Invazivne vrste vodenih beskralježnjaka u rijeci Dravi na području grada Osijeka

Pekez, Maja

Master's thesis / Diplomski rad

2013

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:229542

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

ODJEL ZA BIOLOGIJU
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Repository / Repozitorij:

Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA BIOLOGIJU

Diplomski znanstveni studij biologije

Maja Pekez

Invazivne vrste vodenih beskralježnjaka u rijeci Dravi na području grada Osijeka

Diplomski rad

Osijek, 2013. godina

Ovim putem bih se željela zahvaliti svojoj mentorici, prof. dr. sc. Jasni Vidaković, na stručnoj pomoći i savjetima tijekom izrade diplomskog rada.

Osobito se zahvaljujem doc. dr. sc. Dubravki Čerba na izrazitoj susretljivosti i korisnim savjetima koji su uvelike olakšali izradu diplomskog rada.

Najveće hvala mojoj obitelji koja je uvijek bila puna razumijevanja i nesebično pružala podršku u svemu, te prijateljima koji su mi ovaj studij učinili lakšim i zanimljivijim.

SADRŽAJ

1. UVOD

1. 1. Kopnene vode 1
1 .2. Bentos 3
1. 3. Neinvazivni organizmi u kopnenim vodama Europe 5
1. 3. 1. Porifera – spužve 5
1. 3. 2. Gastropoda – puževi 6
1. 3. 2. 1. *Bithynia tentaculata* 7
1. 3. 2. 2. *Theodoxus fluviatilis* i *Theodoxus danubialis* 8
1. 3. 3. Bivalvia - Unionidae 9
1. 3. 4. Trichoptera – Hydropsychidae 13
1. 3. 5. Diptera – Chironomidae 14
1. 4. Invazivne vrste u kopnenim vodama Europe 15
1. 5. Ponto - kaspijsko područje i invazivne vrste 17
1. 5. 1. Bivalvia 18
1. 5. 1. 1. *Corbicula fluminea* 18
1. 5. 1. 2. *Dreissena polymorpha* 19
1. 5. 1. 3. *Sinanodonta woodiana* 21
1. 5. 2. Crustacea 22
1. 5. 2. 1. *Dikerogammarus villosus* 23
1. 5. 2. 2. *Chelicorophium curvispinum* 25
1. 5. 2. 3. *Jaera istri* 25
1. 5. 3. Polychaeta 26
1. 5. 4. Uljez – uljez interakcija 28
1. 6. Funkcionalne hranidbene skupine 29
1. 7. Istraživanja u Hrvatskoj 30
1. 8. Cilj istraživanja 31

2. MATERIJALI I METODE

2. 1. Područje istraživanja 32
2. 1. 1. Lokaliteti uzorkovanja 33

2. 2. Rad na terenu 36
2. 2. 1. Mjerenje abiotičkih i biotičkih čimbenika 36
2 .2. 2. Uzorkovanje beskralježnjaka 36
2. 3. Rad u laboratoriju 37
2. 3. 1. Obrada uzoraka vode 37
2. 3. 2. Obrada uzoraka beskralježnjaka 38
2. 3. 3. Sørensenov indeks sličnosti 41
2. 3. 4. Dominantnost 41

3. REZULTATI

3. 1. Abiotički i biotički čimbenici vode 43
3. 2. Vodostaj 44
3. 3. Sastav zajednice beskralježnjaka 44
3. 3. 1. Sastav zajednice invazivnih beskralježnjaka 48
3. 4. Usporedba sastava zajednice s obzirom na dubinu i supstrat 51
3. 5. Morfometrijski parametri školjkaša 53
3. 5. 1. *Corbicula fluminea* 53
3. 5. 2. *Dreissena polymorpha* 53
3. 5. 3. *Sinanodonta woodiana* 54

4. RASPRAVA 55

5. ZAKLJUČAK 63

6. LITERATURA 63

7. PRILOZI 77

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Odjel za biologiju
Diplomski znanstveni studij biologije
Znanstveno područje: Prirodne znanosti
Znanstveno polje: Biologija

Invazivne vrste vodenih beskralježnjaka u rijeci Dravi na području grada Osijeka

Maja Pekez

SAŽETAK

Zbog niskog vodostaja litoralni dio rijeke Drave postao je dostupan za uzorkovanje faune bentosa. Uzorci su uzeti na četiri različita lokaliteta, Streljana, Kompa, Most i Zeleno polje (16. – 24. rkm) u rujnu 2011. godine (14. i 15.09).

Cilj rada bio je utvrditi sastav zajednice slatkovodnih beskralježnjaka u donjem toku rijeke Drave s naglaskom na invazivne beskralježnjake. Prisutnost invazivnih beskralježnjaka je očekivana jer su u velikom broju pronađeni u većini europskih rijeka. Osobito su uspješne vrste iz Ponto – kaspijske regije. Njihovo rasprostiranje je olakšano povezivanjem velikih riječnih tokova što je dodatno pospješeno otvaranjem kanala Rajna – Majna – Dunav. Invazivne vrste predstavljaju veliku prijetnju za autohtone organizme te uzrokuju homogenizaciju brojnih ekosustava.

Analizom uzoraka prikupljenih na sva četiri lokaliteta utvrđeno je 17 svojti slatkovodnih beskralježnjaka, od čega je šest invazivnog karaktera. Invazivni organizmi su školjkaši *Sinanodonta woodiana*, *Dreissena polymorpha* i *Corbicula fluminea*, zatim rakušac *Dikerogammarus villosus*, rak *Chelicorophium curvispinum* i izopodni rak *Jaera istri*. Također, pronađene su i uginule jedinke dvije vrste mnogočetinaša *Manayunkia speciosa* i *Hypania invalida*. U sastavu zajednice invazivnih beskralježnjaka dominirali su *C. fluminea*, *C. curvispinum* i *D. villosus*.

Kako bismo dobili detaljnije informacije o sastavu zajednice invazivnih beskralježnjaka, njihovoj brojnosti i utjecaju na autohtone organizme potrebno je provesti intenzivnija istraživanja u rijeci Dravi.

Rad je izrađen: Zavod za ekologiju voda
Mentor: Prof. dr. sc. Jasna Vidaković
Neposredni voditelj: Doc. dr. sc. Dubravka Čerba

Broj stranica: 79
Broj slika: 39
Broj tablica: 8
Broj literaturnih navoda: 138
Broj priloga: 6

Jezik izvornika: Hrvatski

Ključne riječi: Ponto – kaspijske invazivne vrste, vodeni beskralježnjaci, Drava, litoral, vodostaj

Datum obrane: 18. 09. 2013.

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Prof. dr. sc. Stjepan Krčmar, predsjednik povjerenstva
2. Prof. dr. sc. Jasna Vidaković, mentor
3. Doc. dr. sc. Dubravka Čerba, neposredni voditelj

Rad je pohranjen u knjižnici odjela za biologiju sveučilište Josipa Jurja Strossmayera

BASIC DOCUMENTATION CARD

MS thesis

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Department of Biology
Graduate study of Biology
Scientific area: Natural science
Scientific field: Biology

Invasive species of freshwater invertebrates in Drava river, Osijek

Maja Pekez

SUMMARY

Due to low water - level of the Drava River, littoral area became available for sampling of the benthic fauna. Sampling was conducted on four different localities: Streljana, Kompa, Most and Zeleno polje (16 to 24 rkm), on the 14th and 15th September 2011.

The main goal was to determine the composition of freshwater benthic community, with the emphasis on the presence of invasive invertebrates, in the lower reach of the Drava river. The finding of the invasive invertebrates was expected since they have been found in many rivers throughout Europe. Ponto – Caspian species are known to be particularly successful. The opening of the Rhine – Main – Danube canal additionally enabled their spreading. Invasive species can present a threat to the native organisms, often causing a homogenization of the ecosystems.

Analysis of the samples collected at all four sampling sites indicated 17 freshwater invertebrate taxa, of which six were invasive species. Invasive invertebrates were: bivalvia representatives *Sinanodonta woodiana*, *Dreissena polymorpha* and *Corbicula fluminea*, and crustaneans *Dikerogammarus villosus*, *Chelicorophium curvispinum* and *Jaera istri*. Dead individuals of Polychaeta species *Manayunkia speciosa* and *Hypania invalidav* were also found. *C. fluminea*, *C. curvispinum* and *D. villosus* dominated within the community of invasive invertebrates.

To gain more information on the composition, abundance and the influence of invasive invertebrates on the autochthonous fauna in the Drava River, further research needs to be conducted.

Thesis performed at: Subdepartment of Water ecology
Supervisor: Prof. dr. sc. Jasna Vidaković
Assistant in charge: Doc. dr. sc. Dubravka Čerba

Number of pages: 80
Number of figures: 39
Number of tables: 8
Number of references: 138

Original in: Croatian

Key words: Ponto – caspian invasive species, freshwater invertebrates, Drava, litoral, water level

Date of the thesis defence: 18. 09. 2013.

Reviewers:

1. Prof. dr. sc. Stjepan Krčmar, predsjednik povjerenstva
2. Prof. dr. sc. Jasna Vidaković, mentor
3. Doc. dr. sc. Dubravka Čerba, neposredni voditelj

Thesis deposited in Library of Department of Biology, University Josip Juraj Strossmayer in Osijek

1. UVOD

1. 1. Kopnene vode

Dobro je poznato da na planetu Zemlja kopno zauzima tek 1/3 površine, a ostatak pripada vodenoj površini koja iznosi 1.4 milijarde km^2. Dijelimo ju na oceane i kopnene vode. Oceani i mora sadrže 97.5 % od ukupne površine vode, a preostalih 2.5 % čine ukupnu površinu kopnenih voda koje se u najvećem dijelu pojavljuju u obliku ledenjaka, zatim podzemne vode dok najmanji dio čine površinske kopnene vode (Riđanović, 1989). Iako im je površina neznatna kopnene vode zadovoljavaju potrebe živog svijeta na Zemlji (flora i fauna).

Kopnene vode su po postanku relativno mlade, nastale u vrijeme ili nakon posljednje glacijacije koja je zahvatila Zemljinu sjevernu hemisferu. Iznimku čini manji broj jezera poput Bajkalskog koje je staro 35 milijuna godina i Ohridsko čija je starost procijenjena na 2 milijuna godina. Nastale su zadržavanjem oborinskih voda na površini nakon formiranja kopna. Prostorno i vremenski se razlikuju od mora i oceana, ne predstavljaju kontinuirano prostranstvo već su oštro odvojene i formiraju brojne stajaće i tekuće vode (Novoselić, 2006). Površina im varira u rasponu od malih bara do velikih jezera, a svojom veličinom se ne mogu mjeriti s morima i oceanima. I u ovom slučaju postoji iznimka, a to je Kaspijsko jezero čija je površina 436 000 km^2 (Dumont, 1998). Dubina kopnenih voda je varijabilna, uglavnom ne prelazi 100 m, a iznimke postoje u obliku nekolicine jezera poput Bajkalskog i Tanganjika jezera čija dubina prelazi 1 000 m. Kada je u pitanju kemijski sastav dominiraju karbonati i sulfati, zbog čega se često u literaturi označavaju kao karbonatne vode. Prosječna količina otopljenih soli iznosi 200 do 300 mg/L. Zbog male površine i dubine, mijenjanje osobina kopnenih voda se događa vrlo brzo što upućuje na, između ostalog, promjenjive fizikalno - kemijske uvjete zbog čega su se kod životinja tijekom evolucijskog razvoja morale razviti brojne prilagodbe koje im omogućuju preživljavanje. Smatra se da se evolucijsko podrijetlo organizama koji nastanjuju kopnene ekosustave značajno razlikuje od onog kojeg su imali morski organizmi (Giller i Malmqvist, 1998). Prilikom postupnog nastanjivanja biljnog i životinjskog svijeta kopnene površine, slatkovodni ekosustavi su predstavljali prijelazni ekosustav između mora i kopna (Giller i Malmqvist, 1998). Iako im je površina znatno manja od površine mora i oceana, značaj je iznimno velik, na što upućuje podatak da pružaju dom 7 %, tj. 126 000 od ukupno opisanih 1.8 milijuna vrsta, uključujući 1/4 opisanih beskralježnjaka (Darwall i sur., 2008).

Čimbenik koji određuje osnovnu podjelu kopnenih voda na stajaćice i tekućice jest gibanje vode (Novoselić, 2006).

Tekućice su dinamični i otvoreni hidrološki sustavi koji se dosta razlikuju od drugih kopnenih voda (Poff i Ward, 1990). U njima ne postoji vertikalna stratifikacija temperature, otopljenog kisika i ugljičnog dioksida nego postoji longitudinalni gradijent u kojem su biotički i abiotički procesi na razini ekosustava u nizvodnim područjima povezani s onim u uzvodnim područjima. Zbog postupne promjene abiotičkih i biotičkih čimbenika dolazi do promijene sastava zajednice životinjskih organizama što se najbolje može objasniti hipotezom pod nazivom ″Koncept riječnog kontinuuma″ (RCC, *eng.* ″River continuum concept″). RCC opisuje strukturu i funkciju zajednica duž cijelog riječnog sustava (Vannote i sur., 1980). Vannote i sur. (1980) tvrde da je svaka tekućica predstavljena kao gradijent promjena fizikalnih, kemijskih i biotičkih varijabli od izvora do ušća. Hipoteza govori da unos energije, transport i pohrana organske tvari, ali i njezino konzumiranje od strane funkcionalnih hranidbenih skupina beskralježnjaka, može biti regulirano riječnim geomorfološkim procesima (Vannote i sur., 1980). Hipoteza stvara okvir pomoću kojeg bi se mogla predvidjeti raspodjela riječnih zajednica od izvore prema ušću (Vannote i sur., 1980).

Tekućice se međusobno razlikuju s obzirom na nekoliko osnovnih elemenata kao što su visina vode (vodostaj), brzina otjecanja vode, različitih abiotičkih parametara (temperatura, zasićenost kisikom, dubina, brzina strujanja vode), ali i podloga preko koje voda teče (DeNicola, 1996). Razlikujemo gornji, srednji i donji tok rijeke (DeNicola, 1996; Vannote i sur., 1980; Novoselić, 2006).

Vodostaj označava razinu vode u vodotoku, jezeru, moru ili akumulaciji, a mjeri se u metrima (m) ili centimetrima (cm). Na mjernom mjestu vodostaj se mjeri u odnosu na referentnu visinsku točku za koju je prethodno geodetski određena nadmorska visina (kota nule, 0). Razina vodostaja (vodostanje) se mjeri vodomjerom (letva napravljena od željeza ili drva) (Riđanović, 1989). Na osnovu podataka dobivenih mjerenjem vodostaja tijekom određenog vremenskog perioda radi se grafički prikaz vodostaja (nivogram). Promjenom razine vodostaja, osobito ako se radi o ekstremno visokom ili niskom vodostaju, dolazi do poremećaja ravnoteže u ekosustavu što može biti pogubno za brojne životinjske vrste (Riđanović, 1989). Budući da u tekućicama vrlo često dolazi do promjene razine vodea, u brojnih bentoskih organizama je došlo do razvoja tolerancije na ekstremne okolišne uvjete

(ekstreman pad i rast vodostaja, promjena kakvoće vode, promjena temperature) (Araujo i sur., 1993; MacNeil i sur., 2010).

Gornji tok rijeke predstavlja potok za koji je karakteristično brzo strujanje vode s brzinom protoka od 200 cm/s, samim tim je i veći nagib podloge preko koje voda struji. Dno je prekriveno kamenjem, a dubina je mala s oskudnom vegetacijom. Temperatura vode gornjeg toka je niska, kreće se od 3 °C do 15 °C, a temperaturna kolebanja su neznatna. Voda gornjeg toka je prozirna, visoke kvalitete i s velikim postotkom otopljenog kisika. Za organizme koje nastanjuju ovaj dio rijeke je karakteristična leđno - trbušna spljoštenost koja je najuočljivija kod virnjaka, obalčara i vodencvjetova (Novoselić, 2006).

Srednji tok karakterizira manja brzina strujanja vode te samim tim dolazi i do promjene supstrata, a njega čine šljunak i valutice. Ljeti temperatura prelazi 15 °C i prisutna su temperaturna kolebanja zbog čega su stenotermne vrste zamijenile euritermne koje podnose promijene temperature. Za razliku od gornjeg toka ima manju razinu kisika otopljenog u vodi.

Donji tok rijeke je prepoznatljiv po svom sporom strujanju vode. Proces sedimentacije je izražen zbog čega je dno pjeskovito i muljevito te je prisutna velika količina detritusa. Riječno korito je široko, a temperatura ljeti redovito prelazi 20 °C s velikim temperaturnim kolebanjima. Produkcija je u ovom dijelu rijeke najizraženija zbog čega se troši velika količina kisika. Zbog velike količine detritusa prisutne su detritofagne zajednice u kojima dominiraju maločetinaši, školjkaši i brojne ličinke kukaca (Novoselić, 2006). Također, zbog male brzine strujanja, donji tok je znatno zagađeniji u odnosu na gornji i srednji jer se teški metali, ali i ostali toksični spojevi, lakše zadržavaju i akumuliraju što predstavlja veliki problem za organizme koji nastanjuju ovo područje i ovise o opskrbi vode iz donjeg toka rijeke. U donjem toku je prisutan velik broj životinjskih vrsta, od kojih su najznačajniji pripadnici bentoske faune kao što su školjkaši (*Unio* sp., *Pisidium* sp., *Anodonta* sp.), člankonošci i spužve (Novoselić, 2006).

1. 2. Bentos

Bentos je kompleksna zajednica organizama koji nastanjuju dno rijeka, jezera, bara, mora i oceana (Khan i sur., 2007), neovisno žive li na površini sedimenta ili u njemu (Cuomo i Zinn, 1995). Termin bentos (*grč. bathys* - duboko, dubina) je prvi upotrijebio njemački znanstvenik Ernst Haeckel (1834. – 1919.), koji je uveo i termin ″ekologija¨ (Tagliapietra i

Sigovini, 2010). Budući da nastanjuju dno, ovisnost o podlozi je velika, pored toga što određuje koje će se zajednice bentoskih organizama razviti na određenom području, ona im služi za kretanje ili učvršćivanje, razmnožavanje, osnovni je izvor hrane i skrovište od predatora (Giller i Malmqvist, 1998). Smatra se da raznolikost i gustoća faune rastu s povećanjem stabilnosti supstrata, ali i povećanjem količine organskog detritusa (Giller i Malmqvist, 1998). Stabilnost raste s povećanjem veličine čestice supstrata, tako je pjeskoviti supstrat najnestabilniji i prisutna je najmanja raznolikost i brojnost faune dok kameniti supstrat ima znatno veću gustoću i raznolikost bentoske faune (Giller i Malmqvist, 1998). Zajednice bentosa uključuju velik broj organizama, od bakterija do biljaka (fitobentos) i životinja (zoobentos) koji pripadaju različitim karikama hranidbenog lanca (Tagliapietra i Sigovini, 2010). Među najbrojnijim skupinama bentoskih organizama su mekušci, osobito su brojni puževi i školjkaši. Kada su puževi u pitanju najčešći su organizmi iz porodica Pleuroceridae, Ancylidae, Lymnaeidae, Physidae i Planorbidae, dok su kod školjkaša najbrojnije vrste iz porodica Unionidae i Sphaeridae (Giller i Malmqvist, 1998). Prisutni su i brojni rakovi, osobito pripadnici razreda Malacostraca, viši rakovi (Decapoda, Amphipoda i Isopoda), ali i rakovi iz razreda Ostracoda, Branchipoda (uključujući Cladocera račiće) i Maxillopoda (uključujući Copepoda račiće) koji s obzirom na veličinu pripadaju meiofauni (Giller i Malmqvist, 1998). Česti stanovnici bentosa kopnenih voda su i Oligochaeta, Hirudinea i Acari, te ličinački stadiji kukaca (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Megaloptera i Odonata) (Giller i Malmqvist, 1998). Bentoski organizami imaju važnu ulogu u vodenom ekosustavu jer djeluju na sediment, ali i na kemijski sastav vode dna, mijenjaju organski sastav sedimenta, kao i njegovu strukturu (Cuomo i Zinn, 1995). Uključeni su u važan proces mineralizacije organske tvari i njezinom kruženju, te aeriraju dno (Khan i sur., 2007).

Većina bentoskih organizama je malih dimenzija (Gillett i Schaffner, 2009), na osnovu čega se i klasificiraju, stoga poznajemo tri veličinske skupine. Prvu skupinu čini mikrobentos čija je veličina manja od 0.063 mm, zatim meiobentos čija se veličina kreće u rasponu od 0.063 mm do 1.0 mm i najveći predstavnici bentoskih organizama, makrobentos, čija veličina prelazi 1.0 mm (Tagliapietra i Sigovini, 2010). Pojedini autori, poput Gillett i Schaffner (2009) te Tagliapietra i Sigovini (2010), spominju još jednu, odnosno četvrtu veličinsku skupinu nazvanu megabentos u koju svrstavaju životinje čija veličina prelazi 10 mm. Najčešći predstavnici su mnogočetinaši i maločetinaši, zatim brojni mekušci (školjkaši i puževi) te brojni člankonošci (Tagliapietra i Sigovini, 2010). Važno je napomenuti da tijekom razvoja

zoobentos prolazi kroz različite stadije tako da se mnoge jedinke, u juvenilnom stadiju, svrstavaju u meiobentos te su poznati pod nazivom privremeni meiobentos, što je karakteristično za brojne školjkaše, ali i kolutićavce te ličinačke stadije kukaca (Gillett i Schaffner, 2009).

1. 3. Neinvazivni organizmi u kopnenim vodama Europe

1. 3. 1. Porifera - spužve

Spužve su velika i raznolika skupina jednostavih organizama koji uglavnom nastanjuju mora i oceane, mali broj vrsta je prisutan u slatkovodnim ekosustavima (Droscher i Waringer, 2007). Do sada je opisano 300 različitih vrsta slatkovodnih spužvi (Droscher i Waringer, 2007). Najčešći predstavnici pripadaju porodici Spongillidae, vrste *Ephydatia fluviatilis* (Linnaeus, 1758), *Ephydatia muelleri* (Lieberkuhn, 1855), *Eunapis fragilis* (Leidy, 1851), *Eunapis carteri* (Bowerbank, 1863), *Spongilla lacustris* (Linnaeus, 1758) i *Trochospongilla horrida* (Weltner, 1893) (Gugel, 2001).

Tijelo spužve je različitog oblika i veličine s brojnim otvorima (ostije i oskulum). Općenito, tijelo spužve je izgrađeno od dva tipa stanica, hoanocita koje sadrže bičeve i pomažu strujanju vode kroz tijelo i amebocita koje imaju nekoliko važnih funkcija (sudjeluju u probavi hrane, izgrađuju pokrovni sustav i skelet spužve, proizvode spolne stanice) (Matoničkin i Erben, 2002).

Razmnožavaju se spolnim i nespolnim putem (Gaino i sur., 2003). Iako nije dobro istraženo spolno razmnožavanje u spužvi, smatra se da amebocite proizvode jaja i spermije, oplodnja se događa unutar tijela spužve, nakon čega se ličnke otpuštaju (Gugel, 2001; Gaino i sur., 2003). Ličinke nastale spolnim razmnožavanjem se u vodi mogu pronaći početkom ljetne sezone, od svibnja do lipnja (Gugel, 2001). Nespolno razmnožavanje uključuje dvije različite metode, pupanje i razmnožavanje gemulama. Pri pupanju na određenom mjestu na tijelu majke dolazi do odvajanja staničnih kompleksa pri čemu sama majka nije ugrožena (Matoničkin i Erben, 2002). Drugi oblik nespolnog razmnožavanja je pomoću gemula koje stvaraju amebocitne stanice. U jesen odrasla jedinka umire pri čemu se gemule ne odvajaju od tijela spužve (Gugel, 2001; Gaino i sur., 2003). Nakon određenog vremena gemule se oslobađaju i u proljeće dolazi do razvoja novih spužvi. Razvoj odrasle spužve iz gemula započinje u ožujku i traje do kolovoza (Gugel, 2001).

Spužve su sesilni organizmi koji većinom nastanjuju čvrsti supstrat (kamen, stijena) (Gugel, 2001; Gaino i sur., 2003; Droscher i Waringer, 2007). Preferiraju kamenje većih dimenzija i dubine na kojima se ne osjeti promjena razine vode (Gugel, 2001). Hrane se filtriranjem vode (Gugel, 2001; Gaino i sur., 2003; Droscher i Waringer, 2007). Za slatkovodne spužve se kaže da su dio preifitona (Gorni i Alves, 2008) te stoga nije neuobičajena povećana brojnost i raznolikost vrsta bentoskih beskralježnjaka u njihovoj blizini (Matteson i Jacobi, 1980; Gugel, 2001; Gorni i Alves, 2008).

Jedan od značajnijih predstavnika zajednice spužvi slatkovodnih ekosustava je vrsta *Spongilla lacustris* koja nastanjuje tekuće i stajaće vode Europe, Azije i Sjeverne Amerike (Andres, 2011). Tijelo joj je, kao i kod većine drugih vrsta, nepravilnog oblika, izduženog rasta (Gugel, 2001). Boja varira od žute do zelene, ovisno o podlozi koju je nastanila. Spikule koje izgrađuju kruti skelet su jednostavnog oblika, glatke i blago zašiljene na kraju (Rainbolt, 1964). Gemule su okrugle ili blago ovalne, uglavnom narančaste boje (Slika 1), izgrađuju ih spikule vrlo slične onima koje izgrađuju skelet spužve, malo su tanje i vrh je malo više zašiljen (Gugel, 2001).



Slika 1. Tijelo spužve i gemule na kamenom supstratu (fotografirala Maja Pekez)

1. 3. 2. Gastropoda – puževi

Gastropoda su vrlo brojni i široko rasprostranjeni predstavnici koljena Mollusca (Giller i Malmqvist, 1998). Do sada je opisano 62 000 različitih vrsta, nastanjuju sve oblike vodenih ekosustava (oceani, mora, rijeke, jezera), ali i kopno.

Prisutna je velika varijabilnost veličine, boje i oblika kućice. Puževi obično imaju nesimetričnu utrobu koju slijedi spiralno zavijena kućica. Kućicu izlučuje plašt iz organske tvari konhiolina i kalcij – karbonata (Matoničkin i Erben, 2002). Na tijelu se razlikuju glava, stopalo i trup. Na glavi se nalazi jedan ili dva para ticala i jedan par očiju. Stopalo je prilično

dugačko, uglavnom služi za kretanje puzanjem, ali može biti prilagođeno kopanju sedimenta ili plivanju. S obzirom na poklopac (operkulum), razlikujemo dva razreda puževa: Prosobranchia i Pulmonata. Prosobranchia imaju poklopac koji se zatvori prilikom ulaska stopala u kućicu, dok ga Pulmonata nemaju. Kućica je većinom zavijena i, obično, desno usmjerena.

Većinom su razdvojena spola iako su zabilježene i hermafroditske vrste. Oplodnja je vanjska. Nakon oplodnje nastaje slobodnoplivajuća ličinka (trohofora) iz koje se razvija veliger ličinka. U stadiju veliger ličinke dolazi do torzije, pojave karakteristične za puževe. Veliger ličinke su u početku bilateralno simetrične, ali pojavom torzije dolazi do promjene položaja visceralnih i palijalnih organa za 180 ° (Matoničkin i Erben, 2002).

Većinom se hrane struganjem perifitona pomoću posebnog organa za sitnjenje hrane koji se naziva radula. Radula je hitinozna membrana na kojoj je veći broj hitinoznih zubića zavinutih u natrag. Hrane se algama, morskim travama, vodenim biljem ili obraštajem, te filtriranjem vode (Tashiro i Colman, 1982), no većina su mesojedi. Neki od njih hrane se organskim detritusom iz mulja ili pijeska (Giller i Malmqvist, 1998). Puževi koji se hrane drugim puževim ili školjkašima imaju posebne žlijezde na stopalu i rilu. Izlučinama tih žlijezda ovi puževi natope određeno mjesto na ljusci plijena kako bi omekšala tako da zubići trenice mogu djelovati. Neki grabežljivi puževi, npr. morski puž veliki bačvaš (*Tonna galea*) izlučuju sumpornu kiselinu koja otapa vapnene tvari, te je na taj način olakšano uzimanje hrane. Nastanjuju različite tipove supstrata.

1. 3. 2. 1. *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758)

Bithynia tentaculata (Slika 2) je slatkovodni puž kojeg svrstavamo u porodicu Bithyniidae. Nativno područje rasprostranjenosti je Europa i zapadni dio Sibira (Bank, 2011; Goler i Pešić, 2012).

Za *B. tentaculata* je karakteristična mala, izdužena kućica, desno usmjerena sa četiri do pet zavoja (Dillon, 2007). Duljina kućice je, u prosijeku, 15 mm (Sauer i sur., 2007). Boja je većinom svijetlo smeđa, ali su zabilježene i jedinke sa žutim i crnim obojenjem kućice (Tashiro i Colman, 1982; Dillon, 2007).

Jedinke ove vrste su razdvojena spola. Jaja polažu tijekom svibnja i lipnja na kamenitu podlogu ili makrofitsku vegetaciju u nakupinama od 70 oplođenih jaja (Dillon, 2007).

Juvenilne jedinke se razviju nakon 14 do 25 dana od oplodnje jaja (Tashiro i Colman, 1982). Prosječan životni vijek traje 4 godine (Dillon, 2007).

Kao i većina puževa hrani se algama struganjem sa čvrste površine, no ono što ju čini različitom od drugih vrsta puževa je sposobnost filtriranja vode pomoću ktenidija (Tashiro i Colman, 1982). Nastanjuje područja sporijeg toka vode (Richter, 2001) koje je bogato kisikom i mineralnim tvarima (Tashiro i Colman, 1982; Dillon, 2007). Najviše joj pogoduje muljeviti supstrat, ali se lako prilagodi i na kamenitu, odnosno pjeskovitu podlogu (Tashiro i Colman, 1982; Dillon, 2007).



Slika 2. *Bithynia tentaculata* (fotografirala Maja Pekez)

1. 3. 2. 2. *Theodoxus fluviatilis* (Linnaeus, 1758) i *Theodoxus danubialis* (Pfeiffer, 1828)

Theodoxus, slatkovodni predstavnik uglavnom morskih Gastropoda iz porodice Neritidae, je rasprostranjen diljem Europe i u zapadnom dijelu Azije (Feher i sur., 2009).

T. fluviatilis (Slika 3 a) je najrasprostranjeniji predstavnik Neritidae u slatkovodnim ekosustavima (Bunje, 2005). Preferira litoralnu zonu velikih rijeka za koje su karakteristične temperature umjerenih vrijednosti. Takva područja uglavnom sadrže visoke koncentracije kisika, ali i kalcija što je jedan od osnovnih uvjeta za njihov rast i razvoj (Zettler i sur., 2004). U slatkovodnim ekosustavima nastanjuje isključivo čvrsti supstrat jer mu to omogućuje lakše hranjenje struganjem, iznimno se može pronaći na površini vodenih biljaka (Zettler i sur., 2004; Kirkegaard, 2006). Osnovne morfološke karakteristike su veličina, boja periostrakuma, operkulum i radula (Zettler i sur., 2004).

Boja periostrakuma *T. fuivatilis* je izrazito varijabilna, ovisi o ekološkim karakteristikama ekosustava. Većinom je podloga tamna sa svijetlim točkama (Zettler i sur., 2004). Operkulum je svijetlo crvene boje dok je sam rub jarko crven. Prosječna duljina

ljušture iznosi 9 mm, a širina 6 mm. Jedinke *T. fluviatilis* koje nastanjuju kopnene vode su veće i imaju deblju ljušturu od onih koji žive u ekosustavima s povišenom razinom saliniteta (brakične vode) (Zettler i sur., 2004).

Odvojena su spola što upućuje na spolno razmnožavanje, dok je oplodnja vanjska. Jaja polažu na površinu supstrata koji su nastanili. Reproduktivno razdoblje traje od travnja do listopada tijekom kojeg mogu položiti od 50 do 200 jaja. Embriju je potrebno 100 dana da bi se u potpunosti razvio, a životni vijek u prirodi traje 2 do 3 godine (Carlsson, 2000).

Hrani se struganjem bentoske površine, uglavnom fitoplanktonom i detritusom (Zettler i sur., 2004). Ne hibernira tijekom zime, tj. aktivan je tijekom cijele godine. Veća aktivnost je zabilježena tijekom noći, ali se ne smatra isključivo noćnom životinjom (Kirkegaard, 2006).

T. danubialis (Slika 3 b) nije toliko čest i brojan. U Njemačkoj je prisutan jedino u rijeci Dunav, po čemu je i dobio naziv (Feher i sur., 2009). Nastanjuje čvrste podloge rijeka bogatih kisikom, a na područjima gdje se izgradi brana populacija se smanjuje, te, naposljetku, u potpunosti nestaje. Prepoznatljiv je po svojem cik – cak obojenju pri čemu je podloga svijetla, obično blijedo žuta, dok su pruge tamne, iako i njegovo obojenje varira s obzirom na vanjske čimbenike (Feher i sur., 2009). Operkulum je blijedo žute boje, dok je ljuštura uža i viša u odnosu na ljušturu *T. fluviatilis* (Feher i sur., 2009).

(a)  **(b)** 

Slika 3. (a) *Theodoxus fluviatilis* (fotografirala Maja Pekez); (b) *Theodoxus danubialis* (fotografirala Maja Pekez).

1. 3. 3. Bivalvia - Unionidae

Školjkaši su organizmi čija veličina može varirati od jednog milimetra do više od jednog metra. Najveći školjkaš na svijetu je *Tridacna gigas*, južni dio Tihog oceana, čija je duljina 137 cm, a težina 264 kg. Prosječna duljina i težina školjkaša je znatno manja. Lako su

prepoznatljivi zbog karakteristične dvodijelne, višeslojne ljušture koja obavija mekano tijelo. Do danas je opisano oko 25 000 različitih vrsta, od čega većina nastanjuje morske i oceanske ekosustave, dok je znatno manji broj slatkovodnih školjkaša (Habdija i sur., 2004). Brojne se vrste već stoljećima koriste u ljudskoj prehrani, imaju izraziti ekonomski i ekološki značaj kojem se tek odnedavno počelo pridavati više pozornosti, ali i dalje nedovoljno. Osobito se ističu zbog iznimne sposobnosti filtriranja velike količine vode što izravno uzrokuje promjenu fizikalno – kemijskih svojstava vode. Preferiraju vode bogate fitoplanktonom, te se često nalaze u priobalnim područjima u kojima je primarna produkcija veća. Iako nastanjuju i slatke i slane vode veći značaj imaju u slatkovodnim ekosustavima (Strayer i sur., 1999). Predstavnici su makrobentosa koji preferiraju fino zrnati sediment zbog lakšeg kretanja i ukopavanja. Uglavnom su polusjedilački organizmi, iako ima i sjedilačkih.

Školjkaši su bilateralno simetrični organizmi koji nemaju unutarnji skelet nego im je tijelo s vanjske strane obavijeno višeslojnom dvodijelnom ljušturom koju izlučuje plašt. Ljuštura može biti simetrična ili asimetrična. Dvodijelna ljuštura je na leđnoj strani spojena elastičnim ligamentom. Boja i oblik se znatno razlikuju s obzirom na vrstu, čak i unutar vrste varira što upućuje na veliki utjecaj različitih ekoloških čimbenika koji mogu uzrokovati promjenu boje i oblika. Najstariji dio ljušture je umbo oko kojeg su raspoređene zone prirasta. Na rubu ljušture ispod ligamenta se u većine školjkaša nalazi bravica koja je od velike važnosti za determinaciju organizma. Sastoji se od sistema zubića i udubina. Prema građi brave dijelimo ih na jednozupke (Toxodonta), raznozupke (Heterodonta) i bezupke (Anodonta). Školjka, tj. ljuštura se otvara i zatvara uslijed antagonističkog djelovanja elastičnog ligamenta te kontrakcije i relaksacije mišića zatvarača. Glava je reducirana, dok su radulu i čeljust izgubili tijekom evolucije. Između tijela i plašta se nalazi plaštana šupljina. Najvažniji organi plaštane šupljine su stopalo i škrge. Škrge im omogućuju izmjenu plinova i prehranu filtriranjem vode, dok se pomoću stopala pokreću i zakopavaju u sediment dna. U većini vrsta koje se zakopavaju u sediment dna ljuštura je mala, simetrična i ovalnog oblika isto tako je lateralno spljoštena, glatka i izdužena što im omogućuje lakše kretanje kroz sediment (Habdija i sur., 2004). Vrste koje uglavnom nastanjuju površinu dna mogu imati hrapavu ljušturu s različitim udubljenjima i pojačanjima koji bolje štite od predatora (Strayer i sur., 1999).

Uglavnom su razdvojena spola pri čemu je, većinom, oplodnja vanjska iako je u nekih vrsta zabilježena unutarnja, u plaštanoj šupljini. Oplođena jajašca su mala i siromašna žumanjkom. U slatkovodnih školjkaša zrela jaja se zadržavaju na škrgama, te se u

međuškržnim prostorima razvijaju ličinke i mladi školjkaši. Neke vrste imaju obligatorni parazitski stadij pri čemu se glohidija prihvati za slatkovodnu ribu koja joj, pored inkubacije određeni vremenski period, omogućuje jednostavno i brzo rasprostiranje na nova područja što je važno za invazivne vrste (Douda i sur., 2011).

Vrste iz porodice Unionidae su karakteristični predstavnici slatkovodnih školjkaša s velikim područjem rasprostranjenosti. Za njih je karakteristična velika raznolikost oblika i boje ljušture što je uvjetovano područjem koje nastanjuju (Zieritz i sur., 2010). Jedinke iste vrste se mogu jako razlikovati zbog čega često dolazi do zabune pri determinaciji. O značajnoj vraijabilnosti boje i oblika ljušture govori podatak da je u proteklom stoljeću umjesto samo jedne opisano više od 200 vrsta školjkaša *Unio crassus* (Hochwald, 2001). Najkarakterističnije vrste europskog kontinenta su *Anadonta anatina* (Linnaeus, 1758), *Anadonta cygnea* (Linnaeus, 1758), *Unio crassus* (Retzius, 1788), *Unio tumidus* (Retzius, 1788) i *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758) (Lucey, 1995; Chojnacki i sur., 2007; Van Damme, 2011).

Školjkaši iz porodice Unionidae su velikih dimenzija zbog čega se često koriste u brojnim toksikološkim pokusima. Boja ljušture školjkaša *A. anatina* (Slika 4 a) je većinom zelenkasto žuta, smeđa ili crna dok je endostrakum plavo – zelenog obojenja. Ovalnog je oblika, stražnji (posteriorni) dio ljušture je izdužen. Idući od starijeg prema mlađem dijelu ljuštura postaje deblja što se najbolje može vidjeti na prednjem (anteriornom) dijelu. Prosječna duljina ljušture je između 8 i 10 cm, iznimno može narasti do 14 cm. Ligament je relativno kratak, umbo nije izražen za razliku od zona prirasta koje se jasno vide na ljušturi. Ljuštura školjkaša *A. cygnea* (Slika 4 b) je žuto do smeđe – zeleno obojena, također je ovalnog oblika, a dužina može doseći 20 cm. Cijelom površinom je ujednačene debljine, prilično je tanka i krhka. Ligament je nešto dulji nego u *A. anatina*.

(a)  **(b)** 

Slika 4. (a) *Anodonta anatina* (fotografirala Maja Pekez); (b) *Anodonta cygnea* (fotografirala Maja Pekez).

Ljuštura školjkaša *U. crassus* (Slika 5 a) je ovalnog oblika, vrlo čvrsta i kompaktna. Vrlo tamnog obojenja, gotovo je crna, ponekad mogu biti prisutne zelenkaste linije. Za *U. pictorum* (Slika 5 b) je karakteristična izdužena ljuštura čvrstih stijenki pri čemu je dužina dvostruko veća od visine. Valve su asimetrične, prednji dio je gotovo dvostruko veći od stražnjeg. Dužina ljušture može doseći 14 cm. Boja je većinom maslinasto zelena ili žuto – smeđa (Araujo i sur., 1993). Za skoljkaša *U. tumidus* (Slika 5 c) je, također, karakteristična zadebljana ljuštura čija je izduženost manja nego u školjkaša *U. pictorum*. Ovalnog je oblika, duljina je gotovo dvostruko veća od visine sa širim prednjim krajem. Boja je zeleno – žuta sa zelenkastim zrakama. Karakteristična duljina ljušture je između 6.5 i 8 cm (Bauer, 2001).

(a)  **(b)** 

(c) 

Slika 5. (a) *Unio crassus* (fotografirala Maja Pekez); (b) *Unio pictorum* (fotografirala Maja Pekez); (c) *Unio tumidus* (fotografirala Maja Pekez).

Za porodicu Unionida je karakterističan parazitski stadij (Giller i Malmqvist, 1998). Nakon oplodnje glohidije se otpuštaju u vodu, pronalaze domadara i prijanjaju za njegovo tijelo. Uglavnom su razdvojena spola. Vrste *A. anatina* i *A. cygnea* glohidije otpuštaju u proljeće pri čemu je njihovo sazrijevanje pospješeno povišenjem temperature vode (Schultes, 2011). U toplijim vodama jedinke spolno sazrijevaju tijekom dvije godine kada se mogu razmnožavati, dok u hladnijim vodama taj proces traje pet godina i ljuštura je znatno manja. Ženke vrste *U. crassus* mogu otpustiti i do 100 000 glohidija u stupac vode koje se potom pričvrste za tijelo domadara (Taeubert i sur., 2012).

Vrlo često su dominantni organizmi koji se hrane filtriranjem, te većinom nastanjuju vode smanjene brzine toka (Bascinar i Düzgünes, 2009). *A. anatina* je pronađena u

stajaćicama i tekućinama. Dobro podnosi promjene stupnja trofije ekosustava, tako da u jednakom broju može nastaniti i oligotorofne i eutrofne ekosustave (Schultes, 2011). U najvećem broju se može naći na dubini između 2 i 3 m. Najviše joj pogoduje pjeskoviti ili supstrat izgrađen od sitnog kamenja (šljunak). *A. cygnea* se pojavljuje u slatkovodnim ekosustavima, ali može tolerirati i povećanje slanosti (0.1 – 0.2 psu) (Rosińska i sur., 2008). Obično nastanjuje pliće dijelove slatkovodnog ekosustava siromašne vegetacijom, također tolerira visoku razinu eutrofizacije. Preferira supstrate u kojima dominira mulj, te, iako uglavnom nastanjuje pliće dijelove kopnenih voda, može se naći i na dubini od 20 m (Rosińska i sur., 2008). Primijećeno je da se veličina ljušture smanjuje povećanjem antropogenog djelovanja u blizini njezina staništa (Chojnacki i sur., 2007). Nastanjuje slatkovodne ekosustave s malom razinom zagađenja te preferira pjeskoviti supstrat u koji se u potpunosti ukopava, ili pijesak u kombinaciji sa sitnim kamenjem (Hochwald, 2001; Van Damme, 2011). *U. crassus* nastanjuje različite supstrate i smatra se dominantnim predstavnikom porodice Unionidae u srednjoj i sjevernoj Europi (Taeubert i sur., 2012). *U. pictorum* je osjetljiv na promjene kemijskog sastava vode, što je osobito vidljivo kod juvenilnih jedinki (Van Damme, 2011). Kod odraslih jedinki reprodukcija inhibirana povećanjem razine nitrata u vodi (Van Damme, 2011). *U. tumidus* se uglavnom javlja na muljevitim supstratima rijeka i jezera, ali je pronađen i u područjima s manjom količinom vode kao što su kanali, poplavna područja (Van Damme, 2011). Poput drugih vrsta roda *Unio*, preferira dobro oksigenirane vode zbog čega je vrlo dobar bioindikator (Taeubert i sur., 2012).

1. 3. 4. Trichoptera - Hydropsychidae

Trichoptera (tulari) je red organizama koji svrstavamo u razred Insecta. Odlikuju se velikom brojnošću i širokom rasprostranjenošću, nastanjuju sve dijelove Zemlje, izuzev Antarktika (Giller i Malmqvist, 1998). Poznato je više od 9 600 vrsta razvrstanih u 45 porodica i 626 roda. Hydropsychidae (Slika 6) su najbrojnija porodica Trichoptera u kojoj je opisano više od 500 vrsta (Geraci i sur., 2010).

Ličinke Trichoptera imaju holometabolnu preobrazbu što znači da tijekom razvoja od ličinke prema odrasloj životinji imaju razvojne stadije koji uključuju kukuljicu. Trichoptera imaju imaju 5 do 8 ličinačkih stadija te stadij s kukuljicom (Giller i Malmqvist, 1998; Matoničkin i Erben, 2002). Razvojni stadij Hydropsychidae u prosjeku traje jednu godinu iako kod pojedinih vrsta može trajati i do dvije godine, stadij kukuljice traje 2 do 3 tjedna

(Ratia i sur., 2012). Nakon završetka stadija kukuljice formirana je odrasla jedinka. Stadij odrasle jedinke traje oko mjesec dana. Ženke većine vrsta polažu jaja na površini vode (Giller i Malmqvist, 1998).

Tijelo im je najčešće smeđe obojeno, a duljina je od 31 do 40 mm (Neissimian i Dumas, 2010). Tijelo je podijeljenu na tri tagme: glava, prsa i zadak.



Slika 6. Ličinka Trichoptera – Hydropsychida (fotografirala Maja Pekez).

Većinom se hrane filtriranjem vode te zbog toga imaju važnu ulogu u razgradnji organske tvari. Osjetljivi su na promjene kvalitete vode, odnosno na povećanje razine zagađenja stoga su vrlo dobri bioindikatori (Geraci i sur., 2010; Ratia i sur., 2012). Može se reći da imaju ključnu ulogu u hranidbenom lancu jer predstavljaju poveznicu između biljaka i organske tvari kojima se hrane i organizama koji pripadaju višim trofičkim razinama (ribe) (Geraci i sur., 2010).

1. 3. 5. Diptera - Chironomidae

Chironomidae (Slika 7) su mali kukci čije ličinke nastanjuju slatkovodne ekosustave diljem svijeta, trenutno je opisano oko 20 000 različitih vrsta podijeljenih u nekoliko porodica (Giller i Malmqvist, 1998).

Duljina tijela odraslog kukca ove porodice može biti od 2 mm do 18 mm, ovisno o vrsti (Bay, 2003). Jednako kao duljina i boja tijela se razlikuje s obzirom na vrstu. Može biti od izrazito blijede boje, gotovo prozirne, do zelene, ponekad gotovo crne (Bay, 2003). Za mužjake ove porodice je karakterističan jedan par ticala na glavi oblika četke (Bay, 2003). Iako su izgledom vrlo slični komarcima razlika je u tome što nisu hematofagni organizmi niti su prijenosnici bolesti (Giller i Malmqvist, 1998; Bay, 2003; Weltje i Bruns, 2009).



Slika 7. Ličinka Diptera - Chironomidae (fotografirala Maja Pekez).

Metamorfoza Chironomidae uključuje četiri razvojna stadija: oplođeno jaje, ličinka, kukuljica i odrasla jedinka (Giller i Malmqvist, 1998; Bay, 2003; Weltje i Bruns, 2009). Životni ciklus koji uključuje razvoj od oplođenog jaja do odrasle jednike može trajati manje od tjedan dana, ali u pojedinih vrsta je zabilježeno trajanje više od godinu dana, što ovisi o godišnjem dobu i temperaturi (Bay, 2003). Većina odraslih jedinki se razvije u periodu od jednog do dva tjedna (Weltje i Bruns, 2009), pri čemu sam razvoj odrasle jedinke započinje u kasno proljeće, a završava u ranu jesen (Bay, 2003). Jaja polažu na dno rijeke u nakupinama od 100 pa čak do 2 000 oplođenih jaja (Bay, 2003). Odrasle jedinke žive manje od jednog dana i u tom periodu ne jedu, nego dolazi do oplodnje i polaganja jaja nakon čega ugibaju (Weltje i Bruns, 2009).

Ličinke iz porodice Chironimidae su pronađene na svim kontinetima, uključujući i Antarktik, te na različitim nadmorskim visinama (Hammond, 2009). Uglavnom se hrane planktonskim algama i razgrađenom organskom tvari (Giller i Malmqvist, 1998; Bay, 2003).

1. 4. Invazivne vrste u kopnenim vodama Europe

Invazivne se vrste definiraju kao alohtoni organizmi koji svoj invazivni karakter pokazuju širenjem velikom brzinom na novom području te u vrlo kratkom vremenu uspostavljaju stabilnu populaciju (Pigneur i sur., 2011) pri čemu uzrokuju značajne ekološke promjene i/ili ekonomske gubitke (Pyšek i Richardson, 2010). Njihove osnovne značajke su brzo rasprostiranje, visoka stopa reprodukcije, veći broj reproduktivnih ciklusa tijekom godine (Statzner i sur., 2007), visok stupanj kompeticije za prirodne resurse, te sposobnost rasta i razvoja na različitim tipovima supstrata i u različitim ekološkim uvjetima (Platvoet i sur., 2009 b). Stabilnu populaciju uspostavljaju vrlo brzo jer su tijekom evolucijskog razvoja sve izražajnije postale sljedeće karakteristike: kratko generativno razdoblje, vrlo rano postizanje spolne zrelosti, visok stupanj fekunditeta, velika predatorska sposobnost, isto tako

širok spektar prehrane te sposobnost tolerancije promjena različitih okolišnih uvjeta, primjerice povećanje ili smanjenje saliniteta, temperature i promjena kakvoće vode (Žganec i sur., 2009) što su značajke r – strategije razvoja (Pigneur i sur., 2011).

Rasprostiru se na brojne načine, ali za njihovo uspješno širenje diljem planeta je uvelike zaslužan čovjek. Na autohtone vrste djeluju negativno jer su u izravnoj kompeticiji s njima za stanište i hranjive tvari te su vrlo uspješni u potiskivanju, odnosno smanjivanju njihove brojnosti. Pored toga što su izrazito kompetitivni, primjenjuju i predatorski oblik ponašanja, zatim parazitizam koji se javlja u ličinačkom stadiju, potencijalni su vektori različitih patogena, ali i mijenjaju fizikalno - kemijska svojstva vode što je, također, pogubno za autohtone vrste (Platvoet i sur., 2009 b).

Uspostavljanje stabilne populacije je uspješno ukoliko se može razviti tolerancija na sve abiotičke i biotičke čimbenike u novom ekosustavu (Bij de Vaate i sur., 2002). Prije nego što dođe do razvoja stabilne populacije, alohtona vrsta mora proći kroz nekoliko sukcesivnih stadija. Nakon unosa u novi ekosustav, mora biti sposobna prilagoditi se novom staništu, razmnožavati se u njemu i završiti svoj životni ciklus (Bij de Vaate i sur., 2002). Ukoliko se uspije prilagoditi novom ekosustavu počinje postupno širenje, u početku lokalno, a poslije, uglavnom potpomognuta djelovanjem čovjeka, i na udaljenijim područjima. Unatoč svim sposobnostima, ne uspijevaju sve alohtone vrste invazivnog karaktera ¨zavladati teritorijem˝ te je zbog toga Williamson (1996) formirao pravilo ¨desetorice˝ (van der Velde i sur., 2000). Ovo pravilo govori da samo 10 % alohtone populacije može razviti dovoljno veliku gustoću populacije koja će za rezultat imati pojavu invazivnosti, odnosno njihove dominacije na novom području (Bij de Vaate, 2002). Nepisano pravilo govori da ukoliko je vrsta bila uspješna na jednom području bit će i na drugom (Van der Velde i sur., 2000), što je jednostavno prikazano na vrsti slatkovodnog račića *Chelicorophium curvispinum* koji se vrlo brzo, putem riječnih kanala, proširio iz svog nativnog područja u brojne vodene ekosustave (Mastinsky i Makarevich, 2007; Messiaen i sur., 2010; Borza, 2011). Primijećeno je da su invazivne vrste osobito uspješne u područjima čija je klima jednaka ili slična klimi područja iz kojeg dolaze (Bij de Vaate i sur., 2002)

Pored toga što su stanište i izvor hrane za brojne organizme, velike rijeke i jezera su uključene u važan proces kolonizacije alohtonih organizama, osobito one u kojima je zastupljen neki oblik akvakulture i pomorskog, odnosno riječnog prometa (Casellato i sur., 2006). Ubrzani rast trgovine i transporta u dvadesetom stoljeću imao je za posljedicu širenje

brojnih vrsta diljem Zemlje i njihov snažan kontinuirani rast u novim područjima, no pored toga njihovo unošenje, odnosno biološka invazija, nije pojava modernog vremena. Od trenutka kada je čovjekovo djelovanje počelo mijenjati tlo, povezivati obale rijeka, mora i oceana različiti životinjski organizmi su počeli to koristiti za rasprostiranje izvan svog nativnog područja. Od otkrića i kolonizacije Novog svijeta problem invazivnih vrsta ubrzano raste, da bi u dvadesetom stoljeću postao jedan od glavnih prijetnji današnjice u očuvanju biološke raznolikosti globalno. Brojni znanstvenici današnjice smatraju da je glavni ″krivac″ za intenzivno rasprostiranje invazivnih organizama diljem Europe kanal Rajna – Majna - Dunav koji je službeno otvoren 1992. godine (Casellato i sur., 2006; MacNeil i sur., 2010). Izgrađen je u svrhu povezivanja Sjevernog i Crnog mora, ali i velikih rječnih tokova kako bi se olakšao riječni promet. Dakle, ne može se osporiti antropogeni utjecaj kada je u pitanju fenomen biološke invazije (Messiaen i sur., 2010).

1. 5. Ponto - kaspijsko područje i invazivne vrste

Invazivno naseljavanje europskih voda osobito je karakteristično za vrste iz Ponto - kaspijskog bazena što potvrđuju brojni znanstvenici (Mastitsky i Makarevich, 2007; Rađa i Puljas, 2008; Žganec i sur., 2009; MacNeil i sur., 1997). Ponto - kaspijski bazen obuhvaća sliv Crnog i Azovskog mora i Kaspijskog jezera.

Kaspijsko jezero je, da bi bilo ovakvo kakvo je danas, tijekom povijesti prolazilo kroz dvije faze razvoja koje su se odvijale u Miocenu i Pleistocenu (Dumont, 1998.). U prvoj fazi razvoja, iz Paratetisa, nastalo je Sarmantsko i Kaspijsko jezero tijekom kasnog Miocena, dok je druga faza razvoja, koja se dogodila u Pleistocenu, obilježena procesima glacijacije, formiranja rijeke Volge i Kaspijskog jezera (Dumont, 1998). Kaspijsko jezero je u svim fazama razvoja obilovalo raznolikom faunom (Aladin i Plotnikov, 2004) koja je, zbog učestalih promjena temerature, vodostaja i kemijskog sastava vode, morala razviti brojne prilagodbe kako bi mogla preživjeti u novonastalim uvjetima. Jedna od tih prilagodbi je i eurihalinost, odnosno tolerancija na česte promjene saliniteta što se pokazalo značajnom karakteristikom za njihov današnji način života i rasprostiranja. Razvoj eurivalentnosti, tj. otpornosti na česte promjene abiotičkih čimbenika u okolišu, je još jedna važna karakteristika koja im omogućuje uspješan razvoj u brojnim ekosustavima (Žganec i sur., 2009).

1. 5. 1. Bivalvia

1. 5. 1. 1. *Corbicula fluminea* (Müller, 1774)

Corbicula fluminea (Slika 8) je školjkaš čije se prirodno stanište nalazi u tropskim i suptropskim područjima Afrike, Azije, Malajskog arhipelaga, Filipina, Nove Gvineje i istočne Australije (Ciutti i Cappelletti., 2009). Razvija se uglavnom na pjeskovitom supstratu, ali voli i muljevitu podlogu s vegetacijom (Popa i Popa, 2006). Može preživjeti do nekoliko sati bez vode (Popa i Popa, 2006). Često se javlja na dubinama od 5 do 6 metara (Popa i Popa, 2006). Hrani se filtriranjem riječne vode (Pigneur i sur., 2011).

Za ovu vrstu je karakteristična iznimno velika varijabilnost ljušture, njezina oblika i boje (Lee i sur., 2003). Ljuštura je ovalno triangularna, snažno konveksna, vidljive asimetrije te debela i teška (Araujo i sur., 1993). Umbo se nalazi iznad ligamenta, blago zarotiran i usmjeren prema srednjem dijelu ljušture. Periostrakum je sjajan, maslinasto zelen i prekriven naborima koji predstavljaju jasno izražene zone prirasta (Slika 8). Endostrakum je intenzivno ljubičaste boje na ventralnom, posteriornom i anteriornom dijelu, dok je u sredini i ispod umba blijedo ljubičast s narančastim točkama što je više izraženo u juvenilnih jedinki (Skuza i sur., 2009) (Slika 9). Zub je tipično heterodontan s tri kardinalna zuba sa svake strane ljušture i dva lateralna zuba, jedan na lijevoj i dupli na desnoj strani (Araujo i sur., 1993) (Slika 9).



Slika 8. *Corbicula fluminea*, periostrakum s jasno izraženim zonama prirasta i endostrakum, brava i zubići (fotografirala Maja Pekez).



Slika 9. Juvenilna jedinka vrste *C. fluminea* (fotografirala Maja Pekez).

C. fluminea je hermafroditska vrsta. Reprodukcija započinje kada temperatura vode dosegne 10 °C (Werner, 2009). Oplodnja se događa unutar plaštane šupljine, a ličinke se odlažu u škržne vodene cijevi. Neka istraživanja govore da su razdvojena spola (Pigneur i sur., 2011). Jaja su bogata hranjivim tvarima koje su esencijalne za razvoj embrija. Nakon boravka u škrgama ličinke se otpuštaju u vodu, smjeste se i zakopaju u supstrat. Kada se otpuste u vodu malih su dimenzija, ali su u potpunosti formirane s dobro razvijenom ljušturom, mišićem aduktorom, stopalom, statocistom, škrgama i probavnim sustavom, te imaju oblik slova D. Razdoblje sazrijevanja se odvija u prvih tri do šest mjeseci kada duljina ljušture dosegne 6 mm do 10 mm. Životni vijek se kreće između jedne i pet godina (Sousa i sur., 2008). Razmnožavaju se nekoliko puta godišnje, a broj razmnožavanja varira od ekosustava do ekosustava. Mlade jedinke se razmnožavaju dva puta godišnje, u proljeće i kasno ljeto. Raste velikom brzinom jer je većina energije usmjerena na rast i reprodukciju, a samo mali dio energije usmjeravaju na disanje. Prema pojedinim autorima ova vrsta ima najveću neto produkciju u odnosu na bilo koje druge slatkovodne školjkaše. Ima visok fekunditet, ali nisku stopu preživljavanja juvenilnih jedinki, također imaju visoku stopu smrtnosti tijekom života (Sousa i sur., 2008).

1. 5. 1. 2. *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)

Dreissena polymorpha (Slika 10) je školjkaš iz porodice Dreissenidae koji je diljem svijeta poznat po svojim invazivnim karakteristikama. Nativna je u Ponto – kaspijskoj regiji, a širenje, tj. invaziju kopnenih voda Europe, je započela početkom 19. stoljeća povezivanjem brojnih riječnih tokova (Lajtner i sur., 2004; Birnbaum, 2011). Naziv *polymorpha* je dobila zbog izrazito varijabilne ljušture, čiji oblik, boja i veličina ovise o supstratu, dubini vode i gustoći naslaga koje tvori (MacNeil, 1992; Birnbaum, 2011).

Ljuštura je trokutastog oblika s ravnom ventralnom površinom koja omogućuje bolje prianjanje za supstrat, te zašiljenom dorzalnom površinom oblika šatora (Alexander i sur., 1992). Periostrakum je gladak i, uglavnom, sadrži tamno smeđe i bijele pruge koje mogu imati cik – cak raspored, ili biti ravne, zbog čega je u svijetu poznata po nazivu ¨zebra mussel˝ (Birnbaum, 2011) (Slika 10). Ljuštura je tanka i krhka maksimalne duljine do 5 cm (Alexander i sur., 1992). Ono što je specifično za vrstu *D. polymorpha* je izlučivanje bisusnih niti koje joj omogućuju pričvršćivanje za podlogu, a izlučuje ih bisusna žlijezda koja se nalazi u stopalu (Lajtner i sur., 2004; Birnbaum, 2011).



Slika 10. *Dreissena polymorpha* (fotografirala Maja Pekez).

Razdvojena su spola s vanjskom oplodnjom koja se događa pri temperaturi od 12 °C dok je najpovoljnija temperatura za razvoj ličinke između 12 °C i 24 °C (Birnbaum, 2011). Oplođeno jajašce se razvije u veliger ličinku veličine do 100 µm. Osnovna karakteristika veliger ličinke je planktonski način života koji traje dva do četiri tjedna, dok posljednji ličinački stadij traje sedam dana nakon kojeg se ličinka pričvrsti za supstrat izlučivanjem bisusnih niti (Birnbaum, 2011). Za njih je karakterističan iznimno visok stupanj fekunditeta, te je zabilježeno da jedna ženka u prvoj godini života može proizvesti 30 000 jajašaca (Alexander i sur., 1992). Prosiječan životni vijek je dvije godine (Mackie, 1991).

Populacija trokutnjače je najgušća u litoralnoj i sublitoralnoj zoni na dubini od 2 m do 12 m, iako je pronađena i na dubini od 55 m (Lajtner i sur., 2004, Van der Velde i Platvoet, 2007). Preferira čvrsti supstrat iako se može nastaniti i na pomičnom. Također, dosta često se pričvršćuje za tijelo drugih organizama, primjerice školjkaša i puževa. Kolonizira jezera, rijeke i brakične vode pri čemu preferira one s mirnijim tokom vode, najčešće ju nalazimo u donjim tokovima tekućica. Evolucijskim razvojem stvorila se izuzetna tolerancija na različite okolišne uvjete pri čemu je dokazano da mogu preživjeti izuzetno niske koncentracije kisika, te su razvijene posebne prilagodbe za preživljavanje niskih temperatura (Lajtner i sur., 2004).

Za razliku od drugih invazivnih školjkaša *D. polymorpha* ne predstavlja prijetnju vodenim ekosustavima jer ima važnu ulogu u hranidbenom lancu, točnije služi kao hrana brojnim pticama (Birnbaum, 2011).

1. 5. 1. 3. *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834)

Sinanodonta woodiana (Slika 11) je školjkaš čije je nativno područje istočna i jugoistočna Azija, točnije rijeka Amur, jezero Hanka, zatim države Kina, Tajvan, Kambodža, Tajland i Japan (Popa i sur., 2007). *S. woodiana* pripada porodici Unionidae za koju su donedavno brojni istraživači tvrdili da pripada rodu *Anodonta*, no novijom taksonomskom raspodjelom svrstan je u rod *Sinanodonta* (Cappelletti i sur, 2009; Lajtner i Crnčan, 2011).

Tijelo joj je bilateralno simetrično s dvodijelnom ljušturom (lijevom i desnom). Ljuštura je ovalnog oblika s jasno izraženim zonama prirasta, stražnji dio je zaobljen dok je prednji dio ljušture izdužen. Periostrakum je smeđe do žuto – smeđe boje, dok je na rubovima prisutno crvenkasto smeđe obojenje. Također je prisutno zrakasto obojenje koje se proteže od umba kroz sve zone prirasta s velikom raznolikošću boja koje mogu biti plavo – zelene, zelene i smeđe – žute. Endostrakum ima ljubičasto – plavo obojenje (Slika 11).



Slika 11. Periostrakum i endostrakum školjkaša *Sinanodonta woodiana* (fotografirala Maja Pekez).

Razdvojena su spola, oplodnja je vanjska kao i u većine školjkaša. Mužjaci i ženke sazrijevaju kada dosegnu starost od jedne godine (Spyra i sur., 2012). Najinvazivnije vrste školjkaša imaju vrlo jednostavan životni ciklus, pa tako iznimku ne čini ni *S. woodiana* koja može izravno otpuštati juvenilne jedinke u vodu jednako kao i slobodnoživuću ličinku, ali razvoj može uključivati obligatorni parazitski stadij (Douda i sur., 2011). Potvrđeno je da je svoj životni ciklus prilagodila različitim tipovima kopnenih voda, a pojavljuje se u litoralnom području brojnih nizinskih rijeka, eutrofnih jezera i ribnjaka (Spyra i sur., 2012).

Brojnim istraživanjima je dokazano da je jako osjetljiva na niske temperature, te se zbog toga javlja u vodenim sustavima s relativno visokim temperaturama (10 °C do 30 °C) (Soroka i Zdanowski, 2001; Kraszewski i Zdanowski, 2007). Sazrijevanje glohidije je pospješeno povišenjem temperature vode. Proizvodnja prve zrele glohidije započinje u vodi pri temperaturi od 15.6 °C (Douda i sur., 2011). Temperatura vode djeluje na dimenziju ljušture, najveće dimenzije su primijećene u najtoplijim područjima (Spyra i sur., 2012).

Preferira srednje do fino zrnati sedimet zbog lakšeg kretanja i ukopavanja, dok mulj otežava filtriranje vode. Izbjegava šljunkoviti i kameniti sediment. Životni vijek je procijenjen na 10 godina, ili, maksimalno, 12 godina (Spyra i sur., 2012). Najveća dubina na kojoj je zabilježena njezina prisutnost je 2.5 m (Kraszewski i Zdanowski, 2007).

1. 5. 2. Crustacea

Crustacea je iznimno uspješan razred beskralježnjaka koji pripada koljenu Arthropoda. Možemo ih pronaći u slatkovodnim i morskim ekosustavima, ali postoje i vrste koje su se uspješno prilagodile životu na kopnu. Do sada je opisano oko 35 000 različitih vrsta iako se vjeruje da je njihov broj znatno veći. Vrlo su varijabilna skupina životinja s obzirom na boju, oblik i veličinu tijela, no ipak su im osnovne karakteristike tjelesne građe jednake (Vainola i sur., 2007). Odrasle jedinke najmanje vrste su manje od 0.1 mm i teže manje od 1 mg, dok, s druge strane, najteža vrsta teži oko 40 kg. Najveći rak je *Macrocheira kaempferi*, čija duljina doseže 4 m. Tijelo im je heteronomno segmentirano i sadrži člankovite tjelesne privjeske s trbušne strane. Broj tjelesnih kolutića varira od skupine do skupine, samo viši rakovi imaju stalan broj (20 ili 21) raspoređenih u tri tagme: glava (cephalon), trup (pereion) i zadak (pleon). Na glavi se nalaze dva para ticala, jedan par složenih očiju te usni aparat koji je izgrađen od parne gornje čeljusti, prve parne donje čeljusti i druge parne donje čeljusti (Habdija i sur., 2004). Tjelesni privjesci su prilagođeni obavljanju različitih funkcija. Člankovite noge, poprečno – prugasto mišićno tkivo i specijalizacija mišića omogućuju im efikasnu pokretljivost u vodi i na kopnu. Imaju višeslojni egzoskelet koji štiti tijelo i predstavlja vanjski i unutarnji skelet. Kutikula onemogućuje kontinuirani rast zbog čega se moraju periodično presvlačiti. Vrste koje nastanjuju vodene ekosustave dišu pomoću škrga. Imaju ključnu ulogu u hranidbenoj mreži vodenih ekosustava jer služe kao hrana brojnim ribama, osobito u juvenilnom stadiju. Pored toga, prisutan je i velik broj predatorskih oblika koji se hrane drugim vrstama rakova, jednako kao i ribljom mlađi (Žganec i sur., 2009; MacNeil i sur., 2010)

Većina organizama je slobodno pokretna iako postoje i sesilni oblici te nekolicina parazitskih vrsta. U prehrani koriste dobro razvijeni usni aparat dok za lakši ulov i unos plijena u organizam koriste noge za hodanje. Prije svega su to karnivorni oblici iako postoji manji broj herbivora i filtratora (Vainola i sur., 2007).

Najrazvijeniji i najbrojniji pripadnici Crustacea su Malacostraca ili viši rakovi. Tjelesna struktura im je raznolika, ali ono što je zajedničko svim vrstama jest stalan broj kolutića koji iznosi 20 (21). Tijelo je podijeljeno na glavu, trup i zadak pri čemu glavu sačinjava prvih šest kolutića, trup osam, dok zadak izgrađuje šest do sedam kolutića. Svi, osim zadnjeg segmenta, tj. tjelesnog kolutića sadrže privjeske, pleopodije dok zadnji kolutić ima nastavke koji se nazivaju uropodiji (Holsinger, 1972). Većina ih je svijetlog obojenja sa čvrstim egzoskeletom.

Najvećim dijelom su razdvojena spola iako su poznati i dvospolci. Gonade su parni organi koji se otvaraju parnim gonoduktima s trbušne strane jednog od kolutića pereiona ili pleona. U većini slučajeva ženke nose nakupinu oplođenih jaja na svom abdomenu (Vainola i sur., 2007).

1. 5. 2. 1. *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894)

Gammaridae ili rakušci koji nastanjuju različite slatkovodne ekosustave te su jedan od sastavnih dijelova svake bentoske zajednice (Žganec i sur., 2010). Trenutno ″najpopularniji″ predstavnik Gammaridae jest *Dikerogammarus villosus* (Slika 12). To je rakušac koji dolazi iz Ponto – kaspijske regije (Casellato i sur., 2006) s bilateralno spljoštenim tijelom podijeljenim u tri segmenta: glava (cephalon), trup (pereion) i zadak (pleon) (Vainola i sur., 2007). Oblik tijela je blago zaobljen i poprima oblik luka (Vainola i sur., 2007).

Na glavi se nalaze dva para ticala, jedan par složenih očiju i usni aparat. Donja čeljust je relativno velika i jaka što upućuje na predatorski način života. Prsni dio je izgrađen od sedam segmenata od kojih svaki sadrži po jedan par nogu za hodanje. Iznimku čine prva dva segmenta, točnije prva dva para nogu koja su modificirana i pomažu pri hranjenju. Razlika između mužjaka i ženke je u tome što ženke na nogama za hodanje imaju dodatne ogranke čime se stvara prostor za inkubaciju i čuvanje jaja. Zadak je izgrađen od šest segmenata i podijeljen u dva dijela. Prvi set abdominalnih segmenata sadrži tri para pleopodija koji su obrasli dlačicama i nalikuju na četku, drugi set abdominalnih segmenata sadrži tri para kraćih i nepokretnih uropodija koji sliče čunju (MacNeil i sur., 2010).



Slika 12. *Dikerogammarus villosus* (fotografirala Maja Pekez).

Izrazito je agresivan i ima širok raspon prehrane što mu omogućuje opstanak u novim ekosustavima. Ubija plijen tako što ga ugrize i usitni, te je puno smrtonosniji predator od nativnih slatkovodnih račića, prvenstveno zbog većeg i snažnijeg usnog aparata (Dick i sur., 2002). Napada i druge rakove iz porodice Gammaridae. Naseljava različite supstrate te je sposoban prilagoditi se širokom rasponu okolišnih uvjeta. Može bez većih problema preživjeti kolebanja temperature, saliniteta i količine kisika (MacNeil i sur., 2010).

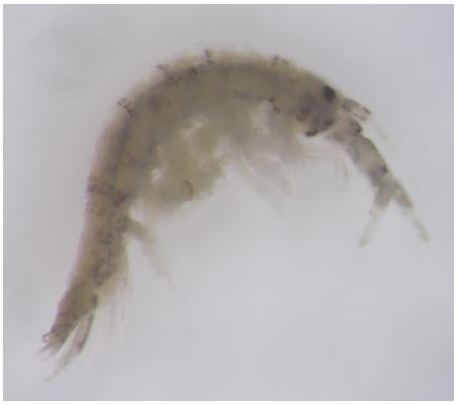
Juvenilni organizmi sliče odraslima, ali se razlikuju s obzirom na veličinu, puno su manji. Kao i drugi rakovi razvijaju vanjski skelet te se za vrijeme svoga razvoja nekoliko puta presvlače. Spolno su zreli kada dosegnu veličinu od 6 mm. U populaciji je dominantna ženka. Stopa rasta se razlikuje s obzirom na godišnje doba, tako je za vrijeme zime zabilježen mjesečni rast od 1.3 mm do 2.9 mm, dok pri višim temperaturama, tj. ljeti mogu narasti od 2 mm do 2.6 mm mjesečno (Crosier, 2006). Razmnožavaju se spolnim putem, tijekom cijele godine zbog čega je jedna od osnovnih karakteristika vrste visoka stopa fekunditeta. Ženka može istovremeno nositi oko 50 jaja u tobolcu na trbušnoj strani tijela gdje se ona inkubiraju i razvijaju (Crosier, 2006).

Preferira slatkovodne ekosustave, ali je u velikom broju prisutan i u brakičnim vodama (rijeke, jezera, kanali). Naseljavaju širok spektar podloga (sprud, kamen). U najvećem broju se pojavljuje na kamenitoj podlozi na kojoj vrlo brzo postane dominantna vrsta. Optimalna metabolička temperatura je od 20 °C do 23 °C, dok je gornja temperaturna granica od 30 °C do 35 °C (Crosier, 2006).

1. 5. 2. 2. *Chelicorophium curvispinum* (Sars, 1895)

Chelicorophium curvispinum (Slika 13) je rak kojemu je nativno područje Ponto – kaspijska regija, te pripada porodici Corophiiadae. Tijelo je člankovito građeno, blago

savijeno tako da poprima oblik luka. Sastoji se od glave (cephalon), trupa (pereion) i zatka (pleon). Na glavi se nalaze dva para ticala, jedan par složenih očiju, te usni aparat koji je vrlo dobro razvijen. Trup je izgrađen od sedam segmenata od kojih svaki sadrži po jedan par tjelesnih privjesaka. Prva dva para tjelesnih privjesaka se nazivaju gnatopodiji koji su jednaki i kod mužjaka i kod ženke, prvi je gnatopodij manji i slabiji od drugog (Dobson, 2012).



Slika 13. *Chelicorophium curvispinum* (fotografirala Maja Pekez).

Nastanjuje slatkovodne i brakične ekosustave, a za njega je karakteristično da gradi cjevčice od blata na kamenom supstratu (*eng.* ″mud tubes″) (Lucy i sur., 2004; Mastinsky i Makarevich, 2007; Borza, 2011). Hrane se filtriranjem zbog čega imaju važnu ulogu u procesu kruženja tvri u bento – pelagičkim sustavima (Borza, 2011). Kao i za većinu invazivnih organizama, za njega je karakteristična vrlo dobra tolerancija na promjene različitih okolišnih uvjeta (Herkul i Kotta, 2007), jednako kao i visoka stopa fekunditeta i kratak životni vijek što upućuje na r – strategiju razvoja (Lucy i sur., 2004).

1. 5. 2. 3. *Jaera istri* (Veuille, 1979)

Jaera istri (Slika 14) je invazivni jednakonožni rak iz Ponto – kaspijske regije koji pripada porodici Janiridae.

Kolutićavo tijelo je dorzoventralno spljošteno i podijeljeno na tri dijela: glavu (cephalon), trup (pereion) i zadak (pleon). Na glavi se nalaze dva para antena, jedan par složenih očiju i usni aparat. Prvi prsni članak je srastao s glavom dok su preostalih sedam segmenata slobodni i čine prsni dio jedinke. Na svakom kolutiću se nalazi po jedan par pereiopodija. Pereiopodiji im služe za kretanje i hvatanje plijena. Općenito, u Isopoda je abdomen izgrađen od pet slobodnih kolutića koji se nazivaju pleoniti i pleotelzona što

označava šesti pleonit koji je srastao s telzonom. Na svakom pleonitu se nalaze pleiopodiji pomoću kojih jedinka pliva i diše (King, 2004).



Slika 14. *Jaera istri* (fotografirala Maja Pekez).

Razdvojena su spola, razmnožavanje je spolno. Prisutna je razlika u veličini između mužjaka i ženke, mužjak je veći (Veuille, 2008). Ženka oplođena jajašca nosi u tzv. tobolcu, te ih na taj način čuva dok ne dosegnu određenu dob kada ih može otpustiti. Kod njih nije prisutan ličinački stadij, nego ženke otpuštaju juvenilne jedinke koje se od odraslih razlikuju po veličini i imaju samo šest pereionita. (King, 2004).

Hrane se detritusom ili drugim uginulim životinjama koje se nalaze na riječnom dnu, a za rast i razvoj im najviše pogoduje kameniti supstrat (Messiaen i sur., 2010).

1. 5. 3. Polychaeta

Mnogočetinaši su beskralježnjaci iz koljena Annelida, kolutićavci, koji uglavnom nastanjuju morske ekosustave, tek nekolicina nastanjuje slatkovodne ekosustave, između ostalih *Hypania invalida* (Grube, 1860) (Slika 15 a) i *Manayunkia speciosa* (Leidy, 1859) (Slika 15 b).

Osnovna karakteristika kolutićavaca je kolutićavo tijelo, prekriveno jednoslojnom epidermom koju obavija tanka albuminozna kutikula. Epiderma sadrži velik broj žlijezda te su za nju vezane pigmentna i strukturalna obojenost. Tijelo je mekano, na njemu se razlikuje prostomij ili akron na prednjem dijelu tijela na koji se nastavlja metastomij s ustima. Potom slijede kolutići trupa koji sa svake strane imaju strukture za kretanje – parapodije. Metastomij je srastao s prvim kolutićem trupa, a ponekad i drugim, i tvori jedinstveni dio nazvan peristomij (Croskery, 1978).

Kao i većina mnogočetinaša, *H. invalida* i *M. speciosa* su razdvojena spola i razmnožavaju se spolno dok je oplodnja vanjska. Karakterističan je iznimno visok fekunditet (Yakovlev i Yakovleva, 2010). Izostaje planktonski ličinački stadij, ali se kreću pomoću vodenih struja koje ih nose nizvodno i na taj način proširuju područje rasprostranjenosti (Woźniczka i sur., 2011). Juvenilni oblici započinju samostalan život kada dosegnu veličinu od 1 mm do 1.2 mm (Wilzbach i Cummins., 2009).

(a)  **(b)** 

Slika 15 (a) *Hypania invalida* (fotografirala Maja Pekez); (b) *Manayunkia speciosa* (fotografirala Maja Pekez).

Za obje vrste je karakteristično vodeno stanište sa sporijim strujanjem vode (Hiltunen, 1964). Zabilježeno je da je najveća gustoća pripadnika *M. speciosa* pronađena na područjima na kojima brzina toka nije prelazila 0.05 m/s (Jordan, 2012). Preferiraju muljeviti sediment na kojem mogu graditi cjevčice pomoću kojih se lakše pričvršćuju za dno. Hrane se filtriranjem vode (Fauchald i Jumars, 1979; Vanden Bossche i sur., 2001; Jordan, 2012). *M. speciosa* je sesilni organizam koji preferira pomični sediment jer mu olakšava izgradju fleksibilnih cjevčica od sluzi, pijeska i silta u kojima živi i pomoću kojih se pričvršćuje za supstrat (Jordan, 2012). Pripada porodici Sabellidae i njihov je najmanji predstavnik. Ima slabo razvijene parapodije zbog čega se pretpostavlja da nema dobre plivačke sposobnosti (Croskery, 1978). Vrlo malo se zna o povijesti, ekologiji i rasprostranjenosti *M. speciosa*. Prvi put je pronađena i opisana u Pensilvaniji (Leidy, 1859) te se zbog toga smatra endemskom vrstom Sjeverne Amerike (Croskery, 1978).

H. invalida je Ponto – kaspijska vrsta invazivnog karaktera čija se brojnost otvaranjem kanala Rajna – Majna – Dunav značajno povećala u većini europskih rijeka (Vanden Bossche i sur., 2001; Yakovlev i Yakovleva, 2010; Woźniczka i sur., 2011).

1. 5. 4. Uljez – uljez interakcija

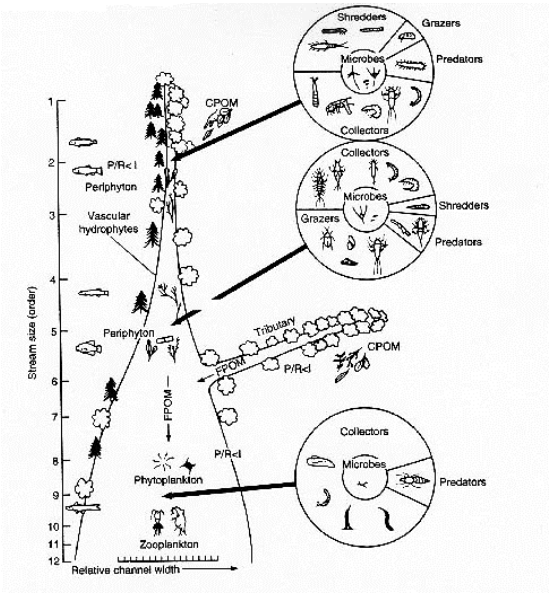
U novom ekosustavu, jednako kao što dolaze u interakciju s autohtonim vrstama tako dolaze u interakciju s drugim alohtonim vrstama i na taj način nastaju uljez – uljez interakcije (Platvoet i sur., 2009 a; Green i sur., 2011). Uljez – uljez interakcije određuju daljnju invaziju jer prilikom unosa novih vrsta dolazi do mijenjanja ekosustava. Alohtoni organizmi prilagođavaju nastanjeni ekosustav svom načinu života i pripremaju ga za unos drugih vrsta iz iste regije, a takav proces je poznat pod nazivom ″invasional meltdown″ (Simberloff i von Holle, 1999; Platvoet i sur., 2009 a; Green i sur., 2011). Ukoliko ″pioniri″ ostvare međusobno pozitivnu interakciju dolazi do širenja invazivnih vrsta i formiranja stabilne populacije. Prema navedenim podacima možemo reći da je začetnik invazije Ponto – kaspijskih vrsta *D. polymorpha* čije je širenje započelo početkom 19. stoljeća te je i najbolje istražena Ponto – kaspijska vrsta (Lajtner i sur., 2004; Birnbaum, 2011). Svojim izvrsnom sposobnošću filtriranja velike količine vode u vrlo kratkom vremenskom roku znatno je promijenila fizikalno – kemijska svojstva vode što je rezultiralo promjenom kompletnog ekosustava koji je nastanila. To je rezultiralo smanjenjem populacije nativnih vrsta i stvaranje uvjeta i prostora za naseljavanje vrsta iz iste regije što odgovara hipotezi ″invasional meltdown″. Detaljnim proučavanjima odnosa između *C. fluminea* i *D. polymorpha* utvrđeno je da ne ometaju jedna drugu u razvoju, nego u nepovoljnim uvjetima *C. fluminea* koristi pseudofeces koji izlučuje *D. polymorpha*, kao izvor hrane, dok *D. polymorpha* koristi *C. fluminea* kao čvrstu podlogu za pričvršćivanje (Werner, 2009). Casellato i sur. (2006) su u svom istraživanju na jezeru Garda, Italija, utvrdili prisutnost rakušca *D. villosus*, jednako kao i MacNeil i sur. (2010) u Velikoj Britaniji što su izravno povezali s prethodnim nastanjivanjem *D. polymorpha*. Školjkaš stvara pogodan supstrat za naseljavanje rakušca i pruža mu zaklon od predatora (MacNeil i sur., 2010). Lucy i sur. (2004) su u svom istraživanju otkrili povezanost između *D. polymorpha* i *C. curvispinum*. Primijetili su da se rak u najvećem broju pojavljuje na mjestima na kojima je prisutan spomenuti školjkaš. No, Mastinsky i Makarevich (2007) su otkrili negativno djelovanje *C. curvispinum* na *D. polymorpha*. Naime, izgradnjom karakterističnih cjevčica *C. curvispinum* negativno djeluje na ličinke školjkaša, onemogućuje im pričvršćivanje za supstrat. Zbog stvaranja trodimenzionalnog prostora, izgradnjom cjevčica, *C. curvispinum* pozitivno djeluje na povećanje brojnosti faune slatkovodnih rakova, osobito rakušca *D. villosus*, ali i drugih bentoskih organizama kao što su Oligochaeta, Chironomidae, Mollusca (Mastinsky i Makarevich, 2007). *H. invalida* se najčešće pojavljuje u

blizini *D. polymorpha*, na optimalnoj dubini od 5 m, te je, ujedno, na takvim područjima najveća biomasa mnogočetinaša (Yakovlev i Yakovleva, 2010).

1. 6. Funkcionalne hranidbene skupine

Pored taksonomske klasifikacije organizama možemo ih razvrstati u nekoliko skupina s obzirom na njihove prehrambene navike pri čemu formiraju funkcionalne hranidbene skupine. U ovom slučaju kategorizacija organizama se temelji na građi usnog aparata, tipu hrane koju konzumiraju i samom ponašanju pri hranjenju. Određivanje funkcionalne hranidbene skupine organizama kopnenih voda se pokazalo iznimno dobrim indikatorom kakvoće vode (Compin i Cereghino, 2007). Cummins (1973) u svom radu spominje prvu klasifikaciju organizama koju je napravio Yonge (1928) s obzirom na tip tvari kojom se hrane. Razlikujemo organizme koji se hrane sitnom čestičnom organskom tvari (FPOM), krupnom čestičnom organskom tvari (CPOM) i organizmi koji se hrane tkivom, tj. drugim organizmima. Postoji šest hranidbenih skupina. Prvi skupinu čine strugači (**SCRA**, *eng.* scrapers). To su uglavnom herbivorni organizmi koji se hrane algama ili detritusom pričvršćenim na čvrstu podlogu (kamen, stijena), najpoznatiji predstavnici su Gastropoda. Zatim usitnjivači (**SHR**, *eng.* shredders), također herbivorni organizmi koji se hrane otpalim lišćem i CPOM-om. Sakupljači detritusa (**COLL**, *eng.* collector – getherers) konzumiraju FPOM, tj. mrtvu organsku tvar koju sakupljaju s površine riječnog dna, te filtratori (**FIL**, *eng.* collector - filterers) koji filtriraju FPOM iz stupca vode pri čemu to mogu raditi aktivno ili pasivno. Najpoznatiji filtratori su školjkaši koji se hrane aktivnim filtriranjem vode. Karnivorni predstavnici hranidbenog lanca su predatori (**PRE**, *eng*. predators) koji se hrane drugim organizmima, zbog čega za njih kažemo da su sekundarni konzumenti dok su hebivori primarni. Šestu skupinu čine omnivorni organizmi ili oni koje, s obzirom na njihove navike, ne možemo svrstati niti u jednu od navedenih funkcionalnih hranidbenih skupina (**OTH**, *eng.* others).

Prema RCC hipotezi (Vannote i sur., 1980) idući od izvora prema ušću u sastavu zajednice bentosa postupno se povećava broj organizama koji se hrane procjeđivanjem, nakon njih po brojnosti slijede predatori i strugači dok se smanjuje broj usitnjivača (Slika 16).



Slika 16. Grafički prikaz River Continuum Concept (RCC) hipoteze koju su postavili Vannote i sur. (1980) (Vannote i sur., 1980).

1. 7. Istraživanja u Hrvatskoj

Kao i ostale veće rijeke u Europi, Drava ima važnu ulogu u širenju invazivnih vrsta (Božić, 2007; Rađa i Puljas, 2008; Žganec i sur., 2009). Kada je u pitanju makrofauna, tj. makrozoobentos u kopnenim vodama Hrvatske ne postoji velik broj podataka. Božić je 2004. godine započeo istraživanje na Dunavu i donjem toku Save koje je rezultiralo otkrivanjem prisutnosti Ponto – kaspijskih invazivnih vrsta: *Dikerogammarus villosus, Chelicorophium curvispinum, Dikerogammarus haemobaphes* i *Obesogammarus obesus* te jednakonožnog raka *Jaera istri* (Božić, 2007). Nakon Božića, Žganec i sur. (2009, 2010) su istraživali prisutnost navedenih vrsta u rijekama: Sava, Drava, Dunav i Una, pri čemu su u Savi, Dravi i Dunavu pronašli rakove *D. bispinosus, D. haemobaphes, D. villosus, O. obesus* te *C. curvispinum* (Žganec i sur., 2009), dok su u Uni pronašli vrstu *D. haemobaphes* (Žganec i sur., 2010). Rađa i Puljas (2008) su svoje istraživanje provodili na rijeci Jadro pri čemu su utvrdili sastav zajednice beskralježnjaka i prisutnost slatkovodnog puža *Theodoxus fluviatilis*. Nije poznato kakav je njegov utjecaj na ostale vodene organizme. Pored *T. fluviatilis*, često se u kopnenim ekosustavima Europe javlja njegov srodnik *Theodoxus danubialis* koji nastanjuje područja jugoistočne Europe (Bunje, 2007). Héra i Uherkovich (2008) su istraživali zastupljenost invazivnih školjkaša u hrvatskom dijelu Drave čime je potvrđena prisutnost školjkaša *Dreissena polymorpha*, jednako kao i školjkaša *Corbicula fluminea* te *Sinanodonta woodiana* na čiju su pojavu ukazali Paunović i sur. (2006). Prve naznake prisutnosti školjkaša

S. woodiana na području istočne Hrvatske javile su se 2003. godine pronalaskom prazne ljušture u kanalu Čonakut (Čerba, osobno priopćenje). Također, tijekom istraživanja na Dravi 1997. – 1998. utvrđena je prisutnost invazivnih jedinki iz koljena Annelida, razred Polychaeta (Vidaković, osobno priopćenje).

1. 8. Cilj istraživanja

Padom vodostaja dio litoralnog područja je ostao izvan vode što je omogućilo uzorkovanje bentoskih organizama. Cilj istraživanja je bio utvrditi kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice beskralježnjaka u litoralnom dijelu rijeke Drave, pri čemu se naglasak stavljao na prisutnost i sastav zajednice invazivnih beskralježnjaka. Također, cilj je bio utvrditi sličnost između četiri lokaliteta (Streljana, Kompa, Most i Zeleno polje) s obzirom na sastav zajednice beskralježnjaka, te utvrditi razliku u brojnosti obzirom na tip podloge (pijesak i kamen) i dubinu uzorkovanja.

2. MATERIJALI I METODE

2. 1. Područje istraživanja

Drava izvire u tirolskim Alpama na nadmorskoj visini od 1 228 m, a ulijeva se u Dunav u Hrvatskoj na nadmorskoj visini od 83 m. To je jedna od najvećih srednjeeuropskih rijeka, a svojim tokom prolazi kroz 5 europskih država Italiju, Austriju, Sloveniju, Hrvatsku i Mađarsku. Od ukupne dužine (749 km) kroz Hrvatsku se proteže 305 km (Slika 17). Ona je desna pritoka Dunava i ujedno je jedina poveznica između Dunava i Alpa, te pripada crnomorskom slivu. Drava je četvrta po duljini i veličini pritoka Dunava te se smatra da od ukupne količine vode u Dunavu čak 1/10 dolazi upravo iz nje (Hudina i sur., 2009; Schneider – Jacoby, 2012). Tijekom toka od izvora prema ušću u nju se ulijevaju 24 rijeke, a najveći dio pritoka prima u svom alpskom dijelu. Budući da izvire u Alpama većinu vodene mase dobiva od snijega i ledenjaka (Obadić, 2007). Najveća i najvažnija pritoka Drave je Mura s kojom tvori dio hrvatsko - mađarske granice i kod Legrada formira jedinstveno prirodno ušće.



Slika 17. Tok rijeke Drave (Web 1).

Gornji dijelovi rijeke regulirani su i ujedno ekološki ugroženi, dok su donji dijelovi toka, smješteni uz granicu Hrvatske i Mađarske, gotovo potpuno očuvane prirodne dinamike toka zbog političke situacije nakon 2. svjetskog rata i uspostavljanja Željezne zavjese (Danube Watch, 2010).

S namjerom iskorištavanja velikog hidropotencijala duž donjeg toka rijeke Drave izgrađene su brojne hidroelektrane, točnije njih 23 od kojih se 12 nalazi u Austriji, osam u Sloveniji i tri u Hrvatskoj, i to: HE Varaždin (izgrađena 1975. godine), HE Čakovec (1982. godine) i HE Dubrava (1989. godine). Izgradnja HE je za posljedicu imala narušavanje prirodnog toka rijeke.

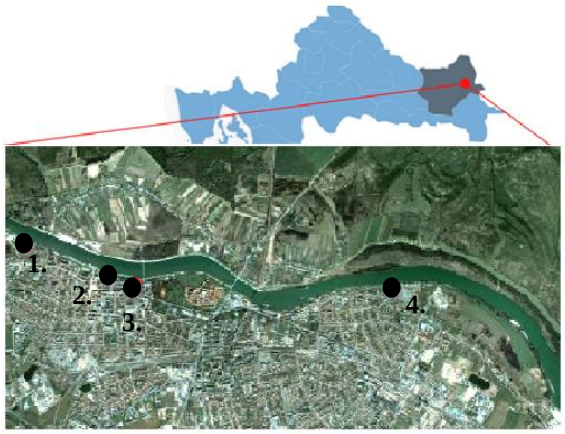
Dio Drave na kojem je provedeno istraživanje nalazi se u kontinentalnom dijelu Hrvatske, točnije u istočnoj Hrvatskoj. Rijeka teče od sjeverozapada prema jugoistoku. Dolina Drave u istočnoj Hrvatskoj je asimetrična, a glavni pritoci dotječu iz gorskih masiva Papuka i Krndije, poplavnog je karaktera dok je kvaliteta vode svrstana u treći razred boniteta (Riđanović, 1989). Područje istraživanja se nalazi nedaleko od ušća Drave u Dunav, između 16 – og i 24 – og rkm (Slika 18).



Slika 18. Područje istraživanja (Osijek, 16. rkm (⬟) – 24. rkm (▲)); ušće Drave u Dunav (izradila Maja Pekez).

2. 1. 1. Lokaliteti uzorkovanja

Uzorci beskralježnjaka rijeke Drave uzimani su na četiri različita lokaliteta duž desne obale rijeke, na području grada Osijeka, točnije između 16. i 24. kilometra od ušća Drave u Dunav.



1. Streljana
2. Kompa
3. Most
4. Zeleno polje


1.


2.


3.


4.

Slika 19. Prikaz područja istraživanja (fotografirala i izradila Maja Pekez).

Lokaliteti su imenovani prema objektu koji se nalazio u neposrednoj blizini ili po dijelu grada: Streljana, Kompa, Most i Zeleno polje.

Idući od izvora prema ušću prvi lokalitet je bila Streljana koja se nalazi u ulici Šandora Petefija bb (45° 34' 26.98" N i 18° 38' 25.35" E) (Slika 19, 1). Na Streljani nije izgrađena obaloutvrda. Obalu većinom sačinjava fino zrnati sedimenti (pijesak) u kombinaciji s muljem dok je na pojedinim dijelovima prisutan kameniti supstrat (Slika 20). Iako se na prvi pogled čini da okolina Streljane nije pod utjecajem čovjeka, nedavni građevinski radovi govore suprotno. Kao što je na slici prikazano na području Streljane je izgrađen most što bi moglo uputiti na narušavanje prirodnog izgleda samog lokaliteta jednako kao i biljnih i životinjskih zajednica (Slika 20). Obalno područje je okruženo šumskom vegetacijom dok je u vodi pronađena higrofitska vegetacija. Na obali nije primijećen veći broj ljuštura uginulih školjkaša kao ni puževih kućica.



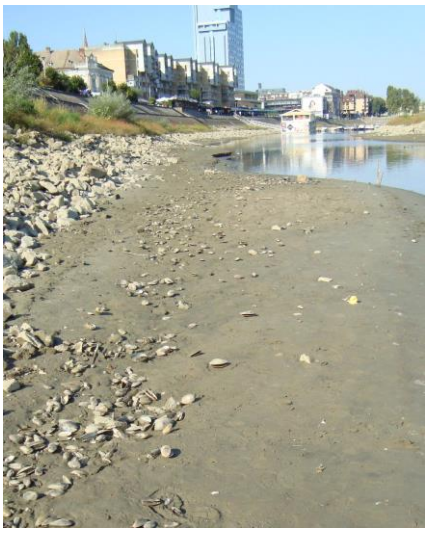
Slika 20. Streljana (fotografirala Maja Pekez).

Slijedeći lokalitet je bila Kompa, Splavarska ulica bb (45° 33' 57.47" N i 18° 40' 8.84" E) (Slika 19, 2). Kompa se nalazi uz obaloutvrdu, obala je gotovo u potpunosti modificirana. Dio obale na kojem je uzorkovano je izgrađen od kamenitog supstrata, kamenje je manjih dimenzija nego na Streljani, u kombinaciji s fino zrnatim sedimentom (pijesak) kojeg je bilo znatno manje nego na Streljani (Slika 21). Područje uzorkovanja se nalazi u blizini metalne konstrukcije poznate pod nazivom ponton. To je pristanište osječke kompe po čemu je lokalitet i dobio naziv (Slika 21). Budući da je obala u potpunosti modificirana nisu prisutni nasadi drveća, niti je primijećena higrofitska vegetacija. Na Kompi je bio prisutan velik broj ljuštura uginulih školjkaša, puževih kućica, ali isto tako i člankonožaca. Na nekoliko mjesta, na čvrstoj podlozi uočena je prisutnost slatkovodne spužve.



Slika 21. Kompa, kameni sprud (fotografirala Maja Pekez).

Most, šetalište kardinala Franje Šepera (45° 33' 45.30" N i 18° 41' 7.65" E) (Slika 19, 3), je lokalitet smješten uz poznati osječki pješački most po kojem je lokalitet dobio naziv. Budući da se mjesto uzorkovanja nalazi uz osječko šetalište, na većem dijelu obale je izgrađena obaloutvrda, ali je zadržan dio obale s prirodnim supstratom čija je površina veća nego na Kompi (Slika 22). Obalu većim dijelom izgrađuje fino zrnati sediment (pijesak) dok je na manjem dijelu prisutan kameniti supstrat. Uz samu obalu primijećena je manja količina biljnih organizama iz porodice *Poaceae* (Slika 22). Pad vodostaja je osobito izražen na navedenom lokalitetu jer je veći dio obale izgrađen od čvrstog supstrata (kamen) ostao van doticaja s vodom (Slika 22). Na samoj obali primijećen je velik broj ljuštura uginulih školjkaša i puževih kućica, a u zasjenjenom dijelu ispod samog mosta i slatkovodna spužva.



Slika 22. Most (fotografirala Maja Pekez).

Posljednji lokalitet na kojem su uzimani uzorci je bio Zeleno polje, Zeleno polje bb (45° 33' 42.44" N i 18° 43'37.04" E) (Slika 19, 4). Nalazi se uz donjodravsko šetalište.

Područje uzorkovanja je u potpunosti modificirano izgradnjom improviziranog pristaništa za čamce i obaloutvrde. U odnosu na prethodna tri lokaliteta, na Zelenom polju je bila prisutna veća količina otpada, u neposrednoj blizini mjesta uzorkovanja se nalazi ispust otpadnih voda (Prilog 5). Uz samu obalu su prisutni biljni organizmi iz porodice *Poaceae* dok je s desne strane rijeke Drave razvijena šumska vegetacija. Dominantan supstrat na području uzorkovanja je pijesak dok je na pojedinim dijelovima prisutan kameniti supstrat (Slika 23). Na obali je primijećen veći broj ljuštura uginulih školjkša i puževih kućica.



Slika 23. Zeleno polje (fotografirala Maja Pekez).

2. 2. Rad na terenu

2. 2. 1. Mjerenje abiotičkih i biotičkih čimbenika

Tijekom uzorkovanja mjerena su fizikalno - kemijska svojstava vode: zasićenost vode kisikom (O_2 %), koncentracija kisika u vodi (O_2), koncentracija vodikovih iona (pH) i električna provodljivost (konduktivitet, Kond) pomoću mini laboratorija WTW Multi 340i (Wissenschaftlich-Techniche Werkstätten, Weilhelm, Njemačka). Temperatura zraka je mjerena živinim termometrom 10 cm iznad površine vode, u hladu. Uzimani su i uzorci vode, po 1 L na svakoj postaji, za određivanje koncentracije klorofila a, b i c što je rađeno po metodi Komárková (1989) i 1 L riječne vode za analizu ukupne suspendirane tvari (TSS) (APHA, 1985) .

2. 2. 2. Uzorkovanje beskralježnjaka

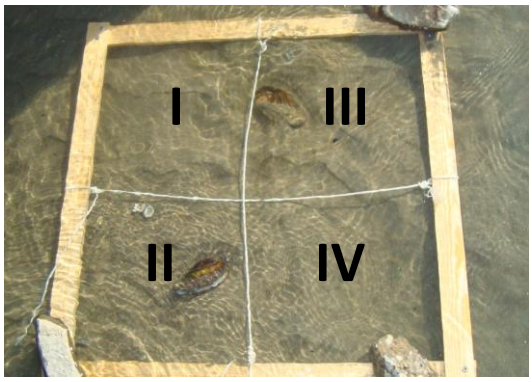
Rad na terenu je trajao dva dana, 14. i 15. rujna 2011. godine. Prvi dan je uzorkovano na Mostu i Kompi, dok je drugi dan uzorkovano na Streljani i Zelenom polju.

Unutar svakog lokaliteta uzorkovano je na dva različita supstrata, čvrsti (kamen) i pomični (pijesak) supstrat na obalnom području i 20 cm ispod površine vode (Slika 24 a, b).

(a)  (b) 

Slika 24. Uzorkovanje pomoću drvenog kvadrata površine 0.25 m^2 (a) na obalnom području; (b) na dubini od 20 cm (fotografirala Maja Pekez).

Područje uzorkovanja unutar svakog lokaliteta je nasumično odabrano pri čemu se vodilo računa da na svakom lokalitetu broj uzorkovane površine bude jednak. Kako bi se znala točna površina uzorkovanog područja korištena je drvena konstrukcija oblika kvadrata površine 0.25 m^2, koja je konopcem podijeljena na četiri jednaka kvadranta površine 0.0625 m^2 (Slika 25). Školjkaši i puževi su ručno prikupljani pri čemu su korištene Latex zaštitne rukavice, dok su spužve, člankonošci, ličinke kukaca i mnogočetinaši uzorkovani pomoću metalne pincete kako ne bi došlo do oštećenja životinjskog organizma. Svaki prikupljeni organizam je stavljen u, prethodno obilježenu, plastičnu vrećicu nakon čega je slijedila laboratorijska obrada prikupljenih uzoraka.



Slika 25. Drvena konstrukcija oblika kvadrata površine 0.25 m^2 koja je konopcem podijeljena na četiri kvadranta površine 0.0625 m^2 (fotografirala Maja Pekez).

2. 3. Rad u laboratoriju

2. 3. 1. Obrada uzoraka vode

Riječna voda (1 L) se filtrira pomoću Buchner – ovog lijevka u koji je stavljen filter papir Whatman GF/C (Ø 55 mm) i vakuum sisaljke. Nakon filtracije, filter papir se pomoću tučka u tarioniku smrvi uz dodavanje 15 mL 90% - tnog acetona. Sadržaj iz tarionika se

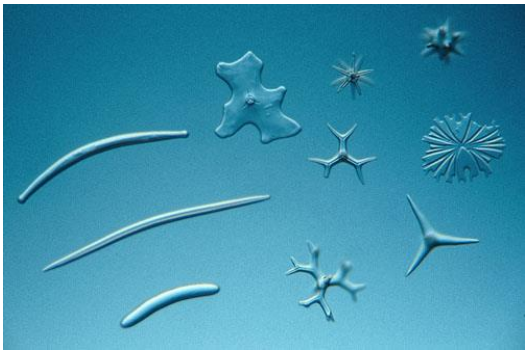
prebacuje u kivetu, zatvara aluminijskom folijom, pokriva krpom te stavlja u hladnjak na 24 sata. Nakon toga slijedi centrifugiranje uzoraka, 10 minuta na 2 500 – 3 000 okretaja u minuti, i mjerenje volumena supernatanta pomoću menzure. Supernatant je potreban za izračunavanje koncentracije klorofila. Pomoću spektrofotometra je izmjerena apsorbancija na valnim duljinama od 630, 645, 663 i 750 nm. Od svake dobivene vrijednosti oduzeta je vrijednost izmjerena pri 750 nm jer predstavlja faktor korekcije. Koncentracija klorofila riječne vode radi se prema metodi Komárková (1989).

Ukupna suspendirana tvar (TSS, *eng.* total suspended solids) se određuje filtriranjem riječne vode (1 L) pomoću vakuum sisaljke i Buchner-ovog lijevka uz poznatu masu filter papira Whatman GF/C (Ø 55 mm). Filtrirani sadržaj zajedno s filter papirom se suši 24 sata na temperaturi od 105 °C. Nakon sušenja filter papir se važe i stavlja na žarenje 4 sata na 450 °C. Žarenjem i vaganjem filter papira dobivena je masa ukupnog TSS-a. Analiza TSS-a se radi prema metodi APHA (1985).

2. 3. 2. Obrada uzoraka beskralježnjaka

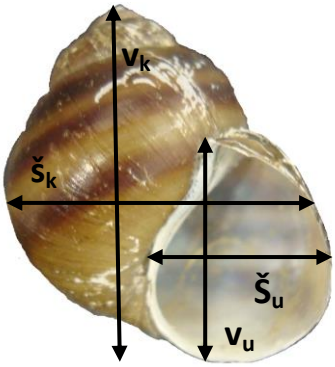
Laboratorijska obrada prikupljenih uzoraka je započela ispiranjem organizama pod mlazom vodovodne vode kako bi se sa organizama saprale čestice pijeska i mulja. Budući da je na lokalitetima primijećena prisutnost jedinki makrofaune manjih dimenzija, organizmi su ispirani na situ veličine pora 64 µm. Nakon ispiranja organizmi su razvrstavani s obzirom na taksonomsku pripadnost, stavljani u staklene bočice na kojima se nalazila etiketa s osnovnim podacima (datum uzorkovanja, naziv postaje, dio kvadranta i taksonomska pripadnost) te fiksirani 70 % - tnim etanolom.

Kod analize spužvi prvi korak je bio utvrditi oblik tijela spužve (izduženi ili korasti), nakon čega je određena prisutnost gemula pomoću stereo lupe. Važan faktor pri determinaciji spužva je oblik iglica koje su poznate pod nazivom spikule (Slika 26). Budući da su prekrivene organskim tkivom koje izgrađuje tijelo spužve i gemule, nisu vidljive niti pod stereo lupom niti pod svjetlosnim mirkoskopom (Carl Zeiss Jena). Kako bi spikule postale vidljive pod svjetlosnim mikroskopom (Carl Zeiss Jena) uzimani su uzorci tijela spužve i gemula, stavljeni na zasebna satna stakalca nakon čega je dodano 2 - 3 kapi natrijeva hipoklorita (NaClO), komercijalnog naziva Varikina. Dodavanjem Varikine tijelo spužve i gemule se razgrađuju, a spikule postaju vidljive pod svjetlosnim mikroskopom (Carl Zeiss Jena).



Slika 26. Spikule spužve (Web 2).

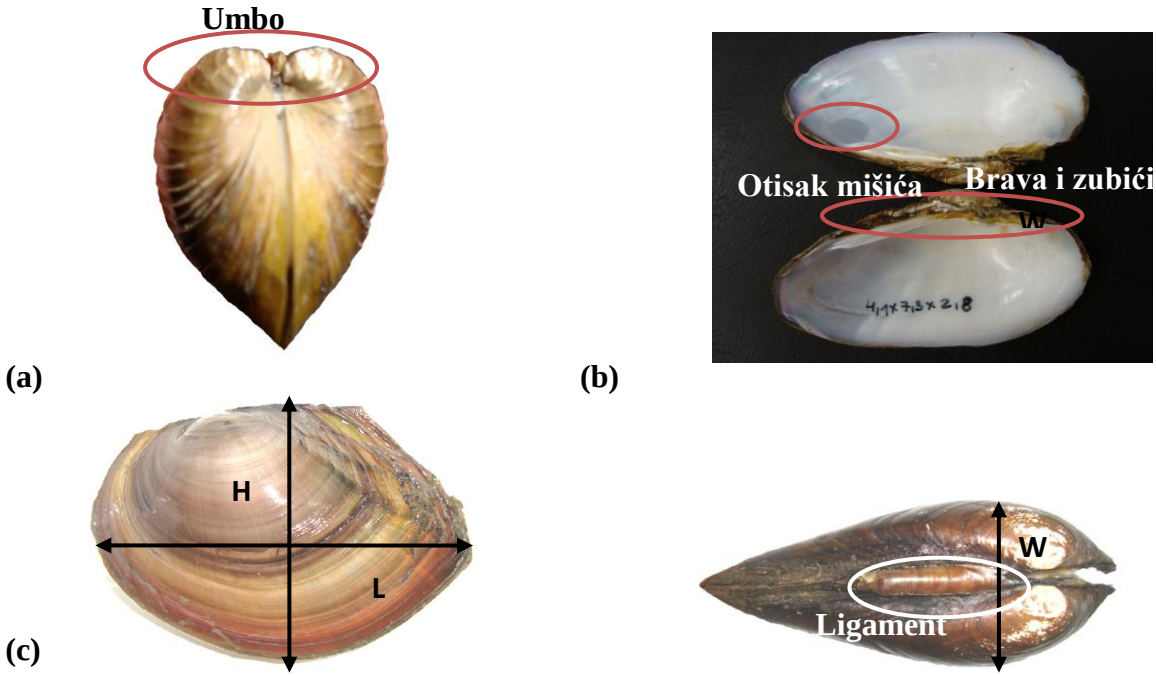
Pri determinaciji puževa promatran je vanjski izgled kućice (oblik, boja, broj zavoja) te njezina orijentacija (desno ili lijevo zavijena kućica). Za determinaciju je važan oblik i boja operkuluma (poklopca), ali i morfometrijski parametri puževe kućice. Mjereni su visina (v_k) i širina kućice ($š_k$) te visina (v_u) i širina ušća ($š_u$) puževe kućice (Slika 27).



Slika 27. Morfometrijski parametri puževe kućice: visina kućice (v_k), širina kućice ($š_k$), visina ušća (v_u), širina ušća ($š_u$) (fotografirala i izradila Maja Pekez).

Prilikom uzorkovanja na svim lokalitetima je pronađen velik broj uginulih organizama koji se nisu mogli determinirati te su zbog toga svrstani u nekoliko skupina na osnovu međusobne sličnosti. Označavani su nazivom Gastropoda uz koji se dodavao rimski broj (Gastropoda I – VI).

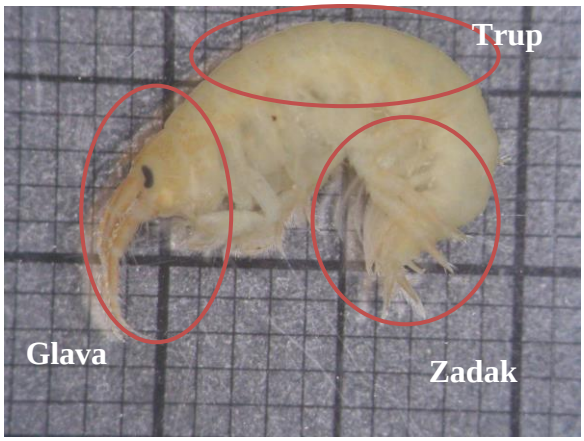
Determinacija školjkaša započinje promatranjem vanjskog izgleda ljušture (boja i oblik, izraženost zona prirasta, oblik i položaja umba, duljina i izraženost ligamenta). Za determinaciju je važna boja unutrašnjosti ljušture, tip brave (prisutnost i broj zubića) i otisci mišića (Slika 28).



Slika 28. Osnovne značajke školjkaša važne za determinaciju: (a) umbo; (b) unutrašnji izgled ljušture, otisak mišića, brava i zubići; (c) morofometrijski parametri ljušture školjkaša visina (H), dužina (L), širina (W) (fotografirala i izradila Maja Pekez).

Afanasjev (2001) je procijenio starost školjkaša na osnovu dužine ljušture (L) te je napravio grupaciju od 4 veličinske kategorije: do 5 cm, do 10 cm, 10 do 15 cm te iznad 15 cm. Prema Spyra i sur. (2012) jedinke stare jednu godinu imaju dužinu ljušture između 35 i 40 mm, ljuštura dvogodišnjih jedinki bi bila između 68 i 80 mm, dok bi jedinke stare 8 godina imale dužinu ljušture iznad 162.5 mm. Kako bi se mogla procijeniti starost i spolna zrelost uzorkovanih jedinki mjereni su morfometrijski parametri ljušture školjkaša, visina (H), dužina (L) i širina (W). Na osnovu dobivenih vrijednosti izračunati su indeks dužine (L/H * 100), visine (H/L * 100) i širine (W/H * 100) što je jedan od značajnih podataka za determinaciju školjkaša.

Prvi korak u determinaciji člankonožaca je odrediti oblik i boju tijela te broj kolutića koji izgrađuju tijelo člankonožaca. Kolutići su grupirani u tri tagme: glava, trup i zadak. Svaku tagmu izgrađuje različit broj kolutića na kojima se nalaze tjelesni privjeci (Slika 29). Na glavi se određuje broj ticala, prisutnost očiju te građa i oblik usnog aparata. Za trup je važan broj kolutića i tjelesnih privjesaka. Pri determinaciji važan je i oblik zatka, broj kolutića i tjelesnih privjesaka te različitih izraslina koje su karakteristične za određenu vrstu.



Slika 29. Prikaz tijela člankonošca podijeljenog na tri tagme: glava, trup i zadak s tjelenim privjescima (fotografirala Maja Pekez).

2. 3. 3. Sørensenov indeks sličnosti

Sørensenov indeksa sličnosti (Ss) (Sørensen, 1948) nam govori koliki je postotak sličnosti između dva biotopa, tj. lokaliteta. Sličnost između dva biotopa se dobije uzimajući u obzir broj zajedničkih vrsta, ukupan broj vrsta u jednom biotopu i ukupan broj vrsta u drugom biotopu.

Sørensov indeks sličnosti se izračunava prema formuli:

$$\mathbf{Ss = 2*c / 2*c + a + b}$$

Ss – indeks sličnosti (%)

a – broj vrsta u jednom biotopu

b – broj vrsta u drugom biotopu

c – broj zajedničkih vrsta

2. 3. 4. Dominantnost

Pojam dominantnost podrazumijeva postotni udio pripadnika neke vrste ili skupine u cjelokupnom uzorku (Gorny i Grum, 1981). Vrste čija je dominantnost veća od 10 % su eudominantne, ako se dominantnost kreće od 5 do 10 % su vrste su dominantne, zastupljenost subdominantnih vrsta se kreće između 2 i 5 %, recedentne vrste imaju zastupljenost 1 do 2 %, dok su vrste čija je zastupljenost manja od 1 % subrecedentne.

Dominantnost se izračunava prema formuli:

$$\mathbf{D_1 = a_1/\sum a_1 * 100\ (\%)}$$

D_1 – dominantnost prve vrste (%)

a_1 – broj predstavnika prve vrste u jednom uzorku

$\sum a_1$ – ukupan broj jedinki u jednom uzorku

3. REZULTATI

3. 1. Abiotički i biotički čimbenici vode

Najveća količina otopljenog kisika u vodi zabilježena je na Zelenom polju, 10.57 mg/L, gdje je bila i najveća zasićenost kisikom, dok je najmanja količina otopljenog kisika na lokalitetu Most, 8.73 mg/L, gdje je i najmanja zasićenost kisikom (Tablica 1). Električna provodljivost je bila gotovo jednaka na svim lokalitetima (Tablica 1). Srednja temperatura vode je iznosila 23.1 °C i nisu primijećena velika odstupanja u odnosu na promjenu lokaliteta, dok je prosječna temperatura zraka iznosila 24.3 °C. Prosječna pH vrijednost vode je 8.22, voda ima blago lužnata svojstva.

Tablica 1. Abiotički i biotički čimbenici izmjereni na lokalitetima Streljana, Kompa, Most, Zeleno polje: O_2 (kisik otopljen u vodi), % O_2 (zasićenost kisikom), kond. (električna provodljivost), pH (koncentracija vodikovih iona), Tv (temperatura vode), Tz (temperatura zraka), Chla (koncentracija klorofila a), Chlb (koncentracija klorofila b), Chlc (koncentracija klorofila c), TSS (ukupna suspendirana tvar).

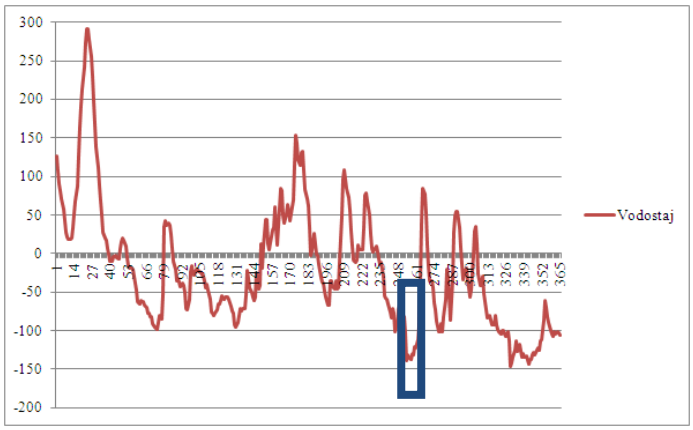
Abiotički i biotički parametri	**Streljana**	**Kompa**	**Most**	**Zeleno polje**
O_2 (mg/L)	9.28	9.70	8.73	10.57
O_2 (%)	106.30	114.70	101.90	124.70
Kond. (µS/cm)	336	331	328	337
pH	8.19	8.10	8.15	8.47
Tv (°C)	22.40	23.50	23	23.50
Tz (°C)	20.50	28	24	25
Chla (µg/L)	32.43	30.71	25.55	35.25
Chlb (µg/L)	5.24	4.05	2.94	5.20
Chlc (µg/L)	16.31	12.86	8.39	17.22
TSS (mg/L)	13.20	14.30	12.70	11.90

Koncentracija klorofila u vodi upućuje na razinu primarne produkcije. Izravno je povezana s postotnim udjelom kisika. Najveća koncentracija klorofila (a, b, c) izmjerena je u uzorku sa Zelenog polja, dok je najmanja izmjerena u uzorku s Mosta (Tablica 1).

TSS uključuje sve čestice koje se nalaze u vodi i organske i anorganske, a ne mogu proći kroz filter papir Whatman GF/C (Ø 55 mm). Koncentracija TSS-a na lokalitetu Kompa iznosila je 14.3 mg/L, dok je najniže vrijednost utvrđena na Zelenom polju, 11.9 mg/L (Tablica 1).

3. 2. Vodostaj

U većem dijelu 2011. godine zabilježena je iznimno niska razina vodostaja, iznimka je siječanj kada je razina vode bila znatno veća od nulte vrijednosti (kota nule) (Slika 30). Za cijeli mjesec rujan je karakteristična iznadprosječno niska razina vodostaja, dok je u danima u kojima je uzorkovano (14. i 15. rujan) razina vodostaja bila – 138 (14. rujan) i – 130 (15. rujan) (Slika 30).



Slika 30. Vodostaja rijeke Drave tijekom 2011. godine

3. 3. Sastav zajednice beskralježnjaka

Kvalitativnom analizom uzoraka prikupljenih na lokalitetima Streljana, Kompa, Most i Zeleno polje utvrđeno je 17 svojti slatkovodnih beskralježnjaka od koji je 15 determinirano do razine vrste, a dvije skupine su činile ličinke kukaca koji su determinirani do razine porodice. Od ukupnog broja determiniranih vrsta beskralježnjaka, devet je neinvazivnog karaktera zajedno s dvije porodice kukaca, dok je šest vrsta invazivnog karaktera. Neinvazivne vrste su slatkovodna spužva *Spongilla lacustris* (Slika 31 a), puževi *Bithynia tentaculata* (Slika 31 b), *Theodoxus danubialis* (Slika 31 c) i *T. fluviatilis* (Slika 31 d), te školjkaši *Anodonta anatina* (Slika 31 e), *A. cygnea* (Slika 31 f), *Unio tumidus* (Slika 31 g), *U. pictorum* (Slika 31 h) i *U crassus* (Slika 31 i) zajedno s ličinkama kukaca Chironomidae (32 a) i Trichoptera (32 b) (Tablica 2). Invazivni organizmi su školjkaši *Sinanodonta woodiana*, *Dreissena polymorpha* i *Corbicula fluminea*, rakušac *Dikerogammarus villosus*, rak *Chelicorophium curvispinum* i jednakonožni rak *Jaera istri* (Tablica 2). Najveća raznolikost faune je pronađena na Kompi, 12 vrsta vodenih beskralježnjaka i dvije porodice kukaca, a najsiromašnija fauna je pronađena na Streljani gdje su zabilježene samo dvije vrste invazivnih beskralježnjaka (Tablica 2). Kvantitativnom analizom utvrđeno je ukupno 520 jedinki na sva četiri lokaliteta, od čega je

najviše bilo na području Kompe 378, a najmanji broj je pronađen na Streljani i Zelenom polju, 42 (Tablica 2). S ukupnim brojem od 165 jedinki i osam različitih vrsta, u sastavu zajednice vodenih beskralježnjaka, isticali su se školjkaši (Tablica 2). Na sva četiri lokaliteta je pronađen velik broj uginulih organizama (Prilog 1).

Tablica 2. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice vodenih beskralježnjaka uzorkovanih na površini od 0.25 m^2, njihova pripadnost funkcionalnoj hranidbenoj skupini (FFG) (SHR - usitnjivači; SCRA – strugači; AFIL – aktivni filtratori; PRE – predatori).

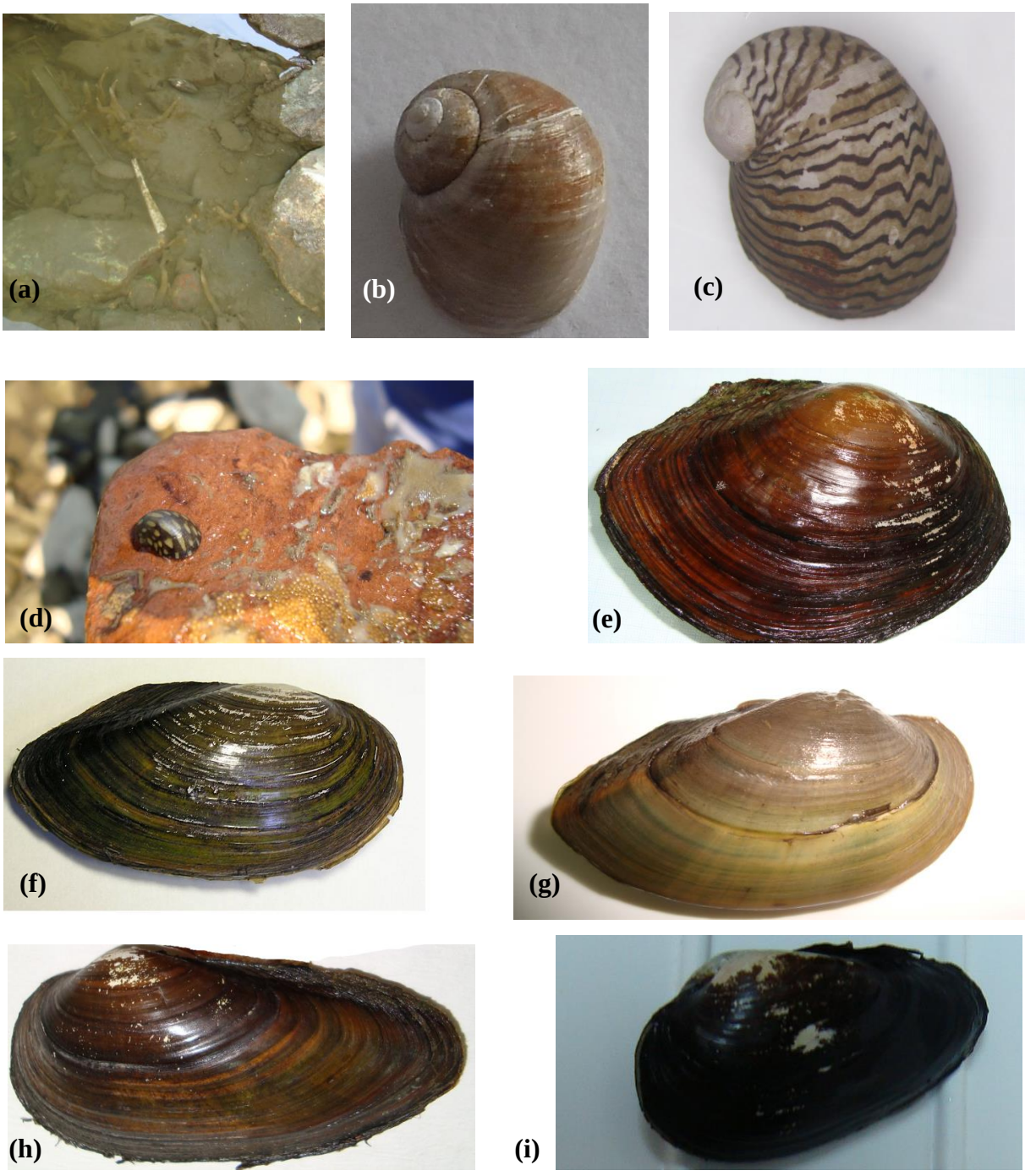
Svojte vodenih beskralježnjaka	**FFG**	**Streljana**	**Kompa**	**Most**	**Zeleno polje**
Spongia					
Spongilla lacustris	AFIL	-	7	1	2
Mollusca					
Gastropoda					
Theodoxus danubialis	SCRA	-	18	5	-
Theodoxus fluviatilis	SCRA	-	39	-	-
Bithynia tentaculata	SCRA	-	1	-	-
Bivalvia					
Unio pictorum	AFIL	-	-	1	5
Unio tumidus	AFIL	-	9	1	10
Unio crassus	AFIL	-	1	-	-
Anodonta cygnea	AFIL	-	-	1	3
Anodonta anatina	AFIL	-	-	1	6
Sinanodonta woodiana	AFIL	5	3	-	4
Dreissena polymorpha	AFIL	-	7	4	-
Corbicula fluminea	AFIL	37	41	17	9
Arthropoda					
Crustacea					
Dikerogammarus villosus	PRE	-	76	7	1
Chelicorophium curvispinum	AFIL	-	105	18	-
Jaera istri	DET	-	59	1	-
Insecta					
Trichoptera - Hydropsychidae	AFIL	-	9	-	-
Diptera - Chironomidae	AFIL/SCR	-	2	2	2
Ukupan broj jedinki:		**42**	**378**	**58**	**42**
Ukupan broj svojti:		**2**	**14**	**12**	**9**

Izračunavanjem Sørensenovog indeksa sličnosti utvrđena je najveća sličnost između lokaliteta Kompa i Most u iznosu od 40.9 % dok su se najviše međusobno razlikovali Streljana i Most gdje je indeks sličnosti iznosio 12.5 %.

Od ukupnog broja vrsta pronađenih na pojedinim lokalitetima velik broj svrstan je u najvišu kategoriju dominantnosti, tj. u skupinu eudominantnih vrsta. U tu skupinu svrstavamo sve vrste čija dominantnost prelazi 10 %, u ovom slučaju to su: *Theodoxus fluviatilis*, *Sinanodonta woodiana*, *Corbicula fluminea*, *Dikerogammarus villosus*, *Chelicorophium curvispinum* i *Jaera istri* (Tablica 3). Za razliku od navedenih vrsta jedino je školjkaš *C. fluminea* zastupljen i eudominantan na sva četiri lokaliteta, dok je rak *C. curvispinum* eudominantan na lokalitetima Kompa i Most (Tablica 3).

Tablica 3. Dominantnost (pretežnost) vrsta vodenih beskralježnjaka prikupljenih na lokalitetima Streljana, Kompa, Most i Zeleno polje (> 10% eudominantne, 5 – 10 % dominantne, 2 – 5 subdominantne, 1 – 2 recedentne, 1 subrecedentne).

Svojte vodenih beskralježnjaka	**Dominantnost (%)**			
	Streljana	**Kompa**	**Most**	**Zeleno polje**
Spongia				
Spongilla lacustris	-	1.85	1.72	4.76
Mollusca				
Gastropoda				
Theodoxus danubialis	-	4.76	8.62	-
Theodoxus fluviatilis	-	10.31	-	-
Bithynia tentaculata	-	0.26	-	-
Bivalvia				
Unio pictorum	-	-	1.72	11.9
Unio tumidus	-	2.38	1.72	23.8
Unio crassus	-	0.26		-
Anodonta cygnea	-	-	1.72	7.14
Anodonta anatina	-	-	1.72	14.29
Sinanodonta woodiana	11.9	0.79	-	9.53
Dreissena polymorpha	-	2.11	5.19	-
Corbicula fluminea	88.1	10.84	29.33	21.43
Arthropoda				
Crustacea				
Dikerogammarus villosus	-	20.1	12.06	2.39
Chelicorophium curvispinum	-	27.77	31.04	-
Jaera istri	-	15.6	1.72	-
Insecta				
Trichoptera - Hydropsychidae	-	2.38	-	-
Diptera - Chironomidae	-	0.59	3.44	4.76
∑ (%):	**100**	**100**	**100**	**100**



Slika 31. Neinvazivne vrste beskralježnjaka pronađene na Streljani, Kompi, Mostu i Zelenom polju: (a) *Spongilla lacustris* (Spongia) (fotografirala Maja Pekez); (b) *Bithynia tentaculata* (Gastropoda) (fotografirala Maja Pekez); (c) *Theodoxus danubialis* (Gastropoda) (fotografirala Maja Pekez); (d) *Theodoxus fluviatilis* (Gastropoda) (fotografirala Maja Pekez); (e) *Anodonta anatina* (Bivalvia) (fotografirala Maja Pekez); (f) *Anodonta cygnea* (Bivalvia) (fotografirala Maja Pekez); (g) *Unio tumidus* (Bivalvia) (fotografirala Maja Pekez); (h) *Unio pictorum* (Bivalvia) (fotografirala Maja Pekez); (i) *Unio crassus* (Bivalvia) (fotografirala Maja Pekez).

(a)  **(b)** 

Slika 32. Ličinke kukaca: (a) Chironomidae (fotografirala Maja Pekez); (b) Trichoptera – Hydropsychidae (fotografirala Maja Pekez).

3. 3. 1. Sastav zajednice invazivnih beskralježnjaka

Analizom je utvrđena prisutnost ukupno šest različitih vrsta invazivnih beskralježnjaka na sva četiri lokaliteta. Pronađene vrste su školjkaši *Dreissena polymorpha* (Slika 33 a), *Corbicula fluminea* (Slika 33 b) i *Sinanodonta woodiana* (Slika 33 c), rakušac *Dikerogammarus villosus* (Slika 33 d), rak *Chelicorophium curvispinum* (Slika 33 e) i jednakonožni rak *Jaera istri* (Slika 33 f). U najvećem broju su pronađeni na Kompi, 292 jed./0.25 m^2, dok je najmanji broj jedinki pronađen na Zelenom polju (Tablica 4). Na Kompi su pronađeni sve vrste determiniranih invazivnih organizama (šest vrsta), a najmanji broj vrsta je pronađen na Streljani (dvije vrste) (Tablica 4). Od svih determiniranih vrsta jedino je školjkaš *C. fluminea* pronađen na sva četiri lokaliteta te je, s obzirom na brojnost, svrstan u najveću kategoriju dominantnosti (Tablica 3). Iako je pronađen samo na lokalitetima Kompa i Most rak *C. curvispinum* je prisutan u ukupno većem broju od školjkaša *C. fluminea*. Ukupan broj jedinki *C. curvispinum* je 123, od čega je 105 jedinki pronađeno na Kompi (Tablica 4) gdje je eudominantna vrsta s udjelom od 27.77 % (Tablica 3). Nakon *C. fluminea* i *C. curvispinum* u velikom broju je prisutan i rakušac *D. villosus*. Pronađen je na svim lokalitetima osim Streljane. U najvećem broju je zastupljen na Kompi, 76 jed./0.25 m^2. U sastavu zajednice invazivnih beskralježnjaka najmanju brojnost su imali školjkaši *S. woodiana* i *D. polymorpha*. *S. woodiana* je pronađena na lokalitetima Streljana (5 jed./0.25 m^2), Kompa (3 jed./0.25 m^2) i Zeleno polje (4 jed./0.25 m^2), dok je *D. polymorpha* pronađena samo na Kompi (7 jed./0.25 m^2) i Mostu (4 jed./0.25 m^2) (Tablica 4).

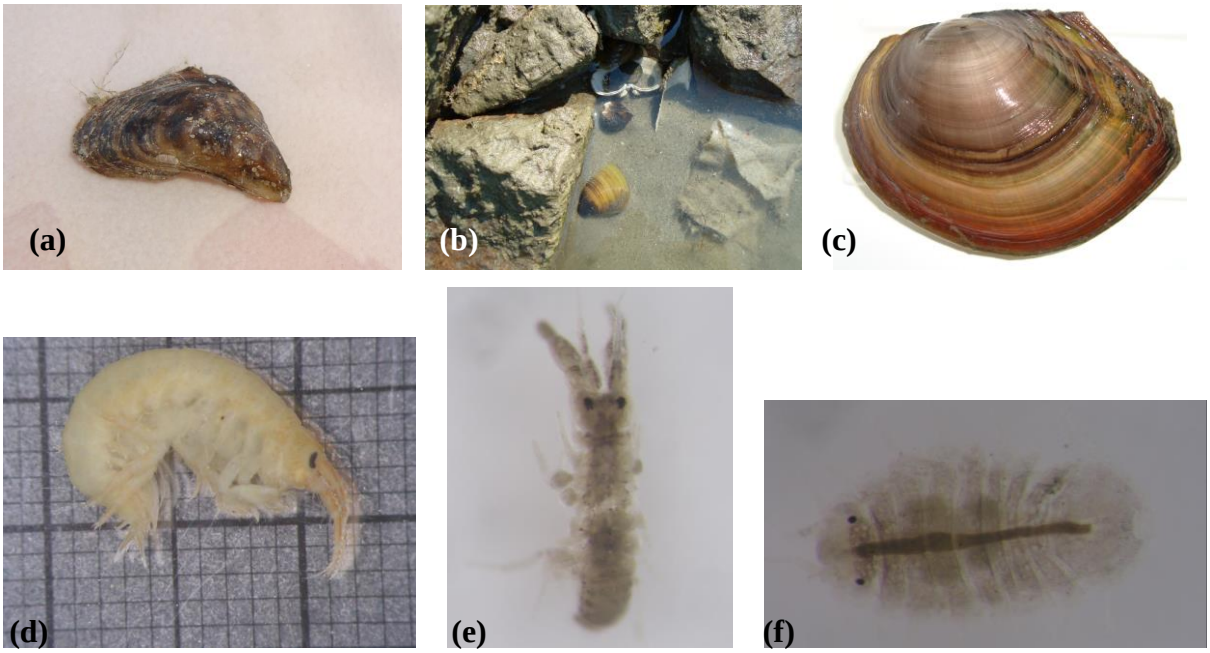
Tablica 4. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice invazivnih beskralježnjaka pronađenih na Streljani, Kompi, Mostu i Zelenom polju, pripadnost funkcionalnoj hranidbenoj skupini (FFG) (SHR – usitnjivači; SCRA – strugači; AFIL – aktivni filtratori; PRE – predatori).

Svojte vodenih beskralježnjaka	**FFG**	**Streljana**	**Kompa**	**Most**	**Zeleno polje**
Bivalvia					
Sinanodonta woodiana	AFIL	5	3	-	4
Dreissena polymorpha	AFIL	-	7	4	-
Corbicula fluminea	AFIL	37	41	17	9
Arthropoda					
Crustacea					
Dikerogammarus villosus	PRE	-	76	7	1
Chelicorophium curvispinum	AFIL	-	105	18	-
Jaera istri	DET	-	59	1	-
Ukupan broj jedinki:		**42**	**292**	**46**	**14**
Ukupan broj svojti:		**2**	**6**	**5**	**3**

Tablica 5. Dominantnost (pretežnost) vrsta invazivnih vodenih beskralježnjaka prikupljenih na lokalitetima Streljana, Koma, Most i Zeleno polje (> 10% eudominantne, 5 – 10 % dominantne, 2 – 5 subdominantne, 1 – 2 recedentne, 1 subrecedentne).

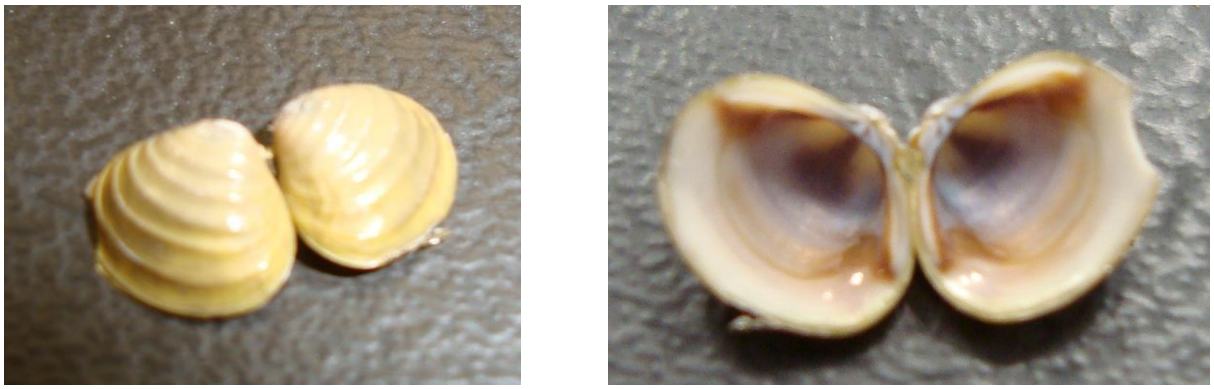
Svojte vodenih beskralježnjaka	**Streljana**	**Kompa**	**Most**	**Zeleno polje**
Bivalvia				
Sinanodonta woodiana	11.9	1.07	-	28.57
Dreissena polymorpha	-	2.4	8.6	-
Corbicula fluminea	88.1	14.15	36.24	64.28
Arthropoda				
Crustacea				
Dikerogammarus villosus	-	26.15	15.05	7.15
Chelicorophium curvispinum	-	35.98	38.01	-
Jaera istri	-	20.25	2.1	-
∑ (%):	**100**	**100**	**100**	**100**

U sastavu zajednice invazivnih beskralježnjaka na lokalitetima Streljana i Zeleno polje po brojnosti se ističe školjkaš *C. fluminea* dok je na Kompi i Mostu najbrojniji rak *C. curvispinum* (Tablica 5).



Slika 33. Invazivne vrste beskralježnjaka pronađene na lokalitetima Streljana, Kompa, Most i Zeleno polje: (a) *Dreissena polymorpha* (fotografirala Maja Pekez); (b) *Corbicula fluminea* (fotografirala Maja Pekez); (c) *Sinanodonta woodiana* (fotografirala Maja Pekez); (d) *Dikerogammarus villosus* (fotografirala Maja Pekez); (e) *Chelicorophium curvispinum* (fotografirala Maja Pekez); (f) *Jaera istri* (fotografirala Maja Pekez).

U sastavu zajednice invazivnih beskralježnjaka bio je prisutan veći broj juvenilnih jedinki školjkaša *C. fluminea* (Slika 34) te nekoliko ženki rakova *C. curvispinum* (Slika 35 a) i jednakonožnog raka *J. istri* (Slika 35 b) s oplođenim jajima. Ženke obje vrste oplođena jaja nose u tobolcu koji se nalazi na trbušnoj strani trupa između pleopodija.



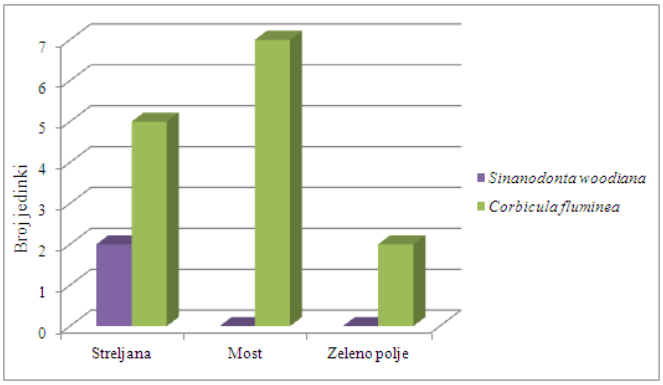
Slika 34. Juvenilne jedinke školjkaša *C. fluminea* (fotografirala Maja Pekez).

(a)  (b) 

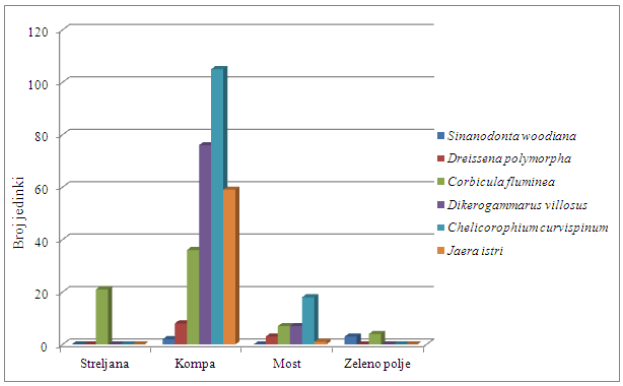
Slika 35. Ženka s oplođenima jajima: (a) *Chelicorophium curvispinum* (fotografirala Maja Pekez); (b) *Jaera istri* (fotografirala Maja Pekez)

3. 4. Usporedba sastava zajednice s obzirom na dubinu i supstrat

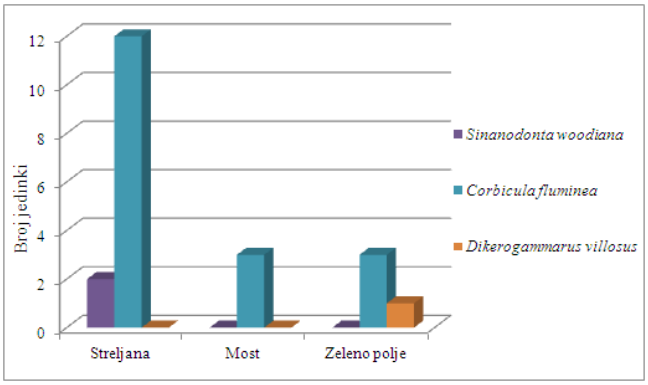
Na osnovu dobivenih rezultata možemo zaključiti da je najveća brojnost jedinki invazivnih beskralježnjaka na kamenitoj podlozi obalnog područja (Slika 36). Također, najveća raznolikost faune je pronađena na Kompi, kamenita podloga (Slika 37). Najmanja raznolikost, ali i brojnost je pronađena na kamenitom supstratu na dubini od 20 cm (Slika 39). Iz navedenih grafičkih prikaza možemo vidjeti da su školjkaši *C. fluminea* i *S. woodiana* pronađeni na svim tipovima staništa, bez obzira na dubinu i supstrat (Slika 36, 37, 38, 39).



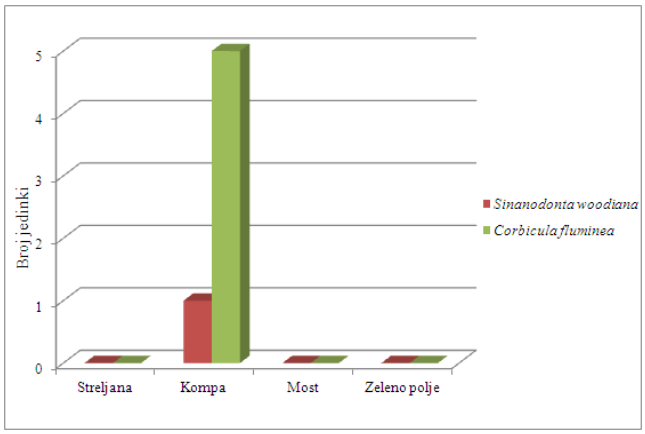
Slika 36. Prikaz broja jedinki invazivnih vrsta beskralježnjaka uzorkovanih na obalnom području rijeke Drave na pomičnom supstratu (pijesak) na Streljani, Kompi, Mostu i Zelenom polju.



Slika 37. Prikaz broja jedinki invazivnih vrsta beskralježnjaka uzorkovanih na obalnom dijelu rijeke Drave na nepomičnom supstratu (kamen) na Streljani, Kompi, Mostu i Zelenom polju.



Slika 38. Prikaz broja jedinki invazivnih vrsta beskralježnjaka uzorkovanih na dubini od oko 20 cm na području rijeke Drave na pomičnom supstratu (pijesak) na Streljani, Kompi, Mostu i Zelenom polju.



Slika 39. Prikaz broja jedinki invazivnih vrsta beskralježnjaka uzorkovanih na dubini od oko 20 cm na području rijeke Drave na nepomičnom supstratu (kamen) na Streljani, Kompi, Mostu i Zelenom polju.

3. 5. Morfometrijski parametri školjkaša

3. 5. 1. *Corbicula fluminea*

Prilikom analize faune školjkaša *C. fluminea* mjereni su morfometrijski parametri ljušture na osnovu čega su izračunati indeksi dužine, visine i širine. Najveća jedinka je pronađena na Zelenom polju, dužina ljušture je 3.30 cm, visina 3 cm dok je širina 2.20 cm. Na istom lokalitetu je pronađena i najmanja jedinka, koja je ujedno juvenilni oblik *C. fluminea*, dužina njezine ljušture je 0.20 cm, visina 0.20 cm dok je širina 0.10 cm (Tablica 8).

Tablica 8. Morfometrijski parametri školjkaša *Corbicula fluminea*: L (dužina), H (visina), W (širina), L/H*100 (indeks dužine), H/L*100 (indeks visine), W/H*100 (indeks širine); N (broj jedinki)..

Parametri	**Streljana**		**Kompa**		**Most**		**Zeleno polje**	
N	**37**		**41**		**17**		**9**	
	min	**max**	**min**	**max**	**min**	**max**	**min**	**max**
L (cm)	0.50	3.30	0.20	3.20	0.20	3.30	0.90	3.30
H (cm)	0.40	2.90	0.10	3	0.20	3	0.70	3
W (cm)	0.30	2.30	0.10	2	0.10	2.10	0.50	2.20
L/H*100	125	113.79	200	106.67	100	110	128.57	110
H/L*100	80	87.88	50	93.75	100	90.91	77.78	90.91
W/H*100	75	79.31	100	66.67	50	70	71.43	73.33

Morfometrijski parametri ne ukazuju na postojanje razlike u samoj veličini ljušture obzirom na lokalitet uzorkovanja. Rezultati su pokazali prisutnost juvenilnih jedinki čija je ljuštura vrlo slična ljušturi odraslih jedinki, ali znatno manjih dimenzija (Tablica 8).

3. 5. 2. *Dreissena polymorpha*

Mjerenjem morfometrijskih parametara školjkaša *D. polymorpha* utvrđeno je da je dužina najveće jedinke 2 cm, visina 1.10 cm i širina 1.10 cm. Pronađena je na Mostu, jednako kao i najmanja jedinka čije su dimenzije: dužina 0.40 cm, visina 0.20 cm i širina 0.20 cm (Tablica 6).

Tablica 6. Morfometrijski parametri školjkaša *Dreissena polymorpha*: L (dužina), H (visina), W (širina), H/L (visina/dužina), W/H (širina/visina), W/L (širina/dužina); N (broj jedinki).

Parametri	**Kompa**		**Most**	
N	**7**		**4**	
	min	**max**	**min**	**max**
L (cm)	0.80	2	0.40	1.20
H (cm)	0.50	1.10	0.20	0.70
W (cm)	0.40	1.10	0.20	0.80
H/L	0.63	0.55	0.50	0.58
W/H	0.80	1	1	1.14
W/L	0.50	0.55	0.50	0.67

Rezultati ne ukazuju na odstupanje od prosječne veličine. Na oba lokaliteta su pronađeni i juvenilne i odrasle jedinke školjkaša (Tablica 6).

3. 5. 3. *Sinanodonta woodiana*

Najveći veličinski raspon školjkaša utvrđen je na Streljani gdje su pronađeni najveći i najmanji primjerci. Dužina ljušture najveće jedinke iznosila je 12 cm, visina 8.30 cm, dok je širina bila 5 cm. Dimenzije najmanje jedinke su bile: dužina 4.40 cm, visina 5.70 cm i širina 1.80 cm (Tablica 7). Rezultati pokazuju da je najmlađa jedinka bila nešto starija od godine dana, dok je najstarija imala šest godina.

Tablica 7. Morfometrijski parametri školjkaša *Sinanodonta woodiana*: L (dužina), H (visina), W (širina), H/L (visina/dužina), W/H (širina/visina), W/L (širina/dužina); N (broj jedinki)..

Parametri	**Streljana**		**Kompa**		**Zeleno polje**	
N	**5**		**3**		**4**	
	min	**max**	**min**	**max**	**min**	**max**
L (cm)	4.40	12	7.60	9	8.60	10.80
H (cm)	5.70	8.30	5.40	6	6.30	8.30
W (cm)	1.80	5	3.20	4.10	3.30	4.70
H/L	0.69	0.77	0.67	0.74	0.62	0.77
W/H	0.41	0.60	0.58	0.68	0.52	0.66
W/L	0.32	0.42	0.42	0.46	0.38	0.44

Najstarija jedinka je pronađena na pjeskovitom supstratu Streljane, dok je najmanja i ujedno najmlađa jedinka pronađena na Kompi (Tablica 7).

4. RASPRAVA

Uzorkovanje beskralježnjaka u litoralnom području rijeke Drave obavljeno je tijekom dva dana (14. 09. 2011. i 15. 09. 2011.), a broj prikupljenih organizama jednako kao i dobiveni rezultati su premašili svaka očekivanja.

Ljetni period 2011. godine su okarakterizirale visoke temperature zraka s malom količinom oborina zbog čega je došlo do pada vodostaja. Zbog niskog vodostaja bentoski organizmi, koji nastanjuju litoralni dio rijeke Drave, su ostali na obalnom području izloženi atmosferskim uvjetima što je rezultiralo visokom razinom smrtnosti. Da je godina bila iznadprosječno sušna upućuju i podaci dobiveni iz Državnog hidrometeorološkog zavoda. Prosječna temperatura u rujnu 2011. iznosila je 20.3 °C, dok je u istom vremenskom razdoblju prosječna temperatura 2010. iznosila 15.6 °C te je, s obzirom na temperaturu, i vodostaj je bio znatno niži u odnosu na prethodnu godinu. Tijekom istraživanja mjereni su biotički i abiotički parametri rijeke Drave. Prema uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/98) područje istraživanja pripada eutrofnim vodenim ekosustavima, dok se Most nalazi na granici između umjereno eutrofnih i eutrofnih voda što odgovara donjem toku rijeke gdje je brzina protjecanja vode manja, lakše se akumuliraju različite tvari, a i stupanj produkcije je veći što za posljedicu ima povećan stupanj trofije. Iako rezultati govore drugačije, visoke temperature vode, prosječno 23.1 °C, mogle bi upućivati na nisku razinu kisika u vodi. Mjerene su i koncentracije klorofila a, b i c jer pokazuju stupanj primarne proizvodnje u ekosustavu. Klorofil a se ističe po svojoj zastupljenosti u biljnim organizmima, dominantan je u svim višim biljkama. Također, jedini je biljni pigment koji neposredno sudjeluje u reakcijama fotosinteze jer apsorbira plavu i crvenu svjetlost (Pevalek – Kozlina, 2002). Plavozelene je boje i maksimalno apsorbira svjetlost valnih duljina 430 i 662 nm. U biljkama i nekim algama redovito je prisutan i klorofil b koji je žutozelene boje i maksimalno apsorbira svjetlost valnih duljina 453 i 642 nm, te ima ulogu pomoćnog pigmenta u procesu fotosinteze jednako kao i klorofil c (Pevalek – Kozlina, 2002). Prema Uredbi o klasifikaciji voda Republike Hrvatske (NN, broj 107/95) dobiveni rezultati ukazuju na povećan stupanj trofije. Naime na tri lokaliteta je vrijednost klorofila a prelazila 30 µg/L što upućuje na eutrofne vodene ekosustave, iznimka je Most gdje je vrijednost klorofila a iznosila 25.54 µg/L na osnovu čega možemo reći da se radi o umjereno eutrofnom ekosustavu. Budući da se radi o donjem toku rijeke za koji je karakterističan visok stupanj primarne produkcije (Novoselić, 2006), dobiveni rezultati su i očekivani. Povećanom industrijalizacijom došlo je do značajnijeg narušavanja kvalitete vode

rijeke Drave zbog ispuštanja otpadnih voda u riječni tok (Gobeyn, 2012). Pored toga, Drava je pod izravnim utjecajem njezine pritoke Mure koja je, po kvaliteti vode, svrstana u IV kategoriju (Gvozdić i sur., 2011). Mjerenjem fizikalno – kemijskih svojstava utvrđeno je da je u posljednja dva desetljeća došlo do poboljšanja kvalitete vode i Drave i njezine najveće pritoke Mure (Gvozdić i sur., 2011).

Donje tokove rijeka karakterizira visoka koncentracija TSS-a koji je, pored klorofila, važan pokazatelj kakvoće vode. Suspendirane čestice su prisutne u sanitarnim otpadnim vodama jednako kao i u različitim vrstama industrijskih otpadnih voda (Gray i sur., 2000). Pored otpadnih voda koje se otpuštaju u riječne tokove, izvor suspendiranih čestica predstavlja i erozija tla s poljoprivrednih, ali i građevinskih područja kojih je na površini grada Osijeka puno (Gvozdić i sur., 2011). Proporcionalno povećanju količine TSS - a u vodi dolazi do smanjena njezine mogućnosti održavanja raznolikosti živog svijeta. Suspendirane čestice apsorbiraju toplinu koja nastaje sunčevim zračenjem što za posljedicu ima povećanje temperature vode i smanjenje koncentracije otopljenog kisika. Na osnovu toga možemo reći da toplije vode sadržavaju manje kisika u odnosu na vode s nižim temperaturama. Smanjenjem prodora svjetlosti u vodu snižava se stopa fotosinteze zbog čega opada koncentracija kisika u vodi. Promjene u ekosustavu koje nastaju povećanjem koncentracije TSS-a mogu za rezultat imati smanjenje izvora hrane što izravno djeluje na brojnost organizama (Glysson i sur., 2002).

Struktura zajednice vodenih beskralježnjaka je na sva četiri lokaliteta bila raznolika, ali se lokaliteti međusobno nisu značajnije razlikovali. Na kamenom supstratu, kojeg je najviše bilo na Kompi, je primijećena prisutnost obraštaja sačinjenog od alga, cijanobakterija, heterotrofnih mikroorganizama i detritusa (perifiton). Perifiton predstavlja izvor hrane brojnim beskralježnjacima (Giller i Malmqvist, 1998). Streljana bilježi najmanji broj životinjskih vrsta, dok je na Kompi pronađen najveći broj i fauna najveće raznolikosti. Razlog tome mogu biti nedavni građevinski radovi (izgradnja cestovnog mosta) na području Streljane koji su uzrokovali promjenu okolišnih uvjeta, dominantan pjeskoviti supstrat onemogućuje čvrsto pričvršćivanje većine determiniranih invazivnih vrsta zbog čega su lako nošeni vodenim strujama. Područje uzorkovanja na Kompi ima specifičnu strukturu. Supstrat je izgrađen od kombinacije pijeska i kamenja manjih dimenzija, pri čemu kameniti supstrat dominira. Takav raspored čvrstog i pomičnog supstrata stvara neravnu podlogu s malim udubinama koje pružaju zaštitu organizmima i olakšavaju im preživljavanje u nepovoljnim uvjetima. Poput Streljane i Kompa je izložena vodenim strujama, ali zbog čvrstoće supstrata

organizmi se uspijevaju pričvrstiti i zadržati na podlozi. Na Mostu i Zelenom polju pad vodostaja je bio osobito nepovoljan jer su navedena područja uglavnom naseljavali školjkaši i puževi na što upućuje i prisutnost velikog broja ljuštura i kućica uginulih organizama.

Zajednice vodenih beskralježnjaka sadrže velik broj vrsta koje pripadaju različitim trofičkim razinama, taksonomskim skupinama i funkcionalnim karakteristikama (Maiolini i sur., 1998). Na osnovu velike brojnosti i zastupljenosti u gotovo svim vodenim tijelima možemo puno saznati o području koje naseljavaju te je zbog toga vrlo važno razumjeti njihov način života (Alba – Tercedor i Prat, 1992). Tijekom ovog istraživanja utvrđena je prisutnost školjkaša rodova *Unio* i *Anodonta* karakterističnih za većinu europskih rijeka (Hochwald, 2001; Van Damme, 2011; Taeubert i sur., 2012). Slatkovodne puževe većinom nije bilo moguće determinirati do razine vrste jer su, zbog nepovoljnih ekoloških uvjeta, bili dehidrirani, tj. uginuli. Pronađeni živi puževi su pripadali vrstama *Bithynia tentaculata, Theodoxus danubilais* i *Theodoxus fluviatilis*. *B. tentaculata* nastanjuje slatkovodne ekosustave diljem Europe (Bank, 2011; Goler i Pešić, 2012) tako da njezina prisutnost ne iznenađuje. Nativno područje vrste *T. danubialis* je balkanski poluotok na kojem nije bio prisutan gotovo pola stoljeća (Héra i Štamol, 2007). U rijeci Dravi je prvi put nakon dugo vremena pronađena prazna kućica 1997. godine, dok je 2001. godine pronađen velik broj jedinki (Héra i Štamol, 2007). Obje vrste nastanjuju dobro oksigenirane vode, no *T. danubialis* je puno osjetljiviji na promjene ekoloških uvjeta i gotovo je u potpunosti nestao u Njemačkoj, Austriji i Češkoj gdje je stavljen na popis iznimno ugroženih životinja (CR), dok u Sloveniji slovi kao osjetljiva vrsta (VU). Ponovno javljanje u Dravi bi mogao biti dobar znak s obzirom da su indikatori dobre kvalitete vode. Njihova prisutnost je zabilježena na svim lokalitetima, a najveća je bila na području Kompe. Pored specifičnog rasporeda supstrata na Kompi, u prilog im idu i njihove male dimenzije što im je omogućilo smještaj u udubine unutar kojih su bili zaštićeni te u kontaktu s vodom. Također je utvrđena prisutnost većeg broja predstavnika vrste *Spongilla lacustris* (Linnaeus, 1759) koja je karakteristična za slatkovodne ekosustave (Andres, 2011), ali se vrlo malo istraživanja radi na njoj na području Hrvatske. Nizak vodostaj uzrok je prisutnosti velikog broja osušenih jedinki i ovog beskralježnjaka. Spužve imaju važnu ulogu u kruženju hranjivih tvari u ekosustavu te nerijetko pružaju zaštitu i sklonište od predatora sitnijim predstavnicima bentosa (Thorp i Covich, 2010).

Istraživanjem je utvrđena prisutnost invazivnih beskralježnjaka čije se nativno područje nalazi u Ponto – kaspijskoj regiji. Osnovna karakteristika Ponto – kaspijskih vrsta

jest eurivalentnost, izvrsno podnose brojne promjene u ekosustavu, imaju širok spektar prehrane, dobro podnose uvjete hipoksije (Bij de Vaate i sur., 2002). Brojne su razlike između ekologije i životnih ciklusa invazivnih i neinvazivnih beskralježnjaka. Najveća razlika je u načinu rasprostiranja, koje je kod invazivnih organizama uglavnom pasivno te vrlo brzo (Ciutti i Cappelletti, 2009). Veličina tijela uglavnom prelazi 80 mm (Statzner i sur., 2007), imaju više reproduktivnih ciklusa tijekom godine koji donose velik broj potomaka te visok spektar prehrane, što se pokazalo jednom od njihovih osnovnih karakteristika (Popa i Popa, 2006; Statzner i sur., 2007; Sousa i sur., 2008). Značajka invazivnih organizama jest velika abundancija na područjima koja su u izravnom doticaju s čovjekom (Statzner i sur., 2007) gdje je njihova brojnost znatno veća u odnosu na brojnost neinvazivnih organizama. Brojnim istraživanjima slatkovodnih ekosustava Europe, i nekoliko njih napravljenih na velikim rijekama Hrvatske, utvrđen je velik broj invazivnih Ponto – kaspijskih vrsta. Ponto – kaspijski beskralježnjaci su se u posljednjih nekoliko desetljeća proširili na gotovo sve dijelove Europe, ali i na druge kontinente. To je reliktna fauna Kaspijskog jezera i Crnog mora koja datira još iz Sarmantskog i Pontskog doba (Bij de Vaate i sur., 2002). ″Biološka invazija″ je nastala ekološkim promjenama koje su inducirane djelovanjem čovjeka te se smatra da invazivni organizmi, nakon uništenja prirodnog staništa, uzrokuju najveći gubitak bioraznolikosti (Ojaveer i sur., 2000; Hudina i sur., 2010). Sama prisutnost novih vrsta povećava raznolikost faune, no invazivne vrste predstavljaju potencijalnu prijetnju postojećoj fauni mijenjajući ekološku strukturu i funkcioniranje zajednice, djelujući destruktivno i na stanište i na autohtone vrste (Humpesch i Fesl, 2005). Kopnene vode su osobito osjetljive na unos novih vrsta, tzv. ″biološku invaziju″ (Hudina i sur., 2009), a sam namjerni ili slučajni unos invazivnih vrsta je postao ozbiljan ekološki i ekonomski problem (Sousa i sur., 2008; Pyšek i Richardson, 2010), s obzirom da svojim načinom života mijenjaju fizikalno – kemijska svojstva vode, u izravnoj su kompeticiji za stanište i prirodne resurse te, pojedine vrste, djeluju kao predatori na juvenilne jedinke autohtonih vrsta što rezultira smanjenjem brojnosti i potpunim nestankom autohtonih vrsta (Bij de Vaate i sur., 2002; Casellato i sur., 2006; Popa i Popa, 2006; Sousa i sur, 2008; Pyšek i Richardson, 2010; MacNeil i sur., 2010).

Od utvrđenih invazivnih vrsta, najveću brojnost na području istraživanja su imali rak *Chelicorophium curvispinum* i školjkaš *Corbicula fluminea*. *C. fluminea* nastanjuje fino zrnati sediment (pijesak) zbog čega je neobična njezina pojava u tolikom broju na Kompi, osobito na kamenitom supstratu. Velika vjerojatnost je da su ih na navedeno područje donijeli drugi životinjski organizmi (ptice) ili je prazne ljušture nanijela rijeka. Prvi dokumentirani podatak

rasprostranjenosti izvan nativnog okruženja organizma *C. fluminea* datira iz 1920. godine kada je primijećena na obalama Pacifika, SAD (Araujo i sur., 1993; Sousa i sur., 2008), pretpostavlja se da je došla brodovima kojima su plovili kineski imigranti. Nakon četrdeset godina primijećena je duž obale Atlantskog oceana, SAD, dok je tijekom 1970–ih je pronađena u Meksiku (Lee i sur., 2003). U Europi ju je prvi uočio Mouthon 1981. godine (Sousa i sur., 2008). Prvi put je u Rajni primijećena 1991. godine (Paunović i sur., 2007), netom poslije je otvoren kanal Rajna – Majna – Dunav što je ujedno predstavljalo početak invazije i u rijeci Dunav. Csanyi (1999) je primijetio prisutnost *C. fluminea* u Dunavu u Mađarskoj, u blizini nuklearne elektrane Paks. U Srbiji je pronađena 1998. godine (Paunović i sur., 2007). Postoji podatak koji govori o prisutnosti fosilnih nalaza na područjima Europe, Sjeverne Amerike i Japana (Araujo i sur., 1993). Spomenuti fosilni nalazi bi mogli upućivati na proces rekolonizacije na područjima koje je prije nastanjivala, a ne na invaziju kao što većina znanstvenika misli (Sousa i sur., 2008). Drugi školjkaš po brojnosti je *D. polymorpha*, čija je prisutnost u europskim, pa i hrvatskim rijekama odavno poznata. Također, Ponto – kaspijska vrsta koja je u 19. st. pronađena u Crnom i Azovskom moru te Kaspijskom jezeru (Birnbaum, 2011). Širenje Europom započelo je nakon povezivanja istočne i srednje Europe početkom 19. stoljeća, pasivnim putem (Birnbaum, 2011), istodobno se počinje povećavati broj svjetskih država u kojima je pronađena. Da ne nastanjuje samo kopnene vode Europe ukazuje njihov pronalazak 1985. godine u Velikim jezerima Sjeverne Amerike (Lajtner i sur., 2004). Smatra se da je u Hrvatsku došla tijekom osamdesetih godina 20. stoljeća, kada je pronađena u rijeci Dravi (Lajtner i sur., 2004). Zanimljivo otkriće predstavlja školjkaš *S. woodiana* o čijoj prisutnosti u rijekama Hrvatske se malo zna. Na području Europe prvi je put primijećena u Rumunjskoj 1979. godine, zatim u Mađarskoj 1980. godine, a nakon toga se znatno povećao broj država u kojima je pronađena. Da je prisutna i u Republici Hrvatskoj dokazali su Paunović i sur. (2006) koji su radili istraživanje na Dunavu, na granici između Srbije i Hrvatske, nakon čega je 2007. godine njezina prisutnost u Hrvatskoj i potvrđena. Njezino rasprostiranje Europom povezano je s unosom srebrnog šarana, bijelog amura i pjegavog šarana, koji su u kopnene vode Europe doneseni kako bi kontrolirali vodenu vegetaciju (Cappelletti i sur., 2009; Lajtner i Crnčan, 2011). Ličinke *S. woodiana* su bile pričvršćene za peraje i škrge riba. Spomenute riblje vrste su u Hrvatsku unesene 1960 - ih (Lajtner i Crnčan, 2011). Ovaj školjkaš se intenzivno istražuje jer je jedan od najinvazivnijih školjkaša današnjice. Svojim prisustvom i djelovanjem ugrožava i potiskuje druge organizme, odnosno autohtone predstavnike Unionidae, tako je primijećeno da je njezinom pojavom u jezeru Garda, Italija, *Anodonta anatina* gotovo u potpunosti nestala (Cappelletti i sur., 2009).

Nakon školjkaša po svojoj brojnosti se istaknuo *C. curvispunum*, dok je na drugom mjestu po brojnosti rakušac *Dikerogammarus villosus*. Najveći broj jedinki obiju vrsta je zabilježen na Kompi vjerojatno zbog specifične strukture supstrata, osobito velike količine kamene podloge koju preferiraju. Utvrđena je prisutnost i jednakonožnog raka *Jaera istri* čija je brojnost, kao i kod prethodne dvije vrste najveća na Kompi. Poput determiniranih školjkaša i rakovi dolaze iz Ponto – kaspijske regije. Širenje u druge dijelove Europe započeli su otvaranjem brojnih kanala koji su povezivali riječne tokove radi olakšanog prometa kopnenim vodama (Casellato i sur., 2006; Herkul i Kotta, 2007; Popa, 2005; Popa i Popa, 2006; Božić, 2007; Straka i Špaček, 2009; MacNeil i sur., 2010; Borza, 2011). U Hrvatskoj su prvi put primijećeni 2004. godine (Božić, 2007) u Dunavu i Savi. Žganec i sur. (2009) su dokazali prisutnost *D. villosus i C. curvispinum* u Dravi, no nisu pronašli primjerke *J. istri*. Prema dostupnoj literaturi, do sada ova vrsta nije utvrđena u rijeci Dravi. U Dravi, na području grada Osijeka, istraživanjem provedenim 1997./98. godine, pronađeno je nekoliko jedinki Polychaeta (Vidaković, osobno priopćenje) te je zbog toga njihova prisutnost bila očekivana. Tijekom laboratorijske analize prikupljenih uzoraka, pronađene su dvije vrste mnogočetinaša, *Hypania invalida* i *Manayunkia speciosa*, čija prisutnost, prema dostupnoj literaturi, do sada nije bila dokumentirana na području Hrvatske. Pronađeni su na lokalitetima Kompa i Most. *H. invalida* je na području Srbije prvi put zabilježena 1971. godine u Dunavu, od kada se intenzivno istražuje te je do 2010. godine utvrđena rasprostranjenost duž rijeka Dunav, Sava i Tisa (Zorić i sur., 2011). U velikom broju se pojavljuje na područjima koja su pod velikim utjecajem hidro – morfoloških promjena, u neposrednoj blizini brana, zatim na područjima koja su izravno izložena organskom zagađenju i intenzivnom riječnom prometu (Zorić i sur., 2011). Na oba lokaliteta, Kompa i Most, *H. invalida* i *M. speciosa* su pronađene na kamenoj podlozi što je vrlo zanimljivo jer preferiraju pjeskovitu podlogu.

Na osnovu morfometrijskih parametara, pored determinacije, utvrđen je još jedan vrlo važan podatak, a to je starost organizma. Važnost mjerenja morfometrijskih parametara najbolje je istaknuo Spyra i sur. (2012) koji je na osnovu njih procijenio starost školjkaša *S. woodiana*. Dobiveni rezultati pokazuju da je najstarija jedinka, pronađena na Kompi, stara 6 godina što znači da se ovaj školjkaš već dugi niz godina nalazi u rijeci Dravi. Budući da se Kopački rit nalazi u neposrednoj blizini područja istraživanja, između 45° 15′ - 45° 53′ geografske širine i 16° 06′ - 16° 41′geografske dužine, sasvim je izvjesno da se *S. woodiana* nalazi i unutar Kopačkog rita na što upućuje pronalazak uginulih jedinki u kanalu Čonakut (Čerba, osobno priopćenje). Tijekom istraživanja, uz odrasle jedinke, pronađeni su i juvenilni

oblici školjkaša. Prema Sousa i sur. (2008), jedinke su spolno zrele kada veličina ljušture pređe 6 mm. Broj jedinki većih od 6 mm je bio velik stoga možemo reći da se radi o stabilnoj populaciji na navedenim lokalitetima, što potvrđuje i velik broj juvenilnih jedinki.

Prema RCC hipotezi (Vannote i sur., 1980) idući od izvora prema ušću postupno se smanjuje postotni udio usitnjivača jer se riječno korito povećava i smanjuje se utjecaj vegetacije uz rijeku. Dolazi do povećanja postotnog udjela filtratora i sakupljača detritusa koji dominiraju te se na drugom mjestu po zastupljenosti nalaze predatori. Rezultati pokazuju dominaciju filtratora u odnosu na preostale funkcionalne hranidbene skupine iako predatora ima manje nego što je hipoteza predvidjela. Također je velik broj strugača čiji su predstavnici slatkovodni puževi. Najagresivniji i najinvazivniji karakter ima rakušac *D. villosus* koji je ujedno glavni predstavnik predatora. S obzirom na svoje prehrambene karakteristike, uvelike odskače od ostalih invazivnih organizama pronađenih na području istraživanja. Ima širok spektar prehrane. Hrani se česticama detritusa, bisusnim nitima *D. polymorpha*, fitoplanktonom, prisutan je i oblik koprofagije, ali je najizraženija predatorska sposobnost (Platvoet i sur., 2009 b). Usni aparat je snažan i dobro razvijen te mu pomaže da s lakoćom uhvati i ubije plijen. Zbog svoje veličine bez problema napada i savladava riblju mlađ, druge vrste iz porodice Gammaridae, također u prehrani dosta često koristi jaja različitih beskralježnjaka (Casellato i sur., 2006; Platvoet i sur., 2009 b). Casellato i sur. (2006) su potvrdili smanjenje autohtonih ribljih vrsta u jezeru Garda nakon pojave *D. villosus*. S obzirom na navedene podatke možemo zaključiti da prehrana faune uvelike ovisi količini hranjivih tvari u stupcu vode. Analiza funkcionalnih hranidbenih skupina daje dosta informacija o trenutnom stanju ekosustava u kojem su pronađeni (Moore i sur., 2004). Organizmi koji se hrane određenom vrstom hrane, tj. specijalisti, poput strugača i usitnjivača, su znatno osjetljiviji na promjene u ekološkom sustavu od generalista kao što su sakupljači i filtratori (Rawer – Jost i sur., 2000). Generalisti imaju veću toleranciju na onečišćenje te se u velikom broju pojavljuju u ekosustavima sa smanjenom kvalitetom vode.

5. ZAKLJUČAK

U dvodnevnom terenskom istraživanju (14. i 15. 09. 2011.) na čvrstom i pomičnom supstratu rijeke Drave, na četiri različita lokaliteta, Streljana, Kompa, Most i Zeleno polje mjereni su abiotički i biotički čimbenici vode te je istraživan kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice beskralježnjaka.

Utvrđena je prisutnost 15 različitih vrsta beskralježnjaka i dvije taksonomske svojte kukaca (ličinke Diptera - Chironomidae i Trichoptera – Hydropsychidae). Od ukupnog broja determiniranih beskralježnjaka šest vrsta je invazivnog karaktera čije je nativno područje Ponto – kaspijska regija. Invazivni organizmi su školjkaši *Dreissena polmorpha*, *Corbicula fluminea* i *Sinanodonta woodiana*, zatim rakušac *Dikerogammarus villosus*, rak *Chelicorophium curvispinum* i jednakonožni rak *Jaera istri*. Pronađene su i dvije vrste mnogočetinaša *Hypania invalida* i *Manayunkia speciosa*. Budući da su u trenutku uzorkovanja bili uginuli, nisu uvršteni u ukupan sastav zajednice beskralježnjaka. Pripadnici su faune invazivnih beskralježnjaka za koje se pretpostavljalo da nastanjuju rijeku Dravu te je stoga njihov pronalazak od velikog značaja.

U sastavu zajednice invazivnih beskralježnjaka dominirali su školjkaš *Corbicula fluminea* te slatkovodni rakovi *Chelicorophium curvispinum* i *Dikerogammarus villosus*. Iako se, obzirom na brojnost, nalazi na drugom mjestu, moglo bi se reći da je *C. fluminea* najuspješnija vrsta jer je pronađena na sva četiri lokaliteta. Najbrojnija fauna je utvrđena na Kompi gdje je dominirao čvrsti supstrat (kamen) u kombinaciji s pomičnim supstratom (pijesak), dok je najsiromašnija bila na Streljani gdje je dominirao pomični supstrat (pijesak). Računanjem Sørensenova indeksa sličnosti pokazalo se da je najveća sličnost između Kompe i Mosta, dok su se najviše međusobno razlikovali Streljana i Most. Istraživanjem je utvrđena prisutnost jednakonožnog raka *Jaera istri* koji, do sada, nije zabilježena u rijeci Dravi.

Budući da postoji mali broj podataka o zastupljenosti invazivnih organizama u rijeci Dravi potrebno je provesti intenzivnija istraživanja kako bismo imali bolji uvid u sastav zajednice faune invazivnih beskralježnjaka te njihov utjecaj na autohtone vrste vodenih beskralježnjaka.

6. LITERATURA

Afanasjev C.A., Zdanowski B., Kraszewski A. 2001. Growth and population structure of the mussel *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia, Unionidae) in the heated Konin lakes system - Arch. Pol.Fish. 9 (1): 123-131.

Aladin N., Plotnikov I., 2004. The Caspian Sea. Lake Basin Management Initiative. Thematic Paper.

Alba - Tercedor, J. i Prat, N. 1992. Spanish experience in the use of macroinvertebrates as biological pollution indicators. River Water Quality Asessment and Control. CCEE 733-738 Brussels. Belgium

Alexander J. E., Thorp J. H., Smith J. C., 1992. Biology and potential impacts of Zebra Mussel in large rivers. ISBN 0 – 89867 – 930 – 3.

APHA, 1985. Standard methods for examination of water and wastewater, American Public Health Association, 16th Edition, Washington, 1268 p.

Araujo R., Moreno D., Ramos M. A., 1993. The Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia: Corbiculidae) in Europe. *American Malcological Bulletin*, Vol. 10 (1): 39 – 49.

Bank A. R., 2011. Checklist of the land and freshwater Gastropoda of the Iberian peninsula (Spain, Portugal, Andorra, Gibraltar).

Bascinar, N.S. Düzgünes, E. 2009. A preliminary study on reproduction and larval development of swan mussel (*Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758)) (Bivalvia: Unionidae), in Lake Çıldır (Kars, Turkey). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 9: 23-27.

Bauer G., 2001. Characterization of Unionida (=Naiads). Vol 145. Berlin: Springer – Verlag. Fauna Europaea Project.

Bay E. C., 2003. Chironomid Midges. WSU Puyallup REC, WSU PLS-45.

Bij de Vaate A. B., Jazdzewski K., Ketelaars H. A. M., Gollasch S., van der Velde G., 2002. Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Can. J. fish. Aquat. Sci*. 59: 1159 – 1174.

Birnbaum C., 2011. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – Dreissena polymorpha.

Borza P., 2011. Revision of invasion history, distributional patterns, and new records of Corophiidae (Crustacea: Amphipoda) in Hungary. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 57 (1), *pp*. 75 - 84

Božić S., 2007. Fauna jednakonožnih rakova (Isopoda) i račića (Amphipoda) Dunava i donjeg toka rijeke Save (Fauna of isopods (Isopoda) and amphipods (Amphipoda) of the Danube and underflow of the Sava river).

Bunje P. M. E., 2005. Pan - European phylogeography of the aquatic snail *Theodoxus fluviatilis* (Gastropoda: Neritidae). *Molecular Ecology* 14 , 4323–4340.

Bunje P. M. E. 2007. Fluvial range expansion, allopatry, and parallel evolution in a Danubian snail lineage (Neritidae: Theodoxus). *Biological Journal of the Linnean Society*, 90, 603–617.

Cappelletti C., Cianfanelli S., Beltrami M. E., Ciutti F., 2009. *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalcia: Unionidae): a new non – indigenous species in Lake Garda (Italy). *Aquatic Invasions*, Vol. 4, Issue 4: 685 – 688.

Carlsson R., 2000. The distribution of gastropods *Theodoxus fluviatilis* (L.) and *Potamopygrus antipodarum* (Gray) in lakes on the Aland Islands, southwestern Finland. Boreal Environment Research 5: 187 – 195.

Casellato S., la Piana G., Latella L., Ruffo S., 2006. *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894) (Crustacea, Amphipoda, Gammaridae) for the first time in Italy. *Italian Journal of Zoology*, 73 (1): 97 – 104.

Chojnacki J. C., Lewandowska A., Rosińska B., 2007. Biometrics of the mussel *Anodonta cygnea* (L.) inhabiting in 2005 the Binowo and Bobolin Lakes near Szczecin. Oceanological and Hydrobiological Studies. *International Journal of Oceanography and Hydrobiology*. Vol. 36., No. 3.

Ciutti F., Cappelletti C., 2009. First record of *Corbicula fluminalis* (Müller, 1774) in Lake Garda (Italy), living in sympatry with *Corbicula fluminea* (Müller, 1774). *J. Limnol*., 68 (1): 162 – 165.

Compin A., Cereghino R., 2007. Spatial patterns of macroinvertebrate functional feeding groups in streams in relation to physical variables and land-cover in southwestern France. *Landscape Ecology*22 : 1215 - 1225.

Croskery P., 1978. The freshwater co – occurrence of *Eurytemora affinis* (Copepoda: Clanoida) and *Manayunkia speciosa* (Annelida: Polychaeta): possible relicts of a marine incursion. *Hydrobiologia*, Vol. 59. Pag. 3., 237 – 21.

Csanyi B., 1999. Spreading invaders along the Danubian highway: first record of *Corbicula fluminea* (O. F. Müller, 1774) and *C. fluminalis* (O. F. Müller, 1774) in Hungary (Mollusca: Bivalvia). Folia Historico Naturalia Musei Matraensis 23: 343 – 345.

Cummins K. W., 1973. Trophic relations of aquatic insects. *Annu. Rev. Entomol*.18:183-206.

Cuomo C., Zinn G. A., 1995. Benthic Invertebrates of the Lower West River. Interdisciplinary Restoration. *Forestry and Environmental Studies*, 100, 152-161.

Darwall W., Smith K., Allen D., Seddon M., McGregor Reid G., Clausnitzer V., Kalkman V., 2008. Freshwater Biodiversity – a hidden resource under threat. IUCN *Red List of Threatened*: 978-2-8317-1063-1.

Dobson M., 2012. Identifying Invasive Freshwater Shrimps and Ispopds. Freshwater Biological Association. Copyright 2012.

DeNicola D. M, 1996. Priphyton responses to temperature at different ecological levels. *Algal Ecology*. Freshwater Benthic Ecosystems, Pages 149–181.

Dick J. T. A., Platvoet D., Kelly D. W., 2002. Predatory impact of the freshwater invader *Dikerogammarus villosus* (Crustacea: Amphipoda). *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. 59: 1078–1084.

Dillon R. T., 2007. *Bithynia tentaculata* (Linnaeus 1758) mud Bithynia. Freshwater Gastropods of Virginia (Atlantic Slope Drainage).

Douda K., Vrtilek M., Slavik O., Reichard M., 2011. The role of host specificity in explaining the invasion success of the freshwater mussel *Anodonta woodiana* in Europe. *Biol. Invasions* DOI 10.1007/s10530 – 011 – 9989 – 7.

Droscher I., Waringer J., 2007. Abundance and distribution of freshwater sponges (Spongillidae) in Danube floodplain waters near Vienna, Austria. Department of Freshwater Ecology, Vienna University.

Dumont H. J., 1998. The Caspian Lake: History, biota, structure, and function. *Limnol. Oceanogr.* , 43(1), 44 – 52.

Fauchald K., Jumars P. A., 1979. The diet of worms: a study of Polychaeta feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev* ., 1979, 17, 193-284.

Feher Z., Zettler M. L., Bozso M., Szabo K., 2009. An attempt to reveal the systematic relationship between *Theodoxus prevostianus* (C. Pfeiffer, 1828) and *Theodoxus danubialis* (C. Pfeiffer, 1828) (Mollusca, Gastropoda, Neritidae). *Museum für Tierkunde Dresden*, ISSN 1864-5127, 25.11.2009

Gaino E., Rebora M., Corallini C., Lancioni T., 2003. The life – cycle of the sponge *Euphydatia fluviatilis* (L.) living on the reed *Phragmites australis* in an artificially regulated lake. *Hydrobiologia* 495: 127 – 142.

Geraci C. J., Zhou X., Morse J. C., Kjer K. M., 2010. Defining the genus Hydropsyche (Trichoptera:Hydropsychidae) based on DNA and morphological evidence. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(3):918-933.

Giller P. S., Malmqvist B., 1998. The Biology of Streams and Rivers. Oxford University Press. 1998.

Gillett D. J., Schaffner L. C., 2009. Benthos of the York River. *Virginia Institute of Marine Science.*

Glysson G. D., Gray J. R., Conge L. M., 2002. Adjustment of Total Suspended Solids Data of the Use in Sediment Studies. *American Public Health Association*, Method 2540D, p. 2-56.

Gobeyn S., 2012. Integrated Modelling of the Multifunctional Ecosystem of the Drava river. *Faculty of bioscience engineering.*

Goler P., Pešić V., 2012. The freshwater snails (Gastropoda) of Iran, with descriptions of two new genera and eight new species. ZooKeys 219: 11–61.

Gorny M., Grum L., 1981. Metody stosowane w zoologii gleby. PWN Warszawa.

Gorni G. R., Alves R. G., 2008. Naididae species (Annelida: Oligochaeta) associated with sponge *Metania spinata* (Carter, 1881) (Porifera: Metanidae) from a southeastern Brazilian reservoir. *Acta. Limnol. Bras*., vol. 20, No. 3., p. 261 – 263.

Gray J. R., Glysson G. D., Turicos L. M., Schwarz G. E., 2000. Comparability of suspended – sediment concentration and total suspended solids dana. *Water-Resources Investigations Report* 00-4191

Green P. T., O' Dowd D. J., Abbot K. L., Jeffery M., Retallick K., Mac Nally R., 2011. Invasional meltdown: invader-invader mutualism facilitates a secondary invasion. *Ecology*, 92(9):1758-68.

Gugel J., 2001. Life cycles and ecological interactions of freshwater sponges (Porifera, Spongillidae) int he river Rhine in Germany. *Institut fur Zoologie der Technischen Universitat Darmstadtm darmstadt*, Germany.

Gvozdić V., Brana J., Puntarić D., Vidosavljević D., Roland D., 2011. Changes int he lower Drava river water quality parameters over 24 years. *Arh Hig Rada Toksikol* 2011;62:325-333.

Habdija I., Primc Habdija B., Radanović I., Vidaković J., Kučinić M., Špoljar M., Matoničkin R., Miliša M., 2004. Protista – Protozoa i Metazoa – Invertebrata – funkcionalna građa i praktikum.

Hiltunen J. K., 1964. Distribution and adundance of the polychaete: *Manayunkia speciosa* Leidy, in western lake Erie. *The Ohio Journal of Science* 65(4): 183.

Héra Z., Štamol V., 2007. Protokol za praćenje faune mekušaca (Mollusca) na razini vrsta i populacija duž rijeke Drave. Sveučilište u Pečuhu, Šecs.

Héra Z., Uherkovich A., 2008. Malcological dana (Mollusca) from the Croatian Drava region (N Croatia). University of Pecs, Hungary. 328 pp.

Herkul K., Kotta J., 2007. New records of amphipods *Chelicorophium curvispinum, Gammarus tigrinus, G. duebeni,* and *G. lacustris* in the Estonian coastal sea. *Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol.* 56, 4, 290 – 296.

Hochwald S., 2001. Plasticity of Life - History Traits in *Unio crassus*. Volume 145, 2001, pp 127-141.

Holsinger J. R., 1972. The freshwater amphipod crustaceans (Gammaridae) of North America. Oceanography and Limnology Program (Smithsonian Institution), United States. Environmental Protection Agency.

Hudina S., Faller M., Lucić A., Klobučar G., Maguire I., 2009. Distribution and dispersal of two invasive crayfish species in the Drava River basin, Croatia. *Sciences*: 394 – 395, 09.

Hudina S., Faller M., Lucić A., Klobučar G., Maguire I., 2010. Distribution and dispersal of two invasive species in the Drava River basin, Croatia. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 394-395, 09.

Humpesch U., Fesl C., 2005. Biodiversity of macrozoobenthos in a large river, the Austrian Danube, including quantitative studies in a free – flowing stretch below Vienna: a short review. *Freshwater Forum* 24, 3 – 23.

Jordan M. S., 2012. Hydraulic predictors and seasonal distribution of *Manayunkia speciosa* density in the Klamath River, CA, with implications for ceratomyxosis, a disease of salmon and trout. *Oregon State University*.

Khan A. N., Kamal D., Mahmud M. M., Rahman M. A., Hossain M. A., 2007. Diversity, distribution and abundance of benthos in Mouri River, Bangladesh. *Int. J. Sustain. Crop Prod.* 2(5):19-23.

Kirkegaard J., 2006. Life history, growth and production of *Theodoxus fluviatilis* in Lake Esrom, Denmark. *Limnologica*. Volume 36, Issue 1, Pages 26–41

Komárková J. 1989. Primárni produkce řas ve slatkovodních ekosystemech. *Academia Praha*, Praha: 330 – 347.

Kraszewski A., Zdanowski B., 2007. *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Mollusca) – a new mussel species in Poland: occurence and habitat preferences in a heated lake system. *Polish Journal of Ecology* 55, 2: 337 – 356.

Lajtner J., Marušić Z., Klobučar G. I. V., 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, 2004.

Lajtner J., Crnčan P., 2011. Distribution of the invasive bivalv *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) in Croatia. *Aquatic Invasions*, Vol. 6, Supplement 1: S119 – S124.

Lee T., Siripattrawan S., Ituarte C. F., Foighil D. O. 2003. Invasion of the clonal clams: *Corbicula* lineages int he New World. *Amer. Malc. Bull*. 20: 113 – 122.

Lucey J., 1995. The distribution of *Anodonta cygnea* (L.) and *Anodonta anatina* (L.) (Mollusca: Bivalvia) in southern Irish rivers and streams with records from other areas. *The Irish Naturalists' Journal*. Vol. 25, No. 1.

Lucy, F., Minchin, D., Holmes, J. M. C. & Sullivan, M. 2004. First records of the Ponto-Caspian amphipod *Chelicorophium curispinum* (Sars, 1895) in Ireland. *Ir. Nat. J*., 27, 461 - 464.

Mackie G. L., 1991. Biology of the exotic zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in relation to native bivalves and its potential impact in Lake St. Clair. *Hydrobiologia* 219: 251 – 268.

MacNeil D. B., 1992. Identification of juvenile *Dreissena polymorpha* and *Mytilopsis leucophaeta*. Zebra Mussel Information Clearinghouse (716) 395 – 2516.

MacNeil C., Dick J. T. A., Elwood R. W., 1997. The trophic ecology of freshwater *Gammarus* spp. (Crustacea: Amphipoda): problems and perspectives concerning the functional feeding group concept. *Biol. Rev*., 72, pp. 349 – 364.

MacNeil C., Platvoet D., Dick J. T. A., Fielding N., Constable A., Hall N., Aldridge D., Renals T., Diamond M., 2010. The Ponto – Caspian ″killer shrimp″, *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894), invades the British Isles. *Aquatic Invasions,* Vol. 5., Issue 4: 441 – 445.

Maiolini B., Bruno M. C., Carolli M., Dori M. 1998., Bentic Macroinvertebrates community as ecological indicator of lake status. *Invertebrate Zoology and Hydrobiology, Natural History Museum of Trento.*

Mastinsky S. E., Makarevich O., A., 2007. Distribution and abundance of Ponto – Caspian amphipods int he Belarusian section of the Dnieper River. *Aquatic Invasions*, Vol. 2, Issue 1: 39 – 44.

Matoničkin I., Erben R., 2002. Opća zoologija. Školska knjiga, Zagreb

Matteson J. D., Jacobi G. Z., 1980. Benthic macroinvertebrates found on the freshwater sponge *Spongilla lacustris*. Laboratory of Aquatic Entomology.

Messiaen M., Lock K., Gabriels W., Vercauteren T., Wouters K., Boets P., Goethals L. M., 2010. Alien macrocrustaceans in freshwater ecosystems in the eastern part of Flanders (Belgium). Belg. J. Zool., 140 (1): 30 -39.

Moore J. C., Berlow E. L., Coleman D. C, de Ruiter P. C., Dong Q., Hastings A., Collins Johnson N., McCann K. S., Melville K., Morin P. J., Nadelhoffer K., Rosemond A. D., Post D M., Sabo J. L., Scow K. M., Vanni M. J., Wall D. H., 2004. Ecology letters. Volume 7, Issue 7, pages 584–600.

Neissimian J. L., Dumas L. L., 2010. Description of the immature stages of *Leptonema tridens* (Insecta: Trichoptera: Hydropsychidae) from southeastern Brazil with notes on its biology. *Zoologia (Curitiba)*, Vol. 27, No. 3.

Novoselić, D. 2006. Ekologija i zaštita voda. U: Bogut, I., Novoselić, D., Pavličević, J.: Biologija riba. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 406 - 587.

Obadić I., 2007. Međuodnos ljudi i rijeke Drave na području varaždinske podravine u novom vijeku. Zavod za znantsveni rad HAZU Varaždin, UDK: 908:599.89 (282) (497.523)″15/19″.

Ojaveer H., Simm M., Lankov A., Lumberg A., 2000. Consequences of invasion of a predatory cladoceran. *International Council for the Exploration of the Sea* C.M. 2000/U:16.

Paunović M, Csányi B., Simic V., Stojanovic B., Cakic P., 2006. Distribution of *Anodonta (Sinanodonta) woodiana* (Lea, 1834) in inland waters of Serbia. *Aquatic Invasions*, Vol. 1., Issue 3: 154 – 160.

Paunović M, Csányi B., Knežević S., Simić V., Nenadić D., Jakovčev – Todorović D., Stojanović B., Cakić P., 2007. Distribution of Asian clams *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) and *C. fluminalis* (Müller, 1774) in Serbia. *Aquatic Invasions* Vol. 2, Issue 2: 99 – 106.

Pevalek – Kozlina B. 2002. Fiziologija bilja. Profil International, Zagreb. 566 pp.

Pigneur L. M., Marescaux J., Roland K., Etoundi E., Descy J. P., van Doninck K., 2011. Phylogeny and androgenesis in the invasive *Corbicula* clams (*Bivalvia, Corbiculidae*) in Western Europe. *Evolutionary Biology*, 11: 147.

Platvoet D., van der Velde G., Dick J. T. A., Li S., 2009 a. Flexible omnivory in *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894) (Amphipoda) – Amphipod pilot species project (AMPIS). *Crustaceana* 82 (6): 703 – 720.

Platvoet D., Dick J. T. A., MacNeil C., van Reil M. C., van der Velde G., 2009 b. Invader – invader interactions in relation to environmental heterogenity leads to zonation of two invasive amphipods, *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky) and *Gammarus tigrinus* Sexton: amphipod pilot species project (AMPIS). *Biol. Invasions* 11: 2085 – 2093.

Poff L. N., Ward J., V., 1990. Physical Habitat Template of Lotic Systems: Recovery in the Context of Historical Pattern of Spatotemporal Heterogenity. *Environmental Managment* Vol. 14, No. 5, pp, 629 – 645.

Popa O. P., 2005. Contributions to the knowledge of the Mollusk from the Romanian sector of the Danube between Calafat and Oltenita. *Travaux du Museum National d´Historie Naturelle ˝Grigore Antipa˝*Vol. XL VIII pp. 7 – 19.

Popa O. P., Popa L. O., 2006. *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834), *Corbicula fluminea* (O. F. Müller, 1774), *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897) (Mollusca: Bivalvia): alien invasive species in Romanian fauna. *Travaux du Museum National d´Historie Naturelle ˝Grigore Antipa*, Vol. XLIX, pp. 7 – 12.

Popa O. P., Keleman B. S., Murariu D., Popa L. O., 2007. New records of *Sinanodonta woodinana* (Lea, 1834) (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) from Eastern Romania. *Aquatic Invasions* Volume 2, Issue 3: 265-267.

Pyšek P., Richardson D. M., 2010. Invasive species, environmental change and management, and ecosystem health. Annual Review of Environment and Resources. Vol. 35: 25-55

Rađa B., Puljas S., 2008. Macroinvertebrate diversity in the karst Jadro river (Croatia). *Arch. Biol. Sci*., Belgrade, 60 (3), 437 – 448.

Rainbolt M. L., 1964. Some Fresh Water Sponges of Oklahoma. Proceedings of Oklahoma.

Ratia H., Vuori K. M., Oikari A., 2012. Caddis larvae (Trichoptera, Hydropsychidae) indicate delaying recovery of a watercourse polluted by pulp and paper industry. *Ecological Indicators*, Volume 15, issue 1 (April, 2012), p. 217-226.

Rawer – Jost C., Bohmer J., Blank J., Ragmann H., 2000. Macroinvertebrate functional feeding group methods in ecological assesment. *Hydrobiologia*. 422/423: 225 – 232.

Richter T., 2001. Reproductive Biology and Life History Strategy of *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758) and *Bithynia leachii* (Sheppard, 1823). Vom Fachbereich Biologie der Universität Hannover zur Erlangung des GradesDoktor der Naturwissenschaften.

Riđanović J., 1989. Hidrogeografija. Školska knjiga – Zagreb.

Rosińska B., Chojnacki J. C., Lewandowska A., Matwiejczuk A., Samiczak A., 2008. Biometrics of swan mussel (*Anodonta cygnea*) from chosen lake sin the Pomeranian Region. Volume 15, Issue 1, Pages 217–226

Sauer J. S., Cole R. A., Nissen J. M., 2007. Finding the Exotic Faucet Snails (*Bithynia tentaculata*): Investigation on Waterbird Die – Offs on the Upper Mississippi River National Wildlife and Fish Refuge. Open-File Report 2007–1065.

Schneider – Jacoby, 2012. Overview of the Drava River Basin. *EuroNatur, radolfzell, Germany.*

Simberloff D., von Holle B., 1999. Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown? *Biological Invasions* 1: 21–32.

Skuza L., Łabęcka A. M., Domagala J., 2009. Cytogenetic and Morphological Characterization of *Corbicula fluminea* (O. F. Müller, 1774) (Bivalvia: Veneroida: Corbiculidae): Taxonomic Status Assessment of a Freshwater Clam. *Folia biologica* (Krakow), vol. 57, No 3 – 4.

Soroka M., Zdanowski B., 2001. Morphological and genetic variability of the population of *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) occuring in the heated Konin lakes system. *Arch. Pol. Fish*., Vol. 9, Fasc. 2, 239 – 252.

Sousa R., Antunes C., Guilhermino L., 2008. Ecology of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in aquatic ecosystems: an overview. *Ann. Limnol. – Int. J. Lim*. 44: 85 – 94.

Sørensen S., 1948. Die statich - floristiche Methode als Grundlage der Pflanzensoziologische. In Abderhalden, handb. biol. Arbeitsmenth, 11: 165-202.

Spyra A., Strzelec M., Lewin I., Krodkiewska M., Michalik – Kucharz A., Gara M., 2012. Charasteristics of *Sinanodonta woodiana* (Lea. 1834) Populations in Fish Ponds (Upper Silesia, Southern Poland) in Relation to Environmental Factors. *Internat. Rev. Hydrobiol*. 97, 1: 12 -25.

Statzner B., Bonada N., Dolédec S., 2007. Biological attributes discriminating invasive from native European stream macroinvertebrates. *Biol. Invasions* 10: 517 – 530.

Straka M., Špaček J., 2009. First record of alien crustaceans *Atyaephyra desmarestii* (Millet, 1831) and *Jaera istri* Veuille, 1979 from the Czech Republic. *Aquatic Invasions*, Vol 4., Issue 2: 397 – 399.

Strayer D. L., Caraco N. F., Cole J. J., Findlay S., Pace M. L., 1999. Transformation of Freshwater Ecosystems by Bivalves. *BioScience*, Vol. 49, No., pp. 19-27.

Taeubert J. – E., Martinez A. M. P., Gum B., Geist J., 2012. The relationship between endangered thick - shelled river mussel (*Unio crassus*) and its host fishes. *Biological Conservation* 155: 94 – 103.

Tagliapietra D., Sigovini M., 2010. Benthic fauna: collection and identification of macrobenthic invertebrates. *Terre et Environnement*, Vol. 88, 253–261.

Tashiro J. S., Colman S. D., 1982. Filter - feeding in the Freshwater Prosobranch Snail *Bithynia tentaculata*: Bioenergetic Partitioning of Ingested Carbon and Nitrogen. *American Midland Naturalist* Vol. 107, No. 1, pp. 114-132.

Thorp J. H., Covich A. P., 2010. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates.

Vainola R., Witt J. D. S., Grabowski M., Bradbury J. H., Jazdzewski K., Sket B., 2007. Global diversity of amphipods (Amphipoda; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 241 – 255.

Van Damme, D., 2011. IUCN Red List of Threatened Species. *Version 2012.2*. International Union for Conservation of Nature. Retrieved.

Vanden Bossche J. P., Chérot F., Delooz E., Grisez F., Josens G., 2001. First record of the Pontocaspian invader *Hypania invalida* (Grube, 1860) (Polychaeta: Ampharetidae) in the River Meuse (Belgium). *Belg. J. Zool*., 131 (2): 183-185.

Vannote R. L., Minshall G. W., Cummins K. W., Sedell J. R., Cushing C. E., 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. 37: 130 – 137.9

Van der Velde G., Rajagopal S., Kelleher B., Musko I. B., de Vaate B. 2000. Ecological impact of crustacean invaders: General considerations and examples from the Rhine river. *Crustacean* Issues 3. Brookfield. Balkema. Rotterdam, pp 3-33

Van der Velde G., Platvoet D., 2007. Quagga mussels *Dreissena rostiformis bugensis* (Andrusov, 1897) int he Main River (Germany). *Aquatic Invasions*, Vol. 2, Issue 3: 261 – 264.

Veuille M., 2008. Sexual behaviour and evolution of sexual dimorphism in body size in *Jaera* (Isopoda Asellota). *Biological Journal of the Linnean Society*. Vol. 13, Issue 1, pag. 89–100.

Weltje L., Bruns E., 2009. The chironomid full life - cycle test. Validation report, First draft.

Werner S., 2009. Effects of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* on the littoral communities of Lake Constance. Disertation. KOPS.

Wilzbach M. A., Cummins K.W., 2009. Recommendations for study of the distribution and population dynamics of the freshwater Polychaete, *Manayunkia speciosa* in the lower Klamath river. USGS Research work order 77. Final report.

Woźniczka A., Gromisz S., Wolnomiejski N., 2011. *Hypania invalida* (Grube, 1960), a polychaete species new for the southern Baltic estuarine area: the Szczecin Lagoon and the River Odra mouth. *Aquatic Invasions* Volume 6, Issue 1: 39–46.

Zettler M. L., Frankowski J., Bochert R., Rohner, 2004. Morphological and ecological features of *Theodoxus fluviatilis* (Linnaeus, 1758) from Baltic brackish water and German freshwater populations. *Journal of conchology*, Vol. 38., No. 3.

Zieritz A., Hoffman J. I., Amos W., Aldridge D. C., 2010. Phenotypic plasticity and genetic isolation – by - distance in the freshwater mussel *Unio pictorum* (Mollusca: Unionoida). *Evolutionary Ecology* 24:923-938. doi: 10.1007/s10682-009-9350-0.

Zorić K., Jakovčev – Todorović D., Đikanović V., Vasiljević B., Tomović J., Atanacković A., Simić V., Paunović M., 2011. Distribution of the Ponto – Caspian polychaeta *Hypania invalida* (Grube, 1860) in inland waters of Serbia. *Aquatic Invasions* Volume 6, Issue 1: 33–38.

Žganec K., Gottstein S., Hudina S., 2009. Ponto – Caspian amphipods in Croatian large rivers. *Aquatic Invasions* Vol. 4, Issue 2: 327 – 335.

Žganec K., Gottstein S., Đurić P., 2010. Distribution of native and alien Gammarids (Crustacea: Amphipoda) along the course ot the Una river. *Nat. Croat*. Vol. 19. 1: 141 – 150

Yakovlev V. A., Yakovleva A.V., 2010. Polychaete Hypania invalida (Polychaeta: Ampharetidae) in the Kuybyshev Reservoir: Distribution and Size and Weight Parameters. *Russian Journal of Biological Invasions*. Vol. 1, No. 2. P. 153–159.

WEB STRANICE:

1. Andres D., 2011. Živi svijet rijeka i jezera: Slatkovodna spužva. (http://dalibor-andres.from.hr/uw/slo_001.htm) (5. 06. 2013.)

2. Crosier D., 2006. Killer Shrim – *Dikerogammarus villosus***.** http://el.erdc.usace.army.mil/ansrp/dikerogammarus_villosus.pdf (17. 12. 2011.)

3. Hammond G., 2009. Chironomidae. Animal Diversity web. http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/Chironomidae/ (5. 06. 2013.)

4. King R. D., 2004. Isopods. http://www.dnr.sc.gov/marine/sertc/Isopod%20Crustaceans.pdf (14. 03. 2013.)

5. Schultes W., 2011. Species summary (Unionidae) http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servlet/AnimalBase/home/species?id=2118 (7. 06. 2013.)

6. Web 1: http://ecoloinfo.com/wp-content/uploads/2009/01/danube_big.gif

   (14. 06. 2013.)

7. Web 2: http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/imgnov02/needles5002.jpg

   (5. 05. 2013.)

7. PRILOZI

Prilog 1. (Tablica 1.) Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice uginulih vodenih beskralježnjaka uzorkovanih na površini od 0.25 m^2, njihova pripadnost funkcionalnoj hranidbenoj skupini (FFG) (SHR -usitnjivači; SCRA – strugači; AFIL – aktivni filtratori; PRE – predatori).

Svojte vodenih beskralježnjaka	**FFG**	**Streljana**	**Kompa**	**Most**	**Zeleno polje**
Mollusca					
Gastropoda					
Theodoxus sp.	SCRA	11	-	9	1
Theodoxus danubialis	SCRA	-	10	8	2
Theodoxus fluviatilis	SCRA	-	3	-	1
Gastropoda I	SCRA	1	-	43	5
Gastropoda II	SCRA	1	-	11	7
Gastropoda III	SCRA	1	-	-	-
Gastropoda IV	SCRA	-	55	9	133
Gastropoda V	SCRA	-	1	4	7
Gastropoda VI	SCRA	-	-	2	-
Bivalvia					
Unio pictorum	AFIL	-	1	-	5
Unio tumidus	AFIL	1	-	3	3
Anodonta anatina	AFIL	-	-	-	5
Sinanodonta woodiana	AFIL	-	-	-	1
Dreissena polymorpha	AFIL	-	42	5	5
Corbicula fluminea	AFIL	23	265	37	57
Annelida					
Hypania invalida	AFIL	-	3	-	-
Manayunkia speciosa	AFIL	-	-	1	-
Arthropoda					
Crustacea					
Dikerogammarus villosus	PRE	-	1	-	-
Jaera istri	DET	-	1	-	-
Insecta					
Diptera - Euphydridae	AFIL	-	1	-	-
Anisoptera	PRE	1	-	-	-
Ukupan broj beskralježnjaka:		**39**	**383**	**132**	**232**
Ukupan broj svojti beskralježnjaka:		**7**	**11**	**11**	**13**

Prilog 2. (Tablica 2.) Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice uginulih invazivnih beskralježnjaka uzorkovanih na površini od 0.25 m^2.

Svojte vodenih beskralježnjaka	Streljana	Kompa	Most	Zeleno polje
Bivalvia				
Sinanodonta woodiana	-	-	-	1
Dreissena polymorpha	-	42	5	5
Corbicula fluminea	23	265	37	57
Annelida				
Hypania invalida	-	3	-	-
Manayunkia speciosa	-	-	1	-
Arthropoda				
Crustacea				
Dikerogammarus villosus	-	1	-	-
Jaera istri	-	1	-	-
Ukupan broj uginulih jedinki:	**23**	**312**	**43**	**63**

(a)  **(b)**  **(c)** 

Prilog 3. (Slika 1.) (a) uginule jedinke vrste *Spongilla lacustris* (fotografirala Maja Pekez); (b) uginuli školjkaši (fotografirala Maja Pekez); (c) uginuli puževi (fotografirala Maja Pekez).





Prilog 4. (Slika 2.) Prazne ljušture uginulih školjkaša (Streljana i Most) (fotografirala Maja Pekez).



Prilog 5. (Slika 3.) Zeleno polje, ispust otpadnih voda (fotografirala Maja Pekez).



Prilog 6. (Slika 4.) Obraštaj na kamenoj podlozi (fotografirala Maja Pekez).