

Raznolikost malakofaune gornjeg toka rijeke Save

Konjuh, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:223118>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Petra Konjuh

RAZNOLIKOST MALAKOFAUNE GORNJEG TOKA RIJEKE SAVE

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

Ovaj rad, izrađen u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Jasne Lajtner, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra edukacije biologije i kemije.

Zahvaljujem mentorici doc. dr. sc. Jasni Lajtner na trudu i iznimnom strpljenju, korisnim savjetima te stručnoj pomoći koju mi je pružila tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Hvala mojim prijateljima koji su studentske dane učinili nezaboravnim i bili neizmjerena podrška tijekom cijelog studija.

Najveće hvala mojim roditeljima koji su mi omogućili fakultetsko obrazovanje i bez kojih sve ovo što sam dosad postigla ne bi bilo moguće! Hvala i mojoj sestri koja je uvijek bila tu!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

RAZNOLIKOST MALAKOFAUNE GORNJEG TOKA RIJEKE SAVE

Petra Konjuh

Rooseveltove trg 6, 10000 Zagreb

Cilj rada bio je odrediti raznolikost i strukturu zajednice slatkovodnih mekušaca gornjeg toka rijeke Save. Terensko istraživanje provedeno je tijekom lipnja i rujna 2012. godine na 16 postaja raspoređenih duž gornjeg toka rijeke. Puževi su određeni do razine vrste, a školjkaši do razine roda. Tijekom istraživanja ukupno je pronađeno 14 vrsta puževa te jedan rod školjkaša. Najveći broj vrsta mekušaca, njih pet, zabilježen je na postaji S-Med. Najzastupljenije vrste puževa su *Ancylus fluviatilis* i *Sadleriana fluminensis*. Analiza uzrasne strukture pokazala je da su na istraživanim postajama prisutne i juvenilne jedinke mekušaca. Provedena analiza funkcionalnih hranidbenih skupina mekušaca pokazala je da na većini postaja najveći udio imaju strugači nakon kojih slijede detritivori, izuzev dvije najnižvodnije postaje, gdje najveći udio imaju aktivni filtratori. Najviše vrijednosti Shannonovog i Simpsonovog indeksa raznolikosti zabilježene su na postajama S-Lju i S-Pas, dok su najniže vrijednosti ovog indeksa zabilježene na postaji SD-Šob. Rezultati klaster analize pokazuju jasno izdvajanje zajednice puževa na postaji S-Vrh od zajednice puževa na ostalim istraživanim postajama. Zaključno, rezultati ovog rada predstavljaju značajan doprinos poznavanju malakofaune gornjeg toka rijeke Save i polazna su osnova za buduća istraživanja.

(50 stranica, 21 slika, 3 tablice, 58 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: Gastropoda, Bivalvia, indeksi raznolikosti, funkcionalne hranidbene skupine

Voditelj: Doc. dr. sc. Jasna Lajtner

Ocjenitelji: Doc. dr. sc. Jasna Lajtner

Izv. prof. dr. sc. Ines Radanović

Izv. prof. dr. sc. Vesna Petrović Peroković

Rad prihvaćen: 04. veljače 2016.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation Thesis

DIVERSITY OF MALACOFAUNA OF THE UPPER COURSE OF THE SAVA RIVER

Petra Konjuh

Rooseveltovo trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The main objective of this study was to determine the diversity and community structure of freshwater molluscs of the upper course of the Sava river. Field research was conducted during June and September 2012 at 16 stations distributed along the upper course of the river. Snails are determined to species level and bivalves to genus level. During this study, a total of 14 snail species and one bivalve genus were found. The highest number of species, five, were recorded at station S-Med. The most common species of snails are *Ancylus fluviatilis* and *Sadleriana fluminensis*. Analysis of molluscs size classes showed that younger individuals are also present at investigated stations. Analysis of molluscs functional feeding guilds showed that dominated group is grazers followed by detritivores unless the last two stations were dominated group is active filtrators. Highest values of the Shannon and Simpson diversity indices were recorded at stations S-Lju and S-Pas, while the lowest values of the indices were determined at station SD-Šob. Results of the cluster analysis showed a clear separation of the snail communities at station S-Vrh and snail communities at other stations. Finally, results of this study represent a significant contribution to the knowledge of malacofauna of the upper course of the Sava River and will be a starting point for future research.

(50 pages, 21 figures, 3 tables, 58 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: Gastropoda, Bivalvia, diversity indices, functional feeding guilds

Supervisor: Dr. Jasna Lajtner, Asst. Prof.

Reviewers: Dr. Jasna Lajtner, Asst. Prof.

Dr. Ines Radanović, Assoc. Prof.

Dr. Vesna Petrović Peroković, Assoc. Prof.

Thesis accepted: 4th February, 2016

SADRŽAJ

1	UVOD	1
1.1	Puževi	1
1.1.1	Morfologija i anatomija puževa.....	1
1.1.2	Ekologija puževa	5
1.2	Školjkaši	7
1.2.1	Morfologija i anatomija školjkaša	7
1.2.2	Ekologija školjkaša.....	10
1.3	Ugroženost slatkovodnih mekušaca	10
1.4	Cilj istraživanja.....	11
2	PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	12
2.1	Opća obilježja rijeke Save	12
2.2	Područje uzorkovanja	13
3	MATERIJAL I METODE.....	16
3.1	Sakupljanje i laboratorijska obrada uzoraka.....	16
3.2	Obrada podataka.....	16
4	REZULTATI.....	19
4.1	Sastav i struktura zajednice mekušaca	19
4.1.1	Gustoća populacija mekušaca.....	23
4.1.2	Analiza dominantnosti vrsta mekušaca	24
4.1.3	Uzrasna struktura mekušaca	25
4.1.4	Funkcionalna hranidbena struktura zajednice mekušaca.....	31
4.1.5	Analiza sličnosti i raznolikosti zajednice mekušaca.....	33
4.2	Sastav i struktura zajednice makrozoobentosa	35
5	RASPRAVA.....	38
6	ZAKLJUČAK	43
7	LITERATURA.....	45
8	ŽIVOTOPIS	50

1 UVOD

Koljeno mekušci (Mollusca) predstavlja vrlo raznoliku skupinu životinja. Prema Bouchet (2007) do danas je opisano oko 81 000 vrsta od kojih su 55 000 morske vrste, 6 000 je slatkovodnih i 20 000 je kopnenih vrsta mekušaca, no pretpostavlja se da je ukupni broj vrsta znatno veći.

Razdijeljeni su u 7 razreda: bezljušturaši (Aplacophora), mnogoljušturaši (Polyplacophora), jednoljušturaši (Monoplacophora), koponošci (Scaphopoda), puževi (Gastropoda), školjkaši (Bivalvia) i glavonošci (Cephalopoda) (Habdija i sur., 2011).

1.1 Puževi

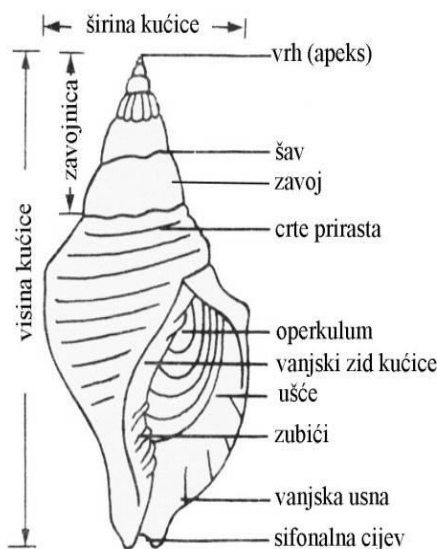
Razred puževi (Gastropoda) predstavlja najbrojniju skupinu mekušaca. Prvotno su bili isključivo morski organizmi no s vremenom se jedan dio puževa prilagodio životnim uvjetima u vodama na kopnu. Postepeno su naselili i samo kopno zahvaljujući nizu promjena u građi i funkciji dišnog sustava te su danas jedini predstavnici kopnenih mekušaca. Zajedničko obilježje im je zakretanje (torzija) utrobne vreće i plaštanog kompleksa tijekom embrionalnog razvoja. Recentni puževi podijeljeni su u dva podrazreda: Eogastropoda i Orthogastropoda (Ponder i Lindberg, 2008), ali i dalje se najčešće koristi stara podjela na tri podrazreda prema stupnju torzije: prednjoškržnjaci (Prosobranchia), stražnjoškržnjaci (Opisthobranchia) i plućnjaci (Pulmonata) (Habdija i sur., 2011).

1.1.1 Morfologija i anatomija puževa

Jedna od karakteristika puževa je njihova asimetrična građa. Na prednjem dijelu tijela je smještena glava na kojoj se nalaze oči, ticala i usta. Na trbušnoj strani je smješteno mišićavo stopalo dok je na leđnoj spiralno uvijena utroba obavijena plaštom. Stopalo je najčešće veliko i upadljivo te služi za puzanje, hvatanje plijena, razmnožavanje i obranu od predatora (Habdija i sur., 2011). U epidermi stopala nalaze se brojne žlijezde koje luče sluz što olakšava pokretanje po podlozi.

Plašt, koji obavija cijelo tijelo puža osim stopala i glave, luči vapnenačku ljušturu, odnosno kućicu puževa. Kućica (vanjski skelet) predstavlja šuplju strukturu koja je nastala savijanjem oko središnjeg potpornja (kolumela, vreteno). Kod nekih vrsta puževa kolumela je šuplji potporanj, koji s donje strane kućice ima otvor, pupak ili umbilikus (Matonićkin i sur., 1998). Osnovni dijelovi kućice su vrh (apeks), zavoji i otvor (ušće, apertura) (Slika 1). Ovisno o položaju ušća kućica može biti dešnjakinja (dekstrozna) ili ljevakinja (sinistrozna). Vrh

kućice je ujedno i najstariji dio za razliku od zadnjeg zavoja koji je najmlađi i najveći jer se zavoji pravilno povećavaju idući od vrha prema ušću. Kod vrsta koje se ukopavaju u podlogu na ušću kućice nalazi se produžetak (sifonalna cijev) kroz koju izlazi cjevasti produžetak plašta (sifo ili tulajica) koji omogućava stalan doticaj sa svježom vodom iznad podloge (Matoničkin i sur., 1998) (Slika 1).



Slika 1. Izgled i vanjska građa kućice puža (preuzeto iz Habdija i sur., 2011)

Pomoću kolumelnarnog mišića stopala, koji je vezan za kolumelu, puževi kroz ušće mogu uvući glavu i stopalo u kućicu. Kod puževa prednoškrznjaka ušće se može zatvoriti poklopcem (operkulum) od kalcijeva karbonata koji ima zaštitnu ulogu. Osim kolumelnarnog mišića veliku važnost ima i tarzalni mišić pomoću kojeg se puž pokreće (Habdija i sur., 2011).

Kućica je građena od tri sloja: periostracum (vanjski), oostracum (srednji) i hipostracum (unutranji). Periostracum je organski sloj izgrađen od bjelančevine konhiolin (konhin) dok su preostala dva sloja vapnenački (kalcit, aragonit) (Habdija i sur., 2011). Osnovna razlika između oostracuma i hipostracuma je usmjerenje kristala kalcijeva karbonata na površinu kućice. Oostracum je prizmatični sloj u kojem su kristali kalcijevog karbonata okomito usmjereni na površinu dok su u sedefastom sloju (hipostracum) poredani listićavo, jedan iznad drugog. Osim kristala kalcijeva karbonata u slojevima se nalazi i voda koja je, uz pigment koji se nalazi u periostracumu, zaslužna za različitu obojanost puževe kućice. Zbog razlike u indeksu loma svjetlosti između vode i listića kristala, na površini vapnenačke ljuštore dolazi

do nejednolikog odbijanja svjetlosnih zraka što je uzrok različite obojanosti kućice (Habdija i sur., 2011).

Disanje puževa se razlikuje od skupine do skupine. Vodeni puževi plinove izmjenjuju putem kože, ali imaju i organe za disanje koji se nazivaju ktenidije ili peraste škrge. Ovisno o skupini puževa mijenja se broj ktenidija. Primitivni prednjoškržnjaci imaju po jedan par ktenidija dok ostali prednjoškržnjaci i stražnoškržnjaci imaju samo po jedan ktenidij. Kod plućnjaka su ktenidije u potpunosti nestale te ulogu disanja preuzima prokrvljeni plašt ("pluća") gdje krvne žile preuzimaju kisik iz plaštane šupljine (prostor između plašta i tijela puža). Zrak ulazi u plaštanu šupljinu kroz dišni otvor (pneumostom) (Habdija i sur., 2011).

Za puževe je karakterističan otvoreni optjecajni sustav, tj. sustav u kojem se tjelesna tekućina iz krvnih žila prelijeva u hemocel (Habdija i sur., 2011). Hemocel kod puževa predstavljaju zatoni (veće šupljine oko organa) i lakune (manje šupljine unutar samih organa). Krvnim žilama teče hemolimfa, mješavina izvanstanične i tjelesne tekućine koja ima važnu ulogu u prijenosu hranjivih tvari, metaboličkih plinova i ekskreta. U neoksigeniziranom stanju je bezbojna tekućina, dok u oksigeniziranom poprima plavo obojenje. Važan respiratorni pigment kod većine puževa je hemocijanin koji u svojoj strukturi ima bakar koji je odgovoran za plavo obojenje oksigenizirane hemolimfe. Neki puževi umjesto hemocijanina imaju hemoglobin. Srce je smješteno u perikardu te je građeno od jedne klijetke i pretklijetki. Ovisno o skupini puževa varira broj pretklijetki pa je srce primitivnih prednjoškržnjaka građeno od dvije pretklijetke, a sve ostale skupine imaju po jednu pretklijetku. Oksigenizirana hemolimfa iz pretklijetki ide u klijetku odakle se krvnim žilama prenosi do lakuna/zatona gdje se odvija izmjena plinova. Stanice uzimaju kisik, a štetne plinove preuzima hemolimfa. Takva neoksigenizirana hemolimfa zatim iz zatona/lakuna krvnim žilama ide do ktenidija gdje se opet odvija izmjena plinova. Štetni plinovi se otpuštaju, a hemolimfa uzima kisik i tako oksigenizirana ide u pretklijetku pa u klijetku odakle nastavlja svoj put prema stanicama i organima (Habdija i sur., 2011).

Živčani sustav puževa sastoji se od 5 osnovnih parova ganglija: nadždrijelni (inerviraju glavu i usta), pedalni (inerviraju stopalo), pleuralni (inerviraju plašt), parijetalni (inerviraju škrge i dio plašta) i visceralni (inerviraju plaštanu utrobu) (Matonićkin i sur., 1998). Sekundarno, zbog torzije, živčani sustav postao je asimetričan (Habdija i sur., 2011.).

Torzija utrobne vreće i plaštanog kompleksa je jedinstveno obilježje svih puževa te se ona odvija za vrijeme embrionalnog razvoja, točnije u kasnijem stadiju razvitka veliger ličinke.

Odvija se u dva stupnja na način da se prvo utrobna vreća i plaštani kompleks zarotiraju za 90° te se zatim u drugom stupnju zarotiraju za još 90°. Konačan rezultat torzije je pomak organa plaštane šupljine sa stražnjeg dijela tijela na prednji dio što je izuzetno povoljno jer puževi na taj način dobivaju čistu vodu koja dolazi ispred glave. Također, torzija je zahvatila i živčani sustav na način da je došlo do ukriženja živčanih vrpca (Habdija i sur., 2011). Bitno je naglasiti da promjene koje su posljedice torzije nisu iste kod svih skupina puževa. Prema stupnju torzije, kao što je već ranije navedeno, recentne vrste se dijele na prednjoškržnjake (Prosobranchia), stražnjoškržnjake (Opisthobranchia) i plućnjake (Pulmonata) (Habdija i sur., 2004).

Puževi imaju dobro razvijena mehanička i kemijska osjetila. Najviše ih se nalazi na stopalu gdje su smješteni organi za ravnotežu (statocisti), i na ticalima gdje se nalaze oči. Kod vodenih puževa u blizini ktenidija se nalaze kemoreceptori (osfradiji) koji upravljaju strujanjem vode u plaštanoj šupljini (Matonićkin i sur., 1998).

Probavni sustav se razlikuje od vrste do vrste zbog razlika u načinu prehrane. Neki puževi su biljojedi, neki svejedi, a neki grabežljivci. Probava započinje u ustima koja su prekrivena usnim lapovima. Većina puževa u ustima ima čeljusti i par slinskih žlijezda koje osim služi (omekšavanje, lakši prolazak hrane) luče i enzime za razgradnju. Hrana iz usta zatim ide u ždrijelo na čijem početku je smještena trenica ili radula. Trenica je hitinska membrana na kojoj su u redovima poredani zubići (Habdija i sur., 2011). U svakom redu razlikuju se rahidijalni (središnji), lateralni (postrani) i marginalni (krajnji) zubići. Postoji više tipova trenice ovisno o rasporedu i tipu zubića. Trenica je smještena na hrskavičnoj podlozi (odontoforu). Hrana nakon ždrijela odlazi u jednjak gdje se djelovanjem sluzi i probavnih enzima nastavlja razgradnja. Jednjak je kod mnogih puževa proširen u volju u kojoj se odvija razgradnja celuloze. Daljnja razgradnja hrane odvija se u želucu pod djelovanjem probavnih žlijezda koje u želudac luče enzime i na taj način sudjeluju u ekstracelularnoj probavi. Osim ekstracelularne, probavne žlijezde sudjeluju i u intracelularnoj probavi na način da čestice hrane ulaze u njene kanaliće gdje ih fagocitiraju posebne stanice i dalje probavljaju u procesu endocitoze. Ostaci hrane koji se nisu razgradili izlaze van kroz crijevni otvor (Habdija i sur., 2011).

Produce metabolizma puževi iz tijela mogu izlučivati na više načina. Vodeni puževi putem kože, ktenidija ili metanefridija izlučuju amonijak koji je topljiv u vodi dok su kopneni puževi razvili sposobnost resorpcije vode i soli te tako nakupljaju mokraćnu kiselinu koja nije

otrovna i koju izlučuju iz tijela u krutom stanju (Habdija i sur., 2011). Primitivni prednjoškržnjaci imaju parne metanefridije dok svi ostali puževi imaju po jedan metanefridij. Metanefridij se još naziva i otvoreni nefridij jer se otvara trepetljivim lijevkom (nephrostom) u sekundarnu šupljinu, tj. u perikard kod puževa. Renoperikardijalna cijev se nadovezuje na lijevak te stvara žljezdani dio metanefridija na koji se nastavlja mokraćovod. Mokraćovod završava nefridioporum u plaštanoj šupljini ili u blizini dišnog otvora (Habdija i sur., 2011.).

I kod spolnog sustava prisutne su razlike u građi ovisno o skupini puževa. Prednjoškržnjaci su razdvojena spola te su kod njih utvrđene tri razine spolne organizacije. Prva razina podrazumijeva povezanost gonada i metanefridija dok se u drugoj razini kod mužjaka razvija kopulatorni organ, a kod ženki se proširuje urogenitalna cijev. Na trećoj razini se kod mužjaka formira sjemenovod te žlijezda prostata, a kod ženki se razvija sjemenno spremište (Matonićkin i sur., 1998). Za razliku od prednjoškržnjaka, stražnjoškržnjaci i plućnjaci su dvospolci, što znači da imaju dvospolnu žlijezdu (proizvodi i muške i ženske spolne stanice) na koju se nastavlja dvospolna cijev u koju se otvara bjelančevinasta žlijezda. Dvospolna cijev se grana na sjemenovod, koji ulazi u kopulatorni organ, i na jajovod koji završava u spolnom predvorju gdje se nalazi spremište za ljubavnu strelicu i sjemenno spremište. Nakon oplodnje, oplodena jajna stanica prolazi proces spiralnog brazdanja nakon kojeg se prvo razvija ličinka trohofora, a zatim veliger ličinka. Veliger ličinka na leđnoj strani ima začetak ljuštare, a na trbušnoj začetak stopala (Habdija i sur., 2011).

1.1.2 Ekologija puževa

Puževi su najrasprostranjenija skupina mekušaca. Pronađeni su na svim kontinentima izuzev Antarktike (Bouché, 2007; Strong i sur., 2008). Slatkovodni puževi su bentoski organizmi i specijalizirani su za život na određenim staništima kao što su na primjer vodena vegetacija, stijene i kamenje (Strong i sur., 2008).

Na sastav i strukturu zajednica slatkovodnih puževa utječu razni abiotički i biotički čimbenici. Abiotički čimbenici su temperatura, količina otopljenog kisika, pH vrijednost, salinitet, koncentracija kalcijevih iona, strujanje vode i supstrat, dok se u biotičke ubrajaju interakcije unutar same zajednice puževa (Glöer, 2002; Strong i sur., 2008).

Puževi su hladnokrvne životinje što znači da temperatura njihovog tijela ovisi o temperaturi okoline. U vodi su kolebanja temperature manja i sporija nego u zraku, a veličina variranja

smanjuje se povećavanjem volumena vode (Kerovec, 1986). Za razliku od stajaćica, u tekućicama su oscilacije temperature mnogo veće te se postepeno smanjuju idući od izvora prema ušću (Kerovec, 1986; Dillon, 2004). Potrebno je naglasiti da sve vrste puževa nisu podjednako osjetljive na promjene temperature. Jako niske vrijednosti temperature vode puževi preživljavaju na različite načine - zakopavanjem u sediment i hibernacijom dok neke vrste uspijevaju preživljavati aktivnim načinom života (Strong i sur., 2008).

Količina otopljenog kisika u vodi je od iznimne važnosti za preživljavanje svih vodenih organizama. U najvećoj mjeri kisik dolazi u vodu otapanjem iz atmosfere, što je naročito značajno za tekućice gdje je prozračivanje jako (Kerovec, 1986). Osim apsorpcijom iz zraka, u manjem udjelu kisik u vodu dospijeva i procesom fotosinteze. Temperatura vode izravno utječe na količinu otopljenog kisika u vodi - što je voda hladnija to će se u njoj otopiti više kisika i obrnuto. Gornji tokovi rijeka imaju niže temperature i više otopljenog kisika za razliku od donjih koji imaju više temperature i manje otopljenog kisika (Kerovec, 1986). Količina otopljenog kisika važna je prvenstveno za prednjoškržnjake jer za disanje koriste otopljeni kisik u vodi za razliku od plućnjaka koji imaju mogućnost odlaska na površinu vode i uzimanja atmosferskog kisika. Shodno tome, prednjoškržnjaci su u većem broju prisutni u tekućicama za razliku od plućnjaka koji više dolaze u stajaćim ili sporo tekućim vodama (Kerovec, 1986; Pfleger, 1999).

Puževi su jako tolerantni na promjene pH vrijednosti vode koje su posljedica kiselih kiša i otapanja vapnenca. Za vrstu *Galba tuncatula* zabilježen je raspon tolerancije za pH vrijednosti od donje granice 4,8 do optimalnih 6 (Glöer, 2002).

Salinitet, tj. prisutnost kloridnih iona u kopnenim vodama ima negativan utjecaj na slatkovodne puževe. Životnim uvjetima u bočatim vodama uspio se prilagoditi jako mali broj slatkovodnih puževa (Dillon, 2004). Rod *Teodoxus* te vrste *Radix balthica* i *Bithynia tentaculata* su primjeri puževa koji obitavaju i u bočatim vodama (Glöer, 2002).

Istraživanjima je dokazano da postoji veza između koncentracije kalcijevih iona u vodi i veličine puževe kućice. Puževa kućica je veća ukoliko je u vodi zastupljena veća koncentracija kalcijevih iona. Poznato je da puževi 80 % kalcija unose iz vode, a 20 % iz prehrane (Glöer, 2002).

Osim što se gornji i donji tokovi rijeka međusobno razlikuju u temperaturi i količini otopljenog kisika, razlikuju se i po brzini strujanja vode koja uvjetuje tip supstrata. Gornji tok

karakterizira veća brzina strujanja vode i krupniji supstrat (stijene) dok donji tok karakterizira manja brzina strujanja vode i sitniji supstrat (šljunak, mulj) (Kerovec, 1986). Da bi opstali u područjima velikog strujanja vode, puževi su razvili cijeli niz prilagodbi. Rodovi *Theodoxus* i *Ancylus* su primjeri slatkovodnih puževa koji dolaze u područjima veće brzine strujanja vode, čemu su se prilagodili posebnom strukturom kućice i širokim stopalom radi boljeg prljanja za podlogu (Glöer, 2002).

Većina puževa su biljojedi ili svejedi. Najčešće se hrane stružući alge i dijatomeje s listova vodenog bilja i kamenja (Strong i sur., 2008). Predatori slatkovodnih puževa su većinom ribe, patke, labudovi, štakori i ježevi (Glöer, 2002).

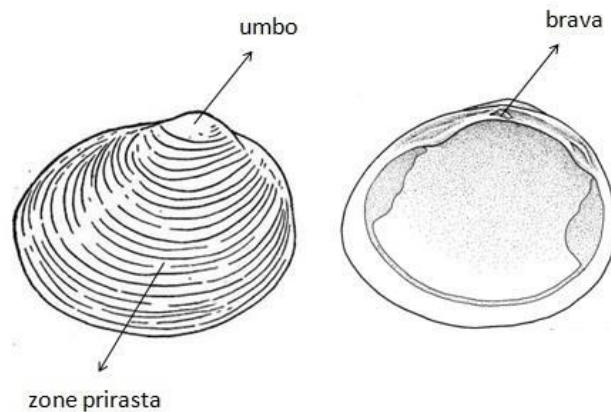
1.2 Školjkaši

Razred školjkaši (Bivalvia) obuhvaća sjedilačke ili polusjedilačke oblike morskih i slatkovodnih organizama. Sve životne funkcije školjkaša zasnivaju se na strujanju vode kroz plaštanu šupljinu (Habdija i sur., 2011). Jedna od najčešćih podjela školjkaša je podjela prema građi škrga na dva podrazreda: Protobranchia i Metabbranchia (Lamellibranchia) (Habdija i sur., 2011).

1.2.1 Morfologija i anatomija školjkaša

Tijelo mekušaca bilateralno je simetrično, bočno spljošteno i često produljeno (Habdija i sur., 2011). Smješteno je unutar dvije vapnenačke ljuštore koje izlučuje vanjski nabor plašta. Dvije ljuštore, lijeva i desna, na leđnoj strani su spojene ligamentom i tako tvore školjku. Kao i kod puževa, ljuštura je građena od 3 sloja: periostracum, oostracum i hipostracum (Habdija i sur., 2011).

Najstariji dio ljuštore je vrh ili umbo od kojeg se pravilno raspoređuju zone prirasta (Slika 2). Kod većine školjkaša pokraj ligamenta smještena je brava (izbočine i udubine) koja dodatno učvršćuje ljuštore. Prema građi brave školjkaši se mogu podijeliti na jednakozupke, raznozupke i bezupke. Školjka se otvara i zatvara zbog antagonističkog djelovanja ligamenta i mišića zatvarača (Habdija i sur., 2011).



Slika 2. Vanjska i unutrašnja građa ljušture (preuzeto i prilagođeno prema <http://mollusca-g2n.weebly.com/pisidium-amnicum.html>).

Prostor između plašta i utrobne vreće naziva se plaštana šupljina u kojoj su smješteni stopalo, škрге i drugi organi. Stopalo je najčešće sjekirastog oblika te je izbočeno prema prednjoj strani tijela radi lakšeg ukopavanja u sediment (Habdija i sur., 2011).

Školjkaši dišu pomoću parnih škrga ili ktenidija koje su smještene u plaštanoj šupljini. Prema građi škrga, kao što je već ranije navedeno, temelji se i sistemska raspodjela školjkaša u dva podrazreda: Protobranchia i Metabbranchia (Habdija i sur., 2011). Kod Protobranchia su razvijene jednostavne dvograne škрге smještene u stražnjem dijelu plaštane šupljine. Predstavnici ove skupine školjkaša škрге koriste isključivo za disanje. Školjkaše iz skupine Metabbranchia i karakteriziraju velike vlaknaste (nadred Filibranchia) i listićave škрге (nadred Eulamellibranchia) koje osim disanja, procesima procjeđivanja vode preuzimaju i ulogu prehrane. Septibranchia su zaseban red unutar Eulamellibranchia koji umjesto škrga imaju par vodoravnih mišićnih pregrada koje potiču strujanje vode kroz plaštanu šupljinu (Habdija i sur., 2011).

Isto kao i puževi, školjkaši imaju otvoreni optjecajni sustav koji osim uloge transporta krvi ima i ulogu potpornja prilikom ukopavanja u sediment. Kod većine školjkaša nisu prisutni respiratorni pigmenti (Habdija i sur., 2011). Srce školjkaša smješteno je u perikardu na leđnoj strani tijela i građeno je od jedne klijetke i dvije pretklijetke. Oksigenizirana hemolimfa iz pretklijetki ide u klijetku odakle se dvjema aortama odvodi do organa i stanica gdje se odvija izmjena plinova. Stanice uzimaju kisik, a štetne plinove preuzima hemolimfa. Takva deoksigenizirana hemolimfa odlazi do lakuna/zatona pa do metanefridija gdje se oslobađa štetnih tvari te dalje dovodnom škrgžnom žilom odlazi u škрге gdje se ponovno oksigenizira.

Oksigenizirana hemolimfa odvodnom škržnom žilom odlazi u pretklijetku pa u klijetku odakle nastavlja svoj put prema stanicama i organima. Produkte metabolizma školjkaši iz tijela izlučuju pomoću para metanefridija (Bojanusovi organi) koji su smješteni ispod osrčja. Osim ekskrecije, metanefridiji kod školjkaša imaju i ulogu osmoregulacije (Habdija i sur., 2011).

Za razliku od puževa, školjkaši imaju simetričan živčani sustav jer je kod njih došlo do procesa decefalizacije koji je posljedica sjedilačkog načina života. Živčani sustav sastoji se od cerebropleuralnih (srasli cerebralni i pleuralni gangliji), pedalnih, parijetalnih i visceralnih ganglija (Matoničkin i sur., 1998). Najveća koncentracija osjetila je na rubu plašta jer je upravo taj dio plašta najviše izložen podražajima iz okoliša. Na rubu plašta se većinom nalaze mehanoreceptori, kemoreceptori i fotoreceptori (jamičaste i mjehuraste oči). Osim na rubu plašta, osjetila se nalaze i na stopalu (statocisti i osfradiji), rubovima škrge i ustima (Habdija i sur., 2011)

Probava započinje u ustima koja su okružena usnim lapovima. Školjkaši nemaju ni čeljust ni radulu. Hrana iz usta dalje prolazi kroz jednjak u želudac gdje se odvija ekstracelularna (pomoću enzima) i intracelularna probava (u probavnoj žlijezdi). Neprobavljeni ostaci hrane zatim ulaze u crijevo koje prolazi kroz osrčje i klijetku (bez funkcionalne veze) i na kraju se otvara u suprabrahijalni prostor u plaštanoj šupljini (Habdija i sur., 2004).

Školjkaši su pretežito razdvojena spola. Gonade su vrlo velike i uglavnom smještene u gonocelu u utrobnoj vreći ispod osrčja (Habdija i sur., 2011). Kod većine školjkaša oplodnja je vanjska u slobodnoj vodi (morski školjkaši) ili u plaštanoj šupljini (slatkovodni školjkaši). Nakon oplodnje oplodena jajna stanica prolazi proces brazdanja nakon kojeg se razvija ličinka trohofora na čijoj leđnoj strani se nalazi žlijezda iz koje će se razviti ljuštura. Iz trohofore se kod morskih školjkaša razvija slobodno plivajuća veliger ličinka koja na leđnoj strani ima ljušturu, a na trbušnoj stopalo. Iz veliger ličinke se razvija mladi školjkaš nakon što nađe pogodnu podlogu. Kod slatkovodnih školjkaša (npr. rod *Anodonta*, *Unio*) se nakon ličinke trohofore razvija nametnička ličinka glohidija koja za svoj daljnji razvoj zahtijeva domadara (npr. ribe). Nakon što se pričvrstila na škrge ili peraje domadara, ličinka započinje proces preobrazbe u mladog školjkaša koji nakon nekog vremena pada na dno i započinje samostalan život (Habdija i sur., 2011).

1.2.2 Ekologija školjkaša

Školjkaši su najčešći stanovnici mora, ali u nešto manjem broju ih nalazimo i u kopnenim vodama. Za razliku od puževa školjkaši su uglavnom polusjedilački oblici. Raspon veličina školjkaša jest od nekoliko milimetara do preko jednog metra i mase od 300 kilograma (*Tridacna gigas*) (Habdija i sur., 2011). Slatkovodni školjkaši u najvećoj mjeri preferiraju muljevito-pjeskoviti supstrat u čistoj, dobro oksigeniziranoj sporo tekućoj vodi (Killeen i sur., 2004). Žive ukopani u sediment pri čemu im sifo ili tulajica omogućava komunikaciju s površinom. Zakopavanjem u sediment, školjkaši se štite od grabežljivaca. Zakopavanje se obavlja djelovanjem mišića u stopalu, mišića zatvarača, mišića retraktora stopala i hemocelnih zatona (Habdija i sur., 2011). Za razliku od slatkovodnih, neki morski školjkaši žive pričvršćeni za podlogu (bisusnim nitima ili cementom). Osim sjedilačkih i polusjedilačkih oblika, postoje i slobodno pokretni oblici školjkaša (Habdija i sur., 2011). Oni se, kao i slatkovodni, pokreću pomoću stopala, a neke vrste (npr. *Pecten jacobaeus*) za „plivanje“ koriste vodeni mlaz koji nastane kada se ljuštura naglo zatvori.

Zbog filtracijskog načina prehrane školjkaši imaju značajnu ulogu u održavanju kvalitete vode, tj. u procesu njezinog pročišćavanja (Kerovec, 1986).

Jedan od glavnih uvjeta koji mora biti zadovoljen je dostatna količina kalcijevih iona u vodi za izgradnju ljuštura i životne procese školjkaša (Pfleger, 1999). Poznato je da neke vrste, kao što su *Unio tumidus* i *Pisidium tenuilinetum*, obitavaju samo u vodama koje su bogate kalcijevim ionima.

Neke vrste školjkaša su neosjetljive na kiselost vode pa ih možemo pronaći u područjima sa širokom rasponom pH vrijednosti (pripadnici roda *Pisidium*). Jedina vrsta školjkaša koja dolazi u mekoj vodi s pH vrijednosti od 5,5 do 7 je *Margaritifera margaritifera* (Killeen i sur., 2004).

Mali broj školjkaša su nametnici i komenzali, uglavnom na bodljikašima, mnogočetinašima, rakovima i spužvama (Habdija i sur., 2011).

1.3 Ugroženost slatkovodnih mekušaca

Slatkovodni mekušci jedna su od najugroženijih skupina životinja. Smatra se da čak 42 % životinja izumrlih nakon 1500. godine pripada mekušcima (260 vrsta puževa i 31 vrsta školjkaša) (Lydeard i sur., 2004).

Najčešći razlog izumiranja mekušaca je gubitak i fragmentacija staništa zbog poljoprivrednog i urbanog razvoja (Bogan, 2000; Fahrig, 2003; Lydeard i sur., 2004; Strong i sur., 2008). Najznačajniji uzroci ugrožavanja staništa su hidromorfološke promjene na samom toku rijeke (izgradnja brana, kanaliziranje rijeka) kojima se umjesto rijeke bogate raznolikim tipovima staništa dobiva jednoličan tok (Bogan, 1998; McAllister i sur., 2000), a stanište gubi na svojoj heterogenosti (Kileen i sur., 2004). Osim gubitka staništa, izgradnja brana uzrokuje smanjenje broja riba, a samim tim i smanjenje broja slatkovodnih školjkaša koji za razvoj svoje ličinke trebaju ribe kao domadare (McAllister i sur., 2000; Kileen i sur., 2004; Cuttelod i sur., 2011).

Slatkovodni mekušci su iznimno osjetljivi i na temperaturne promjene (učestalost i intenzitet suše), kvalitetu vode (fekalije, pesticidi, rudarski otpad) i ekstremne pojave kao što su poplave koje mogu uzrokovati pomicanje razine sedimenta što negativno utječe na najsitnije vrste mekušaca (Cuttelod i sur., 2011).

Prisutnost široko rasprostranjenih invazivnih vrsta za sada nema značajan utjecaj na slatkovodne vrste mekušaca (utječu na manje od 5 % vrsta) (Cuttelod i sur., 2011). Primjer invazivne vrste školjkaša je *Corbicula fluminea* koja ukopavanjem u supstrat mijenja staništa za autohtone školjkaše (Kileen i sur., 2004).

1.4 Cilj istraživanja

Istraživanje malakofaune gornjeg toka rijeke Save ima za cilj:

- odrediti sastav zajednice mekušaca;
- utvrditi gustoću njihovih populacija;
- utvrditi uzrasnu strukturu vrsta;
- provesti analizu funkcionalnih hranidbenih grupa mekušaca;
- usporediti zastupljenost mekušaca u odnosu na ostale skupine makrozoobentosa.

2 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

2.1 Opća obilježja rijeke Save

Rijeka Sava, ukupne duljine 945 km, protječe kroz Sloveniju, Hrvatsku, Bosnu i Hercegovinu te Srbiju. Nastaje spajanjem Save Dolinke i Save Bohinjke kod mjesta Radovljica. Sava Dolinka izvire u Julijskim Alpama, ponire pa zatim nakon 5 km opet izvire kao Sava Dolinka na izvoru Zelenci kod mjesta Rateče, a Sava Bohinjka izvire iz Bohinjskog jezera pokraj Lencova. Zajedno sa Savom Dolinkom duljina rijeke iznosi 990 km (Milačić i sur., 2015). Ulijeva se u Dunav kod Beograda, i pripada crnomorskom slijevu. Sava je treći najveći i ujedno vodom najbogatiji pritok Dunava (Milačić i sur., 2015).

U duljini od 2 km rijeka Sava određuje granicu Slovenije i Hrvatske, a u duljini od 311 km granicu Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Po svom izvorišnom dijelu, Sava je alpska rijeka (Šafarek, 2011) dok nakon granice Slovenije i Hrvatske poprima nizinski karakter. Plovna je u duljini od 593 km od Siska do Beograda. Sava je kroz povijest povezivala velike gradove i industrijska središta što je za posljedicu imalo znatna onečišćenja ove rijeke. Treba naglasiti da su se onečišćenja u poslijeratnom vremenu smanjila, zahvaljujući modernizaciji mehanizama za pročišćavanje otpadnih voda čime se postepeno i povećavala kvaliteta vode rijeke Save (Šafarek, 2011).

Gledajući ekološke čimbenike, tok Save može se podijeliti na gornji, srednji i donji. Gornji tok obuhvaća prostor od mjesta nastajanja rijeke pa do ušća Sutle, srednji dio toka je od ušća Sutle do Stare Gradiške, a donji nizvodno od Gradiške do ušća u Beogradu (Čaleta, 2007). Najvažniji pritoci u gornjem toku rijeke Save su: Kokra, Kamniška Bistrica i Savinja (s lijeve strane) i Sora, Ljubljana i Krka (s desne strane) (Analiza sliva rijeke Save, 2010). S obzirom na reljefne karakteristike svojeg porječja, desni pritoci su joj znatno snažniji od lijevih (Šafarek, 2011). Nadalje, Sava ima obilježja velike rijeke visinskog i srednjeg toka-veliki uzdužni pad te brzi protok neznatne i vrlo promjenjive dubine (Šafarek, 2011).

Specifičnost gornjeg toka rijeke Save je snježno-kišni režim (alpska klima) i manja količina padalina naspram veće u srednjem i donjem toku (Kerovec, 1986). Još jedna od karakteristika gornjeg toka rijeke je i iskorištavanje hidroenergetskog potencijala (HE Vrhovo, HE Boštanj, HE Blanca, HE Krško, HE Brežice HE Medvode i dr.) kojim Slovenija pokrije više od 5 % potreba za električnom energijom.

Sliv rijeke Save je veoma značajan zbog raznolikosti krajolika i biodiverziteta. U skladu s Ramsarskom konvencijom određeno je 6 značajnih područja na slivu rijeke Save: Cerkinško

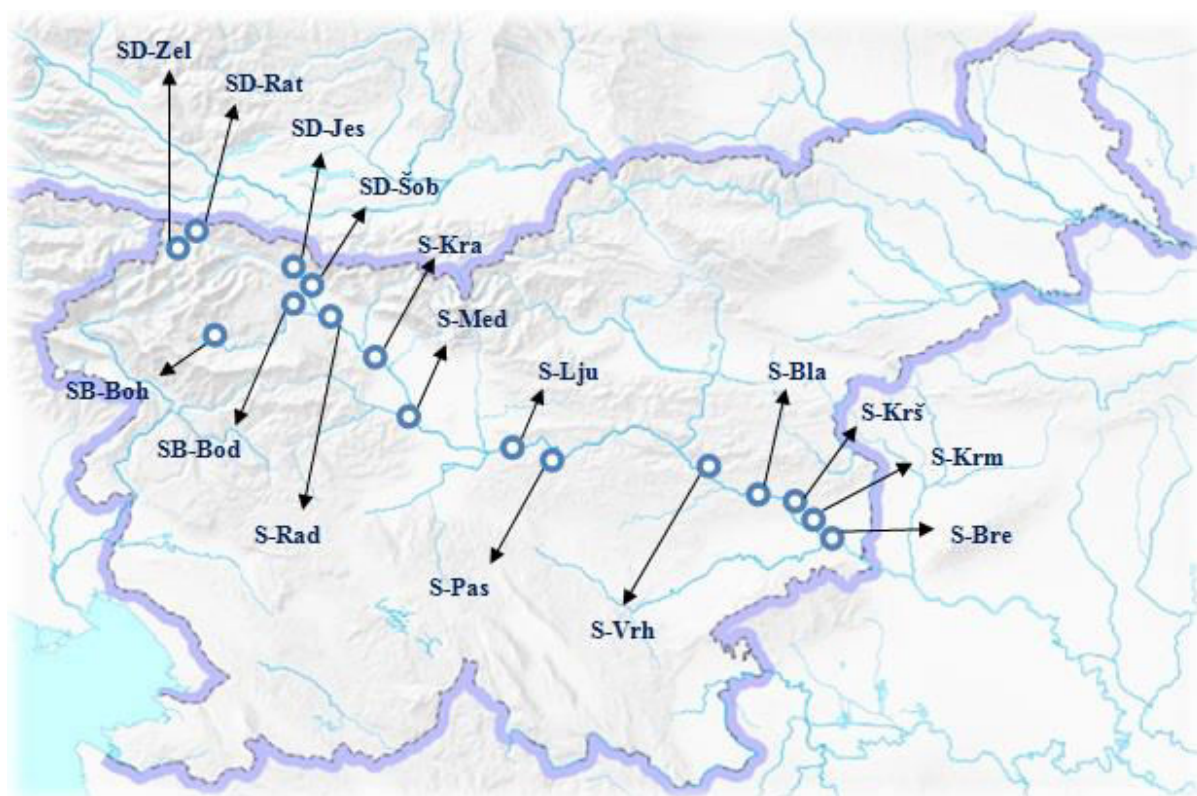
jezero (Slovenija), Lonjsko polje i Crna Mlaka (Hrvatska), Bardača (BiH) te Obedska Bara i Zasavica (Srbija) (Analiza sliva rijeke Save, 2010).

2.2 Područje uzorkovanja

Istraživanje malakofaune rijeke Save provedeno je tijekom lipnja i rujna 2012. godine u okviru bilateralnog hrvatsko-slovenskog projekta „Procjena razine biokontaminacije rijeke Save - korak prema zajedničkoj strategiji praćenja statusa invazivnih stranih vrsta u prekograničnim vodotocima Hrvatske i Slovenije“, voditeljica dr. sc. Jasna Lajtner sa Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu i dr. sc. Tatjana Simčič iz Nacionalnog instituta za biologiju iz Ljubljane.

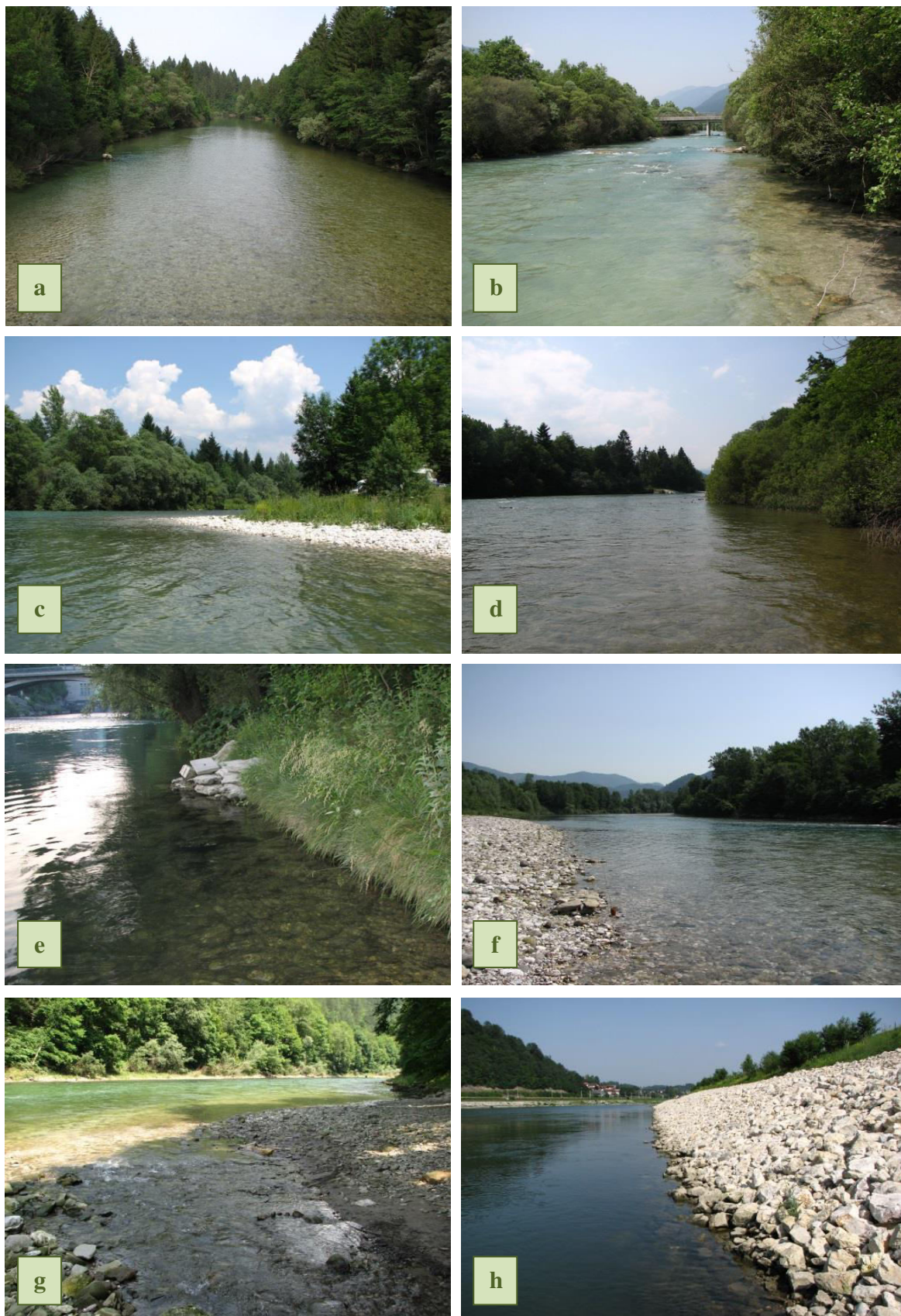
Ukupno je odabrano 16 postaja raspoređenih duž gornjeg toka rijeke (Slika 3):

- Sava Bohinjka-Bohinj→SB-Boh;
- Sava Bohinjka-Bodešće→SB-Bod;
- Sava Dolinka-Zelenci→SD-Zel;
- Sava Dolinka-Rateče→SD;
- Sava Dolinka-Jesenice→SD-Jes;
- Sava Dolinka-kamp Šobec→SD-Šob;
- Sava-nizvodno Radovljica→S-Rad;
- Sava-uzvodno Kranj-Struževno→S-Kra;
- Sava-Medvode→S-Med;
- Sava-nizvodno od Ljubljane→S-Lju;
- Sava-utok potoka Pasjek→S-Pas;
- Sava-ispod brane HE Blanca→S-Bla;
- Sava-ispod brane HE Vrhovo→S-Vrh;
- Sava-nizvodno Krško→S-Krš;
- Sava-Krško-nizvodno od mosta→S-Krm;
- Sava-Brežice→S-Bre.



Slika 3. Smještaj istraživanih postaja na gornjem toku rijeke Save.

Postaje na kojima su provedena kvantitativna istraživanja i na kojima su pronađeni mekušci prikazane su na Slici 4.



Slika 4. Postaje na kojima su sakupljeni kvantitativni uzorci, a) SB-Bod; b) SD-Jes; c) SD-Šob; d) S-Rad; e) S-Med; f) S-Lju; g) S-Pas; h) S-Vrh (snimio: K. Žganec)

3 MATERIJAL I METODE

3.1 Sakupljanje i laboratorijska obrada uzoraka

Uzorkovanje je provedeno s kvadratnom bentos mrežom dimenzija 25 x 25 cm, promjera oka 500 μ m. Na postajama na kojima je provedeno kvantitativno istraživanje ukupno je skupljeno pet uzoraka koji su konzervirani u 75 %-tnom alkoholu.

Nakon terenskih istraživanja u laboratoriju je uslijedilo izdvajanje pojedinih skupina makrozoobentosa te determinacija vrsta mekušaca. Sve puževe sam odredila do razine vrste, a školjkaše do razine roda uz pomoć dihotomskih ključeva za određivanje slatkovodne malakofaune: Bole (1969), Pflieger i Chatfield (1988), Glöer (2002), Killeen i sur. (2004) i Vučur (2010). Zatim su uslijedila morfometrijska mjerenja puževa i školjkaša. Puževima s konispiralnom kućicom (npr. *Bithynia tentaculata*) mjerila sam visinu, onima s planispiralnom kućicom (npr. *Gyraulus albus*) mjerila sam širinu (promjer) kućice, a školjkašima sam mjerila duljinu školjke.

3.2 Obrada podataka

Na temelju podataka o brojnosti jedinki izračunala sam apsolutne gustoće populacija pojedinih skupina makrozoobentosa i svih pronađenih vrsta mekušaca koje sam izrazila na metar kvadratni površine. Na temelju morfometrijskih mjerenja odredila sam uzrasnu strukturu zajednice mekušaca. Također sam odredila funkcionalnu hranidbenu strukturu prema Moog (2002), pri čemu sam puževe i školjkaše, s obzirom na način prehrane, razvrstala u sljedećih pet funkcionalnih hranidbenih skupina:

- usitnjivači (eng. *shredders*, SHR) - hrane se krupnim česticama detritusa;
- strugači (eng. *grazers*, GRA) - hrane se obraštajem i usitnjenom organskom tvari u obraštaju;
- aktivni filtratori (eng. *active filtrators*, AFIL) - hrane se procjeđivanjem vode;
- detritivori (eng. *detritivores*, DET) - hrane se česticama usitnjene organske tvari koja se taloži na dnu;
- ostali (eng. *others*, OTH).

Dominantnost vrsta je određena prema (Bick, 1989):

$$D_1 (\%) = (a_1 / \sum a_1) \times 100$$

gdje je: D_1 = dominantnost vrste

a_1 = broj jedinki vrste 1 na određenoj postaji

$\sum a_1$ = ukupan broj jedinki svih vrsta na određenoj postaji

vrste se dijele na:

eudominantne vrste - iznad 10 %

dominantne vrste - između 5 % i 10 %

subdominantne vrste - između 2 % i 5 %

recedentne vrste - između 1 % i 2 %

subrecedentne vrste - ispod 1 %

Za određivanje raznolikosti zajednice puževa primjenjeni su Shannonov indeks raznolikosti (H') te Simpsonov indeks raznolikosti ($1 - \lambda$), koji se temelje na odnosu broja vrsta i njihove zastupljenosti (relativne brojnosti) u zajednici, te se pomoću ta dva parametra nastoje definirati karakteristike zajednice (Krebs, 1999). Ova dva najčešća i vjerojatno najbolja indeksa raznolikosti razlikuju se po tome što je prvi osjetljiviji na brojnost rijetkih vrsta, a drugi na brojnost dominantnih vrsta. Indeksi su izračunati prema formulama:

Shannonov indeks raznolikosti:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i) (\log_2 p_i)$$

gdje je: H' = Shannonov indeks raznolikosti,

p_i = udio pojedine vrste u uzorku,

s = broj vrsta u uzorku.

Simpsonov indeks raznolikosti:

$$I-\lambda = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

gdje je: $I-\lambda$ = Simpsonov indeks raznolikosti,

p_i = udio pojedine vrste u uzorku,

s = broj vrsta u uzorku.

Određen je **Pielouov indeks ujednačenosti** (Krebs, 1999):

$$J' = \frac{H'}{\log(s)}$$

gdje je: J' - Pielou-ov indeks ujednačenosti,

H - Shannon-Wienerov indeks raznolikosti,

s - broj vrsta u zajednici.

Osim toga određen je **Margalefov indeks gustoće populacije** (Krebs, 1999):

$$d = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

gdje je: d - Margalefov indeks gustoće populacije,

S - broj vrsta,

N - ukupan broj jedinki.

Svi tablični prikazi i grafovi za ranije navedene analize izrađeni su u programu Microsoft Office Excel 2007. Analizu strukture zajednica na osnovu broja vrsta puževa po postajama provela sam pomoću klaster analize i ordinacijske metode multidimenzionalnog grupiranja (MDS). Kako bi se izjednačile dominantne i rijetke vrste, vađen je drugi korijen brojnosti na svim postajama. Korištena matrica sličnosti je dobivena izračunavanjem Bray-Curtisovog indeksa sličnosti između postaja uključujući brojnost jedinki pojedinih vrsta po postaji. Postupak izračunavanja stresa ponovljen je sto puta. Analiza je provedena u programu Primer 6.1.6 (Clarke i Gorley, 2006).

4 REZULTATI

4.1 Sastav i struktura zajednice mekušaca

Na svim istraživanim postajama gornjeg toka rijeke Save pronađeno je 14 vrsta puževa te jedan rod školjkaša. Popis pronađenih vrsta puževa napisan je prema Glöer (2002), a školjkaša prema Killeen i sur. (2004).

razred GASTROPODA Cuvier, 1795

podrazred ORTHOGASTROPODA Ponder & Lindberg, 1995

red NERITOPSINA Cox & Knight, 1960

porodica NERITIDAE Lamarck, 1809

rod *Theodoxus* Montfort, 1810

1. *Theodoxus danubialis* (C. Pfeiffer, 1828)

red NEOTAENIOGLOSSA Haller, 1892

porodica MELANOPSIDAE H. & A. Adams, 1854

rod *Esperiana* Bourguignat, 1877

2. *Esperiana (Esperiana) esperi* (A. Férussac, 1823)

rod *Holandriana* Bourguignat 1884

3. *Holandriana holandrii* (C. Pfeiffer, 1828)

porodica BITHYNIIDAE Troschel, 1857

rod *Bithynia* Leach, 1818

4. *Bithynia (Bithynia) tentaculata* (Linnaeus, 1758)

porodica HIDROBIIDAE Troschel, 1857

rod *Sadleriana* Clessin, 1890

5. *Sadleriana fluminensis* (Küster, 1853)

rod *Bythinella* Moquin-Tandon, 1856

6. *Bythinella opaca* (M. von Gallenstein, 1848)

red ECTOBRANCHIA P. Fischer, 1884

porodica VALVATIDAE J. E. Gray, 1840

rod *Valvata* O. F. Müller, 1773

7. *Valvata (Cincinna) piscinalis* (O. F. Müller, 1774.)

red PULMONATA Cuvier in Blainville, 1814

porodica LYMNAEIDAE Lamarck, 1812

rod *Galba* Schrank, 1803

8. *Galba truncatula* (O. F. Müller, 1774)

rod *Radix* Montfort, 1810

9. *Radix auricularia* (Linnaeus, 1758)

10. *Radix balthica* (Linnaeus, 1785)

11. *Radix labiata* (Rossmässler, 1835)

porodica PHYSIDAE Fitzinger, 1833

rod *Physella* Haldeman, 1842

12. *Physella (Costatella) acuta* (Draparnaud, 1805)

porodica PLANORBIDAE Rafinesque, 1815

rod *Gyraulus* Charpentier, 1837

13. *Gyraulus (Gyraulus) albus* (O. F. Müller, 1774)

rod *Ancylus* O. F. Müller, 1773

14. *Ancylus fluviatilis* O. F. Müller, 1774

razred BIVALVIA Linnaeus, 1758

podrazred HETERODONTA Neumayr, 1883

red VENEROIDA H. & A. Adams, 1856

porodica SPHAERIIDAE Deshayes, 1854

rod *Pisidium* Pfeiffer, 1821

Pregled zastupljenosti pojedinih vrsta mekušaca po istraživanim postajama dan je u Tablici 1.

Iz tablice je vidljivo da je najviše vrsta mekušaca, njih 8, pronađeno na postaji S-Krm dok ih je najmanje, samo jedna, pronađeno na postaji SD-Zel. Nakon postaje S-Krm slijede postaje SB-Boh i S-Krš s pronađenih 6 vrsta mekušaca. Na postaji SD-Zel pronađena je samo jedna vrsta mekušaca, točnije samo školjkaši iz roda *Pisidium*.

Najzastupljenija vrsta puževa, *Ancylus fluviatilis*, pronađena je čak na 8 postaja, a odmah iza nje slijedi vrsta *Sadleriana fluminensis* koja je pronađena na 7 postaja. Školjkaši iz roda *Pisidium* nisu pronađeni na samo dvije postaje pa su ujedno i najzastupljenija skupina mekušaca na istraživanim postajama. Vrste *Holandriana holandrii*, *Radix labiata* i *Valvata piscinalis* pronađene su samo na jednoj postaji.

Na samo jednoj postaji, S-Kra, nije pronađena niti jedna vrsta mekušaca.

Tablica 1. Zastupljenost pojedinih vrsta mekušaca na istraživanim postajama. Oznaka "+" predstavlja prisutnost određenih vrsta na pojedinim postajama, dok oznaka "(+)" predstavlja prisutnost praznih kućica određenih vrsta na pojedinim postajama.

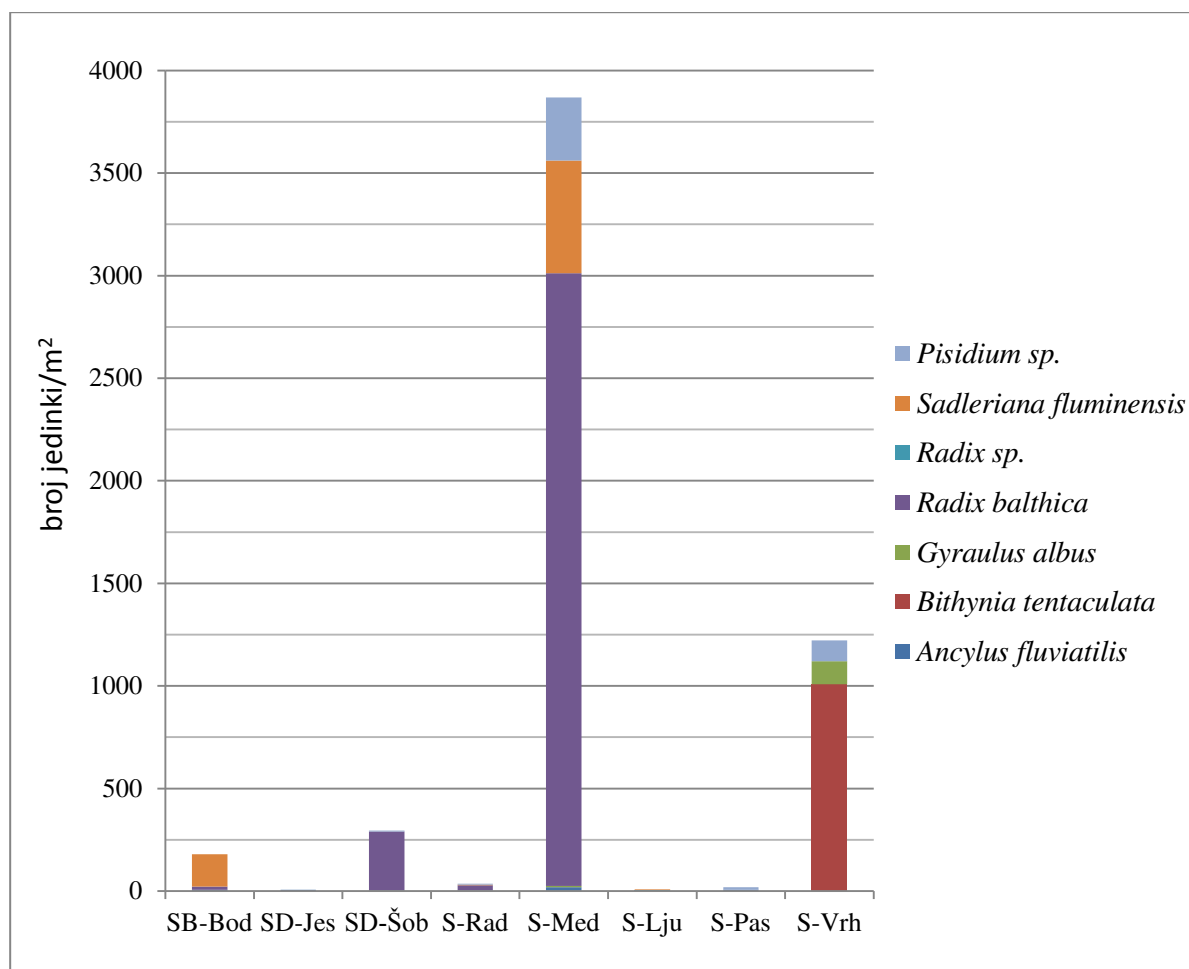
Postaja	SB-Boh	SB-Bod	SD-Zel	SD-Rat	SD-Jes	SD-Šob	S-Rad	S-Kra	S-Med	S-Lju	S-Pas	S-Vrh	S-Bla	S-Krš	S-Krm	S-Bre	ukupno
Gastropoda																	
<i>Ancylus fluviatilis</i>	+	+			+	+	+		+	+	+						8
<i>Bithynella opaca</i>	+			+	(+)	(+)				(+)							5
<i>Bithynia tentaculata</i>												+			+	+	3
<i>Esperiana esperi</i>														+	+	+	3
<i>Galba truncatula</i>													(+)		+		2
<i>Gyraulus albus</i>	+								+			+					3
<i>Holandriana holandrii</i>														+			1
<i>Physella acuta</i>													+	+	+		3
<i>Radix auricularia</i>													(+)	+	+		3
<i>Radix balthica</i>		+				+	+		+				+				5
<i>Radix labiata</i>	+																1
<i>Radix sp.</i>										+							1
<i>Sadleriana fluminensis</i>	+	+		+			+		+	+					+		7
<i>Theodoxus danubialis</i>															+	+	2
<i>Valvata piscinalis</i>														+			1
Bivalvia																	
<i>Pisidium sp.</i>	+	+	+	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	14
Ukupno	6	4	1	3	2	4	4	0	5	5	2	3	5	6	8	4	

4.1.1 Gustoća populacija mekušaca

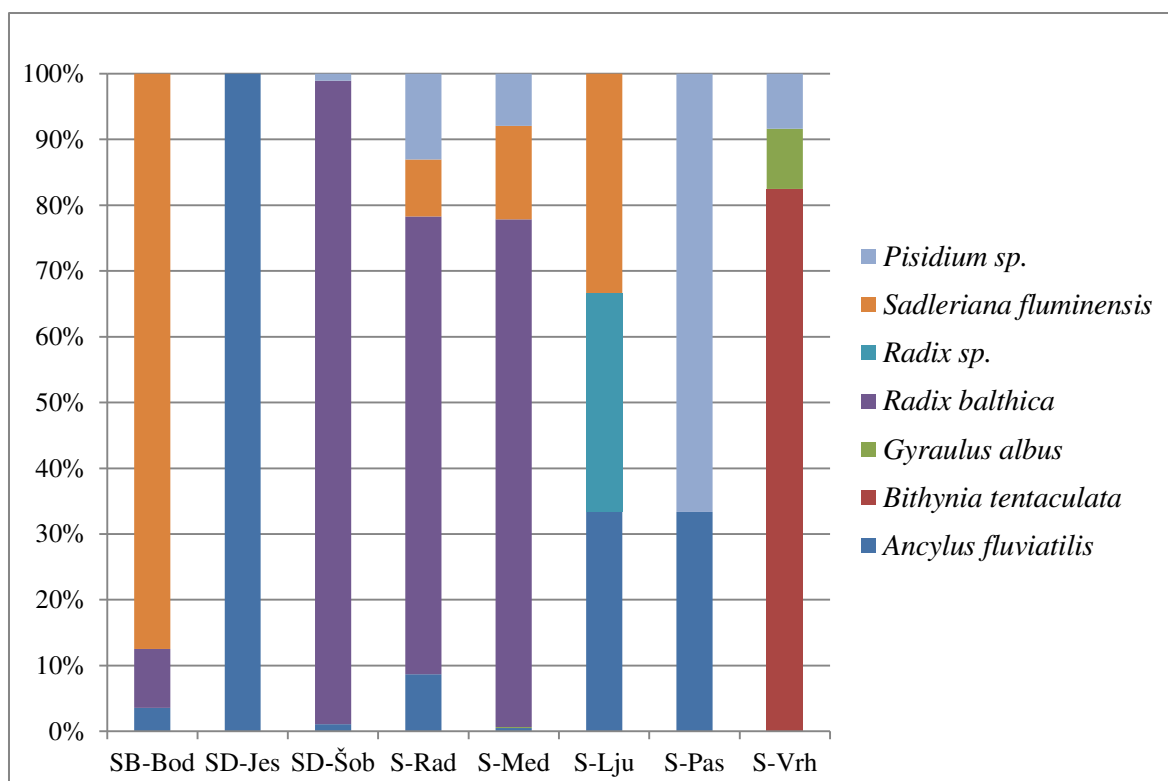
Analiza gustoće populacija mekušaca napravljena je za 8 postaja na kojima su provedena kvantitativna istraživanja. U analizi je izostavljena postaja S-Kra jer na njoj nije pronađena niti jedna vrsta mekušaca.

Na postaji S-Med pronađen je najveći broj vrsta mekušaca (pet) te je ujedno na toj postaji zabilježena i najveća brojnost jedinki mekušaca (3868,8 jedinki/m²) (Slike 5 i 6). Najmanja brojnost jedinki mekušaca zabilježena je na postaji SD-Jes (6,4 jedinki/m²). Na čak 6 od ukupno 8 postaja pronađene su vrste *Ancylus fluviatilis* i *Pisidium* sp. Najveću gustoću populacije obje vrste imale su na postaji S-Med (19,2 jedinki/m² i 307,2 jedinki/m²). Vrste *Radix balthica* i *Sadleriana fluminensis* pronađene su na ukupno četiri postaje.

Od svih pronađenih vrsta mekušaca na postaji SB-Bod u najvećem broju zastupljena je vrsta *Sadleriana fluminensis* (156,8 jedinki/m²) za razliku od vrste *Radix balthica* koja na toj postaji ima zabilježenu najmanju gustoću populacije (16 jedinki/m²). Vrsta *Bithynia tentaculata* (1018 jedinki/m²) pronađena je samo na postaji S-Vrh.



Slika 5. Gustoća populacija pojedinih vrsta mekušaca na istraživanim postajama.



Slika 6. Udio pojedinih vrsta mekušaca na istraživanim postajama.

4.1.2 Analiza dominantnosti vrsta mekušaca

Rezultati analize dominantnosti vrsta prikazani su u Tablici 2. Na postaji SB-Bod vrsta *Sadleriana fluminensis* je eudominatna, *Radix balthica* je dominantna vrsta, dok je vrsta *Ancylus fluviatilis* subdominantna. Na postaji SD-Jes zabilježena je samo vrsta *A. fluviatilis* koja je eudominatna. Ista vrsta je na postaji SD-Šob recedentna što vrijedi i za školjkaše iz roda *Pisidium*, a vrsta *R. balthica* je eudominantna. Na postaji S-Rad eudominatne su *R. balthica* i *Pisidium sp.*, a dominantne su *A. fluviatilis* i *S. fluminensis*. Na postaji S-Med eudominatne su vrste *R. balthica* i *S. fluminensis*, dominantni su školjkaši iz roda *Pisidium*, a subrecedentne vrste su *A. fluviatilis* i *Gyraulus albus*. Na postaji S-Lju eudominatne su tri vrste: *A. fluviatilis*, *Radix sp.* i *S. fluminensis*. Na postaji S-Pas eudominantne vrste su *A. fluviatilis* i *Pisidium sp.* Na najnižvodnijoj postaji na kojoj je provedeno kvantitativno istraživanje, S-Vrh, eudominantna je vrsta *Bithynia tentaculata*, dok su *G. albus* i *Pisidium sp.* dominantne.

Tablica 2. Analiza dominantnosti vrsta na istraživanim postajama rijeke Save.

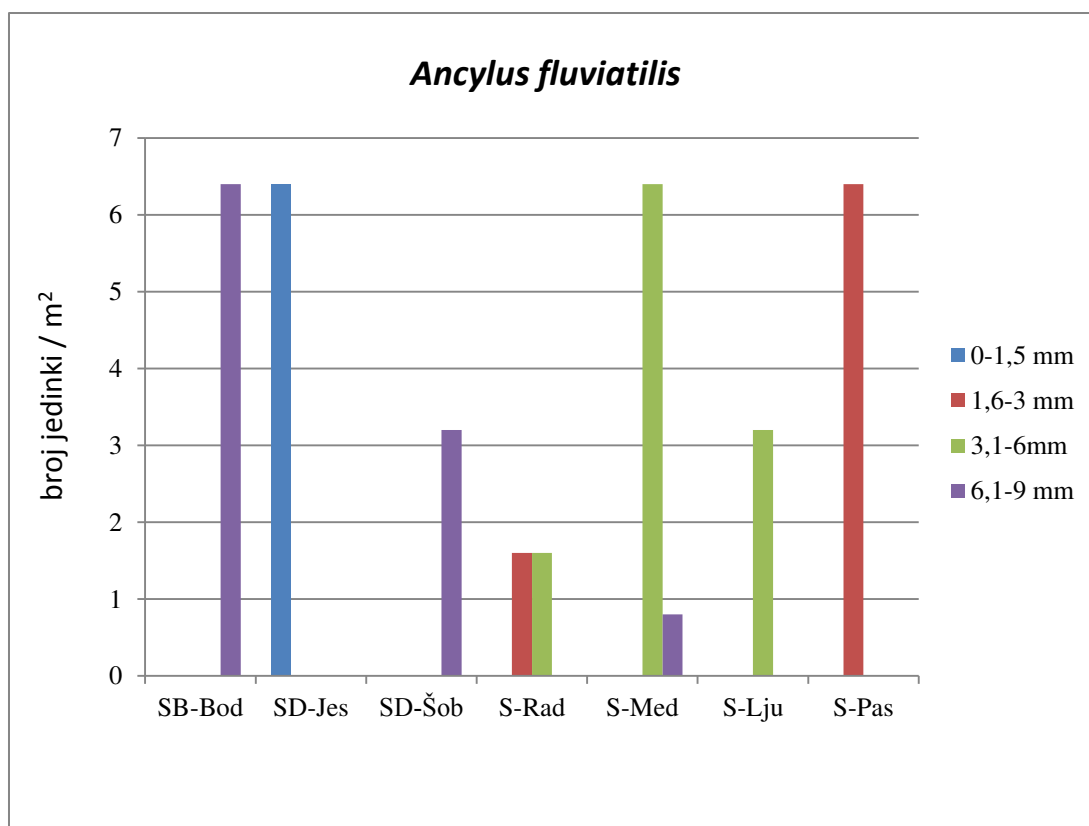
Postaja	SB-Bod	SD-Jes	SD-Šob	S-Rad	S-Med	S-Lju	S-Pas	S-Vrh
<i>Ancylus fluviatilis</i>	3,57 %	100,00 %	1,09 %	8,70 %	0,50 %	33,33 %	33,33 %	
<i>Bithynia tentaculata</i>								82,46 %
<i>Gyraulus albus</i>					0,17 %			9,16 %
<i>Radix balthica</i>	8,93 %		97,83 %	69,57 %	77,17 %			
<i>Radix</i> sp.						33,33 %		
<i>Sadleriana fluminensis</i>	87,50 %			8,70 %	14,23 %	33,33 %		
<i>Pisidium</i> sp.			1,09 %	13,04 %	7,94 %		66,67 %	8,38 %

4.1.3 Uzrasna struktura mekušaca

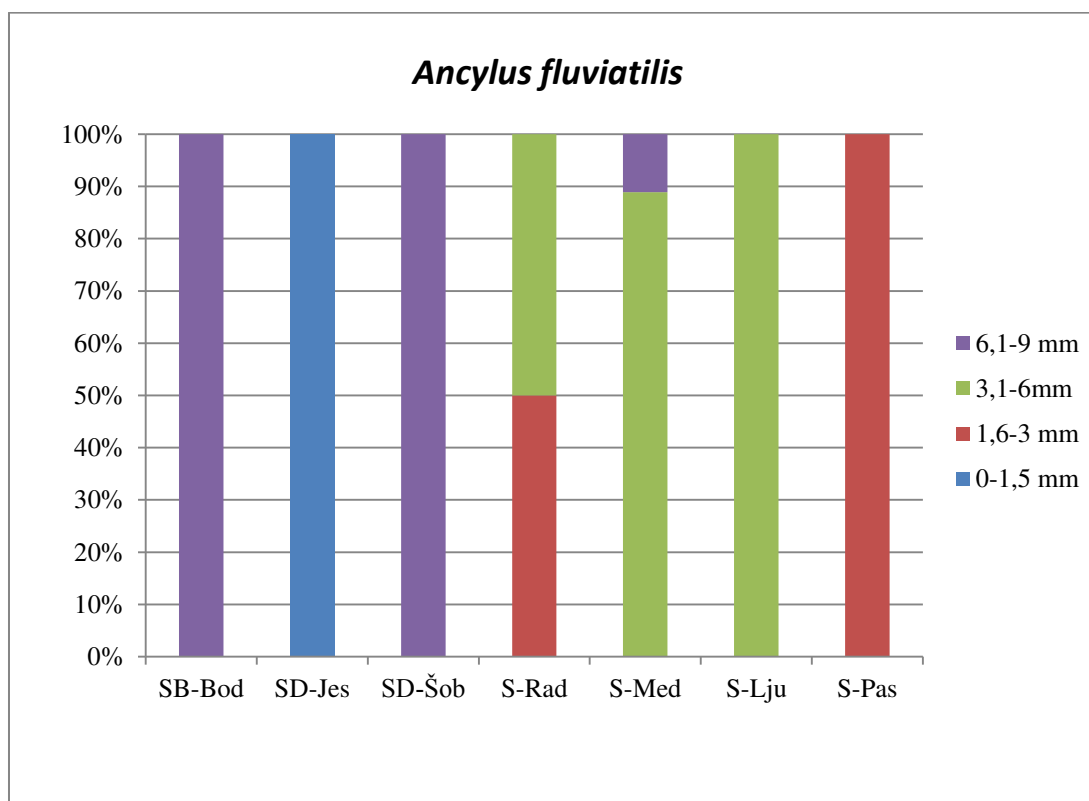
Za vrste koje su zastupljene na većem broju postaja provedena je analiza uzrasne strukture (Slike 7 do 16).

Ancylus fluviatilis

Uzrasna struktura puža *Ancylus fluviatilis* prikazana je na Slikama 7 i 8. S udjelom od 100 % na postaji SD-Jes zastupljene su juvenilne jedinke (veličinski razred do 1,5 mm) dok su na postajama SD-Bod i SD-Šob s istim udjelom zastupljene adultne jedinke (veličinski razred 6,1-9 mm).



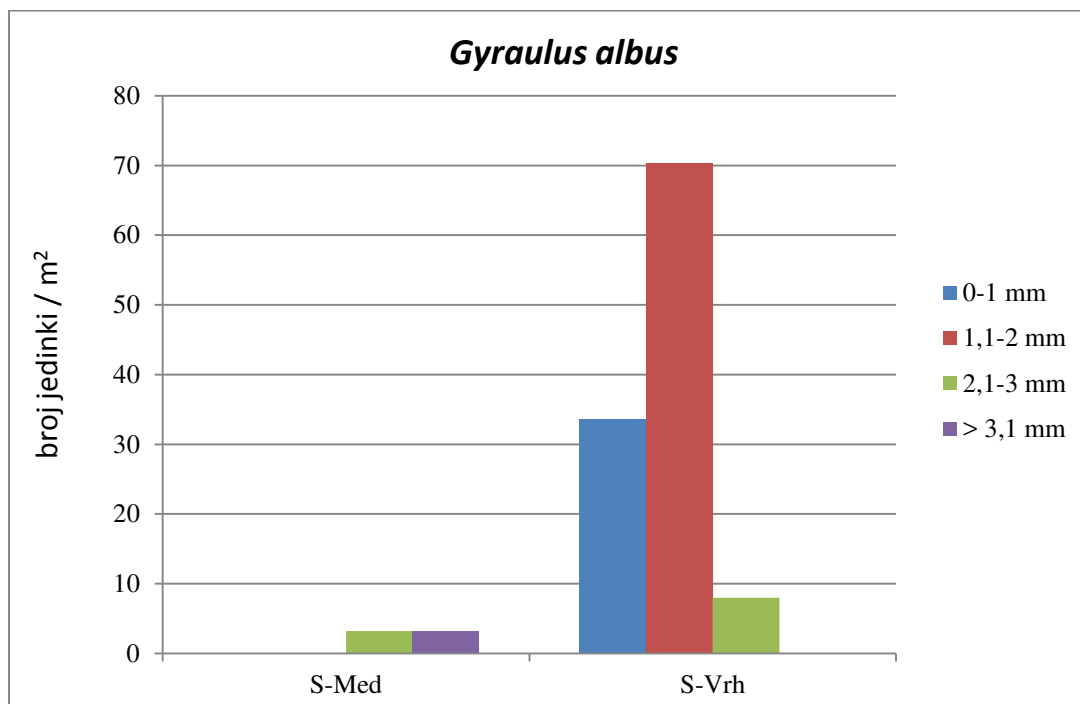
Slika 7. Uzasna struktura vrste *Ancylus fluviatilis* na različitim postajama.



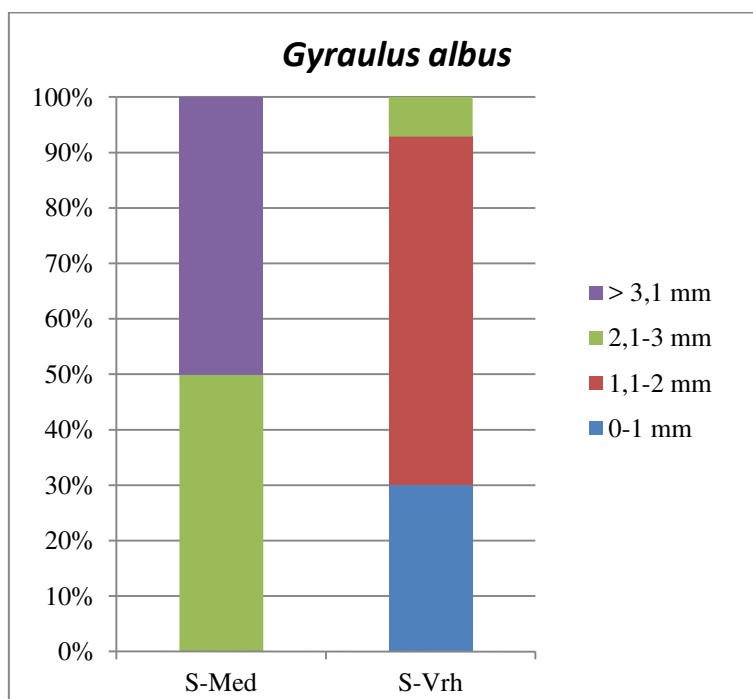
Slika 8. Udio veličinskih grupa vrste *Ancylus fluviatilis* na različitim postajama.

Gyraulus albus

Uzrasna struktura puža *Gyraulus albus* prikazana je na Slikama 9 i 10. Na postaji S-Vrh juvenilne jedinke su zastupljene udjelom većim od 90 % (veličinski razredi do 2 mm). Udio adultnih jedinki na postaji S-Med iznosi 50 %.



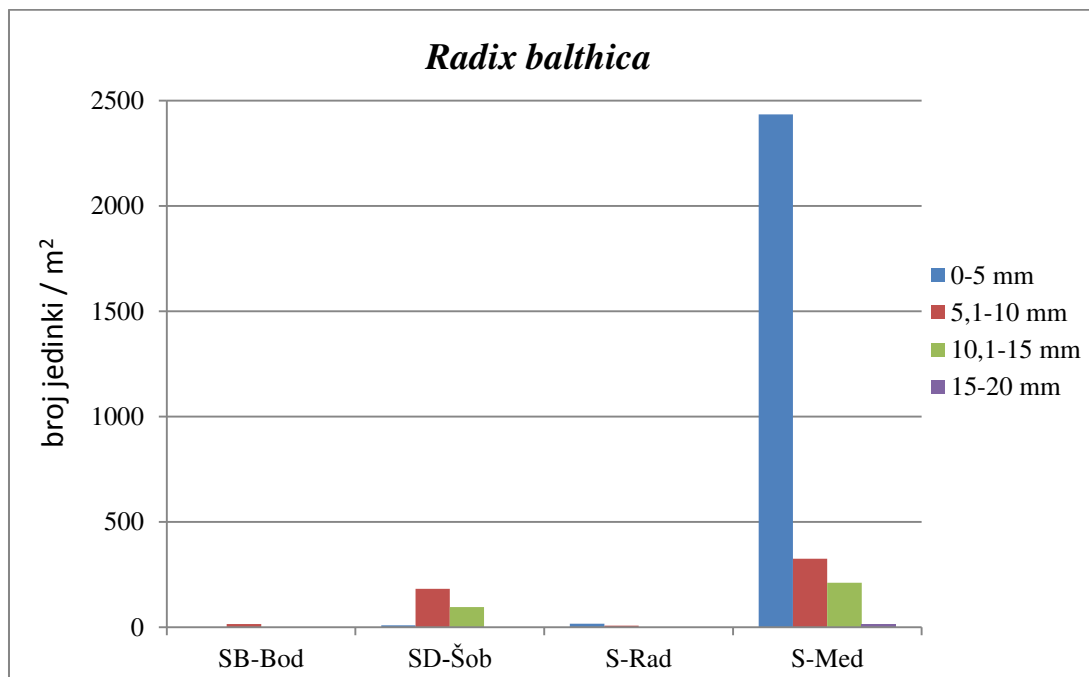
Slika 9. Uzrasna struktura *Gyraulus albus* na različitim postajama.



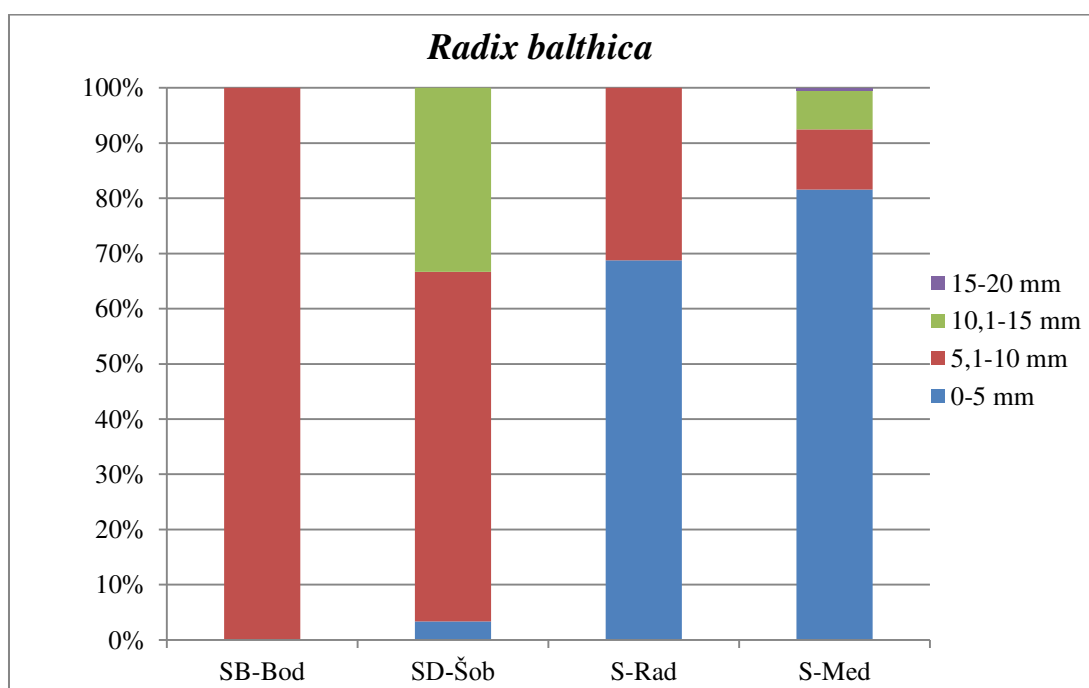
Slika 10. Udio veličinskih grupa vrste *Gyraulus albus* na različitim postajama.

Radix balthica

Uzrasna struktura puža *Radix balthica* prikazana je na Slikama 11 i 12. Juvenilne jedinke (veličinski razred do 5 mm) s udjelom većim od 50 % pronađene su na postajama S-Rad i S-Med. Samo je na postaji S-Med pronađena adultna jedinka koja pripada veličinskom razredu 15-20 mm.



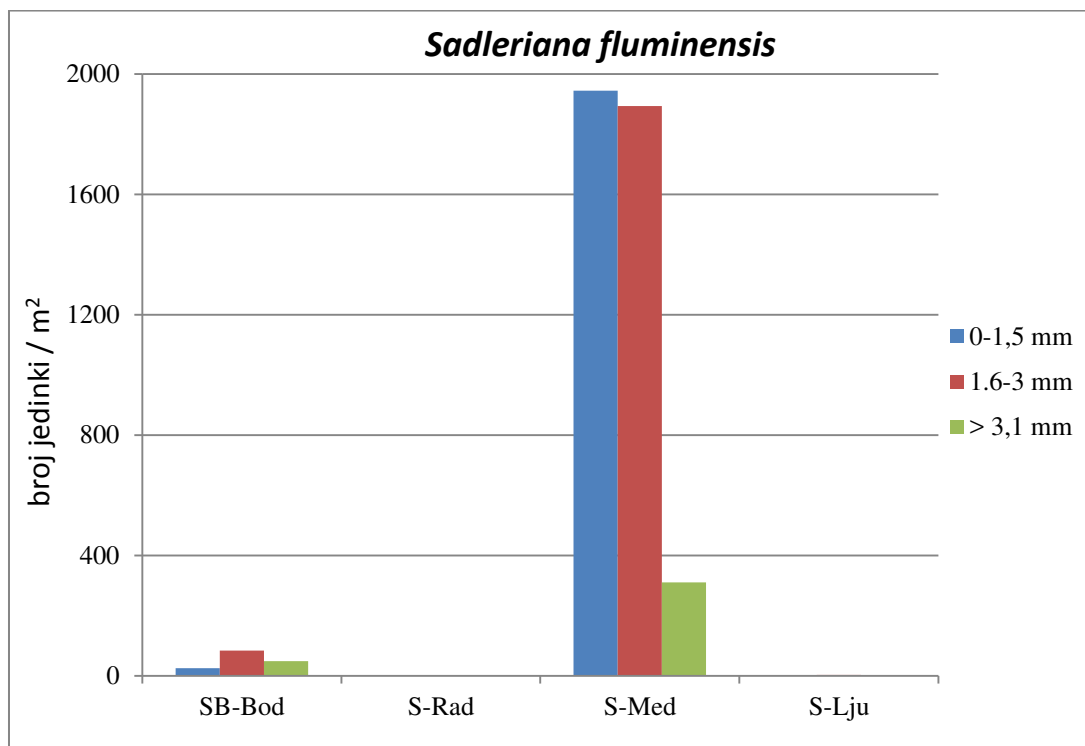
Slika 11. Uzrasna struktura vrste *Radix balthica* na različitim postajama.



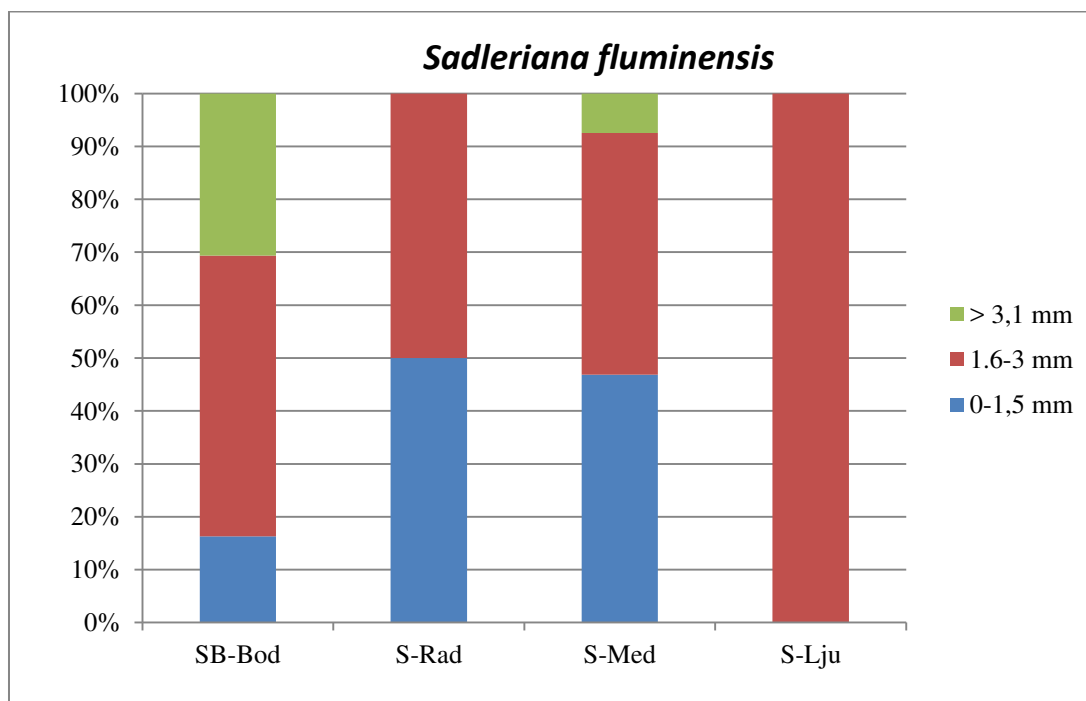
Slika 12. Udio veličinskih grupa vrste *Radix balthica* na različitim postajama.

Sadleriana fluminensis

Uzrasna struktura puža *Sadleriana fluminensis* prikazana je na Slikama 13 i 14. Juvenilne jedinke (veličinski razred do 1,5 mm) s najvećim udjelom od 50 % zastupljene su na postaji S-Rad. Na postaji SB-Bod i S-Med nalaze se i juvenilne i adultne jedinke.



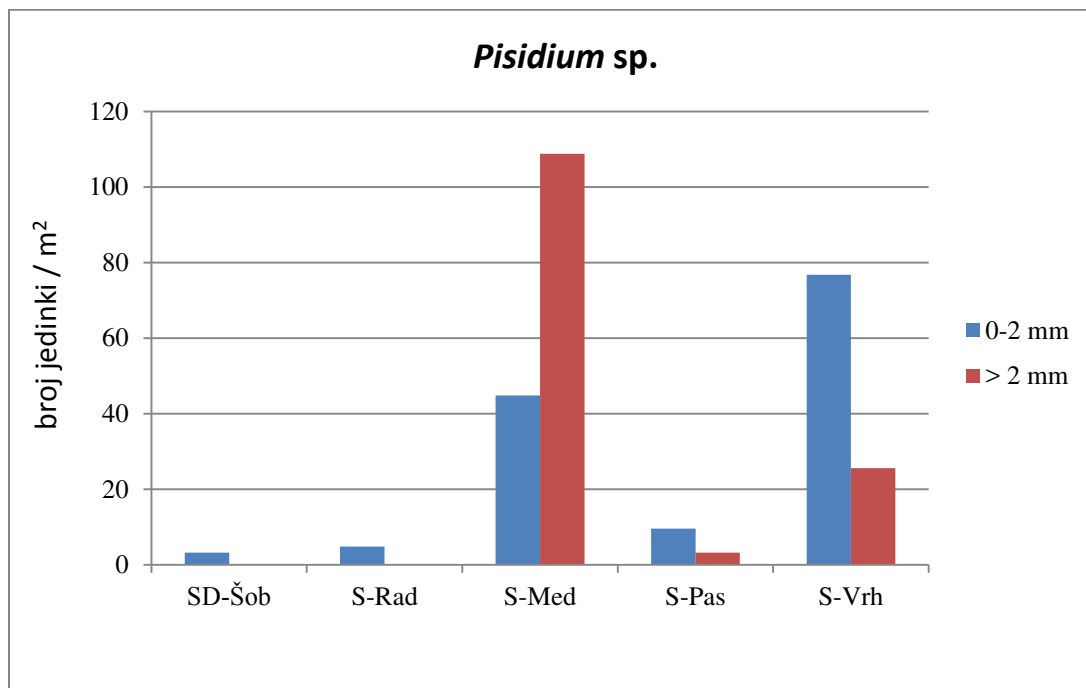
Slika 13. Uzrasna struktura vrste *Sadleriana fluminensis* na različitim postajama.



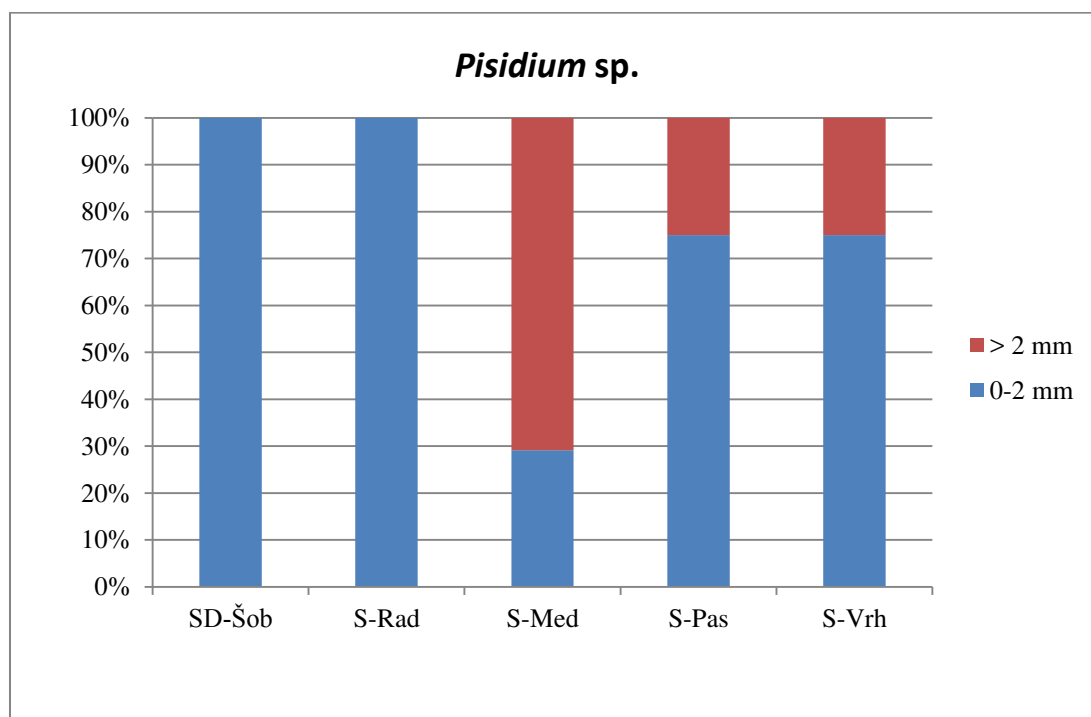
Slika 14. Udio veličinskih grupa vrste *Sadleriana fluminensis* na različitim postajama.

***Pisidium* sp.**

Uzrasna struktura školjkaša *Pisidium* sp. prikazana je na Slikama 15 i 16. Na postajama SD-Šob i S-Rad s udjelom od 100 % pronađene su juvenilne jedinke. Na postaji S-Med su s udjelom višim od 50 % zastupljene adultne, dok su na preostale dvije postaje s udjelom većim od 50 % zastupljene juvenilne jedinke.



Slika 15. Uzrasna struktura *Pisidium* sp. na različitim postajama.



Slika 16. Udio veličinskih grupa *Pisidium* sp. na različitim postajama.

4.1.4 Funkcionalna hranidbena struktura zajednice mekušaca

Strukture funkcionalnih hranidbenih skupina mekušaca po postajama prikazane su na Slici 17.

Na postaji SB-Bod s udjelom od 50 % zastupljeni su strugači te odmah nakon njih detritivori s udjelom od 46,43 %. Usitnjivači i ostali su zastupljeni svaki s udjelom od 1,79 %.

Strugači su na postaji SD-Jes prisutni s udjelom od 100 %.

Zajednica mekušaca na postaji SD-Šob sastoji se od strugača s udjelom od 30,43 %, detritivora s udjelom od 29,35 %, usitnjivača i ostalih s udjelima od 19,57 % te aktivnih filtratora s udjelom od 1,09 %.

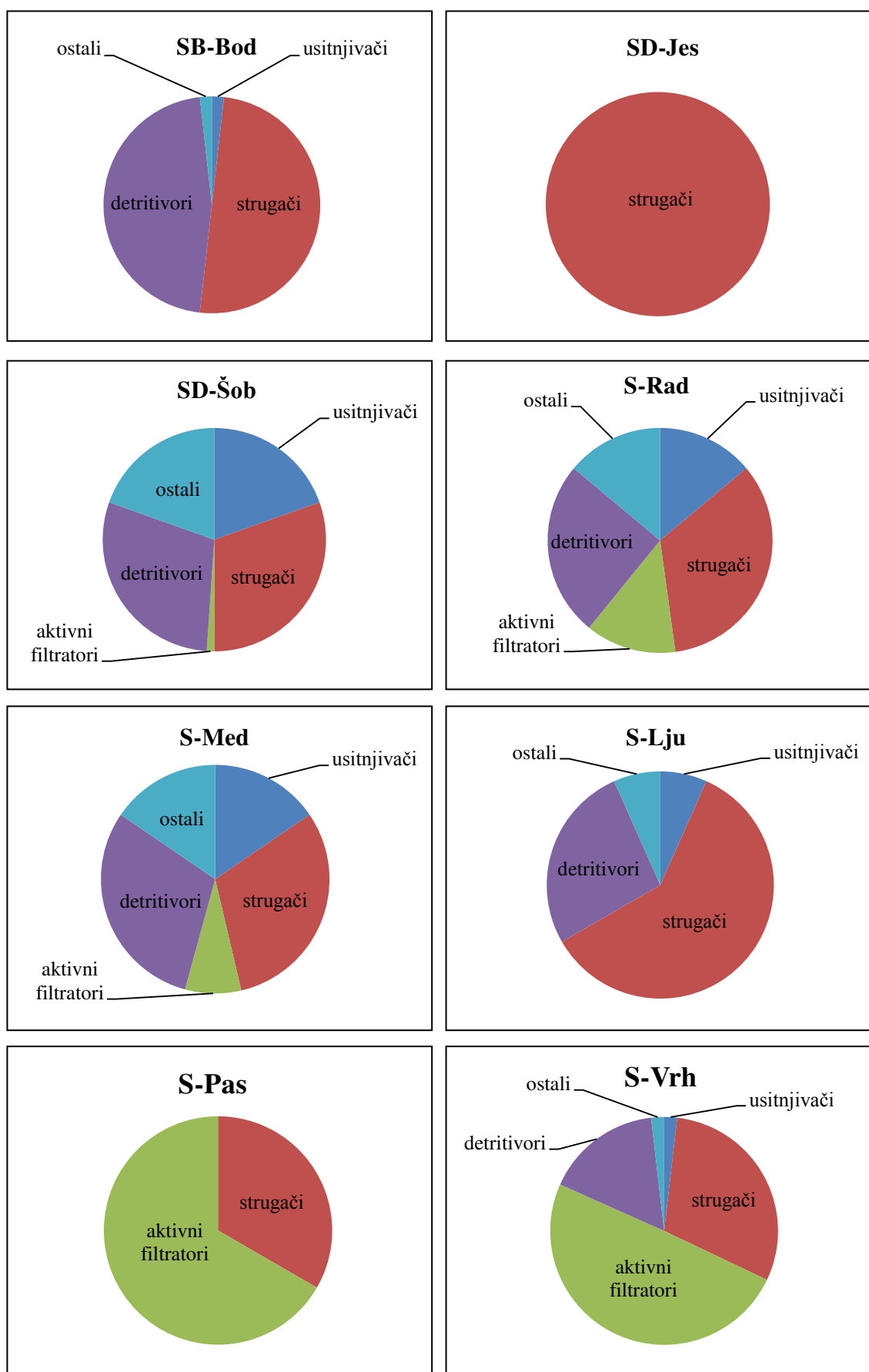
Najveći udio od 33,91 % na postaji S-Rad imaju strugači. Zatim slijede detritivori s udjelom od 25,22 % , usitnjivači i ostali s udjelima od 13,91 % te aktivni filtratori s udjelom od 13,04 %.

Na postaji S-Med strugači su zastupljeni s udjelom od 30,86 %, detritivori s udjelom od 30,26 %, usitnjivači i ostali s istim udjelom od 15,47 %, dok su aktivni filtratori zastupljeni s udjelom od 7,94 %.

Na postaji S-Lju prevladavaju strugači s udjelom od 60 %. Detritivori su prisutni s udjelom od 26,67 % dok su usitnjivači i ostali prisutni svaki s udjelom od 6,67 %.

Na postaji S-Pas aktivni filtratori su zastupljeni s udjelom od 66,67 % dok su strugači zastupljeni s udjelom od 33,33 %.

S najvećim udjelom od 49,61 % na postaji S-Vrh zastupljeni su aktivni filtratori, 30,24 % puževa čine strugači, a 16,49 % su detritivori. Usitnjivači su zastupljeni s udjelom od 1,83 % isto kao i ostali.



Slika 17. Udio funkcionalnih hranidbenih skupina mekušaca na istraživanim postajama.

4.1.5 Analiza sličnosti i raznolikosti zajednice mekušaca

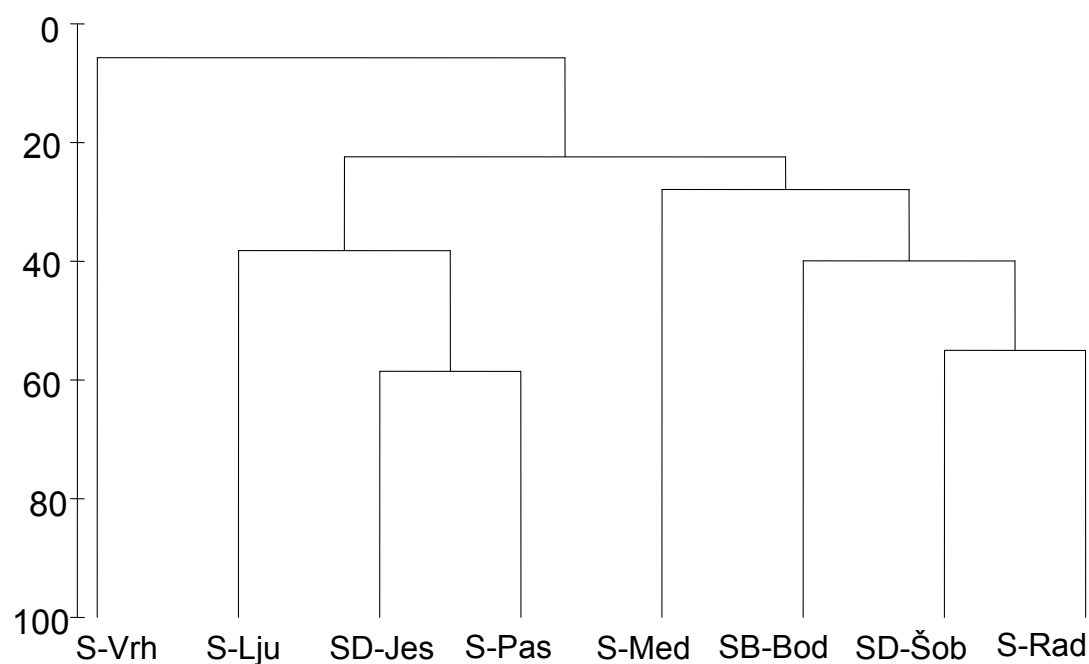
Na temelju broja vrsta i gustoće populacija, za istraživane postaje izračunati su Margalefov indeks gustoće populacije (d), Pielouov indeks ujednačenosti (J'), Shannonov indeks raznolikosti (H') i Simpsonov indeks raznolikosti ($1-\lambda'$). Njihove su vrijednosti prikazane u Tablici 3. Vrijednosti Margalefovog indeksa gustoće populacije kreću se od 0,46 na postaji S-Vrh do 5,48 na postaji S-Pas. Pielouov indeks ujednačenosti najniži je na postaji SD-Šob (0,33), a najviši je na postaji S-Lju (1,00). Na istoj postaji zabilježena je i najviša vrijednost Shannonovog indeksa raznolikosti (1,10), dok je najniža vrijednost ovog indeksa utvrđena za postaju SD-Šob (0,12). Za istu postaju utvrđena je i najniža vrijednost Simpsonovog indeksa raznolikosti (0,05), a najviše vrijednosti ovog indeksa zabilježene su za postaju S-Pas (2,67).

Tablica 3. Prikaz broja vrsta (S), broja jedinki (N), Margalefovog indeksa gustoće populacije (d), Pielouovog indeksa ujednačenosti (J'), Shannonovog indeksa raznolikosti (H') i Simpsonovog indeksa raznolikosti ($1-\lambda'$) na istraživanim postajama rijeke Save. Najniže vrijednosti indeksa označene su podebljanom crnom bojom, a najviše podebljanom crvenom bojom.

Postaja	S	N	d	J'	$H'(\log e)$	$1-\lambda'$
SB-Bod	3	11,2	0,83	0,41	0,45	0,25
SD-Jes	1	0,4				
SD-Šob	3	18,4	0,69	0,11	0,12	0,05
S-Rad	4	2,3	3,60	0,68	0,94	0,86
S-Med	5	241,8	0,73	0,44	0,72	0,38
S-Lju	3	0,6		1,00	1,10	
S-Pas	2	1,2	5,48	0,92	0,64	2,67
S-Vrh	3	76,4	0,46	0,53	0,59	0,31

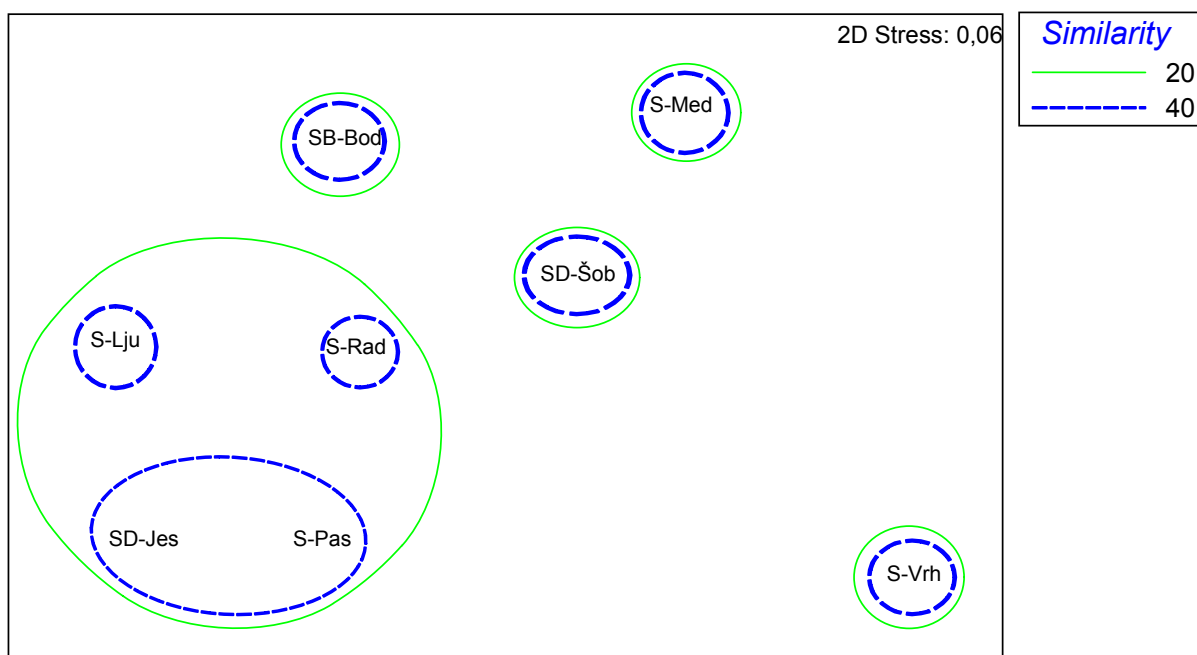
Rezultati klaster analize na osnovu Bray-Curtisovog indeksa sličnosti (Slika 18) pokazuju jasno izdvajanje zajednice puževa na postaji S-Vrh od zajednice puževa na ostalim istraživanim postajama. Najveća sličnost utvrđena je između postaja SD-Jes i S-Pas (59 %), a

zajedno s njima grupirala se i postaja S-Lju. S druge strane nalazi se grupa koja obuhvaća četiri uzvodnije postaje od kojih najveću sličnost pokazuju postaje SD-Šob i S-Rad (55 %).



Slika 18. Dendrogram sličnosti zajednica puževa na istraživanim postajama rijeke Save na osnovu brojnosti jedinki.

U MDS analizi istraživanih postaja s obzirom na njihovu međusobnu sličnost prema fauni mekušaca zajedno su se grupirale postaje SD-Jes i S-Pas, sa sličnošću od 40 %, a zajedno s njima su se grupirale postaje S-Lju i S-Rad (sličnost 20 %), dok su se ostale istraživane postaje odvojile u zasebne grupe (Slika 19).



Slika 19. MDS analiza sličnosti istraživanih postaja na rijeci Savi prema brojnosti mekušaca.

4.2 Sastav i struktura zajednice makrozoobentosa

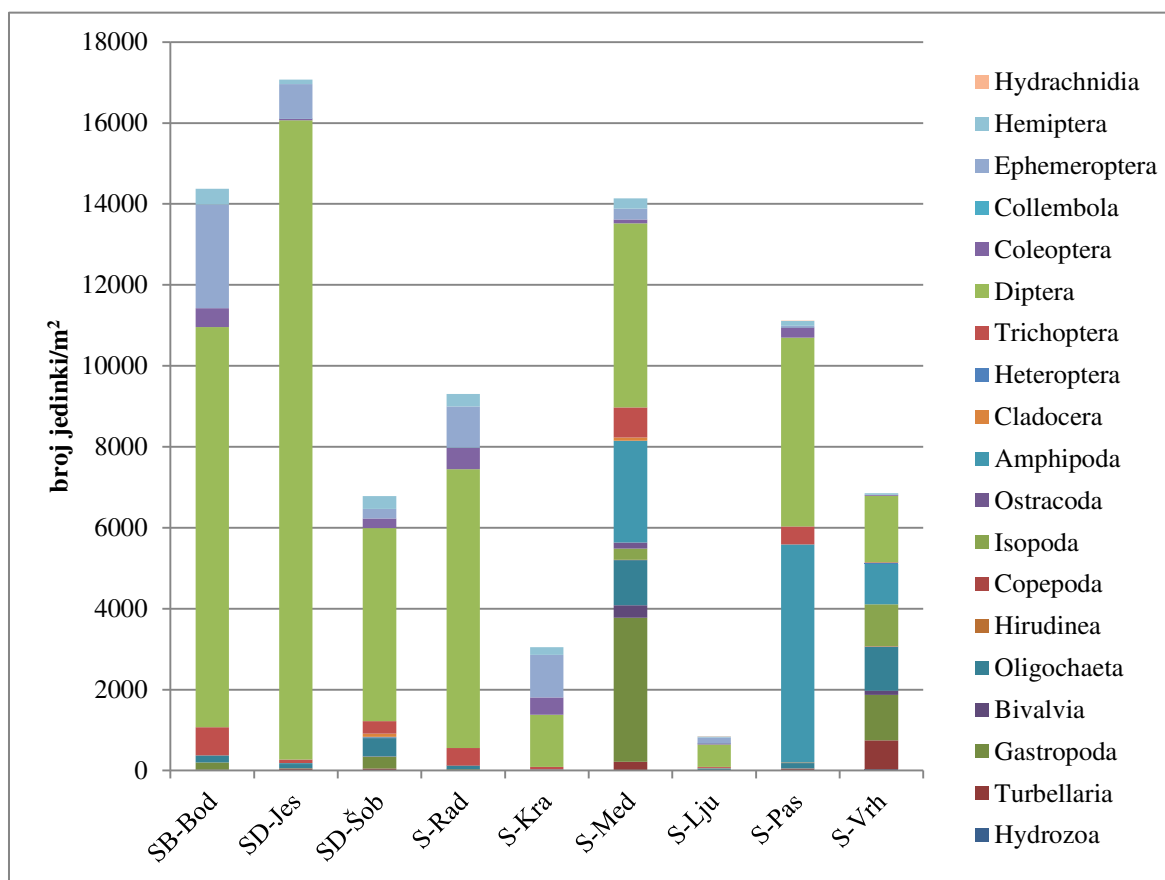
Analiza zajednice makrozoobentosa napravljena je na 9 postaja na kojima su provedena kvantitativna mjerenja. Na istraživanim postajama pronađeno je ukupno 19 skupina makrozoobentosa (Slike 20 i 21).

Na postajama S-Med i S-Vrh pronađeno je najviše skupina makrozoobentosa, čak njih 14. Najveća brojnost jedinki makrozoobentosa zabilježena je na postaji SD-Jes (17 068,8 jedinki/m²) dok je najmanja brojnost zabilježena na postaji S-Lju (841,6 jedinki/m²).

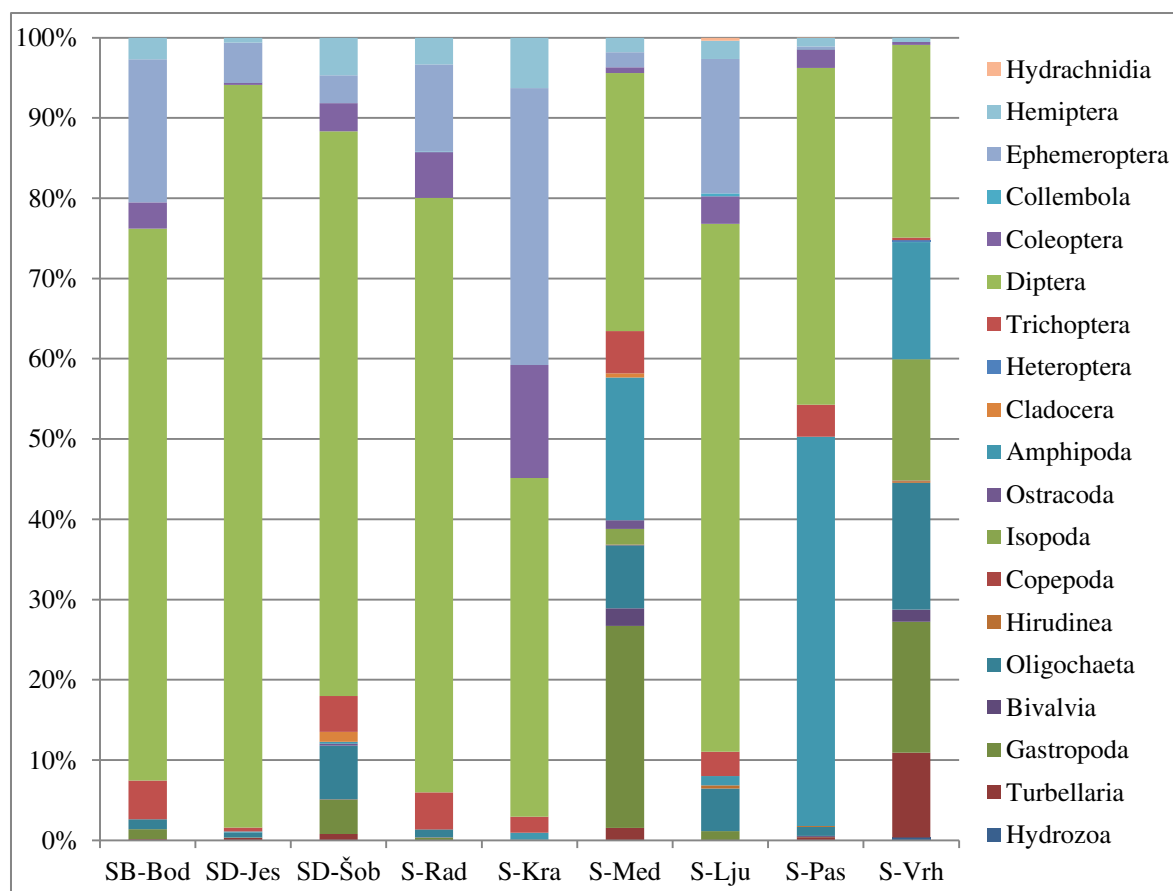
Pet skupina makrozoobentosa pronađeno je na svih 9 postaja: Oligochaeta, Trichoptera, Diptera, Coleoptera i Hemiptera od kojih je skupina Diptera najbrojnija na čak 8 postaja. Pojedine skupine makrozoobentosa (Heteroptera (16 jedinki/m²) i Hydrozoa (24 jedinke/m²) pronađene su samo na postaji S-Vrh.

Najveća gustoća populacija puževa i školjkaša zabilježena je na postaji S-Med (3561,6 jedinki/m² i 307,2 jedinki/m²). Na toj postaji puževi i školjkaši zastupljeni su s udjelom od 27,40 %. Na postaji SD-Jes, gdje je zabilježena najveća brojnost jedinki makrozoobentosa, ujedno je zabilježena najmanja brojnost puževa (6,4 jedinke/ m²) dok školjkaši na toj postaji uopće nisu pronađeni. Osim na toj, školjkaši nisu pronađeni ni na sljedećim postajama: SB-

Bod, S-Lju i S-Kra (na toj postaji također nisu pronađeni ni puževi). Najmanja gustoća populacije školjkaša zabilježena je na postaji SD-Šob (3,2 jedinice/m²).



Slika 20. Sastav i gustoća zajednice makrozoobentosa na istraživanim postajama.



Slika 21. Udio pojedinih skupina makrozoobentosa na istraživanim postajama.

5 RASPRAVA

Rijeka Sava je najdulja hrvatska rijeka no unatoč tome u biocenološkom smislu nije dovoljno istražena. Sve do sredine sedamdesetih godina prošlog stoljeća zabilježeni su samo pojedinačni faunistički i floristički radovi (Brusina, 1867, 1870; Car, 1900, 1911; Plančić, 1923; Thaler, 1936; Lazar, 1960; Meštrov, 1960; Pevalek, 1916; Habdija i Stilinović, 1973). Prvo kompleksnije istraživanje rijeke Save kojim je obuhvaćen cijeli tok, od izvora Save Bohinjke i Save Dolinke sve do ušća u Dunav provode Matoničkin i sur. (1975). Analizirajući sastav i strukturu biocenoza navedeni autori su utvrdili da je zajednica mekušaca u rijeci Savi zastupljena s 19 vrsta.

Kasnija istraživanja rijeke Save uglavnom su obuhvatila donji i srednji dio toka rijeke. Najveći dio novijih istraživanja provedenih u hrvatskom dijelu odnosi se na sastav i strukturu ribljih zajednica (Habeković i sur., 1993; Habeković i sur., 1997; Treer, 2006; Čaleta, 2007; Piria, 2007). Za razliku od hrvatskog dijela, istraživanja makrobeskralješnjaka rijeke Save na području Srbije bila su učestalija (Jakovčev, 1991; Martinović-Vitanović, 1999; Paunović i sur., 2004, 2008). Posljednje veće istraživanje srednjeg i donjeg toka rijeke provedeno je 2011.-2012. godine u okviru bilateralnog hrvatsko srpskog projekta (Paunović i sur., 2012). Tijekom navedenog istraživanja ukupno je zabilježeno 25 vrsta mekušaca, od kojih 17 vrsta puževa i 8 vrsta školjkaša (Dekić, 2013).

Istraživanje koje je u lipnju i rujnu 2012. godine provedeno u okviru hrvatsko-slovenskog bilateralnog projekta, dio kojeg je i ovaj diplomski rad, obuhvatilo je 16 postaja na gornjem dijelu toka rijeke Save u Sloveniji. Gornji tok rijeke Save prema Milačić i sur. (2015) možemo podijeliti na tri regije: područje oko izvora rijeke, središnji dio te najnižvodniji dio. U našem istraživanju područje oko izvora rijeke obuhvatilo je 7 postaja (SD-Zel, SD-Rat, SD-Jes, SD-Šob, SB-Boh i SB-Bod), središnji dio pet (S-Rad, S-Kra, S-Med, S-Lju i S-Pas), te najnižvodniji također pet (S-Vrh, S-Bla, S-Krš, S-Krm i S-Bre). Ukupno smo zabilježili 15 vrsta slatkovodnih mekušaca (14 vrsta puževa te jedan rod školjkaša). Najzastupljeniji mekušci su školjkaši iz roda *Pisidium* koje smo pronašli na čak 14 postaja. Analizirajući longitudinalni profil rijeke na najnižvodnijem dijelu pronašli smo ukupno 12 vrsta mekušaca za razliku od područja oko izvora i središnjeg dijela na kojima je pronađeno po 7 vrsta mekušaca. Navedenu razliku u raznolikosti mekušaca najnižvodnijih postaja naspram ostalih možemo objasniti razlikom u brzini strujanja vode u pojedinim dijelovima rijeke. Naime, prema Kerovec (1986), brzina vode je ograničavajući faktor za opstanak mnogih organizama i

smanjuje se udaljavanjem od izvora što je potvrđeno i našim istraživanjem. Da bi opstale u područjima veće brzine strujanja vode, životinje moraju razviti niz prilagodbi. *Ancylus fluviatilis* je primjer vrste puža koja se često može pronaći u tekućicama s kamenitim dnom (Kerovec, 1986; Vučur, 2010) te naročito u jačoj struji vode (Kerovec, 1986). Kapičastim oblikom kućice i širokim stopalom prilagodila se životu u području veće brzine vode tako što joj je široko stopalo omogućilo veću površinu prianjanja na podlogu i samim tim veću stabilnost (Glöer, 2002). Ova vrsta pronađena je na 8 postaja te je time i najzastupljenija vrsta puževa na gornjem toku rijeke Save. Najveću gustoću populacije ova vrsta ima na postaji S-Med (19,2 jedinki/m²). Po zastupljenosti slijedi *Sadleriana fluminensis*, vrsta koja je pronađena na 7 postaja i čija je najveća gustoća populacije također zabilježena na postaji S-Med (550,4 jedinki/m²).

Vrste koje su pronađene samo na jednoj postaji su *Radix labiata* (SB-Boh), *Holandriana holandrii* (S-Krš) i *Valvata piscinalis* (S-Krš). Prema Glöer (2002), *R. labiata* je vrsta koja, između ostalog, preferira izvorišna područja što je potvrđeno našim istraživanjem jer je vrsta zabilježena jedino u izvorišnom dijelu rijeke Bohinjke. Vrsta *H. holandrii* inače živi na čvrstom supstratu poput kamenja ili drva (Vučur, 2010), a *V. piscinalis* na mjestima gdje strujanje vode nije jako (Kerovec, 1986), što vrijedi i za naše istraživanje (pronađena je na nizvodnijoj postaji).

Ostale vrste poput *Radix auricularia*, *R. balthica*, *Gyraulus albus*, *Bithynia tentaculata*, *Galba truncatula*, *Physella acuta* i *Bithynella opaca* široko su rasprostranjene na različitim slatkovodnim staništima u Europi. Vrsta *R. auricularia* pronađena je na nizvodnijim postajama čime smo potvrdili da ova vrsta preferira sporo tekuće vode sa sitnijim supstratom (Kerovec, 1986). Puž *R. balthica* pokazuje tolerantnost na promjene pH vrijednosti, temperature i koncentracije soli te preferira vode bogate vapnencem (Seddon i sur., 2014). Najveća gustoća populacije ove vrste zabilježena je također na postaji S-Med (2985,6 jedinki/m²) na kojoj je ujedno zabilježena i najmanja gustoća populacije vrste *G. albus* (6,4 jedinke/m²). Ova vrsta puža živi u kanalima, rijekama, ribnjacima, jezerima i često ga se može naći na vodenoj vegetaciji (Pfleger, 1999). Vrsta *B. tentaculata* preferira staništa s bogatom vegetacijom (Glöer, 2002; Vučur, 2010; Seddon, 2014), s puno vapnenca (Kerovec, 1986) i često s finim sedimentom kao podlogom (Seddon, 2014). Pronađena je upravo na nizvodnijim postajama koje karakterizira fini, sitni sediment. Vrsta *G. truncatula* izrazito je tolerantna na siromašna staništa, podnosi lošu kvalitetu vode i možemo je čak naći u zagađenoj i mutnoj vodi (Seddon i sur., 2015). Puž *P. acuta* preferira sporo tekuće vode

(Vučur, 2010) s puno vegetacije (Kerovec, 1986), a pronađen je upravo na nizvodnijim postajama koje karakterizira manja brzina strujanja vode. Vrstu *B. opaca* smo pronašli na mjestu gdje se spajaju rijeke Dolinka i Bohinjka te na izvoru rijeke Bohinjke što je i očekivano budući da je poznato da ova vrsta preferira izvorišna područja rijeka (Feher, 2010).

Analiza uzrasne strukture mekušaca pokazala je da su na postajama, na kojima su provedena istraživanja tijekom lipnja 2012. godine, uz adultne prisutne i juvenilne jedinke mekušaca. Juvenilne jedinke vrsta *R. balthica* i *S. fluminensis* zabilježene su na svim postajama za razliku od juvenilnih jedinki vrsta *A. fluviatilis*, *G. albus* i *B. tentaculata* koje su zabilježene samo na jednoj postaji. Na temelju dobivenih rezultata može se pretpostaviti da je do mriještenja populacija vjerojatno došlo tijekom proljeća, iako bi za što preciznije praćenje životnih ciklusa navedenih vrsta trebalo analizirati uzrasnu populaciju u razdoblju duljem od godinu dana.

Školjkaši iz roda *Pisidium* zbog svoje veličine (u prosjeku oko 2 do 4 mm) kao i velike međusobne sličnosti (Killeen i sur., 2004) nisu određeni do vrste. Osim školjkaša, zbog prisutnosti samo juvenilnih jedinki (u prosjeku oko 3 mm) pronađenih na postaji S-Lju, određivanje puževa iz roda *Radix* nije provedeno do razine vrste.

Analiza funkcionalnih hranidbenih skupina pokazala je da na većini postaja, točnije na njih 6, najveći udio imaju strugači nakon kojih odmah slijede detritivori. Ovakvu raspodjelu možemo pripisati visokom udjelu vrsta *A. fluviatilis* i *S. fluminensis*. Prema Moog (2002) vrsta *A. fluviatilis* je 100 % strugač dok je *S. fluminensis* jednakim udjelom strugač i detritivor. Na zadnje dvije postaje najveći udio imaju aktivni filtratori što pak možemo pripisati velikom udjelu školjkaša iz roda *Pisidium* i vrste *B. tentaculata*. Školjkaši iz roda *Pisidium* su prema načinu prehrane 100 % aktivni filtratori dok je *B. tentaculata* 50 % aktivni filtrator, 30 % strugač i 20 % detritivor. Kao što sam već spomenula, školjkaši iz roda *Pisidium* su najzastupljenija skupina mekušaca i samim tim utječu na hranidbenu strukturu zajednice. Vrsta *B. tentaculata* struže alge s podloge samo za proljetnog rasta algi i nekad u jesen kada je koncentracija sitnih organskih čestica smanjena, a ostali dio godine hrani se filtriranjem (Tashiro, 1982; Tashiro i Colman, 1982; citirano prema Dillon, 2004).

Na svim postajama, osim SD-Jes i S-Pas, usitnjivači i ostali zastupljeni su malim, podjednakim udjelom zbog prisutnosti vrsta *R. balthica* i *G. albus* koje su prema načinu prehrane jednakim udjelom usitnjivači i ostali. Na postaji SD-Jes s udjelom od 100 % zabilježeni su strugači iz razloga što je na toj postaji pronađena samo vrsta *A. fluviatilis* dok

su na postaji S-Pas prisutni samo aktivni filtratori i strugači zbog prisutnosti školjkaša iz roda *Pisidium* te vrste *A. fluviatilis*.

Analiza dominantnosti je pokazala da su čak četiri pronađene vrste eudominantne na jednoj ili više postaja. Vrsta *B. tentaculata* pronađena je samo na postaji S-Vrh i na njoj je eudominantna. *A. fluviatilis* je eudominantna vrsta na postajama SD-Jes, S-Lju i S-Pas, *R. balthica* na postajama SD-Šob, S-Rad i S-Med, a *S. fluminensis* na postajama SB-Bod i S-Lju. Za razliku od njih, vrsta *G. albus* pronađena je samo na dvije postaje i na niti jednoj nije eudominantna.

Margalefov indeks gustoće populacije ima najnižu vrijednost za postaju S-Vrh, a najvišu za postaju S-Pas. Pielouv indeks ujednačenosti je najniži na postaji SD-Šob, a najviši na postaji S-Lju. Shannonov i Simpsonov indeks raznolikosti pokazuju da je najmanja raznolikost zajednice puževa na postaji SD-Šob, a najveća na postajama S-Lju i S-Pas. MDS i klaster analiza sličnosti zajednica puževa na različitim postajama pokazala je jasno izdvajanje zajednice puževa na postaji S-Vrh od zajednice puževa na ostalim postajama. Razlog tome je prisutnost vrste *B. tentaculata* jedino na postaji S-Vrh i vrste *G. albus* samo na postajama S-Vrh i S-Med. Najveću sličnost imaju postaje SD-Jes i S-Pas te SD-Šob i S-Rad što možemo objasniti jednakom gustoćom populacija vrste *A. fluviatilis* na postajama SD-Jes i S-Pas te prisutnošću vrste *R. balthica* na postajama SD-Šob i S-Rad.

Na istraživanim postajama gornjeg toka rijeke Save ukupno je zabilježeno 19 skupina makrozoobentosa. Skupine Oligochaeta, Trichoptera, Diptera, Coleoptera i Hemiptera zabilježene su na svih 9 postaja na kojima je provedeno kvantitativno istraživanje. Pri tome treba istaknuti da je skupina Diptera brojnošću dominirala na čak 8 postaja. Na postajama S-Med i S-Vrh pronađeno je najviše skupina makrozoobentosa, čak njih 14. Udio mekušaca na većini postaja je manji od 5 % osim na postajama S-Med i S-Vrh gdje su puževi i školjkaši zastupljeni su udjelima od 27,40 % odnosno 16,71 %.

U ranije spomenutom istraživanju koje su proveli Matoničkin i sur. (1975) u gornjem dijelu toka na području Slovenije nije zabilježena niti jedna vrsta mekušaca. Najvjerojatniji razlog za to je primijenjena metodologija istraživanja. Naime, u našem istraživanju osim kvantitativnog sakupljanja na 9 postaja, na svih 16 postaja je provedeno kvalitativno istraživanje kojim su uzorkovana sva mikrostaništa na nekoj postaji. Za mekušce, a to posebno vrijedi za vrste koje imaju male gustoće populacija, upravo metodologija koja uključuje i ručno skupljanje jako je važna (Pfleger, 1999).

Na sastav zajednice mekušaca, kao i makrozoobentosa u cjelini, značajan je utjecaj imala izgradnja hidroelektrana te pretvaranje nizvodnijeg dijela toka u akumulacijska jezera. Isto tako, prestanak rada velikih industrijskih postrojenja uz rijeku Savu te ugradnja kolektora za otpadne vode zasigurno su pozitivno utjecali na zajednicu mekušaca u rijeci no budući da ne postoje podaci o stanju kakvo je bilo krajem prošlog stoljeća nemoguće je iznositi konkretnije zaključke.

Tijekom ovog istraživanja u rijeci Savi nije zabilježena niti jedna invazivna vrsta mekušaca iako su u srednjem i donjem toku rijeke zabilježene tri invazivne vrste školjkaša (Dekić, 2013) no za očekivati je da, ako već nisu prisutne, u vrlo kratkom vremenu će se proširiti u uzvodnije dijelove rijeke. To se posebno odnosi na vrste *Sinanodonta woodiana* i *Corbicula fluminea* kojima odgovara pjeskovito muljeviti supstrat u akumulacijama (Lajtner i Crnčan, 2011).

Zaključno, rezultati ovog rada predstavljaju značajan doprinos poznavanju malakofaune gornjeg toka rijeke Save i polazna su osnova za buduća istraživanja ove rijeke.

6 ZAKLJUČAK

1. Malakološkim istraživanjima provedenim tijekom lipnja i rujna 2012. godine, na 16 postaja duž gornjeg toka rijeke Save, ukupno je pronađeno 14 vrsta puževa i jedan rod školjkaša. Najzastupljenije vrste mekušaca su školjkaši iz roda *Pisidium* koji su pronađeni čak na 14 postaja. Najzastupljenija vrsta puževa je *Ancylus fluviatilis*, pronađena na 8 postaja, nakon koje slijedi *Sadleriana fluminensis*, vrsta koja je pronađena na 7 postaja.
2. Kvantitativnim istraživanjima, koja su provedena na 9 od ukupno 16 postaja, pronađeno je 7 vrsta mekušaca. Najveći broj vrsta, pet, zabilježen je na postaji S-Med gdje je zabilježena i najveća gustoća populacije mekušaca (3868,8 jedinki/m²).
3. Vrste *Sadleriana fluminensis*, *Ancylus fluviatilis* i *Radix balthica* su eudominantne na čak tri istraživane postaje.
4. Analiza uzrasne strukture mekušaca pokazala je da su na postajama, na kojima su provedena kvantitativna istraživanja tijekom lipnja 2012. godine, uz adultne prisutne i juvenilne jedinke mekušaca. Na temelju podataka može se pretpostaviti da je do mriještenja populacija vjerojatno došlo tijekom proljeća, iako bi za što preciznije praćenje životnih ciklusa istraživanih vrsta trebalo analizirati uzrasnu populaciju u razdoblju duljem od godinu dana.
5. Analiza funkcionalnih hranidbenih skupina pokazala je da na većini postaja najveći udio čine strugači nakon kojih slijede detritivori. Ovakvu raspodjelu možemo pripisati visokom udjelu vrste *A. fluviatilis* koja je strugač te vrste *S. fluminensis* koja je jednakim udjelom strugač i detritivor. Na zadnje dvije postaje, gdje je sporija brzina strujanja vode, najveći udio imaju aktivni filtratori što pak možemo pripisati velikom udjelu školjkaša iz roda *Pisidium* i vrste *B. tentaculata* koja, iako se radi o pužu, najvećim je dijelom aktivni filtrator.
6. Indeksi raznolikosti pokazuju najmanju raznolikost zajednice puževa na postaji SD-Šob, a najveću na postajama S-Lju i S-Pas. MDS i klaster analiza sličnosti zajednica puževa pokazala je jasno izdvajanje zajednice puževa na postaji S-Vrh od zajednice

puževa na ostalim postajama. Razlog tome je prisutnost vrste *B. tentaculata* samo na postaji S-Vrh i vrste *G. albus* samo na postajama S-Vrh i S-Med. Najveću sličnost imaju postaje SD-Jes i S-Pas te postaje SD-Šob i S-Rad što možemo objasniti zastupljenošću vrsta *A. fluviatilis* i *R. balthica* na navedenim postajama.

7. Na istraživanim postajama gornjeg toka rijeke Save ukupno je zabilježeno 19 skupina makrozoobentosa. Skupine Oligochaeta, Trichoptera, Diptera, Coleoptera i Hemiptera zabilježene su na svih 9 postaja na kojima je provedeno kvantitativno istraživanje. Udio mekušaca na većini postaja je manji od 5 %, osim na postajama S-Med i S-Vrh gdje su puževi i školjkaši zastupljeni s udjelima od 27,4 % odnosno 16,71 %.

7 LITERATURA

1. Bick, H. (1989): Ökologie: Grundlagen, terrestrische und aquatische Ökosysteme, angewandte Aspekte.
2. Bogan, A. E. (1998): Freshwater molluscan conservation in North America: problems and practices. *J. Conch. Spec. Publ.*, 2: 223–230.
3. Bogan, A. E. (2000): Global diversity of freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595:139–147.
4. Bole, J. (1969): Ključi za določevanje živali - IV. Mehkužci (Mollusca), Društvo biologov Slovenije, Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani, Ljubljana.
5. Bouchet, P. (2007): Inventorying the molluscan fauna of the world: How far to go? U: Jordaens, K., van Houtte, N., van Goethem, J., Backljev, T. (ur.) *Abstracts of the World Congress of Malacology*, Antwerp, Belgium.
6. Brusina, S. (1867): *Prinesci malakologiji hrvatskoj*. Rad JAZU 1: 78-105, Zagreb.
7. Brusina, S. (1870): *Contribution a l'etude de la Malacologie de la Croatie*. Zagreb, 1-40.
8. Car, L. (1900): Prilog za faunu krustacea. *Glas. Hrv. Nar. Društva*, 12: 55-89.
9. Car, L. (1911): Biološka klasifikacija i fauna naših slatkih voda. *Glas. Hrv. Nar. Društva*, 23: 24-85.
10. Clarke, K. R., Gorley, R. N. (2006): *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth.
11. Cuttelod, A., Seddon, M., Neubert, E. (2011): *European Red list of Non-marine Molluscs*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
12. Čaleta, M. (2007): *Ekološke značajke ihtiofaune nizinskog dijela rijeke Save*. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, 203 str.
13. Dekić, S. (2013): *Utjecaj hidromorfoloških promjena srednjeg i donjeg toka rijeke Save na zajednicu mekušaca (Mollusca: Gastropoda, Bivalvia)*. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, 54 str.
14. Dillon, R.T. (2004): *The Ecology of Freshwater Molluscs*. Department of Biology, College of Charleston, Cambridge.

15. Fahrig, L. (2003): Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 34: 487-515.
16. Feher, Z. (2010): *Bythinella opaca*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015-4. www.iucnredlist.org. Pristupljeno: 25.01.2016.
17. Glöer, P. (2002): Die Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas, Bestimmungsschlüssel, Lebensweise, Verbreitung. Die Tierwelt Deutschlands, 73 Teil, Conchbooks, Hackenheim.
18. Habdija, I., Stilinović, B. (1973): Prilog poznavanju biološke kvalitete vode na temelju eksperimentalno fizioloških metoda. *Ekologija*, 8: 323-336.
19. Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Vidaković, J., Kučinić, M., Špoljar, M., Matoničkin, R., Miliša, M. (2004): Protista - Protozoa i Metazoa – Invertebrata. Funcionalna građa i praktikum. Meridijani, Samobor.
20. Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perić, M. (2011): Protista - Protozoa. Metazoa – Invertebrata. Strukture i funkcije. Alfa, Zagreb.
21. Habeković, D., Aničić, I., Safner, R. (1993): Dinamika rasta klena u rijeci Savi. *Ribarstvo*, 48: 79-88.
22. Habeković, D., Safner, R., Aničić, I., Treer, T. (1997): Ihtiofauna dijela rijeke Save. *Ribarstvo*, 55: 99-110.
23. Jakovčev, D. (1991): Saprobiologische Analyse der Sava im Belgrader Gebiet Anhand der Boden Fauna. - 29. Arbeitstagung der IAD, SIL, Wissenschaftliche Referate, 250-254 Kiew, Ukrainien.
24. Kerovec, M. (1986): Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka, SNL, Zagreb.
25. Killeen, I., Aldrige, D., Oliver, G. (2004): Freshwater Bivalves of Britain and Ireland, FSC, AIDGAP Occasional Publication 82.
26. Krebs, C. J. (1999): Ecological Metodology. Addison Wesley. Longman, inc., Menlo Park.
27. Lajtner, J., Crnčan, P. (2011): Distribution of the invasive bivalve *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) in Croatia. *Aquat. Inv.*, 6: S119-S124.

28. Lazar, J. (1960): *Alge Slovenije*. Ljubljana.
29. Lydeard, C., Cowie, R. H., Bogan, A. E., Bouchet, P., Cummings, K. S., Frest, T. J., Herbert, D. G., Hershler, R., Gargominy, O., Perez, K., Ponder, W. F., Roth, B., Seddon, M., Strong, E. E., Thompson, F. G. (2004): The global decline of non-marine mollusks. *BioScience* 54: 321–330.
30. Martinović-Vitanović, V., Kalafatić, V., Martinović, J., Jakovčev, D., Paunović, M. (1999): Benthic Fauna as an Indicator of the Sava River Water Quality In Belgrade Region. U: *Proceedings of the 1st Congress of Ecologists of the Republic of Macedonia with International Participation. Special issues of the Macedonian Ecological Society*, 5: 517-529, Skopje.
31. Matoničkin, I., Pavletić, Z., Habdija, I., Stilinović, B., (1975): *Prilog valorizaciji voda ekosistema rijeke Save*. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.
32. Matoničkin, I., Habdija, I., Primc-Habdija, B. (1998): *Beskralješnjaci, Biologija nižih avertebrata*, III. prerađeno i dopunjeno izdanje. Školska knjiga, Zagreb.
33. McAllister, D. E., Craig, J. F., Davidson, N., Delany, S., Seddon, M. (2000): *Biodiversity impacts of large dams. A contributing paper to the World Commission on Dams*.
34. Meštrov, M. (1960): Faunističko-ekološka i biocenološka istraživanja podzemnih voda savske nizine. *Biol. glasnik*, 13: 73-109.
35. Milačić, R., Ščančar, J., Paunović, M. (ur.) (2015): *The Sava River*, Springer Verlag, Berlin.
36. Moog, O. (2002): *Fauna Aquatica Austriaca*, 2nd Edition Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Vienna.
37. Paunović, M. (2004): Qualitative composition of the macroinvertebrate communities in the Serbian sector of the Sava River. *Inter. Assoc. Danube Res.*, 35: 349-354.
38. Paunović, M., Borković, S., Pavlović, S., Saičić, Z., Cakić, P. (2008): Results of the 2006 Sava survey – aquatic macroinvertebrates. *Arch. Biol. Sci.*, 60: 265-270.
39. Paunović, M., Tomović, J., Kovačević, S., Zorić, K., Žganec, K., Simić, V., Atanacković, A., Marković, V., Kračun, M., Hudina, S., Lajtner, J., Gottstein, S.,

- Lucić, A. (2012): Macroinvertebrates of the Natural Substrate of the Sava River – Preliminary Results. WRM Journal 2: 33-39.
40. Pflieger, V. (1999): A field guide in colour to Molluscs, Blitz Editions, Leicester.
41. Pflieger, V., Chatfield, J. (1988): A guide to snails of Britain and Europe. Blitz Editions, Leicester.
42. Piria, M., Treer, T., Aničić, I., Tomljanović, T., Safner, R. (2007): Hranidba mreine *Barbus peloponnesius* (Valenciennes, 1842) iz rijeke Save. Ribarstvo, 65: 1-14.
43. Plančić, J. (1923): Ribe Save. Lov. rib. vj., 32.
44. Ponder, W., Lindberg, D. R. (ur.) (2008): Phylogeny and Evolution of the Mollusca. University of California Press, Berkeley.
45. Seddon, M. B. (2014): *Bithynia tentaculata*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015-4. www.iucnredlist.org. Pristupljeno: 24.01.2016.
46. Seddon, M. B., Kebapçı, U., Van Damme, D., Prie, V. (2014): *Radix balthica*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015-4. www.iucnredlist.org. Pristupljeno: 24.01.2016.
47. Seddon, M. B., Kebapçı, U., Van Damme, D., Prie, V. (2015): *Galba truncatula*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015-4. www.iucnredlist.org. Pristupljeno: 24. 01. 2016.
48. Strong, E. E., Gargominy, O., Ponder, W. F., Bouchet, P. (2008): Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater. Hydrobiologia 595:149-166.
49. Šafarek, G., Šolić, T. (2011): Rijeke Hrvatske, Veda, Križevci.
50. Tashiro, J. (1982): Grazing in *Bithynia tentaculata*: Age-specific bioenergetic patterns in reproductive partitioning of ingested Carbon and Nitrogen. Amer. Mid. Nat., 197:133–50.
51. Tashiro, J., Colman, S. (1982): Filter feeding in the freshwater prosobranch snail *Bithynia tentaculata*: Bioenergetic partitioning of ingested Carbon and Nitrogen. Amer. Mid. Nat., 197: 114–132.
52. Thaler, Z. (1936): Rasprostranjenje i popis slatkovodnih riba Jugoslavije. Glasnik prirodnjačkog muzeja srpske zemlje, 5-6: 425-455.

53. Treer, T., Piria, M., Aničić, I., Safner, R. Tomljanović, T. (2006): Diet and growth of spirulin, *Alburnoides bipunctatus* in the barbel zone of the Sava River. *Folia Zool.*, 55: 97–106.
54. Vučur, T. (2010): Ključ za određivanje slatkovodnih puževa, Diplomski rad, Biološki odsjek, PMF, Zagreb.

Internetski izvori:

<http://eol.org/pages/2366/overview> - pristupljeno 8. listopada 2015.

<http://animaldiversity.org/accounts/Gastropoda/> - pristupljeno 24. listopada 2015.

<http://mollusca-g2n.weebly.com/pisidium-amnicum.html> - pristupljeno 24. listopada 2015.

<http://www.savacommission.org/index.php?page=search&q=analiza> - Analiza sliva rijeke Save, Sažetak (Podrška Međunarodnoj komisiji za sliv rijeke Save u pripremi i implementaciji Plana za upravljanje slivom rijeke Save) - pristupljeno 08. siječnja 2016.

8 ŽIVOTOPIS

OSOBNİ PODACI

Ime i prezime: Petra Konjuh

Adresa: Ploča 26, 20231 Doli, Dubrovačko-neretvanska županija

Datum i mjesto rođenja: 08.11.1991., Metković

Telefon: 098 903 7706

E-mail: konjuh.petra@gmail.com

OBRAZOVANJE

2010.- Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu, Biološki odsjek
Integrirani preddiplomski i diplomski studij biologije i kemije,
smjer: nastavnički

2006. - 2010. Opća gimnazija Dubrovnik

2002. - 2006. Osnovna škola Ston

1998. - 2002. Osnovna škola Doli

OSOBNİ VJEŠTINE

Strani jezici: engleski jezik

Računalne vještine: Microsoft Office, Internet, GIMP

Ostale vještine: izrada herbara, vozačka dozvola B kategorije

OSTALE INFORMACIJE

2015. - sudionik na Danu kemije

2014. - The Globe program - A Worldwide Science and Education Program
status: Pre-service teacher

2013. - sudionik na Noći biologije