

# Slatkovodna malakofauna rijeke Bednje

---

Jadrić, Marcela

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:031937>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-18**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno–matematički fakultet  
Biološki odsjek

Marcela Jadrić

Slatkovodna malakofauna rijeke Bednje

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

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

*Srdačno zahvaljujem svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Jasni Lajtner na strpljenju, korisnim savjetima i velikoj pomoći tijekom izrade ovog diplomskog rada.*

*Puno hvala mag. educ. biol. Ivi Vidaković na vrijednim komentarima i savjetima kojima mi je pomogla u pisanju ovog rada.*

*Hvala mojoj obitelji koja mi je omogućila fakultetsko obrazovanje i bez kojih sve što sam dosad postigla ne bi bilo moguće. Hvala i mojoj sestri koja je uvijek bila tu.*

*I naravno, zahvaljujem se Ivani i Ani koje su mi studiranje učinile posebnim i nezaboravnim i bile neizmjerena podrška tokom cijelog studija.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

### SLATKOVODNA MALAKOFAUNA RIJEKE BEDNJE

Marcela Jadrić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Glavni cilj ovog diplomskog rada bio je utvrditi raznolikost i uzrasnu i funkcionalno trofičku strukturu zajednice slatkovodnih puževa i školjkaša u rijeci Bednji. Uzorci makrozoobentosa prikupljeni su tijekom ljetnih mjeseci 2015. godine na 20 lokaliteta raspoređenih duž rijeke Bednje pomoću bentos mreže (kracer). Puževi i školjkaši su u laboratoriju odvojeni od ostalih skupina te su konzervirani u 75%-tnom alkoholu. Uz pomoć dihotomskih ključeva puževi i školjkaši determinirani su do razine vrste izuzev školjkaša iz roda *Pisidium*. Tijekom istraživanja ukupno je pronađeno 15 vrsta puževa i pet vrsta školjkaša. Najzastupljenije vrste puževa bile su *Holandriana holandrii* (C. Pfeiffer, 1828) i *Theodoxus danubialis* (C. Pfeiffer, 1828), dok je od školjkaša najzastupljeniji rod *Pisidium*. Pronađena je i jedna invazivna vrsta školjkaša *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). Analiza uzrasne strukture je pokazala da su juvenilne jedinke dominantnije u odnosu na odrasle jedinke. Provedena analiza funkcionalnih hranidbenih skupina puževa pokazala je da najveći udio imaju strugači, a slijede ih detritivori, dok su svi školjkaši filtratori. Rezultati klaster analize su potvrdili da zajednice mekušaca u rijeci Bednji ne pokazuju izrazit longitudinalni gradijent. Rezultati ovog diplomskog rada doprinijet će boljem poznavanju malakofaune rijeke Bednje.

(45 stranica, 23 slike, 5 tablica, 44 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: mekušci, gustoća populacije, uzrasna struktura, funkcionalne hranidbene skupine

Voditelj: Izv. prof. dr. sc. Jasna Lajtner

Ocjenitelji: Izv. prof. dr. sc. Jasna Lajtner

Prof. dr. sc. Ines Radanović

Izv. prof. dr. sc. Vesna Petrović Peroković

Rad prihvaćen: 3. listopada 2019.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Graduation Thesis

### FRESHWATER MALACOFUNA OF THE BEDNJA RIVER

Marcela Jadrić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The main objective of this study was to determine the diversity, age and functional trophic structure of the freshwater snail and bivalve community in the Bednja River. Macrozoobenthos samples were collected during summer months of 2015 at 20 localities distributed along the Bednja River using a bentos net (kracer). Snail and bivalve species were separated from other groups in the laboratory and preserved in 75% alcohol. With the help of dichotomous keys, snails and bivalve molluscs were identified to the species level with the exception of the genus *Pisidium*. During the investigation, a total of 15 snail and five bivalve species were found. The most common snail species was *Holandriana holandrii* (C. Pfeiffer, 1828) and *Theodoxus danubialis* (C. Pfeiffer, 1828) while the most common bivalve was the genus *Pisidium*. Furthermore, an invasive bivalve species *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) was also found. The analysis of the age structure showed that juvenile specimens were dominant over adult specimens. Conducted analyses of functional feeding groups of snails showed that grazers were present with the highest share, followed by detritivores, while all bivalve species are filterers. The results of the cluster analysis confirmed that molluscan communities in the Bednja River do not show a pronounced longitudinal gradient. Results presented in this thesis will contribute to a better knowledge of the freshwater malacofauna of the Bednja River.

(45 pages, 23 figures, 5 tables, 44 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library.

Key words: molluscs, abundance, growth structure, functional feeding guilds

Supervisor: Dr. Jasna Lajtner, Assoc. Prof.

Reviewers: Dr. Jasna Lajtner, Assoc. Prof.

Dr. Ines Radanović, Prof.

Dr. Vesna Petrović Peroković, Assoc. Prof.

Thesis accepted: October 3, 2019

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Osnovne značajke mekušaca .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1. Biologija puževa .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.2. Biologija školjkaša .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Ekologija slatkovodnih mekušaca .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.1. Ekologija slatkovodnih puževa.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.2. Ekologija slatkovodnih školjkaša.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. Ugroženost slatkovodnih vrsta mekušaca.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4. Ciljevi istraživanja.....</b>	<b>7</b>
<b>2. MATERIJALI I METODE.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Područje istraživanja.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Sakupljanje uzoraka .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3. Laboratorijska obrada uzoraka .....</b>	<b>13</b>
<b>2.4. Obrada podataka .....</b>	<b>13</b>
<b>3. REZULTATI .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1. Sastav i struktura zajednice mekušaca .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.1. Sistematski popis vrsta mekušaca na istraživanim područjima .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.2. Gustoća populacija mekušaca .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.2.1. Gustoća populacija pojedinih vrsta puževa.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1.2.2. Gustoća populacija pojedinih vrsta školjkaša.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1.3. Funkcionalno hranidbena struktura zajednice mekušaca .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1.4. Uzasna struktura mekušaca.....</b>	<b>26</b>
<b>4. RASPRAVA.....</b>	<b>35</b>
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>40</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>41</b>
<b>7. ŽIVOTOPIS .....</b>	<b>45</b>

# 1. UVOD

## 1.1. Osnovne značajke mekušaca

Koljeno Mollusca (mekušci) ime su dobili prema latinskoj riječi „*mollis*“ što znači mekan, gibak, nježan, a odnosi se na mekano tijelo koje je smješteno unutar čvrste ljuske. Koljeno Mollusca jedna je od najbolje i najsvestranije istraženih skupina beskralježnjaka. Oni su vrlo raznolika skupina, po broju vrsta odmah iza člankonožaca, s oko 150 000 do 200 000 recentnih vrsta. Bogati fosilni nalazi njihovih vapnenačkih ljuštura sežu sve do kambrija pa je opisano i oko 35 000 izumrlih vrsta. Znanost koja proučava mekušce naziva se malakologija (Habdija i sur., 2011).

Sistematski su mekušci podijeljeni u sedam razreda, od kojih su tri veća: puževi (Gastropoda), školjkaši (Bivalvia) i glavonošci (Cephalopoda) te četiri manja razreda: bezljušturaši (Aplacophora), jednoljušturaši (Monoplacophora), mnogoljušturaši (Polyplacophora) i koponošci (Scaphopoda). Mekušci uglavnom žive u moru. Razredi Gastropoda i Bivalvia uspjeli su se prilagoditi životu u slatkim vodama, a Gastropoda su uspjeli osvojiti i kopno. U svijetu je opisano oko 6000 slatkovodnih mekušaca. Raznolikost slatkovodnih puževa je znatno veća (Strong i sur. 2008) nego li slatkovodnih školjkaša (Bogan, 2008). Prema Cuttelod i sur. (2011) u Europi živi 808 vrsta slatkovodnih puževa i 48 vrsta slatkovodnih školjkaša, a na području Hrvatske zabilježeno je 118 vrsta slatkovodnih puževa i 19 vrsta školjkaša.

### 1.1.1. Biologija puževa

Puževi su faunistički najraznovrsniji razred mekušaca koji obuhvaća oko 80 000 opisanih vrsta. 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). Zajedničko obilježje svih puževa je zakretanje (torzija) njihove utrobne vrećice i plaštanog kompleksa tijekom embrionalnog razvitka (Habdija i sur., 2011).

Puževi su asimetrične životinje sa spiralno savijenom kućicom. Na tijelu puževa razlikuju se glava, plašt, utrobna vreća i stopalo. Na glavi se nalaze oči i jedan ili dva para ticala. Leđno je smještena spiralno smotana utroba obavijena plaštem, a na trbušnoj strani nalazi se potplatasto stopalo. Na stražnjem dijelu stopala puževi prednjoškržnjaci imaju kalcificirani poklopac,



operkulum, koji služi za zatvaranje ušća kućice. Operkulum ne postoji kod stražnjoškržnjaka i plućnjaka (Habdija i sur., 2011). Plašt puževa obavija cijelo tijelo, osim glave. Izlučuje vapnenačku kućicu pa je prirastao uz rub ušća kućice u obliku nabora. Kućica puža je šuplji čunj koji se savija oko zamišljene okomite osi, a orijentira se tako da se vrh (*apex*) kućice postavi okomito prema gore, a ušće kućice prema promatraču. Ako se ušće kućice nalazi na desnoj strani, onda je kućica dešnjakinja (dekstrozna), a ako se nalazi na lijevoj strani onda je ljevakinja (sinistrozna) (Habdija i sur., 2011). Kućica puževa najčešće je izgrađena od tri sloja, vanjskog organskog periostrakuma ispod kojeg su dva vapnena sloja. Periostrakum je tanki sloj građen od rožnate organske tvari, konhiolina. Srednji sloj, ostrakum, građen je od prizmatično raspoređenih kristala aragonita ili kalcita. Unutrašnji sloj, hipostrakum, poznat je još i kao sedefasti sloj, a navedeni kristali su u njemu poput listića nanizani jedan povrh drugog (Matoničkin i sur., 1998; Habdija i sur., 2011).

Prema vrsti prehrane puževi su biljojedi, grabežljivci, svejedi, strvinari i konzumenti organskog detritusa. Za prihvaćanje i usitnjavanje hrane puževi na trbušnoj strani ždrijela imaju trenicu ili radulu. Trenica ili radula je hitinska membrana s mnogobrojnim redovima zubića (Habdija i sur., 2011). Živčani sustav sastoji se od pet pari ganglija: cerebralni, pedalni, pleuralni, visceralni i parijetalni. U embriogenezi torzija ne zahvaća sve skupine puževa jednako. Posljedica toga je raznolikost građe i asimetričnost živčanog sustava (Habdija i sur., 2011).

Vodeni puževi dišu pomoću posebno izgrađenih organa, perastih škrge (ktenidija) koje strše u plaštanu šupljinu. Kod mnogih stražnjoškržnjaka nestaju prave škrge, pa njihovu funkciju preuzimaju kožni nastavci. U kopnenih puževa prokrvljeni plašt preuzima funkciju disanja (Habdija i sur., 2011). Puževi imaju otvoreni optjecajni sustav kojim struji tjelesna tekućina, hemolimfa. Hemolimfa je bezbojna ili u oksidiranom stanju plavkasta tekućina koja ima važnu ulogu u prijenosu hranjivih tvari, metaboličkih plinova i ekskreta. Osim toga, kao hidroskelet svojim turgorom sudjeluje u izvlačenju i uvlačenju tijela puža u vapnenačku ljušturu. Srce je smješteno u blizini dišnog i ekskretornog sustava, a sastoji se od jedne ili dvije pretklijetke i jedne klijetke (Habdija i sur., 2011). Prednjoškržnjaci su uglavnom razdvojena spola, dok su stražnjoškržnjaci i plućnjaci dvospolci.

Puževi najvećim dijelom žive u moru, manji broj vrsta živi na kopnu, a najmanji u slatkim vodama. U slatkovodnim ekosustavima prisutni su samo prednjoškržnjaci i plućnjaci. Prednjoškržnjaci su najvećim dijelom vodene životinje.

### 1.1.2. Biologija školjkaša

Po brojnosti nakon puževa slijede školjkaši (Bivalvia) koji obuhvaćaju oko 25 000 vrsta. Sve životne funkcije školjkaša zasnivaju se na strujanju vode kroz plaštanu šupljinu (Habdija i sur., 2011). Školjkaši su sjedilački ili polusjedilački morski i slatkovodni organizmi. Najčešće žive u mekanom supstratu, a stopalo im služi za ukopavanje.

Tijelo školjkaša je bilateralno simetrično, bočno spljošteno i često produljeno (Habdija i sur., 2011). Smješteno je unutar dvije vapnenačke ljuštore koje izlučuju plašt. Lijeva i desna ljuštura su na leđnoj strani spojene ligamentom i zajedno tvore školjku. Ljuštura je, kao i kod puževa, građena od 3 sloja: periostrakum, ostrakum i hipostrakum (Habdija i sur., 2011). Najstariji dio ljuštore je vrh (*umbo*) oko kojeg su koncentrično raspoređene zone prirasta. Većina školjkaša na rubu ljuštore, ispod ligamenta, ima bravu koja se sastoji od sustava zubića i udubina koje dodatno učvršćuju ljušturu. Prema građi brave školjkaši se mogu podijeliti na jednakozupke (Toxodonta), raznozupke (Heterodonta) i bezupke (Adapedonta). Školjka se otvara i zatvara zbog antagonističkog djelovanja elastičnog ligamenta i mišića zatvarača (Habdija i sur., 2011).

Školjkaši dišu pomoću parnih škrge ili ktenidija koje su smještene u plaštanoj šupljini. Prema građi škrge temelji se i sistemska raspodjela školjkaša u dva podrazreda: Protobranchia i Metabranchia (Habdija i sur., 2011). Školjkaši, kao i puževi, imaju otvoreni optjecajni sustav, a srce se sastoji od jedne klijetke i dvije bočne pretklijetke. Uz ulogu transporta tvari, optjecajni sustav ima i ulogu hidroskeleta koji omogućuje ukopavanje u sediment (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. Probavni sustav se sastoji od usta, jednjaka, želuca, crijeva, rektuma i crijevnog otvora. Školjkaši nemaju ni čeljust ni radulu.

Školjkaši su pretežno razdvojena spola. Kod većine školjkaša oplodnja je vanjska u slobodnoj vodi (morski školjkaši) ili u plaštanoj šupljini (slatkovodni školjkaši).

## 1.2. Ekologija slatkovodnih mekušaca

Povoljan rast i razvoj mekušaca ovisi o abiotičkim i biotičkim ekološkim čimbenicima kao što su koncentracija kalcijevih iona, salinitet, pH vrijednost, količina otopljenog kisika, temperatura, strujanje vode, supstrat, dubina, rast bilja, kompeticija u prehrani, predatori i paraziti (Glöer, 2002).

Ekološki čimbenici značajno se razlikuju u tekućicama i stajaćicama. Mekušci koji žive u tekućicama prilagodili su se različitim životnim uvjetima koji vladaju u gornjem, srednjem ili donjem dijelu toka. Zbog razlike u gornjim i nižim tokovima rijeke postoji gradacija u količini otopljenog kisika i temperaturi koji su međusobno u korelaciji. Karakteristike gornjih tokova su niža temperatura, veća turbulencija vode, brži tok i veće količine otopljenog kisika. Brzina strujanja vode određuje svojstva dna tekućice, tj. utječe na veličinu čestica supstrata. U gornjim tokovima dno je prekriveno kamenjem s oskudnom vegetacijom, dok u srednjem toku prevladavaju šljunak i valutice. S prijelazom u niže tokove uvjeti u tekućicama se mijenjaju. Temperatura raste, manje je kisika, tok je smireniji, a dno pjeskovito i muljevito te bogato detritusom (Bogut i sur., 2006; Kerovec, 1986).

### 1.2.1. Ekologija slatkovodnih puževa

U kopnenim vodama nalazi se oko 4 000 danas poznatih vrsta prednjoškržnjaka i plućnjaka (Strong i sur., 2008). Porodice prednjoškržnjaka koje su najčešće u kopnenim vodama su Viviparidae, Valvatidae, Hydrobiidae i Melanopsidae. Za razliku od njih plućnjaci su većinom kopneni puževi, ali se dio također prilagodio životu u kopnenim vodama, npr. porodice Lymnaeidae, Planorbidae i Physidae (Matoničkin i sur., 1998).

Koncentracija kalcijevih iona utječe na veličinu i težinu kućice. Puževi koji žive u vodi s većom koncentracijom kalcijevih iona imaju teže i deblje kućice od onih koji nastanjuju vode siromašnije ionima kalcija. Puževi unose 80 % kalcija iz vode, a samo 20 % prehranom. Niska koncentracija kalcijevih iona je pokazatelj niske pH vrijednosti.

Slatkovodni puževi pokazuju visok stupanj tolerancije na pH vrijednost vode. Zabilježen je raspon tolerancije za pH od donje granice 4.8 do optimalnih 6 kod vrste *Galba truncatula* (Glöer, 2002). U eutrofnim vodama visoka vrijednost pH je štetna, jer se tada ravnoteža amonijaka i amonijevih iona u vodi pomiče u smjeru nastajanja amonijaka koji je štetan za puževe jer može oštetiti škrge i površinu kože, za razliku od amonijevih iona koji su bezopasni (Glöer, 2002).

Puževi su poikilotermne životinje što znači da temperatura njihova tijela ovisi o temperaturi okoline. Tolerancija slatkovodnih puževa na temperaturu razlikuje se od vrste do vrste. Neke vrste zimu provode zakopane u sedimentu (npr. rod *Viviparus*) dok su neke druge vrste kao npr. Lymnaeidae aktivne čak i pod tankim slojem leda (Glöer, 2002).

U kopnenim vodama osobito je važna količina kisika u vodi, koji u vodu većinom dolazi otapanjem iz atmosfere, a manjim dijelom kao produkt fotosinteze vodenog bilja. Količina kisika otopljenog u vodi važnija je za prednjoškržnjake nego za plućnjake, jer prednjoškržnjaci uzimaju kisik iz vode, dok plućnjaci mogu uzimati atmosferski kisik na površini vode (Glöer, 2002).

Jedan od ekoloških faktora, koji također utječu na populacije puževa su predatori. Predatori mekušaca su većinom ribe, neke ptice (npr. patke, labudovi), ali i štakori, kukci i ježevi. Neke vrste puževa kao npr. rod *Physella* su se, da bi izbjegle predatore, prilagodile životu u vodama lošije kvalitete (Glöer, 2002).

Plućnjaci su domadari za brojne nametnike (amebe, bičaste, trepetljikaše i dr.). Međudomadari su za metilje, cisticerke ili cisticerkoidne trakavice (Matoničkin i sur., 1998). Vrste iz porodica Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Hydrobiidae i Melanopsidae najčešći su međudomadari za metilje (Habdija i sur., 2011).

### **1.2.2. Ekologija slatkovodnih školjkaša**

Većina slatkovodnih školjkaša živi u čistoj, dobro oksigeniranoj sporo tekućoj ili stajaćoj vodi s visokim udjelom kalcijevih iona i sitnozrnatim ili muljevitim supstratom (Killeen i sur. 2004). Žive ukopani u sediment pri čemu im sifo 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). Porodica Unionidae većinom se nalazi na sitnijem supstratu i u sporo tekućim vodama, kao i pripadnici porodice Sphaeriidae, koji se mogu naći i u mulju (Killeen i sur., 2004). Rodovi *Sphaerium*, *Pisidium* i *Musculium* najčešće žive u jarcima, ribnjacima i rukavcima. Vrsta *Dreissena polymorpha* ima prilagodbu da se bisusnim nitima prihvaća na različite podloge, prvenstveno na kamenje i stijene, ali i plutajuća stabla, grane drveća kao i druge školjkaše pa sve do skroz umjetnih podloga kao što su plastika, staklo, guma, papir i metal (Matoničkin i sur., 1998; Killeen i sur., 2004).

Zbog filtracijskog načina prehrane školjkaši su poznati kao dobri bioindikatori. Imaju značajnu ulogu u održavanju kvalitete vode jer zajednice školjkaša mogu dnevno profiltrirati velike količine vode čime poboljšavaju njenu kvalitetu. Mogu smanjiti turbiditet vode i prirodno profiltrirati zagađivače, mikročestice i organske komponente iz vode (Kerovec, 1986; Baker i Levinton, 2003).

U vodi mora biti zadovoljena dovoljna količina kalcijevih iona za izgradnju ljuštore i životne procese školjkaša. Neke vrste, kao što su *Unio tumidus* i *Pisidium tenuilinetum*, obitavaju samo u vodama koje su bogate kalcijevim ionima (Killeen i sur., 2004).

Za razliku od njih, neke vrste školjkaša su neosjetljive na kiselost vode pa ih se može pronaći u područjima sa širokim rasponom pH vrijednosti (neke vrste iz 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).

### **1.3. Ugroženost slatkovodnih vrsta mekušaca**

Slatkovodni mekušci jedna su od najugroženijih skupina životinja. Najčešći razlog izumiranja mekušaca je gubitak i fragmentacija staništa zbog poljoprivrednog i urbanog razvoja (Bogan, 2008; Fahrig, 2003; Lydeard i sur., 2004; Strong i sur., 2008). Intenzivna poljoprivreda utječe na 36 % vrsta, a urbanizacija na 29 % vrsta slatkovodnih mekušaca. Sljedeća prijetnja je pretjerano iskorištavanje vode (vodoopskrba, potrebe industrije) koje utječe na 33 % slatkovodnih vrsta (Cuttelod i sur., 2011).

Najosjetljivije vrste su slabo pokretne, usko su vezane uz točno određeni tip staništa, imaju ograničen areal, dugo vrijeme spolnog sazrijevanja, nizak fekunditet i dugovječnost koje im onemogućavaju prilagodbu na promjene u okolišu (Strong i sur., 2008).

Najznačajniji uzroci ugrožavanja staništa su hidromorfološke promjene na samom toku rijeke (izgradnja brana, kanaliziranje rijeka) čime se dobiva jednoličan tok rijeka (Bogan, 1998; McAllister i sur., 2000), a stanište gubi na svojoj heterogenosti (Killeen i sur., 2004).

U mnogim područjima je najznačajniji uzrok smanjenja populacije slatkovodnih puževa upravo izgradnja brana koje se grade za potrebe hidroelektrana, rekreaciju, zaštitu od poplave ili kao akumulacije vode (McAllister i sur., 2000). Općenito, podaci iz Europe i Sjeverne Amerike, pokazuju da izgradnja brana vodi gubitku bioraznolikosti, dok s druge strane pogoduje širenju kozmopolitskih, često i invazivnih vrsta (Seddon, 2000). Izgradnja brana također uzrokuje smanjenje broja riba, a samim tim i smanjenje broja slatkovodnih školjkaša koji za razvoj svoje ličinke, glohidije, trebaju ribe kao domadare (McAllister i sur., 2000; Killeen i sur., 2004; Cuttelod i sur., 2011).

Povećanje učestalosti i intenziteta suše je problem za slatkovodne mekušce, naročito slatkovodne puževe. U Europi nekoliko rijeka i izvora ima periode potpune suše što uzrokuje

nestanak populacija. S druge strane, česte poplave uzrokuju pomicanje razine sedimenta što negativno utječe na najsitnije vrste mekušaca (Cuttelod i sur., 2011).

Onečišćenja od rudarenja, kanalizacijskog ispusta i ispiranje s poljoprivrednih površina također predstavljaju opasnost slatkovodnim mekušcima jer mogu dovesti do smanjenja koncentracije kisika u vodi i povećanje amonijaka i vodikovog sulfida. Hipoksija i neki polutanti mogu uzrokovati prerano otpuštanje gameta i smanjeni reproduktivni uspjeh (Thomas, 1997; Richter, 1997; Bogan, 1998; Killeen i sur., 2004).

S druge strane, iako su invazivne vrste široko rasprostranjene za sada nemaju značajan utjecaj na slatkovodne vrste mekušaca jer utječu na manje od 5 % ugroženih vrsta slatkovodnih mekušaca (Cuttelod i sur., 2011). Primjeri školjkaša koji predstavljaju prijetnju su *Dreissena polymorpha*, koja obrašta autohtone školjkaše, uzimajući im hranu i kisik iz stupca vode što dovodi do njihovog gušenja (Ricciardi i sur., 1996; Ricciardi i sur., 1998; Burlakova i sur., 2000), dok *Corbicula fluminea* ukopavanjem u supstrat značajno mijenja stanište za autohtone školjkaše (Killeen i sur., 2004).

#### **1.4. Ciljevi istraživanja**

Istraživanje slatkovodne malakofaune u rijeci Bednji imalo je za cilj:

- odrediti sastav zajednice puževa i školjkaša do razine vrste;
- utvrditi gustoću njihovih populacija;
- utvrditi uzrasnu strukturu zajednice puževa i školjkaša;
- provesti analizu funkcionalnih hranidbenih grupa puževa i školjkaša.

## 2. MATERIJALI I METODE

### 2.1. Područje istraživanja

Rijeka Bednja je nizinska srednje velika tekućica, čiji se tok u potpunosti nalazi unutar sjeverozapadnog teritorija Republike Hrvatske. Prema limnološkoj regionalizaciji Europe koja se zasniva na vodenoj fauni (Illies, 1978), rijeka Bednja pripada Panonskoj ekoregiji. Ubraja se u tekućice s peripanonskim kišno-snježnim režimom (Čanjevac, 2013). Karakteristika peripanonskog prostora je izmjena nizinskog i brežuljkasto-brdskog reljefa te predstavlja prijelaz između panonskog u predalpski i dinarski prostor. Slijev rijeke Bednje najvećim dijelom nalazi se na prostoru Varaždinske županije s rubnim dijelovima na prostoru Krapinsko-zagorske i Koprivničko-križevačke županije. Prema Köppenovoj klasifikaciji klime, područje slijeva rijeke Bednje ima umjereno toplu i vlažnu klimu s toplim ljetima (Filipčić, 1998).

Rijeka Bednja izvire podno sjevernih padina Ravne gore. Izvor se nalazi u blizini sela Bednjica na visini od oko 311 m. Postoje i drugi prijedlozi mjesta nastanka i nadmorske visine izvora poput tri varijante koje predlaže Počakal (1982). Kao prvo izvorište rijeke Bednje smatra se Brezova gora odnosno više curaka koji izbijaju na visini od 300 m i stvaraju stalni tok. Iz Kamene gorice na istoj nadmorskoj visini teče drugi tok za kojeg se također misli da bi mogao biti izvor Bednje. I treća varijanta, tok koji nastaje spajanjem tih dvaju izvorišnih tokova na Brezovoj gori i Kamenoj gorici. Nakon dva kilometara zajedničkog otjecanja tok je pregrađen branom i na taj način voda ispunjava okolno udubljenje i tvori Trakošćansko jezero. U prve dvije varijante izvor se nalazi na 320 m nadmorske visine, a u trećoj se spušta na 250 m nadmorske visine. Neki autori smatraju da Bednja izvire podno Macelja (Petrić, 2010). Ušće Bednje nalazi se dva kilometra nizvodno od sela Mali Bukovec gdje se ulijeva u Dravu. Prema Počakalu (1982) ušće Bednje se nalazi na 136 m nadmorske visine. Od četiri rijeke Hrvatskog zagorja jedino se rijeka Bednja ulijeva u Dravu.

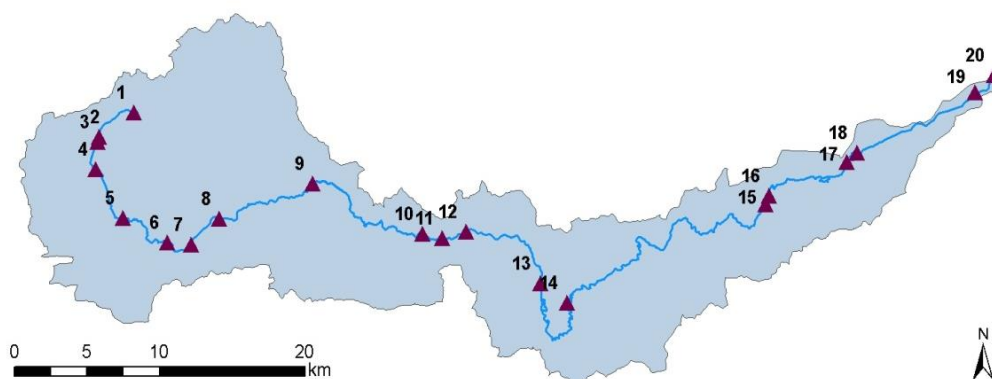
Duž toka rijeke Bednje uočen je niz antropogenih utjecaja od kojih je najevidentnija hidromorfološka degradacija korita uslijed regulacija koje se provode u svrhu obrane od poplava.

## 2.2. Sakupljanje uzoraka

Uzorkovanje na rijeci Bednji provedeno je tijekom ljetnog perioda (30. 06. - 07. 07) 2015. godine na 20 lokaliteta obuhvaćajući sva prisutna mikrostanista (Tablica 1, Slika 1 i 2).

**Tablica 1.** Nazivi 20 lokaliteta na rijeci Bednji i dominantni supstrat

Lokalitet	Naziv (najbliže naselje)	Dominantni supstrat
1	Bednjica, izvor	Krupni šljunak, sitni šljunak, pijesak
2	Cvetlin 1	Pijesak, makrofiti, sitni šljunak
3	Cvetlin 2	Glina, krupni šljunak, sitni šljunak
4	Trakošćan	Pijesak, ostaci drva
5	Bednja	Pijesak, glina
6	Rinkovec	Krupni šljunak
7	Lepoglava 1	Šljunak, tehnolital
8	Lepoglava 2	Sitni šljunak
9	Ivanec	Sitni šljunak
10	Bela 1	Sitni šljunak / pijesak
11	Bela 2	Tehnolital, makrofiti
12	Podvečevo	Sitni šljunak, pijesak
13	Novi Marof	Šljunak, pijesak, drveni ostaci
14	Ključ	Šljunak, pijesak
15	Slanje 1	Šljunak, pijesak
16	Slanje 2	Krupni šljunak, drveni ostaci, sitni šljunak
17	Ludbreg 1	Tehnolital
18	Ludbreg 2	Krupni šljunak, sitni šljunak
19	Mali Bukovec	Tehnolital, šljunak
20	Mali Bukovec - ušće	Šljunak, pijesak

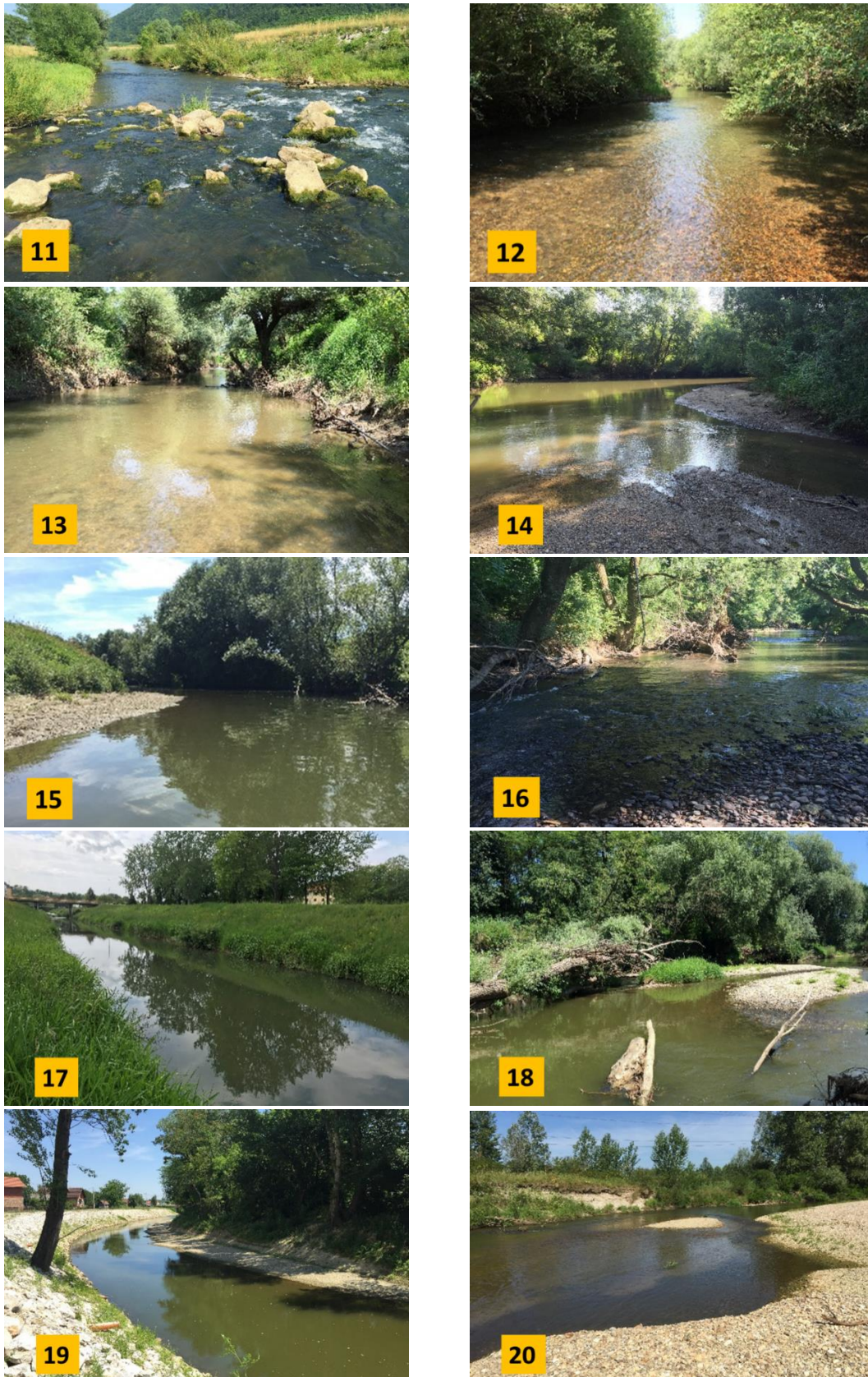


**Slika 1.** Slijev rijeke Bednje i položaj svih 20 lokaliteta na rijeci Bednji prema Tablici 1





**Slika 2.** 20 lokaliteta na rijeci Bednji na kojima su sakupljeni kvantitativni uzorci: 1 - Bednjica, izvor; 2 - Cvetlin 1; 3 - Cvetlin 2; 4 - Trakošćan; 5 - Bednja; 6 - Rinkovec; 7 - Lepoglava 1; 8 - Lepoglava 2; 9 - Ivanec; 10 - Bela 1; (Foto: I. Vidaković)



**Slika 2.** Nastavak. 11 - Bela 2; 12 - Podevčevo; 13 - Novi Marof; 14 - Ključ; 15 - Slanje 1; 16 - Slanje 2; 17 - Ludbreg 1; 18 - Ludbreg 2; 19 - Mali Bukovec; 20 - Mali Bukovec, ušće

Uzorci makrozoobentosa su prikupljeni po EU AQEM protokolu (Aqem consortium, 2002), koji podrazumijeva uzorkovanje svih raspoloživih mikrostaništa na potezu od 100 m. Za uzorkovanje je korištena bentos mreža (kracer, širina otvora 25 x 25 cm). Uzorci makrozoobentosa su odmah konzervirani u 75 %-tnom etanolu. Tijekom uzorkovanja na terenu su izmjereni slijedeći fizikalno-kemijski čimbenici: temperatura vode (°C) – pomoću uređaja oximetar WTW Oxi 330/SET, vodljivost (μS/cm) – pomoću uređaja konduktometar WTW LF 330 i pH – pomoću pH metra WTW pH 330. Laboratorijskom analizom vode dodatno su određeni slijedeći fizikalno-kemijski čimbenici: otopljeni kisik (mg/L) – metodom norme HRN EN 25813:2003, zasićenje kisikom (%) – izračunom preko temperature vode i otopljenog kisika. Nutrijenti su određivani metodama norme HRN ISO 7890-3:2001, HRN ISO 70-3:1998 i HRN ISO 6878:2001 (Tablica 2).

**Tablica 2.** Vrijednosti fizikalno-kemijskih pokazatelja na 20 lokaliteta rijeke Bednje

LOKALITET	Temperatura vode (°C)	Otopljeni kisik (mg/L)	Zasićenje kisikom (%)	Vodljivost (μS/cm)	pH	BPK <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg N/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg N/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg N/L)	Σ N (mg N/L)	Σ P (mg P/L)
1	14,7	8,9	88,1	620	8,10	2,4	0,0659	0,0046	0,7991	1,40	0,127
2	24,8	8,7	106,0	608	8,03	2,7	0,1288	0,0688	0,8725	1,10	0,130
3	22,5	6,7	78,1	609	8,03	2,7	0,1288	0,0688	0,8725	1,10	0,130
4	22,5	6,0	69,9	419	7,90	4,6	0,0949	0,0172	0,4377	1,32	0,081
5	21,5	6,3	72,0	448	8,03	7,7	0,0469	0,0194	0,5134	1,73	0,296
6	22,5	7,9	92,1	513	8,24	3,5	0,0812	0,0283	0,6257	1,47	0,170
7	23,1	8,2	96,7	516	8,21	2,7	0,0405	0,0197	0,7902	1,18	0,136
8	22,3	7,2	83,5	529	8,01	2,4	0,0560	0,0385	0,8770	1,22	0,100
9	23,5	7,7	91,4	528	8,02	2,8	0,2612	0,0778	1,0931	1,79	0,161
10	25,7	7,6	92,6	512	8,39	2,2	0,0626	0,0609	1,2196	1,45	0,144
11	24,8	7,6	92,6	510	8,31	2,2	0,0626	0,0609	1,2196	1,45	0,144
12	23,6	7,6	92,6	511	8,28	2,2	0,0626	0,0609	1,2196	1,45	0,144
13	23,2	7,6	89,8	520	8,31	2,0	<0,008	0,0423	1,2822	1,40	0,152
14	20,4	7,4	82,7	531	8,08	1,9	0,0586	0,0436	1,3246	1,57	0,146
15	23,5	7,6	90,3	566	8,21	3,0	<0,008	0,0390	1,4872	1,67	0,142
16	23,5	7,6	90,3	566	8,21	3,0	<0,008	0,0390	1,4872	1,67	0,142
17	25,7	7,4	91,7	570	8,48	4,6	0,0068	0,0466	1,8374	2,88	0,141
18	25,5	7,7	95,1	574	8,41	4,4	0,1170	0,0496	1,8915	2,48	0,186
19	24,5	7,0	84,8	580	8,27	3,6	0,0444	0,0627	1,7868	2,07	0,198
20	22,5	8,0	93,2	580	8,24	4,2	0,1033	0,0710	1,8096	2,43	0,156

### 2.3. Laboratorijska obrada uzoraka

Pomoću dihotomskih ključeva (Bole, 1969; Glöer, 2002; Killeen i sur., 2004) puževi i školjkaši su određeni do nivoa vrste. Izuzetak su školjkaši iz roda *Pisidium* koji nisu određeni do nivoa vrste zbog malih veličina (2 do 4 mm) i velike sličnosti, odnosno postupak njihovog određivanja zahtjeva veliku stručnost. Nakon toga su provedena morfometrijska mjerenja kućica puževa koja su uključivala visinu i širinu, a školjkašima je mjerena duljina školjke. Prazne kućice i školjke nisu mjerene.

Puževi i školjkaši su prema Moogu (2002) s obzirom na izvor hrane i način prehrane razvrstani u pet osnovnih funkcionalnih hranidbenih skupina:

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

### 2.4. Obrada podataka

Na osnovu podataka o brojnosti puževa i školjkaša na uzorkovanoj površini izračunate su apsolutne gustoće populacija svih vrsta, izražene na metar kvadratni površine. Također su analizirane uzrasne strukture zajednice mekušaca i analizirane funkcionalne (hranidbene) grupe mekušaca. Tabelarni i grafički prikazi izrađeni su pomoću programa Microsoft Office Excel 2010.

Radi određivanja odnosa sastava zajednice puževa i školjkaša na istraživanim lokalitetima provedena je klaster analiza. Matrica sadrži vrijednosti Bray - Curtisovog indeksa sličnosti (Bray i Curtis 1957) izračunatog iz logaritamski transformirane gustoće jedinki pojedinih svojti svih uzoraka. Ove analize provedene su u programu Primer 6.0 (Primer - E Ltd 2006; Clarke i Gorley, 2006).

### 3. REZULTATI

#### 3.1. Sastav i struktura zajednice mekušaca

Mekušci sakupljeni na 20 lokaliteta rijeke Bednje imaju udio od samo 1,58 % u odnosu na ostale skupine bentičkih beskralješnjaka sakupljenih na tim lokalitetima (Vidaković, neobjavljeni podaci). Od ukupnog broja uzorkovanih jedinki bentičkih beskralješnjaka, školjkaša ima 1108 jedinki, a puževa 2020, što čini 0,56 % i 1,02 % u odnosu na cijelu zajednicu makrozoobentosa. Analizirajući zastupljenost puževa i školjkaša na svim lokalitetima utvrđeno je da na 7 lokaliteta veći udio imaju školjkaši, a na 13 lokaliteta puževi.

##### 3.1.1. Sistematski popis vrsta mekušaca na istraživanim područjima

Na području rijeke Bednje pronađeno je 15 vrsta puževa i pet vrsta školjkaša. Popis vrsta puževa i školjkaša utvrđenih tijekom istraživanja prema njihovoj sistematskoj pripadnosti dan je u Tablici 3.

**Tablica 3.** Sistematska pripadnost utvrđenih vrsta puževa i školjkaša

<b>Razred GASTROPODA Cuvier, 1795</b>
Podrazred <b>Orthogastropoda</b> Ponder & Lindberg, 1995
Red Neritopsina Cox & Knight, 1960
Porodica Neritidae Lamarck, 1809
Rod <i>Theodoxus</i> Montfort, 1810
<i>Theodoxus danubialis</i> (C. Pfeiffer, 1828)
Red Neotaenioglossa Haller, 1890
Porodica Bithynidae Troschel, 1857
Rod <i>Bithynia</i> Leach, 1818
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)
Porodica Melanopsidae H. & A. Adams, 1854
Rod <i>Esperiana</i> Bourguignat 1877
<i>Esperiana (Microcolpia) daudebartii</i> (A. Ferussac, 1823)
Rod <i>Holandriana</i> Bourguignat, 1884
<i>Holandriana holandrii</i> (C. Pfeiffer, 1828)
Porodica Hydrobiidae Troschel, 1857
Rod <i>Bythinella</i> Moquin-Tandon, 1856
<i>Bythinella opaca</i> (M. von Gallenstein, 1848)

---

## Razred GASTROPODA Cuvier, 1795

---

Rod *Sadleriana* Clessin, 1890

*Sadleriana fluminensis* (Küster, 1852)

---

Red Ectobranchia P. Fischer, 1884

Porodica Valvatidae J. E. Gray, 1840

Rod *Valvata* O. F. Müller, 1773

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

---

Red Pulmonata Cuvier & Blainville, 1814

Porodica Acroloxidae Thiele, 1931

Rod *Acroloxus* Beck, 1837

*Acroloxus lacustris* (Linnaeus, 1758)

---

Porodica Lymnaeidae Lamarck, 1812

Rod *Galba* Schrank, 1803

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

Rod *Radix* Montfort, 1810

*Radix labiata* (Rossmässler, 1835)

---

Porodica Physidae Fitzinger, 1833

Rod *Physella* Haldeman, 1842

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

---

Porodica Planorbidae Rafinesque, 1815

Rod *Gyraulus* Charpentier, 1837

*Gyraulus crista* (Linnaeus, 1758)

Rod *Hippeutis* Charpentier, 1837

*Hippeutis complanatus* (Linnaeus, 1758)

Rod *Segmentina* Fleming, 1818

*Segmentina nitida* (O. F. Müller, 1774)

Rod *Ancylus* O. F. Müller, 1773

*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

*Pisidium* sp.

Rod *Sphaerium* Scopoli, 1777

*Sphaerium rivicola* (Lamarck, 1818)

---

Porodica Dreissenidae Gray, 1840

Rod *Dreissena* P. van Beneden, 1835

*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)

---

## Razred BIVALVIA Linnaeus, 1758

### Red Unionida

Porodica Unionidae Rafinesque, 1820

Rod *Anodonta* Lamarck, 1799

*Anodonta anatina* (Linnaeus, 1758)

Rod *Unio* Philipson, 1788

*Unio crassus* Philipsson, 1788

Najveća raznolikost mekušaca utvrđena je na lokalitetu 15, Slanje-1. Od 8 vrsta mekušaca utvrđenih na tom lokalitetu pet vrsta su puževi, a tri vrste školjkaši. Lokalitet 3, Cvetlin-2 i lokalitet 9, Ivanec su mjesta s najmanjim brojem vrsta mekušaca. Na tim lokalitetima je zabilježena samo jedna vrsta školjkaša, *Unio crassus*. Vrste koje su pronađene na najvećem broju lokaliteta bili su puž *Holandriana holandrii* (13 lokaliteta) i školjkaši iz roda *Pisidium* sp. (15 lokaliteta) (Tablica 4).

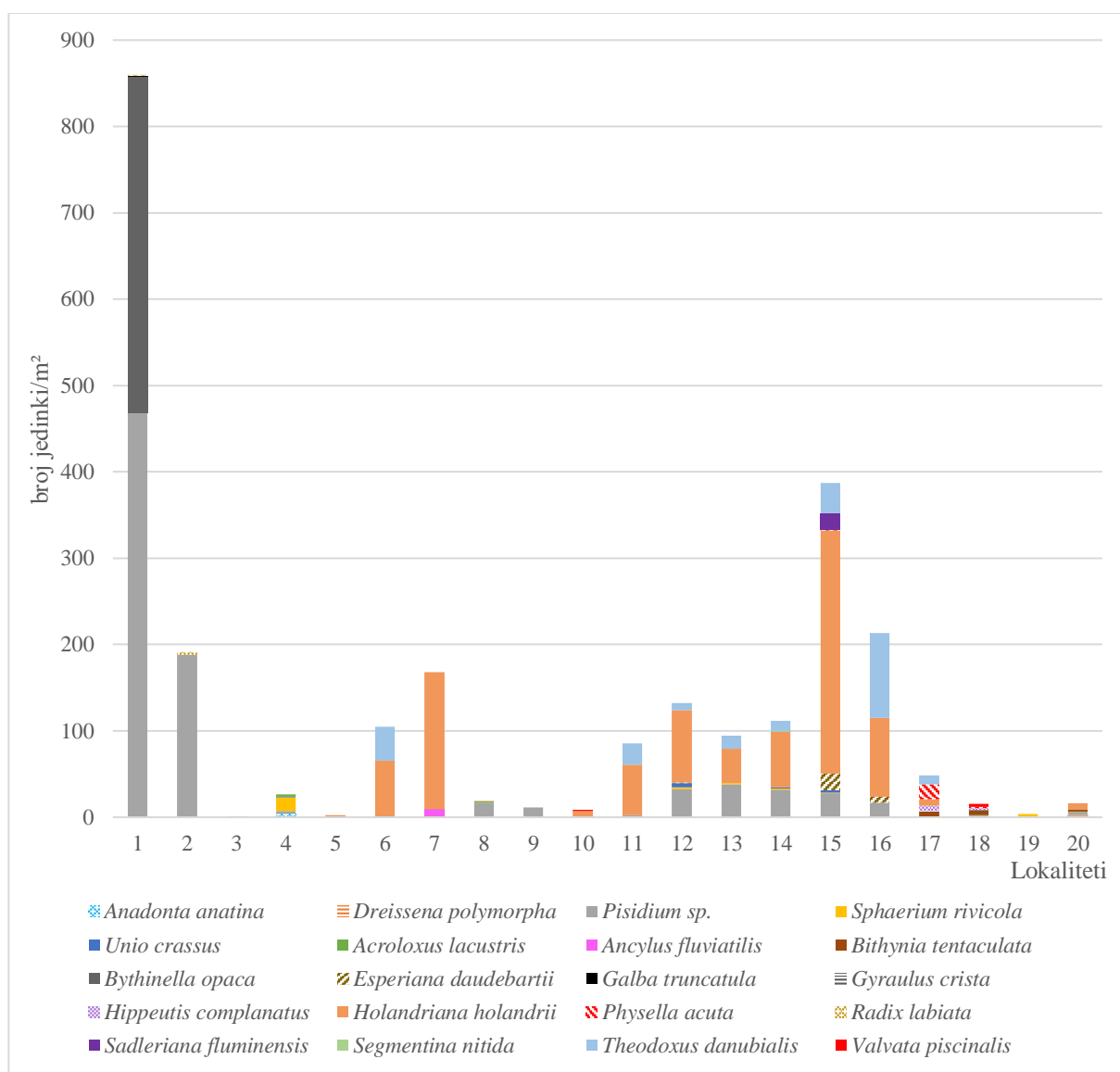
**Tablica 4.** Zastupljenost pojedinih vrsta mekušaca na istraživanim lokalitetima rijeke Bednje

Vrste/lokaliteti	LOKALITET 1	LOKALITET 2	LOKALITET 3	LOKALITET 4	LOKALITET 5	LOKALITET 6	LOKALITET 7	LOKALITET 8	LOKALITET 9	LOKALITET 10	LOKALITET 11	LOKALITET 12	LOKALITET 13	LOKALITET 14	LOKALITET 15	LOKALITET 16	LOKALITET 17	LOKALITET 18	LOKALITET 19	LOKALITET 20	Broj lokaliteta na kojima je vrsta zastupljena
<b>BIVALVIA</b>																					
<i>Anodonta anatina</i>			+																		1
<i>Dreissena polymorpha</i>																				+	1
<i>Pisidium</i> sp.	+	+		+			+	+	+		+	+	+	+	+	+		+	+	+	15
<i>Sphaerium rivicola</i>				+								+	+	+	+				+		6
<i>Unio crassus</i>			+	+	+	+	+					+		+	+						8
<b>GASTROPODA</b>																					
<i>Acroloxus lacustris</i>				+				+										+		+	4
<i>Ancylus fluviatilis</i>							+														1
<i>Bithynia tentaculata</i>																	+	+		+	3
<i>Bythinella opaca</i>	+																				1
<i>Esperiana daudebartii</i>												+			+	+					3
<i>Galba truncatula</i>	+																				1
<i>Gyraulus crista</i>																	+	+			2
<i>Hippeutis complanatus</i>																	+	+			2
<i>Holandriana holandrii</i>					+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+			+	13
<i>Physella acuta</i>															+		+	+			3
<i>Radix labiata</i>	+	+																			2
<i>Sadleriana fluminensis</i>															+						1
<i>Segmentina nitida</i>														+							1
<i>Theodoxus danubialis</i>						+					+	+	+	+	+	+	+				8
<i>Valvata piscinalis</i>										+								+			2
<b>Broj vrsta</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	

### 3.1.2. Gustoća populacija mekušaca

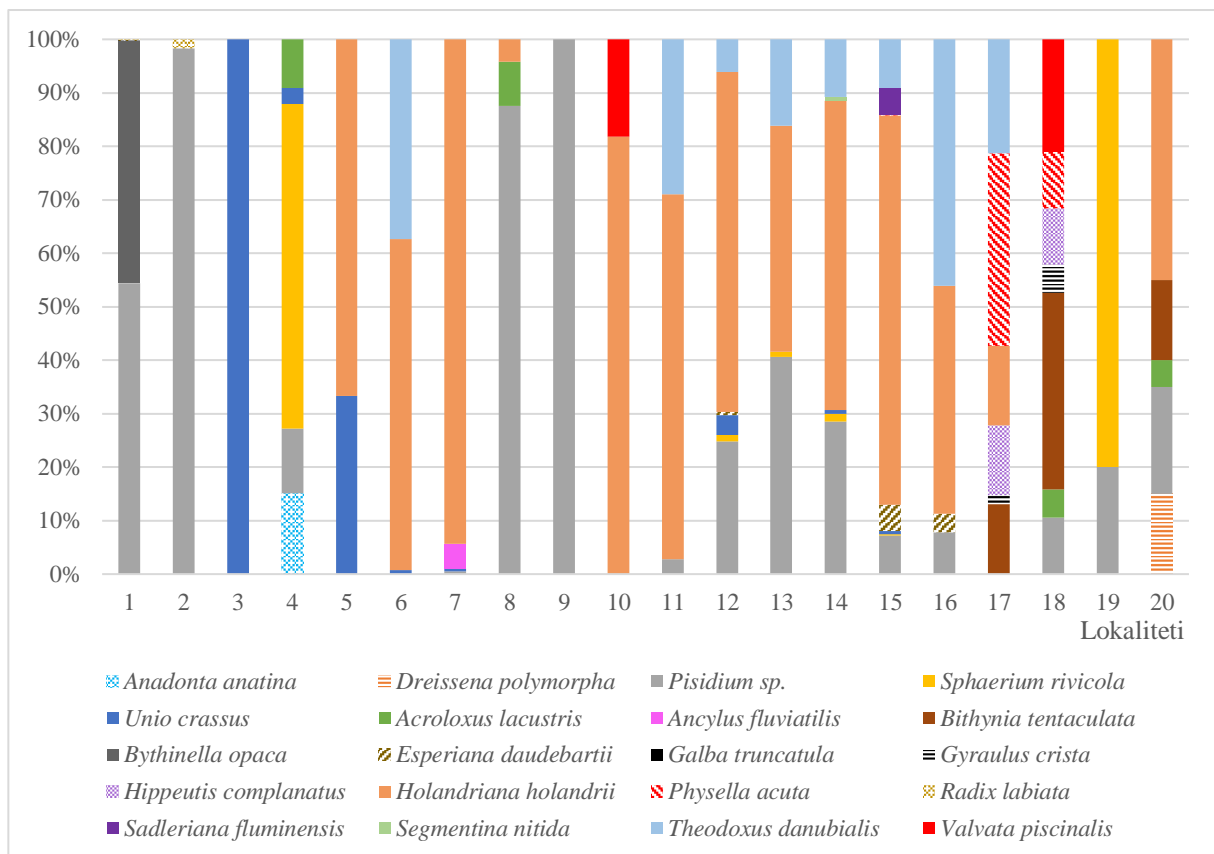
Analiza gustoće populacija mekušaca napravljena je za 20 lokaliteta na kojima su provedena kvantitativna istraživanja.

Na lokalitetu 1, Bednjica zabilježena je najveća brojnost jedinki mekušaca (860 jedinki/m<sup>2</sup>) (Slike 3 i 4). Najmanja brojnost jedinki mekušaca zabilježena je na lokalitetu 3, Cvetlin-2 (0,8 jedinki/m<sup>2</sup>). Riječ je o školjkašu *Unio crassus*.



**Slika 3.** Gustoća populacija pojedinih vrsta mekušaca na istraživanim lokalitetima rijeke Bednje





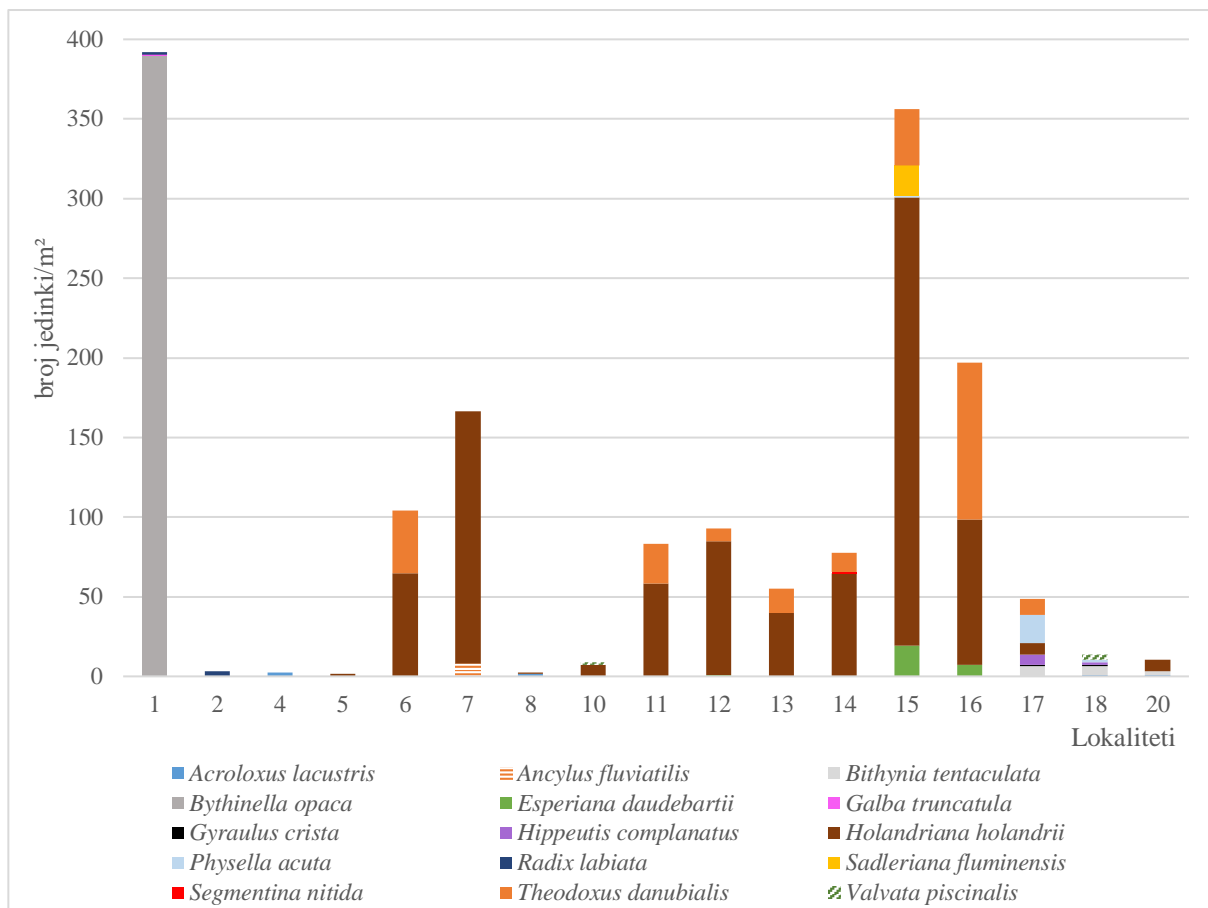
**Slika 4.** Udio pojedinih vrsta mekušaca na istraživanim lokalitetima rijeke Bednje

### 3.1.2.1. Gustoća populacija pojedinih vrsta puževa

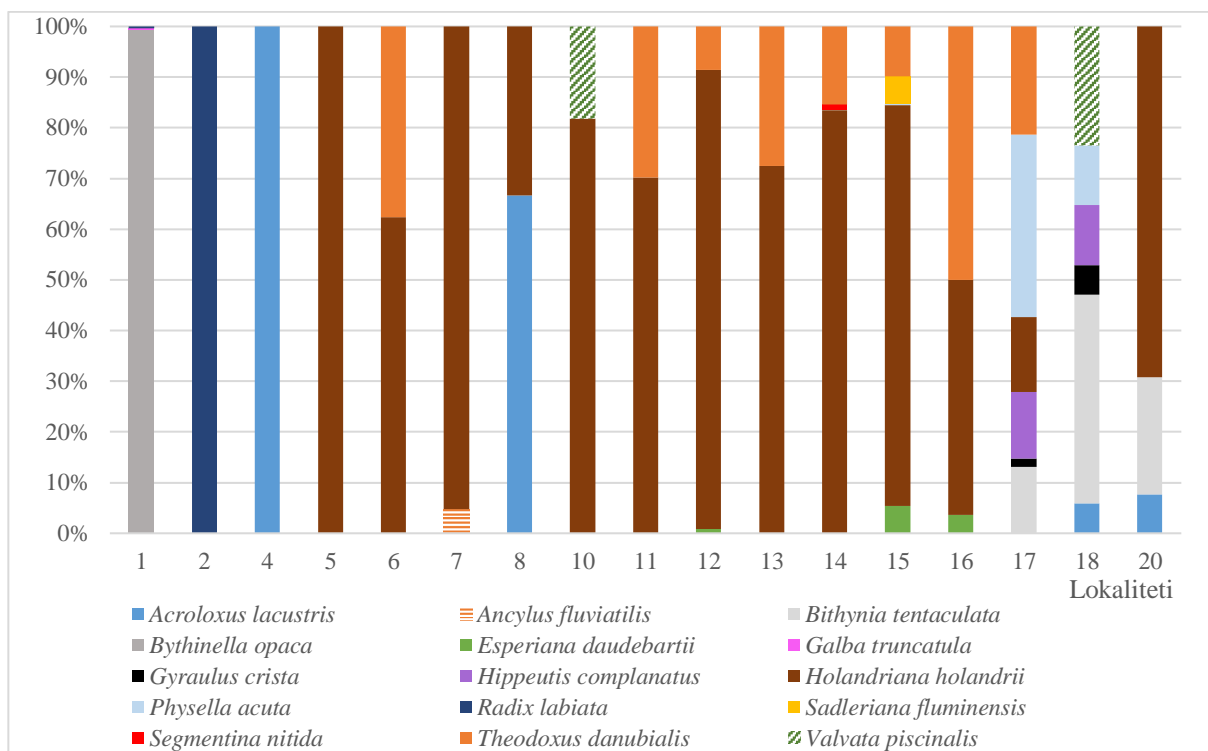
Na lokalitetu 18, Ludbreg-2 prisutan je najveći broj vrsta puževa (6 vrsta) (Slika 5). Najveća gustoća populacija zabilježena je na lokalitetu 1, Bednjica (392 jedinke/m<sup>2</sup>), a najmanja na lokalitetu 4, Trakošćan (2,4 jedinki/m<sup>2</sup>) i lokalitetu 5, Bednja (1,6 jedinki/m<sup>2</sup>). Na lokalitetima 3 (Cvetlin-2), 9 (Ivanec) i 19 (Mali Bukovec) nije pronađena ni jedna vrsta puža.

Na najviše lokaliteta su pronađene vrste *Holandriana holandrii* (13 lokaliteta) i *Theodoxus danubialis* (8 lokaliteta). Najveću gustoću populacije ima vrsta *Bythinella opaca* na lokalitetu 1, Bednjica (389,6 jedinke/m<sup>2</sup>), a nakon nje slijedi *Holandriana holandrii* na lokalitetu 15, Slanje-1 (281,6 jedinke/m<sup>2</sup>) (Slike 5 i 6).

Najmanju gustoću populacije (0,8 jedinki/m<sup>2</sup>) imaju *Galba truncatula* na lokalitetu 1, Bednjica i *Segmentina nitida* na lokalitetu 14, Ključ. Osim te dvije vrste, *Bythinella opaca*, *Sadleriana fluminensis* i *Ancylus fluviatilis* su također pronađene samo na jednom lokalitetu (Slike 5 i 6).



**Slika 5.** Gustoća populacija pojedinih vrsta puževa na istraživanim lokalitetima rijeke Bednje



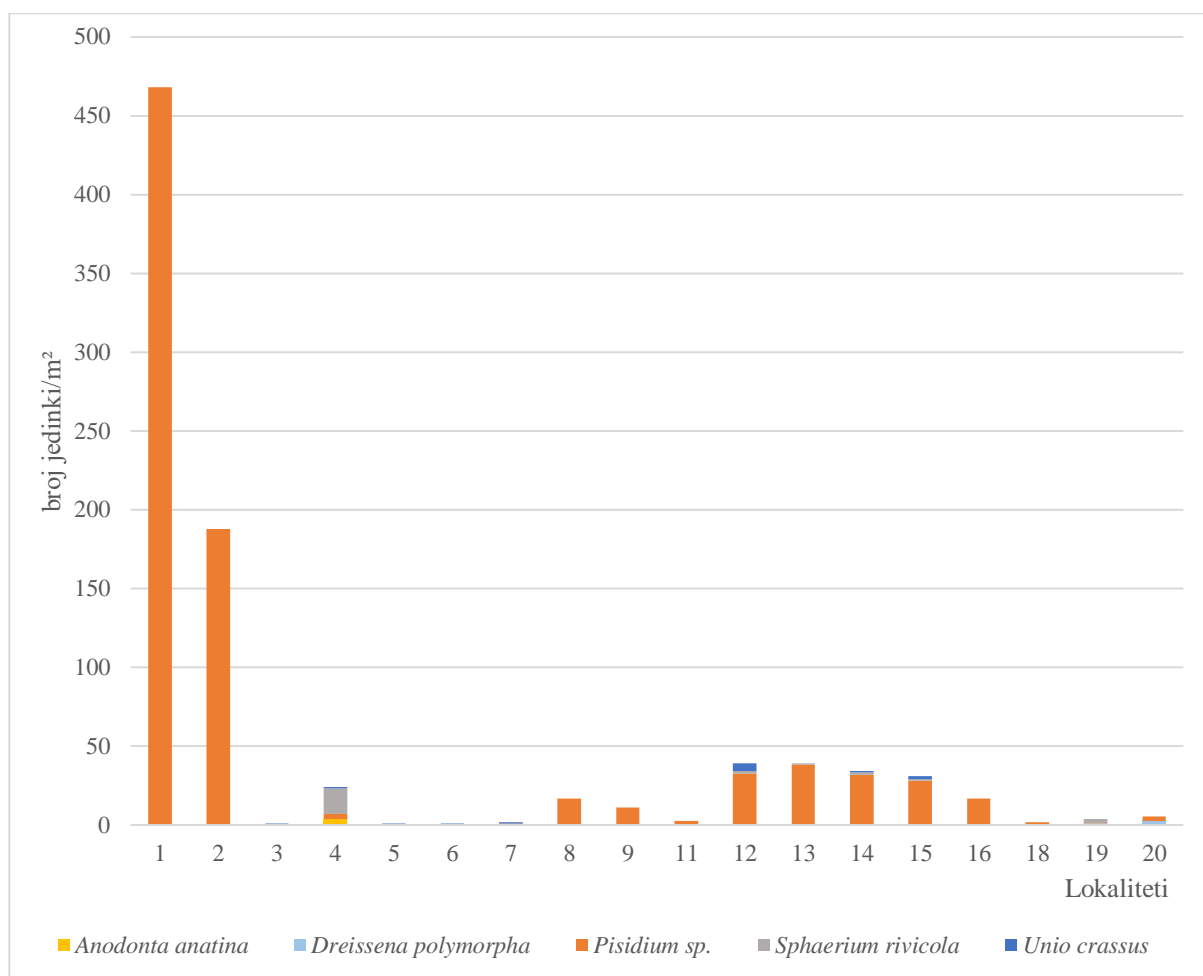
**Slika 6.** Udio pojedinih vrsta puževa na istraživanim lokalitetima rijeke Bednje

### 3.1.2.2. Gustoća populacija pojedinih vrsta školjkaša

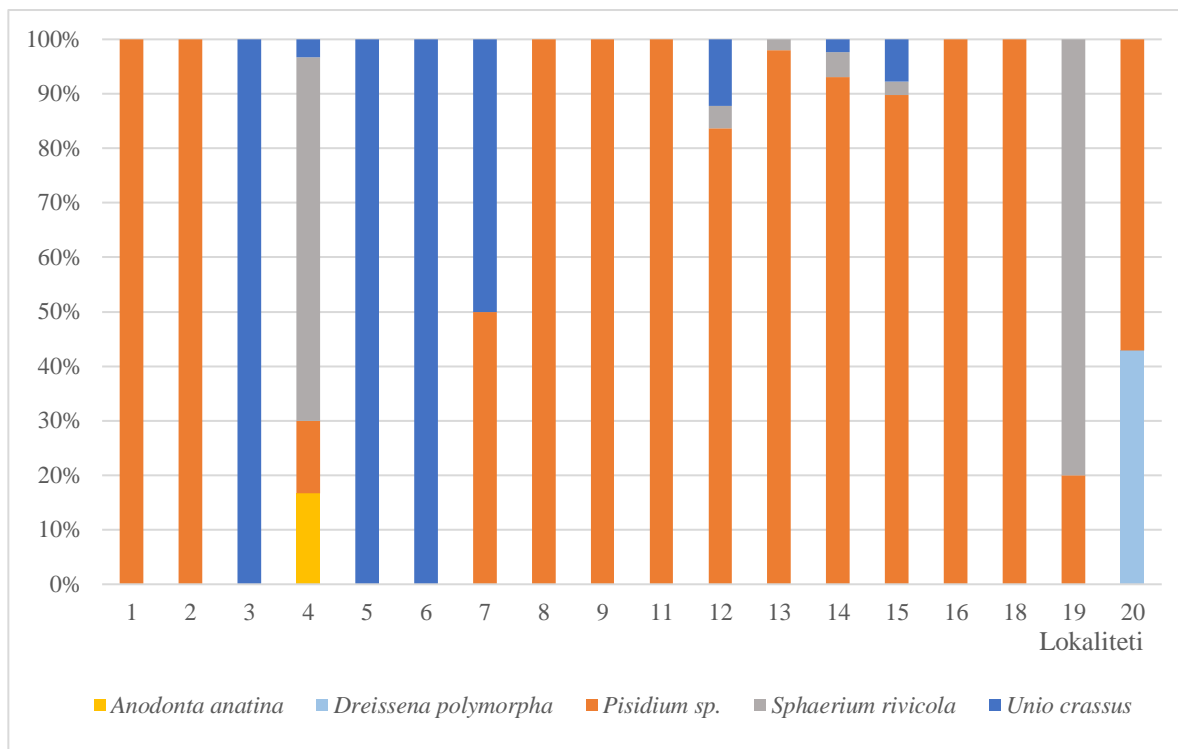
Na lokalitetu 4, Trakošćan, prisutan je najveći broj vrsta školjkaša (četiri vrste) (Slike 7 i 8). Najveća gustoća populacija zabilježena je na lokalitetu 1, Bednjica (468 jedinki/m<sup>2</sup>), a najmanja na lokalitetima 3 (Cvetlin-2), 5 (Bednja) i 6 (Rinkovec) (0,8 jedinki/m<sup>2</sup>). Na lokalitetima 10 (Bela-1) i 17 (Ludbreg-1) nije pronađena ni jedna vrsta školjkaša.

Na najviše lokaliteta su pronađeni školjkaši iz roda *Pisidium* (15 lokaliteta), a nakon njih slijedi *Unio crassus* sa 8 lokaliteta. Najveću gustoću populacije također ima *Pisidium* sp. na lokalitetu 1, Bednjica (468 jedinki/m<sup>2</sup>).

Na samo jednom lokalitetu, lokalitetu 20 (Mali Bukovec), pronađena je vrsta *Dreissena polymorpha* (2,4 jedinki/m<sup>2</sup>). *Anodonta anatina* (4 jedinke/m<sup>2</sup>) također je pronađena samo na jednom lokalitetu (lokalitet 4, Trakošćan).



**Slika 7.** Gustoća populacija pojedinih vrsta školjkaša na istraživanim lokalitetima rijeke Bednje



**Slika 8.** Udio pojedinih vrsta školjkaša na istraživanim lokalitetima rijeke Bednje

### 3.1.3. Funkcionalno hranidbena struktura zajednice mekušaca

Funkcionalno hranidbene skupine mekušaca na području rijeke Bednje napravljene su prema Moogu (2002). Autor navodi da s obzirom na način prehrane vrsta može pripadati jednoj ili većem broju funkcionalnih hranidbenih skupina (Tablica 5).

*Bythynia tentaculata* je jedini primjer puža pronađenog tijekom ovog istraživanja koji je aktivni filtrator, uz to što je strugač i detritivor. Šest vrsta puževa (*Acroloxus lacustris*, *Bythinella opaca*, *Theodoxus danubialis*, *Ancylus fluviatilis*, *Segmentina nitida*, *Valvata piscinalis*) pripada samo jednoj funkcionalnoj skupini, dok ostatak puževa pripada većem broju funkcionalnih skupina (tri ili četiri).

**Tablica 5.** Popis vrsta pronađenih tijekom istraživanja i njihov način prehrane (Moog, 2002).

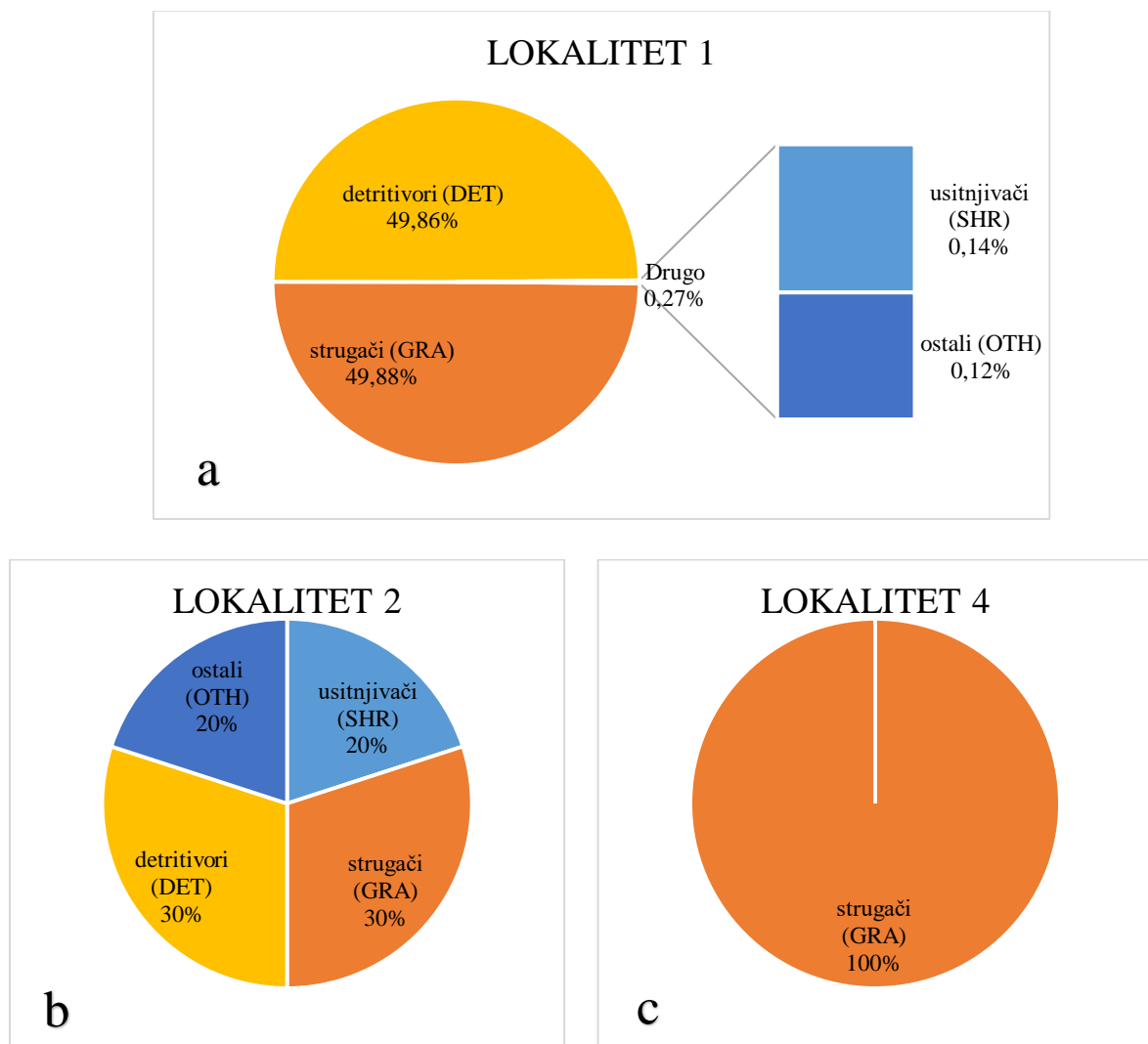
	usitnjivači (SHR)	strugači (GRA)	aktivni filtratori (AFIL)	detritivori (DET)	ostali (OTH)
<b>BIVALVIA</b>					
<i>Anodonta anatina</i>			+		
<i>Dreissena polymorpha</i>			+		
<i>Pisidium</i> sp.			+		
<i>Sphaerium rivicola</i>			+		
<i>Unio crassus</i>			+		
<b>GASTROPODA</b>					
<i>Acroloxus lacustris</i>		+			
<i>Ancylus fluviatilis</i>		+			
<i>Bithynia tentaculata</i>		+	+	+	
<i>Bythinella opaca</i>		+		+	
<i>Esperiana daudebartii</i>		+		+	+
<i>Galba truncatula</i>	+	+		+	+
<i>Gyraulus crista</i>	+	+			+
<i>Hippeutis complanatus</i>	+	+			+
<i>Holandriana holandrii</i>	+	+		+	+
<i>Physella acuta</i>	+	+		+	+
<i>Radix labiata</i>	+	+		+	+
<i>Sadleriana fluminensis</i>		+		+	
<i>Segmentina nitida</i>		+			
<i>Theodoxus danubialis</i>		+			
<i>Valvata piscinalis</i>				+	

Uspoređujući svih 20 lokaliteta rijeke Bednje, prema funkcionalnim hranidbenim skupinama kod puževa su najzastupljeniji strugači. Nakon njih slijede detritivori pa usitnjivači, dok aktivnih filtratora ima najmanje. Prema funkcionalnim hranidbenim skupinama svi školjkaši su aktivni filtratori.

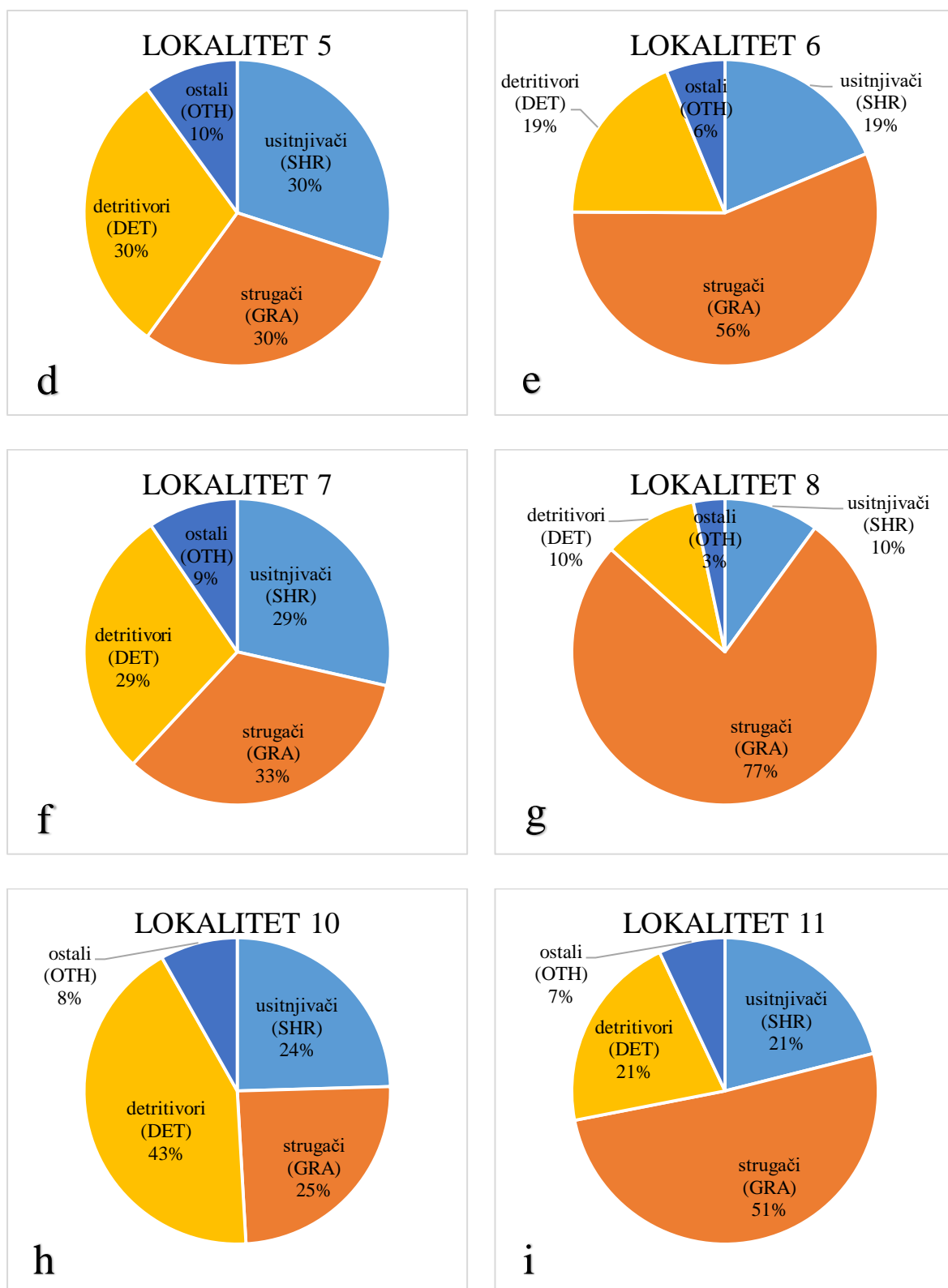
Strukture funkcionalnih hranidbenih skupina puževa po lokalitetima prikazane su na Slici 9, izuzev lokaliteta 3 (Cvetlin-2), 9 (Ivanec) i 19 (Mali Bukovec) na kojima nije pronađena niti jedna jedinka puževa.

Na svim lokalitetima osim lokaliteta 10 (Bela-1), dominantni su strugači. To posebno dolazi do izražaja na lokalitetu 4 (Trakošćan) gdje su strugači zastupljeni s udjelom od 100 %.

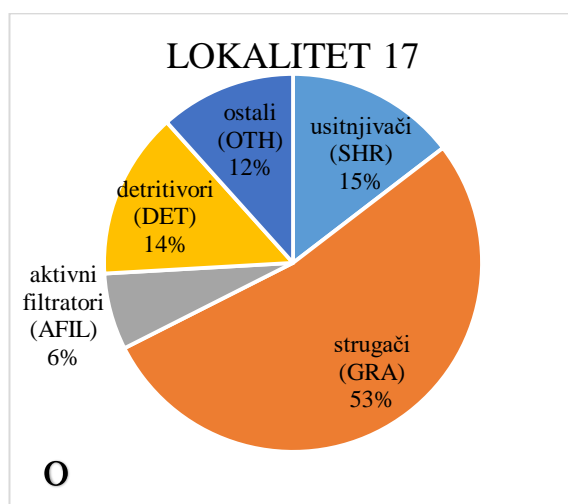
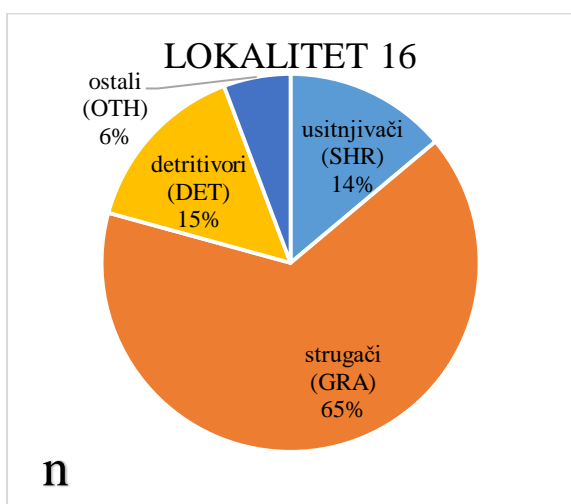
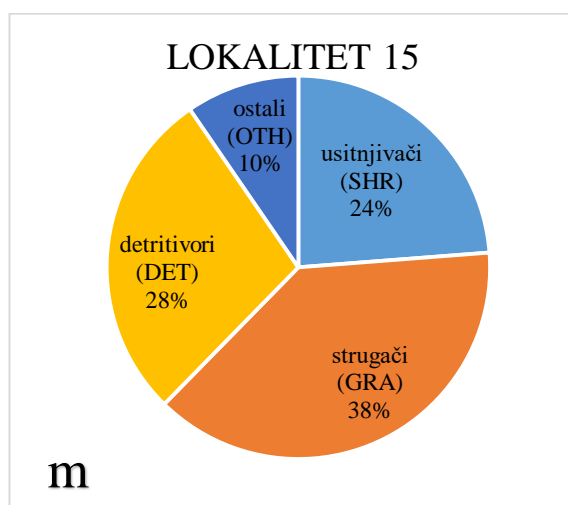
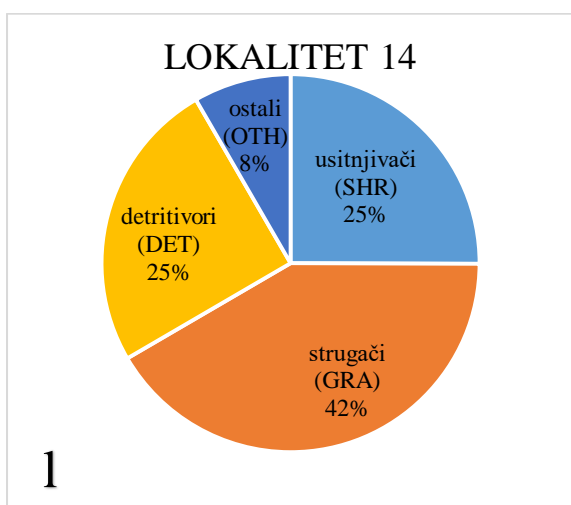
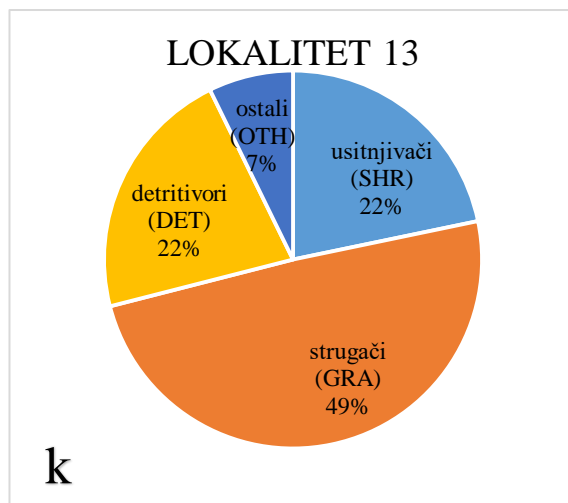
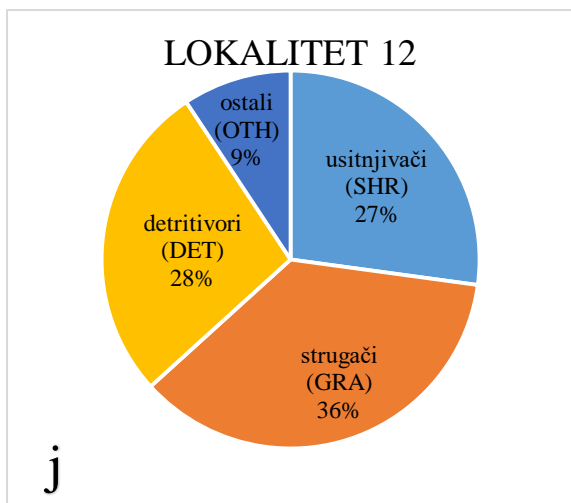
Na lokalitetima 17 (Ludbreg-1), 18 (Ludbreg-2) i 20 (Mali Bukovec, ušće) zastupljeno je pet funkcionalnih hranidbenih skupina puževa. Na tim lokalitetima se prvi put javljaju aktivni filtratori jer je na tim lokalitetima pronađena *Bithynia tentaculata*.



**Slika 9.** Udio funkcionalnih hranidbenih skupina puževa na lokalitetima gdje su prisutni: a) lokalitet 1 - Bednjica, izvor; b) lokalitet 2 - Cvetlin-1; c) lokalitet 4 - Trakošćan

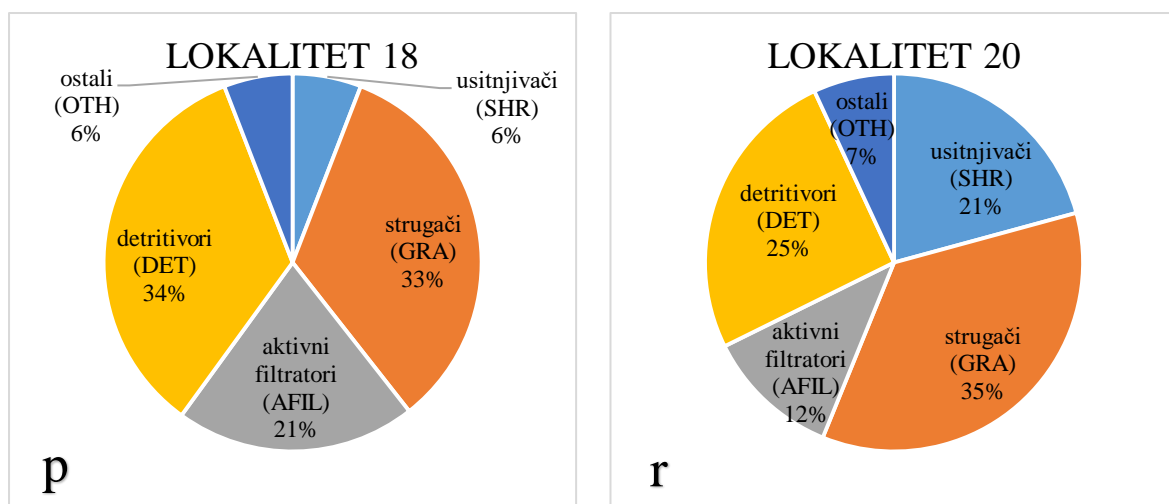


**Slika 9.** Nastavak. d) lokalitet 5 - Bednja; e) lokalitet 6 - Rinkovec; f) lokalitet 7 - Lepoglava-1; g) lokalitet 8 - Lepoglava-2; h) lokalitet 10 - Bela-1; i) lokalitet 11 - Bela-2



**Slika 9.** Nastavak. j) lokalitet 12 - Podevčevo; k) lokalitet 13 - Novi Marof; l) lokalitet 14 - Ključ; m) lokalitet 15 - Slanje-1; n) lokalitet 16 - Slanje-2; o) lokalitet 17 - Ludbreg-1

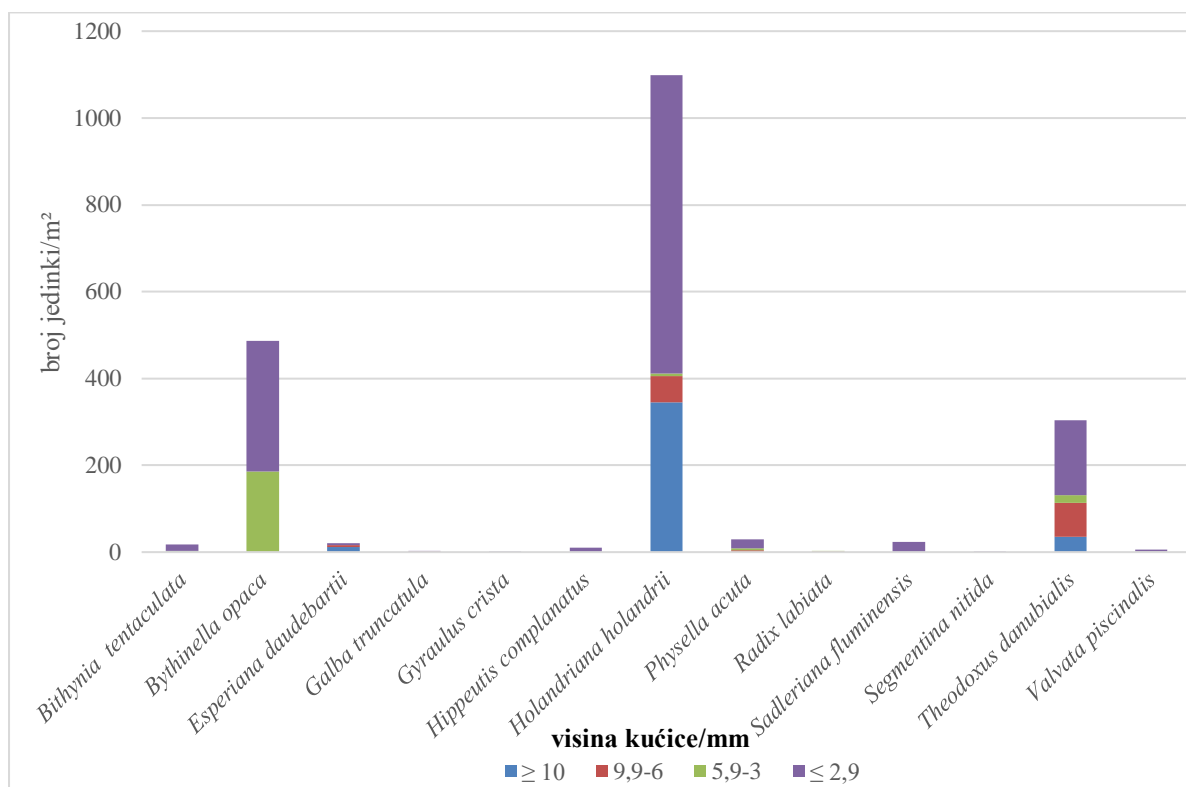




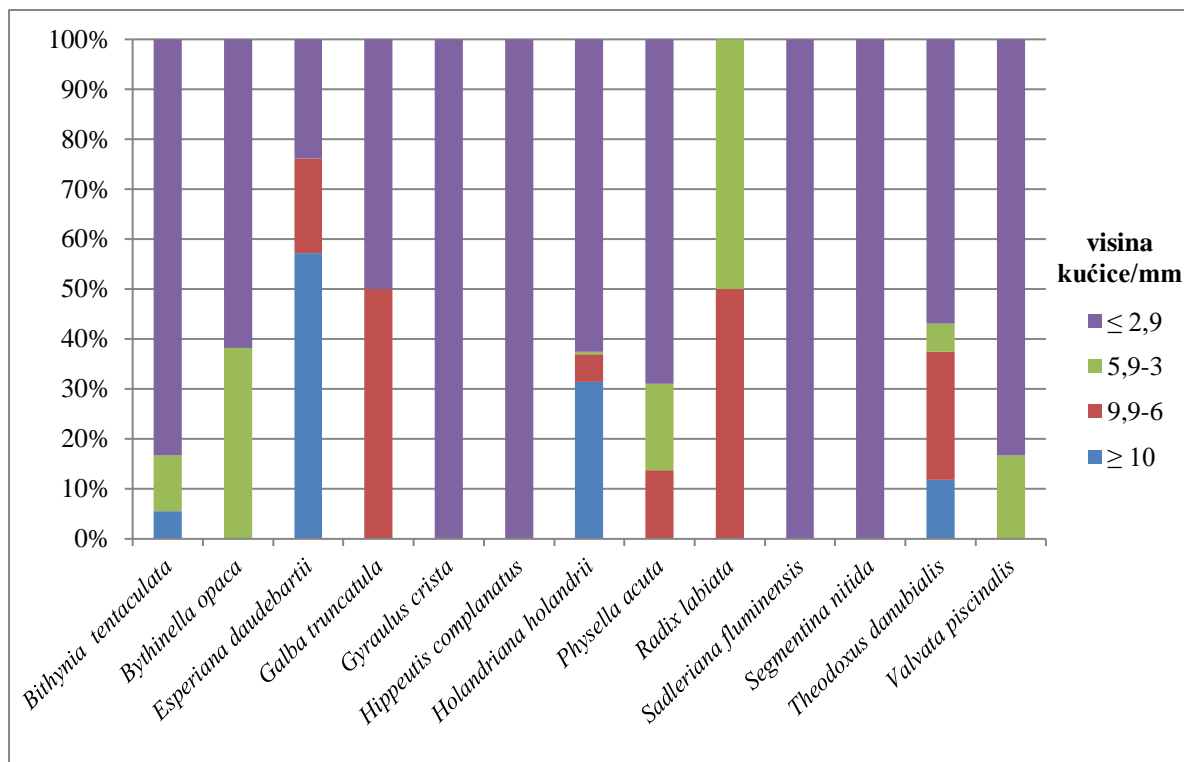
**Slika 9.** Nastavak. p) lokalitet 18 - Ludbreg-2; r) lokalitet 20 - Mali Bukovec, ušće

### 3.1.4. Uzasna struktura mekušaca

Za pojedine vrste puževa i školjkaša, pronađene na istraživanim lokalitetima rijeke Bednje, napravljena je analiza uzrasne strukture (Slike 10 - 22). Na temelju mjerenja visine kućice puža, zaključeno je da prevladavaju juvenilne jedinke (Slike 10 i 11).

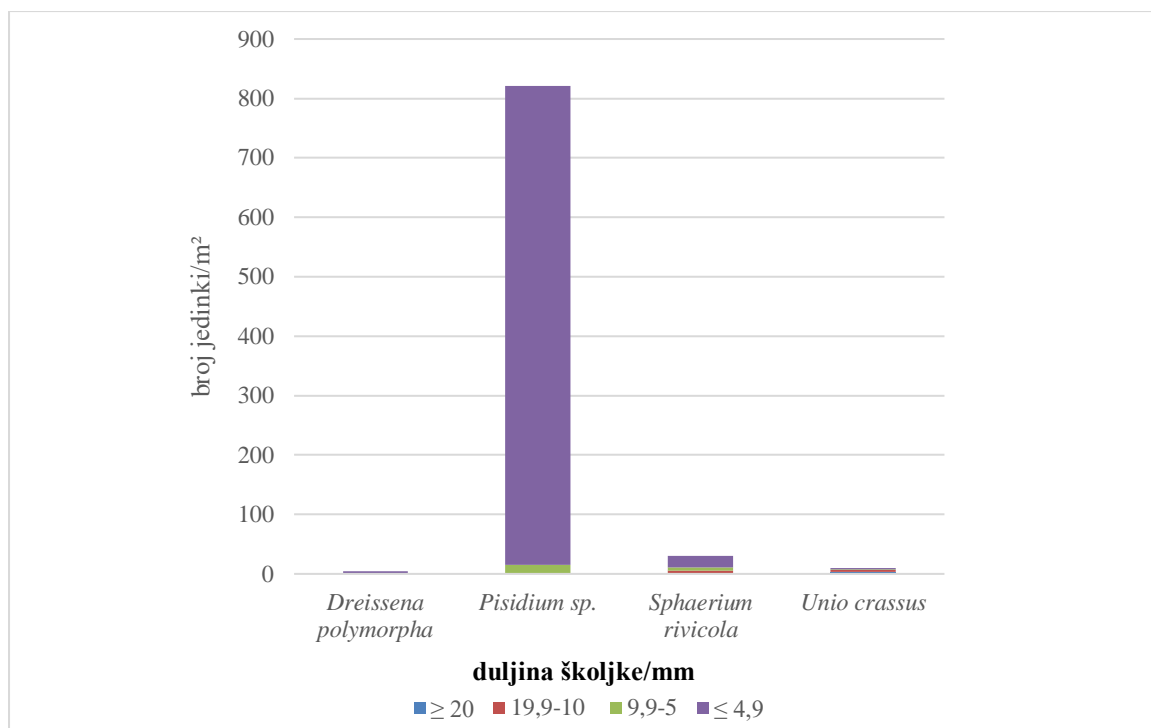


**Slika 10.** Uzasna struktura puževa na istraživanim lokalitetima

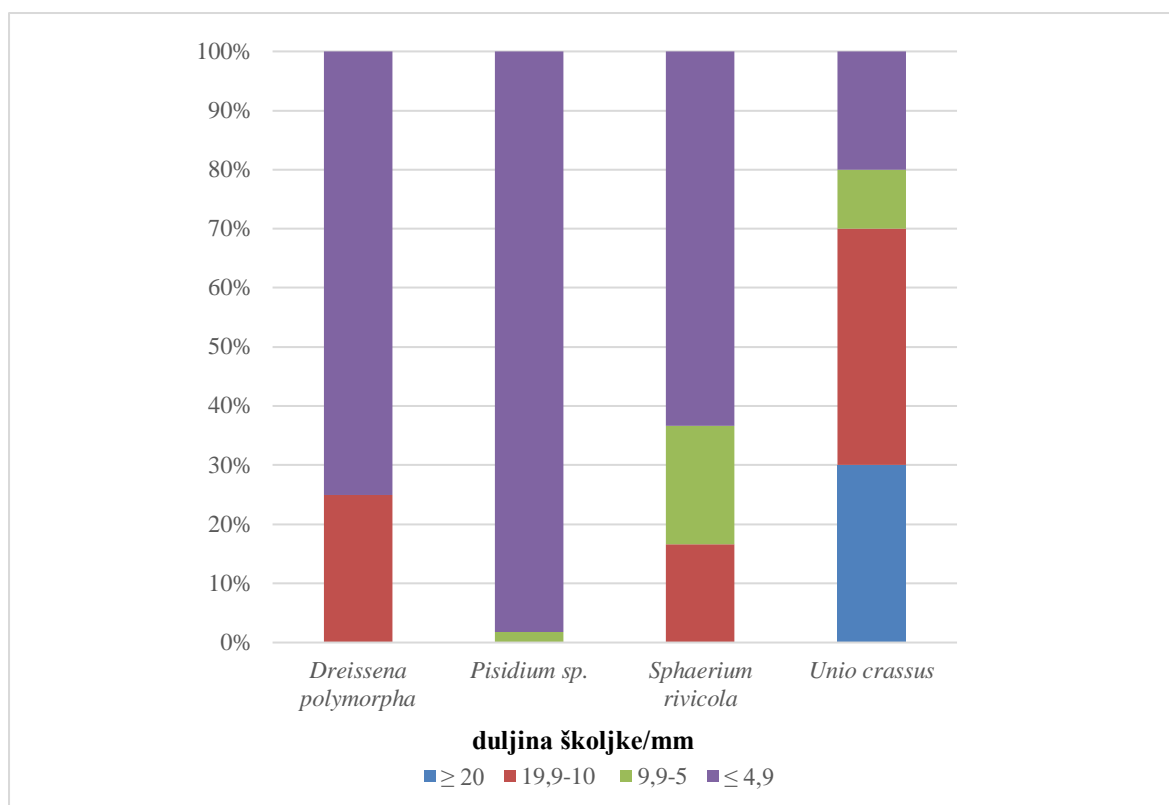


**Slika 11.** Relativna frekvencija uzrasnih grupa puževa

Na temelju mjerenja duljine školjke, utvrđeno je da kao i kod puževa prevladavaju juvenilne jedinke (Slike 12 i 13).



**Slika 12.** Uzrasna struktura školjkaša na istraživanim lokalitetima



**Slika 13.** Relativna frekvencija uzrasnih grupa školjkaša

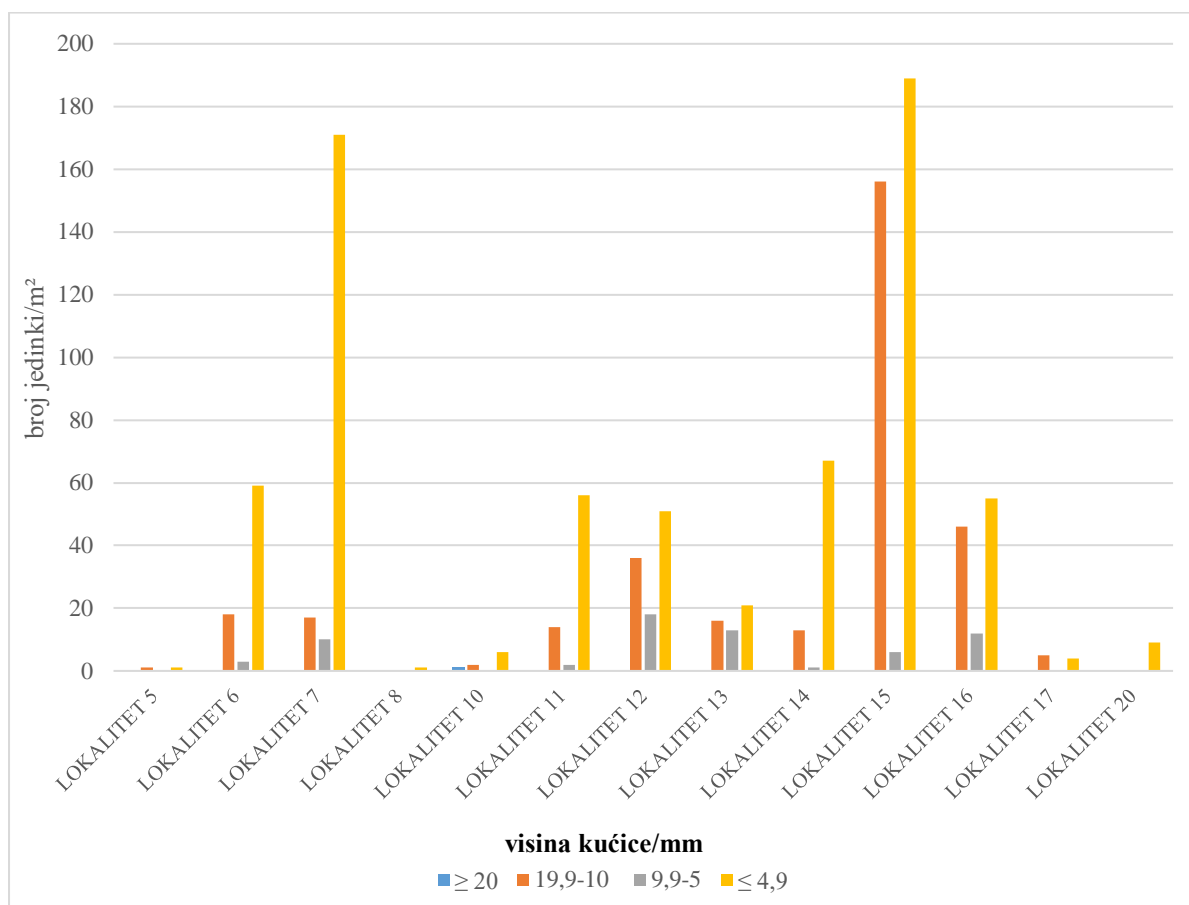
Za vrste koje su zastupljene na većem broju lokaliteta provedena je analiza uzrasne strukture. To su puževi *Holandriana holandrii* i *Theodoxus danubialis* te školjkaš *Unio crassus*.

### **Holandriana holandrii**

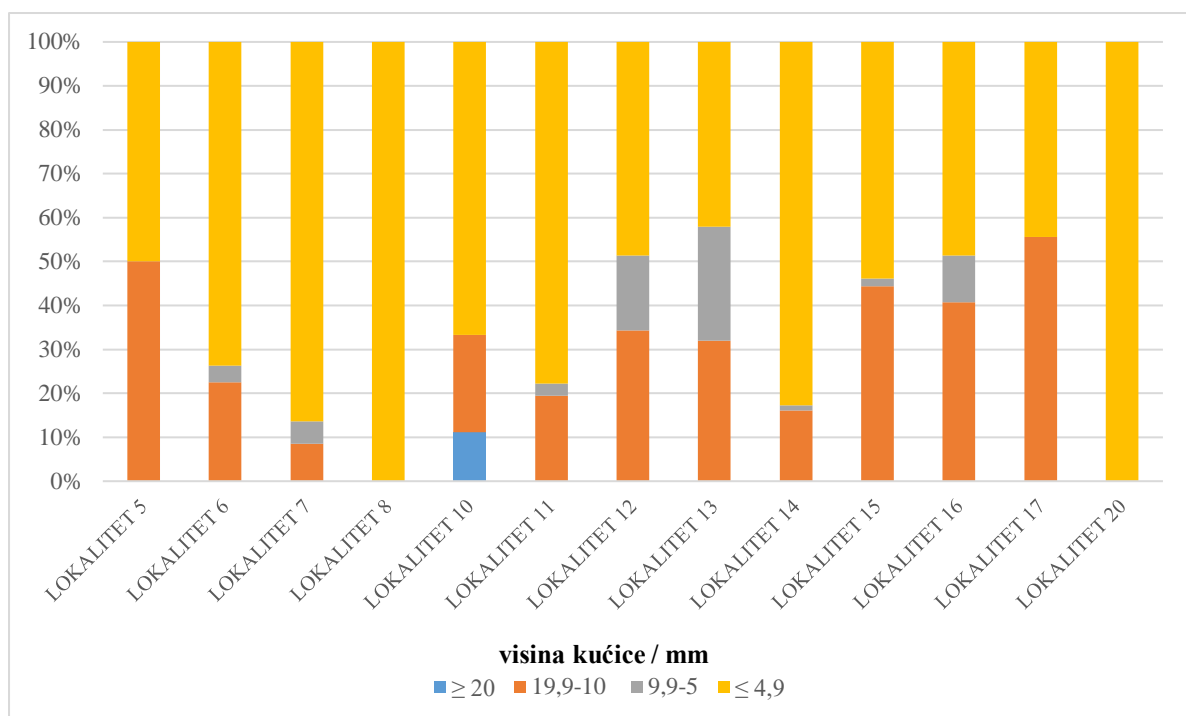
Uzrasna struktura puža *Holandriana holandrii* prikazana je na Slikama 14 do 16. Na svim lokalitetima, osim lokaliteta 17 prevladavaju juvenilne jedinke (veličinski razred do 4,9 mm). Na lokalitetima 8 (Lepoglava-2) i 20 (Mali Bukovec, ušće) zastupljene su juvenilne jedinke s udjelom od 100 %. Na lokalitetu 10 (Bela-1) pronađena je adultna jedinka koja je imala najveću visinu kućice u odnosu na druge puževe na istraživanim lokalitetima (20 mm). Ova je vrsta specifična po tome što ima morfološki jako varijabilnu kućicu, pa su oblici s jače ili slabije kvrgavom kućicom pronađeni na svim istraživanim lokalitetima, osim na lokalitetu 7 (Lepoglava-1) gdje su pronađene jedinke s glatkom kućicom (Slika 17).



**Slika 14.** Prikaz uzrasne strukture *Holandriana holandrii* (foto: M. Jadrić)



**Slika 15.** Uzrasna struktura vrste *Holandriana holandrii* na istraživanim lokalitetima rijeke Bednje



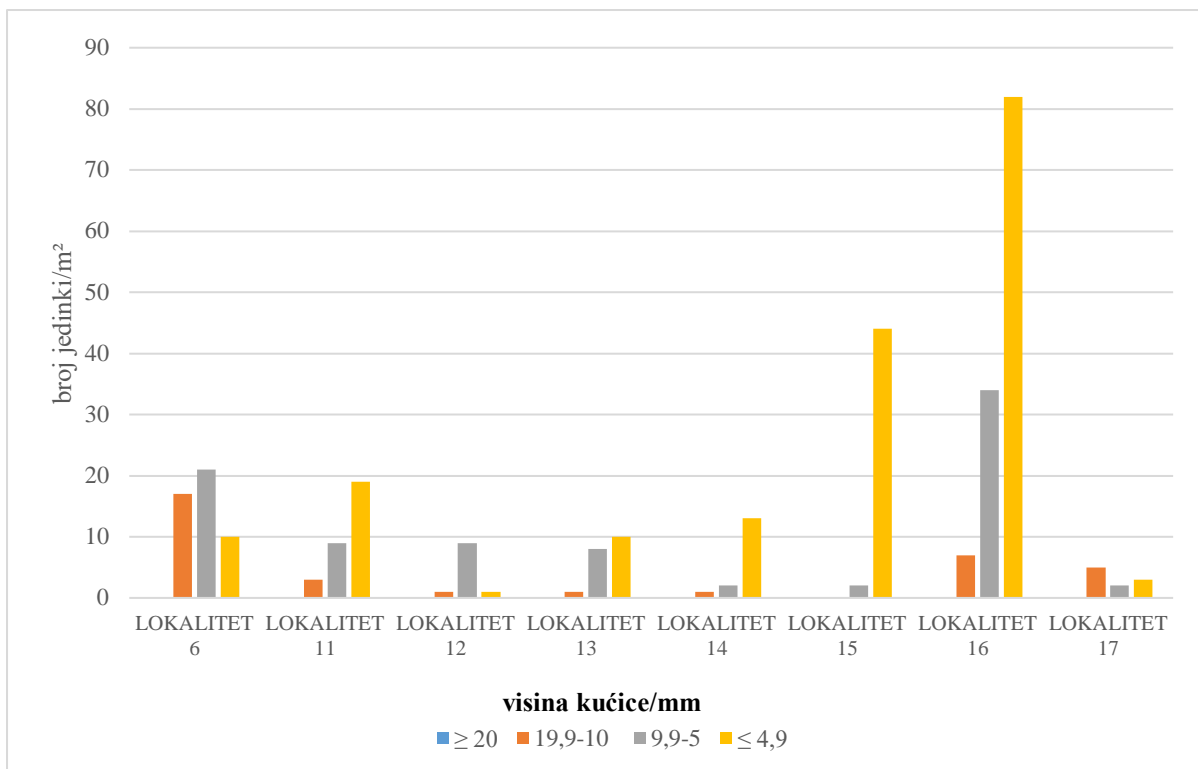
**Slika 16.** Relativna frekvencija uzrasnih grupa vrste *Holandriana holandrii* na istraživanim lokalitetima rijeke Bednje



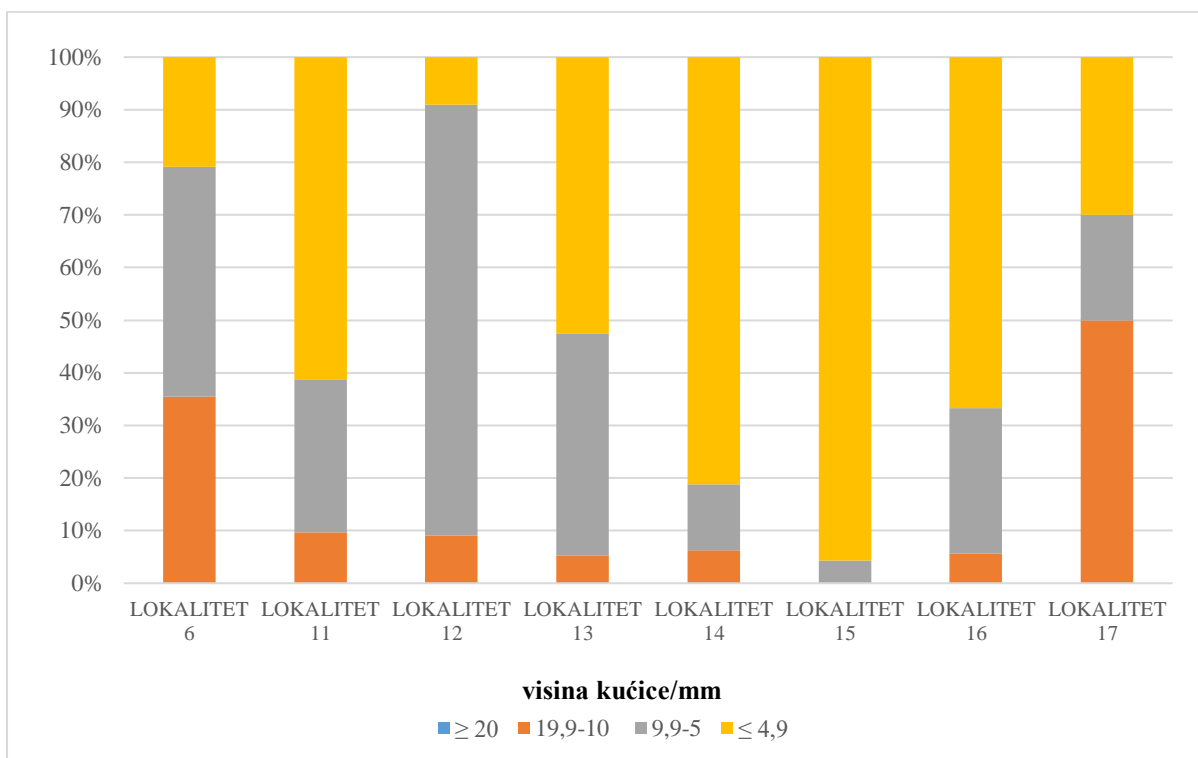
**Slika 17.** Morfološka varijabilnost kućice vrste *Holandriana holandrii* (foto: M. Jadrić)

### *Theodoxus danubialis*

Uzrasna struktura puža *Theodoxus danubialis* prikazana je na Slikama 18 i 19. Na lokalitetu 15 (Slanje-1) juvenilne jedinice su zastupljene udjelom većim od 90 % (veličinski razredi do 4,9 mm). Na lokalitetu 12, Podevčevo, prevladavaju subadultne jedinice (veličinski razred 5 - 9,9 mm). Adultne jedinice najbrojnije su na lokalitetu 17 (Ludbreg-1) sa udjelom od 50 %.



**Slika 18.** Uzasna struktura vrste *Theodoxus danubialis* na istraživanim lokalitetima rijeke Bednje



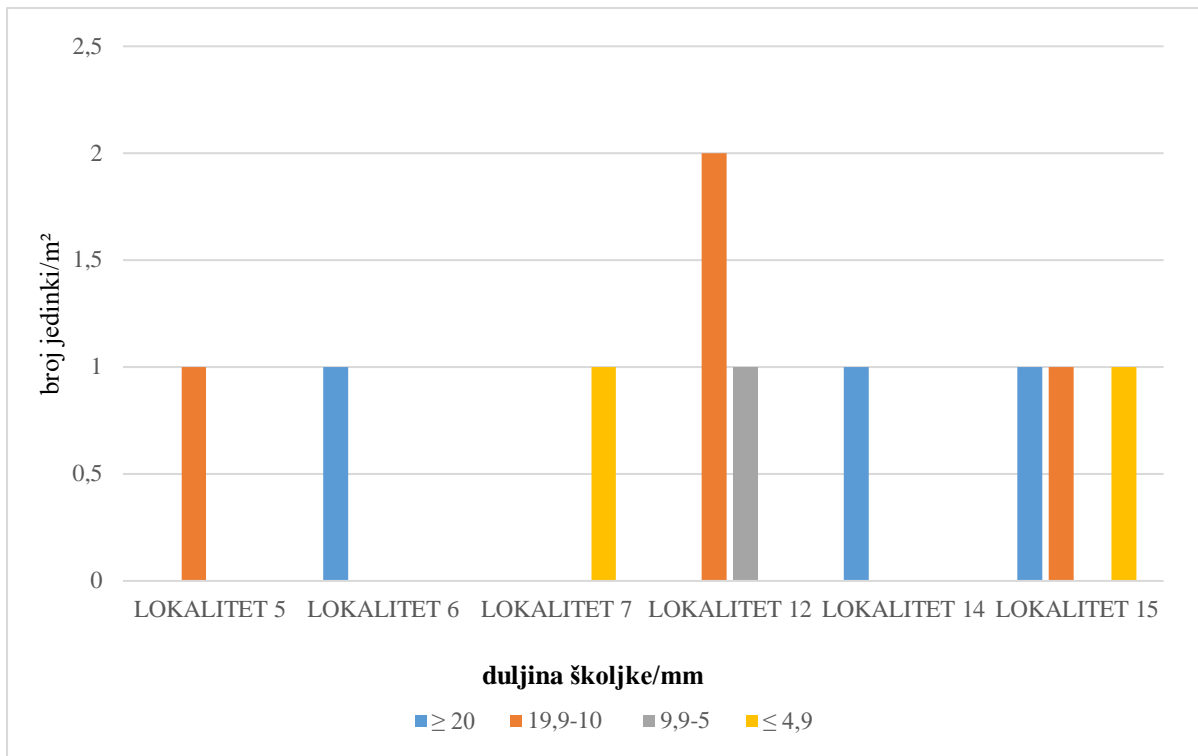
**Slika 19.** Relativna frekvencija uzrasnih grupa vrste *Theodoxus danubialis* na istraživanim lokalitetima rijeke Bednje

### *Unio crassus*

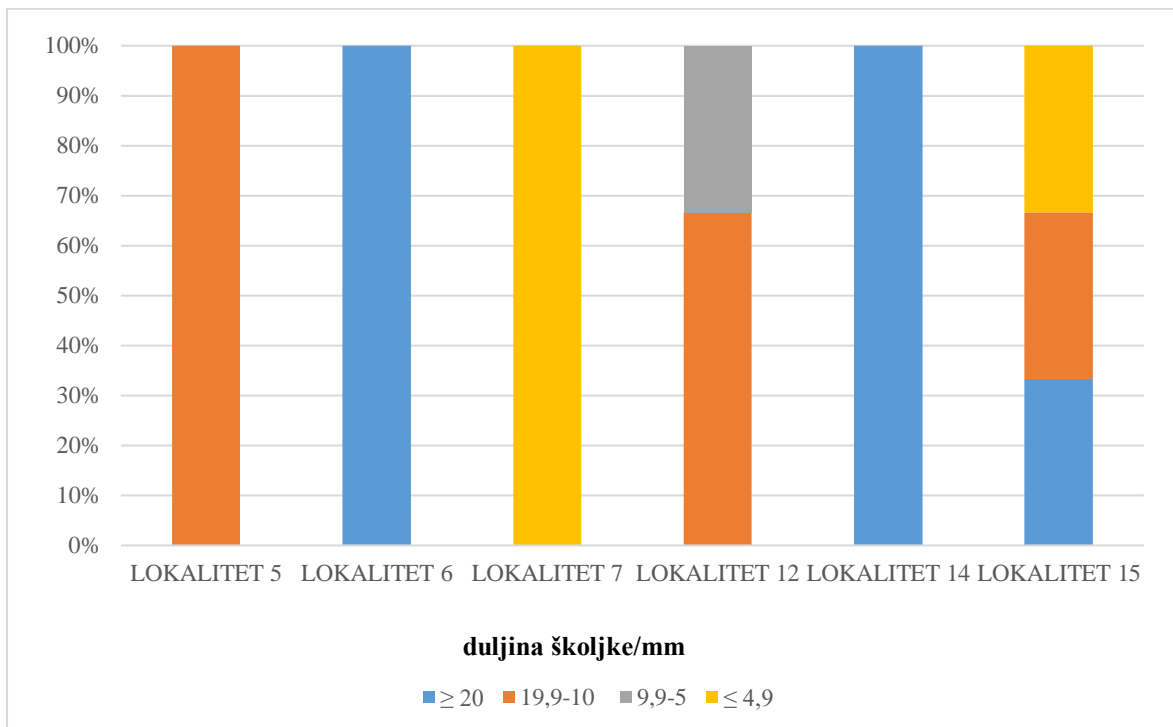
Uzrasna struktura školjkaša *Unio crassus* prikazana je na Slikama 20 - 22. Juvenilne jedinke (veličinski razred do 4,9 mm) pronađene su na dva lokaliteta, lokalitet 7 (Lepoglava-1) i lokalitet 15 (Slanje-1). Adultne jedinke (veličinski razred veći od 20 mm) prevladavaju na lokalitetu 6 (Rinkovec), 14 (Ključ) i 15 (Slanje-1). Unatoč malom broju jedinki ovog školjkaša, na lokalitetu 15 (Slanje-1) pronađene su jedinke svih veličinskih razreda. Najveći primjerak ovog školjkaša, duljine 58,5 mm pronađen je na lokalitetu 14 (Ključ).



**Slika 20.** Prikaz uzrasne strukture *Unio crassus* (foto: M. Jadrić)



**Slika 21.** Uzrasna struktura vrste *Unio crassus* na istraživanim lokalitetima rijeke Bednje

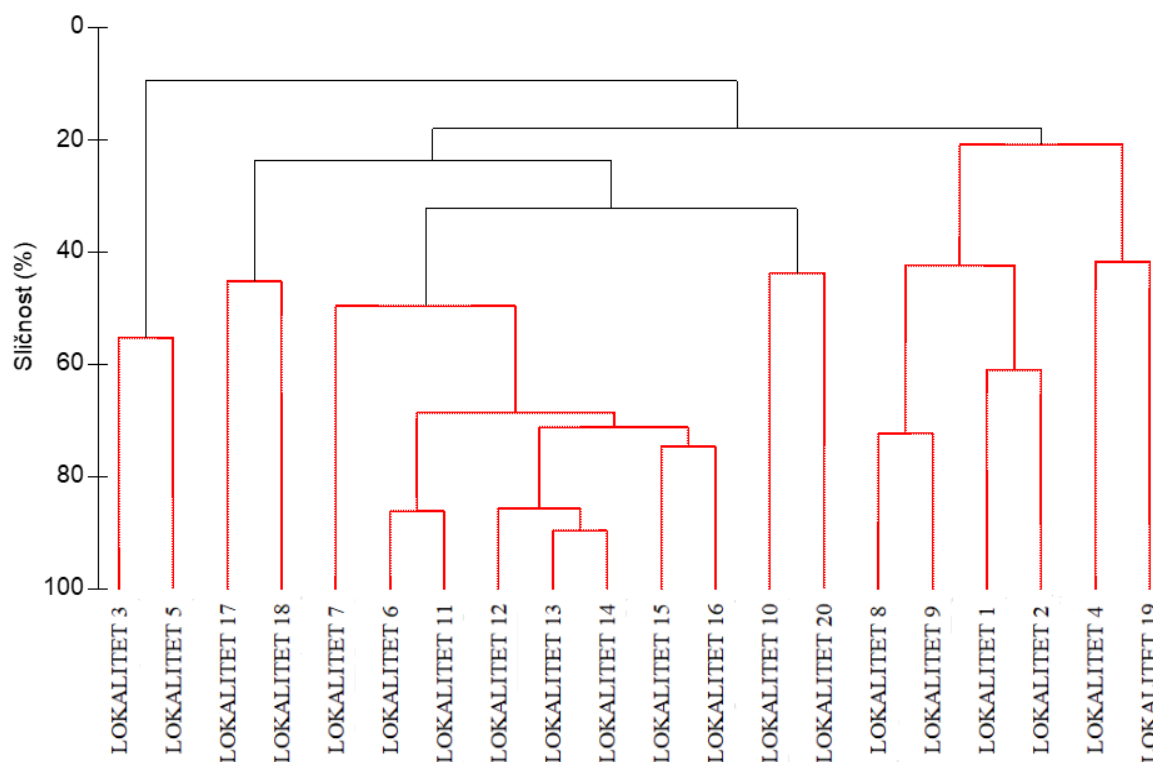


**Slika 22.** Relativna frekvencija uzrasnih grupa vrste *Unio crassus* na istraživanim lokalitetima rijeke Bednje



Klaster analiza temeljena na sastavu zajednice mekušaca (Slika 23) pokazala je jasno izdvajanje lokaliteta 3 (Cvetlin-2) i 5 (Bednja). Ostali lokaliteti su se razdvojili u dvije grupe. Najveću sličnost imale su zajednice mekušaca na lokalitetima 13 (Novi Marof) i 14 (Ključ) te one zajedno s lokalitetom 12 (Podevčevo). U istu grupu su se svrstali lokaliteti 15 (Slanje-1) i 16 (Slanje-2). Veliku sličnost pokazale su i zajednice mekušaca na lokalitetima 6 (Rinkovec) i 11 (Bela-2), dok je najmanju sličnost s ostalim lokalitetima, unutar ove grupe, imao lokalitet 7 (Lepoglava-1). Lokaliteti 17 (Ludbreg-1) i 18 (Ludbreg-2), s jedne strane, kao i 10 (Bela-1) i 20 (Mali Bukovec, ušće) s druge strane, grupirali su se zajedno no njihova međusobna sličnost je manja od 50 %.

Zasebnu grupu čine lokaliteti 8 (Lepoglava-2) i 9 (Ivanec) koji su se grupirali zajedno s lokalitetima 1 (Bednjica) i 2 (Cvetlin-1), a njima su pridruženi i lokaliteti 4 (Trakošćan) i 19 (Mali Bukovec).



**Slika 23.** Prikaz nemetričkog dvodimenzionalnog skaliranja (dendrogram) baziranog na Bray - Curtisovom indeksu sličnosti između zajednice bentoskih puževa i školjkaša na 20 različitih lokaliteta rijeke Bednje. Podaci o brojnostima su logaritamski transformirani prije analize.

## 4. RASPRAVA

Osnovni cilj ovog rada bio je istražiti slatkovodnu malakofaunu rijeke Bednje. Rijeka Bednja je nizinska srednje velika tekućica čiji se tok u potpunosti nalazi unutar sjeverozapadnog teritorija Republike Hrvatske, a dužina toka od 133 km čini je najdužom rijekom koja ima i izvor i ušće u Hrvatskoj (Počakal, 1982).

Istraživanje malakofaune provedeno je kao sastavni dio istraživanja cijele zajednice makrozoobentosa i uključivalo je uzorkovanje na 20 lokaliteta raspoređenih duž toka rijeke, od njezinog izvora kod Bednjice do ušća u Dravu u Malom Bukovcu. Tijekom istraživanja ukupno je zabilježeno 20 vrsta mekušaca (15 vrsta puževa i pet vrsta školjkaša). U skupinu prednjoškrznjaka ubraja se 7 vrsta puževa (*Bithynia tentaculata*, *Bythinella opaca*, *Esperiana daudebartii*, *Holandriana holandrii*, *Sadleriana fluminensis*, *Theodoxus danubialis*, *Valvata piscinalis*), a u plućnjake 8 vrsta (*Acroloxus lacustris*, *Ancylus fluviatilis*, *Galba truncatula*, *Gyraulus crista*, *Hippeutis complanatus*, *Physella acuta*, *Radix labiata*, *Segmentina nitida*). Školjkaši su zastupljeni s vrstama *Anodonta anatina*, *Dreissena polymorpha*, *Sphaerium rivicola*, *Unio crassus* i rodom *Pisidium*, predstavnici koji zbog svoje veličine (u prosjeku od 2 do 4 mm) i velike međusobne sličnosti nisu određeni do razine vrste.

Vrste koje su pronađene na najvećem broju lokaliteta bili su puževi *Holandriana holandrii* (13 lokaliteta) i *Theodoxus danubialis* (8 lokaliteta) te školjkaši *Unio crassus* (8 lokaliteta) i *Pisidium* sp. koji je zabilježen na čak 15 lokaliteta. Za vrste *H. holandrii* i *T. danubialis* je karakteristično da dolaze u tekućicama bogatim kisikom i s kamenitom podlogom (Glöer, 2002). Prisutnost vrste *U. crassus* u rijeci Bednji od posebne je važnosti jer se radi o ciljnoj vrsti očuvanja Natura 2000 područja, nalazi se na Dodatku II i IV europske Direktive o staništima i u Hrvatskoj je zakonom zaštićena u kategoriji strogo zaštićene vrste (Narodne novine 144/13). Vrsta naseljava čiste potoke i rijeke brzog toka u kojima je supstrat pjeskovit sa malom količinom krupnijih kamenčića (Lopes-Lima i sur., 2014). Kao i većina predstavnika reda Unionoida osjetljiva je na zagađenje i zbog toga je, razvitkom industrije i agrikulture, njihova brojnost počela izrazito opadati. Na hipoksiju i povišenu koncentraciju nitrata izuzetno je osjetljiv juvenilni stadij koji živi zakopan u supstratu. Zbog toga se *U. crassus* uzima kao indikatorska vrsta za čiste vodotoke.

Najveći broj vrsta mekušaca, 8, zabilježen je na lokalitetu 15 (Slanje-1). Od tih 8 vrsta pet vrsta su puževi, a tri školjkaši. Na lokalitetima 3 (Cvetlin-2) i 9 (Ivanec) pronađena je samo jedna vrsta mekušaca no važno je istaknuti da je to bio školjkaš *Unio crassus*.

Na lokalitetima 17 (Ludbreg-1) i 18 (Ludbreg-2) utvrđen je najveći broj vrsta puževa, 6. Iz popisa vrsta zabilježenih na ovom lokalitetu (Tablica 3) vidljivo je da većina vrsta pripada puževima plućnjacima koji su načinom svog života prilagođeni stajaćim ili sporije tekućim vodama (Glöer, 2002) što je značajka navedenih lokaliteta.

Lokalitet 4, Trakošćan, izdvaja se po tome što je na njemu utvrđena prisutnost čak četiri od ukupno pet vrsta školjkaša, koliko ih je ukupno zabilježeno tijekom istraživanja rijeke Bednje. Najvjerojatniji razlog je u tome što pijesak kao dominantni tip supstrata te sporija brzina strujanja vode čine stanište koje odgovara školjkašima iz porodice Unionidae pa je uz vrstu *Unio crassus* jedino na ovom lokalitetu pronađena i vrsta *Anodonta anatina*.

Analiza gustoće populacija mekušaca, napravljena za svih 20 lokaliteta, pokazala je da najveću brojnost jedinki od puževa ima vrsta *Bythinella opaca* na lokalitetu 1, Bednjica (389,6 jedinki/m<sup>2</sup>). Radi se o vrsti čija je visina kućice svega oko 3 mm, i koja je kao i ostali predstavnici porodice Hydrobiidae tipična izvorska vrsta prilagođena niskim temperaturama vode i višoj koncentraciji otopljenog kisika (Glöer, 20002). Analizirajući fizikalno-kemijske čimbenike na navedenom lokalitetu (Tablica 2) vidljivo je da je za razliku od ostalih lokaliteta temperatura iznosila svega 14 °C, a vrijednosti otopljenog kisika u vodi su bile više od ostalih (8,9 mg/L). Na istom lokalitetu zabilježena je najveća vrijednost brojnosti za školjkaše, koja je za *Pisidium* sp. iznosila 468 jedinki/m<sup>2</sup>.

Za tri vrste mekušaca koje su pronađena na najvećem broju lokaliteta provedena je analiza uzrasne strukture. To su bili puževi *Holandriana holandrii* i *Theodoxus danubialis* te školjkaš *Unio crassus*. Vrsta *H. holandrii* je bila specifična po tome što su tijekom istraživanja zabilježene morfološki jako varijabilne kućice, od jače ili slabije kvrgavih, kakve su prevladavale na većini lokaliteta, do potpuno glatkih zabilježenih na lokalitetu 7 (Lepoglava-1). Analiza je pokazala da kod vrsta *H. holandrii* i *T. danubialis* u ljetnim mjesecima prevladavaju juvenilne jedinice na temelju čega se može zaključiti da je u proljeće i rano ljeto došlo do procesa mriještenja. U prilog tome ide i činjenica da su na velikom broju kućica adultnih jedinki puževa bila prilijepljena brojna jajašca. Unatoč malom broju jedinki školjkaša *U. crassus*, važno je istaknuti da su zabilježene sve veličinske kategorije a prisutnost juvenilnih jedinki ukazuje na to da unatoč jasnim antropogenim utjecajima, rijeka Bednja još uvijek predstavlja važno područje za ovu zaštićenu vrstu.

Analiza funkcionalnih hranidbenih skupina puževa na 20 lokaliteta rijeke Bednje pokazala je da najveći udio imaju strugači, a nakon njih slijede detritivori. Samo na lokalitetima 10 (Bela-1) i 18 (Ludbreg-2) detritivori su imali veći udio od strugača što se direktno može povezati sa prisutnošću vrste *Valvata piscinalis* koja je isključivi detritivor (Moog, 2002), a zabilježena je samo na ta dva lokaliteta. Vrsta *V. piscinalis* ima široku ekološku valenciju i osim u tekućicama živi i u jezerima (Glöer, 2002). Zato nije čudno što je pronađena na lokalitetu 10 (Bela-1), području koje je ujezereno zbog nizvodnog mosta i praga. Jedini aktivni filtrator među puževima je vrsta *Bithynia tentaculata* koja je zabilježena samo u donjem dijelu toka rijeke Bednje no osim filtracijom ova se vrsta hrani detritusom, obraštajem i usitnjenom organskom tvari, odnosno pripada i strugačima i detritivorima. S obzirom na hranidbenu skupinu, svi školjkaši su aktivni filtratori jer sve životne funkcije zasnivaju se na strujanju vode kroz plaštanu šupljinu (Habdija i sur., 2011).

Tijekom ovog istraživanja u rijeci Bednji su zabilježene dvije invazivne vrste mekušaca, puž *Physella acuta* i školjkaš *Dreissena polymorpha*. Upravo prisutnost invazivnih vrsta, uz intenzivnu poljoprivredu, urbanizaciju i pretjerano iskorištavanje vode, u današnje vrijeme predstavlja sve veću opasnost za autohtone vrste, a slatkovodni mekušci su prepoznati kao jedna od najugroženijih skupina životinja (Cuttelod i sur., 2011). Vrsta *P. acuta* pronađena je na lokalitetima 15 (Slanje 1), 17 (Ludbreg 1) i 18 (Ludbreg 2). Za te je lokalitete već ranije navedeno da je na njima zabilježen velik broj vrsta mekušaca no isto tako i da se radi o degradiranim staništima, a za posljednja dva lokaliteta utvrđene su povišene vrijednosti BPK5, nitrata i ukupnog dušika (Tablica 2). Zanimljivo je da je *P. acuta* dugo vremena smatrana autohtonom vrstom, no novija molekularna istraživanja su pokazala da se radi o alohtonoj vrsti porijeklom iz Sjeverne Amerike (Glöer, 2002). Poznato je da se vrsta prilagodila vodama lošije kvalitete u kojima nema riba i na taj se način zaštitila od predatora (Glöer, 2002).

Vrsta *Dreissena polymorpha* pronađena je samo na ušću rijeke Bednje u rijeku Dravu, kod Malog Bukovca (lokalitet 20). Taj slatkovodni školjkaš posjeduje sve karakteristike invazivne vrste: na područjima introdukcije ugrožava autohtone vrste te uzrokuje negativne socio-ekonomske učinke (Lajtner, 2005). Tijekom 1980-ih *D. polymorpha* počela je kolonizirati ekosustav rijeke Drave (Lajtner i sur., 2004). Od tada se proširila uzvodno do grada Varaždina i taj je proces još uvijek u tijeku tako da njezina prisutnost na samom ušću rijeke Bednje u rijeku Dravu nije iznenađujuća. Vrsta *D. polymorpha* koristi se kao bioindikator za pasivni i aktivni biomonitoring, na primjer, za praćenje genotoksičnosti u slatkovodnim ekosustavima (Thomas i sur., 2014).

Analizirajući sastav zajednice mekušaca u rijeci Bednji i uspoređujući ga s literaturnim podacima može se zaključiti da se radi o tipičnim predstavnicima slatkovodne malakofaune ovog dijela Europe (Glöer, 2002). Sličan sastav zabilježili su i drugi autori koji su istraživali malakofaunu rijeka u kontinentalnom dijelu Hrvatske. Beran (2013) je u razdoblju od 2009. do 2012. proučavao zajednice mekušaca rijeke Korane, od njena izlaska iz Plitvičkih jezera do ušća u Kupu kod Karlovca. Na 13 lokaliteta zabilježio je ukupno 33 vrste vodenih mekušaca (21 vrstu puževa, 12 vrsta školjkaša). Na većini lokaliteta dominirali su *Theodoxus danubialis*, *Esperiana esperi*, *Esperiana daudebartii*, *Holandriana holandrii* i *Bithynia tentaculata*. Autor je zabilježio populaciju ugroženog riječnog školjkaša *Unio crassus*, kao i pojavu tri invazivne vrste mekušaca (puževi *Physella acuta*, *Ferrissia fragilis* i školjkaš *Sinanodonta woodiana*). Isti je autor u rijeci Mrežnici (Beran, 2019) u razdoblju od 2013. do 2018. godine ukupno pronašao 29 vrsta vodenih mekušaca (19 puževa, 10 školjkaša). Na većini lokaliteta dominirali su *T. danubialis*, *E. esperi*, *E. daudebartii* i *H. holandrii*, a zabilježene su populacije školjkaša *U. crassus* i *Pseudanodonta complanata*. Na jednom od lokaliteta u rijeci Mrežnici pronađena je veća populacija ugroženog puža *Anisus vorticulus*, a od invazivnih vrsta pronađena je jedino *P. acuta*.

Istražujući utjecaj hidromorfoloških promjena srednjeg i donjeg toka rijeke Save na zajednicu mekušaca, iste vrste puževa te školjkaša *Unio crassus* u svojim je istraživanjima zabilježila Dekić (2013).

Osim malakoloških istraživanja provedenih u kontinentalnom dijelu, zadnjih 15-tak godina su se intenzivirala i istraživanja rijeka jadranskog slijeva: Zrmanje (Beran, 2011), Krke (Vučković, 2013; Beran, 2016), Cetine (Baraka, 2015; Dobrović, 2015) i Rude (Bošković, 2014), a iako se sastav zajednice mekušaca razlikuje od onog karakterističnog za kontinentalno područje, dio vrsta je zajednički (npr. *Bithynia tentaculata*).

Iako je tijekom ovog istraživanja zabilježeno pet vrsta slatkovodnih školjkaša, važno je istaknuti da primijenjena metoda uzorkovanja nije pogodna za sakupljanje školjkaša iz porodice Unionidae. Naime, zbog njihove veličine pogodnija bi bila metoda sakupljanja s dredžom te ronjenje i prebrojavanje jedinki unutar kvadrata 1m x 1m (Killeen i sur., 2004). Stoga bi istraživanja unionidnih školjkaša u rijeci Bednji svakako trebalo ponoviti kako bi se dobili relevantniji podaci.

Provedena klaster analiza pokazala je da zajednice mekušaca u rijeci Bednji ne pokazuju izrazit longitudinalni gradijent, odnosno sastav zajednica u rijeci Bednji ne mijenja se značajno s prijelazom u niži tok. Iz navedenog može se zaključiti da sastav zajednice mekušaca ne

određuje samo tok rijeke nego i cijeli niz abiotičkih i biotičkih čimbenika koji definiraju mikrostanište.

## 5. ZAKLJUČAK

- 1) Na 20 lokaliteta rijeke Bednje ukupno je zabilježeno 20 vrsta mekušaca, 15 vrsta puževa i pet vrsta školjkaša. Vrste koje su pronađene na najvećem broju lokaliteta bili su puževi *Holandriana holandrii* i *Theodoxus danubialis* te školjkaši *Unio crassus* i *Pisidium* sp.
- 2) Nalaz vrste *Unio crassus* posebno je značajan budući da se radi o ciljnoj vrsti očuvanja Natura 2000 područja, nalazi se na dodatku II i IV Europske direktive o staništima i u Hrvatskoj je strogo zaštićena vrsta.
- 3) Najviše vrsta mekušaca je zabilježeno na lokalitetu 15, Slanje-1 (pet puževa i tri školjkaša) iako je to područje dosta degradirano. Na lokalitetima 3 (Cvetlin-2) i 9 (Ivanec) zabilježena je samo jedna vrsta mekušca.
- 4) Najveću gustoću populacije imao je puž *Bythinella opaca* (389,6 jedinki/m<sup>2</sup>) i školjkaš *Pisidium* sp. (468 jedinki/m<sup>2</sup>). Oba mekušca imaju najveću gustoću populacije na istom lokalitetu, u području izvora kod Bednjice što znači da im takvi uvjeti odgovaraju. Najmanju gustoću populacije (0,8 jedinki/m<sup>2</sup>) imaju puževi *Galba truncatula* na lokalitetu 1 (Bednjica) i *Segmentina nitida* na lokalitetu 14 (Ključ), dok od školjkaša najmanju gustoću ima *Dreissena polymorpha* (2,4 jedinke/m<sup>2</sup>) na lokalitetu 20, Mali Bukovec.
- 5) Analiza funkcionalno hranidbene strukture mekušaca pokazala je da na svim lokalitetima, osim lokaliteta 10 (Bela-1) dominiraju strugači, a značajnije udjele imaju aktivni filtratori i detritivori.
- 6) Analiza uzrasne strukture pokazala je da su na skoro svim istraživanim lokalitetima prisutne juvenilne jedinke što ukazuje na proces mriještenja u proljetnim mjesecima.
- 7) Prisutnost invazivne vrste *Dreissena polymorpha* u području ušća rijeke Bednje u Dravu kod Malog Bukovca prvi je nalaz ove vrste u rijeci Bednji i za očekivati je njeno daljnje uzvodno širenje ovom rijekom. Uzevši u obzir njezin negativan utjecaj na autohtone vrste te negativne socio-ekonomske učinke, monitoring ove vrste je prioritetan.
- 8) Provedena klaster analiza pokazala je da zajednice mekušaca u rijeci Bednji ne pokazuju izrazit longitudinalni gradijent, odnosno sastav zajednica u rijeci Bednji ne mijenja se značajno s prijelazom u niži tok.

## 6. LITERATURA

- Aqem consortium (2002): Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive, February 2002
- Baker, S. M., Levinton, J. S. (2003): Selective feeding by three native North American freshwater mussels implies food competition with zebra mussel, *Hydrobiologia*, 505: 97 –105.
- Baraka, A. (2015): Raznolikost i struktura zajednice puževa (Mollusca, Gastropoda) izvorišnog dijela rijeke Cetine. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, 48 str.
- Beran, L. (2011): Non-marine molluscs (Mollusca: Gastropoda, Bivalvia) of the Zrmanja River and its tributaries (Croatia). *Natura Croatica*, 20: 397–409
- Beran, L. (2013): Aquatic molluscan fauna (Mollusca) of the Korana River (Croatia). *Natura Croatica*, 22: 223–234
- Beran, L. (2016): A contribution to knowledge of freshwater molluscs (Mollusca) of the Krka River in the Krka National Park (Croatia). *Natura Croatica*, 25: 295–304
- Beran, L. (2019): Aquatic molluscs of the Mrežnica River. *Natura Croatica*, 28: 99-106
- Bogan, A. E. (1998): Freshwater molluscan conservation in North America: problems and practices. *Journal of Conchology Special Publication*, 2: 223–230.
- Bogan, A. E. (2008): Global diversity of freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595:139–147.
- Bogut, I., Novoselić, D., Pavličević, J. (2006): *Biologija riba I: morfologija riba, anatomija i fiziologija riba sistematika riba, ekologija i zaštita voda*. Sveučilište u Osijeku, Sveučilište u Mostaru
- Bole, J. (1969): Ključići za določevanje živali – IV. Mehkužci (Mollusca), Društvo biologov Slovenije, Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija.
- Bošković, M. (2014): Raznolikost i struktura zajednice puževa (Mollusca, Gastropoda) rijeke Rude. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, 38 str.



- Bray, J. R., Curtis, J. T. (1957) An Ordination of Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27, 325-349.
- Burlakova, L. E., Karatayev, A. Y., Padilla, D. K. (2000): The impact of *Dreissena polymorpha* (PALLAS) Invasion on Unionid Bivalves. *International Review of Hydrobiology*, 85: 529-541.
- Clarke, K. R., Gorley, R. N. (2006). *PRIMER V6: User Manual/Tutorial*. Plymouth: Primer-E. Str. 1-192.
- Cuttelod, A., Seddon, M., Neubert, E. (2011): *European Red list of Non-marine Molluscs*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Čanjevac, I. (2013): Tipologija protočnih režima rijeka u Hrvatskoj, *Hrvatski geografski glasnik* 75(1): 23-42.
- 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.
- Dobrović, A. (2015): Raznolikost i struktura zajednice puževa (Mollusca, Gastropoda) srednjeg i donjeg toka rijeke Cetine. *Diplomski rad*. Sveučilište u Zagrebu, 53 str.
- Fahrig, L. (2003): Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34: 487-515
- Filipčić, A. (1998): Klimatska regionalizacija Hrvatske po Köppenu za standardno razdoblje 1961.-1990. u odnosu na razdoblje 1931.-1960., *Acta Geographica Croatica*, 34, 1-15.
- Glöer, P. (2002): *Die Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas, Bestimmungsschlüssel, Lebensweise, Verbreitung. Die Tierwelt Deutschlands, 73 Teil*, Conchbooks, Hackenheim.
- Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perić, M. (2011): *Protista - Protozoa. Metazoa – Invertebrata. Strukture i funkcije*. Alfa, Zagreb
- Illies, J. (ur.) (1978.): *Limnofauna Europaea*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Kerovec, M. (1986): *Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka*, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb.

Killeen, I., Aldridge, D., Oliver, G. (2004): Freshwater Bivalves of Britain and Ireland. FSC, AIDGAP Occasional Publication 82.

Lajtner, J. (2005) Reproductivni ciklus školjkaša *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) u rijeci Dravi. Doktorska disertacija. PMF. Sveučilište u Zagrebu. 134 str

Lajtner, J., Marušić, Z., Klobučar, G. I., Maguire, I., Erben, R. (2004): Comparative shell morphology of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* in the Drava river (Croatia). *Biologia*, Bratislava, 59(5): 595-600

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.

Lopes-Lima, M., Kebapçı, U., Van Damme, D. (2014). *Unio crassus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T22736A42465628. (pristupljeno 28.09.2019.)

Matoničkin, I., Habdija, I., Primc-Habdija, B. (1998): Beskralješnjaci, *Biologija nižih avertebrata*, III. prerađeno i dopunjeno izdanje. Školska knjiga, Zagreb

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

Moog, O. (2002): *Fauna Aquatica Austriaca*, 2nd Edition Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Vienna.

Petrić, H. (2010): O nekim naseljima u porječju rijeke Bednje tijekom srednjega i početkom ranoga novog vijeka, *KAJ-časopis za književnost, umjetnost, kulturu* 43 (3): 91-116.

Počakal, M. (1982): Hidrogeografske veličine porječja Bednje, *Geografski glasnik* 44: 85-102.

Ponder, W. F., Lindberg, D. R. (2008) Molluscan Evolution and Phylogeny: An Introduction. *In* *Phylogeny and Evolution of the Mollusca*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, Mar 2008: 1-18

Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama Narodne novine 143/13

- Ricciardi, A., Neves, R. J., Rasmussen, J. B. (1998): Impending extinctions of North American freshwatermussels (Unionoida) following the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) invasion. *Journal of Animal Ecology*, 67: 613-619.
- Ricciardi, A., Whoriskey, F. G., Rasmussen, J. B. (1996): Impact of the *Dreissena* invasion on native unionid bivalves in the upper St. Lawrence River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 1434–1444.
- Richter, B. D., Braun, D. P., Mendelson, M. A., Master, L. L. (1997): Threats to imperiled freshwater fauna. *Conservation Biology*, 11: 1081–1093
- Seddon, M. (ur.) (2000): Molluscan Biodiversity & Impacts of Large Dams. U: Berkamp, G., McCartney, M., Dugan, P., McNeely, J., Acreman, M. Dams, ecosystem functions and environmental restoration, Thematic Review II
- Strong, E. E., Gargominy, O., Ponder, W. F., Bouchet, P. (2008): Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 149–166.
- Thomas, E. G., Srut, M., Stambuk, A., Klobučar, G. I., Seitz, A., Griebeler, E. M. (2014): Effects of freshwater pollution on the genetics of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) at the molecular and population level. *BioMed Research International*, 2014:795481
- Vučković, N. (2013): Raznolikost slatkovodnih mekušaca (Gastropoda, Bivalvia) Nacionalnog parka Krka. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, 71 str.

## 7. ŽIVOTOPIS

Rođena sam 16. ožujka 1993. u Zagrebu gdje sam završila osnovno i srednjoškolsko obrazovanje. Pohađala sam Osnovnu školu Dragutina Tadijanovića u razdoblju od 1999. – 2007., a Gimnaziju Lucijana Vranjanina u razdoblju od 2007. – 2011.

Prirodoslovno - matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, smjer: Integrirani preddiplomski i diplomski studij biologije i kemije upisala sam 2014.

Za vrijeme studija radila sam kao vodič u Botaničkom vrtu PMF-a Sveučilište u Zagrebu, a 2018. sam sudjelovala na Noći biologije. Od ostalih poslova radila sam na pomoćnim poslovima u skladištu i kao trgovac u dućanu.

Posjedujem znanje rada na računalu i izrade herbara i entomološke zbirke te vozačku dozvolu B kategorije.