (*Vipera ammodytes*) centralnog dela Balkanskog poluostrva. Magistarski rad. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu, 105 str.
- Tuniyev, B., Tuniyev, S., Kirschey, T., Mebert, K. (2011): Notes on the Dice Snake (*Natrix tessellata*) from the Caucasian Isthmus. *Mertensiella*, 18: 343–356.
- Tuttle, K.N., Gregory, P.T. (2009): Food habits of the Plains Garter Snake (*Thamnophis radix*) at the northern limit of its range. *Journal of Herpetology*, 43: 65–73.
- Uetz, P., Hošek, J. (2017): The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>, accessed February 21, 2017.
- Velenský, M., Velenský, P., Mebert, K. (2011): Ecology and Ethology of Dice Snakes (*Natrix tessellata*) in the City District Troja, Prague. *Mertensiella*, 18: 157–176.
- Viets, E.B., Ewert, M.A. Talent, G.L., Nelson, E.C. (1994): Sex-Determining Mechanisms in Squamate Reptiles. *The Journal of Experimental Zoology*, 270: 45–56.
- Vincent, S.E., Dang, P.D., Herrel, A., Kley, N.J. (2006): Morphological integration and adaptation in the snake feeding system: a comparative phylogenetic study. *Journal of Evolutionary Biology*, 19(5): 1545–1554.
- Vitt, J.L., Caldwell, P.J. (2009): *Herpetology*. Third edition. Elsevier, 713 pp.
- Von Bertalanffy, L. (1938): A Quantitative Theory of Organic Growth (Inquiries on Growth Laws. II). *Human Biology*, 10(2): 181–213.
- Vučijak, B. (2009): Projekat: Živjeti Neretvu (Living Neretva), k EU standardima u slivu Neretve, Bosna i Hercegovina. Faza III: Procjena ekološki prihvatljivog protoka za rijeke Trebižat i Vrbanja. Dostupno na: assets.panda.org/downloads/ef_report_2009_bh.pdf
- Vuković, D., Tursi, A., Carlucci, R., Dekić, R. (2008): Ichthyofauna of the wetland ecosystem in the Bardača area (Bosnia and Herzegovina). *Ribarstvo*, 66: 89–103.
- Vuković, T. (1977): Ribe Bosne i Hercegovine - ključ za određivanje. Svjetlost, Sarajevo, 205 str.
- Waye, H.L., Mason, R.T. (2008): A combination of body condition measurements is more informative than conventional condition indices: temporal variation in body condition

- and corticosterone in brown tree snake (*Boiga irregularis*). *General and Comparative Endocrinology*, 155: 607–612.
- Weatherhead, J.P., Madsen, T. (2009): Linking Behavioral Ecology to Conservation Objectives. – In: Mullin, J.S., Seigel, A.R. (eds.): *Snakes: ecology and conservation*. Comstock Publishing, Ithaca, New York, 149–171.
- Weatherhead, P.J., Brown, G.P. (1996): Measurement versus estimation of condition in snakes. *Canadian Journal of Zoology*, 74: 1617–1621.
- Webb, J.K., Whiting, M.J. (2005): Why don't small snakes bask? Juvenile broadheaded snakes trade thermal benefits for safety. *Oikos*, 110: 515–522.
- Weiperth, A., Gaebele, T., Potyó, I., Puky, M. (2014a): A global overview on the diet of the dice snake (*Natrix tessellata*) from a geographical perspective: foraging in atypical habitats and feeding spectrum widening helps colonization and survival under suboptimal conditions for a piscivorous snake. *Zoological Studies*, 53: 42.
- Weiperth, A., Potyó, I., Puky, M. (2014b): Diet Composition of the Dice Snake (*Natrix tessellata* Laurenti, 1768) (Reptilia: Colubridae) in the Danube River Catchment Area. *Acta Zoologica Bulgarica*, 7: 51–56.
- Werner, Y.L., Shapira, T. (2011): A brief review of Morphological variation in *Natrix tessellata* in Israel: between sides, among individuals, between sexes, and among regions. *Turkish Journal of Zoology*, 35(4): 451–466.
- Willis, L., Threlkeld, S.T., Carpenter, C.C. (1982): Tail loss patterns in *Thamnophis* (Reptilia: Colubridae) and the probable fate of injured individuals. *Copeia*, 1: 98–101.
- Willson, J.D., Hopkins, W.A. (2011): Prey morphology constrains the feeding ecology of an aquatic generalist predator. *Ecology*, 92: 744–754.
- Winne, T.C., Willson, D.J., Andrews, M.K., Reed, N.R. (2006): Efficacy of Marking Snakes with Disposable Medical Cautery Units. *Herpetological Review*, 37(1): 52–54.
- Zadravec, M., Lauš, B. (2011): Melanism variations in *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) and *Zamenis longissimus* (Laurenti, 1768) in Croatia. *Hyla Herpetological Bulletin*, 2: 39–42.
- Zimmermann, P., Fachbach, G. (1996): Verbreitung und Biologie der Würfelnatter, *Natrix tessellata tessellata* (Laurenti, 1768), in der Steiermark (Österreich). *Herpetozoa*, 8: 99–124.
- Zoltán, T.N., Korsós, Z. (2001): Morphological studies on grass snakes, *Natrix natrix* (L.) in a Hungarian population. – In: Lymberakis, P., Valakos, E., Pafilis, Mylonas, P.M. (eds.), *Herpetologia Candiana*. S.E.H., Irakleio, 107–114.

- Zuffi, A.L.M., Giudici, F., Ioalè, P. (1999): Frequency and effort of reproduction in female *Vipera aspis* from a southern population. *Acta Oecologica*, 20(6): 633–638.
- Žagar, A., Krofel, M., Govedič, M., Mebert, K. (2011): Distribution and Habitat Use of Dice Snakes (*Natrix tessellata*) in Slovenia. *Mertensiella*, 18: 207–216.
- Živkov, T.M., Raikova-Petrova, N.G., Trichkova, A.T. (2009): Population biology and ontogenetic allometry of *Testudo hermanni boettgeri* Mojsisovics, 1889, in a marginal population in Bulgaria (Testudines: Testudinidae). *Herpetozoa*, 22(1/2): 11–26.

Biografija autora

Goran Šukalo je rođen 09.02.1983. godine u Banjoj Luci, gdje je završio osnovnu i srednju školu. Prirodno-matematički fakultet u Banjoj Luci, Odsjek Biologija – nastavni smjer, je upisao 2002. godine. Diplomirao je 16.11.2007. godine, sa prosječnom ocjenom 9,00 i stekao stručno zvanje Profesor biologije. Školske 2008/2009. godine upisao je postdiplomske (magistarske) studije na smjeru Ekologija Studijskog programa Biologija na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci, koje je završio sa prosječnom ocjenom 10,00. Odbranom magistarskog rada 02.06.2012. godine pod nazivom „Morfološka varijabilnost i populacione karakteristike ribarice (*Natrix tessellata*) na području donjeg toka rijeke Vrbanje“ je stekao zvanje Magistar bioloških nauka.

Služi se engleskim jezikom.

Od 21.01.2008 – 31.08.2008. godine bio je zaposlen u Osnovnoj školi „Jovan Jovanović Zmaj“ u Srpcu, u svojstvu nastavnika biologije.

Od septembra 2008. godine izabran je za asistenta na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci na predmetima Ekologija i raznovrsnost hordata i Zoologija hordata, a od marta 2013. godine u svojstvu višeg asistenta na predmetima Zoologija hordata 1, Zoologija hordata 2, Ekologija i raznovrsnost hordata, Opšta zoologija 1 i Opšta zoologija 2. Jedan je od izvođača jednodnevne i višednevne Terenske nastave na prvoj, drugoj i trećoj godini studijskih programa Biologija i Ekologija i zaštita životne sredine.

Učestvovao je u tri naučna projekta. Koautor je 10 naučnih radova publikovanih u naučnim časopisima i 14 naučnih radova publikovanih na naučnim skupovima.

Izjava 1

IZJAVA O AUTORSTVU

**Izjavljujem
da je doktorska disertacija**

Naslov rada Populaciono-ekološke odlike i morfološka varijabilnost bjelouške (*Natrix natrix*) i ribarice (*Natrix tessellata*) na području sjeverozapadnog dijela Republike Srpske

Naslov rada na engleskom jeziku Population-ecological characteristics and morphological variability of the grass snake (*Natrix natrix*) and the dice snake (*Natrix tessellata*) in the northwestern part of the Republic of Srpska

- ☒ rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- ☒ da doktorska disertacija, u cjelini ili u dijelovima, nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- ☒ da su rezultati korektno navedeni i
- ☒ da nisam kršio/la autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

U Banjoj Luci 22.05.2017. godine

Potpis doktoranta



Izjava 2

Izjava kojom se ovlašćuje Univerzitet u Banjoj Luci da doktorsku disertaciju učini javno dostupnom

Ovlašćujem Univerzitet u Banjoj Luci da moju doktorsku disertaciju pod naslovom
Populaciono-ekološke odlike i morfološka varijabilnost bjelouške (*Natrix natrix*) i ribarice (*Natrix tessellata*) na području sjeverozapadnog dijela Republike Srpske
koja je moje autorsko djelo, učini javno dostupnom.

Doktorsku disertaciju sa svim priložima predao/la sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u digitalni repozitorijum Univerziteta u Banjoj Luci mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (*Creative Commons*) za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo
2. Autorstvo – nekomercijalno
- ③ 3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – dijeliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – dijeliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poledini lista).

U Banjoj Luci 22.05.2017. godine

Potpis doktoranta



Izjava 3

Izjava o identičnosti štampane i elektronske verzije doktorske disertacije

Ime i prezime autora Goran Šukalo

Naslov rada Populaciono-ekološke odlike i morfološka varijabilnost bjelouške (*Natrix natrix*) i ribarice (*Natrix tessellata*) na području sjeverozapadnog dijela Republike Srpske

Mentor dr Ljiljana Tomović, redovni profesor, Biološki fakultet Univerzitet u Beogradu

Komentor dr Dragojla Golub, vanredni profesor, Prirodno-matematički fakultet Univerzitet u Banjoj Luci

Izjavljujem da je štampana verzija moje doktorske disertacije identična elektronskoj verziji koju sam predao/la za digitalni repozitorijum Univerziteta u Banjoj Luci.

U Banjoj Luci 22.05.2017. godine

Potpis doktoranta